



Risultati delle analisi su campioni prelevati presso il Comparto di HerAmbiente km 2,6 - SS 309 Romea Ravenna

Dati 2022

Settembre 2023



Arpae - Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia
Area Prevenzione Ambientale (APA) -Est)
Servizio Sistemi Ambientali
Sede di Ravenna, Via Alberoni 17 | 48121 Ravenna

Relazione redatta da:

Samuele Marinello
Cinzia Para
Daniele Foscoli
Roberto Vecchione
Patrizia Luciali
Francesca Liguori

Hanno collaborato:

- al campionamento e alla gestione delle postazioni, gli operatori del SSA –
Sede di Ravenna:

Giacomo Agrillo
Deborah Valbonetti
Roberto Tinarelli
Andrea Caccoli
Stefano Serra
Samuele Marinello

- alle analisi, gli operatori del Laboratorio Integrato:

Michela Comandini
Marilena Montalti
Claudia Zigola
Davide Verna
Alberto Santolini

Indice

| | |
|---|----|
| INTRODUZIONE | 2 |
| 2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'IMPIANTO..... | 3 |
| 3 – MONITORAGGIO AMBIENTALE: APPROCCIO METODOLOGICO..... | 4 |
| 3.1 – Acque di falda (acque profonde) | 4 |
| 3.2 – Aria..... | 5 |
| 3.2.1 – Monitoraggio del particolato atmosferico..... | 5 |
| 3.2.2 – Monitoraggio della deposizione atmosferica | 7 |
| 4 - MONITORAGGIO AMBIENTALE: RISULTATI | 9 |
| 4.1 – Acqua di falda (acque profonde) | 9 |
| 4.2 – Aria | 10 |
| 4.2.1 - Particolato atmosferico | 10 |
| 4.2.2 - Metalli e microinquinanti nel particolato PM10 | 18 |
| METALLI | 18 |
| Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)..... | 22 |
| Microinquinanti organici: Policlorobifenili (PCB) Diossine (PCDD) e Furani (PCDF) | 28 |
| 4.2.3 - Deposizione atmosferica..... | 35 |
| Metalli..... | 35 |
| IPA, Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e Furani (PCDF)..... | 37 |
| 5 – CONCLUSIONI..... | 42 |
| Acque di falda (profonda) | 42 |
| Aria | 42 |
| Particolato atmosferico..... | 42 |
| Deposizione atmosferica | 43 |

INTRODUZIONE

Il Comparto di trattamento rifiuti HerAmbiente, realizzato a partire dall'anno 1989 e sito al km 2,6 - Via Romea Nord – Ravenna, si presenta come un sistema integrato di gestione dei rifiuti che ricopre l'intero ciclo di trattamento delle frazioni liquide, solide e fangose.

L'attività di campionamento e le analisi di laboratorio sono oggetto di contratti/protocolli triennali: l'ultimo è stato sottoscritto nel 2021 (2021-2023) e fa seguito ai due protocolli approvati nel 2015 (2015-2017) e nel 2018 (2018-2020).

L'obiettivo dell'attività svolta da Arpae è integrare la valutazione dell'impatto esercitato dal sito, attraverso la misura di alcuni parametri rappresentativi della qualità delle matrici analizzate, ampliando ed integrando il set di dati già previsti nei piani di monitoraggio prescritti dai provvedimenti di AIA ed effettuati dai gestori degli impianti coinsediati nel Comparto.

La presente relazione riporta i risultati delle analisi effettuate su campioni delle matrici acqua e aria prelevati presso il Comparto nel corso dell'anno 2022.

Le matrici oggetto di indagine, le postazioni di misura ed il numero di campioni raccolti sono riportati in Tabella 1.

| | Matrice | N. postazioni di misura | N. campioni all'anno |
|--------------|----------------------------------|--|-----------------------------|
| Acqua | <i>Acqua di falda (profonda)</i> | 1 postazione | 1 |
| Aria | <i>Particolato atmosferico</i> | 3 postazioni - campionatori Skypost | 170 |
| | <i>Deposizione atmosferica</i> | 4 postazioni - campionatori bulk | 96 |

Tabella 1 – Matrici, postazioni e numero di campioni indagati nel corso dell'annualità 2022

La matrice acqua è monitorata attraverso un unico campionamento di acque sotterranee prelevate nel pozzo sito in via Guiccioli, pozzo che consente l'accesso alle acque profonde fino a circa 228 m dal piano di campagna. Sul campione prelevato sono ricercati gli analiti previsti dal protocollo per le acque freatiche (integrato con alcuni parametri storicamente ricercati in questo pozzo).

Per la matrice aria sono state condotte campagne di monitoraggio distribuite nell'arco dell'anno, così da consentire una valutazione dell'andamento dei parametri rilevati in relazione alle stagioni. In particolare, per il PM10 è stato rispettato l'obiettivo di qualità per le misure indicative definite dal DLvo 155/2010 per il PM10 (Allegato I), con un numero di giorni di campionamento superiore alle 8 settimane all'anno e distribuite nell'arco dell'anno in modo da rappresentare la variabilità stagionale.

2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'IMPIANTO

Il Comparto di HerAmbiente, situato nel territorio del comune di Ravenna, si trova a nord dell'abitato cittadino, al km 2,6 della Strada Statale Romea (S.S. 309 Romea).

Il polo integrato occupa un'area di circa 110 ettari confinante 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. Nelle immediate vicinanze del Comparto la densità abitativa è modesta, poiché occupata da terreni agricoli e ospita pochi edifici rurali isolati. Entro un raggio di circa 5 km sono presenti gli abitati di San Romualdo, Sant'Antonio e il quartiere "San Giuseppe" (immediatamente esterno al centro urbano della città di Ravenna), oltre all'area artigianale-industriale Bassette.

In prossimità del Comparto sono presenti aree di particolare pregio naturalistico-ambientale classificate come Zone di Protezione Speciale - ZPS e Siti di Importanza Comunitaria – SIC e tutelate dalla "Direttiva Habitat" e dalla "Direttiva Uccelli". A nord e ad est il Comparto confina con il Parco Regionale del Delta del Po.

Il contesto naturalistico in cui è inserito il complesso impiantistico di HerAmbiente (in verde chiaro) è riportato in Figura 1:

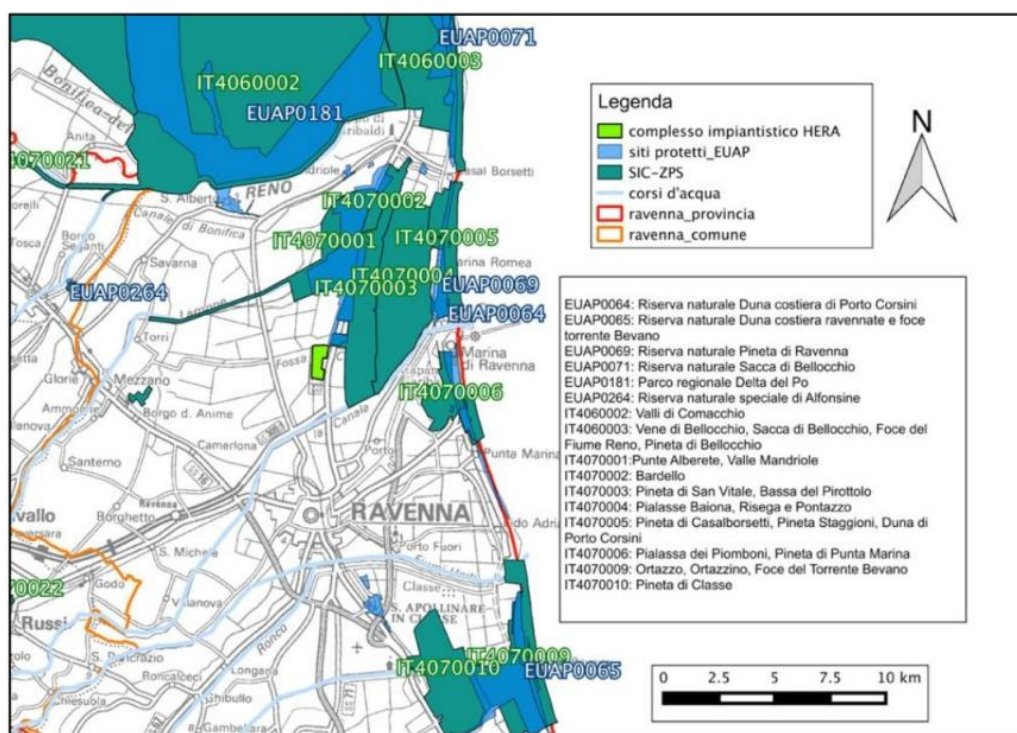


Figura 1 – Contesto territoriale in prossimità del Comparto HerAmbiente

Il Comparto comprende, oltre alla discarica per rifiuti non pericolosi, anche l'impianto di Trattamento Chimico Fisico (TCF) di rifiuti liquidi pericolosi e non pericolosi e l'impianto di trattamento fanghi DISIDRAT. Inoltre, nello stesso complesso, sono compresi l'impianto di trattamento rifiuti urbani, la discarica esaurita per rifiuti pericolosi, le discariche per rifiuti pericolosi e non pericolosi 1°, 2°, 3°, 4° stralcio ed il centro di stoccaggio provvisorio e pretrattamento di rifiuti urbani e speciali, pericolosi e non pericolosi.

Per le caratteristiche impiantistiche del sito di Ravenna si rimanda ai documenti aggiornati dell'Azienda (<https://ha.gruppohera.it/impianti/>).

3 – MONITORAGGIO AMBIENTALE: APPROCCIO METODOLOGICO

Anche nel corso del 2022 le matrici acqua e aria sono state oggetto di attività di campionamento e di analisi, secondo quanto convenuto nel contratto 2021-2023.

Le metodologie di campionamento, di analisi e di valutazione 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 D.Lgs 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 in cui sono stati effettuati i campionamenti (all'interno del Comparto ed in prossimità del confine con l'esterno) si configurino come ambiente di lavoro piuttosto che ambiente di vita. Anche se in ambito lavorativo i limiti relativi ai diversi inquinanti sono definiti in modo diverso e numericamente più elevati rispetto a quelli previsti per la valutazione dell'esposizione della popolazione in generale, in ottica cautelativa, si è ritenuto utile confrontare anche i dati rilevati all'interno del Comparto con i limiti, i riferimenti normativi o di bibliografia più restrittivi (ovvero quelli della qualità dell'aria) con l'avvertenza che, poiché le misure sono in ambito produttivo, le considerazioni sono da considerarsi prudenziali.

Le modalità e gli strumenti di indagine adottati per ciascuna matrice sono descritti di seguito.

3.1 – Acque di falda (acque profonde)

HerAmbiente, coerentemente con il piano di monitoraggio che costituisce parte integrante del provvedimento di AIA, conduce autocontrolli sulle acque per valutare la qualità della falda superficiale e verificare l'efficacia del sistema di contenimento del percolato delle discariche.

Pertanto, l'attività di Arpae sulla matrice “acqua” è limitata al controllo della falda profonda, che si trova al di sotto della falda superficiale già oggetto di controllo.

Il punto di campionamento/prelievo è il pozzo sito in via Guiccioli, a circa 1,5 km dal Comparto, che consente di accedere alle acque che si trovano a 228 m dal piano di campagna (Figura 2).

Si tratta di un pozzo monofalda, afferente all'acquifero A4, acquifero bene isolato rispetto a quelli superiori ed a quello superficiale. La canna del pozzo rappresenta, inoltre, l'unica struttura che, nei pressi della discarica, attraversa tutti gli acquiferi.

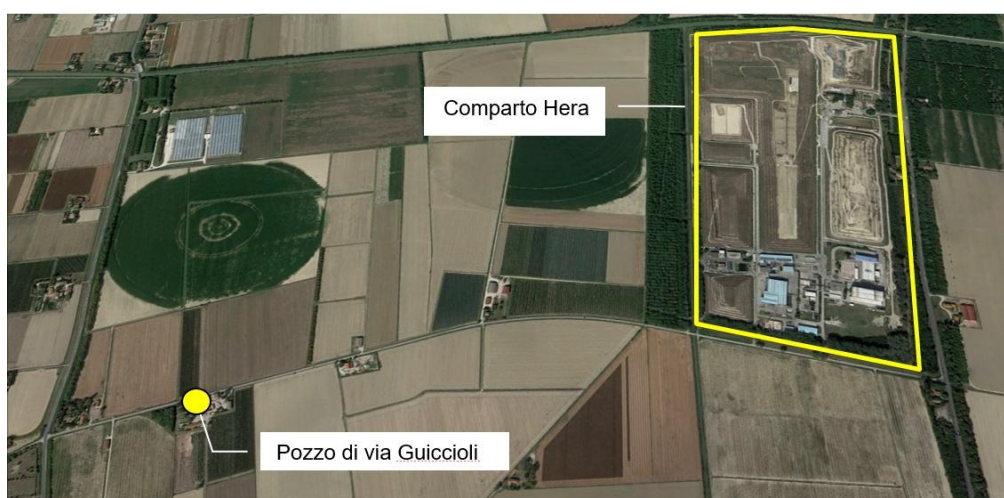


Figura 2 – Pozzo profondo di via Guiccioli (ex RA-1101) – circa 1,5 km dal Comparto

Il pozzo di via Guiccioli faceva parte della rete regionale delle acque sotterranee (il sito era identificato dal codice: RA-1101) e così è disponibile una cospicua serie storica di dati analitici utili a valutare la presenza di eventuali anomalie. Poiché la caratteristiche di qualità delle acque del pozzo non presentano repentini cambiamenti e non sono legate alla stagionalità, ai fini del controllo della tenuta della discarica, è sufficiente effettuare il campionamento con frequenza annuale: nel 2022 il campione è stato prelevato il 1 settembre.

In accordo con quanto previsto dal protocollo per le acque freatiche (integrato con alcuni analiti storicamente ricercati nel pozzo di via Guiccioli), i parametri quantificati per valutare la qualità delle acque sono i seguenti:

- metalli (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, As, Hg);
- ammonio, fosforo totale, zinco;
- cloruri;
- nitrati;
- piezometria;
- ossidabilità;
- pH.
- PCB / PCT;
- solventi FID / solventi clorurati;
- fenoli;
- pesticidi organo clorurati/ pesticidi organo fosforati;

3.2 – Aria

3.2.1 – Monitoraggio del particolato atmosferico

Tenendo conto dei risultati dei campionamenti effettuati negli anni passati (convenzioni 2015-2017 e 2018-2020) e dei cambiamenti nelle attività del Comparto (già avviati e previsti), dal 2021 il campionamento del particolato atmosferico PM10 è effettuato nelle 3 postazioni riportate in Figura 3.



| | |
|---------------|--|
| Post.1 | In prossimità discarica rifiuti non pericolosi (7°-8° settore) |
| Post.2 | Impianto di trattamento chimico-fisico (TCF) |
| Post.3 | impianto di disidratazione fanghi (DISIDRAT) |

Nota: Prima del 2021 la Postazione 2 era collocata nella posizione in grigio (circa 300 m a Nord)

Figura 3 – Postazioni di misura del PM10

Dal punto di vista temporale, le campagne di monitoraggio sono progettate per fornire una rappresentazione completa ed uniforme delle concentrazioni dell'intero anno, cogliendo l'andamento della variabilità stagionale, così come previsto dal DLgs 155/2010.

Complessivamente nelle tre postazioni, nel 2022, sono stati raccolti **170 campioni** (84 nel semestre invernale e 86 in quello estivo) che hanno fornito - previa doppia pesata e misurazione del flusso di aria campionato - la concentrazione giornaliera di PM10 (almeno 56 giorni in ognuna delle 3 postazioni). Inoltre, sul particolato PM10 raccolto nella postazione 2 (impianto di Trattamento Chimico-Fisico TCF) sono state effettuate analisi per la ricerca di microinquinanti (IPA, PCB, PCDD, PCDF) e metalli (Piombo, Cadmio, Nichel, Cromo, Vanadio, Argento, Arsenico).

La Tabella 2 riassume le campagne condotte nel 2022, indicando il periodo di monitoraggio ed il numero di campioni validi raccolti ed analizzati.

| Stagione | Mese anno 2022 | Periodo campionamento | Numero di campioni validi raccolti | | |
|--------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|-----------|
| | | | Post. 1 | Post. 2 | Post. 3 |
| Inverno | Gennaio | 20 gen. ÷ 31 gen. | 12 | 12 | 11 |
| | Febbraio | 1 feb. ÷ 3 feb. | 2 | 2 | 3 |
| | Marzo | Non campionato | | | |
| Estate | Aprile | 6 apr. ÷ 15 apr. | 7 | 8 | 7 |
| | Maggio | 20 mag. ÷ 26 mag. | 7 | 7 | 7 |
| | Giugno | Non campionato | | | |
| | Luglio | 5 lug. ÷ 11 lug. | 7 | 7 | 7 |
| | Agosto | Non campionato | | | |
| | Settembre | 7 set. ÷ 15 set. | 8 | 7 | 7 |
| | Ottobre | Non campionato | | | |
| Inverno | Novembre | 22 nov. ÷ 30 nov. | 8 | 9 | 9 |
| | Dicembre | 1 dic. ÷ 6 dic. | 6 | 5 | 5 |
| Totale campioni di PM10 | | | 57 | 57 | 56 |

Tabella 2 – Sintesi delle campagne di misura del particolato PM10

I campionamenti di PM10 sono effettuati utilizzando lo strumento Skypost (Figura 4), conforme alla norma Europea CEN 12341 richiesta dal D.Lgs. 155/2010.



Figura 4 – Strumento Skypost per il campionamento del PM10

I filtri, sui quali è raccolto il particolato, sono pesati in laboratorio prima e dopo il campionamento, previo condizionamento (determinazione gravimetrica). Noto il volume di aria campionato dallo strumento, la concentrazione di particolato in aria è data dal rapporto peso/volume campionato.

I dati delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate nei tre siti di HerAmbiente sono confrontate con quelle rilevate – negli stessi giorni - dalla strumentazione installata nelle stazioni di misura della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA) e dalle stazioni locali.

Analogo confronto è effettuato considerando i dati misurati nel periodo 2015-2022 (arco temporale di riferimento delle convenzioni triennali sottoscritte tra HerAmbiente e Arpae).

3.2.2 – Monitoraggio della deposizione atmosferica

Gli inquinanti emessi in aria, oltre a disperdersi, possono subire processi legati alla loro reattività chimica oppure processi di deposizione quando le sostanze inquinanti si “trasferiscono” dal *plume* al suolo.

Nei processi di deposizione si distingue fra:

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

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.

Analizzando campioni di acqua piovana, raccolti mediante strumenti dedicati (*deposimetri bulk*), si può valutare quali-quantitativamente le sostanze che si depositano al suolo come *deposizioni totali secche ed umide*.

Dal 2021 nel Comparto di Ravenna le postazioni in cui si raccolgono le deposizioni atmosferiche totali (secche ed umide) sono quattro (Figura 5); sono state eliminate le postazioni 4 e 5 perché poste in aree in cui sono intervenuti cambiamenti nelle attività del Comparto¹ che le hanno rese poco rappresentative della situazione all'interno del Comparto.

Le postazioni indicate con i numeri 1, 2 e 3 coincidono con i siti di misura del particolato atmosferico PM10.



Figura 5 – Postazioni di misura della deposizione atmosferica oggetto della convenzione 2021-2023 (in grigio le postazioni soppresse)

¹ - Chiusura dell'impianto IRE, autorizzato all'esercizio fino al 31/12/2019;
- termine dei conferimenti al 10° settore della discarica, per rifiuti non pericolosi, al 30/06/2021.

In corrispondenza di ciascuna postazione sono collocati due deposimetri bulk (Figura 6) di diverso materiale:



Figura 6 – Deposimetri bulk utilizzati per il campionamento della deposizione atmosferica

- un deposimetro in polietilene PEH per la misura dei metalli e
- un deposimetro in vetro pyrex per la misura dei microinquinanti organici IPA, PCB, PCDD, PCDF. A partire dal secondo trimestre del 2022 nel cono dell'imbuto è stata inserita una spugna poliuretanica (puf) per una miglior gestione dell'analisi analitica condotta in laboratorio.

Mensilmente, nelle quattro postazioni di misura, sono raccolti i campioni di acqua piovana.

Il campione di acqua raccolta mensilmente viene estratta utilizzando un concentratore a membrana. Le membrane sono eluite con solvente e l'estratto mensile (relativo all'acqua raccolta in un mese in una postazione), è opportunamente conservato. Si procede ad un'ulteriore media temporale (trimestre) unendo 3 estratti mensili relativi alla medesima postazione. Questi sono

poi uniti in laboratorio e, successivamente analizzati, secondo questo schema:

accorpamento spaziale → unione dei campioni mensili raccolti nelle postazioni 1 e 6 (Nord + Nord-Est) e di quelli raccolti nelle postazioni 2 e 3 (Sud-Ovest + Sud);

accorpamento temporale → unione dei campioni mensili, accorpati spazialmente, ogni trimestre.

In questo modo, complessivamente (con quattro postazioni di misura e con 8 deposimetri bulk impiegati), nel corso del 2022 sono stati raccolti **92 campioni**, ridotti – dopo l'accorpamento spaziale e temporale, a:

- 8 campioni per IPA, PCB, PCDD, PCDF e
- 8 campioni per metalli (piombo, cadmio, nichel, cromo, vanadio, argento, arsenico).

La Tabella 3 riassume le campagne condotte, il periodo di monitoraggio ed il numero di campioni validi raccolti ed analizzati.

| Stagione | Mese 2022 | Date di campionamento (inizio - fine) | | Numero di campioni validi raccolti |
|------------------------|-----------|--|------------|--|
| Inverno | Gennaio | 29/12/2021 | 28/01/2022 | 8 |
| | Febbraio | 28/01/2022 | 28/02/2022 | 8 |
| | Marzo | 28/02/2022 | 11/04/2022 | 8 |
| Estate | Aprile | 11/04/2022 | 28/04/2022 | 8 |
| | Maggio | 28/04/2022 | 03/06/2022 | 8 |
| | Giugno | 03/06/2022 | 29/06/2022 | 8 |
| | Luglio | 29/06/2022 | 01/08/2022 | 4 |
| | Agosto | 01/08/2022 | 30/08/2022 | 8 |
| | Settembre | 30/08/2022 | 29/09/2022 | 8 |
| | Ottobre | 29/09/2022 | 28/10/2022 | 8 |
| Inverno | Novembre | 28/10/2022 | 30/11/2022 | 8 |
| | Dicembre | 30/11/2022 | 02/01/2023 | 8 |
| Totale campioni | | | | 92 |

Tabella 3 – Sintesi delle campagne di misura della deposizione atmosferica

4 - MONITORAGGIO AMBIENTALE: RISULTATI

Di seguito, per ciascuna matrice ambientale oggetto di valutazione, sono descritti i risultati relativi alla attività di monitoraggio e di analisi condotte nel corso dell'annualità 2022.

Inoltre, viene riportato un confronto con i risultati delle campagne condotte nel corso delle annualità precedenti oggetto delle convenzioni già concluse con l'obiettivo di evidenziare l'andamento temporale dei parametri rilevati.

4.1 – Acqua di falda (acque profonde)

In Tabella 4 sono riportati i valori della quota piezometrica, della temperatura delle acque e del PH misurati in campo nel pozzo di via Guiccioli, mentre in Tabella 5 sono indicati i risultati delle determinazioni analitiche condotte sul campione di acqua prelevato per rilevare la possibile presenza di PCB, PCT, metalli e pesticidi.

Risulta evidente come, per la maggior parte degli analiti indagati, i valori di concentrazione rilevati risultino inferiori ai limiti di rilevabilità.

| Misure in campo | | |
|-------------------|------|------|
| Piezometria | [m] | 6.45 |
| Temperatura acqua | [°C] | 16.7 |
| PH | | 8.1 |

Tabella 4 – Dati misurati in campo nel pozzo di via Guiccioli – Anno 2022

| Parametro | | | Metalli | | |
|------------------------------|-----------|------|---------|--------|------|
| Ossidabilità | 11.9 | mg/l | Pb | < 1 | µg/l |
| NH ₄ ⁺ | 8.29 | mg/l | Cd | < 0.2 | µg/l |
| Cl ⁻ | 61 | mg/l | Ni | < 1 | µg/l |
| NO ₃ ⁻ | < 1 | mg/l | Cr | < 1 | µg/l |
| Ptot | 0.66 | mg/l | Cu | < 1 | µg/l |
| Fenoli | < 0.5 | µg/l | As | 8 | µg/l |
| Zn | 214 | µg/l | Hg | < 0.05 | µg/l |
| PCB | < 0.005 | µg/l | | | |
| PCT | < 0.05 | µg/l | | | |
| Pesticidi organo fosforiti | < 0.01 | µg/l | | | |
| Pesticidi organo clorurati | < 0.01 | µg/l | | | |
| Solventi clorurati | < 1.3 (*) | µg/l | | | |

(*) Dato ottenuto come somma della metà del limite di quantificazione di ciascuna sostanza identificata in modo univoco

Tabella 5 – Parametri analitici rilevati nel campione prelevato nel pozzo di via Guiccioli – Anno 2022

Per valutare l'andamento temporale delle concentrazioni degli analiti indagati, in Tabella 6 sono riportati i valori misurati nel periodo 2015-2022, annualità delle convenzioni sottoscritte per le attività di monitoraggio del Comparto di trattamento rifiuti.

I dati riportati non evidenziano condizioni particolari: la maggior parte dei valori sono inferiori al limite di rilevabilità e quando sono superiori risultano comunque in linea con quanto misurato in passato.

| Parametro | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------------------|------|----------|--------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| pH | | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.5 | 8.1 |
| Ossidabilità | mg/l | 10.2 | 12.0 | 15.3 | 15.1 | 14.3 | 10.2 | 11.2 | 11.9 |
| NH ₄ ⁺ | mg/l | 10.16 | 8.24 | 8.80 | 9.11 | 16.52 | 8.60 | 8.98 | 8.29 |
| Cl ⁻ | mg/l | 55 | 55 | 79 | 54 | 45 | 54 | 49 | 61 |
| NO ₃ ⁻ | mg/l | 1.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | 0.7 | < 1.0 | < 1.0 | < 1.0 |
| Ptot | mg/l | 0.09 | 0.74 | 0.69 | 0.57 | 0.65 | 0.52 | 0.70 | 0.66 |
| Fenoli | µg/l | < 0.0005 | 0.0074 | < 0.0005 | < 0.05 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.5 |
| Zn | µg/l | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 107 | 214 |
| PCB | µg/l | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 |
| PCT | µg/l | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 |
| Pesticidi organo fosforiti | µg/l | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 |
| Pesticidi organo clorurati | µg/l | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 |
| Solventi clorurati | µg/l | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | < 1.3 | < 1.3 |
| Pb | µg/l | < 1 | < 1 | < 1 | 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Cd | µg/l | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.2 |
| Ni | µg/l | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Cr | µg/l | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Cu | µg/l | < 1 | < 1 | 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| As | µg/l | 8 | 7 | 6 | 10 | 4 | 4 | 7 | 8 |
| Hg | µg/l | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | 0.09 | 0.22 | < 0.05 | < 0.05 |

Tabella 6 – Trend nel periodo 2015-2022 dei parametri analitici rilevati nel pozzo di via Guiccioli

4.2 – Aria

4.2.1 - Particolato atmosferico

Per valutare la concentrazione di particolato PM10 in corrispondenza di ciascuna postazione di misura, la normativa presa a riferimento è il D.Lgs del 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" e s.m.i. sebbene le postazioni all'interno del Comparto si configurino come ambiente di lavoro dove valgono limiti per il particolato calcolati in modo diverso e numericamente più elevati rispetto a quelli previsti per la valutazione dell'esposizione della popolazione in generale e la gestione della qualità dell'aria ambiente (DLvo 155/2010). I limiti indicati dal Decreto devono essere calcolati facendo riferimento ai valori delle concentrazioni degli inquinanti rilevati nel corso di un anno civile (dal 1° gennaio al 31 dicembre). La stessa norma, però, prevede per il PM10 (così come per il benzene e il piombo) la possibilità di effettuare misure *discontinue*² purché queste siano equamente distribuite nel corso dell'anno (per evitare di falsare i risultati), l'incertezza risponda all'obiettivo di qualità del 25% (come per le misure in continuo) e il periodo di copertura sia superiore al 14%. Inoltre, per valutare il rispetto dei 35 giorni di superamento della concentrazione giornaliera di 50 µg/m³, si verifi-

² **misurazioni discontinue** - Per il benzene, il piombo e il particolato è possibile applicare misurazioni discontinue invece delle misurazioni in continuo. A tal fine, le misurazioni discontinue devono essere equamente distribuite nel corso dell'anno per evitare di falsare i risultati e si deve dimostrare che l'incertezza risponde all'obiettivo di qualità del 25% e che il periodo di copertura rimane superiore al periodo minimo di copertura previsto per le misurazioni indicative. (...)Se le misurazioni discontinue sono utilizzate per valutare il rispetto del valore limite del PM10, occorre valutare il 90,4 percentile (che deve essere ≤ 50 g/m³) [nota 1 dell'Allegato I del DLgs 155/2010]

ca che il 90,4° percentile³ non superi il valore di 50 µg/m³ della concentrazione media giornaliera di PM10. In ogni sito di campionamento del Comparto (postazioni n.1, n.2 e n.3), nel 2022, sono state effettuate otto campagne di misura per un totale di 57 campioni di particolato (media giornaliera) nelle postazioni n.1 e n.2 e 56 campioni nella postazione n.3, distribuiti uniformemente durante l'anno. In Tabella 7 sono riportati i valori medi giornalieri delle concentrazioni di PM10 nelle tre postazioni.

Media giornaliera del particolato atmosferico PM10 [µg/m³] - 2022

| PERIODO INVERNALE | | | | | PERIODO ESTIVO | | | | | PERIODO INVERNALE | | | | |
|-------------------|-----|---------|---------|---------|----------------|-----|---------|---------|---------|-------------------|-----|---------|---------|---------|
| DATA | | Post. 1 | Post. 2 | Post. 3 | DATA | | Post. 1 | Post. 2 | Post. 3 | DATA | | Post. 1 | Post. 2 | Post. 3 |
| 20 gen | Gio | 64 | 66 | | 6 apr | Mer | 22 | | 30 | 22 nov | Mar | | 15 | 15 |
| 21 gen | Ven | 70 | 68 | 66 | 7 apr | Gio | 17 | | 20 | 23 nov | Mer | 9 | 12 | 10 |
| 22 gen | Sab | 48 | 44 | 45 | 8 apr | Ven | 14 | 39 | 17 | 24 nov | Gio | 29 | 50 | 38 |
| 23 gen | Dom | 42 | 48 | 47 | 9 apr | Sab | 14 | 26 | 18 | 25 nov | Ven | 47 | 26 | 48 |
| 24 gen | Lun | 56 | 44 | 53 | 10 apr | Dom | 7 | 19 | 7 | 26 nov | Sab | 36 | 34 | 34 |
| 25 gen | Mar | 47 | 58 | 52 | 11 apr | Lun | 13 | 18 | 17 | 27 nov | Dom | 34 | 38 | 39 |
| 26 gen | Mer | 60 | 66 | 62 | 12 apr | Mar | 17 | 22 | 26 | 28 nov | Lun | 34 | 38 | 38 |
| 27 gen | Gio | 58 | 63 | 58 | 13 apr | Mer | | 18 | | 29 nov | Mar | 25 | 24 | 27 |
| 28 gen | Ven | 41 | 42 | 42 | 14 apr | Gio | | 18 | | 30 nov | Mer | 25 | 30 | 27 |
| 29 gen | Sab | 37 | 37 | 39 | 15 apr | Ven | | 14 | | 1 dic | Gio | 25 | 33 | 27 |
| 30 gen | Dom | 62 | 56 | 54 | 20 mag | Ven | 31 | 42 | 42 | 2 dic | Ven | 29 | 34 | 15 |
| 31 gen | Lun | 54 | 64 | 62 | 21 mag | Sab | 23 | 30 | 30 | 3 dic | Sab | 23 | 22 | 36 |
| 1 feb | Mar | 25 | 35 | 40 | 22 mag | Dom | 22 | 26 | 26 | 4 dic | Dom | 11 | 11 | 12 |
| 2 feb | Mer | 33 | 51 | 41 | 23 mag | Lun | 26 | 37 | 37 | 5 dic | Lun | 22 | 20 | 11 |
| 3 feb | Gio | | | 39 | 24 mag | Mar | 31 | 31 | 31 | 6 dic | Mar | 22 | | |
| | | | | | 25 mag | Mer | 32 | 37 | 37 | | | | | |
| | | | | | 26 mag | Gio | 31 | 44 | 44 | | | | | |
| | | | | | 5 lug | Mer | 22 | 27 | 27 | | | | | |
| | | | | | 6 lug | Gio | 18 | 34 | 27 | | | | | |
| | | | | | 7 lug | Gio | 20 | 32 | 33 | | | | | |
| | | | | | 8 lug | Ven | 11 | 16 | 13 | | | | | |
| | | | | | 9 lug | Sab | 11 | 12 | 11 | | | | | |
| | | | | | 10 lug | Dom | 10 | 13 | 17 | | | | | |
| | | | | | 11 lug | Lun | 23 | 16 | 45 | | | | | |
| | | | | | 7 set | Mer | 21 | 21 | 22 | | | | | |
| | | | | | 8 set | Gio | 26 | 23 | 32 | | | | | |
| | | | | | 9 set | Ven | 16 | 21 | 25 | | | | | |
| | | | | | 10 set | Sab | 19 | 11 | 20 | | | | | |
| | | | | | 11 set | Dom | 18 | 15 | 11 | | | | | |
| | | | | | 12 set | Lun | 26 | 22 | 24 | | | | | |
| | | | | | 13 set | Mar | 29 | 19 | 20 | | | | | |
| | | | | | 14 set | Mer | | | | | | | | |
| | | | | | 15 set | Gio | 28 | | | | | | | |

Nota: la linea tratteggiata separa le diverse campagne

Tabella 7 – Concentrazioni medie giornaliere di PM10 – Anno 2022

³ I 35 giorni di superamento consentito corrispondono al 90.4° percentile della serie di 365 misure giornaliere.

Le concentrazioni medie giornaliere misurate nel 2022 sono comprese fra 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (domenica 10 aprile c/o postazioni n.1 e n.3) e 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (venerdì 21 gennaio c/o postazione n.1), con un valore medio dell'intero periodo/anno di 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la postazione n.1 e 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presso le postazioni n.2 e n.3. Il 90,4° percentile dei dati misurati – che corrisponde al valore superato per 35 volte su 365 dati – è, rispettivamente per le tre postazioni, pari a 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Figura 7 sono rappresentate le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ misurate nel corso del 2022 nelle 3 postazioni.

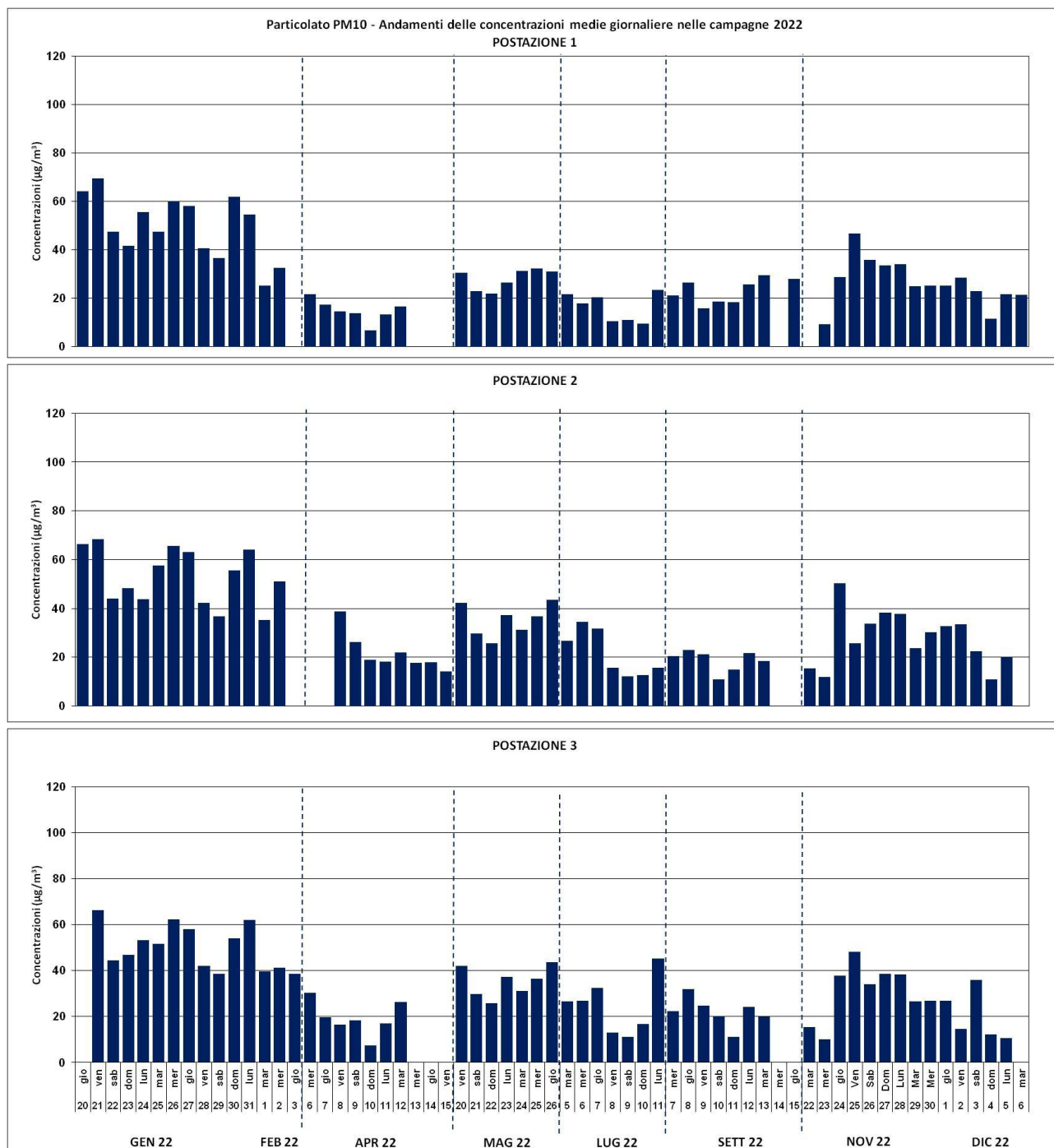


Figura 7 – Andamento delle concentrazioni giornaliere di particolato PM10 rilevate presso le 3 postazioni oggetto del campionamento

In Figura 8, le concentrazioni misurate presso le 3 postazioni del Comparto sono confrontate alle concentrazioni giornaliere dell'intero anno rilevate presso la stazione di fondo urbano di Caorle.

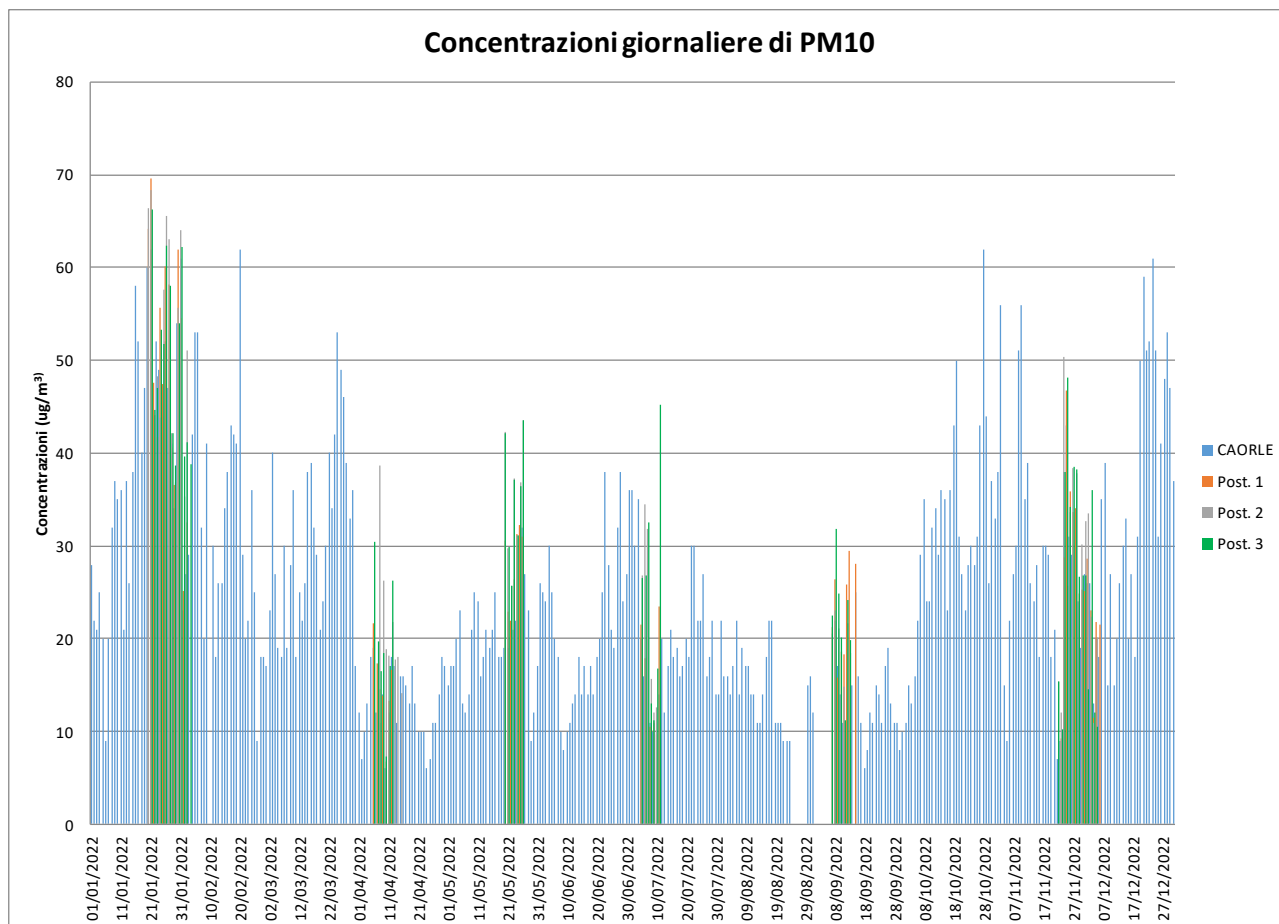


Figura 8 – Andamento delle concentrazioni giornaliere di particolato PM10 rilevate presso le 3 postazioni oggetto del campionamento confrontate presso la stazione RRQA di fondo urbano di Caorle.

Si può osservare che:

- Il numero di giorni con concentrazione elevata, superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è diverso nelle 3 postazioni:
 - 7 giornate presso la postazione n.1 (con valori compresi tra $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - 8 giornate presso la postazione n.2 (con valori compresi tra $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - 7 giornate presso la postazione n.3 (con valori compresi tra $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- in generale l'andamento dei valori rilevati presso le tre postazioni è simile e paragonabile alla stazione della rete RRQA di Caorle, stazione di fondo urbano;
- ci sono, però, alcuni eventi "sito specifici". Ad esempio il picco di concentrazione rilevato presso la postazione n.2 in data 24 novembre 2022, che non trova riscontro nelle altre postazioni indagate, probabilmente riconducibile a particolari attività che si sono svolte in prossimità della postazione n.2 ma che non hanno interessato l'intero Comparto;
- si riscontra anche qui la caratteristica stagionalità del PM10, con valori maggiori in periodo invernale e più contenuti in estate. E' specialmente durante il periodo di gennaio e febbraio che si raggiungono le concentrazioni più elevate.

Si evidenzia che le postazioni all'interno del Comparto si configurano come *ambiente di lavoro* dove valgono limiti per il particolato calcolati in modo diverso e numericamente più elevati rispetto a quelli previsti per la valutazione dell'esposizione della popolazione in generale e la gestione della

qualità dell'aria ambiente (DLvo 155/2010). In ottica cautelativa, nella presente elaborazione, i dati misurati nel Comparto sono comunque confrontati con i limiti previsti dal Decreto 155/2010, con l'avvertenza che le misure sono in ambito produttivo e, pertanto, le valutazioni sono conservative. Per valutare l'eventuale impatto delle lavorazioni nell'area del Comparto sulle concentrazioni misurate di PM10 è stata applicata un'analisi di correlazione con i dati misurati presso le stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA).

In Tabella 8 è presentato l'indice di correlazione di Pearson⁴ delle serie di dati delle misure presso il Comparto con le contemporanee misure presso le stazioni fisse di monitoraggio.

| | | CAORLE | ROCCA BRANCALE- ONE | PORTO SAN VITALE | ZALAMELLA | POSTAZIONE 1 | POSTAZIONE 2 | POSTAZIONE 3 |
|----------------|--|--------|---------------------------|---------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| POST. 1 | In prossimità discarica rifiuti non pericolosi (7°-8° settore) | 0,95 | 0,90 | 0,84 | 0,93 | 1,00 | 0,86 | 0,90 |
| POST 2 | Impianto di trattamento chimico-fisico (TCF) | 0,88 | 0,84 | 0,86 | 0,86 | 0,86 | 1,00 | 0,85 |
| POST 3 | impianto di disidratazione fanghi (DISIDRAT) | 0,89 | 0,81 | 0,77 | 0,85 | 0,90 | 0,85 | 1,00 |

Tabella 8 – Tabella dei coefficienti di correlazione (Pearson) fra postazioni e stazioni della RRQA – Anno 2022

Le stazioni della RRQA di Ravenna hanno, in particolare, le seguenti caratteristiche:

- Rocca Brancaleone - stazione di traffico/industriale;
- Zalamella - stazione di traffico urbano;
- Caorle - stazione di fondo urbano residenziale;
- Porto San Vitale - stazione industriale collocata all'interno dell'area portuale e finalizzata al monitoraggio della specifica realtà industriale/portuale ravennate.

Il coefficiente di correlazione tra le 3 postazioni del Comparto varia da 0,85 a 0,90, indicando un'ottima correlazione, ovvero un'ottima sincronia. La correlazione è comunque altrettanto buona con le stazioni della rete RRQA (valori tra 0,77 e 0,95); pertanto si può affermare che ci sia una buona sincronia tra le concentrazioni rilevate nel sito e le concentrazioni dell'area vasta di Ravenna.

In Tabella 9 sono riportate alcune elaborazioni dei dati rilevati nelle postazioni del Comparto e dalle stazioni della RRQA.

⁴ l'indice di correlazione di Pearson (o coefficiente di correlazione lineare) tra due variabili statistiche è un indice che esprime un'eventuale relazione di linearità tra esse (ovvero . all'aumentare (o al diminuire) dell'uno aumenta (diminuisce) l'altro – Proporzionalità diretta). Ha un valore compreso tra +1 e -1, dove +1 corrisponde alla perfetta correlazione lineare positiva, corrisponde a un'assenza di correlazione lineare e -1 corrisponde alla perfetta correlazione lineare negativa.. Pertanto ad un alto grado di correlazione (prossimo a 1) corrisponde un andamento simile (no valori uguali)

| Anno 2022 | | POSTAZIONE 1 | POSTAZIONE 2 | POSTAZIONE 3 | CAORLE Fondo Urb-Res | ROCCA BRANCALEONE Traffico/Industriale | ZALAMELLA Traffico urbano | PORTO SAN VITALE Industriale |
|------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--|------------------------------|------------------------------------|
| Dati | [n] | 57 | 57 | 56 | 352 | 356 | 355 | 358 |
| Media | [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 29 | 32 | 32 | 25 | 27 | 29 | 35 |
| Min | [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 7 | 11 | 7 | 6 | 1 | 5 | 7 |
| Max | [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 70 | 68 | 66 | 62 | 76 | 76 | 77 |
| 90,4 perc | [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 55 | 57 | 53 | 43 | 49 | 52 | 58 |
| >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | [n] | | | | 22 | 33 | 37 | 58 |

Tabella 9 – Parametri statistici del PM10 per le postazioni del Comparto HerAmbiente e per le stazioni della RRQA – Anno 2022

Le elaborazioni indicano che, nel 2022, in nessuna delle postazioni del Comparto sono stati superati i limiti del D.Lgs 155/2010 per la media annua ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre per tutte 3 risulta superato il numero di giorni con concentrazione di PM10 superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (massimo 35 giorni ovvero il 90.4° percentile superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nel 2022, per l'area di Ravenna, è stato superato il limite di 35 giorni nelle stazioni della RRQA Zalamella (stazione traffico urbano) e Porto San Vitale (stazione industriale/portuale).

In Figura 9 sono riportate le medie e il 90.4° percentile del PM10 nelle postazioni del Comparto e nelle stazioni della RRQA. I valori medi rilevati durante le campagne di misura presso le postazioni del Comparto (valori da $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sono comparabili ai valori misurati nelle stazioni della RRQA durante gli stessi periodi (valori da $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Inoltre, per le stazioni RRQA, le medie del periodo di monitoraggio non differiscono in modo sostanziale da quelle annuali (Figura 9). I valori del 90.4° percentile delle concentrazioni misurate durante le campagne di misura nelle postazioni sono comparabili con i percentili annuali calcolati per le stazioni della RRQA mentre, per questo parametro, nelle stazioni della RRQA il 90.4 perc. del periodo è più basso di quello annuale. Anche considerando la sola variabilità meteorologica stagionale, è pertanto confermato che nelle postazioni del Comparto si verificano più di 35 superamenti della concentrazione giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

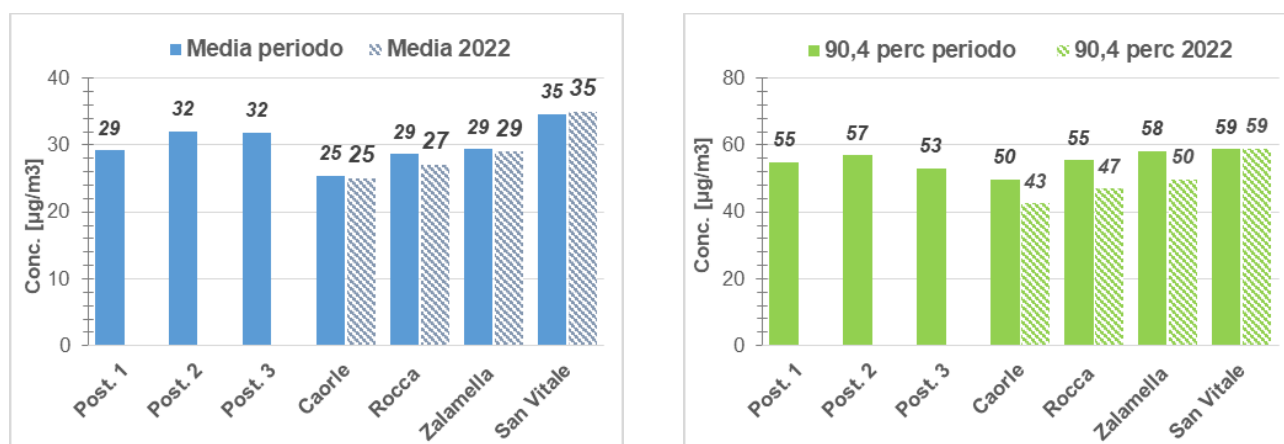


Figura 9 – Medie e 90,4° perc. delle concentrazioni di PM10 rilevate nel periodo di campionamento e nella intera annualità 2022

Il *box plot* (Figura 10) sintetizza in formato grafico alcuni dei valori statistici rappresentativi dei risultati delle campagne di monitoraggio:

- il valore minimo rilevato nel sito (barra a sinistra del box arancione);
- il 1° quartile dei valori (il 25% dei dati sono inferiori al valore del 1° quartile - bordo sinistro del box);
- la media dei dati (coincidente con il secondo quartile per distribuzioni gaussiane - linea posizionata all'interno del box);
- il 3° quartile (ovvero il 75% dei dati sono inferiori al 3° quartile - bordo destro del box);
- il valore massimo rilevato nella postazione (barra a destra del box).

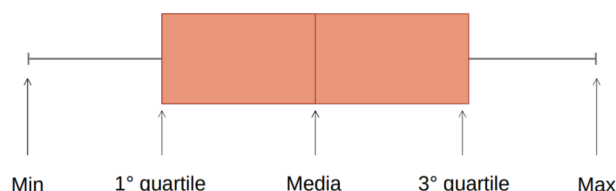


Figura 10 – Parametri statistici rappresentati dal box plot

Dai dati di monitoraggio presso il Comparto e con riferimento alle statistiche mensili ed annuali si ottengono i grafici a box di Figura 11 e di Figura 12. In Figura 11 (statistiche su base mensile) si nota che:

- **valori minimi.** I valori più bassi si riscontrano a luglio (Postazione 1 = 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e a dicembre (Postazione 3 = 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre i minimi più alti a gennaio (Post. 2 e Post.3);
- **valori medi.** I mesi invernali (gennaio, febbraio) sono quelli con le medie più elevate (Postazione 1 = 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 2 = 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 3 = 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre aprile quello con le medie più basse (Postazione 1 = 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 2 = 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 3 = 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- **valori massimi.** Gennaio è il mese con i valori più elevati in assoluto (Postazione 1 = 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 2 = 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Postazione 3 = 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), seguito da febbraio (51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la Postazione n.2), mentre in aprile viene rilevato il massimo più basso (postazione 1 = 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) seguito da luglio (postazione 1 = 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

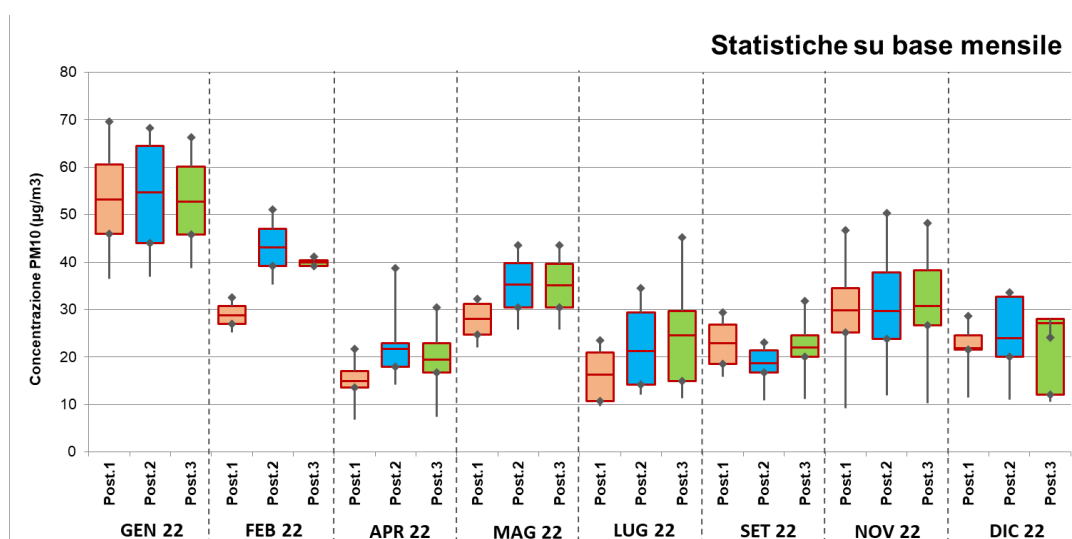


Figura 11 – Box plot delle concentrazioni mensili

Le elaborazioni su base annuale e stagionale (Figura 12) confermano le considerazioni già fatte: i valori sono più alti durante i mesi freddi e nella Postazione 2.

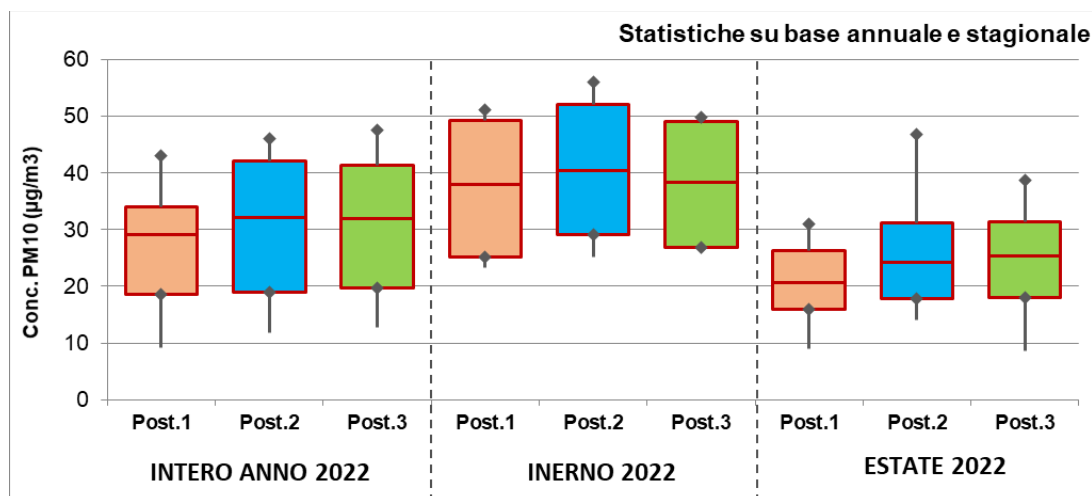
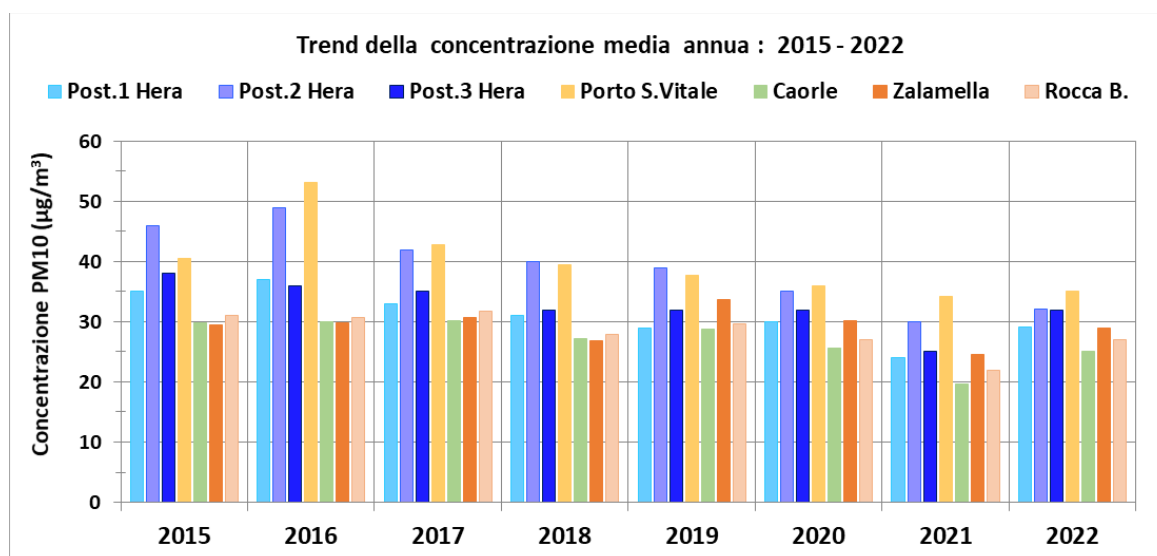


Figura 12 – Box plot delle concentrazioni stagionali e annuali

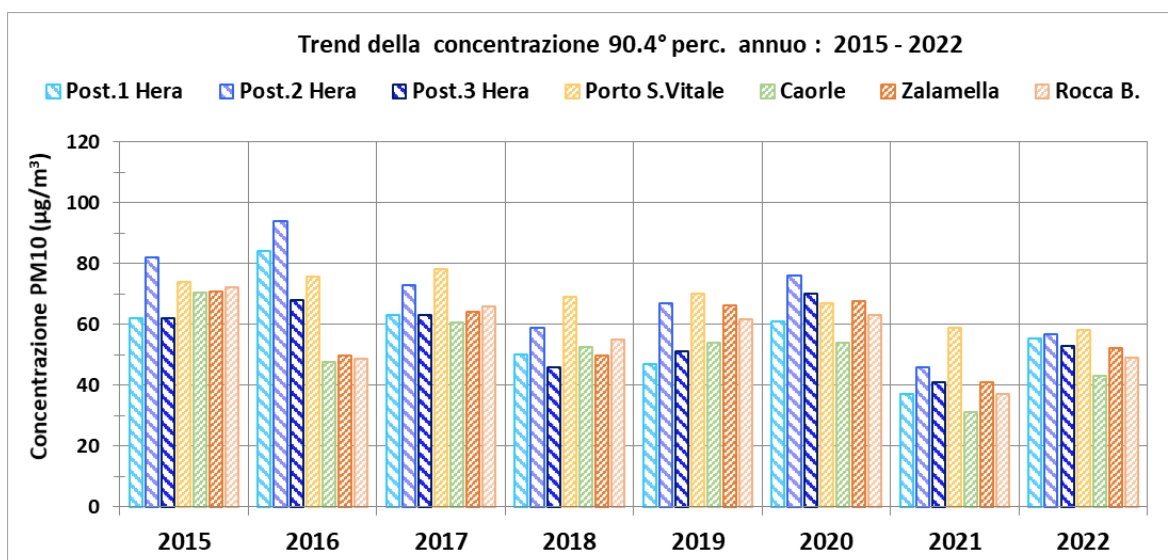
Per valutare il trend negli anni delle concentrazioni di particolato misurate presso il Comparto HerAmbiente e confrontarlo con quello delle stazioni della RRQA, i due successivi grafici a barre (Figura 13 e Figura 14) riportano il valore medio annuale e il 90.4° percentile delle concentrazioni di PM10 calcolati per gli anni dal 2015 al 2022.



Nota: nel 2021 l'allocazione della Postazione 2 è stata modificata rispetto al posizionamento precedente (circa 300 metri a sud)

Figura 13 – Trend nel periodo 2015-2022 delle medie di PM10 del periodo di campionamento misurate nei siti del Comparto e nelle stazioni della RRQA

Per quanto riguarda la concentrazione media annua la progressiva e costante riduzione che si era evidenziata dal 2015 al 2021 si è interrotta con i valori misurati nel 2022. Si tratta comunque di un lieve innalzamento delle concentrazioni medie annue che, interessando sia le postazioni del Comparto che le stazioni fisse di monitoraggio dell'area vasta di Ravenna, è ascrivibile a condizioni dispersive meno favorevoli per l'ultimo anno di monitoraggio.



Nota: nel 2021 l'allocazione della Postazione 2 è stata modificata rispetto al posizionamento precedente (circa 300 metri a sud)

Figura 14 – Trend nel periodo 2015-2022 del 90.4° di PM10 del periodo di campionamento misurato nei siti del Comparto e nelle stazioni della RRQA

Anche il 90.4° percentile delle concentrazioni di PM10, nel 2021 risulta maggiore rispetto all'anno precedente; per questo indicatore l'andamento è discontinuo e non si evidenzia un trend.

4.2.2 - Metalli e microinquinanti nel particolato PM10

La determinazione di metalli (piombo, cadmio, nichel, cromo, vanadio, argento, arsenico), IPA, PCB, PCDD e PCDF è svolta sui filtri della postazione 2. I filtri raccolti nella postazione nelle diverse mensilità, sono stati raggruppati e analizzati per i tre periodi temporali indicati in Tabella 10.

| Periodo di campionamento | Campione |
|--------------------------|----------|
| 1 gennaio – 28 febbraio | Gen-Feb |
| 1 aprile – 30 settembre | Apr-Sett |
| 1 novembre – 31 dicembre | Nov-Dic |

Tabella 10 – Aggregazione dei filtri per la determinazione dei metalli e dei microinquinanti

METALLI

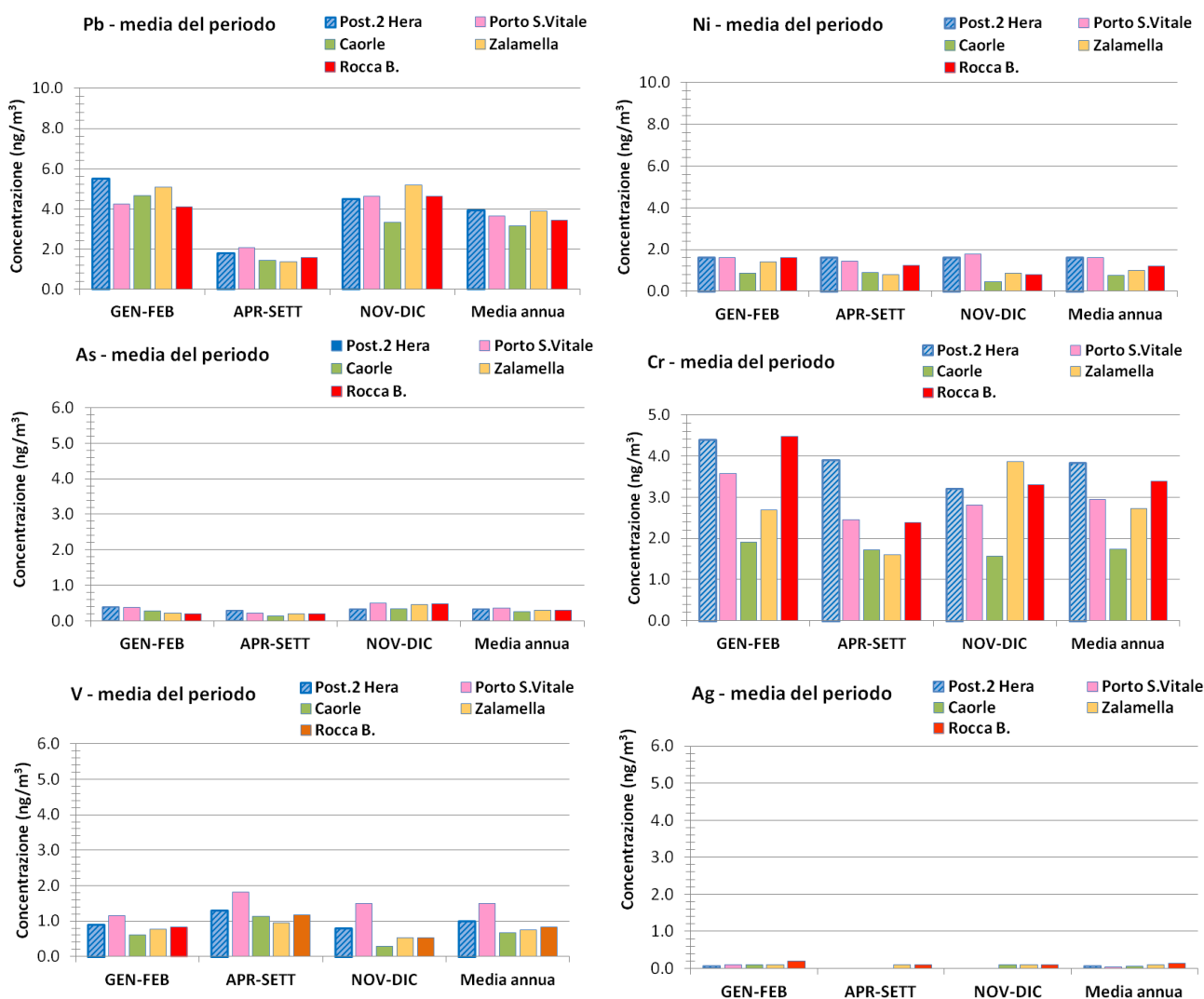
Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura provenienti da diverse fonti, sia naturali che antropiche. Quelli di maggior rilevanza sotto il profilo tossicologico, per i quali esiste un riferimento normativo (Valore limite/obiettivo DLgs 155/2010 - indicati in Tabella 11), sono: nichel, cadmio, arsenico e piombo.

In Tabella 11 sono riportate le concentrazioni dei metalli misurate nel corso del 2022: i valori medi del periodo e le medie annue sono abbondantemente inferiori ai valori limite e obiettivo stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e dello stesso ordine di grandezza di quelle misurate nelle stazioni della RRQA (Figura 15).

| Postazione 2 HerAmbiente - METALLI (ng/m ³) | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Periodo | Piombo | Nichel | Arsenico | Cromo | Vanadio | Argento | Cadmio |
| Gen-Feb 2022 | 5.5 | 1.6 | 0.4 | 4.4 | 0.9 | < 0.1 | 0.2 |
| Apr-Sett 2022 | 1.8 | 1.6 | 0.3 | 3.9 | 1.3 | < 0.1 | < 0.1 |
| Nov-Dic 2022 | 4.5 | 1.6 | 0.3 | 3.2 | 0.8 | 0.1 | 0.1 |
| Media anno 2022⁵ | 3.9 | 1.6 | 0.3 | 3.8 | 1.0 | 0.1 | 0.1 |

| Valore limite/obiettivo D.Lgs 155/2010 (espresso come concentrazione media annua) | 500 Valore limite | 20.0 Valore obiettivo | 6.0 Valore obiettivo | // | // | // | 5.0 Valore obiettivo |
|--|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----|----|----|----------------------------|
|--|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----|----|----|----------------------------|

Tabella 11 – Concentrazioni medie di metalli (esprese in ng/m³) rilevate nel 2022 presso la postazione n.2 interna al Comparto HerAmbiente di Ravenna



⁵ I valori di concentrazione inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati nei calcoli come metà del limite di rilevabilità strumentale

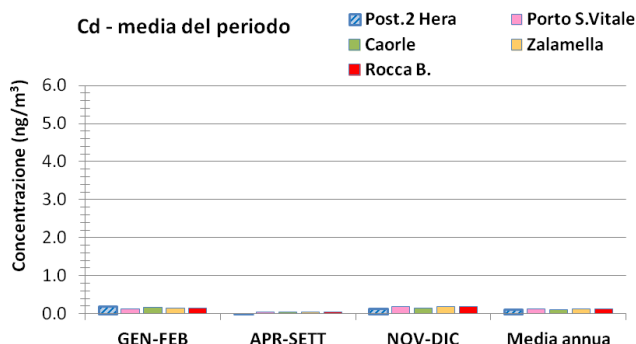


Figura 15 – Pb, Ni, As, Cr, V, Ag, Cd misurati all'interno del Comparto e nelle stazioni della RRQA Anno 2022

La Figura 15, oltre a comparare le medie annuali, confronta anche le medie dei tre periodi rilevate nella postazione 2 interna al Comparto HerAmbiente e nelle stazioni della RRQA.

Di seguito sono riportate alcune osservazioni relative alle concentrazioni dei metalli misurate nel corso del 2022:

- **Pb** – il valore medio annuo misurato nel Comparto HerAmbiente (3.9 ng/m³ nella postazione 2) è superiore a quello delle stazioni della RRQA (concentrazioni comprese nell'intervallo 2.1-3.0 ng/m³), ma più di 80 volte inferiore al valore limite;
- **Ni** – nella postazione del Comparto, nel 2022, le concentrazioni di Ni sono state inferiori o uguali a 1.6 ng/m³, simili a quelle misurate nelle stazioni RRQA;
- **As** – presso la postazione 2 la concentrazione, pressoché costante nell'arco dell'intera annualità 2022, è inferiore a 0.4 ng/m³ e comparabile con quanto rilevato presso la RRQA;
- **Cr** – nella postazione 2 la concentrazione media di Cr è 3.8 ng/m³ - piuttosto stabile nel corso dell' annualità (range di valori compresi tra 3.2 ng/m³ e 4.4 ng/m³) e con un valore della media annuale simile alla stazione Rocca Brancaleone;
- **V** – la concentrazione media annua di V nel Comparto è 1.0 ng/m³, con valori più elevati in estate ed inferiori in inverno. Tali dati risultano analoghi a quanto misurato presso le stazioni della rete RRQA;
- **Ag** – il valore medio rilevato presso la postazione n.2 è di 0.1 ng/m³, limite di rilevabilità strumentale per questo metallo. I valori misurati presso le stazioni della RRQA sono sempre superiori, in particolare presso Zalamella (0.8 ng/m³) e Rocca Brancaleone (0.8 ng/m³);
- **Cd** – il valore medio 2022 del Cd è 0.1 ng/m³ e non sono evidenti variazioni nella postazione nel corso dell'anno. Rispetto alla RRQA, i valori di Cd sono comparabili, eccetto il dato relativo al periodo novembre-dicembre quando, nelle stazioni della RRQA si è registrato un valore significativamente più alto rispetto alle altre mensilità e, anche, rispetto alla postazione HerAmbiente.

I trend temporali delle concentrazioni dei metalli misurate all'interno del Comparto e nelle stazioni della RRQA negli ultimi sette anni (2015-2022) sono riportati in Figura 16.

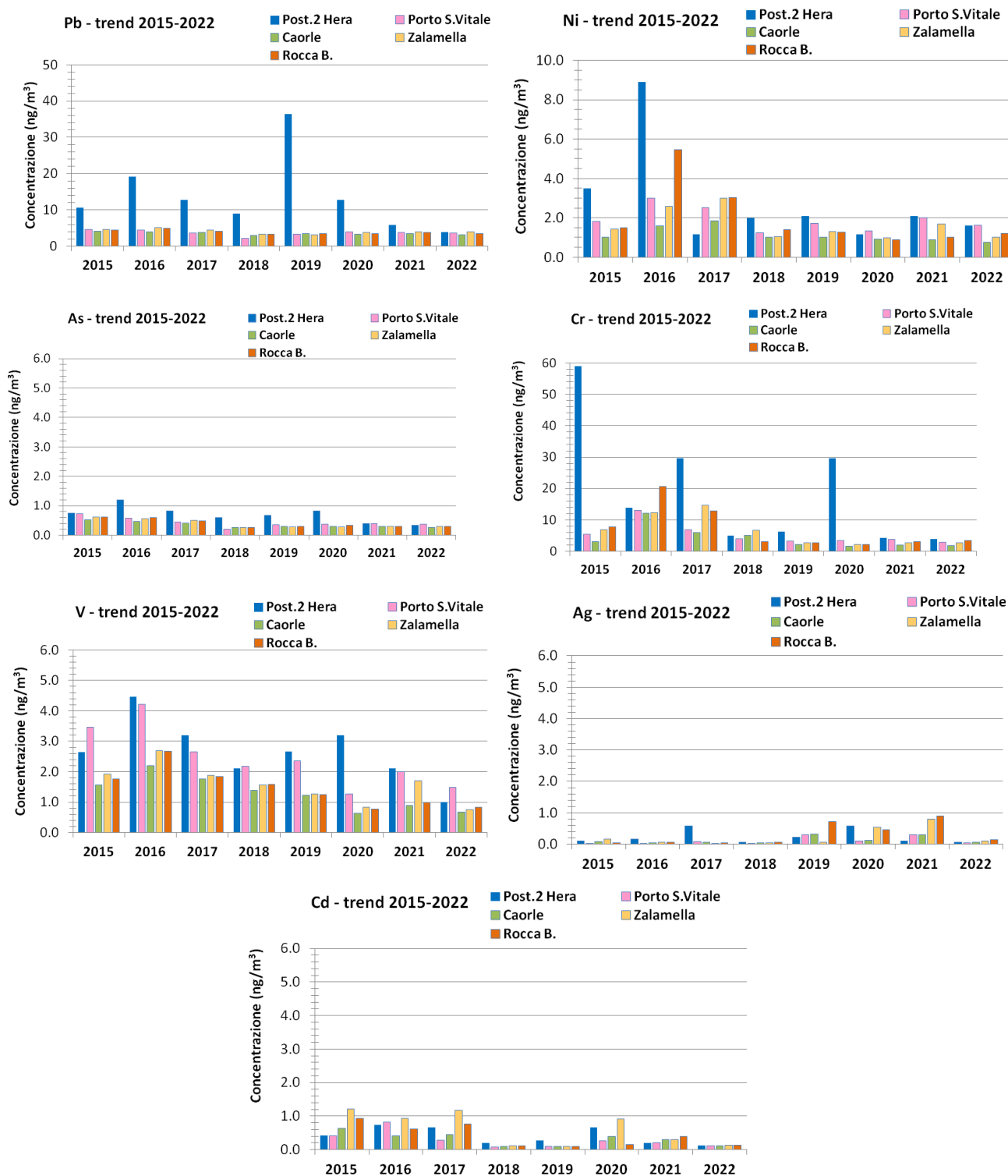


Figura 16 – Trend temporali delle concentrazioni di Pb, Ni, As, Cr, V, Ag, Cd misurati all'interno del Comparto e nelle stazioni RRQA – Anni 2015 ÷ 2022

Le principali evidenze, per i metalli ricercati, possono essere riassunte:

- **Pb** – all'interno del Comparto HerAmbiente il valore medio annuo risulta sempre superiore rispetto a quanto misurato presso le stazioni della RRQA anche se nel 2022 la concentrazione media annua nella postazione 2 è la più bassa del periodo 2015-2022 e risulta perfettamente allineata con quanto misurato nella RRQA;

- **Ni** – le concentrazioni di questo inquinante sono risultate stabili dal 2017 e inferiori a 3 ng/m³, sia nel Comparto HerAmbiente sia nelle stazioni della RRQA. A parte il 2016 (quando il valore misurato a HerAmbiente ha raggiunto 8.9 ng/m³), i valori del Comparto sono simili a quelli della RRQA, in particolare della centralina Porto San Vitale;
- **As** – nel Comparto l'As risulta generalmente più alto rispetto a quanto misurato nella RRQA a parte gli anni 2015, 2021, 2022 in cui i valori sono comparabili. Nel 2022 in HerAmbiente è stato misurato il valore più basso di As dell'intero periodo 2015-2022.
- **Cr** – il valore medio annuo del Cr misurato nel periodo 2015-2022 all'interno del Comparto risulta molto variabile: nel 2015, 2017 e 2020 i valori più alti (compresi fra 59,0 ng/m³ e 29.7 ng/m³) mentre nelle altre annualità le concentrazioni medie annue sono comprese fra 13.9 ng/m³ (nel 2016) e 3.8 ng/m³ (valore più basso del periodo misurato nel 2022). Rispetto ai dati misurati nelle stazioni della RRQA, i valori di Cr all'interno del Comparto HerAmbiente sono risultati superiori nel 2015, 2017 e 2020.
- **V** – la concentrazione di V nel Comparto risulta analoga a quella misurata nella stazione Porto San Vitale e moderatamente superiore alle altre stazioni della RRQA. Nel 2022, in HerAmbiente, è stato misurato il valore più basso del periodo 2015-2022;
- **Ag** – i valori di concentrazione dell'Ag nel periodo 2015-2022 sono ovunque molto bassi, compresi tra 0.1 ng/m³ e 0.9 ng/m³. Nella postazione 2, a parte il 2017 e il 2020, le concentrazioni medie annue sono sempre state inferiori a 0.2 ng/m³;
- **Cd** – infine, anche il cadmio presenta ovunque valori molto bassi e, in pratica, nel Comparto inferiori a quelli della rete, a parte nel 2018 e 2019 dove – comunque – non supera 0,3 ng/m³. Nel 2022 si sono registrati i dati più bassi del comparto e per la rete RRQA.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Tra gli IPA ad elevato peso molecolare, il composto più studiato e rilevato è il Benzo(a)Pirene (BaP): l'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) ne ha accertato la cancerogenicità per l'uomo e inserito nel Gruppo1.

La normativa vigente (D.Lgs 155/2010) fissa in 1.0 ng/m³ il valore obiettivo degli IPA espresso in funzione della concentrazione media annuale di BaP presente nella frazione PM10 del materiale particolato. Il Decreto, poi, sottolinea l'opportunità di misurare, contestualmente al Benzo(a)pirene, alcuni altri IPA di rilevanza tossicologica per verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il BaP e gli altri idrocarburi policiclici aromatici, in particolare:

- benzo(a)antracene,
- benzo(b)fluorantene,
- benzo(j)fluorantene,
- benzo(k)fluorantene,
- indeno(1,2,3-cd)pirene e
- dibenzo(a,h)antracene.

Il metodo analitico utilizzato per la determinazione degli IPA prevede l'estrazione del materiale particolato (PM10) con solvente e la successiva purificazione su colonna di gel di silice. L'eluato così raccolto viene ripreso con un volume noto di toluene. La determinazione analitica finale viene effettuata per gascromatografia ad alta risoluzione interfacciata ad un rivelatore costituito da uno spettrometro di massa a bassa risoluzione. Lo standard di riferimento utilizzato consente di determina-

re, oltre agli IPA riportati nel Decreto, altri 16 composti. La Tabella 12 riporta le concentrazioni dei 23 IPA ricercati nei filtri raccolti in ciascuna delle tre campagne del 2022 e, in ultima colonna, la media delle tre campagne. Nella tabella gli IPA indicati dal decreto sono in colore azzurro, il benzo(a)pirene in colore rosso.

| Postazione 2 HerAmbiente | IPA (ng/m ³) | | | Media periodo anno 2022 |
|--------------------------|--------------------------|---------|---------|----------------------------|
| | Gen-Feb | Apr-Set | Nov-Dic | |
| Naftalene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Acenaftilene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Acenaftene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Fluorene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Fenantrene | 0.0134 | 0.0015 | 0.0383 | 0.0177 |
| Antracene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Fluorantene | 0.1131 | 0.0089 | 0.1278 | 0.0833 |
| Pirene | 0.1222 | 0.0058 | 0.1376 | 0.0885 |
| Benzo(a)antracene | 0.1671 | 0.0058 | 0.2083 | 0.1271 |
| Ciclopenta(c,d)pirene | 0.0286 | <0.0001 | 0.0286 | 0.0191 |
| Crisene | 0.2899 | 0.0079 | 0.2333 | 0.1770 |
| Benzo (b)+(j)fluorantene | 0.8971 | 0.0118 | 1.1361 | 0.6797 |
| Benzo(k)fluorantene | 0.2377 | <0.0001 | 0.3160 | 0.1846 |
| Benzo(e)pirene | 0.3970 | 0.0103 | 0.5289 | 0.3121 |
| Benzo(a)pirene | 0.3565 | 0.0028 | 0.5020 | 0.2871 |
| Indeno(1,2,3,c,d)pirene | 0.5132 | 0.0142 | 1.0010 | 0.5095 |
| Dibenzo(ac+ah)antracene | 0.0547 | <0.0001 | 0.0912 | 0.0486 |
| Benzo(g,h,i)perilene | 0.4414 | 0.0128 | 0.7385 | 0.3975 |
| Dibenzo(a,l)pirene | 0.0359 | <0.0001 | 0.0488 | 0.0141 |
| Dibenzo(a,e)fluorantene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Dibenzo(a,e)pirene | 0.0326 | <0.0001 | 0.0804 | 0.0189 |
| Dibenzo(a,i)pirene | <0.0001 | <0.0001 | 0.0274 | 0.0046 |
| Dibenzo(a,h)pirene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |

Tabella 12 – Concentrazioni medie degli IPA (esprese in ng/m³) rilevate nel 2022

Oltre il 50% degli IPA hanno almeno un valore di concentrazione inferiore al limite di rilevabilità (LR, in particolare quelli non indicati dal D.Lgs. 155/2010).

Le concentrazioni più alte sono quelle relative ai composti: Benzo(b)+(j)fluorantene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene e Benzo(g,h,i)perilene.

Il valore medio annuale del Benzo(a)pirene (~ 0.3 ng/m³) è meno di un terzo del valore obiettivo stabilito dalla normativa, pari ad 1.0 ng/m³).

Nelle figure seguenti vengono riportati:

- i contributi percentuali di ciascun idrocarburo policiclico alle concentrazioni totali misurate presso la postazione 2 del Comparto HerAmbiente (Figura 17);
- le concentrazioni totali di IPA ed il relativo contributo degli IPA indicati dal D.Lgs 155/2010 (in rosso) e quelli non indicati (in blu) (Figura 18);
- il contributo relativo alle concentrazioni dei soli IPA indicati nel D.Lgs 155/2010 (Figura 19).

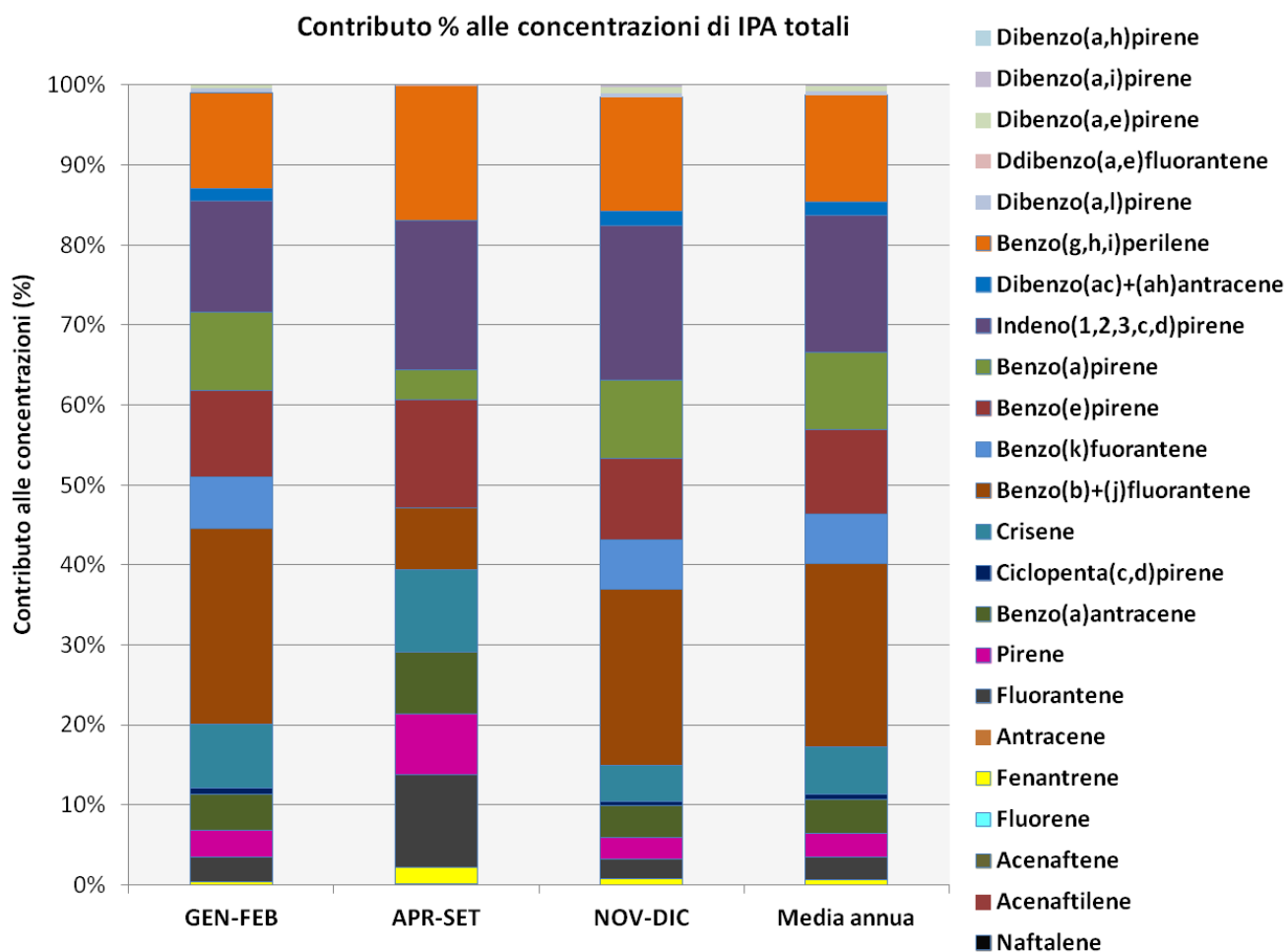


Figura 17 – Contenuto percentuale di IPA nelle concentrazioni totali misurate nel 2022 presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente

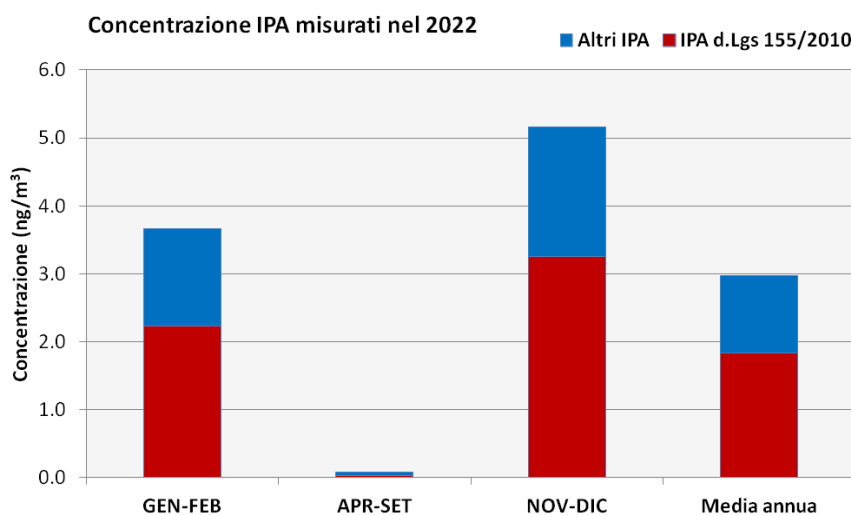


Figura 18 – IPA – Concentrazione totale di IPA nelle campagne 2022 presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente suddivisa tra gli IPA indicati nel D.Lgs 155/2010 (in rosso) e quelli non indicati (in blu)

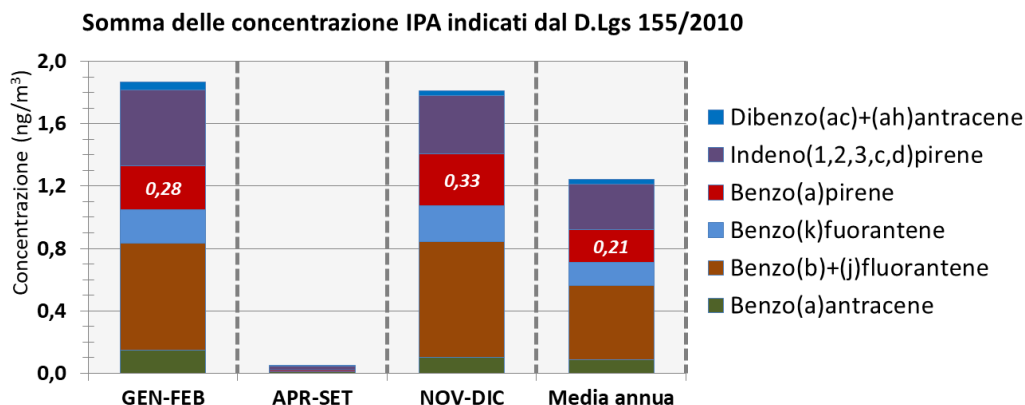


Figura 19 – Somma degli IPA indicati nel D.Lgs n. 155/2010 - concentrazioni medie nelle campagne del 2022 presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente e valore di Benzo(a)pirene (etichetta)

I contributi percentuali alle concentrazioni totali di IPA rappresentati in Figura 17 sono comparabili nelle campagne invernali (gen-feb e nov-dic), mentre risultano diverse nel periodo estivo. Alcuni IPA sono presenti solo durante la stagione fredda ed assenti in primavera-estate (es. Ciclopenta(c,d)pirene, Benzo(b)+(j)fluorantene, Benzo(k)fluorantene e Dibenzo(ac)+(ah)antracene) e viceversa (es. Acenaftene e Fluorene).

Infine, alcuni IPA hanno contributi percentuali piuttosto costanti nell'arco dell'intera annualità (es. Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene, Benzo(e)pirene).

Il Benzo(b)+(j)fluorantene è l'IPA con il maggior contributo alle concentrazioni totali (23% come media annuale e oltre il 24% nel periodo invernale, mentre risulta avere una percentuale bassa in primavera-estate, l'8%).

L'Indeno(1,2,3,c,d)pirene ed il Benzo(g,h,i)perilene hanno un contributo circa del 13% alle concentrazioni totali di IPA, costante nell'arco dell'anno.

Il rapporto tra gli IPA indicati dal D.Lgs. 155/2010 e quelli non indicati dalla norma evidenzia una prevalenza dei primi (circa 62% delle concentrazioni di IPA totali come media annuale). Questa percentuale è confermata nei mesi invernali (61% nel periodo gennaio-febbraio e 63% nel periodo novembre-dicembre), mentre durante i mesi caldi la percentuale si inverte: oltre il 62% degli IPA totali è dovuto ad idrocarburi non indicati dal Decreto.

Importante sottolineare anche la sostanziale differenza nei valori totali di concentrazione degli IPA: oltre 3 ng/m³ nei mesi freddi e inferiore a 0.2 ng/m³ in quelli caldi.

La Tabella 13 e la Figura 20 forniscono una rappresentazione delle concentrazioni medie degli IPA nel periodo di misura (indicato come valore medio annuo) rilevate presso il Comparto HerAmbiente (postazione n.2) e misurate nelle 3 postazioni della RRQA dell'area urbana di Ravenna e della stazione di Porto San Vitale. I valori risultano comparabili tra tutte le postazioni indicate.

Anche il contributo percentuale alle concentrazioni totali degli IPA risulta analogo in tutte le postazioni confrontate ad indicare una variabilità più legata alle caratteristiche degli IPA (sorgenti, volatilità, temperatura di degradazione, ecc.) piuttosto che della postazione di misura.

| | IPA (ng/m ³) - Media periodo - 2022 | | | | |
|--------------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| | Post.2 HerAmbiente | Caorle | Zalamella | Rocca | Porto S.Vitale |
| Naftalene | <0.0001 | 0.0005 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0006 |
| Acenaftilene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Acenaftene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Fluorene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0008 |
| Fenantrene | 0.0177 | 0.0189 | 0.0945 | 0.0395 | 0.0044 |
| Antracene | <0.0001 | <0.0001 | 0.0007 | <0.0001 | <0.0001 |
| Fluorantene | 0.0833 | 0.0647 | 0.1160 | 0.0994 | 0.0920 |
| Pirene | 0.0885 | 0.0633 | 0.1174 | 0.0896 | 0.0922 |
| Benzo(a)antracene | 0.1271 | 0.0825 | 0.1474 | 0.1176 | 0.0957 |
| Ciclopenta(c,d)pirene | 0.0191 | 0.0146 | 0.0571 | 0.0257 | 0.0221 |
| Crisene | 0.1770 | 0.1019 | 0.2320 | 0.1212 | 0.1102 |
| Benzo (b)+(j)fluorantene | 0.6797 | 0.3701 | 0.4357 | 0.4006 | 0.3838 |
| Benzo(k)fuorantene | 0.1846 | 0.1109 | 0.1687 | 0.1220 | 0.1131 |
| Benzo(e)pirene | 0.3121 | 0.1741 | 0.2297 | 0.1811 | 0.1861 |
| Benzo(a)pirene | 0.2871 | 0.1697 | 0.1916 | 0.1720 | 0.1717 |
| Indeno(1,2,3,c,d)pirene | 0.5095 | 0.2308 | 0.2544 | 0.2327 | 0.2458 |
| Dibenzo(ac+ah)antracene | 0.0486 | 0.0261 | 0.0912 | 0.0235 | 0.0236 |
| Benzo(g,h,i)perilene | 0.3975 | 0.2343 | 0.2649 | 0.2569 | 0.2578 |
| Dibenzo(a,l)pirene | 0.0141 | 0.0133 | 0.0097 | <0.0001 | 0.0136 |
| Dibenzo(a,e)fluorantene | <0.0001 | 0.0006 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0005 |
| Dibenzo(a,e)pirene | 0.0189 | 0.0103 | 0.0114 | 0.0061 | 0.0162 |
| Dibenzo(a,i)pirene | 0.0046 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0007 | <0.0001 |
| Dibenzo(a,h)pirene | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Sommatoria Totale | 2.9696 | 1.687 | 2.423 | 1.889 | 1.870 |

Tabella 13 – Concentrazioni medie degli IPA (esprese in ng/m³) rilevate nel 2022 presso il Comparto HERA e presso le stazioni della RRQA

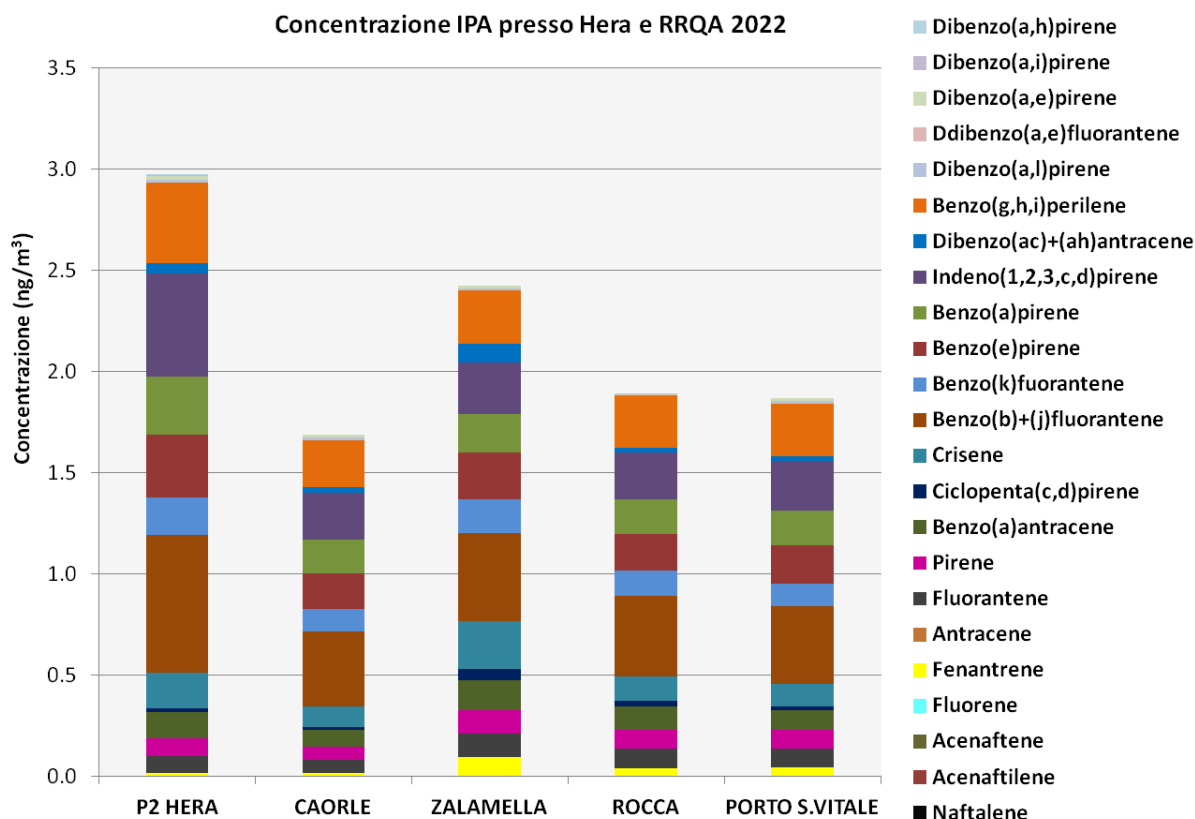


Figura 20 – Concentrazione media annuale misurata nella postazione del Comparto e nelle stazioni della RRQA - 2022

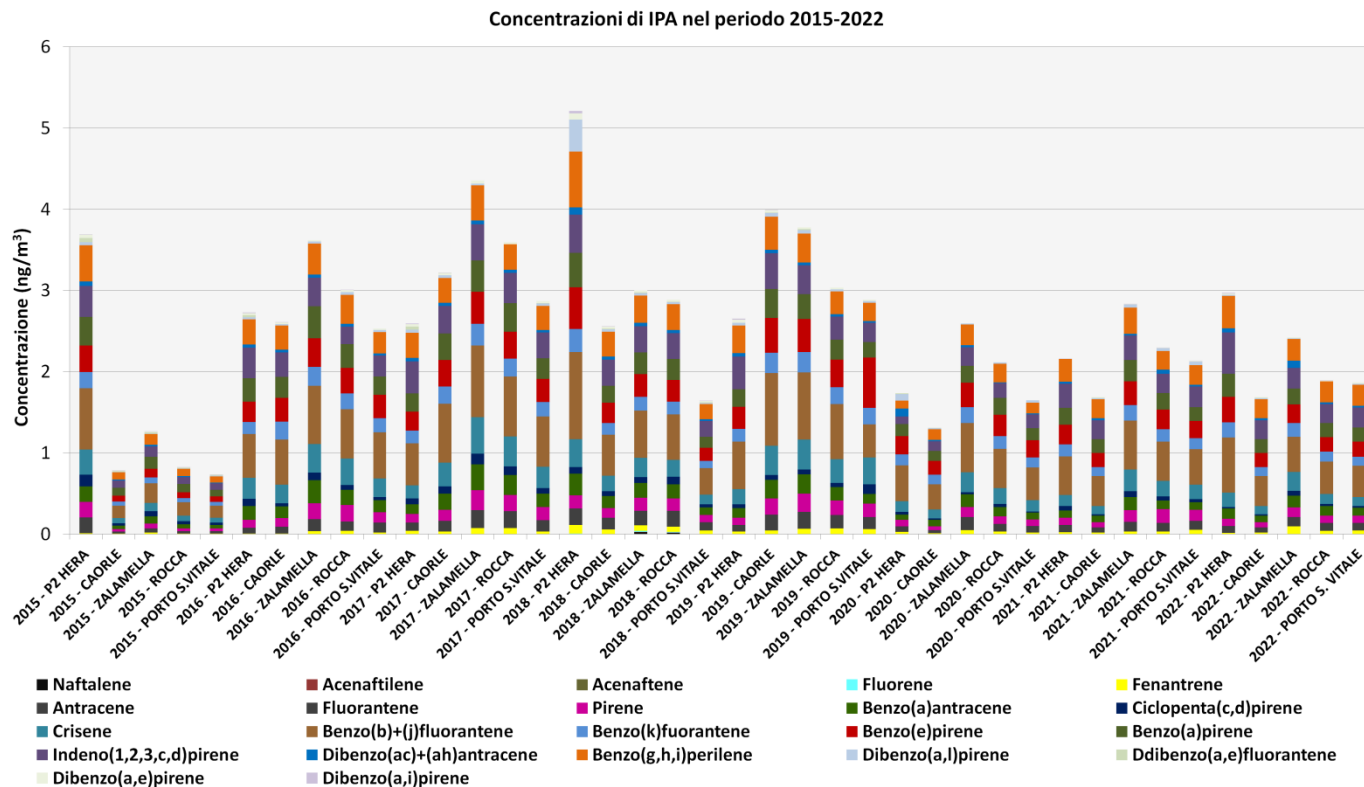


Figura 21 – Trend nel periodo 2015-2022 delle concentrazioni di IPA totali misurate durante il periodo di campionamento presso il Comparto e dalle stazioni della RRQA

Infine, in Figura 21 è riportato l'andamento delle concentrazioni di IPA misurate nel Comparto HerAmbiente e nelle stazioni della RRQA per il periodo 2015-2022: in ogni barra è indicato il contributo di ciascun IPA alla concentrazione totale media dell'anno

A parte il 2015 e il 2018, nelle altre annualità l'andamento tra le postazioni è abbastanza omogeneo mentre tra le annualità sussiste una maggiore variabilità, con concentrazioni ridotte negli anni 2020 e 2021.

Microinquinanti organici: Policlorobifenili (PCB) Diossine (PCDD) e Furani (PCDF)

Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e Furani (PCDF) fanno parte della più ampia famiglia dei Composti Organici Persistenti (POPs). I POPs sono sostanze chimiche molto resistenti che, una volta immesse nell'aria, nell'acqua o nel terreno, a causa della loro scarsa degradabilità, permangono nell'ambiente per lungo tempo.

I PCB comprendono 209 congeneri, mentre i PCDD/F sono una famiglia composta da 210 congeneri. Da sottolineare che non tutti i congeneri sono tossici, e non lo sono alla stessa maniera.

Per esprimere la tossicità dei singoli congeneri e della totalità del campione analizzato si introduce il concetto di «fattore di tossicità equivalente (TEF)». I TEF si basano sulla considerazione che PCB, PCDD e PCDF sono composti che producono effetti tossici simili ed esprimono la tossicità di un determinato congenere rispetto al congenere più tossico – la 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina) – a cui è assegnato il valore di tossicità uguale a 1. In pratica, il valore di concentrazione di “diossina-equivalente” di un campione è ottenuto sommando i valori di concentrazione dei singoli congeneri dopo averli moltiplicati per i rispettivi TEF. Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione, l'International TEF (I-TEF) ed il WHO TEF (WHO-TEF).

Non esistono riferimenti normativi né a livello nazionale, né a livello europeo che regolamentino la presenza di PCB, diossine e furani in aria.

Policlorobifenili (PCB)

Le concentrazioni dei congeneri di PCB ricercati nel particolato PM10 campionato presso il Comparto HerAmbiente, espresse in pg/m^3 , sono riportate in Tabella 14 dove, in blu sono indicati i congeneri di tipo coplanare (#118 e #105); per questi – nella parte inferiore della tabella - si riportano i “*fattori di tossicità equivalente I-TEF*” e le concentrazioni espresse come *PCB-Dioxin Like I-TEF* in $10^{-3} \text{ pg}/\text{m}^3$ ovvero fg/m^3 .

6

| | | | | |
|------------|-------|-------|--------------|-----------------------|
| 10^0 | | | Uno | 1 |
| 10^{-1} | deci | d | Decimo | 0,1 |
| 10^{-2} | centi | c | Centesimo | 0,01 |
| 10^{-3} | milli | m | Millesimo | 0,001 |
| 10^{-6} | micro | μ | Millesimo | 0,000 001 |
| 10^{-9} | nano | n | Millardesimo | 0,000 000 001 |
| 10^{-12} | pico | p | Billionesimo | 0,000 000 000 001 |
| 10^{-15} | femto | f | Billardesimo | 0,000 000 000 000 001 |

| Postazione 2 HerAmbiente - PCB (pg/m ³) | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gen-Feb | Apr-Set | Nov-Dic | Media 2022 |
| #28 | 0.17 | 0.07 | 0.38 | 0.21 |
| #52 | 0.09 | 0.04 | 0.13 | 0.09 |
| #95 | 0.18 | 0.05 | 0.32 | 0.18 |
| #101 | 0.26 | 0.08 | 0.40 | 0.25 |
| #99 | 0.08 | 0.03 | 0.09 | 0.06 |
| #110 | 0.29 | 0.09 | 0.37 | 0.19 |
| #151 | 0.08 | 0.03 | 0.17 | 0.09 |
| #149 | 0.02 | 0.09 | 0.61 | 0.14 |
| #118 | 0.02 | 0.06 | 0.26 | 0.06 |
| #146 | 0.29 | 0.02 | 0.09 | 0.13 |
| #153 | 0.35 | 0.14 | 0.87 | 0.45 |
| #105 | 0.13 | 0.03 | 0.11 | 0.07 |
| #138 | 0.04 | 0.14 | 0.87 | 0.35 |
| #187 | 0.02 | 0.08 | 0.30 | 0.14 |
| #183 | 0.27 | 0.04 | 0.17 | 0.09 |
| #177 | 0.02 | 0.03 | 0.17 | 0.07 |
| #180 | 0.27 | 0.15 | 1.13 | 0.52 |
| #170 | 0.20 | 0.05 | 0.48 | 0.24 |
| Sommatoria | 2.70 | 1.23 | 6.90 | 3.32 |

| Postazione 2 HerAmbiente - PCB (WHO-TEF fg/m³) | | | | | |
|--|----------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| PCB Dioxin like | WHO-TEF | Gen-Feb | Apr-Set | Nov-Dic | Media 2022 |
| #118 | 3 * 10 ⁻⁵ | 0.0006 | 0.0009 | 0.0038 | 0.0018 |
| #105 | 3 * 10 ⁻⁵ | 0.0039 | 0.0008 | 0.0016 | 0.0021 |
| Sommatoria | | 0.0045 | 0.0017 | 0.0054 | 0.0039 |

Tabella 14 – Concentrazioni medie dei PCB espresse in pg/m³ e concentrazioni medie espresse in WHO-TEF fg/m³ - 2022

Complessivamente, i valori di concentrazione dei PCB misurati all'interno del Comparto HerAmbiente risultano molto più elevati a novembre e dicembre (6.90 pg/m³) con un valore medio annuo di 3.32 pg/m³. Il periodo estivo è risultato avere la media di concentrazione più bassa (1.23 pg/m³). I contributi percentuali di ciascun congenere alla concentrazione totale di PCB misurata nel Comparto HerAmbiente nel corso di ciascuna campagna e come valore medio annuo sono in Figura 22.

Alcune considerazioni ricavabili dal grafico:

- #138, #153 e #180 sono i congeneri con il contributo maggiore alle concentrazioni totali e hanno valori molto più elevati nel periodo novembre e dicembre;
- il congenere #149 ha concentrazioni importanti solo nel periodo invernale nov-dic;
- i congeneri #183, e #146 sono più alti nel periodo gen-feb e rispetto agli altri periodi di campionamento
- i congeneri #101 e #170 hanno valori più elevati nel periodo nov-dic rispetto alle altre mensilità;

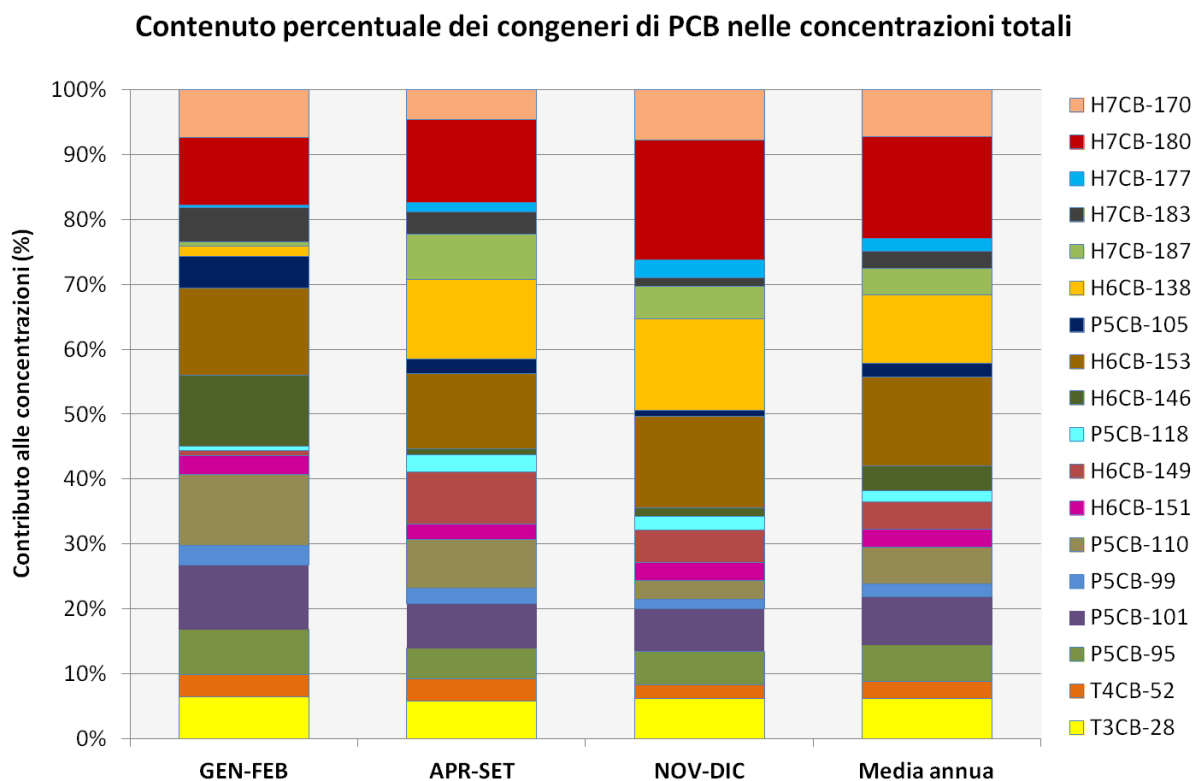


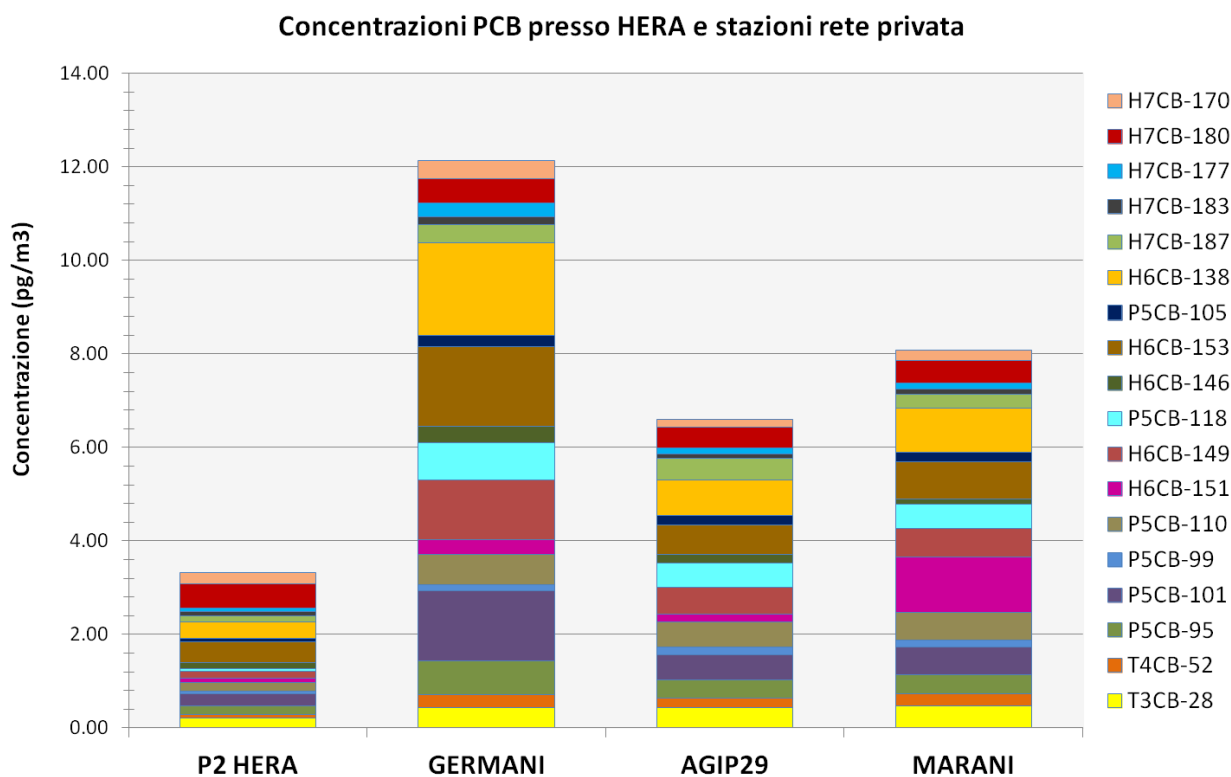
Figura 22 – Contenuto percentuale dei congeneri di PCB nelle concentrazioni totali misurate presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente – 2022

Il confronto delle concentrazioni medie (in pg/m^3) di PCB del 2022, nel Comparto e nelle tre stazioni della rete privata – Ravenna Servizi Industriali (RSI; Marani, Germani e Agip29) interessate dalle ricadute della zona industriale, è riportato in Tabella 15 ed in Figura 23. La stazione Agip29 presenta valori di PCB inferiori a Germani e Marani ma più elevati rispetto al Comparto HerAmbiente (Agip 29 = $5.96 \text{ pg}/\text{m}^3$ e Comparto = $3.32 \text{ pg}/\text{m}^3$).

Questa generale tendenza viene confermata anche dal trend del periodo 2015-2022 (Figura 24): le concentrazioni di PCB del Comparto HerAmbiente risultano sempre inferiori (annualità 2015, 2018, 2020, 2021, 2022) o analoghe (annualità 2016, 2017 e 2019) a quanto misurato presso le stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) e la stazione Agip 29, fra le tre stazioni, è quella con valori quasi sempre più bassi.

| PCB (pg/m ³) - Media periodo - 2022 | | | | |
|---|-----------------------|--------------|-------------|-------------|
| | Post.2 HerAmbiente | Germani | Agip29 | Marani |
| #28 | 0.21 | 0.43 | 0.43 | 0.47 |
| #52 | 0.09 | 0.28 | 0.21 | 0.27 |
| #95 | 0.18 | 0.72 | 0.38 | 0.39 |
| #101 | 0.25 | 1.50 | 0.55 | 0.59 |
| #99 | 0.06 | 0.14 | 0.16 | 0.16 |
| #110 | 0.19 | 0.64 | 0.55 | 0.58 |
| #151 | 0.09 | 0.33 | 0.16 | 1.19 |
| #149 | 0.14 | 1.27 | 0.56 | 0.61 |
| #118 | 0.06 | 0.80 | 0.52 | 0.52 |
| #146 | 0.13 | 0.34 | 0.19 | 0.11 |
| #153 | 0.45 | 1.72 | 0.62 | 0.79 |
| #105 | 0.07 | 0.24 | 0.21 | 0.20 |
| #138 | 0.35 | 1.97 | 0.75 | 0.94 |
| #187 | 0.14 | 0.40 | 0.46 | 0.29 |
| #183 | 0.09 | 0.17 | 0.11 | 0.12 |
| #177 | 0.07 | 0.29 | 0.11 | 0.12 |
| #180 | 0.52 | 0.52 | 0.45 | 0.49 |
| #170 | 0.24 | 0.39 | 0.17 | 0.21 |
| Sommatoria Totale | 3.32 | 11.14 | 5.96 | 7.34 |

Tabella 15 – Concentrazioni medie dei PCB (esprese in pg/m³) rilevate presso il Comparto HE-RA e presso le stazioni della rete RSI nei periodi di monitoraggio 2022



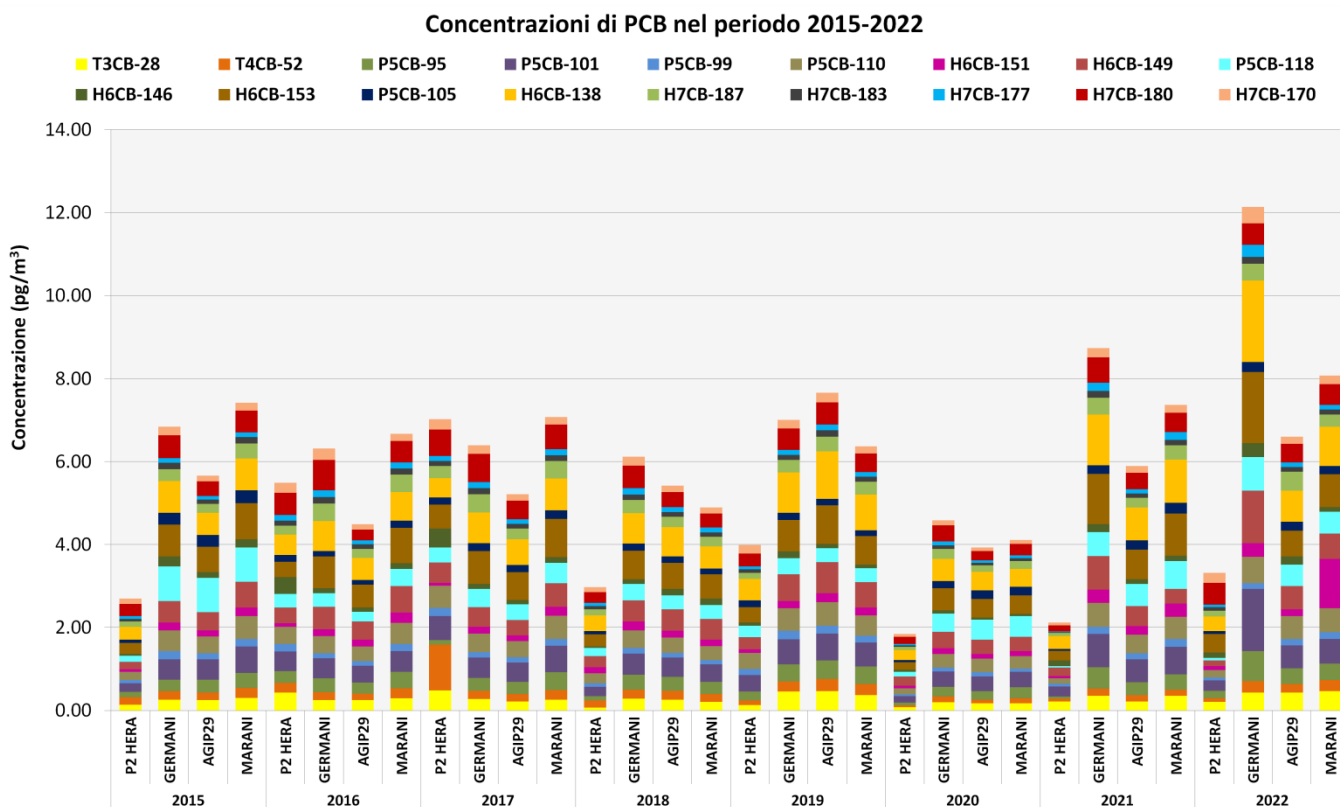


Figura 24 – Trend 2015-2022 delle concentrazioni medie di PCB del periodo di campionamento misure presso il Comparto HERA e presso le stazioni della rete RSI

Diossine e Furani (PCDD/F)

In Tabella 16 sono riportate le concentrazioni dei congeneri di PCDD/F nel particolato PM10 (e-spressi in fg/m³) e, nella parte inferiore della tabella, le stesse concentrazioni ma espresse come “diossina-equivalente” (*dioxin like*) ovvero tenendo conto del relativo valore I-TEF.

| Postazione 2 HerAmbiente – PCDD/F (fg/m ³) | | | | | |
|--|-------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| | I-TEF | Gen-Feb | Apr-Set | Nov-Dic | Media 2022 |
| 2.3.7.8 T4CDD | 1.0 | 0.91 | 0.47 | 0.85 | 0.75 |
| 1.2.3.7.8 P5CDD | 0.5 | 4.44 | 0.47 | 2.56 | 2.49 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDD | 0.1 | 2.87 | 0.47 | 2.07 | 1.81 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDD | 0.1 | 0.91 | 1.22 | 3.53 | 1.89 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDD | 0.1 | 3.26 | 0.47 | 0.85 | 1.53 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDD | 0.01 | 47.66 | 5.35 | 29.86 | 27.62 |
| OCDD | 0.001 | 97.68 | 16.05 | 76.17 | 63.30 |
| 2.3.7.8 T4CDF | 0.1 | 2.09 | 0.47 | 1.83 | 1.46 |
| 1.2.3.7.8 P5CDF | 0.05 | 6.27 | 1.22 | 3.78 | 3.75 |
| 2.3.4.7.8 P5CDF | 0.5 | 6.27 | 1.29 | 5.85 | 4.47 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDF | 0.1 | 9.66 | 3.79 | 4.02 | 5.83 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDF | 0.1 | 10.58 | 2.10 | 7.92 | 6.87 |
| 2.3.4.6.7.8 H6CDF | 0.1 | 8.23 | 0.47 | 10.24 | 6.31 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDF | 0.1 | 0.91 | 2.17 | 0.85 | 1.31 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDF | 0.01 | 20.89 | 4.27 | 22.79 | 15.98 |
| 1.2.3.4.7.8.9 H7CDF | 0.01 | 5.62 | 0.47 | 0.85 | 2.31 |
| OCDF | 0.001 | 14.49 | 0.47 | 15.60 | 10.19 |
| Sommatoria | | 242.7 | 41.2 | 189.6 | 157.8 |

| Postazione 2 HerAmbiente - PCDD/F (I-TEF fg/m ³) | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gen-Feb | Apr-Set | Nov-Dic | Media 2022 |
| 2.3.7.8 T4CDD | 0.91 | 0.47 | 0.85 | 0.75 |
| 1.2.3.7.8 P5CDD | 2.22 | 0.24 | 1.28 | 1.25 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDD | 0.29 | 0.05 | 0.21 | 0.18 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDD | 0.09 | 0.12 | 0.35 | 0.19 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDD | 0.33 | 0.05 | 0.09 | 0.15 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDD | 0.48 | 0.05 | 0.30 | 0.28 |
| OCDD | 0.10 | 0.02 | 0.08 | 0.06 |
| 2.3.7.8 T4CDF | 0.21 | 0.05 | 0.18 | 0.15 |
| 1.2.3.7.8 P5CDF | 0.31 | 0.06 | 0.19 | 0.19 |
| 2.3.4.7.8 P5CDF | 3.13 | 0.64 | 2.93 | 2.23 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDF | 0.97 | 0.38 | 0.40 | 0.58 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDF | 1.06 | 0.21 | 0.79 | 0.69 |
| 2.3.4.6.7.8 H6CDF | 0.82 | 0.05 | 1.02 | 0.63 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDF | 0.09 | 0.22 | 0.09 | 0.13 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDF | 0.21 | 0.04 | 0.23 | 0.16 |
| 1.2.3.4.7.8.9 H7CDF | 0.06 | 0.00 | 0.01 | 0.02 |
| OCDF | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.01 |
| Sommatoria Totale | 11.29 | 2.65 | 9.01 | 7.65 |

Nota: Per i composti inferiori al LR è stato considerato la metà del LR stesso (dato in verde)
Tabella 16 – Concentrazioni medie dei PCDD/F espresse in fg/m³ (parte superiore della tabella) e concentrazioni medie espresse in I-TEF fg/m³ (parte inferiore della tabella) - 2022

I valori delle campagne invernali delle concentrazioni dei PCDD/F sono fra loro comparabili (valore medio nel periodo gen-feb 11.29 I-TEF fg/m³ e nel periodo nov-dic 9.01 I-TEF fg/m³), mentre quelli del periodo primavera-estate sono decisamente inferiori (2.65 I-TEF fg/m³).

I congeneri con concentrazioni maggiori sono: OCDD, 1,2,3,4,6,7,8 H7CDD, 1,2,3,4,6,7,8 H7CDF e OCDF, ma se si tiene conto della tossicità (ovvero dopo il prodotto per il relativo valore I-TEF), i congeneri che hanno una maggiore rilevanza in termini percentuali sono, nell'ordine: 2,3,4,7,8 P5CDF, 1,2,3,7,8 P5CDD, 1,2,3,7,8 P5CDD e 2,3,7,8 T4CDD (Figura 25).

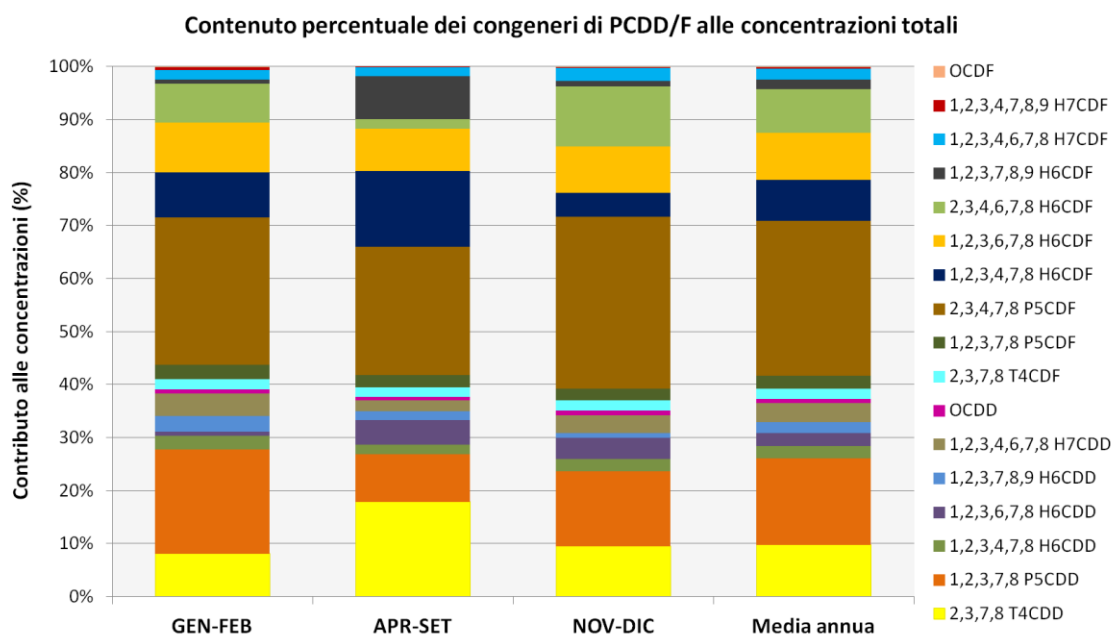


Figura 25 – Contenuto percentuale dei congeneri di PCDD/F alle concentrazioni totali misurate presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente - 2022

Il confronto tra i dati misurati presso la postazione n.2 del Comparto HerAmbiente e la media delle misure condotte nelle tre stazioni della rete RSI nel periodo di monitoraggio del 2022 sono riportati in Tabella 17 ed in Figura 26.

| PCDD/F (I-TEF fg/m ³) – Media Anno 2022 | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | POST.2 HERA | GERMANI | AGIP29 | MARANI |
| 2.3.7.8 T4CDD | 0.75 | 0.85 | 0.63 | 0.74 |
| 1.2.3.7.8 P5CDD | 1.25 | 0.56 | 0.74 | 0.85 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDD | 0.18 | 0.13 | 0.12 | 0.14 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDD | 0.19 | 0.25 | 0.30 | 0.25 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDD | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.18 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDD | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.25 |
| OCDD | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.06 |
| 2.3.7.8 T4CDF | 0.15 | 0.41 | 0.51 | 0.36 |
| 1.2.3.7.8 P5CDF | 0.19 | 0.24 | 0.20 | 0.21 |
| 2.3.4.7.8 P5CDF | 2.23 | 3.91 | 3.93 | 3.36 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDF | 0.58 | 0.56 | 0.62 | 0.59 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDF | 0.69 | 0.48 | 0.57 | 0.58 |
| 2.3.4.6.7.8 H6CDF | 0.63 | 0.63 | 0.73 | 0.66 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDF | 0.13 | 0.14 | 0.10 | 0.12 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDF | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.15 |
| 1.2.3.4.7.8.9 H7CDF | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| OCDF | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| SOMMATORIA | 7.65 | 8.79 | 9.15 | 8.53 |

Tabella 17 – Concentrazioni medie dei PCDD/F (esprese in I-TEF fg/m³) rilevate nel 2022 presso il Comparto HERA e presso le stazioni della rete RSI

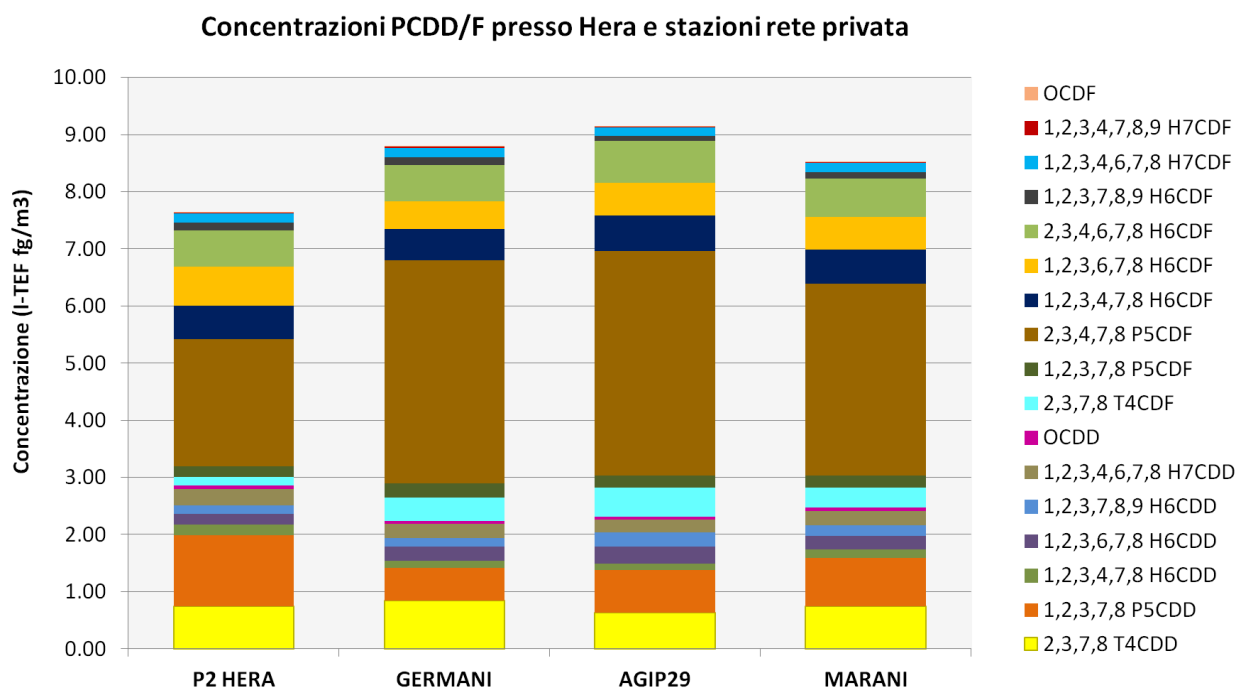


Figura 26 – Concentrazioni medie annuali misurate nella postazione del Comparto HerAmbiente e nelle stazioni della rete RSI esprese in I-TEF fg/m³ – 2022

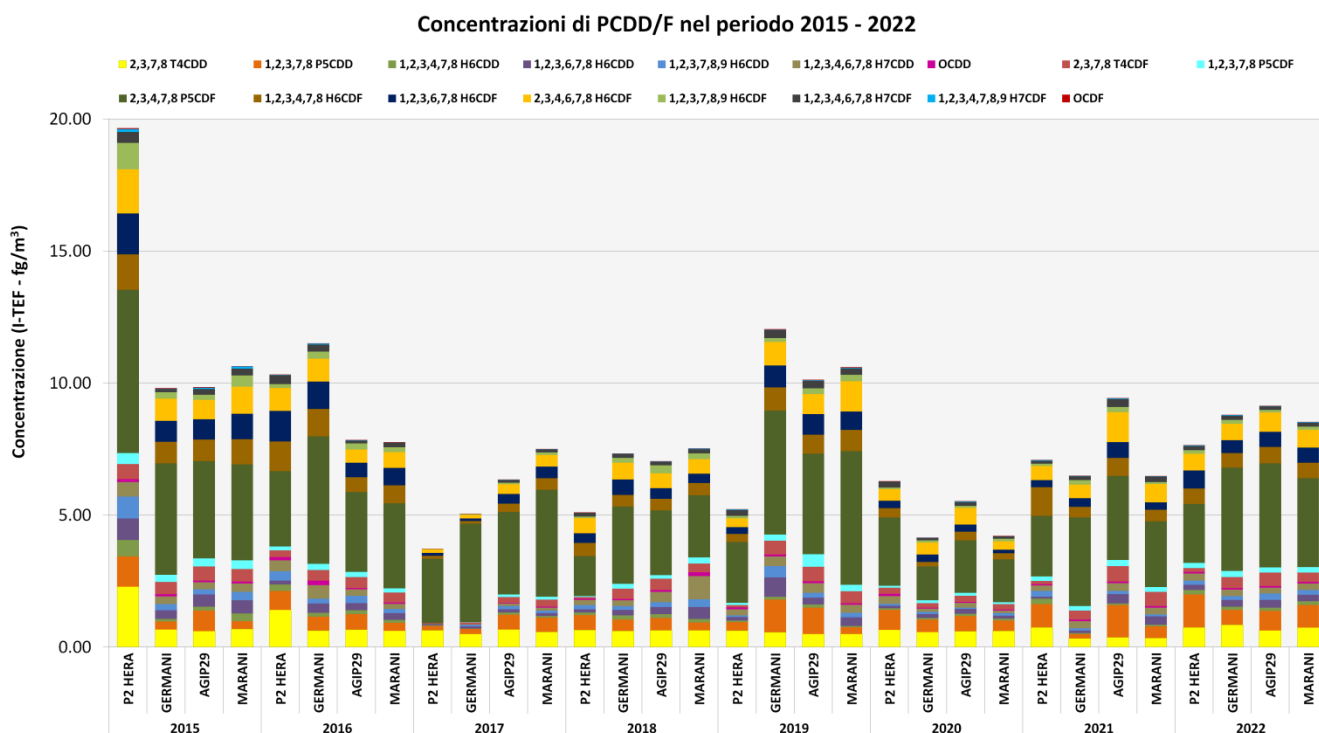


Figura 27 – Trend nel periodo 2015-2022 delle concentrazioni medie di PCDD/F del periodo di campionamento misurate nel Comparto e dalle stazioni della rete RSI

Analogamente ai PCB, anche per i PCDD/F si osserva come il Comparto HerAmbiente abbia concentrazioni inferiori, ma comparabili a quanto misurato presso le stazioni Germani e Marani e Agip29. Nel periodo 2016 – 2022 i valori del Comparto HerAmbiente sono analoghi a quelli delle stazioni della rete RSI (Figura 27), fa eccezione il 2015.

4.2.3 - Deposizione atmosferica

Metalli

Le deposizioni totali (in $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$) minime e massime di metalli rilevate nei due accorpamenti (accorpamento 1: postazione 1 + 6 e accorpamento 2: postazione 2 + 3, come descritto nel paragrafo 4.2.2) e le medie del periodo di monitoraggio sono riportate in Tabella 18.

| Deposizioni totali | Range di variabilità (min – max) ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$) | | Media del periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$) | |
|--------------------|---|------------|--|----------|
| | Post.1-6 | Post.2-3 | Post.1-6 | Post.2-3 |
| Pb | 0.1 – 4.5 | 0.7 – 18.3 | 1.4 | 7.2 |
| Cd | 0.2 – 0.3 | 0.3 – 1.1 | 0.3 | 0.5 |
| Cr | 0.6 – 33.5 | 1.0 – 24.0 | 9.3 | 8.5 |
| Ni | 0.4 – 23.0 | 0.7 – 11.8 | 6.3 | 5.1 |
| V | 0.3 – 1.2 | 0.7 – 2.6 | 0.7 | 1.3 |
| As | 0.1 – 0.4 | 0.2 – 0.8 | 0.2 | 0.5 |
| Ag | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 |

Tabella 18 – Flussi di deposizione dei metalli totali – valori minimi, massimi e medi annuali rilevate nel 2022

Questi valori possono essere confrontati con:

- 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;
- con i valori descritti in bibliografia espressi come range di variabilità in diversi contesti territoriali (aree rurali, aree urbane, aree industriali) (Tabella 19).

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

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

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

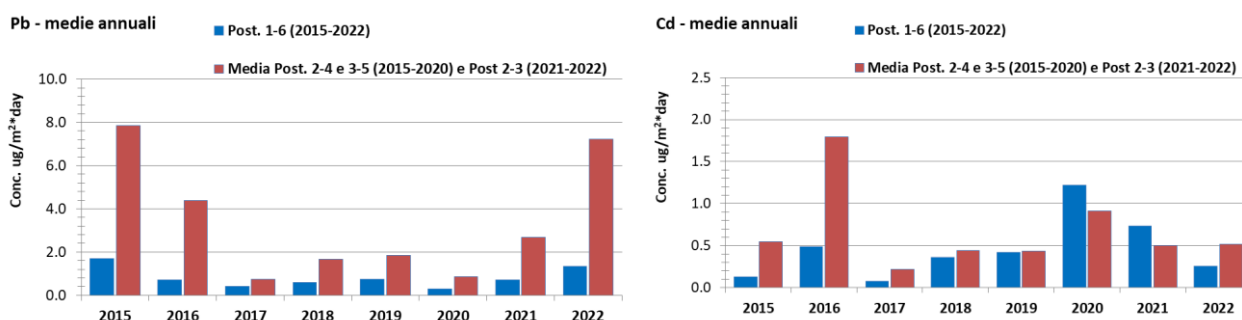
(3) Provincia di Lucca – ISS 2011

Tabella 19 – Flussi di deposizione dei metalli totali – limiti della normativa tedesca e dati bibliografici di riferimento

Piombo, Cromo e Nichel sono i metalli che presentano i flussi di deposizione maggiori. I dati di Argento sono sempre inferiori al limite di rilevabilità.

In Figura 28 sono rappresentati i trend dei flussi di deposizione di metalli all'interno del Comparto del periodo 2015 – 2022, con l'avvertenza che i campioni dal 2015 al 2020 - sempre prelevati all'interno del Comparto - fanno riferimento ad accorpamenti diversi rispetto al 2022.

Non sono state riportate le deposizioni di argento, poiché risultate sempre prossime a valori nulli e quasi sempre inferiori al limite di rilevabilità (valore più alto, registrato nel 2015, pari a 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$).



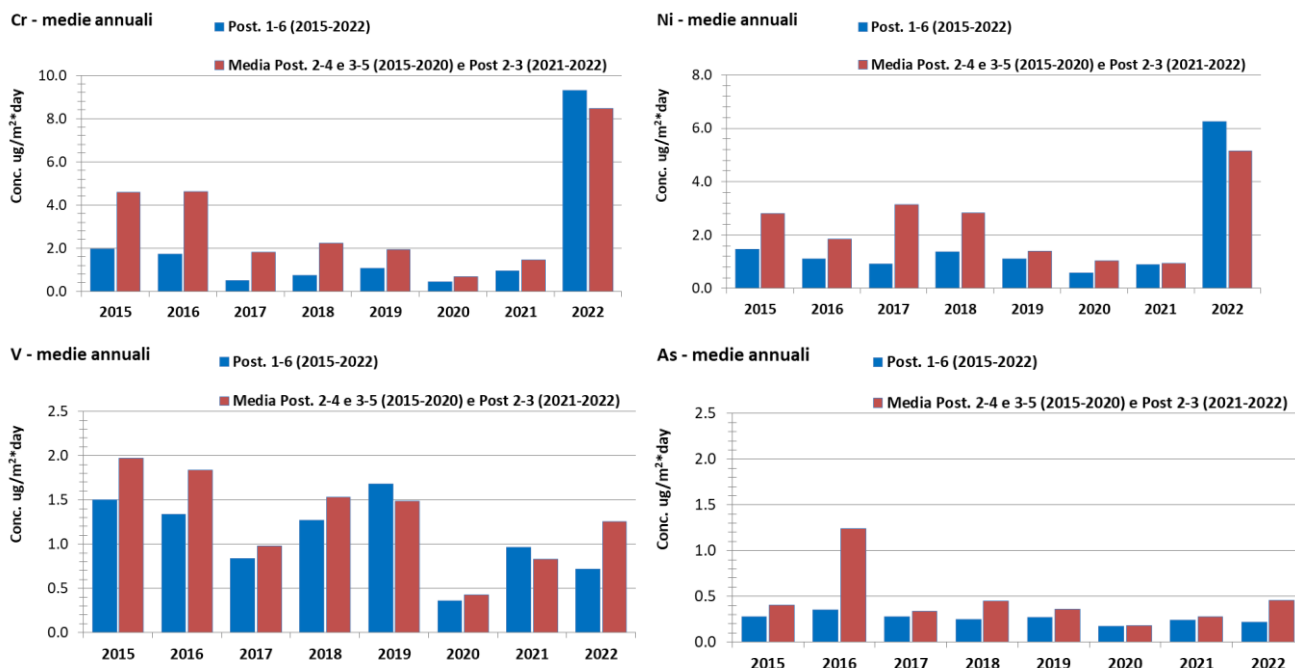


Figura 28 – Trend temporali delle deposizioni di Pb, Cd, Cr, Ni, V e As misurati all'interno del Comparto – 2015 - 2022

Come si può osservare:

- il Pb e l'As nelle deposizioni raccolte nelle postazioni 1-6 (area nord del Comparto) sono inferiori rispetto a quanto rilevato presso le postazioni a sud;
- per il Cr e Ni nel 2022 sono stati registrati valori superiori a quelli degli anni precedenti, sia nell'area nord del Comparto che in quella a sud;
- i range di flusso calcolati rientrano nei valori tipici misurati in aree industriali.

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

Nelle tabelle seguenti (Tabella 20 ÷ Tabella 25) sono riportati i flussi di deposizione dei diversi microinquinanti (minimi e massimi) misurati nelle postazioni, oltre al flusso massimo annuale calcolato a partire dal flusso massimo giornaliero misurato nel 2022.

Il calcolo dei flussi di deposizione consente, in mancanza di una normativa specifica, il confronto con i dati di bibliografia. In particolare:

- IPA e PCB sono confrontati con i dati della rete SAMANET⁷, rete costituita da deposimetri dislocati lungo la laguna di Venezia per valutare i carichi di microinquinanti in laguna;
- Diossine e Furani vengono confrontati con valori guida tedeschi (LAI 2004) definiti come limiti di flusso delle deposizioni totali giornaliere da non superare, sul territorio nazionale.

⁷ La Rete di Monitoraggio **SAMANET**, realizzata e gestita dalla Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque (SAMA), consisteva 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. Il programma di campionamento delle deposizioni prevedeva cicli di raccolta di circa sessanta giorni, corrispondenti a sei campagne nel corso di un anno. L'ultimo anno di cui si dispone dei dati di deposizione dei microinquinanti organici è il 2017.

| IPA | Post. 1-6 (ng/m ² *day) | Post. 2-3 (ng/m ² *day) | Stima flusso max/anno (µg/m ² *anno) | Rete SAMANET (µg/m ² *anno) |
|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| BaP | 0.57 – 5.65 | 0.63 – 12.88 | 4.7 | -- |
| BaA | 0.01 – 7.40 | 0.01 – 14.98 | 5.47 | -- |
| Bb+jF | 1.88 – 17.14 | 2.17 – 35.73 | 13.04 | -- |
| BkF | 0.63 – 4.18 | 0.89 – 8.83 | 3.22 | -- |
| Indeno | 0.71 – 12.69 | < 0.01 – 29.57 | 10.79 | -- |
| Da+hA | 0.01 – 1.17 | < 0.01 – 2.87 | 1.05 | -- |
| IPA tot | 11.17 – 672.93 | 14.36 – 795.39 | 290.32 | 59.8 – 362.7 |

Tabella 20 – Flussi minimi e massimi giornalieri IPA e flusso massimo annuale stimato – anno 2022. Rete SAMANET valori min-max periodo 2007-2017

| IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI | Post. 1-6 (ng/m ² *day) | | | | Post. 2-3 (ng/m ² *day) | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | GEN-MAR | APR-GIU | LUG-SET | OTT-DIC | GEN-MAR | APR-GIU | LUG-SET | OTT-DIC |
| Naftalene | 0,01 | 0,32 | 0,01 | 0,47 | 0,01 | 0,32 | 0,01 | 0,45 |
| Acenaftilene | 0,01 | 1,42 | 0,01 | 5,96 | 0,01 | 1,98 | 0,01 | 4,77 |
| Acenaftene | 0,01 | 4,17 | 0,01 | 6,70 | 0,01 | 4,66 | 0,01 | 4,48 |
| Fluorene | 0,01 | 94,66 | 6,77 | 83,44 | 0,01 | 99,35 | 26,19 | 70,21 |
| Fenantrene | 0,36 | 435,08 | 207,67 | 308,40 | 0,49 | 464,57 | 348,32 | 307,56 |
| Antracene | 0,01 | 21,28 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 24,79 | 0,01 | 17,38 |
| Fluorantene | 1,61 | 60,31 | 41,37 | 82,15 | 2,63 | 70,36 | 57,71 | 112,22 |
| Pirene | 1,26 | 35,01 | 27,84 | 62,69 | 2,20 | 44,40 | 44,30 | 86,94 |
| Benzo(a)antracene | 0,68 | 0,01 | 1,32 | 7,40 | 0,01 | 0,01 | 2,92 | 14,98 |
| Ciclopenta(c,d)pirene | 0,01 | 0,01 | 0,26 | 2,39 | 0,01 | 0,01 | 0,58 | 5,26 |
| Crisene | 1,40 | 0,01 | 2,05 | 11,88 | 1,68 | 0,01 | 3,81 | 26,56 |
| Benzo (b)+(j)fluorantene | 1,88 | 3,55 | 3,29 | 17,14 | 2,17 | 7,02 | 5,52 | 35,73 |
| Benzo(k)fuorantene | 0,85 | 1,16 | 0,63 | 4,18 | 0,94 | 2,45 | 0,89 | 8,83 |
| Benzo(e)pirene | 0,88 | 3,15 | 2,49 | 7,62 | 1,35 | 6,70 | 6,17 | 18,28 |
| Benzo(a)pirene | 0,57 | 3,10 | 1,73 | 5,65 | 0,63 | 4,57 | 2,77 | 12,88 |
| Indeno(1,2,3,cd)pirene | 0,71 | 4,26 | 2,46 | 12,69 | 0,80 | 5,43 | 5,75 | 29,57 |
| Dibenzo(ac+ah)antracene | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,17 | 0,01 | 0,01 | 1,13 | 2,87 |
| Benzo(g,h,i)perilene | 0,89 | 5,39 | 3,97 | 11,83 | 1,39 | 14,26 | 10,80 | 30,45 |
| Dibenzo(a,l)pirene | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Dibenzo(a,e)fluorantene | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,91 |
| Dibenzo(a,e)pirene | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,11 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 4,03 |
| Dibenzo(a,i)pirene | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Dibenzo(a,h)pirene | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| IPA totali | 11.17 | 672.93 | 301.92 | 632.90 | 14.36 | 750.92 | 516.91 | 795.39 |

Tabella 21 – Flussi giornalieri di IPA nel Comparto – anno 2022

| PCB | Post. 1-6 (ng/m²*day) | Post. 2-3 (ng/m²*day) | Stima Flusso max/anno (µg/m²*anno) | Rete SAMANET (µg/m²*anno) |
|-------------------|---|---|--|---|
| PCB totali | 0.70 – 20.82 | 0.78 – 23.86 | 8.71 | 0.05 - 2.55 |

Tabella 22 – Flussi minimi e massimi giornalieri PCB nel Comparto e flusso massimo annuale stimato – anno 2022. Rete SAMANET valori min-max periodo 2007-2017

| POLICLOROBIFENILI | Post. 1-6 (ng/m²*day) | | | | Post. 2-3 (ng/m²*day) | | | |
|--------------------------|---|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|
| | GEN-MAR | APR-GIU | LUG-SET | OTT-DIC | GEN-MAR | APR-GIU | LUG-SET | OTT-DIC |
| #28 | 0,05 | 2,11 | 13,12 | 0,00 | 0,02 | 2,09 | 14,62 | 0,00 |
| #52 | 0,02 | 1,53 | 2,36 | 0,00 | 0,02 | 1,66 | 2,25 | 0,00 |
| #95 | 0,04 | 1,04 | 0,84 | 0,00 | 0,03 | 1,13 | 0,90 | 0,00 |
| #101 | 0,07 | 1,15 | 1,11 | 0,06 | 0,05 | 1,24 | 1,21 | 0,00 |
| #99 | 0,02 | 0,30 | 0,39 | 0,00 | 0,01 | 0,31 | 0,42 | 0,00 |
| #110 | 0,06 | 0,74 | 1,03 | 0,12 | 0,05 | 0,83 | 1,19 | 0,03 |
| #151 | 0,02 | 0,20 | 0,13 | 0,14 | 0,01 | 0,26 | 0,19 | 0,08 |
| #149 | 0,07 | 0,61 | 0,39 | 0,35 | 0,08 | 1,18 | 0,56 | 0,25 |
| #118 | 0,05 | 0,41 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,53 | 0,00 |
| #146 | 0,00 | 0,08 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,11 | 0,06 | 0,07 |
| #153 | 0,08 | 0,49 | 0,37 | 0,56 | 0,11 | 0,64 | 0,61 | 0,43 |
| #105 | 0,01 | 0,14 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,16 | 0,00 |
| #138 | 0,08 | 0,52 | 0,23 | 0,44 | 0,15 | 0,74 | 0,40 | 0,25 |
| #187 | 0,02 | 0,13 | 0,03 | 0,18 | 0,04 | 0,21 | 0,11 | 0,15 |
| #183 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 0,09 | 0,05 | 0,08 |
| #177 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,13 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,10 |
| #180 | 0,06 | 0,16 | 0,08 | 0,85 | 0,11 | 0,36 | 0,25 | 0,83 |
| #170 | 0,02 | 0,07 | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,18 | 0,32 | 0,07 |
| PCB totali | 0,70 | 9,76 | 20,82 | 3,11 | 0,78 | 11,71 | 23,86 | 2,34 |

Tabella 23 – Flussi giornalieri di PCB nel Comparto – anno 2022

| PCDD/F | Post. 1-6 (pg I-TE/m ² *day) | Post. 2-3 (pg I-TE/m ² *day) | Linee guida Germania (pg I-TE/m ² *day) |
|--------|---|---|---|
| PCDD/F | 0.25 – 0.58 | 0.25 – 0.91 | 4 |

Tabella 24 – Flussi minimi e massimi giornalieri di PCDD/F nel Comparto – anno 2022

| DIOSSINE E FURANI | Post. 1-6 (ng I-TE/m ² *day) | | | | Post. 2-3 (ng I-TE/m ² *day) | | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|-------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | GEN-MAR | APR-GIU | LUG-SET | OTT-DIC | GEN-MAR | APR-GIU | LUG-SET | OTT-DIC |
| 2.3.7.8 T4CDD | 0,08 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,09 | 0,09 |
| 1.2.3.7.8 P5CDD | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDD | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDD | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDD | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDD | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,09 |
| OCDD | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,03 |
| 2.3.7.8 T4CDF | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| 1.2.3.7.8 P5CDF | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 2.3.4.7.8 P5CDF | 0,04 | 0,05 | 0,10 | 0,22 | 0,04 | 0,18 | 0,23 | 0,39 |
| 1.2.3.4.7.8 H6CDF | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,14 | 0,01 |
| 1.2.3.6.7.8 H6CDF | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,14 |
| 2.3.4.6.7.8 H6CDF | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1.2.3.7.8.9 H6CDF | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 1.2.3.4.6.7.8 H7CDF | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| 1.2.3.4.7.8.9 H7CDF | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| OCDF | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PCDD/F tot | 0,25 | 0,33 | 0,58 | 0,55 | 0,25 | 0,53 | 0,70 | 0,91 |

Tabella 25 – Flussi giornalieri di PCDD/F nel Comparto – anno 2022

Per gli IPA, la stima del massimo flusso annuo risulta all'interno dell'intervallo dei valori rilevati dalla rete SAMANET. Si osserva un incremento dei valori rispetto all'anno precedente a partire dal secondo trimestre in relazione al cambiamento della metodica di campionamento che ha introdotto l'utilizzo della schiuma poliuretanica. Questo innalzamento rispetto all'anno precedente si rileva anche per i PCB per i quali il flusso massimo annuo stimato supera il valore storico della rete SAMANET. Si precisa che, però, nella rete SAMANET si utilizzavano campionatori bulk non dotati di puf.

I flussi giornalieri di diossine e furani (espressi in pg I-TE/m²*giorno) stimati all'interno del Comparto risultano inferiori al valore limite (flusso giornaliero) indicato dalla linea guida tedesca, precisando che quest'ultimo valore guida considera anche il contributo di PCB DL.

In Figura 29 sono riportati i grafici riassuntivi dei flussi massimi stimati per l'intero arco temporale 2015-2022 per IPA, PCB e PCDD/F all'interno del Comparto HerAmbiente.

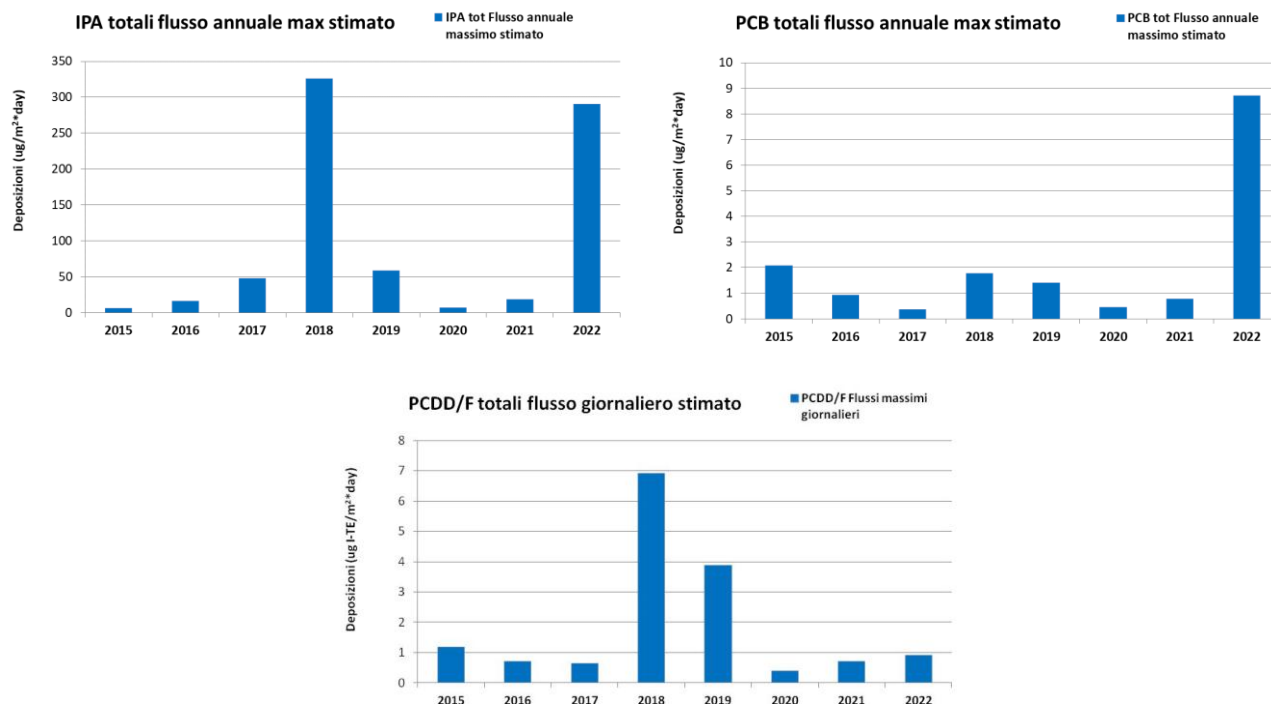


Figura 29 – Flussi stimati massimi annuali (IPA e PCB) e giornalieri (PCDD/F) nel Comparto – 2015 - 2022

IPA e PCB hanno fatto registrare nel 2022 valori superiori a quelli degli anni precedenti. Si ricorda, però, che dal secondo trimestre del 2022 è stato inserito nei deposimetri un puf. Per i PCDD/F si riscontra un leggero incremento rispetto agli anni 2020 e 2021, ma con valori nettamente inferiori rispetto agli anni 2018 e 2019.

5 – CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati descritti ed analizzati i risultati dei monitoraggi delle matrici acqua e aria condotti presso il Comparto HerAmbiente di Via Romea Nord a Ravenna nel corso dell'annualità 2022. L'obiettivo dei monitoraggi è valutare l'impatto ambientale esercitato dal sito, integrando i piani di monitoraggio previsti dai provvedimenti di AIA per gli impianti coinsediati nel Comparto.

I risultati descritti hanno evidenziato i seguenti aspetti:

Acque di falda (profonda)

Il campionamento e l'analisi delle acque di falda è stato condotto, anche nel corso del 2022, presso il pozzo sito in via Guiccioli a Ravenna. Sul campione è stata determinata la presenza di metalli, PCB, PCT e pesticidi.

I dati della campagna 2022 hanno evidenziato valori di concentrazione spesso inferiori ai limiti di rilevanza e, quando superiori, coerenti con i valori misurati nel corso del periodo 2015-2022 (periodo di riferimento delle convenzioni volontarie sottoscritte da HerAmbiente con Arpae per il monitoraggio ambientale del Comparto).

Aria

Particolato atmosferico

Nel 2022 sono stati raccolti complessivamente 170 campioni di particolato (media giornaliera), distribuiti nell'arco dell'annualità, in corrispondenza di tre postazioni di misura interne al Comparto di HerAmbiente (post n.1, post n.2, post n.3).

La concentrazione media per l'intero periodo analizzato risulta pari a $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rispettivamente presso le postazioni n.1, n.2 e n.3), con un range nei valori compreso tra un valore minimo pari a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un valore massimo pari a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, misurati rispettivamente in periodo estivo (aprile 2022) e periodo invernale (gennaio 2022). Il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere – che corrisponde al valore superato per 35 volte su 365 dati – è, rispettivamente per le tre postazioni, pari a $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nelle postazioni n.2 e n.3 sono state misurate le concentrazioni medie di periodo più elevate ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre nella postazione n.1 il valore massimo giornaliero dell'intero Comparto ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 21 gennaio).

Dal confronto con le concentrazioni misurate dalle stazioni fisse della RRQA risulta una buona correlazione con le postazioni dell'area urbana (Coefficiente di Pearson maggiore di 0.80) e una soddisfacente comparabilità del valore delle concentrazioni medie con la postazione Porto San Vitale (stazione di tipo industriale).

Il confronto sul trend temporale del periodo 2015-2022 evidenzia, all'interno del Comparto HerAmbiente, una progressiva e costante riduzione delle concentrazioni medie presso tutte le postazioni di misura fino all'anno 2021, mentre nel 2022 si registra una inversione della tendenza, con valori simili a quelli rilevati nell'anno 2020.

I soli filtri campionati dagli skypost presso la postazione n.2, dopo la determinazione gravimetrica delle concentrazioni del particolato in aria, sono stati oggetto di analisi chimica per la ricerca di metalli (piombo, cadmio, nichel, cromo, vanadio, argento, arsenico), IPA, PCB, PCDD e PCDF.

I valori di concentrazione dei metalli misurati nel 2022 risultano generalmente più bassi rispetto a quanto misurato nelle annualità precedenti e sono coerenti con le misure condotte presso la RRQA

(in particolare con la stazione Porto San Vitale e Rocca Brancaleone). Nel caso del piombo e del vanadio si misurano valori medi di concentrazione più elevati all'interno del Comparto rispetto a quanto misurato dalla RRQA.

Tra gli IPA, il valore medio annuale del Benzo(a)pirene (unico IPA per il quale il D.Lgs 155/2010 fissa un valore obiettivo, pari a 1.0 ng/m^3) risulta conforme a quanto stabilito dalla normativa (0.28 ng/m^3 all'interno del Comparto, circa un quarto del valore obiettivo). I valori risultano comparabili nelle postazioni di misura. Questa generale uniformità viene riscontrata anche nel periodo 2015-2022, con le uniche eccezioni rappresentate dalle annualità 2015, 2018 e 2022 quando, presso il Comparto, le concentrazioni totali di IPA sono risultate superiori rispetto alla RRQA.

I valori di concentrazione dei PCB misurati all'interno del Comparto HerAmbiente risultano costanti nel corso delle campagne del 2022 con un valore medio di 3.32 pg/m^3 . Il maggior contributo alle concentrazioni totali è dato dai congeneri #138, #180 e #153. Le concentrazioni di PCB misurate all'interno del Comparto HerAmbiente sono inferiori rispetto a quelle rilevate nelle stazioni dell'area industriale. Questo andamento è riscontrato anche nel periodo 2015-2022: le concentrazioni di PCB del Comparto HerAmbiente risultano inferiori (annualità 2015, 2018, 2020, 2021 e 2022) o analoghe (annualità 2016, 2017 e 2019) a quanto misurato presso le stazioni della rete industriale.

Nel 2022, i valori di concentrazione dei PCDD/F delle campagne invernali sono fra loro comparabili (valore medio nel periodo gen-feb pari a $11.29 \text{ I-TEF fg/m}^3$ e nel periodo nov-dic pari a $9.01 \text{ I-TEF fg/m}^3$), mentre quelli del periodo primavera-estate sono decisamente inferiori ($2.65 \text{ I-TEF fg/m}^3$). Nonostante in termini di concentrazione assoluta (fg/m^3), i congeneri che apportano un maggiore contributo alle concentrazioni totali risultino essere, nell'ordine, 2,3,4,7,8 P5CDF, 1,2,3,7,8 P5CDD e 2,3,7,8 T4CDD per effetto della loro tossicità (dopo il prodotto per il relativo valore I-TEF), i congeneri che hanno una maggiore rilevanza in termini percentuali sono, nell'ordine, 2,3,4,7,8 P5CDF (28%), e 1,2,3,7,8 P5CDD (20%). Per l'anno 2022, il confronto con i dati rilevati dalla rete industriale dimostra per il Comparto una concentrazione media lievemente inferiore rispetto alle stazioni RSI. Nel corso del periodo 2016-2022 i valori del Comparto HerAmbiente sono analoghi a quelli delle stazioni della rete RSI, con l'unica eccezione del 2015 quando i valori rilevati presso il Comparto sono risultati maggiori.

Deposizione atmosferica

Nel 2022 sono stati raccolti complessivamente 92 campioni di acqua piovana in quattro postazioni raggruppate a coppie: 1-6 nell'area nord del Comparto e 2-3 nell'area sud. Sui campioni è stata determinata la presenza di metalli, IPA, PCB e PCDD/F.

In tutte le postazioni del Comparto, i range di flusso calcolati sia per i metalli che per i micronutrienti organici rientrano nei valori tipici di aree industriali. Per i PCDD/F i valori misurati sono inferiori al valore guida tedesco.