

**DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST**

**Rapporto di sintesi sui dati prodotti  
 dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria  
 ubicata nel Comune di Beinasco  
 Giardino Pubbico Aldo Mei,  
 di proprietà di TRM S.p.A.  
 Anno 2021**

FASCICOLO B.B3.01- 2/2022  
 CODICE DOCUMENTO: F06\_2022\_00286\_001

|                         |  |  |
|-------------------------|--|--|
| Redazione               | <b>Funzione: Collaboratore Tecnico Struttura Attività di produzione</b>                                |  |
|                         | <b>Nome:<br/>Annalisa Bruno, Elisa Calderaro, Laura Milizia, Milena Sacco, Roberto Sergi</b>           |  |
| Verifica                | <b>Funzione: Incarico di funzione Monitoraggio Qualità dell'Aria e Olfattometria</b>                   |  |
|                         | <b>Nome: Milena Sacco</b>  |  |
| Approvazione            | <b>Funzione: Responsabile Struttura Attività di Produzione</b>   |  |
|                         | <b>Nome: Ivana Bottazzi</b>  |  |
| Redazione               | <b>Funzione: Incarico di funzione Campionamenti specialistici microinquinanti e igiene industriale</b> |  |
|                         | <b>Nome:<br/>Simona Possamai</b>   |  |
| Verifica e Approvazione | <b>Funzione: Responsabile Laboratorio Nord Ovest</b>   |  |
|                         | <b>Nome: Marco Fontana</b>   |  |

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento territoriale Piemonte Nord Ovest**

Via Pio VII n. 9 – 10135 Torino Tel. 011-19680111 – fax 011-19681441  
 P.E.C.: dip.torino@pec.arpa.piemonte.it

Le attività oggetto della presente relazione sono state effettuate dalle Strutture Attività di Produzione e Laboratorio specialistico Nord-Ovest del Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest di Arpa Piemonte.

Il Nucleo Operativo “Supporto tematismo Qualità dell’Aria” della Struttura Semplice Attività di Produzione ha curato:

- il prelievo dei campioni di particolato aerodisperso e deposizioni atmosferiche destinati alla determinazione di idrocarburi policiclici aromatici e metalli;
- la validazione e l’elaborazione dei dati di tutti gli inquinanti monitorati, ad eccezione di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili;
- la redazione della presente relazione, a eccezione dei paragrafi relativi a policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili in aria ambiente e nelle deposizioni atmosferiche.

La Struttura Laboratorio Specialistico Nord-Ovest ha curato:

- il prelievo dei campioni di particolato aerodisperso e deposizioni atmosferiche destinati alla determinazione di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili
- le determinazioni di laboratorio di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili
- le determinazioni di laboratorio di idrocarburi policiclici aromatici e metalli sui campioni di particolato e deposizione atmosferica
- la validazione e l’elaborazione dei dati di policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili;
- la redazione dei paragrafi relativi a policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili in aria ambiente e nelle deposizioni.

## Sommario

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Premessa .....  | 4  |
| 1.1 | Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale.....                  | 5  |
| 2   | Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente .....                           | 7  |
| 2.1 | Ossidi di azoto .....   | 8  |
| 2.2 | Particolato Sospeso - PM <sub>10</sub> .....  | 14 |
| 2.3 | Particolato Sospeso – PM <sub>2,5</sub> .....   | 18 |
| 2.4 | Benzene e toluene .....   | 21 |
| 2.5 | Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) .....   | 27 |
| 2.6 | Mercurio elementare gassoso e sul particolato .....                                     | 32 |
| 2.7 | Altri metalli sul particolato .....   | 36 |
| 2.8 | Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani (Diossine) e policlorobifenili.....   | 41 |
|     | <i>Campionamento</i> .....  | 41 |
|     | <i>Determinazione analitica ed espressione dei risultati</i> .....                      | 42 |
|     | <i>Linee guida per i valori di microinquinanti. Qualità dell'aria</i> .....             | 44 |
|     | <i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate in qualità dell'aria</i> .....           | 44 |
| 3   | Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche .....                             | 49 |
| 3.1 | Introduzione.....   | 49 |
| 3.2 | Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) .....   | 50 |
| 3.3 | Metalli .....   | 56 |
| 3.4 | Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili .....             | 65 |
|     | <i>Campionamento</i> .....  | 66 |
|     | <i>Determinazione analitica ed espressione dei risultati</i> .....                      | 66 |
|     | <i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate nelle deposizioni atmosferiche</i> ..... | 67 |
| 4   | Conclusioni.....  | 72 |

## 1. Premessa

La presente relazione costituisce il rapporto di sintesi e giudizio relativo all'anno 2021 previsto dall'art. 4.7 della *"Convenzione per le attività di gestione della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria relativa all'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti della provincia di Torino ubicato in via Gorini a Torino"* sottoscritta da Arpa Piemonte e TRM S.p.A.

Tale atto trae origine dalla D.G.P. n°1317- 433230/2006, successivamente modificata con D.G.P. n°35-225/2012, con cui la Provincia di Torino, ora Città Metropolitana, ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale per l'impianto citato. Tra le numerose prescrizioni era prevista l'installazione di una cabina di monitoraggio della qualità dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta, con l'obbligo per TRM S.p.A. di affidarne la gestione tecnica ad Arpa Piemonte.

Si rimanda alle relazioni relative agli anni 2012 e 2013 per i dettagli dell'iter amministrativo che ha portato il 4 ottobre 2012 alla presa in consegna della cabina di monitoraggio da parte di Arpa Piemonte. Con la presa in consegna, questo Dipartimento ha dato inizio anche alle attività di prelievo del particolato PM<sub>10</sub> e delle deposizioni atmosferiche previste dalle prescrizioni della Provincia di Torino con le modalità dettagliate nel relativo capitolo.

Per quanto riguarda la tipologia degli inquinanti atmosferici misurati, le prescrizioni emanate dalla Provincia di Torino, in sede di valutazione di compatibilità ambientale dell'impianto prevedono che la cabina assicuri di minima la misura di:

- ossidi di azoto totali;
- biossido di azoto;
- particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>);
- particolato atmosferico (PM<sub>2,5</sub>);
- benzene;
- i seguenti idrocarburi policiclici aromatici sul particolato atmosferico PM<sub>10</sub>: benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene e indeno(1,2,3-cd)pirene;
- piombo, arsenico, cadmio e nichel sul particolato atmosferico PM<sub>10</sub>;
- mercurio;
- policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (PCDD/PCDF);
- deposizioni totali con caratterizzazione chimica dei costituenti, in particolare gli idrocarburi policiclici aromatici di cui sopra, piombo, arsenico, cadmio, nichel, mercurio e PCDD/PCDF.

In aggiunta a tali parametri, con lettera prot. n°876023/LB6 del 09/11/2012, la Provincia di Torino ha comunicato l'interesse alla determinazione presso la stazione di monitoraggio anche dei policlorobifenili (PCB), sia in aria ambiente che nelle deposizioni.

Di propria iniziativa e a scopo di approfondimento tecnico-scientifico, Arpa provvede infine ad effettuare la determinazione anche dei seguenti parametri:

- sul PM<sub>10</sub> e nelle deposizioni: cobalto, cromo, rame, selenio, vanadio e zinco
- sul PM<sub>10</sub>: antimonio, ferro, mercurio e manganese.

## 1.1 Ubicazione della stazione di monitoraggio e dotazione strumentale

La stazione di monitoraggio si trova nel Comune di Beinasco in Via San Giacomo, presso il giardino pubblico Aldo Mei, a circa 1,5 km in linea d'aria dall'impianto TRM (Figura 1 e Figura 2).



**Figura 1 - Ubicazione della stazione di monitoraggio e dell'impianto TRM**



**Figura 2 - Vista della stazione di monitoraggio (sullo sfondo l'impianto TRM)**

La dotazione strumentale è la seguente:

- Analizzatore in continuo di ossidi di azoto
- Analizzatore in continuo di PM<sub>10</sub>
- Analizzatore in continuo di PM<sub>2.5</sub>
- Analizzatore in continuo di benzene, toluene e xileni
- Analizzatore in continuo di mercurio
- Campionatore sequenziale di PM<sub>10</sub> a basso volume finalizzato alla determinazione di idrocarburi policiclici aromatici, piombo, cadmio, arsenico e nichel
- Campionatore di particolato atmosferico finalizzato alla determinazione di policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione di piombo, arsenico, cadmio e nichel
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione del mercurio
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici
- Sistema di raccolta delle deposizioni atmosferiche totali finalizzato alla determinazione di policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani
- Campionatore sequenziale di PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> ad alto volume finalizzato a eventuali approfondimenti analitici sul particolato.

Le determinazioni sono state effettuate sulla base delle indicazioni delle Direttive Europee in tema di qualità dell'aria ambiente, recepite con il D.Lgs. n°155/2010 e s.m.i., a cui si rimanda per i dettagli tecnici.

Nel caso dei parametri policlorodibenzodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili, in assenza di una normativa europea, sono state utilizzate le procedure di campionamento e analisi descritte negli specifici paragrafi.

## 2 Esame dei dati relativi alla qualità dell'aria ambiente

In ottemperanza a quanto previsto dalla normativa:

- i dati forniti dagli analizzatori in continuo sono espressi come media oraria per quanto riguarda ossidi di azoto, benzene, toluene, xileni e mercurio elementare gassoso e come media giornaliera per quanto riguarda PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>;
- i dati relativi agli inquinanti che richiedono un prelievo in campo e una successiva analisi di laboratorio sono espressi come valore medio relativo al periodo complessivo di campionamento, di norma di durata mensile. Per le informazioni di dettaglio si rimanda agli specifici paragrafi.

Nei paragrafi successivi sono sinteticamente commentati per ogni singolo inquinante i dati rilevati presso la cabina nel corso del 2021; nei casi in cui la normativa in materia di qualità dell'aria stabilisce uno o più valori di riferimento viene riportato un confronto con tali valori. Negli altri casi sono stati utilizzati dati di confronto tratti dalla letteratura scientifica e/o le indicazioni fornite da organismi internazionali.

Allo scopo di inquadrare i valori rilevati nel contesto territoriale, sono inoltre riportati per gli inquinanti misurati di routine nella rete provinciale i dati statistici relativi a una serie di stazioni appartenenti alla rete ubicata nel territorio della Città Metropolitana di Torino e rappresentative di diverse situazioni territoriali. Le caratteristiche delle stazioni utilizzate per confronto e ulteriori informazioni di dettaglio sono reperibili all'interno della pubblicazione "Uno sguardo all'aria", disponibile agli indirizzi web:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/Pubblicazioni>

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>

Poiché la stazione oggetto della presente relazione, a seguito delle prescrizioni della Provincia di Torino (ora Città Metropolitana di Torino), è a tutti gli effetti inserita nel Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, la base dati è consultabile tramite il sito "Aria - La qualità dell'aria in Piemonte" all'indirizzo <https://aria.ambiente.piemonte.it/#/>

## 2.1 Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto sono generati da processi di combustione, indipendentemente dal combustibile utilizzato, per reazione diretta tra l'azoto e l'ossigeno dell'aria ad alta temperatura.

La normativa non prevede valori limite di concentrazione in aria per il **monossido di azoto (NO)**, ma tale parametro viene comunque misurato poiché è un inquinante primario che facilmente si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresentando uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

**Tabella 1 - Monossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2021**

| Monossido di Azoto (NO)<br>(valori di concentrazioni<br>espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Beinasco (TRM)<br>Aldo Mei | Orbassano<br>Gozzano | Torino<br>Consolata | Torino<br>Lingotto |
|--|----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Ore valide   | 8579                       | 8720                 | 8652                | 8479               |
| Percentuale ore valide   | 98%                        | 100%                 | 99%                 | 97%                |
| Giorni validi  | 357                        | 365                  | 363                 | 353                |
| Percentuale giorni validi  | 98%                        | 100%                 | 99%                 | 97%                |
| Media delle medie mensili dei<br>massimi giornalieri   | 66                         | 52                   | 66                  | 50                 |
| Media dei massimi giornalieri  | 66                         | 52                   | 66                  | 50                 |
| Media delle medie giornaliere  | 21                         | 16                   | 24                  | 20                 |
| Media dei valori orari   | <b>21</b>                  | <b>16</b>            | <b>24</b>           | <b>20</b>          |

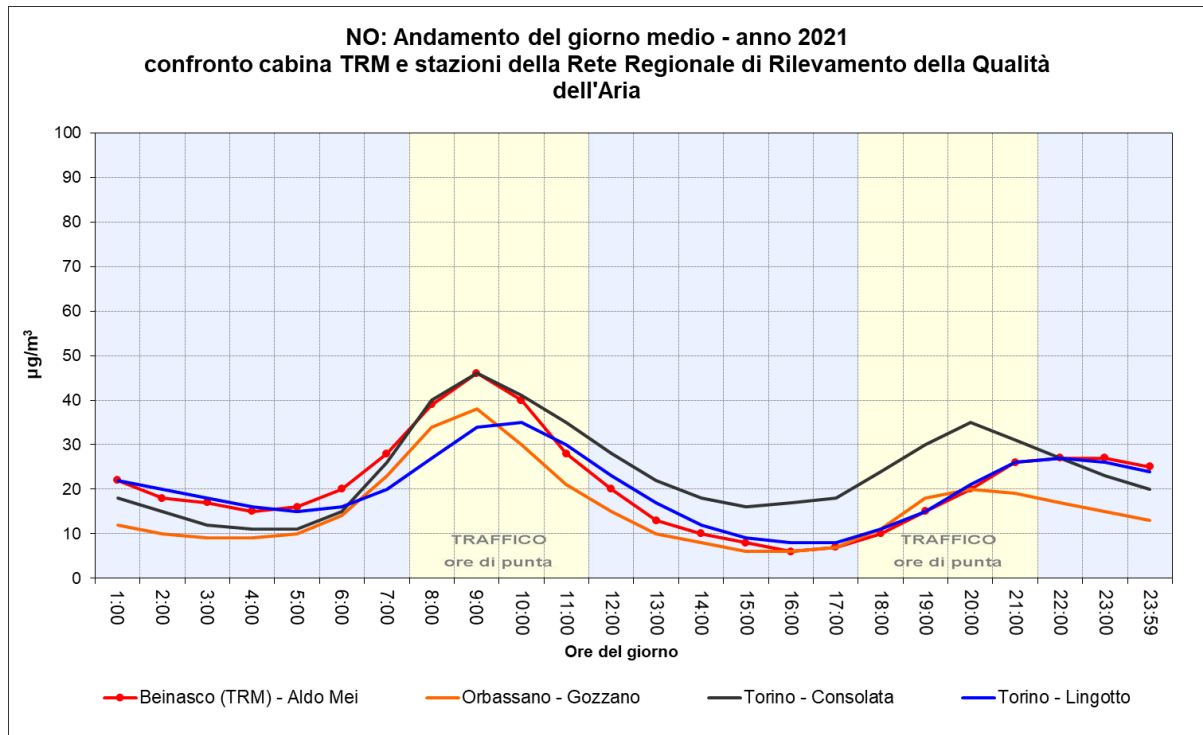
Nel corso del 2021 la concentrazione media di monossido di azoto registrata dalla stazione TRM, rispetto alle stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria considerate per il confronto e riportate in Tabella 1, è stata superiore sia a quella calcolata presso la stazione di fondo suburbano (Orbassano) che, anche se di poco, a quella di Torino-Lingotto (stazione di fondo urbano), mentre è risultata inferiore a quella di Torino-Consolata (traffico urbano).

Nella Figura 3 vengono riportati graficamente i dati relativi agli andamenti delle concentrazioni medie orarie di NO del giorno tipo per le stazioni prese in esame.

A conferma che il monossido di azoto è un inquinante di tipo primario e che, in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è il traffico veicolare, tutte le stazioni di misura presentano massimi nelle stesse ore del mattino e della sera (zona in giallo).

In particolare, dal confronto tra i diversi profili ottenuti possiamo notare come, presso la stazione TRM, nelle ore di traffico della mattina (dalle 6 alle 10) le concentrazioni siano superiori rispetto alle stazioni di fondo (Torino-Lingotto e Orbassano) e analoghe a quelle di Torino-Consolata.

Gli andamenti cambiano nelle ore successive quando le concentrazioni di Beinasco-TRM risultano simili a quelle di Torino-Lingotto e Orbassano e più basse della stazione di traffico urbano di Torino-Consolata.



**Figura 3 - Monossido di azoto - andamento giornaliero medio**

La formazione di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte derivante direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO). A Beinasco, la sorgente che contribuisce maggiormente alle concentrazioni di NO<sub>2</sub> misurate è il traffico veicolare, per il 71%, così come stimato nell'ultimo Piano Regionale per la Qualità dell'Aria<sup>1</sup>.

Il NO<sub>2</sub> è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia per sua rilevanza tossicologica, sia perché svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico, poiché è il precursore di vari inquinanti secondari, quali il particolato atmosferico e l'ozono.

Il Decreto Legislativo n° 155 del 13/08/2010 prevede per il biossido di azoto i seguenti valori limite:

| <b>Biossido di azoto</b>   |   |
|--|---|
| <b>NO<sub>2</sub> - Limite orario per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)</b>  |   |
| Periodo di mediazione: 1 ora   | <b>200 µg/m<sup>3</sup></b><br><i>da non superare più di 18 volte per anno civile</i> |
| <b>NO<sub>2</sub> - Limite annuale per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)</b> |   |
| Periodo di mediazione: anno civile   | <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>  |
| <b>NO<sub>2</sub> - Soglia di allarme per il biossido di azoto (293 °K e 101.3 kPa)</b>          |   |
| Periodo di mediazione: 3 ore   | <b>400 µg/m<sup>3</sup></b><br><i>misurati su tre ore consecutive</i>                 |

<sup>1</sup> [https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-04/prqa\\_allegatob.pdf](https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-04/prqa_allegatob.pdf)

Di seguito si riportano gli indicatori statistici calcolati per il biossido di azoto presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei e presso altre tre stazioni presenti nella rete di rilevamento della qualità dell'aria piemontese.

Il limite annuale per la protezione della salute umana, pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non è stato superato sia nella stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei, dove la media è risultata di  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sia in quelle di confronto classificate di fondo urbano (Orbassano e Torino Lingotto con medie rispettivamente di 29 e  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); questo limite è stato superato solo in quella di traffico urbano di Torino Consolata con una media di  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 2).

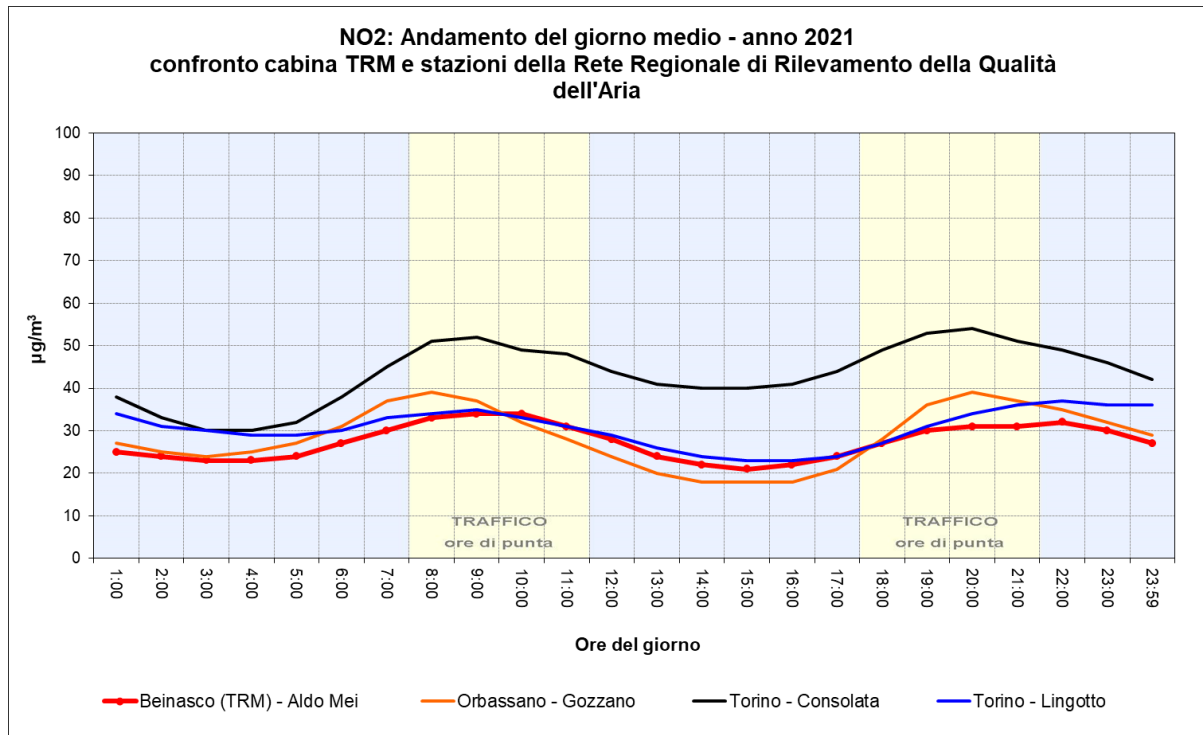
Per quanto riguarda il valore orario per la protezione della salute umana pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 2) presso la stazione TRM e le altre di confronto non sono stati registrati superamenti nel corso dell'anno 2021.

**Tabella 2 - Biossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2021**

| Biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ )<br>(valori di concentrazione espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Beinasco<br>(TRM) Aldo<br>Mei | Orbassano<br>Gozzano | Torino<br>Consolata | Torino<br>Lingotto |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Ore valide  | 8579                          | 8720                 | 8652                | 8479               |
| Percentuale ore valide  | 98%                           | 100%                 | 99%                 | 97%                |
| Giorni validi   | 357                           | 365                  | 363                 | 353                |
| Percentuale giorni validi   | 98%                           | 100%                 | 99%                 | 97%                |
| Media delle medie mensili dei massimi giornalieri   | 50                            | 54                   | 69                  | 49                 |
| Media dei massimi giornalieri   | 50                            | 54                   | 69                  | 49                 |
| Media delle medie giornaliere   | 27                            | 29                   | 43                  | 30                 |
| Media dei valori orari  | <b>27</b>                     | <b>29</b>            | <b>43</b>           | <b>31</b>          |
| Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)                                      | 0                             | 0                    | 0                   | 0                  |
| Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)                 | 0                             | 0                    | 0                   | 0                  |
| Numero di superamenti livello allarme (400)   | 0                             | 0                    | 0                   | 0                  |
| Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)  | 0                             | 0                    | 0                   | 0                  |

In Figura 4 è riportato il profilo del giorno medio per il biossido di azoto. Per tutte le stazioni si nota il tipico andamento caratterizzato da un andamento a campana che coinvolge diverse ore del mattino e da un picco serale, leggermente più alto di quello mattutino.

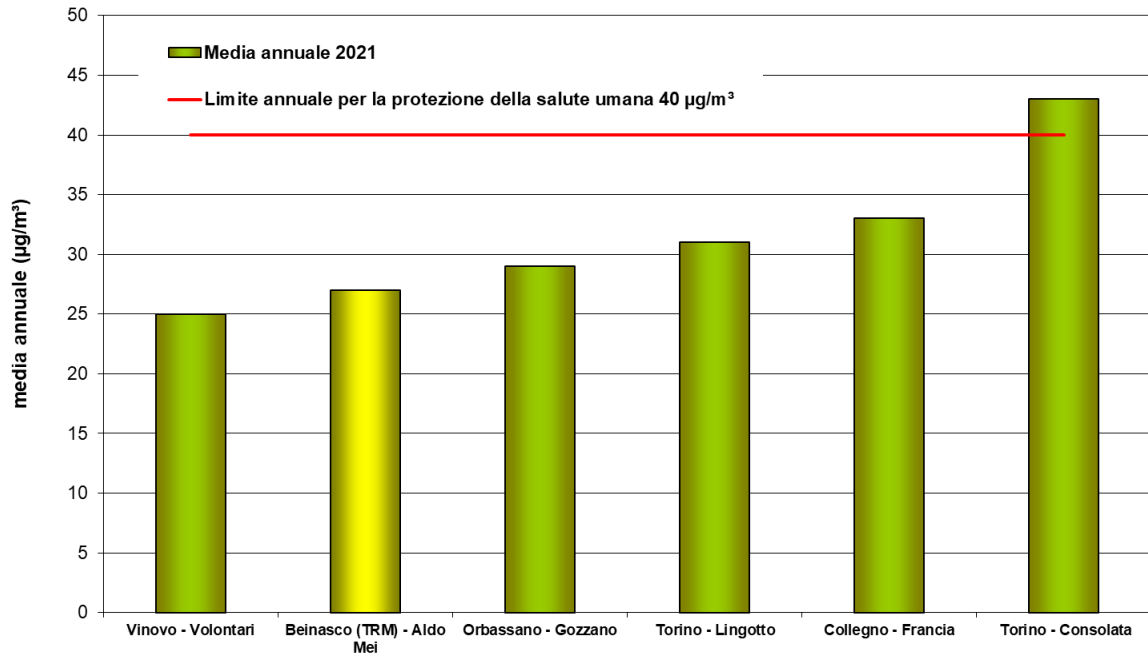
Dal confronto tra le stazioni si evince che il giorno medio calcolato per la stazione Beinasco (TRM) - Aldo Mei è inferiore all'andamento della stazione di Torino-Consolata, classificata di traffico urbano, e molto simile al profilo determinato presso le stazioni di fondo di Orbassano e di Torino-Lingotto.



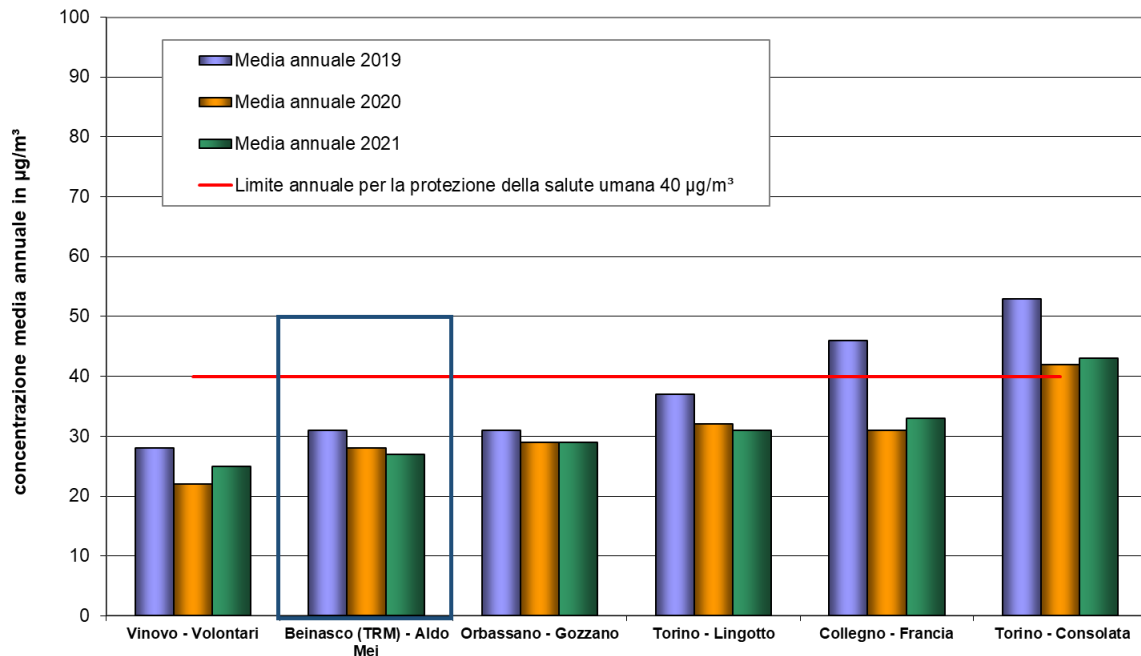
**Figura 4 - Biossido di azoto - andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio)**

In Figura 5 si riportano, invece, le medie annuali di Biossido di azoto registrate presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei e presso altre stazioni del territorio della Città Metropolitana di Torino, da cui è possibile notare come l'indicatore normativo annuale sia rispettato presso i 3 siti di fondo (Vinovo, Orbassano, Torino-Lingotto), presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei e la stazione di traffico urbano di Collegno; viene invece superato in quella di Torino-Consolata (traffico urbano).

Il valore di concentrazione media annuale di biossido di azoto misurato nella stazione di Beinasco-Aldo Mei nel 2021 ( $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è risultato inferiore rispetto a quello dei due anni precedenti, quando si sono registrati  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2019 e  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2020 (Figura 6). Il medesimo trend in diminuzione si è verificato, tra le stazioni prese a confronto, solo a Torino-Lingotto. Presso la cabina di Orbassano le medie del 2020 e del 2021 sono risultate uguali. Le altre tre stazioni prese in esame nel grafico hanno registrato un leggero incremento delle medie nel 2021 rispetto al 2020. In tutte le cabine prese in considerazione si è registrata una diminuzione nel corso del 2020 e del 2021 rispetto al 2019, legata all'emergenza sanitaria tuttora in corso che ha determinato una diminuzione del traffico veicolare e delle attività antropiche.



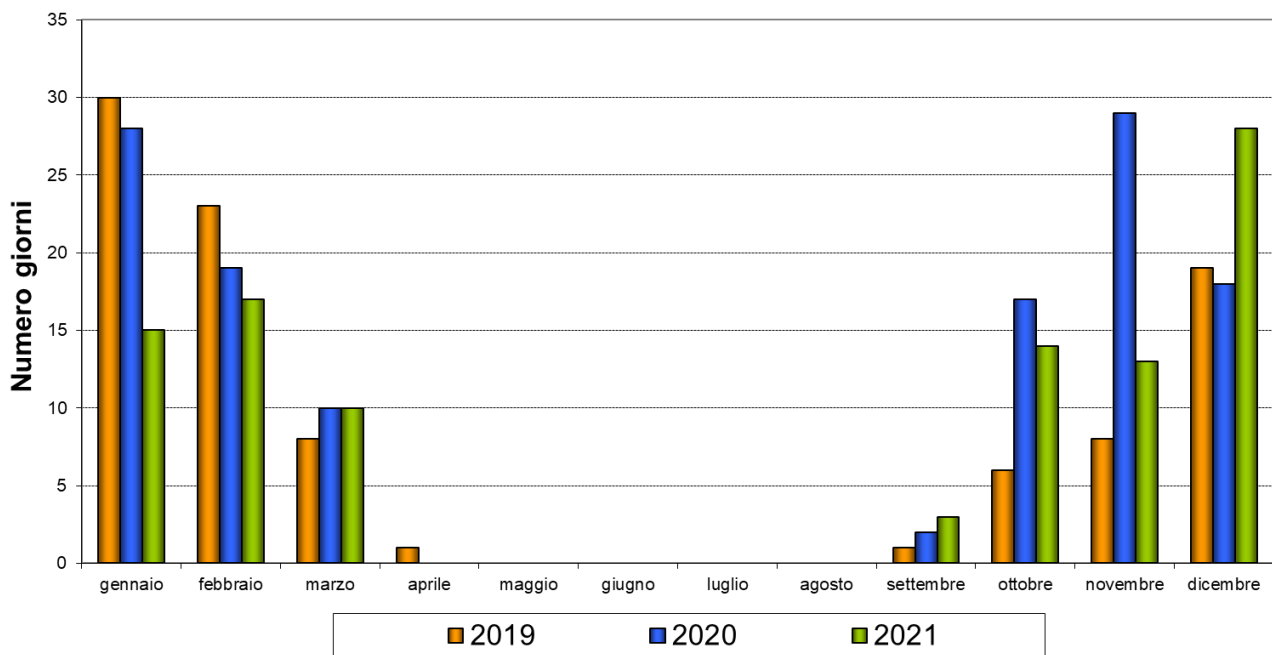
**Figura 5 - Biossido di azoto media annuale – 2021**



**Figura 6 - medie annuali - confronto 2019 – 2021**

Importante è il ruolo delle condizioni meteo climatiche che influiscono sulla dispersione e l'accumulo degli inquinanti. In Figura 7 si riporta il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti atmosferici<sup>2</sup>, per il 2021, suddiviso per mesi e confrontanti con quelli del 2019 e del 2020; si osserva che durante il 2021 (totale di 100 giorni favorevoli all'accumulo) le condizioni meteo climatiche sono state tali da avere un numero di giorni critici inferiori al 2020 e superiori al 2019 (rispettivamente 123 e 96 sul totale annuo). A queste considerazioni generali fa eccezione, tra i mesi più significativi, dicembre, quando si sono verificate più giornate critiche nel 2021 che nel 2019 e 2020.

**Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici  
 Confronto 2019-2021**



**Figura 7 - Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici**

<sup>2</sup> Questo indice viene calcolato al termine di ogni anno dal Dipartimento "Rischi naturali ed ambientali" di Arpa Piemonte e pubblicato nella relazione "Uno sguardo all'aria" pubblicata sui siti web dell'Agenzia e della Città Metropolitana

<http://www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/Pubblicazioni>

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>

## 2.2 Particolato Sospeso - PM<sub>10</sub>

Il Particolato atmosferico è costituito da una miscela di particelle solide e liquide aerodisperse aventi diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. Esse possono avere origine primaria, cioè possono essere emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, oppure secondaria, cioè possono formarsi in atmosfera a seguito di fenomeni chimico-fisici.

Le principali sorgenti naturali sono l'erosione ed il risollevarimento del suolo, gli incendi, i pollini, lo spray marino, le eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si riconducono principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali).

In particolare, nelle aree urbane il particolato può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana, si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM<sub>10</sub>), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (PM<sub>2,5</sub>).

Le dimensioni del particolato sono importanti poiché ad esse è legato il conseguente rischio sanitario di questo inquinante. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non pone limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma prevede dei limiti per il particolato PM<sub>10</sub>. Il Decreto Legislativo n°155/2010 prevede due limiti per la protezione della salute umana, su base annuale e su base giornaliera, che sono utilizzati nel presente rapporto:

| <b>PM<sub>10</sub></b>  |   |
|---|---|
| <b>PM<sub>10</sub> - valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana</b> |   |
| media giornaliera   | <b>50 µg/m<sup>3</sup></b><br>da non superare più di 35 volte per anno civile |
| <b>PM<sub>10</sub> - valore limite annuale per la protezione della salute umana</b>   |   |
| media annuale   | <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>  |

Per la misurazione dei livelli di PM<sub>10</sub> è stato utilizzato un misuratore a raggi beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), sistema automatico di campionamento e misura della massa delle particelle aerodisperse tramite la tecnica di attenuazione β. Il sistema opera su due linee di prelievo indipendenti dotate di testate di prelievo EPA per la determinazione del PM<sub>10</sub> e del PM<sub>2,5</sub>.

Confrontando i livelli di concentrazioni registrati presso la stazione TRM con quelli misurati presso alcune stazioni della rete fissa di rilevamento provinciale si osserva che l'indicatore normativo annuale è stato rispettato presso tutti i siti.

La situazione è differente se si considera il limite massimo di superamenti consentiti, che è sicuramente il limite più severo (Tabella 3); questo infatti è stato superato presso tutti i siti considerati ad eccezione della stazione di fondo rurale sita nel parco della Mandria a Druento, che presenta un numero di superamenti pari a 7 rispetto ai 35 massimi previsti dalla normativa. Il

numero di superamenti registrati presso la stazione di Beinasco–TRM è inferiore a quello rilevato presso la stazione di fondo urbano della città di Torino.

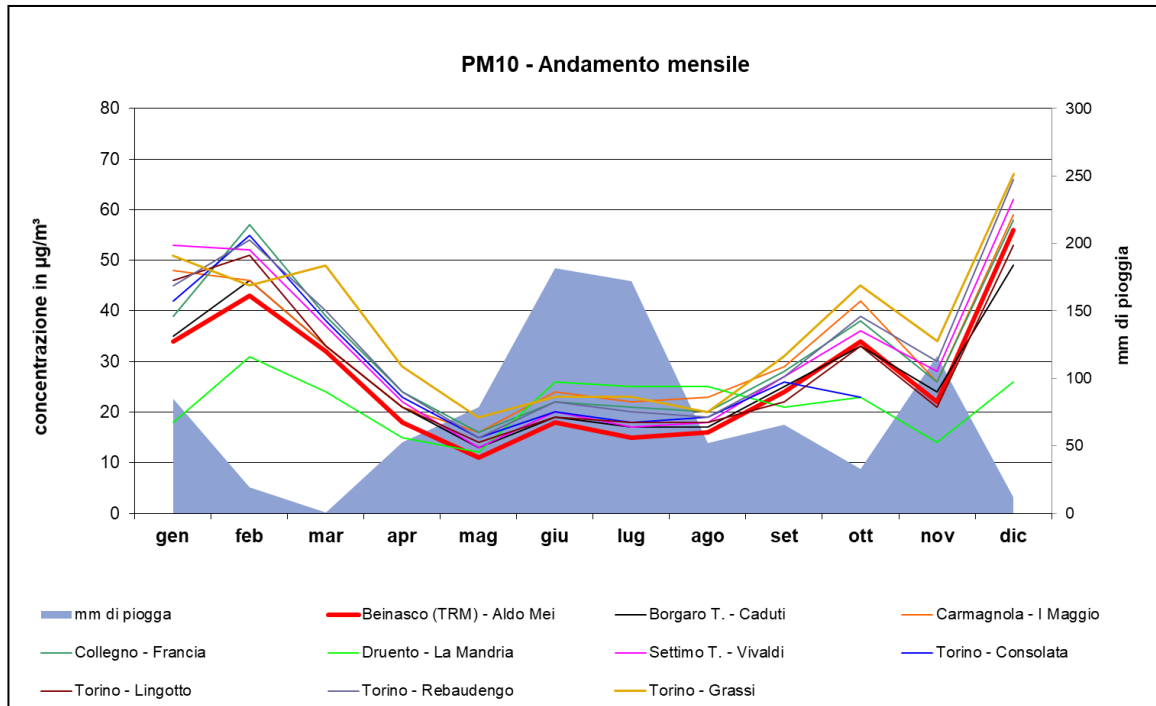
In Tabella 3 non si riportano gli indicatori normativi relativi alla stazione di traffico Torino – Consolata, sita nella zona ZTL del capoluogo, poiché mancano i dati dell'ultimo bimestre 2021 a causa dei lavori di ristrutturazione della facciata dell'edificio presso cui sono installati gli strumenti di misura.

**Tabella 3 - PM<sub>10</sub>: Indicatori statistici anno 2021**

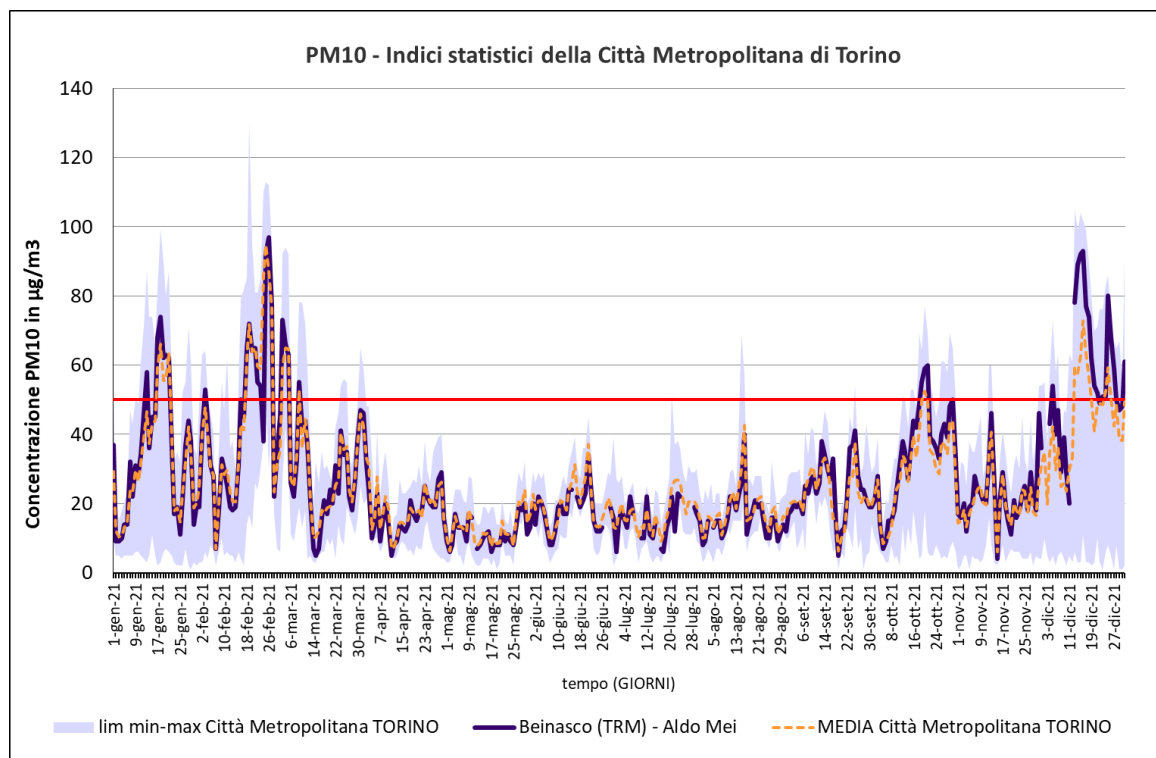
| PM <sub>10</sub><br>(valori di concentrazioni<br>espressi in µg/m <sup>3</sup> )                | Beinasco<br>(TRM) -<br>Aldo Mei | Druento -<br>La<br>Mandria | Settimo<br>T. -<br>Vivaldi | Torino-<br>Lingotto | Torino-<br>Grassi |
|---|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| Minima media giornaliera  | 4                               | 5                          | 7                          | 4                   | 10                |
| Massima media giornaliera   | 97                              | 75                         | 113                        | 110                 | 99                |
| Media delle medie<br>giornaliere  | 27                              | 21                         | 31                         | 29                  | 36                |
| Giorni validi   | 350                             | 332                        | 341                        | 342                 | 349               |
| Percentuale giorni validi   | 96%                             | 91%                        | 93%                        | 94%                 | 96%               |
| Numero di superamenti<br>livello giornaliero protezione<br>della salute (50 µg/m <sup>3</sup> ) | 39                              | 7                          | 55                         | 46                  | 75                |

Il particolato presenta un tipico trend stagionale, con livelli di concentrazione maggiori nelle stagioni più fredde rispetto alla primavera-estate (Figura 8). Tale andamento è dovuto, oltre che alle maggiori emissioni in atmosfera durante l'inverno, anche all'influenza dello strato limite planetario (o strato di rimescolamento) che in autunno e in inverno schiaccia gli inquinanti al suolo. Importante è il ruolo della meteorologia, che influisce sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. Il mese di dicembre appare quello più critico nel 2021 (Figura 8) a causa di condizioni meteo-climatiche che hanno favorito l'accumulo degli inquinanti in atmosfera come, ad esempio, l'assenza di episodi piovosi.

In Figura 9 si riporta il profilo giornaliero del PM<sub>10</sub> registrato presso la stazione di Beinasco-TRM confrontato con i valori minimi e massimi registrati nella Città Metropolitana nel corso del 2021. Il profilo giornaliero presso la stazione di Beinasco-TRM risulta prossimo al profilo della media dei valori misurati nella Città Metropolitana, ad eccezione di alcuni periodi dell'anno in cui i valori risultano superiori alla media, ma comunque inferiori ai massimi registrati.



**Figura 8 - PM10: Media mensile anno 2021**

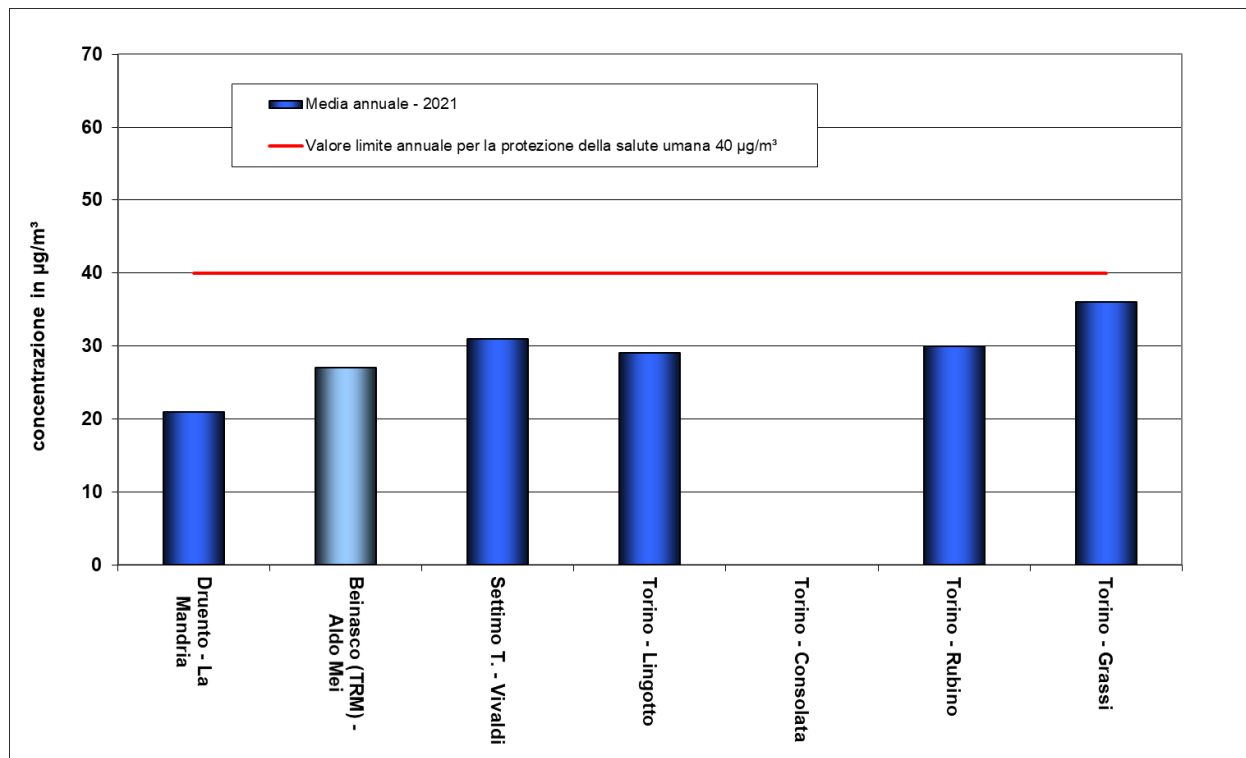


**Figura 9 - PM10: Indici statistici anno 2021**

Nella Figura 10 sono state confrontate le medie annuali di PM10 misurate presso la stazione Beinasco (TRM) - Aldo Mei, evidenziata in azzurro, e quelle presso altre stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria. Il riferimento normativo su base annuale è stato rispettato presso tutte le stazioni utilizzate per il confronto. Nella Figura 11, invece, si riportano i superamenti del

livello giornaliero per la protezione della salute umana pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; con la linea rossa è indicato il numero di superamenti consentiti nel corso dell'anno, da cui si evince che il limite di 35 superamenti è stato superato presso tutte le stazioni tranne la stazione rurale di Druento – La Mandria.

La stazione di Torino – Consolata non è stata riportata dal momento che ha presentato una bassa percentuale di dati validi, tanto da non raggiungere la percentuale minima di legge su base annuale, in particolare non vi sono dati relativi ai mesi di novembre e dicembre. Questo aspetto determina una sottostima sia nel numero di superamenti sia nella media annuale, soprattutto se si considera che il mese di dicembre è stato il più critico del 2021.

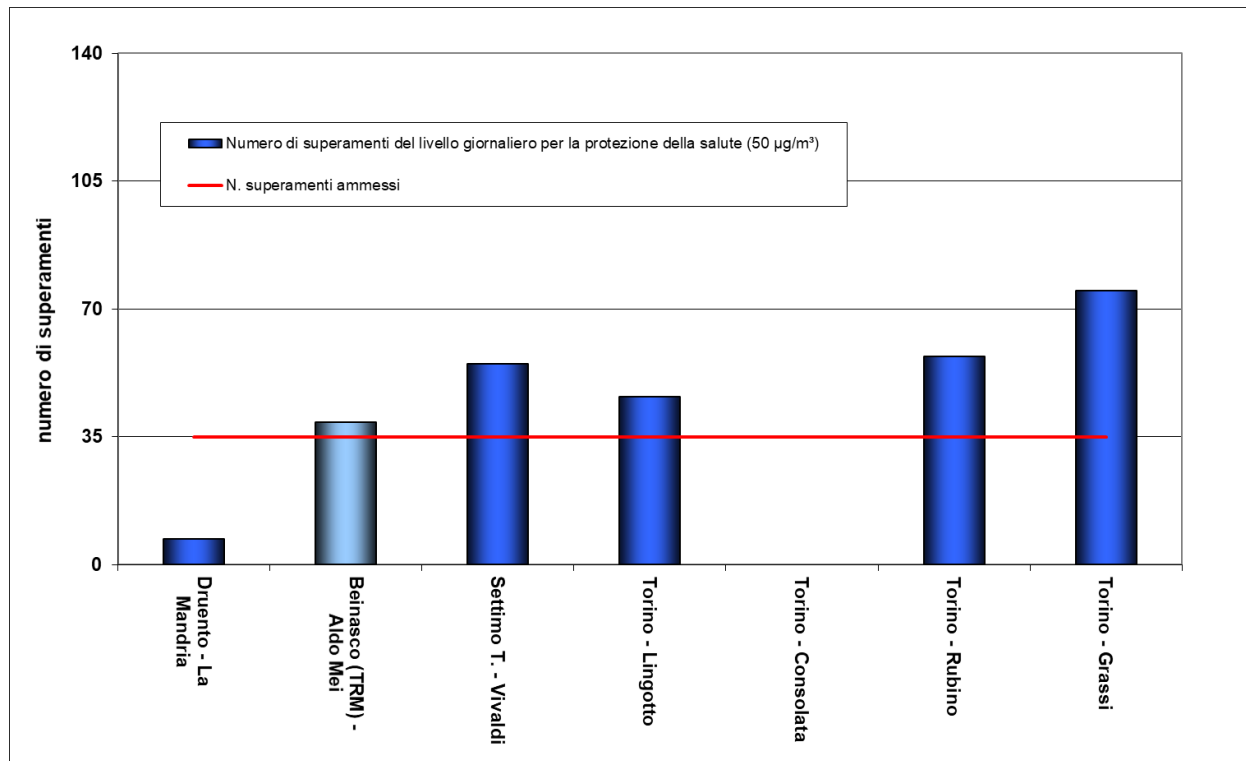


**Figura 10 -  $\text{PM}_{10}$ : Media annuale**

Complessivamente, dalle Figura 10 e Figura 11, si evince che i livelli di concentrazione di  $\text{PM}_{10}$  rilevati presso la stazione TRM sono inferiori a quelli dei siti di fondo urbano.

In generale, nel corso del 2021, si è registrato un sensibile miglioramento dei livelli di particolato atmosferico rispetto all'anno precedente; in particolare per il  $\text{PM}_{10}$  misurato presso la stazione di Beinasco – TRM si passa da una media annuale di  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrata nel 2020 a  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2021.

Come noto, le condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera giocano un ruolo importante sull'accumulo degli inquinanti al suolo. Relativamente al numero di giorni favorevoli all'accumulo del  $\text{PM}_{10}$ , confrontando l'ultimo biennio, si evince che complessivamente il 2021 è risultato meno critico dell'anno precedente con un numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti al suolo pari a 100 giorni rispetto ai 123 giorni del 2020. In particolare, i mesi di gennaio e novembre 2021 hanno presentato un numero nettamente superiore di giorni favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Il mese di dicembre, invece, ha registrato un numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti decisamente maggiore nel 2021 (28 rispetto a 18).



**Figura 11 - PM10: Numero di superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana**

### 2.3 Particolato Sospeso – PM<sub>2,5</sub>

Per la frazione respirabile delle polveri PM<sub>2,5</sub> la norma nazionale vigente (DLgs 155/10) prevede un valore obiettivo per la protezione della salute umana da rispettare entro il 2015:

| PM <sub>2,5</sub>   |                      |
|---|----------------------|
| PM <sub>2,5</sub> - valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana |                      |
| media annuale   | 25 µg/m <sup>3</sup> |

Per la misurazione dei livelli di PM<sub>2,5</sub> è stato utilizzato un misuratore a Raggi Beta (*Fai Instruments Swam 5A Dual Chanel*), sistema automatico di campionamento e misura della massa delle particelle aerodisperse tramite la tecnica di attenuazione β. Il sistema opera su due linee di prelievo indipendenti dotate di testate di prelievo EPA per la determinazione del PM<sub>10</sub> e del PM<sub>2,5</sub>.

Nella Tabella 4 si riportano gli indicatori statistici misurati presso la stazione di Beinasco (TRM) - Aldo Mei confrontati con quelli relativi ad altre stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria torinese.

Non è stato possibile fare un confronto con una stazione di fondo di tipo rurale, come avvenuto con Druento nel caso del PM<sub>10</sub>, in quanto il PM<sub>2,5</sub> non viene monitorato in nessuna stazione con tali caratteristiche nell'area scelta come riferimento.

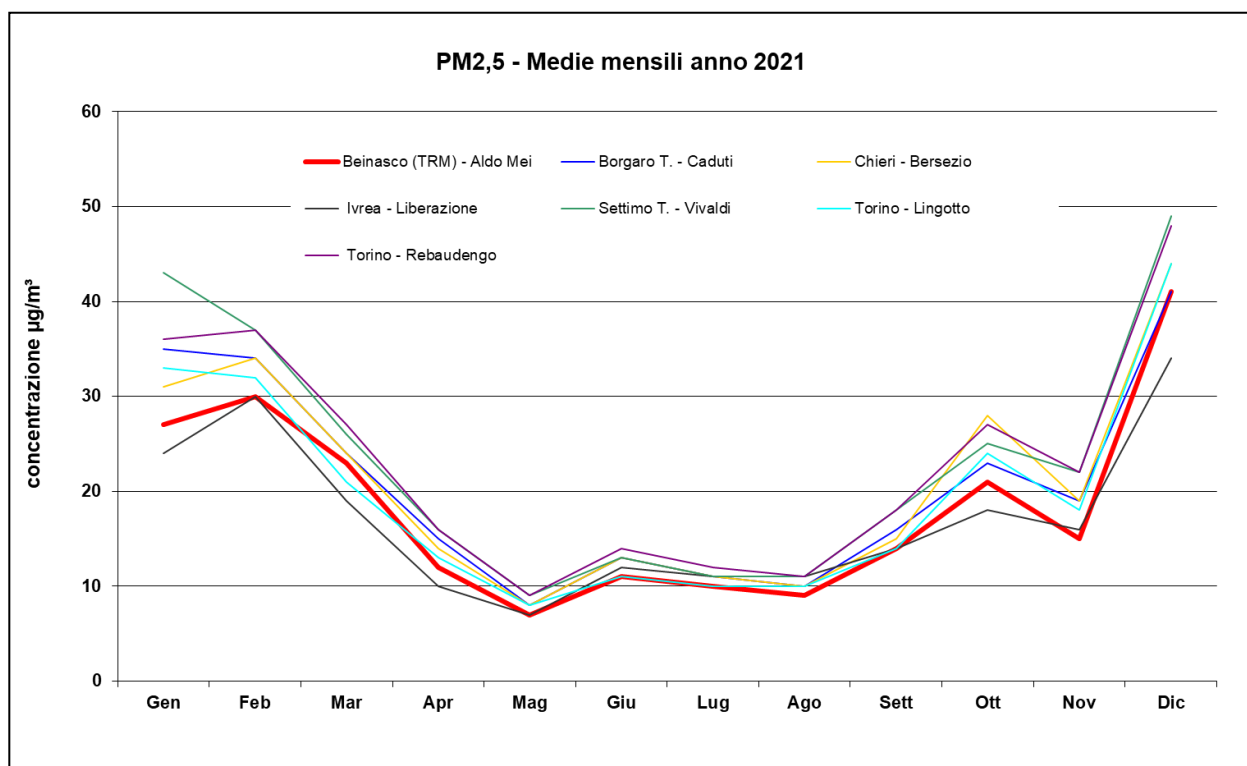
In Figura 12 si riportano i profili mensili registrati nel 2021 presso la stazione TRM e altre stazioni presenti nella rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria piemontese. Nei mesi invernali, in cui le concentrazioni sono più elevate rispetto al periodo estivo, la stazione di TRM misura livelli mediamente più bassi rispetto alle altre stazioni considerate.

**Tabella 4 - PM<sub>2.5</sub>: Indicatori statistici anno 2021**

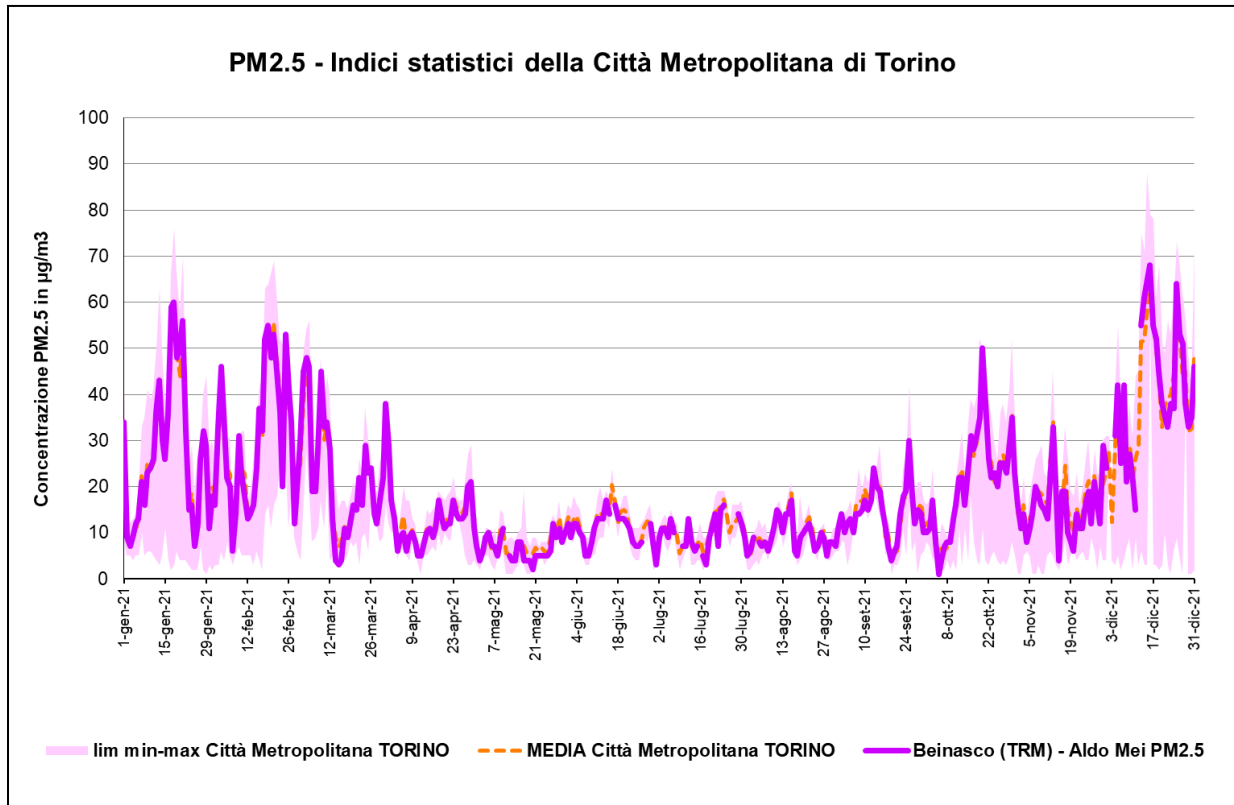
| PM <sub>2.5</sub><br>(valori di concentrazione espressi in<br>µg/m <sup>3</sup> ) | Beinasco<br>(TRM) - Aldo<br>Mei | Borgaro<br>T. -<br>Caduti | Torino -<br>Lingotto | Torino -<br>Rebaudengo | Settimo<br>T. -<br>Vivaldi |
|---|---------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|
| Minima media giornaliera  | 1                               | 3                         | 3                    | 4                      | 5                          |
| Massima media giornaliera   | 68                              | 67                        | 79                   | 72                     | 78                         |
| Media delle medie giornaliere   | 18                              | 20                        | 20                   | 23                     | 23                         |
| Giorni validi   | 350                             | 347                       | 342                  | 352                    | 342                        |
| Percentuale giorni validi   | 96%                             | 95%                       | 94%                  | 96%                    | 94%                        |

Come per il PM<sub>10</sub>, anche per il PM<sub>2.5</sub> la media annuale diminuisce dal 2020 al 2021 (passando da 21 a 18 µg/m<sup>3</sup>). Considerando il 2018 l'anno che ha presentato le condizioni meteo diffuse maggiormente confrontabili con il 2021 e quindi confrontando la media annuale di PM<sub>2.5</sub> registrata presso la stazione di Beinasco – TRM nel 2021 (18 µg/m<sup>3</sup>) con quella registrata nel 2018 (20 µg/m<sup>3</sup>) si registra anche in questo caso un generale miglioramento.

In Figura 13 si riporta, come per il PM<sub>10</sub>, il profilo orario del PM<sub>2.5</sub> registrato presso la stazione di Beinasco - TRM confrontandolo con i valori minimi e massimi rilevati nella città metropolitana nel corso del 2021. Il profilo orario presso la stazione di Beinasco risulta prossimo al profilo dei valori medi nella città metropolitana, ad eccezione di alcuni periodi in cui i valori risultano superiori ai valori medi registrati.



**Figura 12 - PM<sub>2.5</sub>: Confronto medie mensili (TRM evidenziata in rosso)**



**Figura 13 - PM2.5: Indici statistici anno 2021**

## 2.4 Benzene e toluene

Il **benzene** ( $C_6H_6$ ) è un composto organico aromatico liquido e incolore, volatile a temperatura ambiente. È un inquinante primario che viene prodotto principalmente dalle attività antropiche e in quantità esigua da processi naturali, come eruzioni vulcaniche e incendi boschivi.

Il benzene viene sintetizzato a partire da diversi composti chimici presenti nel petrolio e trova largo impiego in vari settori industriali. Uno degli utilizzi che incide maggiormente sulla qualità dell'aria sfrutta le proprietà antidetonanti di questa sostanza, che viene aggiunta, insieme ad altri composti aromatici, nelle benzine. Il benzene essendo pertanto emesso in aria ambiente dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina rappresenta un tipico inquinante da traffico.

Il benzene è normato dal D.Lgs. 155/2010 che, all'Allegato XI, stabilisce per questo composto un valore limite di concentrazione annuale di  $5 \mu g/m^3$ .

I valori di benzene rilevati nel corso del 2021 presso la stazione TRM di Beinasco – Aldo Mei (classificata come stazione suburbana di fondo, secondo quanto definito all'Allegato III del D. Lgs. 155/10) sono stati confrontati con i valori misurati in alcune stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria (Tabella 5):

- Vinovo, stazione suburbana di fondo
- Torino Rubino, stazione urbana di fondo
- Torino Consolata, stazione urbana di traffico.

Per le stazioni di Beinasco, Torino Rubino e Torino Consolata la percentuale delle ore valide è stata superiore al 90%, pertanto i valori di concentrazione del benzene sono da considerarsi rappresentativi della media annuale. La percentuale di ore valide dei dati della stazione di Vinovo è stata leggermente inferiore al 90%, ma si è deciso di utilizzare lo stesso questa stazione per il confronto in quanto, come la centralina di TRM, è una stazione suburbana di fondo e inoltre presenta un'ubicazione territoriale simile.

Come riportato in Tabella 5, la concentrazione media registrata dalla centralina TRM nel 2021 è  $1.0 \mu g/m^3$ , ossia viene confermato lo stesso valore di concentrazione che è stato registrato a partire dal 2018. Il valore riscontrato a Beinasco TRM risulta leggermente più elevato di quello rilevato presso la stazione di Torino-Rubino, e inferiore alla concentrazione misurata presso la stazione di Vinovo ( $1.1 \mu g/m^3$ ), nonché presso la stazione di traffico di Torino Consolata ( $1.3 \mu g/m^3$ ). Pertanto, il valore limite annuale stabilito dalla normativa per questo inquinante è stato, anche per l'anno 2021, ampiamente rispettato.

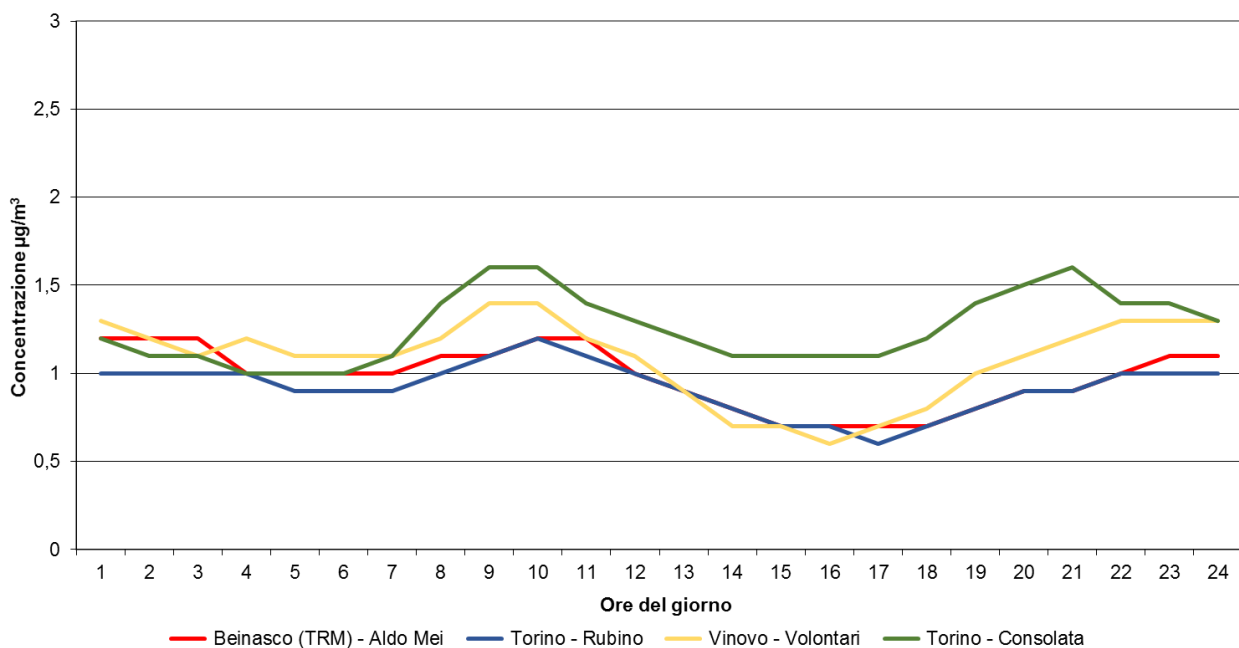
**Tabella 5 - Benzene: Indicatori statistici anno 2021**

| BENZENE (espresso in $\mu g/m^3$ )                                 | TRM  | VINOVO | TO - RUBINO | TO-CONSOLATA |
|--|------|--------|-------------|--------------|
| Ore valide:  | 8077 | 7738   | 8439        | 8426         |
| Percentuale ore valide:  | 92%  | 88%    | 96%         | 96%          |
| Giorni validi:   | 339  | 334    | 352         | 363          |
| Percentuale giorni validi:   | 93%  | 92%    | 96%         | 99%          |
| Media delle medie mensili dei massimi giornalieri <sup>(a)</sup> : | 1,7  | 1,9    | 1,5         | 2,2          |
| Media dei massimi giornalieri <sup>(b)</sup> :                     | 1,8  | 1,9    | 1,4         | 2,2          |
| Media delle medie giornaliere <sup>(c)</sup> :                     | 1,0  | 1,1    | 0,9         | 1,3          |
| Media dei valori orari:  | 1,0  | 1,1    | 0,9         | 1,3          |

- (a) Si calcola il valore massimo per ogni giorno del mese; poi si calcola la media di tali valori per ogni mese e infine si calcola la media di tali medie mensili  
 (b) Media annuale dei massimi giornalieri  
 (c) Si calcola la media giornaliera per ogni giorno dell'anno solo se ci sono almeno 18 dati orari su 24; e successivamente si calcola la media di tali medie giornaliere

Le concentrazioni medie orarie rilevate a Beinasco TRM (Figura 14) presentano valori molto simili a quelli misurati presso la stazione di Torino Rubino e mostrano un picco mattutino compreso tra le 10 e le 11, un calo significativo delle concentrazioni di benzene nelle ore pomeridiane, seguito da un ulteriore aumento nelle ore serali. Si evidenzia che, rispetto alla stazione urbana di traffico di Torino Consolata e alla stazione di Vinovo, gli aumenti di concentrazione registrati a Beinasco sono molto meno marcati. Le concentrazioni tra l'1 e le 3 di notte sono molto simili alle stazioni usate come confronto, probabilmente il fenomeno è dovuto alle condizioni di inversione termica che si verificano in quelle ore e favoriscono i fenomeni di accumulo di benzene.

**BENZENE - GIORNO MEDIO: confronto stazione TRM Beinasco con altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria - Anno 2021**



**Figura 14 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di Benzene (giorno medio)**

Il **toluene** è un composto organico aromatico che viene usato come sostituto del benzene perché, pur possedendo proprietà chimico-fisiche molto simili, presenta una minore tossicità rispetto al benzene e non ha effetti mutageni. Tra i vari utilizzi di questa sostanza, viene aggiunto alla benzina come antidetonante ed è pertanto da considerarsi un tipico inquinante da traffico essendo emesso direttamente nei gas di combustione dei veicoli alimentati a benzina.

A differenza della normativa italiana che non prevede un valore limite di concentrazione per il toluene, l'Organizzazione Mondiale della Sanità indica come "valore guida di qualità dell'aria" un valore di concentrazione medio settimanale di 260 µg/m<sup>3</sup>.

Per il toluene, la percentuale di ore valide per il 2021 per Beinasco e per le stazioni utilizzate per il confronto, è superiore al 90%, i valori di concentrazione possono essere considerati attendibili.

Le concentrazioni medie orarie di toluene riscontrate presso le centraline di Beinasco TRM e Torino Rubino sono per il 2021 superiori a quelle riscontrate presso le altre due stazioni di confronto, compresi i valori riscontrati presso la stazione urbana di traffico di Torino Consolata (Tabella 6).

**Tabella 6 - Toluene: Indicatori statistici anno 2021**

| TOLUENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )                    | TRM  | VINOVO | TO - RUBINO | TO-CONSOLATA |
|--|------|--------|-------------|--------------|
| Ore valide:  | 8047 | 8260   | 8437        | 8389         |
| Percentuale ore valide:  | 92%  | 94%    | 96%         | 96%          |
| Giorni validi:   | 338  | 355    | 352         | 361          |
| Percentuale giorni validi:   | 93%  | 97%    | 96%         | 99%          |
| Media delle medie mensili dei massimi giornalieri <sup>(a)</sup> : | 9,6  | 7,2    | 8,7         | 8,9          |
| Media dei massimi giornalieri <sup>(b)</sup> :                     | 9,9  | 7,2    | 8,6         | 8,9          |
| Media delle medie giornaliere <sup>(c)</sup> :                     | 4,3  | 3,6    | 4,5         | 4,1          |
| <u>Media dei valori orari:</u>                                     | 4,3  | 3,6    | 4,6         | 4,1          |

*(a) Si calcola il valore massimo per ogni giorno del mese; poi si calcola la media di tali valori per ogni mese e infine si calcola la media di tali medie mensili*

*(b) Media annuale dei massimi giornalieri*

*(c) Si calcola la media giornaliera per ogni giorno dell'anno solo se ci sono almeno 18 dati orari su 24; e successivamente si calcola la media di tali medie giornaliere*

I valori maggiori misurati sono da attribuire alle elevate concentrazioni che sono state registrate in concomitanza dell'incendio verificatosi a dicembre 2021 presso un'azienda di trattamento rifiuti situata poco distante dalla centralina di Beinasco. Nelle giornate interessate dall'incendio le stazioni di monitoraggio di Beinasco e di Torino Rubino sono risultate esposte sottovento rispetto alla principale direzione dei venti. Inoltre, le particolari condizioni meteorologiche, tipiche di lunghi periodi invernali caratterizzati da alta pressione, hanno favorito l'instaurarsi di un regime di inversione termica che ha ostacolato i moti verticali dell'aria, favorendo la stagnazione degli inquinanti negli strati inferiori dell'atmosfera e nelle aree più prossime all'incendio.

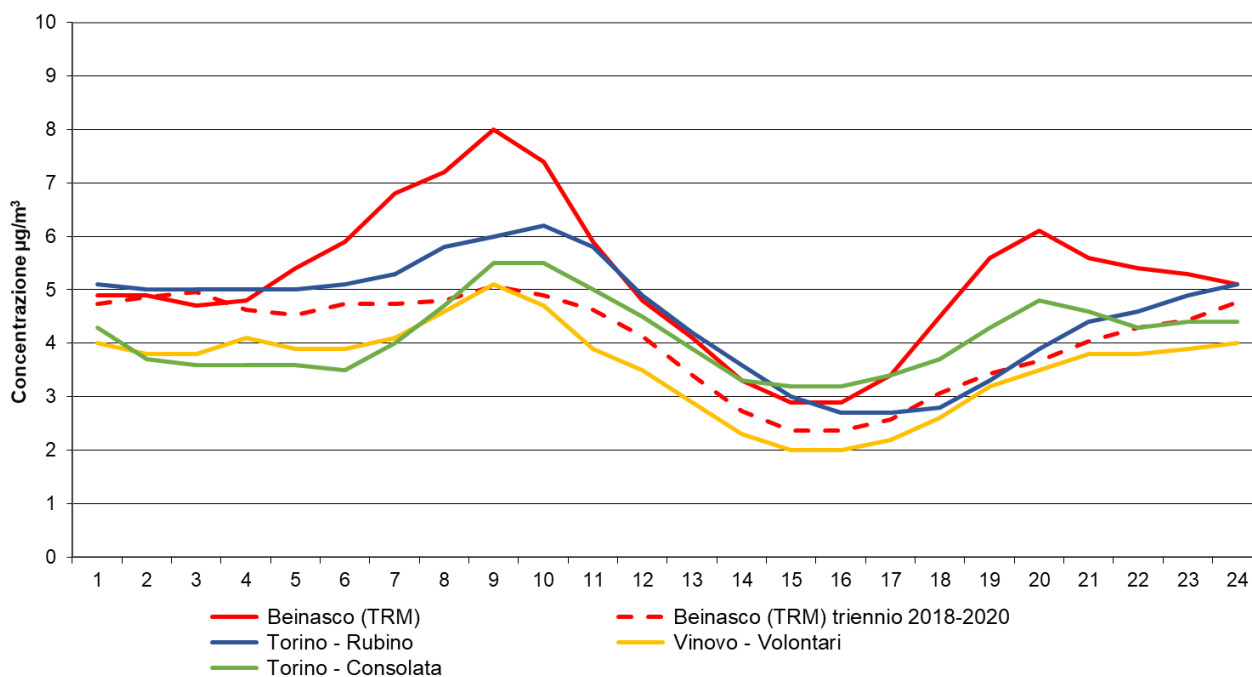
A supporto di quanto sopra affermato in Tabella 7 sono stati riportati i valori medi mensili di toluene registrati presso la centralina di Beinasco nel corso del 2021 e nel triennio 2018-2021. Il valore medio mensile di dicembre 2021 della centralina in questione è stato di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispetto al valore medio di  $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  misurato nell'ultimo triennio; tale valore risulta superiore anche alle concentrazioni misurate nelle stazioni della rete di rilevamento Arpa.

**Tabella 7 - Toluene: valori medi mensili**

| TOLUENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | TRM 2021 | TRM triennio 2018-2020 | Rubino 2021 | Consolata 2021 | Vinovo 2021 |
|---|----------|------------------------|-------------|----------------|-------------|
| Gennaio   | 5,1      | 7,0                    | 6,5         | 5,9            | 6,2         |
| Febbraio  | 6,0      | 5,3                    | 8,1         | 5,2            | 5,6         |
| Marzo   | 4,1      | 3,0                    | 5,3         | 4,1            | 3,7         |
| Aprile  | 2,2      | 2,2                    | 2,7         | 2,7            | 2,3         |
| Maggio  | 2,1      | 1,8                    | 2,2         | 2,4            | 2,0         |
| Giugno  | 2,3      | 2,3                    | 2,4         | 2,7            | 1,3         |
| Luglio  | 2,4      | 2,4                    | 2,4         | 3,1            | 1,7         |
| Agosto  | 1,9      | 2,3                    | 1,7         | 3,0            | 1,6         |
| Settembre                                       | 3,4      | 4,4                    | 3,6         | 3,7            | 2,7         |
| Ottobre   | 6,0      | 5,5                    | 5,7         | 4,6            | 4,5         |
| Novembre  | 5,6      | 5,9                    | 5,2         | 4,7            | 4,1         |
| Dicembre  | 10,0     | 6,2                    | 9,2         | 7,5            | 6,9         |

In Figura 15 è rappresentato l'andamento medio orario giornalieri delle concentrazioni di toluene registrate nel 2021.

**TOLUENE - GIORNO MEDIO: confronto stazione TRM Beinasco con altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria - Anno 2021**



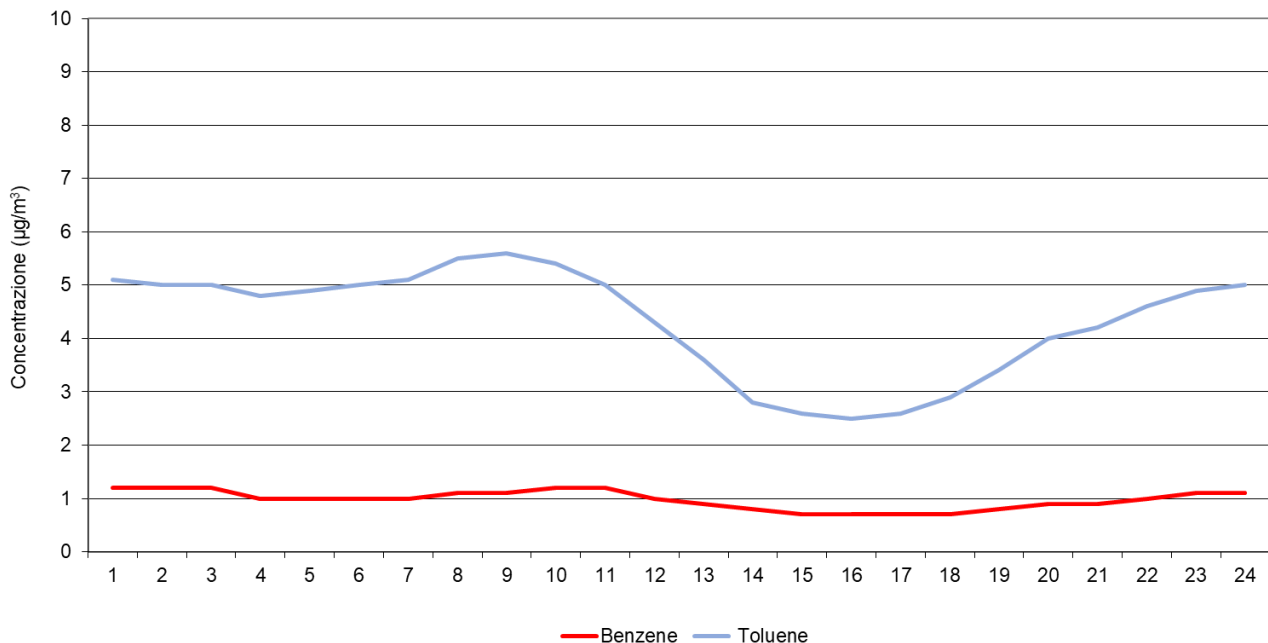
**Figura 15 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di Toluene (giorno medio)**

Come si evince dal grafico, i valori misurati a Beinasco risultano i più elevati tra le stazioni prese in considerazione per il confronto. Anche in questo caso i valori risultano influenzati dalle elevate

concentrazioni misurate per questo inquinante durante l'incendio di dicembre 2021. A conferma di ciò, sono stati riportati nel grafico anche i valori orari medi del triennio 2018-2020 e tali valori risultano inferiori nell'arco dell'intera "giornata tipo" ai valori riscontrati nel 2021.

Riportando sullo stesso grafico i dati del giorno medio del benzene e del toluene rilevati a TRM (Figura 16) si nota che i due inquinanti presentano un andamento giornaliero molto simile, anche se per il toluene si evidenzia un picco di concentrazione in concomitanza delle ore mattutine caratterizzate da traffico veicolare intenso. Per entrambi gli inquinanti i valori di concentrazione aumentano in serata e restano alti anche nelle prime ore della notte, a causa dei fenomeni di inversione termica che si verificano nei mesi freddi soprattutto in questa fascia oraria e che determinano un accumulo degli inquinanti negli strati dell'atmosfera più a contatto con il suolo.

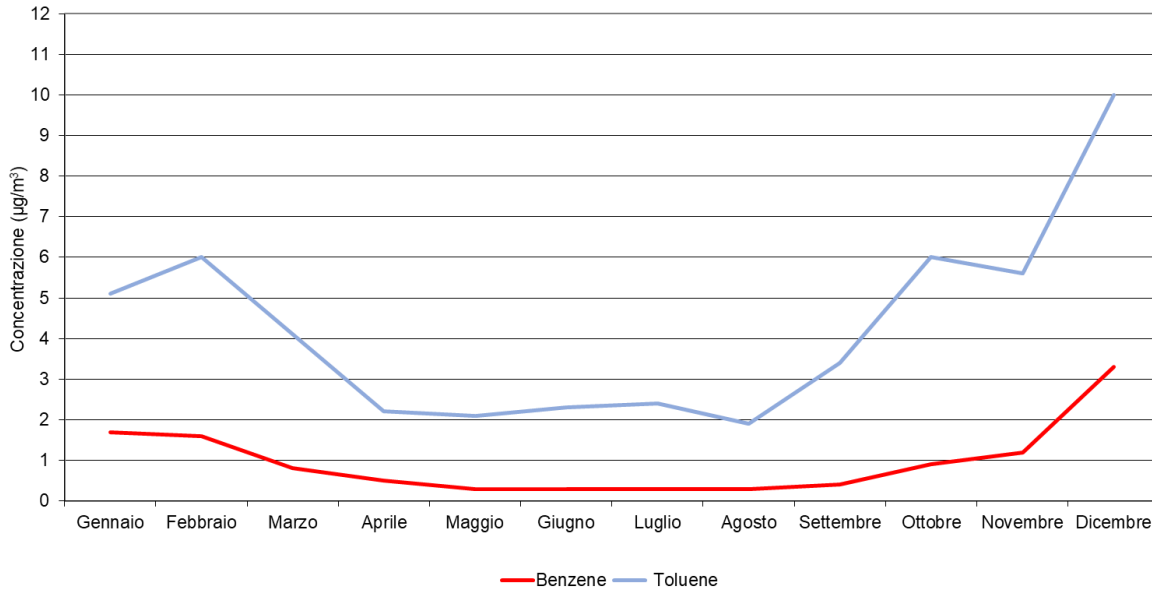
**BENZENE e TOLUENE - GIORNO MEDIO stazione TRM Beinasco - Anno 2021**



**Figura 16 – Andamento medio delle concentrazioni orarie di benzene e toluene (giorno medio)**

I valori di concentrazione media mensile sono per entrambi gli inquinanti maggiori nei mesi autunnali e invernali (Figura 17), quando le condizioni di stabilità atmosferica favoriscono l'accumulo di inquinanti negli strati bassi della troposfera. Per contro, le minori concentrazioni medie mensili sono state rilevate durante il periodo primaverile/estivo, quando le condizioni meteorologiche agevolano la dispersione degli inquinanti.

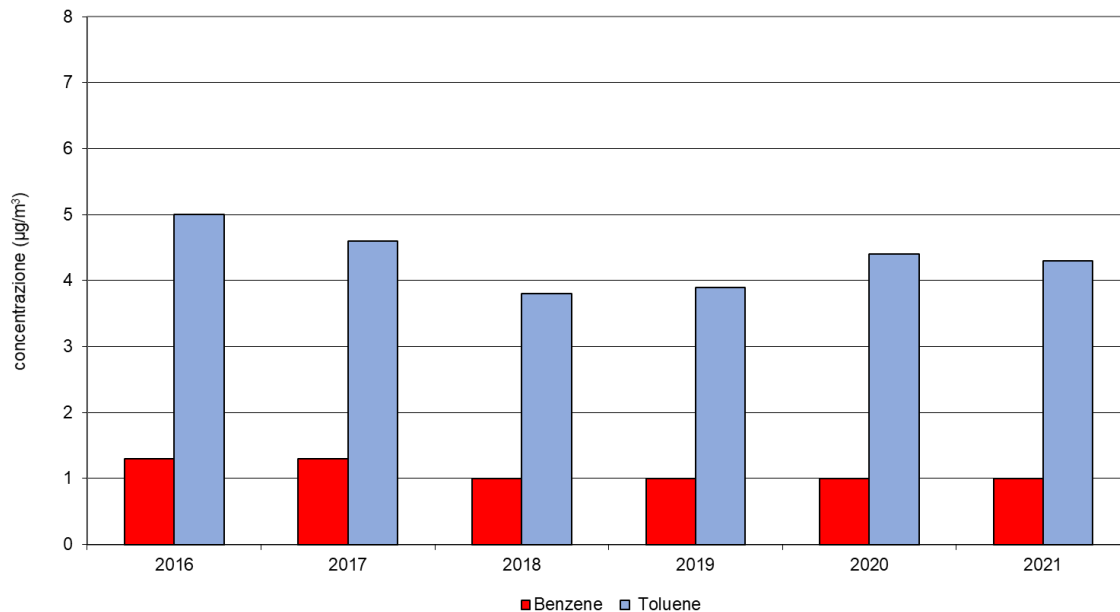
**BENZENE e TOLUENE - MEDIA MENSILE stazione TRM Beinasco - Anno 2021**



**Figura 17 - Andamento medio delle concentrazioni mensili di benzene e toluene**

Per il benzene il valore medio annuo di concentrazione si è attestato dal 2018 al valore di 1 µg/m<sup>3</sup>, mentre i valori di concentrazione riscontrati per il toluene presentano nel corso degli ultimi anni un andamento più variabile (Figura 18).

**Benzene e Toluene concentrazioni medie annuali TRM Beinasco, 2016 - 2021**



**Figura 18 – Andamento concentrazioni medie annuali del benzene e del toluene della stazione TRM di Beinasco – Anni 2016 - 2021**

## 2.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, noti come IPA, sono composti chimici formati da due o più anelli aromatici che si formano prevalentemente durante la combustione incompleta delle biomasse e dei combustibili fossili utilizzati per la produzione di energia. Gli IPA si trovano in atmosfera in quantità più contenute rispetto ad altri inquinanti e negli ultimi anni la loro concentrazione è diminuita per svariate motivazioni, tra le quali l'utilizzo dei convertitori catalitici sui veicoli, l'introduzione di moderne tecnologie di riduzione delle emissioni industriali (BAT), la chiusura/delocalizzazione di grandi realtà industriali manifatturiere nonché l'utilizzo di fonti energetiche a minore impatto ambientale.

Tuttavia, la diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, pur determinando indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, determinerebbe un incremento delle quantità di IPA emessi in atmosfera. Infatti, un impianto domestico alimentato a legna produce IPA in quantità 5-10 volte maggiori di quelli emessi da un impianto alimentato con combustibile liquido.<sup>3</sup>

In termini di massa, gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%), ma rivestono un grande rilievo tossicologico perché vengono adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm (PM<sub>2.5</sub>), ossia la frazione che più facilmente raggiunge la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e quindi i tessuti.

La normativa italiana (D.Lgs. 155/2010) stabilisce per il benzo(a)pirene, il valore limite di concentrazione medio annuale pari a 1 ng/m<sup>3</sup>. Il B(a)P è l'unico composto aromatico ad essere normato in quanto, tra tutti gli IPA, è considerato il composto più pericoloso per la salute umana e viene utilizzato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe di sostanze. Infatti, il benzo(a)pirene è stato classificato dalla IARC<sup>4</sup> nel *gruppo 1* come "cancerogeno per l'uomo", mentre gli altri composti sono stati classificati in parte nel *gruppo 2A* come "probabile cancerogeno per l'uomo", come il dibenzo(a,h)antracene, e nel *gruppo 2B* come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La metodologia utilizzata per la determinazione degli IPA (metodo EN 15549: 2008) prevede che al termine di ogni mese venga prelevata, tramite fustellazione, una piccola porzione da tutti i filtri che nel corso del mese sono stati utilizzati per il campionamento del particolato aerodisperso PM<sub>10</sub>; in questo modo si ottiene un campione detto "medio composito" sul quale viene effettuata la determinazione degli IPA, le cui concentrazioni sono espresse come valori medi mensili.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2021 per gli IPA analizzati nel PM<sub>10</sub> - (benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b+j+k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene) - dei campioni prelevati presso la stazione di TRM di Beinasco – Aldo Mei e altre stazioni fisse della rete provinciale di Arpa.

Tra le stazioni utilizzate per il confronto solo i valori di concentrazione degli IPA misurati presso la centralina di Torino Consolata potrebbero essere leggermente sottostimati e quindi non pienamente rappresentativi della media annuale, poiché la percentuale di giorni validi è inferiore al 90%.

<sup>3</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-32 tab 8.2b

<sup>4</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) – Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

**Tabella 8 - Benzo(a)Pirene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2021**

| Benzo(a)pirene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m <sup>3</sup> ) | Beinasco (TRM) | Druento | Torino-Consolata | Torino - Grassi | Torino-Lingotto | Torino-Rebaudengo |
|--|----------------|---------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Media 2021   | 0,4            | 0,2     | 0,2              | 0,6             | 0,4             | 0,5               |
| Giorni validi  | 344            | 332     | 270              | 363             | 351             | 337               |
| Percentuale giorni validi  | 94%            | 91%     | 74%              | 99%             | 96%             | 92%               |

**Tabella 9 - Benzo(a)Antracene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2021**

| Benzo(a)antracene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m <sup>3</sup> ) | Beinasco (TRM) | Druento | Torino-Consolata | Torino - Grassi | Torino-Lingotto | Torino-Rebaudengo |
|---|----------------|---------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Media 2021  | 0,34           | 0,12    | 0,16             | 0,54            | 0,29            | 0,43              |
| Giorni validi   | 344            | 332     | 270              | 363             | 351             | 337               |
| Percentuale giorni validi   | 94%            | 91%     | 74%              | 99%             | 96%             | 92%               |

**Tabella 10 - Benzo(b+j+k)Fluorantene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2021**

| Benzo(b+j+k)fluorantene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m <sup>3</sup> ) | Beinasco (TRM) | Druento | Torino-Consolata | Torino - Grassi | Torino-Lingotto | Torino-Rebaudengo |
|---|----------------|---------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Media 2021  | 1,22           | 0,6     | 0,67             | 1,57            | 1,13            | 1,36              |
| Giorni validi   | 344            | 332     | 270              | 363             | 351             | 337               |
| Percentuale giorni validi   | 94%            | 91%     | 74%              | 99%             | 96%             | 92%               |

**Tabella 11 - Indeno[1,2,3-cd]Pirene nel PM10 – Indicatori statistici anno 2021**

| Indeno(1,2,3-cd)pirene sul PM10 (valori di concentrazione. espressi in ng/m <sup>3</sup> ) | Beinasco (TRM) | Druento | Torino-Consolata | Torino - Grassi | Torino-Lingotto | Torino-Rebaudengo |
|--|----------------|---------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Media 2021   | 0,51           | 0,26    | 0,31             | 0,6             | 0,47            | 0,56              |
| Giorni validi  | 344            | 332     | 270              | 363             | 351             | 337               |
| Percentuale giorni validi  | 94%            | 91%     | 74%              | 99%             | 96%             | 92%               |

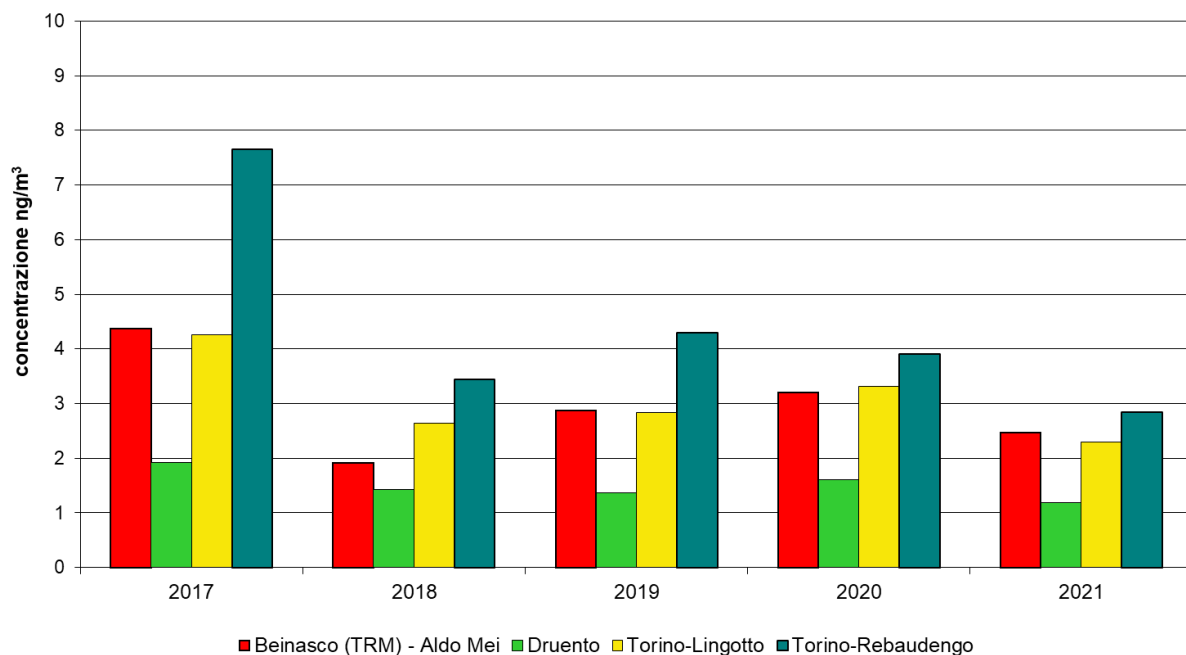
Come si evince dalle tabelle sopra riportate le concentrazioni dei composti aromatici rilevati nella stazione di Beinasco TRM risultano in linea con quelle delle altre centraline urbane di Torino utilizzate per il confronto, risultando praticamente uguali a quelle riscontrate presso la stazione di Torino Lingotto, rappresentativa di una situazione di fondo urbano.

Relativamente al benzo(a)pirene, il limite normativo annuale di 1 ng/m<sup>3</sup> previsto dal D.Lgs 155/2010 è stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni confrontate, compresa quella di Beinasco TRM (vedi Tabella 8).

Nel 2021 si è registrata, come mostrato in Figura 19, una diminuzione delle concentrazioni medie annuali degli idrocarburi analizzati presso tutte le stazioni confrontate. La diminuzione è particolarmente evidente rispetto alle concentrazioni riscontrate nel corso dell'anno 2017. Nella stazione di Beinasco TRM si è registrata una riduzione della concentrazione di IPA del 23% rispetto ai dati del 2020 e un decremento pari al 43% rispetto al 2017.

Come per gli anni 2019 e 2020 i valori delle concentrazioni degli IPA rilevati a Beinasco TRM sono molto simili a quelli misurati nella centralina di Torino Lingotto, sono inferiori del 13% a quanto riscontrato nella stazione urbana di traffico di Torino Rebaudengo, ma rappresentano il doppio rispetto alla stazione rurale di fondo di Druento.

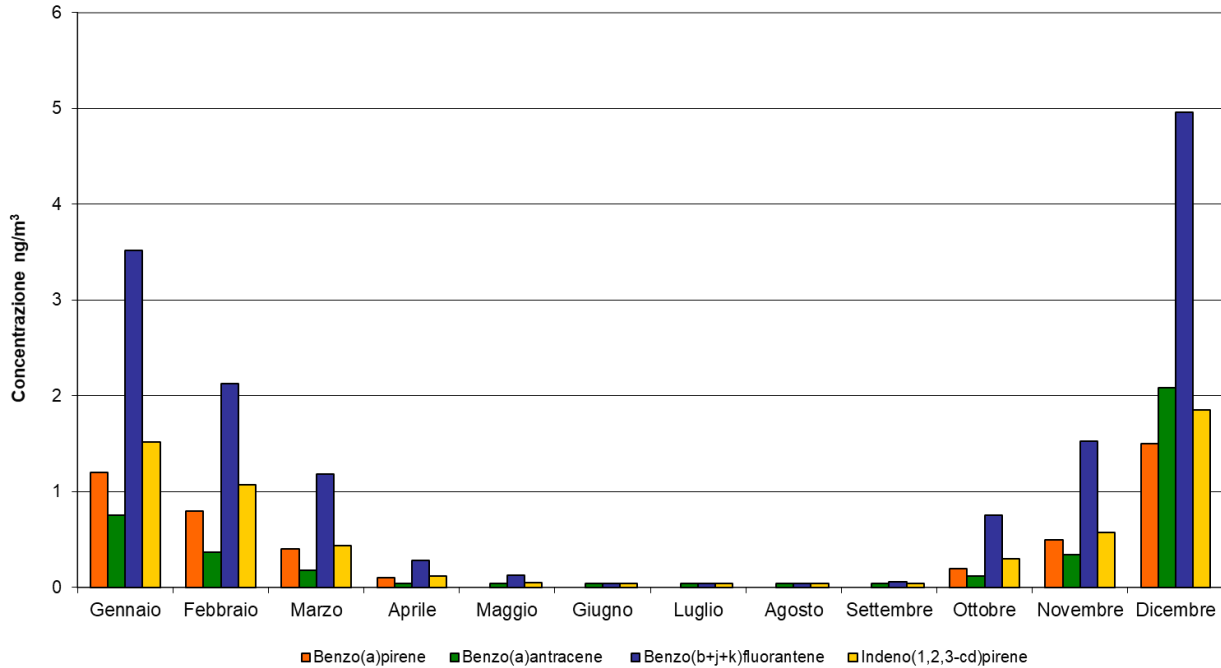
IPA TOTALI - ANDAMENTO MEDIE ANNUALI 2017 - 2021



**Figura 19 - Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco e in altre stazioni di confronto nel periodo 2017 - 2021**

Nell'istogramma di Figura 20 è stato riportato l'andamento mensile degli IPA determinati sui campioni di PM10 prelevati presso la stazione di Beinasco TRM. Come si può facilmente osservare, i mesi in cui si sono avute maggiori concentrazioni di questa tipologia di inquinanti sono stati gennaio, febbraio, novembre e dicembre, come peraltro si verifica anche per gli altri inquinanti che vengono analizzati nella centralina oggetto di studio. Questa situazione è dovuta alle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica che si verificano nei mesi più freddi e che favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera.

IPA nel PM10 stazione TRM Beinasco, andamento mensile - Anno 2021



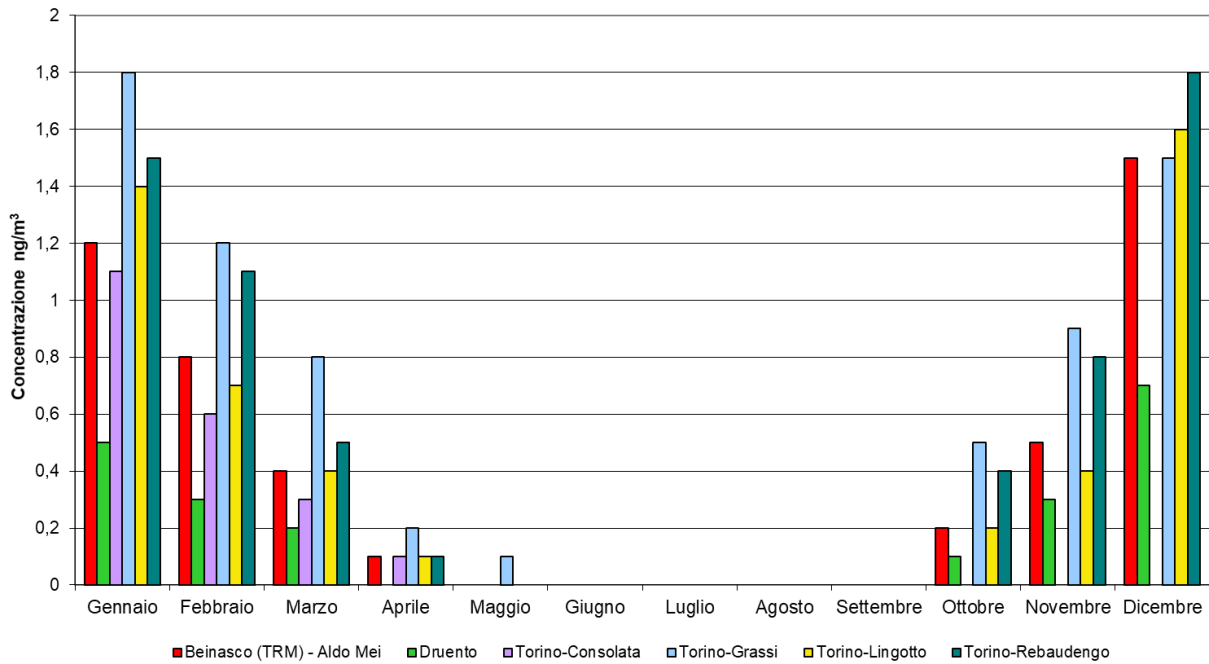
**Figura 20 – Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco – Aldo Mei nel 2021**

Nel periodo primaverile ed estivo, invece, si verificano condizioni di ventilazione anche a basse quote che facilitano la dispersione degli inquinanti. Infatti, dal mese di maggio al mese di settembre, sono state rilevate concentrazioni molto basse dei vari composti aromatici che per il benzo(a)pirene sono addirittura inferiori ai limiti di rilevabilità (Figura 20). La presenza di questo contaminante è tipicamente invernale perché viene prodotto soprattutto con la combustione della biomassa legnosa utilizzata per riscaldamento domestico.

L'andamento stagionale del B(a)P risulta evidente nel grafico di Figura 21, nel quale sono state riportate le concentrazioni mensili di questa sostanza nel PM10, rilevate nelle stazioni poste a confronto.

Nel corso del 2021, le maggiori concentrazioni di benzo(a)pirene sono state misurate presso le stazioni urbane di traffico di Torino Rebaudengo e di Torino Grassi, come evidenziato in Tabella 8.

**Benzo(a)pirene nel PM10, andamento mensile - Anno 2021**



**Figura 21 - Concentrazione di Benzo(a)Pirene nel PM10, andamento mensile nel 2021**

## 2.6 Mercurio elementare gassoso e sul particolato

Il D.Lgs n°155/2010 e s.m.i. di recepimento della Direttiva 2008/50/CE non prevede valori di riferimento per le concentrazioni di mercurio in aria ambiente, né (Allegato V) un numero minimo di stazioni di misurazione nelle zone e agglomerati definiti dalle pianificazioni regionali, ma unicamente una serie di stazioni speciali a livello nazionale (art. 6, comma 1.c) da individuare con Decreto Ministeriale.

I Decreti Ministeriali 29 novembre 2012 e 5 maggio 2015 hanno individuato come stazioni nazionale speciali sul tema:

- quella dell'Istituto per l'Inquinamento Atmosferico del CNR nel Comune di Montelibretti, in provincia di Roma, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale, alla deposizione totale del mercurio e alla misura del mercurio bivalente particolato e gassoso;
- le stazioni di Schivenoglia in Provincia di Mantova e quella di Monte Sant'Angelo in Provincia di Foggia, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale e alla deposizione totale del mercurio.

I relativi dati non sono ancora disponibili nella banca dati nazionale gestita dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, per cui per l'esame dei valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei si fa riferimento:

1. a dati reperibili in letteratura e in particolare a quanto riportato nei documenti:
  - *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pubblicato nel 2002 da un gruppo di lavoro europeo come supporto scientifico all'emanazione delle Direttive in tema di qualità dell'aria da parte della Commissione Europea;
  - *WHO Air Quality Guidelines for Europe*, 2<sup>nd</sup> edition, pubblicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nell'anno 2000;
  - L'ultima edizione disponibile dell'*AMA/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment*, pubblicato nel 2013 dall'Arctic Monitoring and Assessment Programme e dallo United Nations Environment Programme;
2. ai dati forniti dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia, riferiti alla stazione Torchiarolo Don Minzoni ubicata nel Comune di Torchiarolo, in Provincia di Brindisi, che si trova sottovento a un impianto industriale (centrale termoelettrica a carbone) e i cui dati risultano quindi di particolare interesse nella presente relazione;
3. ai dati forniti dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia, riferiti alla stazione Monte Sant'Angelo in Provincia di Foggia, stazione di fondo rurale individuata come stazione nazionale speciale, le cui misure sono state avviate il 10/10/2016.

Il mercurio si ritrova nell'ambiente in molteplici forme, di cui due sono quelle più rilevanti dal punto di vista tossicologico: il mercurio elementare e il metilmercurio<sup>5</sup>. Quest'ultimo è in assoluto la forma maggiormente tossica e biodisponibile per gli organismi viventi<sup>6</sup>.

In aria ambiente il mercurio è presente principalmente (dal 90 al 99%) come mercurio elementare allo stato gassoso e, in percentuale molto minore, come mercurio sul particolato e come mercurio gassoso bivalente (ad esempio come cloruro mercurico)<sup>7</sup>.

Più precisamente, il mercurio elementare si ritrova in aria ambiente a concentrazioni dell'ordine dei ng/m<sup>3</sup>, mentre il mercurio sul particolato, le specie bivalenti gassose e i composti del tipo del metilmercurio hanno valori dell'ordine dei pg/m<sup>3</sup><sup>8 9</sup>. Ciò è legato al fatto che, mentre i tempi di

<sup>5</sup> *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 167

<sup>6</sup> *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 16

<sup>7</sup> *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 4

<sup>8</sup> *Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper*, pag. 114

permanenza in atmosfera del mercurio elementare sono dell'ordine di anni, quelli del mercurio gassoso bivalente (in particolare il cloruro mercurico) e del mercurio presente sul particolato sono dell'ordine di giorni o al massimo di settimane; i composti del tipo del metilmercurio, infine, hanno tempi di vita in atmosfera di poche ore<sup>10</sup>.

Di conseguenza, dal punto di vista degli impatti, il mercurio elementare è di fatto un contaminante a livello globale perché può essere trasportato anche a distanza molto grande dal punto di emissione prima di ricadere al suolo, mentre le altre forme del mercurio aerodisperso rivestono una maggiore importanza come contaminanti del suolo a livello locale e possono quindi essere monitorate nel loro insieme tramite la determinazione del mercurio nelle deposizioni atmosferiche in prossimità delle fonti di emissione.

Per quanto riguarda le concentrazioni tipiche di mercurio in aria ambiente, l'Organizzazione Mondiale della Sanità riporta che i valori tipici in aree remote e in aree urbane sono dell'ordine, rispettivamente, di 2-4 ng/m<sup>3</sup> e 10 ng/m<sup>3</sup>. Il documento *Ambient Air Pollution by Mercury-Position Paper* indica che concentrazioni tipiche sono dell'ordine di 1.2-3.7 ng/m<sup>3</sup>, con punte nei siti più impattati dell'ordine di 20-30 ng/m<sup>3</sup>; questi valori sono confermati anche dai dati più recenti messi a disposizione dall'Agenzia Europea dell'Ambiente<sup>11</sup>.

Il documento *AMAP/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013* riporta, tra l'altro, i dati della stazione del sito EMEP di Waldhof, ubicata in un sito rurale e quindi rappresentativa dei valori di fondo più bassi rilevabili in Europa. La stazione di Waldhof, gestita dall'Agenzia Federale per l'Ambiente della Germania, è uno dei quattro siti europei del GMOS (Global Mercury Observation System), un progetto iniziato nel 2010 con l'obiettivo di sviluppare un sistema coordinato di osservazione del mercurio su scala planetaria.

Per le diverse forme di mercurio aerodisperso le concentrazioni medie annuali rilevate a Waldhof tra il 2009 e il 2011 si situano nei seguenti intervalli:

- tra 1,61 e 1,66 ng/m<sup>3</sup> per il mercurio elementare gassoso;
- tra 6,42 e 7,20 pg/m<sup>3</sup> per il mercurio presente sul PM<sub>2,5</sub>;
- tra 0,73 e 1,72 pg/m<sup>3</sup> per il mercurio ossidato in fase gassosa.

La stazione di Torchiarolo (BR), suburbana di tipo industriale, ha rilevato nel 2020 (ultimo dato disponibile) un valore di media annuale pari a 2.6 ng/m<sup>3</sup>, con un massimo orario di 23.0 ng/m<sup>3</sup>. La stazione di Monte Sant'Angelo (FG), di fondo rurale, ha registrato nel 2019 una media di 1.7 ng/m<sup>3</sup>, con un massimo di 4.0 ng/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda i limiti per la protezione della salute umana, in assenza di indicazioni normative sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

- il valore di linea guida in aria ambiente stabilito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che è pari a 1000 ng/m<sup>3</sup> come media annuale per il mercurio inorganico<sup>12</sup>;

<sup>9</sup> AMAP/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, tabella 3.3 pag. 47

<sup>10</sup> Schroeder-Munthe, Atmospheric mercury- an overview *Atm. Env.* 332 (1998) 809-822; Lin, Pehkonen, The chemistry of atmospheric mercury: a review, *Atm. Env.* 33 (1999) 2067-2079

<sup>11</sup> Si veda il rapporto EEA *Air quality in Europe — 2015 report*, pag. 38

<sup>12</sup> WHO Air Quality Guidelines for Europe, 2nd edition, pag. 157-160. Per mercurio inorganico si intende la somma di mercurio allo stato di vapore e dei composti di mercurio divalente. Nella definizione della linea guida non viene considerato il metilmercurio in quanto l'OMS sottolinea che l'esposizione a questo composto per inalazione è alcuni ordini di grandezza inferiore a quella legata alla contaminazione della catena alimentare attraverso gli ecosistemi acquatici. A questo proposito il Position Paper citato specifica (pag. 4 e pag.29) che la contaminazione da mercurio degli ecosistemi acquatici è originata – oltre che dallo scarico diretto di mercurio nei sistemi acquatici - dal lento processo di trasporto dai suoli in cui il mercurio si accumula a causa delle emissioni antropogeniche in atmosfera e dei conseguenti fenomeni di trasporto, trasformazione e deposizione anche su lunga distanza. Nei sistemi acquatici una parte del mercurio si trasforma per azione di microorganismi in composti del tipo del metilmercurio che hanno facilità a bioaccumularsi nella catena alimentare causa la loro caratteristiche lipofile

- l'RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency), pari a 300 ng/m<sup>3</sup> per il mercurio elementare<sup>13</sup>;
- l'MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica definito dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), pari a 200 ng/m<sup>3</sup> per il mercurio elementare<sup>14</sup>.

Nella stazione di Beinasco-Aldo Mei il mercurio elementare gassoso viene analizzato con un analizzatore in continuo che fornisce concentrazioni medie orarie; i dati statistici relativi all'anno 2021 sono riassunti nella Tabella 12, mentre la Tabella 13 riporta nel dettaglio le concentrazioni medie mensili.

**Tabella 12 - Mercurio elementare gassoso: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Mercurio elementare gassoso<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco<br/>(TRM) - Aldo<br/>Mei</b> |
|---|--|
| <i>Minima media giornaliera</i>   | 2  |
| <i>Massima media giornaliera</i>  | 5  |
| <i>Media delle medie giornaliere</i>  | 4  |
| <i>Giorni validi</i>  | 348                                      |
| <i>Percentuale giorni validi</i>  | 95%                                      |
| <i>Media dei valori orari</i>   | 4  |
| <i>Massima media oraria</i>   | 11                                       |
| <i>Ore valide</i>   | 8401                                     |
| <i>Percentuale ore valide</i>   | 96%                                      |

**Tabella 13 - Mercurio elementare gassoso: concentrazioni medie mensili anno 2021**

| <b>Mercurio elementare gassoso<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>Aldo Mei</b> |
|---|------------------------------------|
| <i>Gennaio</i>  | 4                                  |
| <i>Febbraio</i>   | 4                                  |
| <i>Marzo</i>  | 4                                  |
| <i>Aprile</i>   | 4                                  |
| <i>Maggio</i>   | 3                                  |
| <i>Giugno</i>   | 4                                  |
| <i>Luglio</i>   | 3                                  |
| <i>Agosto</i>   | 3                                  |
| <i>Settembre</i>  | 3                                  |
| <i>Ottobre</i>  | 4                                  |
| <i>Novembre</i>   | 3                                  |
| <i>Dicembre</i>   | 4                                  |

<sup>13</sup> US-EPA IRIS (Integrated Risk Information System) Mercury, elemental (CASRN 7439-97-6). In generale, l'RfC è una stima dell'esposizione giornaliera per inalazione della popolazione (inclusi i gruppi sensibili) che è presumibile non dia origine a un rischio significativo per la salute nel corso della vita

<sup>14</sup> US- ATSDR Toxicological Profiles – Mercury. L' MRL è una stima dell'esposizione umana giornaliera a una sostanza pericolosa che è presumibile non produca un rischio misurabile di danno, con riferimento agli effetti non cancerogeni. L' MRL è calcolato in relazione all'esposizione su uno specifico periodo temporale (acuta, intermedia, cronica)

Come ricordato in premessa, questo Dipartimento ha provveduto, di propria iniziativa e a scopo di approfondimento tecnico-scientifico, a effettuare la determinazione del mercurio anche sul particolato PM<sub>10</sub>, con le modalità indicate dalle procedure dell'Agenzia per gli altri metalli.

Tali procedure prevedono che al termine di ogni mese solare venga prelevata una porzione definita da ognuno dei singoli filtri campionati giornalmente nel corso del mese stesso; in questo modo si ottiene un campione medio composito su cui viene effettuata la determinazione, per cui la concentrazione dei metalli risulta disponibile come valore medio mensile. Le medie mensili del mercurio sul PM<sub>10</sub> sono riportate in Tabella 14.

**Tabella 14 - Mercurio sul PM<sub>10</sub>: Concentrazioni medie mensili anno 2021**

| <b>Mercurio sul PM<sub>10</sub><br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>Aldo Mei</b> |
|--|------------------------------------|
| Gennaio  | < 0,14                             |
| Febbraio   | < 0,16                             |
| Marzo  | < 0,14                             |
| Aprile   | < 0,15                             |
| Maggio   | < 0,14                             |
| Giugno   | < 0,15                             |
| Luglio   | < 0,14                             |
| Agosto   | < 0,14                             |
| Settembre  | < 0,15                             |
| Ottobre  | < 0,14                             |
| Novembre   | < 0,15                             |
| Dicembre   | < 0,14                             |

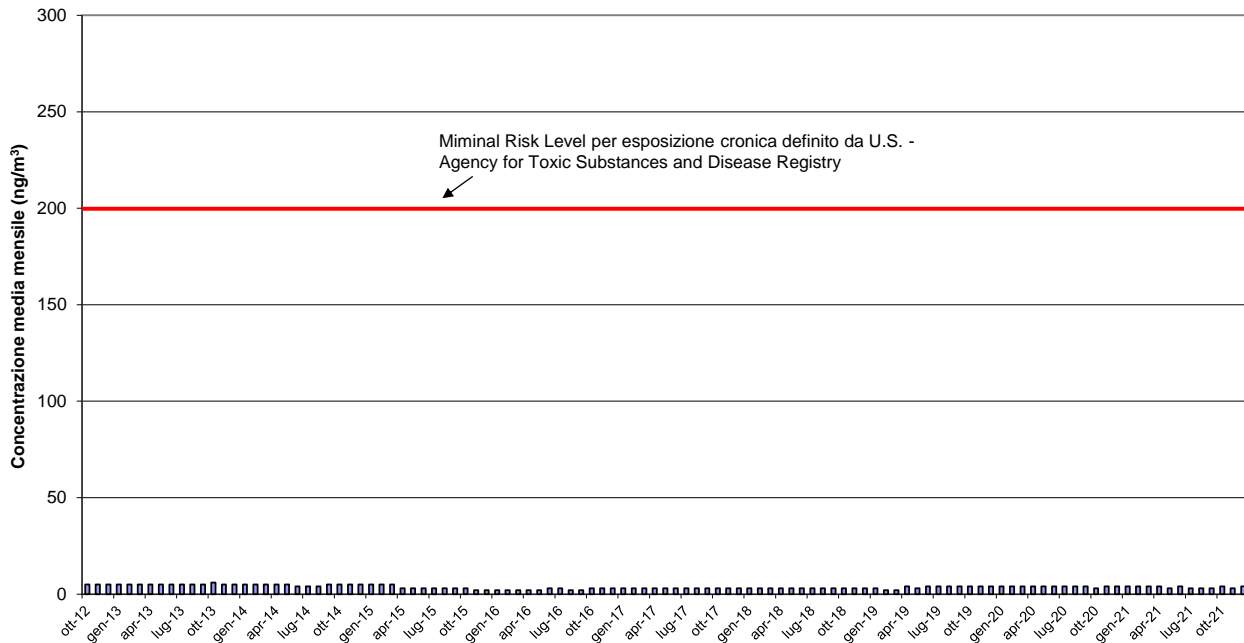
Analizzando nel dettaglio la serie temporale del mercurio elementare gassoso, si osserva che i valori misurati nel 2021 si sono costantemente assestati attorno ad alcuni ng/m<sup>3</sup>, con un massimo assoluto orario, verificatosi il 4 novembre, pari a 11 ng/m<sup>3</sup>.

Sotto il profilo della protezione della salute, anche considerando la somma delle due forme di mercurio aerodisperso (gassoso e presente sul PM<sub>10</sub>), sia le singole medie mensili che la media annuale risultano nel 2020 inferiori di più di duecento volte al valore di linea guida stabilito dall'O.M.S. e di più di cinquanta volte a quelli stabiliti da U.S. – EPA e ATSDR.

Nella Figura 22 è riportato l'andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di mercurio dall'attivazione della stazione sino a tutto il 2021. Come riferimento è indicato il valore più restrittivo tra i tre precedentemente citati disponibili nella letteratura scientifica (MRL per esposizione cronica definito dalla Agency for Toxic Substances and Disease Registry degli Stati Uniti).

I valori medi rilevati sono inoltre in linea con quanto riportato in letteratura per le aree urbane europee.

**Beinasco (TRM) - Aldo Mei**  
**Concentrazione media mensile di mercurio**



**Figura 22 - Andamento delle concentrazioni mensili di mercurio nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2012 al 2021**

## 2.7 Altri metalli sul particolato

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 e s.m.i. di recepimento della Direttiva 2008/50/CE prevede per quanto riguarda i metalli sul PM<sub>10</sub>:

- un valore limite per il piombo, espresso come media annuale e pari a 0.5 µg/m<sup>3</sup>;
- valori obiettivo, anch'essi espressi come media annuale, per arsenico (6 ng/m<sup>3</sup>), cadmio (5 ng/m<sup>3</sup>) e nichel (20 ng/m<sup>3</sup>).

La determinazione dei quattro metalli normati presso la stazione TRM di Beinasco è espressamente prevista dalle prescrizioni emanate dalla Provincia di Torino in sede di valutazione di compatibilità ambientale dell'inceneritore di Torino.

Dalla Tabella 14 alla Tabella 17 sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2021 per arsenico, cadmio, nichel e piombo sul PM<sub>10</sub> relativi alla stazione TRM e ad una serie di altre stazioni fisse utilizzate a scopo di confronto.

**Tabella 15 - Arsenico sul PM<sub>10</sub>: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Arsenico sul PM<sub>10</sub></b><br><b>(valori di conc.</b><br><b>espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco</b><br><b>(TRM) -</b><br><b>Aldo Mei</b> | <b>Druento</b> | <b>Torino-</b><br><b>Consolata</b> | <b>Torino-</b><br><b>Grassi</b> | <b>Torino-</b><br><b>Lingotto</b> | <b>Torino-</b><br><b>Rebauden</b><br><b>go</b> | <b>Torino-</b><br><b>Rubino</b> |
|--|--|----------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| <i>Media 2021</i>  | 0.7  | 0.7            | 0.7                                | 0.7                             | 0.7                               | 0.7  | 0.7                             |
| <i>Giorni validi:</i>  | 344  | 332            | 270                                | 363                             | 351                               | 337  | 351                             |
| <i>% giorni validi:</i>  | 94%  | 91%            | 74%                                | 99%                             | 96%                               | 92%  | 96%                             |

**Tabella 16 - Cadmio sul PM10: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Cadmio sul PM10<br/>(valori di conc.<br/>espressi in<br/>ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco<br/>(TRM) - Aldo<br/>Mei</b> | <b>Druento</b> | <b>Torino-<br/>Consolata</b> | <b>Torino-<br/>Grassi</b> | <b>Torino-<br/>Lingotto</b> | <b>Torino-<br/>Rebaudengo</b> | <b>Torino-<br/>Rubino</b> |
|---|--|----------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Media 2021  | 0.1                                      | 0.1            | 0.1                          | 0.3                       | 0.1                         | 0.2                           | 0.1                       |
| Giorni validi:  | 344                                      | 332            | 270                          | 363                       | 351                         | 337                           | 351                       |
| % giorni validi:  | 94%                                      | 91%            | 74%                          | 99%                       | 96%                         | 92%                           | 96%                       |

**Tabella 17 - Nichel sul PM10: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Nichel sul PM10<br/>(valori di conc.<br/>espressi in<br/>ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco<br/>(TRM) - Aldo<br/>Mei</b> | <b>Druento</b> | <b>Torino-<br/>Consolata</b> | <b>Torino-<br/>Grassi</b> | <b>Torino-<br/>Lingotto</b> | <b>Torino-<br/>Rebaudengo</b> | <b>Torino-<br/>Rubino</b> |
|---|--|----------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Media 2021  | 1.8                                      | 3.3            | 2.6                          | 3.8                       | 1.1                         | 1.6                           | 2                         |
| Giorni validi:  | 344                                      | 332            | 270                          | 363                       | 351                         | 337                           | 351                       |
| % giorni validi:  | 94%                                      | 91%            | 74%                          | 99%                       | 96%                         | 92%                           | 96%                       |

**Tabella 18 - Piombo sul PM10: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Piombo sul PM10<br/>(valori di conc.<br/>espressi in µg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco<br/>(TRM) - Aldo<br/>Mei</b> | <b>Druento</b> | <b>Torino-<br/>Consolata</b> | <b>Torino-<br/>Grassi</b> | <b>Torino-<br/>Lingotto</b> | <b>Torino-<br/>Rebaudengo</b> | <b>Torino-<br/>Rubino</b> |
|---|--|----------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Media 2021  | 0.005                                    | 0.003          | 0.005                        | 0.015                     | 0.005                       | 0.009                         | 0.005                     |
| Giorni validi:  | 344                                      | 332            | 270                          | 363                       | 351                         | 337                           | 351                       |
| % giorni validi:  | 94%                                      | 91%            | 74%                          | 99%                       | 96%                         | 92%                           | 96%                       |

Si osserva in generale che i valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei sono confrontabili con quelli delle stazioni di fondo urbano di Torino-Lingotto e Torino-Rubino e intermedi tra quelli di stazioni urbane da traffico (Torino-Consolata, Torino-Rebaudengo) e la stazione di fondo rurale di Druento, ubicata all'interno del Parco regionale La Mandria<sup>15</sup>.

Nel sito di Beinasco-Aldo Mei i valori di riferimento del D.Lgs 155/2010 e s.m.i. sono ampiamente rispettati, così come nelle altre stazioni della rete provinciale.

Come evidenziato in premessa, quest'Agenzia ha provveduto, a scopo di approfondimento tecnico-scientifico, ad effettuare sul PM10 anche la determinazione di una serie di metalli per i quali non vi sono limiti normativi: il mercurio è stato trattato nel paragrafo precedente, mentre nel seguito verranno esaminati i dati relativi ad antimonio, cobalto, cromo, manganese, rame, selenio, titanio, vanadio e zinco.

Per questi metalli, in assenza di indicazioni normative e analogamente al mercurio, sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

- i valori di linea guida in aria ambiente stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità;
- gli RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definiti da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency);
- gli MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica/subcronica definiti dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

<sup>15</sup> L'arsenico in tutte le stazioni presenta concentrazione inferiori al limite di quantificazione (LCL) del metodo di misura strumentale; in base alle procedure del SGQ dell'Agenzia, tali concentrazioni vengono convenzionalmente assimilate a un valore calcolato a partire da LCL/2

La stessa documentazione è stata utilizzata per identificare gli intervalli di concentrazione tipici in aria ambiente. Nella Tabella 19 è riportato un riepilogo dei valori di riferimento.

**Tabella 19 - Metalli sul PM10 non normati – valori di riferimento**

| Metallo   | Linea guida O.M.S. (ng/m <sup>3</sup> ) | U.S. EPA RfC (ng/m <sup>3</sup> ) | ATSDR MRL (ng/m <sup>3</sup> )   | Valori tipici in aria ambiente secondo O.M.S. (ng/m <sup>3</sup> )  | Valori tipici in aria ambiente secondo ATSDR (**) (ng/m <sup>3</sup> ) |
|-----------|---|-----------------------------------|--|---|--|
| Antimonio | -                                       | -                                 | -  | -   | -  |
| Cobalto   | -                                       | -                                 | 100 (esposizione cronica)  | 1-2 in area urbana (*)  | -  |
| Cromo     | (***)                                   | 100 come Cr(VI) sul particolato   | 300 come Cr(VI) sul particolato (esposizione sub-cronica)<br>100 come Cr(III) solubile sul particolato (esposizione sub-cronica) | 5-200   | < 20   |
| Manganese | 150 come media annuale                  | 50                                | 300 (esposizione cronica)  | 10-70(media annuale) in aree urbane e rurali; 200-500 (media annuale) nell'intorno di sorgenti industriali specifiche | 40 in aree urbane; 10 in aree rurali                                   |
| Rame      | -                                       | -                                 | -  | -   | 1-200  |
| Selenio   | -                                       | -                                 | -  | -   | < 10 come concentrazione di fondo                                      |
| Titanio   | -                                       | -                                 | -  | -   | -  |
| Vanadio   | 1000 come media su 24 h                 | -                                 | 100 (esposizione cronica)  | 50-200 in area urbana   | 11 come media nazionale degli Stati Uniti                              |
| Zinco     | -                                       | -                                 | -  | -   | 20-160 in area urbana  |

(\*) Concise International Chemical Assessment COBALT AND INORGANIC COBALT COMPOUNDS , WHO 2006

(\*\*) Dati contenuti nei documenti ToxGuide e Public Health Statement di ATSDR

(\*\*\*) O.M.S. stima un rischio carcinogenico per il Cr(VI) pari a  $4 \times 10^{-2}$  per un'esposizione a 1000 ng/m<sup>3</sup> per l'intero arco della vita

I metalli non normati in questione vengono determinati da Arpa Piemonte a scopo di studio anche nelle stazioni fisse di Torino-Rebaudengo, Torino-Rubino e Ceresole Reale; quest'ultima ha sostituito dal 2021 la stazione di Settimo Torinese.

Rispetto agli anni passati sono state interrotte le analisi del Cobalto, in quanto ha sempre avuto concentrazioni non rilevabili dalla strumentazione di analisi. Sono state inoltre interrotte le analisi del Titanio, per problematiche analitiche.

Permangono le analisi del Selenio su Beinasco, ma non sugli altri siti per le stesse motivazioni indicate per le analisi del Cobalto. Dal 2019 si è deciso di introdurre il Ferro come nuovo metallo su cui fare approfondimenti, in quanto è un elemento di origine crostale, che si trova prevalentemente nella frazione coarse (PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>) del particolato, ma si può originare anche dai processi di combustione come ossidi di ferro e quindi ritrovare nella frazione PM<sub>2.5</sub>.

Dalla Tabella 20 alla Tabella 27 sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2021 per i metalli citati sul PM<sub>10</sub> relativi alla stazione di Beinasco–Aldo Mei e alle altre stazioni fisse del territorio provinciale su cui vengono determinati gli stessi analiti.

Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest–

Rapporto di sintesi sui dati prodotti dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di proprietà di TRM S.p.A. ubicata nel Comune di Beinasco - Anno 2021

**Tabella 20 - Antimonio sul PM10: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Antimonio sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>- Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|--|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo  | 1.6                                  | 0.7                       | 2.3                      | 1.8                  |
| Giorni validi  | 344                                  | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                  | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

**Tabella 21 - Cromo sul PM10: indicatori statistici anno 2021**

| <b>Cromo sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|--|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo  | 4.8                                | 1.2                       | 7.8                      | 5.3                  |
| Giorni validi  | 344                                | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

**Tabella 22 - Ferro sul PM10 – indicatori statistici anno 2021**

| <b>Ferro sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|--|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo  | 642.2                              | 159.4                     | 785.5                    | 713.1                |
| Giorni validi  | 344                                | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

**Tabella 23 - Manganese sul PM10 – indicatori statistici anno 2021**

| <b>Manganese sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|--|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo  | 12.2                               | 3.0                       | 11.7                     | 12.3                 |
| Giorni validi  | 344                                | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

**Tabella 24 - Rame sul PM10 – indicatori statistici anno 2021**

| <b>Rame sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|---|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo   | 18.9                               | 6.2                       | 34.1                     | 24.2                 |
| Giorni validi   | 344                                | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi   | 94%                                | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

**Tabella 25 - Selenio sul PM10: indicatori statistici anno 2021 (N.B.: il Selenio è determinato solo sui campioni di Beinasco TRM)**

| <b>Selenio sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>- Aldo Mei</b> |
|--|--------------------------------------|
| Media del periodo  | 0.7                                  |
| Giorni validi  | 344                                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                  |

**Tabella 26 - Vanadio sul PM10 – indicatori statistici anno 2021**

| <b>Vanadio sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>- Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|--|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo  | 0.7                                  | 0.7                       | 0.7                      | 0.7                  |
| Giorni validi  | 344                                  | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                  | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

**Tabella 27 - Zinco sul PM10 – indicatori statistici anno 2021**

| <b>Zinco sul PM10<br/>(valori di conc. espressi in ng/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Beinasco (TRM)<br/>- Aldo Mei</b> | <b>Ceresole<br/>Reale</b> | <b>TO<br/>Rebaudengo</b> | <b>TO<br/>Rubino</b> |
|--|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Media del periodo  | 37.0                                 | 13.4                      | 38.3                     | 41.6                 |
| Giorni validi  | 344                                  | 324                       | 337                      | 351                  |
| Percentuale giorni validi  | 94%                                  | 89%                       | 92%                      | 96%                  |

Per i metalli non normati i dati rilevati presso la stazione di Beinasco-Aldo Mei sono in generale simili a quelli della stazione di fondo urbano di Torino-Rubino. I dati di antimonio sono circa il doppio rispetto alla stazione di confronto di fondo rurale di Ceresole Reale, quelli di Rame e Zinco il triplo, mentre Cromo, Ferro e Manganese sono il quadruplo rispetto a Ceresole Reale, evidenziando l'origine essenzialmente antropica di questi metalli.

Nel caso di cromo e vanadio le concentrazioni rilevate risultano inferiori di circa due ordini di grandezza ai valori di riferimento in aria ambiente definiti da organismi internazionali (Tabella 19); in tutti i casi, inoltre, le concentrazioni rilevate sono confrontabili o inferiori ai valori indicati dai medesimi organismi come tipici delle aree urbane.

## 2.8 Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani (Diossine) e policlorobifenili (PCB)

Con il termine generico di “diossine” si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie: PCDD e PCDF. Le diossine non vengono prodotte intenzionalmente, ma sono sottoprodotti indesiderati di una serie di processi chimici e/o di combustione.

Si tratta di composti particolarmente stabili e persistenti nell’ambiente, tossici per l’uomo, gli animali e l’ambiente stesso; le diossine e i furani costituiscono infatti due delle dodici classi di inquinanti organici persistenti riconosciute a livello internazionale dall’UNEP (United Nations Environment Programme).

Esistono in totale 75 congeneri di diossine e 135 di furani, che si differenziano per il numero e la posizione degli atomi di cloro sugli anelli benzenici; di questi solo 17 (7 PCDD e 10 PCDF) destano particolare preoccupazione dal punto di vista tossicologico.

Le diossine sono sostanze semivolatili, termostabili, scarsamente polari, insolubili in acqua, altamente liposolubili, resistenti alla degradazione chimica e biologica. A causa della loro presenza ubiquitaria nell’ambiente, persistenza e liposolubilità, le diossine tendono, nel tempo, ad accumularsi nei tessuti e organi dell’uomo e degli animali. Inoltre, salendo nella catena trofica, la concentrazione di tali sostanze può aumentare (biomagnificazione), giungendo a esporre a rischio maggiore il vertice della catena.

L’uomo può venire in contatto con le diossine attraverso tre principali fonti di esposizione: accidentale, occupazionale e ambientale.

La prima è relativa a contaminazioni dovute a incidenti, la seconda riguarda gruppi ristretti di popolazione professionalmente esposti.

L’esposizione ambientale, invece, può interessare ampie fasce di popolazione e avviene, per lo più, attraverso l’assunzione di cibo contaminato, anche se vi possono essere altre vie di esposizione quali l’inalazione di polvere o il contatto dermico. Recenti studi hanno stimato che circa il 95% dell’esposizione alle diossine avviene attraverso cibi contaminati e, in particolare, grassi animali.

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Si tratta di molecole sintetizzate all’inizio del secolo scorso e prodotte commercialmente fin dal 1930, sebbene attualmente in buona parte banditi a causa della loro tossicità e della loro tendenza a bioaccumularsi. A differenza delle diossine, quindi, i PCB sono sostanze chimiche largamente prodotte tramite processi industriali per le loro proprietà chimico-fisiche.

I policlorobifenili (PCB) sono composti chimici molto stabili, resistenti ad acidi e alcali e alla fotodegradazione, non sono ossidabili, non attaccano i metalli, sono poco solubili in acqua, ma lo sono nei grassi e nei solventi organici. Non sono infiammabili, evaporano a temperature comprese fra 170-380 °C e si decompongono solo oltre i 1000°C. Sono poco volatili, si possono distribuire su superfici formando sottili pellicole, hanno bassa costante dielettrica, densità maggiore dell’acqua, elevata lipoaffinità e sono scarsamente biodegradabili.

Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB dioxin-like (PCB diossina simili-PCB DL).

### **Campionamento**

Il campionamento dell’aria è una tecnica che permette di valutare la quantità di microinquinanti in sospensione.

Il prelievo viene condotto in conformità al metodo EPA TO9A “Determination Of Polychlorinated, Polybrominated And Brominated/Chlorinated Dibenzop-Dioxins And Dibenzofurans In Ambient Air” (codice ARPA U.RP.T118 “Campionamento di aria ambiente per la determinazione di PCDD/DF e PCB - EPA TO9A Determinazione di PCDD/DF in aria ambiente”).

I dettagli relativi al campionamento sono riportati nelle relazioni prodotte negli anni precedenti.

### ***Determinazione analitica ed espressione dei risultati***

La ricerca di PCDD/DF e PCB viene eseguita rispettivamente secondo i metodi EPA 1613B:1994 e EPA 1668C:2010, prove accreditate dall’Ente ACCREDIA, in conformità con quanto prescritto dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Generalmente PCDD/PCDF e PCB non vengono rilevati nelle diverse matrici come singoli composti, ma come miscele complesse dei diversi congeneri aventi differente tossicità.

Per esprimere la tossicità dei singoli congeneri è stato introdotto il concetto di fattore di tossicità equivalente (TEF).

I fattori di tossicità equivalente si basano sulla considerazione che PCDD, PCDF e PCB dioxin-like sono composti strutturalmente simili che presentano nell’organismo il medesimo meccanismo di azione (attivazione del recettore Ah) e producono effetti tossici simili: il legame tra le diossine e il recettore Ah è il passo chiave per il successivo innescarsi degli effetti tossici.

I TEF vengono calcolati confrontando l’affinità di legame dei vari composti organoclorurati con il recettore Ah, rispetto a quella della 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8- tetraclorodibenzodiossina), la più tossica, considerando l’affinità di questa molecola come il valore unitario di riferimento.

Per esprimere la concentrazione complessiva di PCDD/PCDF e PCB nelle diverse matrici, si è introdotto il concetto di tossicità equivalente (TEQ), che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni, espresse con l’unità di misura della matrice in cui vengono ricercate.

In Tabella 28 si riportano due gruppi di TEF: gli I-TEF (International TEF) attualmente utilizzati per l’espressione della concentrazione totale di PCDD/PCDF in campioni ambientali, e i WHO-TEF definiti per PCDD/PCDF e PCB dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS = WHO), attualmente utilizzati per i campioni alimentari e, nel caso dei PCB, anche per i campioni ambientali.

**Tabella 28 - Fattori di Tossicità Equivalente**

|                                      | <b>I-TEF</b><br>(NATO/CCMS, 1988) <sup>16</sup> | <b>WHO-TEF<sup>17</sup></b><br>(WHO, 2005) |
|--------------------------------------|---|--|
| <b>PCDD/PCDF</b>                     |   |  |
| 2,3,7,8 TETRA-CDD                    | 1   | 1  |
| 1,2,3,7,8 PENTA-CDD                  | 0,5   | 1  |
| 1,2,3,4,7,8 ESA-CDD                  | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,6,7,8 ESA-CDD                  | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,7,8,9 ESA-CDD                  | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDD               | 0,01  | 0,01                                       |
| OCTA-CDD                             | 0,001   | 0,0003                                     |
| 2,3,7,8 TETRA-CDF                    | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,7,8 PENTA-CDF                  | 0,05  | 0,03                                       |
| 2,3,4,7,8 PENTA-CDF                  | 0,5   | 0,3  |
| 1,2,3,4,7,8 ESA-CDF                  | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,6,7,8 ESA-CDF                  | 0,1   | 0,1  |
| 2,3,4,6,7,8 ESA-CDF                  | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,7,8,9 ESA-CDF                  | 0,1   | 0,1  |
| 1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDF               | 0,01  | 0,01                                       |
| 1,2,3,4,7,8,9 EPTA-CDF               | 0,01  | 0,01                                       |
| OCTA-CDF                             | 0,001   | 0,0003                                     |
| <b>PCB</b>                           |   |  |
| 3,3',4,4' TETRA-CB (IUPAC 77)        |   | 0,0001                                     |
| 3,4,4',5 TETRA-CB (IUPAC 81)         |   | 0,0003                                     |
| 3,3',4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 126)     |   | 0,1  |
| 3,3',4,4',5,5' ESA-CB (IUPAC 169)    |   | 0,03                                       |
| 2,3,3',4,4' PENTA-CB (IUPAC 105)     |   | 0,00003                                    |
| 2,3,4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 114)      |   | 0,00003                                    |
| 2,3',4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 118)     |   | 0,00003                                    |
| 2',3,4,4',5 PENTA-CB (IUPAC 123)     |   | 0,00003                                    |
| 2,3,3',4,4',5 ESA-CB (IUPAC 156)     |   | 0,00003                                    |
| 2,3,3',4,4',5' ESA-CB (IUPAC 157)    |   | 0,00003                                    |
| 2,3',4,4',5,5' ESA-CB (IUPAC 167)    |   | 0,00003                                    |
| 2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB (IUPAC 189) |   | 0,00003                                    |

Nell'espressione della sommatoria dei congeneri di PCDD/PCDF e PCB dioxin-like viene applicato il criterio del "middle bound", secondo cui, nel caso di congeneri non rilevabili, si suppone che gli stessi contribuiscano alla sommatoria per la metà dei rispettivi limiti di rilevabilità.

<sup>16</sup> NATO/CCMS: North Atlantic Treaty Organization/Committee on the Challenges of Modern Society.

International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxin and related compounds, 186, 1988

<sup>17</sup> WHO: World Health Organization

The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Van den Berg, M. et al., ToxSci Advance Access published July 7, 2006.

I PCB totali si ottengono dalla sommatoria dei gruppi omologhi a diverso grado di clorurazione dai triclorobifenili agli octaclorobifenili; i PCB dioxin like sono invece la sommatoria delle concentrazioni (moltiplicate per i relativi FTE) dei 12 PCB riconosciuti tossici dall'organizzazione mondiale della sanità.

L'unità di misura con cui vengono espressi gli esiti di PCDD/DF in qualità dell'aria è: fg I-TEQ/m<sup>3</sup>.

L'unità di misura con cui vengono espressi gli esiti per le diverse sommatorie di PCB in qualità dell'aria è: pg/m<sup>3</sup> per i PCB totali, mentre per i PCB dioxin like è: pg WHO-TEQ/m<sup>3</sup>.

L'unità di misura con cui viene espressa la sommatoria di PCDD/DF + PCB dioxin-like in qualità dell'aria è fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup>.

### ***Linee guida per i valori di microinquinanti. Qualità dell'aria.***

Per tutti questi inquinanti non sono al momento stati stabiliti né a livello europeo, né a livello nazionale o regionale valori limite o soglie di riferimento in qualità dell'aria.

L'unico riferimento reperito in letteratura, esclusivamente per PCDD e PCDF, sono le linee guida della Germania (LAI-Laenderausschuss fuer Immissiosschutz - Comitato degli Stati per la protezione ambientale) pari a:

Linea guida per aria ambiente: 150 fg I-TEQ/m<sup>3</sup>.

Si ritiene opportuno evidenziare che le suddette linee guida individuano anche dei valori obiettivo di lungo periodo per il controllo dell'inquinamento atmosferico, con particolare attenzione alla valutazione degli inquinanti atmosferici cancerogeni in aria ambiente, e stabiliscono per la somma PCDD/DF + PCB dioxin like, espressa con i fattori di tossicità WHO 2005, il valore di 150 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup>.

Non sono reperibili valori guida o di riferimento per i PCB totali.

### ***Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate in qualità dell'aria.***

In Tabella 29 e nei grafici che seguono sono riportati gli esiti delle determinazioni analitiche relative a PCDD/DF e PCB realizzate sui campioni di qualità dell'aria prelevati sia nel corso dell'ultimo anno (2021) che nell'anno precedente (2020).

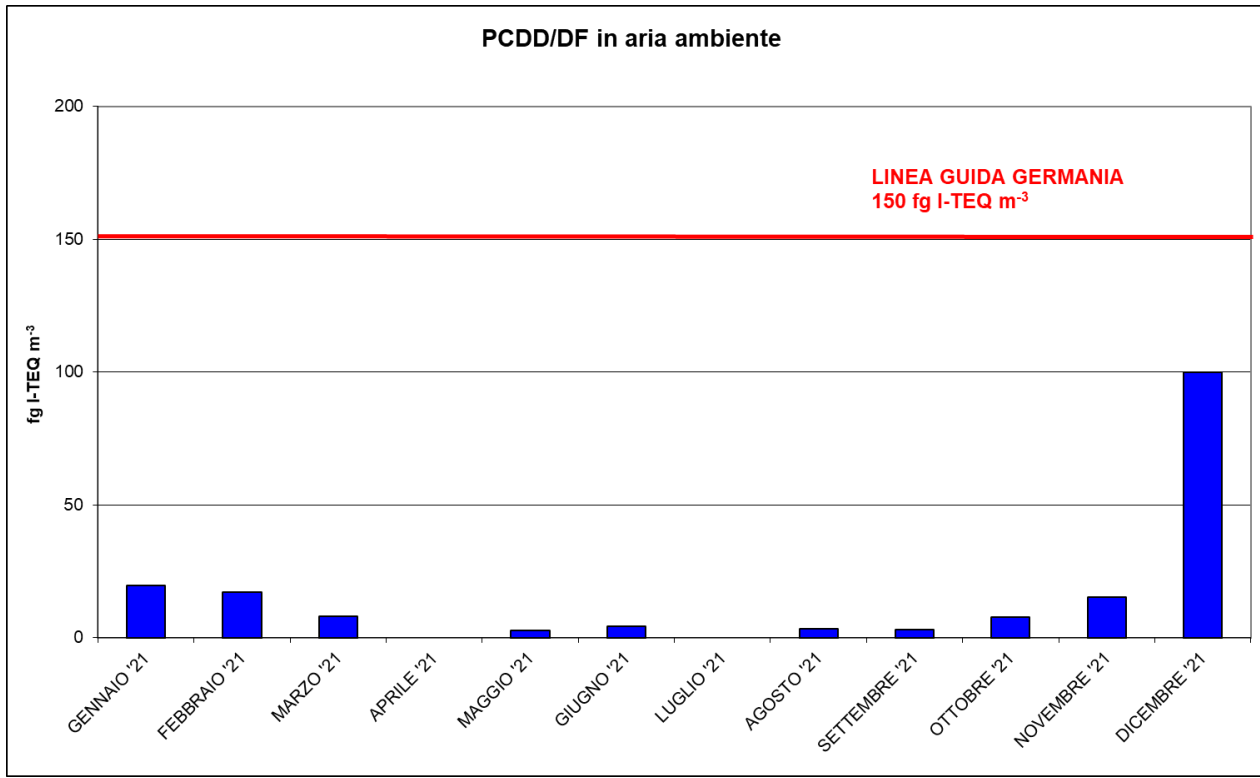
I dati completi del monitoraggio, iniziato a ottobre 2012, sono disponibili nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

**Tabella 29 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente**

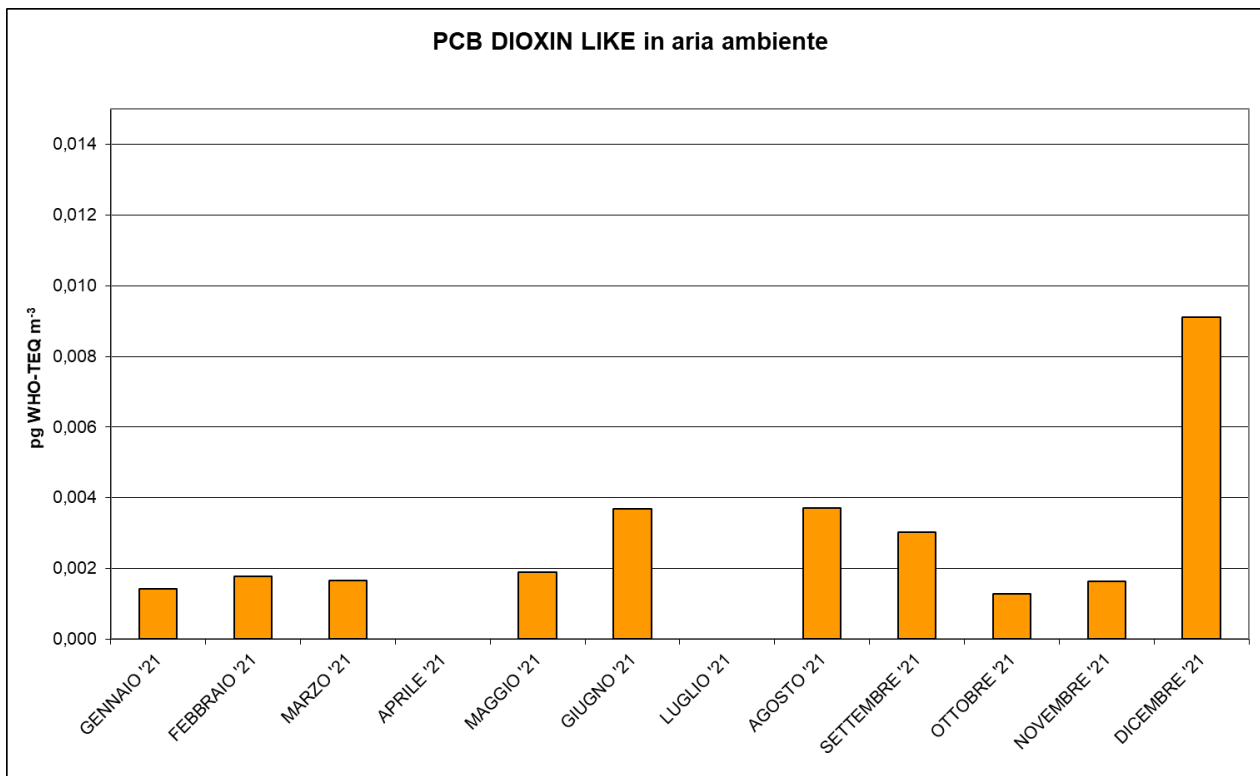
|                          | PCDD/DF                  | PCB<br>Dioxin Like            | PCB<br>Totale<br>Famiglie | PCDD/DF+PCB<br>DL          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Unità di misura          | fg I-TEQ m <sup>-3</sup> | pg WHO-TEQ<br>m <sup>-3</sup> | pg m <sup>-3</sup>        | fg WHO-TEQ m <sup>-3</sup> |
| GENNAIO '20              | 35,8                     | 0,01343                       | 136                       | 45,98                      |
| FEBBRAIO '20             | 16,9                     | 0,00196                       | 83                        | 17,0                       |
| MARZO '20                | 9,53                     | 0,00361                       | 108                       | 11,4                       |
| APRILE '20               | 4,26                     | 0,00154                       | 91,8                      | 5,4                        |
| MAGGIO '20               | 3,63                     | 0,00273                       | 113                       | 6,4                        |
| GIUGNO '20               | 2,67                     | 0,00254                       | 131                       | 5,4                        |
| LUGLIO '20               | 3,25                     | 0,00332                       | 170                       | 6,9                        |
| AGOSTO '20               | n.d.*                    | n.d.*                         | n.d.*                     | n.d.*                      |
| SETTEMBRE<br>'20         | 2,34                     | 0,00345                       | 139                       | 6,0                        |
| OTTOBRE '20              | 10,90                    | 0,00203                       | 112                       | 10,5                       |
| NOVEMBRE '20             | n.d.*                    | 0,00340                       | 141                       | n.d.*                      |
| DICEMBRE '20             | 42,40                    | 0,00198                       | 100                       | 44,3                       |
| <b>GENNAIO '21</b>       | <b>19,76</b>             | <b>0,00142</b>                | <b>69,6</b>               | <b>19,5</b>                |
| <b>FEBBRAIO '21</b>      | <b>17,08</b>             | <b>0,00177</b>                | <b>90,2</b>               | <b>17,0</b>                |
| <b>MARZO '21</b>         | <b>8,15</b>              | <b>0,00165</b>                | <b>71,9</b>               | <b>9,19</b>                |
| <b>APRILE '21</b>        | <b>**</b>                | <b>**</b>                     | <b>**</b>                 | <b>**</b>                  |
| <b>MAGGIO '21</b>        | <b>2,82</b>              | <b>0,00190</b>                | <b>89,9</b>               | <b>4,73</b>                |
| <b>GIUGNO '21</b>        | <b>4,33</b>              | <b>0,00369</b>                | <b>132</b>                | <b>8,49</b>                |
| <b>LUGLIO '21</b>        | <b>**</b>                | <b>**</b>                     | <b>**</b>                 | <b>**</b>                  |
| <b>AGOSTO '21</b>        | <b>3,24</b>              | <b>0,00370</b>                | <b>131</b>                | <b>6,87</b>                |
| <b>SETTEMBRE<br/>'21</b> | <b>2,92</b>              | <b>0,00302</b>                | <b>138</b>                | <b>5,78</b>                |
| <b>OTTOBRE '21</b>       | <b>7,62</b>              | <b>0,00128</b>                | <b>89</b>                 | <b>8,00</b>                |
| <b>NOVEMBRE '21</b>      | <b>15,30</b>             | <b>0,00164</b>                | <b>111</b>                | <b>15,54</b>               |
| <b>DICEMBRE '21</b>      | <b>100,00</b>            | <b>0,00911</b>                | <b>124</b>                | <b>104,71</b>              |

\* il mese di agosto 2020 non è stato refertato per perdita accidentale del campione, il parametro PCDD/DF per il mese di novembre 2020 non è disponibile a causa di problemi tecnici

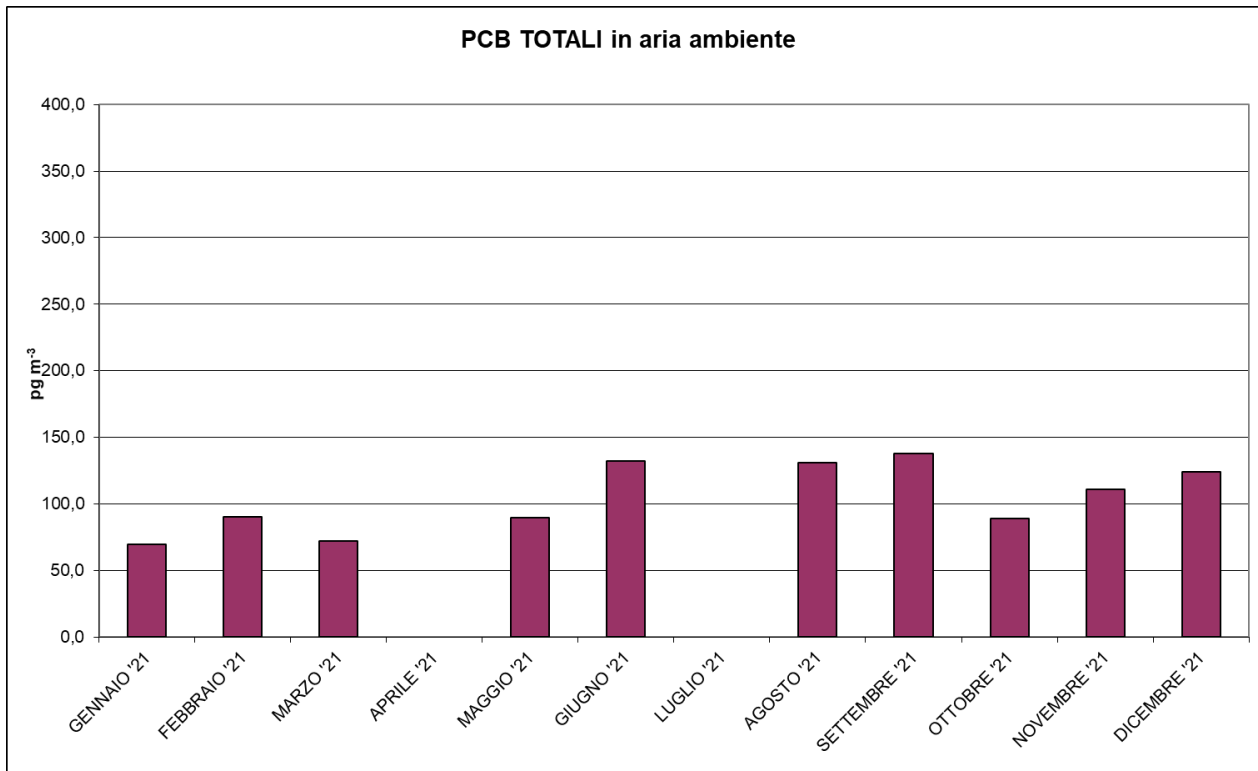
\*\* per i mesi di aprile e luglio 2021 i campioni non sono stati prelevati a causa di problemi strumentali



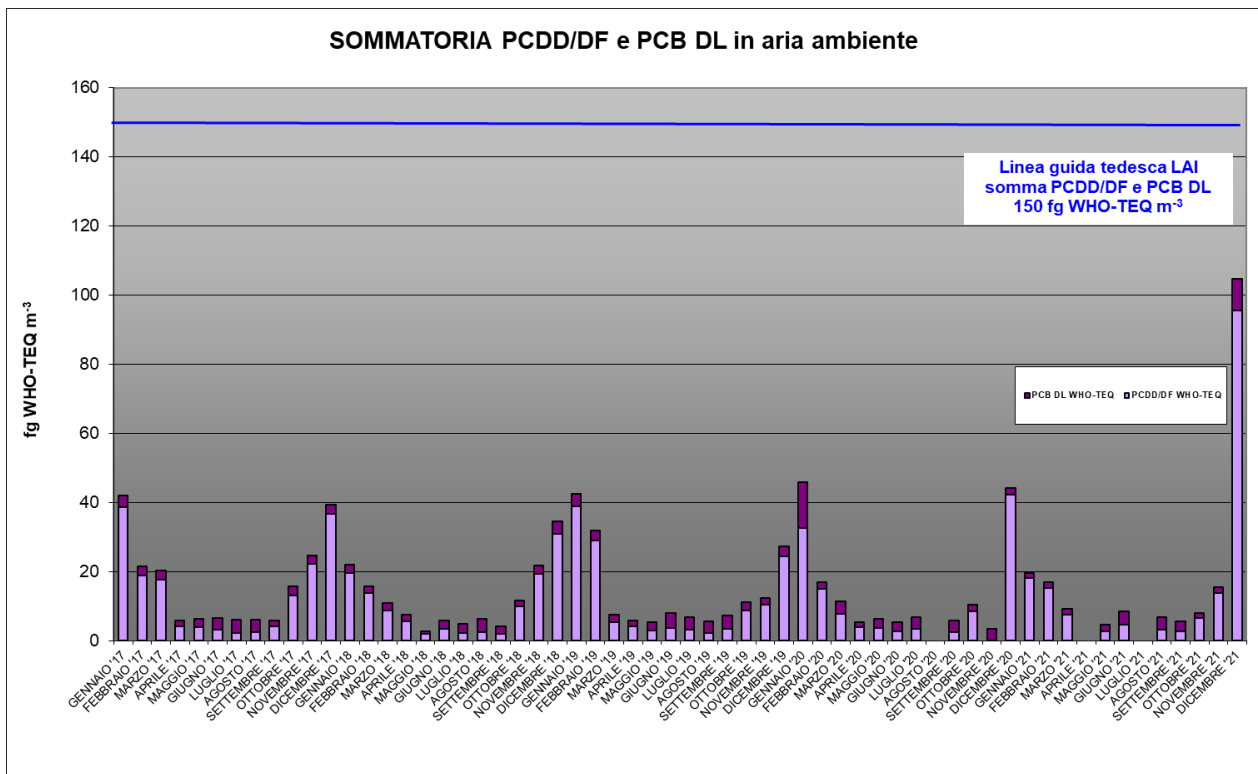
**Figura 23 - Concentrazioni di PCDD e PCDF in aria ambiente anno 2021**



**Figura 24 - Concentrazioni di PCB dioxin like in aria ambiente anno 2021**



**Figura 25 - Concentrazioni di PCB Totali in aria ambiente anno 2021**



**Figura 26 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente dal 2017**

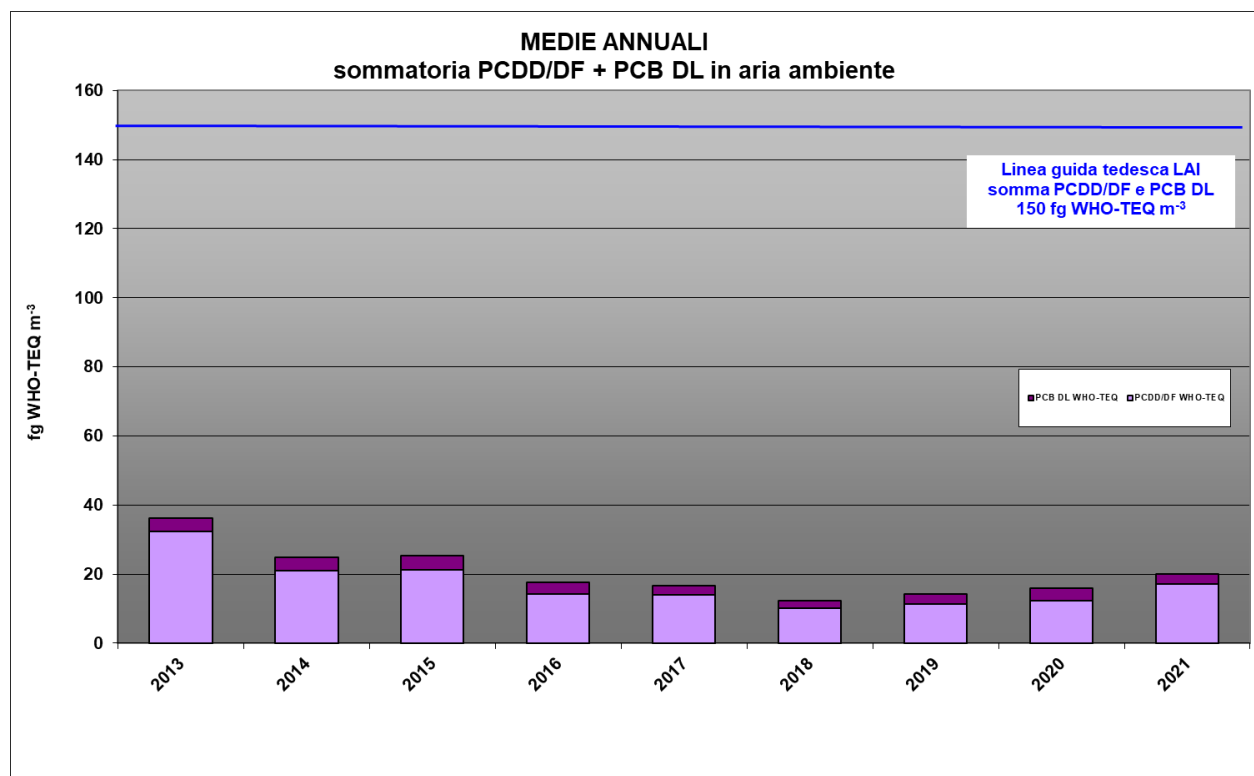
Per la sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like, considerato l'elevato numero di dati ora a disposizione, è stato riportato un grafico limitato agli ultimi quattro anni di osservazione per consentire una migliore lettura dei dati rilevati. La serie completa relativa al monitoraggio dal 2012 è disponibile nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Come si evince dai grafici, tutti i valori si posizionano al di sotto delle linee guida definite dalla Germania sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like con un andamento che si può definire "stagionale", in modo particolare per la concentrazione di PCDD e PCDF. Si osserva per il mese di dicembre una concentrazione più elevata, in particolare per PCDD/DF, rispetto al trend storico imputabile all'evento incidentale verificatosi a Beinasco a dicembre 2021.

Avendo a disposizione una lunga serie di dati analitici relativi al monitoraggio, nella Tabella 30 si riportano le medie annuali dei parametri monitorati.

**Tabella 30 - Concentrazioni MEDIE ANNUALI di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente**

|            | PCDD/DF                  | PCB<br>Dioxin Like         | PCB<br>Totale Famiglie | PCDD/DF+PCB DL             |
|------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| ANNO / Udm | fg I-TEQ m <sup>-3</sup> | pg WHO-TEQ m <sup>-3</sup> | pg m <sup>-3</sup>     | fg WHO-TEQ m <sup>-3</sup> |
| 2013       | 36                       | 0,00382                    | 188                    | 36                         |
| 2014       | 24                       | 0,00391                    | 190                    | 25                         |
| 2015       | 24                       | 0,00418                    | 143                    | 25                         |
| 2016       | 15                       | 0,00319                    | 115                    | 17                         |
| 2017       | 16                       | 0,00275                    | 110                    | 17                         |
| 2018       | 11                       | 0,00230                    | 130                    | 12                         |
| 2019       | 12                       | 0,00290                    | 156                    | 14                         |
| 2020       | 13                       | 0,00363                    | 120                    | 16                         |
| 2021       | 18                       | 0,00292                    | 105                    | 20                         |



**Figura 27 – Medie annuali sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente**

### 3 Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche

#### 3.1 Introduzione

Con il termine “deposizione atmosferica” si intende l’insieme di quei processi chimico-fisici attraverso i quali le sostanze inquinanti presenti nell’aria sotto forma di particelle, aerosol o gas si depositano sul suolo o su altre superfici (vegetazione, corpi idrici, edifici). I processi di deposizione comprendono le “deposizioni umide” che avvengono attraverso le precipitazioni atmosferiche (pioggia, neve, nebbia) e le “deposizioni secche” che avvengono per azione della sedimentazione gravitazionale.

Lo studio delle deposizioni simula la ricaduta degli inquinanti al suolo e consiste nella valutazione del particolato e delle precipitazioni che si depositano su una determinata superficie nell’unità di tempo (il risultato è infatti espresso in relazione all’area dei deposimetri esposti e al tempo di esposizione).

Con il DGP 1317 - 433230/2006 citato in premessa l’ex provincia di Torino ha stabilito la creazione di una rete di campionamento delle deposizioni totali nell’area di massima ricaduta delle emissioni del Termovalorizzatore TRM (Figura 1), su cui ricercare e misurare diversi metalli, gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), e i microinquinanti (PCDD/DF e PCB).

Al momento la normativa non prevede valori limite o valori obiettivo per le deposizioni atmosferiche totali, ma fornisce indicazioni di riferimento per i diversi inquinanti ricercati, permettendo quindi una valutazione dell’aria, su base annuale in relazione alle concentrazioni misurate.

Per ogni parametro è possibile quindi esprimere un dato che deriva dal rapporto tra la quantità di analita, riferita ai giorni in cui il campione è rimasto esposto, e la superficie di esposizione espressa in m<sup>2</sup>.

In caso di dati inferiori al limite di quantificazione, nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato il criterio del “middle-bound”, per cui ogni composto la cui concentrazione risulta inferiore al limite di rivelabilità del metodo, viene conteggiato per un valore pari alla metà del limite di rivelabilità.

Il sistema di raccolta dei campioni delle deposizioni totali installato presso la stazione Beinasco-Aldo Mei e presso le altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell’aria è conforme a quanto previsto dalla normativa vigente e dalle norme tecniche europee in materia di campionamenti e determinazione di metalli e IPA nelle deposizioni (BS EN 15841/2009 e BS EN 15980/2011 rispettivamente).

Il campionamento viene condotto utilizzando un deposimetro di tipo bulk per la raccolta delle deposizioni totali, umide e secche. Il deposimetro è costituito da un imbuto e da un contenitore di capacità pari a 10 litri collegati tra loro, entrambi in polietilene o vetro a seconda che si debbano ricercare metalli o IPA. Il deposimetro viene installato su di una struttura metallica di sostegno a treppiede dotata di una camicia cilindrica in plastica per la protezione del campione dalla radiazione solare. L’altezza della bocca dell’imbuto del deposimetro dal piano campagna è compresa tra 1,5 e 2 metri (

Figura 28).

Il campionamento ha solitamente la durata di un mese, nel corso del quale, in un unico contenitore, vengono raccolte le deposizioni secche e quelle umide. A fine periodo di esposizione, i campioni vengono portati per essere analizzati presso il laboratorio del Dipartimento Territoriale di Torino, accreditato dalla norma ISO/IEC 17025.

Nei paragrafi seguenti sono riportati i flussi di deposizione, di IPA, metalli e microinquinanti organici rilevati nelle deposizioni.



**Figura 28 – sistema di raccolta ISTISAN 06/38 - Deposimetro – foto e schema installazione bulk**

### 3.2 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Per un approfondimento sulle principali caratteristiche di questi composti si può fare riferimento al paragrafo sulla qualità dell'aria.

Secondo il Dlgs 155/2010 la presenza di benzo(a)pirene nell'aria ambiente non deve superare 1 ng/m<sup>3</sup> come media annuale nella frazione PM<sub>10</sub>, ma non dà indicazioni per quanto riguarda il flusso di accumulo nelle deposizioni. Per l'analisi delle deposizioni nella stazione di Beinasco TRM è quindi fondamentale il confronto con i valori relativi ai campioni raccolti presso le altre stazioni della rete di monitoraggio delle deposizioni, i siti di: Grugliasco - Circolo Golf, Rivalta - Campo Pozzi SMAT e Orbassano - Ospedale San Luigi. La norma suggerisce anche di effettuare contestualmente al benzo(a)pirene, l'analisi di benzo(a)antracene, benzo(b+j+k)fluorantene e l'indeno(1,2,3-cd)pirene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri IPA di rilevanza tossicologica.

È opportuno ricordare che le concentrazioni rilevate di IPA, data la notevole presenza di valori inferiori al limite di rilevabilità del metodo di analisi che comporta l'applicazione del criterio del "medium-bound" (i risultati sono cautelativamente posti uguali alla metà del limite di quantificazione - come indicato nelle linee US EPA 2000), vanno considerate come "valori indicativi".

Nei grafici che seguono sono riportati i dati raccolti durante i campionamenti del 2021 presso la stazione di Beinasco – Aldo Mei e le altre stazioni provinciali di raccolta delle deposizioni evidenziando il confronto con i risultati degli anni precedenti.

A titolo di paragone, sono stati osservati e raffrontati fra loro i valori delle deposizioni nei siti<sup>18</sup> di:

- Grugliasco – Circolo Golf
- Rivalta – campo pozzi SMAT
- Orbassano – Ospedale San Luigi.

Come per gli altri anni, in questi tre siti i contenitori per la determinazione degli IPA sono stati alternati a quelli per la determinazione dei Metalli. Il dato annuale di seguito riportato deriva quindi dalla media calcolata su sei valori mensili (indicativamente: febbraio, aprile, giugno, agosto, ottobre e dicembre). L'unica eccezione è rappresentata dalla stazione di Grugliasco – Circolo Golf, dove i campioni annuali sono stati solo 5, mancando il dato di agosto 2021 a causa della chiusura estiva

<sup>18</sup> Si ricorda che, a partire dal 2019 nella stazione di Baldissero T.se è iniziata la misurazione settennale dei Metalli (in alternanza con gli IPA), quindi per il 2021 non è possibile il confronto con Beinasco Aldo Mei.

del circolo e della conseguente impossibilità di installazione/disinstallazione dei deposimetri fino al 9 settembre 2021.

Nella Tabella 31, sono riportati i dati di IPA relativi ai campioni raccolti e analizzati nel 2021 e nel quinquennio precedente (2016-2020) presso la stazione di Beinasco Aldo Mei e le altre stazioni di monitoraggio considerate per il confronto, al fine di avere una fotografia completa dello stato ambientale circostante l'impianto di trattamento dei rifiuti.

Per il sito di Beinasco Aldo Mei (l'unico con una serie mensile completa nel 2021) continua il trend in diminuzione in atto ormai da diversi anni per tutti i parametri considerati: benzo(a)pirene, indeno(1,2,3-cd)pirene, benzo(a)antracene e benzo(b+j+k)fluorantene. Per il benzo(a)pirene la media calcolata per il 2021 è di 4.3  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ , la più bassa degli ultimi 6 anni di misurazioni.

Anche per le altre stazioni di misura della rete di monitoraggio provinciale il dato medio annuale del 2021 è il più basso della serie storica. In particolare, la differenza con il 2020 è molto evidente, ma, come sottolineato nella relazione dell'anno scorso, il 2020 è stato un anno anomalo. Il dato annuale, infatti, risultava fortemente sovrastimato per tutte e tre i siti di monitoraggio accessorio, non essendo stato possibile svolgere i campionamenti nel periodo primaverile-estivo a causa delle restrizioni imposte dall'emergenza sanitaria Covid-19.

È possibile che le misure restrittive anti Covid-19, come la limitazione degli spostamenti nelle aree arancioni e rosse ancora in atto anche in Piemonte nei primi mesi del 2021, abbiano influenzato positivamente le medie mensili invernali dei flussi di concentrazione e abbiamo contribuito a mantenere basse le medie annuali per tutti i parametri considerati. In ogni caso, come si evidenzia dai grafici complessivi di Figura 29, la diminuzione dei flussi di concentrazione nel corso degli anni di misura è molto evidente e non può essere attribuita agli effetti delle restrizioni emergenziali del periodo pandemico 2020-2021. Dal 2013 al 2021 il calo degli IPA, singolarmente e come somma dei 4 parametri analizzati, è significativo per tutte le stazioni di monitoraggio. Presso il sito di Beinasco Aldo Mei i flussi di IPA nelle deposizioni si sono praticamente dimezzati rispetto ai primi anni di campionamento (grafico di Figura 29 in alto a sinistra).

**Tabella 31 - IPA nelle deposizioni – Indicatori statistici anni 2016-2021  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$**

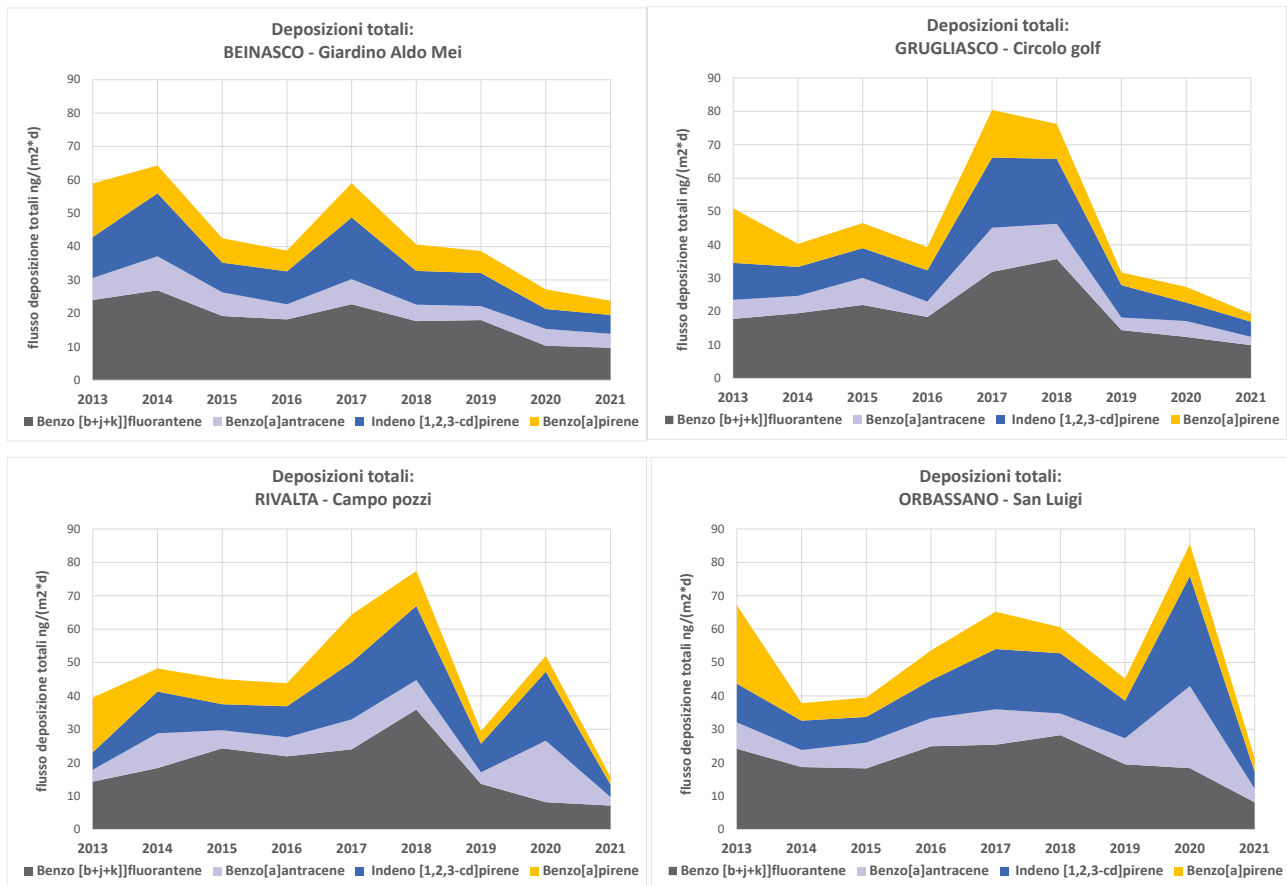
| STAZIONE       | 2016 2017 2018 2019 2020 2021 |      |      |     |      |     | 2016 2017 2018 2019 2020 2021 |      |      |      |      |     | 2016 2017 2018 2019 2020 2021 |      |      |     |      |     |                          |      |      |      |      |     |
|----------------|-------------------------------|------|------|-----|------|-----|-------------------------------|------|------|------|------|-----|-------------------------------|------|------|-----|------|-----|--------------------------|------|------|------|------|-----|
|                | Benzo[a]pirene                |      |      |     |      |     | Indeno [1,2,3-cd]pirene       |      |      |      |      |     | Benzo[a]antracene             |      |      |     |      |     | Benzo [b+j+k]fluorantene |      |      |      |      |     |
| BALDISSERO     | 6,1                           | 9,3  | 5,9  | -   | -    | -   | 13,9                          | 9,3  | 11,1 | -    | -    | -   | 4,4                           | 5,8  | 3,5  | -   | -    | -   | 22,2                     | 16,8 | 15,2 | -    | -    | -   |
| GRUGLIASCO*    | 6,9                           | 14,3 | 10,5 | 3,8 | 4,7  | 2,3 | 9,4                           | 21,0 | 19,4 | 9,7  | 5,5  | 4,6 | 4,6                           | 13,2 | 10,6 | 3,8 | 4,8  | 2,5 | 18,4                     | 31,9 | 35,7 | 14,4 | 12,4 | 9,9 |
| RIVALTA        | 10,1                          | 15,1 | 10,6 | 4,0 | 16,1 | 3,6 | 9,3                           | 17,1 | 22,2 | 8,6  | 20,7 | 3,7 | 5,7                           | 9,0  | 8,8  | 3,5 | 18,4 | 2,6 | 21,9                     | 24,0 | 35,9 | 13,7 | 8,2  | 7,1 |
| ORBASSANO      | 8,9                           | 11,2 | 7,8  | 6,6 | 9,6  | 4,1 | 11,4                          | 18,0 | 18,1 | 11,2 | 33,0 | 5,1 | 8,4                           | 10,6 | 6,5  | 7,8 | 24,6 | 4,1 | 24,9                     | 25,4 | 28,2 | 19,5 | 18,4 | 8,1 |
| BEINASCO (TRM) | 6,2                           | 10,3 | 7,9  | 6,6 | 5,9  | 4,3 | 9,9                           | 18,5 | 10,2 | 9,9  | 6,0  | 5,6 | 4,5                           | 7,5  | 4,9  | 4,2 | 5,0  | 4,2 | 18,2                     | 22,8 | 17,7 | 18,0 | 10,3 | 9,7 |

\*Stazioni con un campionamento mensile in meno (agosto 2021)

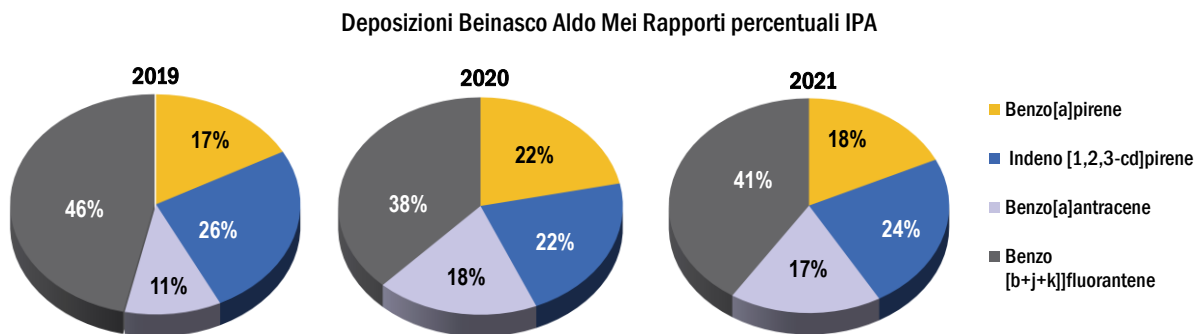
In Figura 30 sono confrontati, in percentuale, i dati delle deposizioni totali di TRM del 2019, del 2020 e del 2021. Come si può notare, il Benzo(a)pirene, considerato critico per l'uomo, non risulta essere preponderante rispetto agli altri contaminanti, il suo contributo percentuale si mantiene sempre intorno al 20% degli IPA totali e nel 2021 (18%) torna ai livelli prepandemici. In linea con i risultati di altri studi, il Benzo(b+j+k)fluorantene risulta la componente maggiore tra gli idrocarburi policiclici aromatici misurati nelle deposizioni atmosferiche<sup>19</sup>.

In Figura 31 vengono rappresentati i contributi percentuali di ogni IPA calcolati per il 2021 in tutti e 4 i siti di campionamento. Le stazioni di Rivalta e Orbassano presentano rapporti percentuali molto simili a Beinasco Aldo Mei, solo Grugliasco presenta una porzione di benzo(b+j+k)fluorantene, leggermente superiore a quella delle altre stazioni, come sempre accaduto nel corso della serie storica di misurazioni.

<sup>19</sup> Barbora Nežiková et al. (2019) Bulk atmospheric deposition of persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in Central Europe - Environmental Science and Pollution Research



**Figura 29 – andamenti cumulati di IPA nei siti di misura provinciali – periodo 2013-2021**



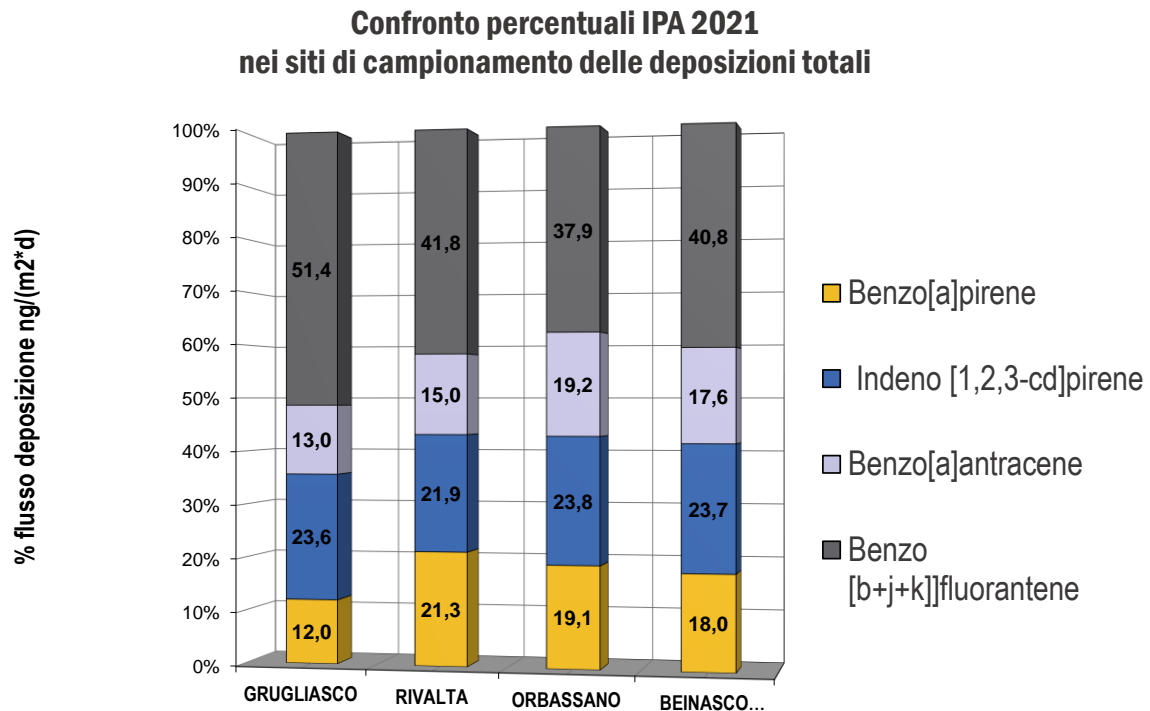
**Figura 30 Confronto dei rapporti percentuali dei flussi di IPA nelle deposizioni presso Beinasco Aldo Mei (2019-2021)**

I grafici di Figura 32, Figura 33, Figura 34 e Figura 35 presentano gli andamenti annuali del periodo 2013-2021 per ogni singolo IPA monitorato in ognuna delle quattro stazioni di misura delle deposizioni atmosferiche.

Come si evince dal grafico di Figura 32 i valori di B(a)P registrati nel 2021 presso la stazione di Beinasco Aldo Mei e negli altri siti provinciali si inseriscono pienamente tra quelli reperibili in letteratura, sia in ambito nazionale sia nel contesto europeo – come è possibile evidenziare dal

confronto con i dati della Tabella 32. Per facilità di rappresentazione al grafico sono state aggiunte delle linee che rappresentano i valori massimi registrati nelle aree rurali italiane ed europee. Salvo poche eccezioni negli ultimi anni i valori di B(a)P sono risultati inferiori al massimo registrato a Melfi, il più basso tra quelli elencati in tabella.

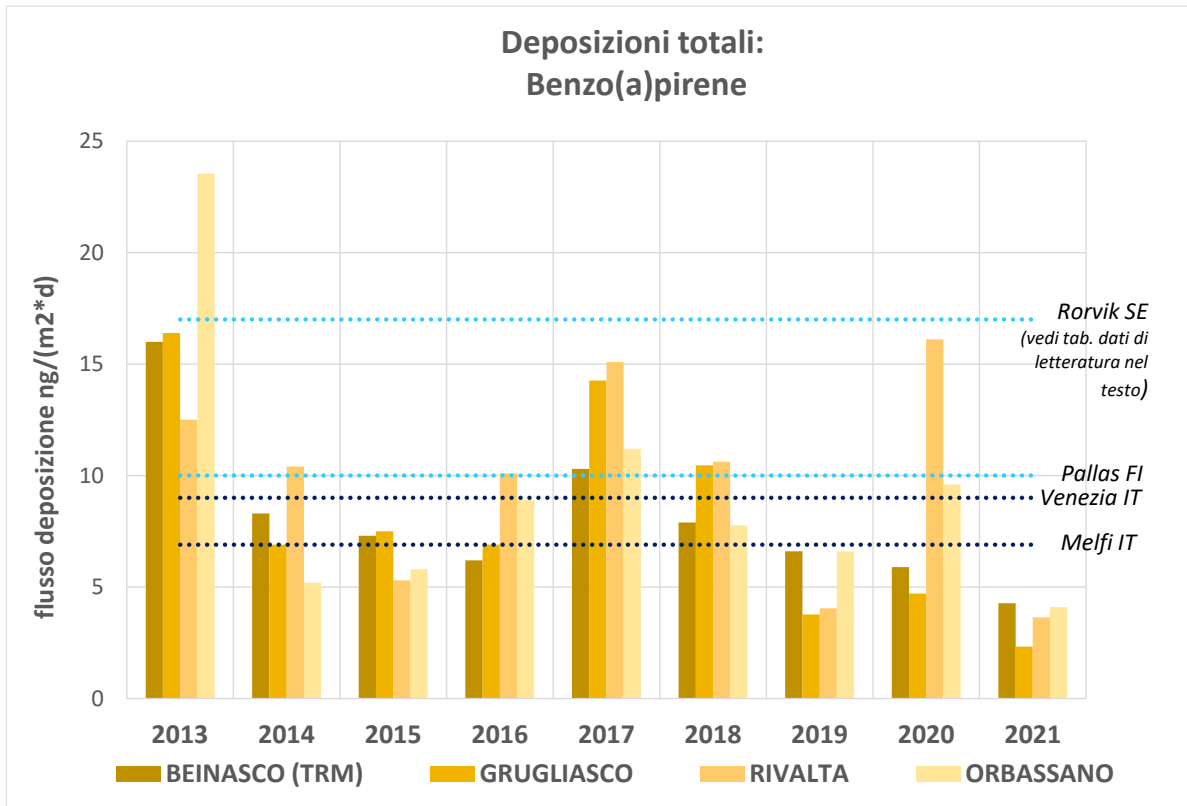
Per gli altri IPA risulta evidente quanto già sottolineato all'inizio del paragrafo, le concentrazioni del 2021 sono le più basse della serie storica 2013-2021.



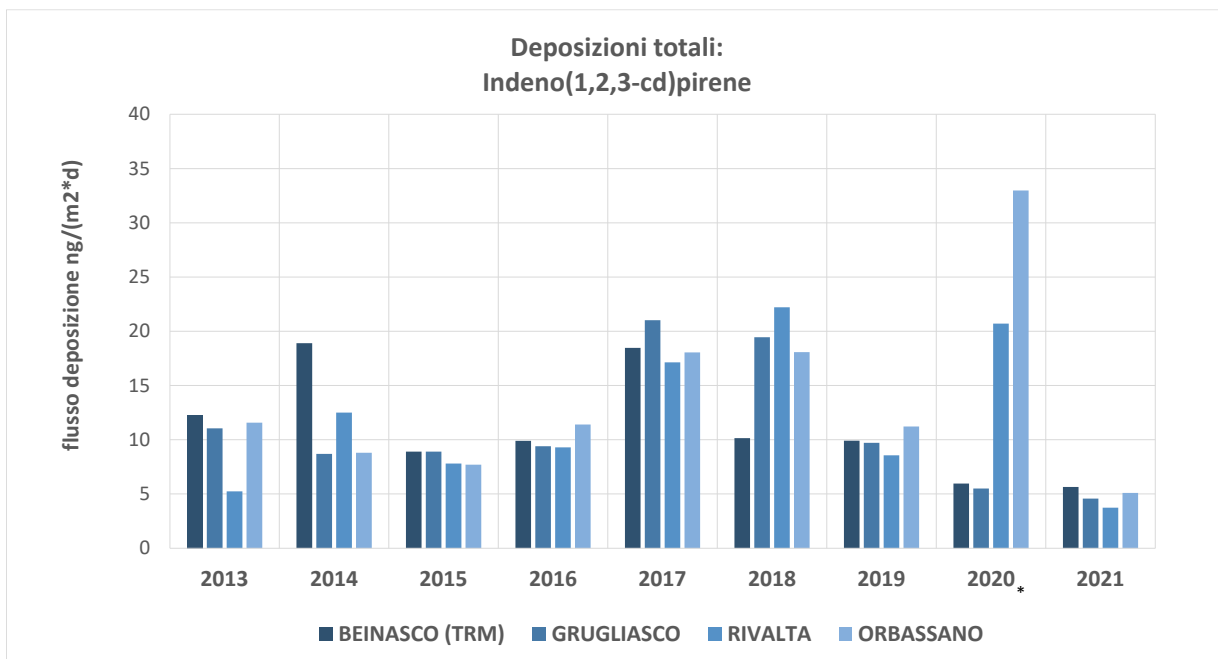
**Figura 31 - Grafico di confronto ratei flussi deposizioni nel 2021**

**Tabella 32 – dati di letteratura per benzo(a)pirene**

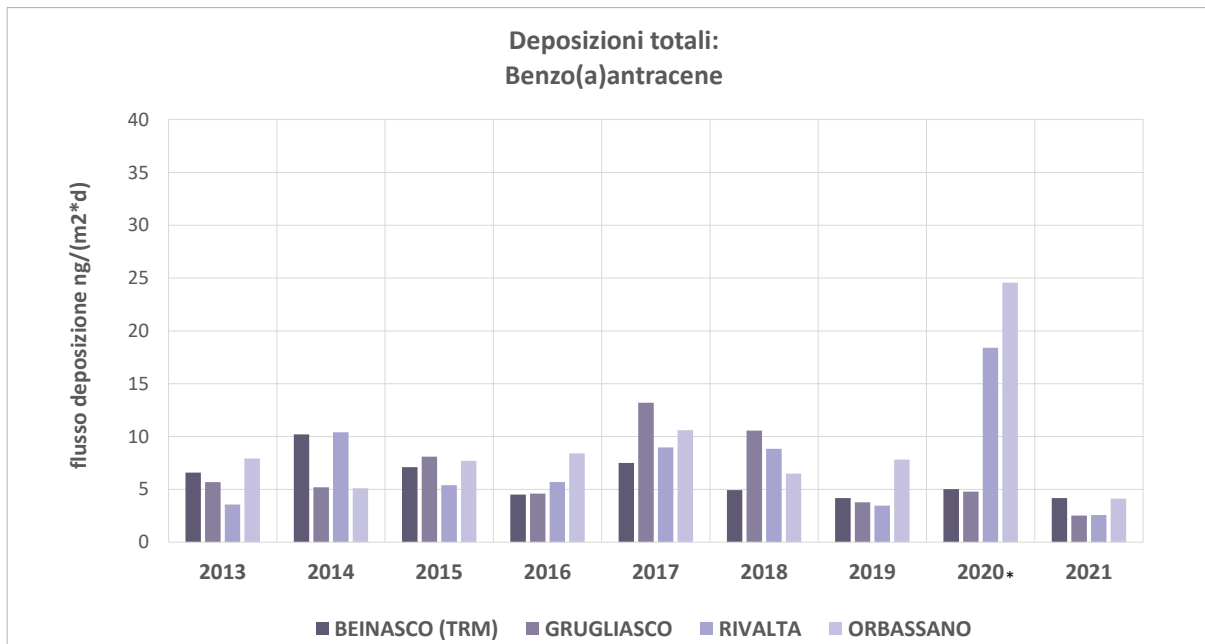
| <b>Dati di letteratura del B[a]P in (ng/m<sup>2</sup> d)</b> |               |   |
|--|---------------|---|
| Aree RURALI  | MIN-MAX       | Riferimenti bibliografici                 |
| <b>ITALIA</b>  |               |   |
| Melfi  | 1,6 - 6,9     | Menichini et al. 2006                     |
| laguna di Venezia  | 6-9           | Rossini et al. 2001-magistrato acque 2000 |
| <b>FINLANDIA</b>   |               |   |
| Pallas   | 2-10          | EMEP 2005                                 |
| <b>SVEZIA</b>  |               |   |
| Rorvik   | 5-17          | EMEP 2005                                 |
| Aree URBANE  | media annuale | Riferimenti bibliografici                 |
| <b>ITALIA</b>  |               |   |
| Venezia  | 30            | Rossini et al. 2001-magistrato acque 2000 |
| <b>FRANCIA</b>   |               |   |
| Parigi   | 25            | Motelay-Massei et al. 2003                |
| <b>GRAN BRETAGNA</b>   |               |   |
| Cardiff  | 219           | Halsall et al. 1997                       |
| Manchester   | 300           |   |



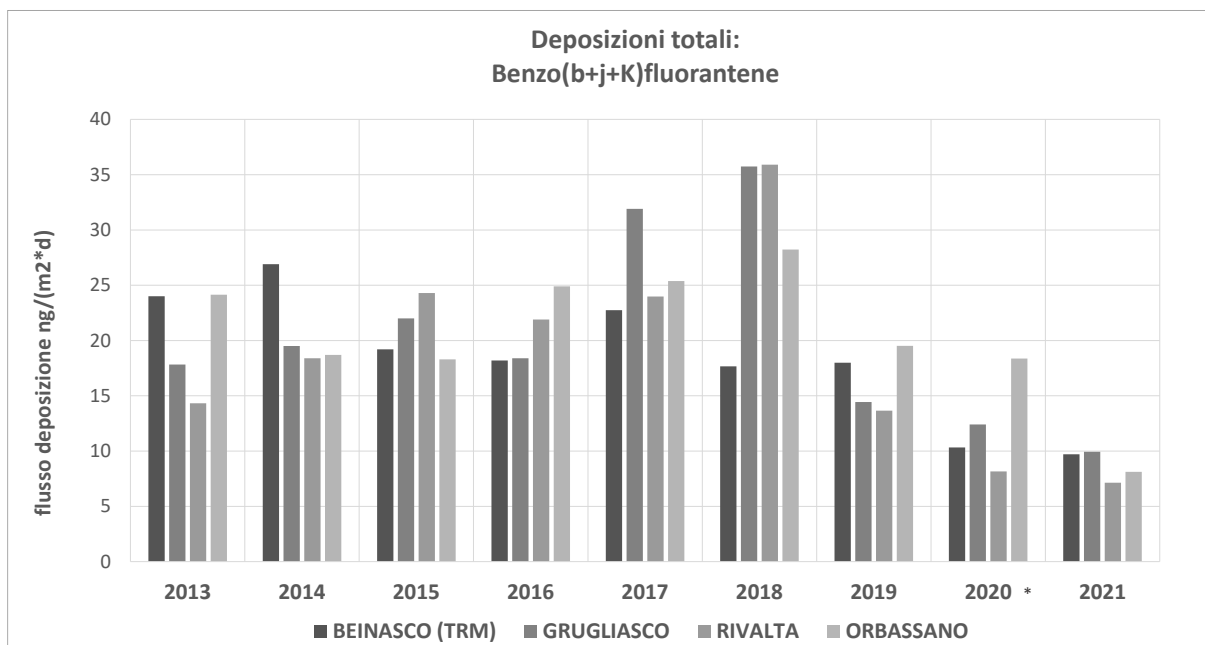
**Figura 32 - Benzo(a)Pirene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2021**



**Figura 33 - Indeno(1,2,3-cd)pirene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2021**



**Figura 34 - Benzo(a)antracene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2021**



**Figura 35 - Benzo(b+j+k)fluorantene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2021**

### 3.3 Metalli

Con D.G.P. n. 1317- 433230/2006 è stato previsto di ricercare nelle stazioni di misura delle deposizioni atmosferiche i metalli, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio.

A scopo di studio, ARPA Piemonte ha deciso di inserire nelle analisi un'altra serie di metalli quali: Cobalto, Cromo, Rame, Selenio, Vanadio e Zinco.

Il campionamento viene condotto utilizzando un deposimetro di tipo bulk in polietilene ad alta densità (HDPE). Per ogni inquinante la deposizione totale è data dalla somma dei contributi rilevati nel filtro e nella soluzione filtrata.

Si ricorda che nel calcolo dei risultati analitici, in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato il criterio "middle-bound".

Anche nel caso dei metalli la normativa non prevede dei limiti nelle deposizioni atmosferiche. In alcuni Paesi, tuttavia, sono stati stabiliti dei valori limite per i flussi di deposizione, espressi in termini di deposizioni atmosferiche totali riferiti a un periodo di mediazione annuale. Riguardo al contenuto di metalli, limitatamente al cadmio, piombo e tallio (parametro non ricercato da Arpa Piemonte), alcuni Paesi europei hanno stabilito dei valori limite espressi come contenuto totale dell'elemento in massa ( $\mu\text{g}$ ) depositato sull'unità di superficie ( $\text{m}^2$ ) nell'unità di tempo (d) in un periodo di riferimento annuale. In Tabella 33 è riportata la tabella estratta da ISTISAN 06/43 con i valori medi internazionali per alcuni metalli analizzati nelle deposizioni atmosferiche totali.

**Tabella 33 – Valori limite internazionali per le deposizioni atmosferiche totali e per alcuni elementi contenuti nelle deposizioni – estratta da ISTISAN 06/43**

| Nazione          | Deposizione atmosferica totale (media annuale) $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ | Cd $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ | Pb $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ | Tl $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ |
|------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Austria</b>   | –   | 2                                   | –                                   | –                                   |
| <b>Germania</b>  | 350-650*  | 5                                   | 250                                 | <b>10</b>                           |
| <b>Svizzera</b>  | –   | 2                                   | –                                   | –                                   |
| <b>Spagna</b>    | 200   | –                                   | –                                   | –                                   |
| <b>Finlandia</b> | 333   | –                                   | –                                   | –                                   |
| <b>Argentina</b> | 333   | –                                   | –                                   | –                                   |
| <b>Canada</b>    | 153-180   | –                                   | –                                   | –                                   |
| <b>USA</b>       | <b>183-262</b>  | –                                   | –                                   | –                                   |

\* breve periodo

Fonte: Cattani G, Viviano G. Stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità per lo studio della qualità dell'aria: anni 2003 e 2004. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2006. (Rapporti ISTISAN 06/13)

Nei grafici successivi sono riportati, per tutti i siti di campionamento provinciale, gli andamenti delle analisi dei metalli nelle deposizioni atmosferiche effettuate nel 2021 e il confronto con il periodo 2013-2020.

Il monitoraggio dei metalli nelle deposizioni è risultato completo sia per la stazione di Beinasco Aldo Mei (12 campioni), sia per gli altri 3 siti di monitoraggio (6 campioni mensili alternati ai 6 campionamenti di IPA). In particolare, il monitoraggio dei metalli nelle deposizioni nei siti di confronto ha interessato i mesi di: gennaio, marzo, maggio, luglio, settembre e novembre 2021. Per la stazione di Grugliasco – circolo golf, il campionamento di luglio 2021 è in realtà durato 2 mesi, fino al 9 settembre 2021, a causa della chiusura del circolo nel mese di agosto e della conseguente impossibilità di ritiro dei deposimetri esposti e dell'installazione di nuovi contenitori.

Anche per la stazione di Baldissero T.se, dove dal 2019 si svolge la misura dei metalli nelle deposizioni atmosferiche nell'ambito della rete privata di monitoraggio Engie - predisposta per valutare la ricaduta delle emissioni atmosferiche della centrale termoelettrica di Leinì - il campionamento è stato completo (12 campioni mensili).

I dati di Figura 36 mostrano il confronto tra il periodo 2013-2020 (espresso come intervallo tra il 25° e il 75° percentile delle medie annuali della serie storica) e la media annuale del 2021 (pallini azzurri) per ogni metallo analizzato nelle deposizioni. A differenza degli IPA, che nel 2021 hanno registrato i valori più bassi di tutta la serie storica, i flussi di deposizione dei metalli nel 2021 risultano uguali o superiori alla mediana del periodo di riferimento 2013-2020. In particolare, le concentrazioni di piombo e cromo sono molto prossime a quelle massime, registrate nei primi anni di campionamento.

Il grafico di Figura 37 presenta le concentrazioni di tutti i metalli nelle deposizioni totali campionate nel 2021; in particolar modo spiccano le concentrazioni di piombo e rame nei siti di Beinasco Aldo Mei e Orbassano, dove è elevata soprattutto la media annuale del piombo.

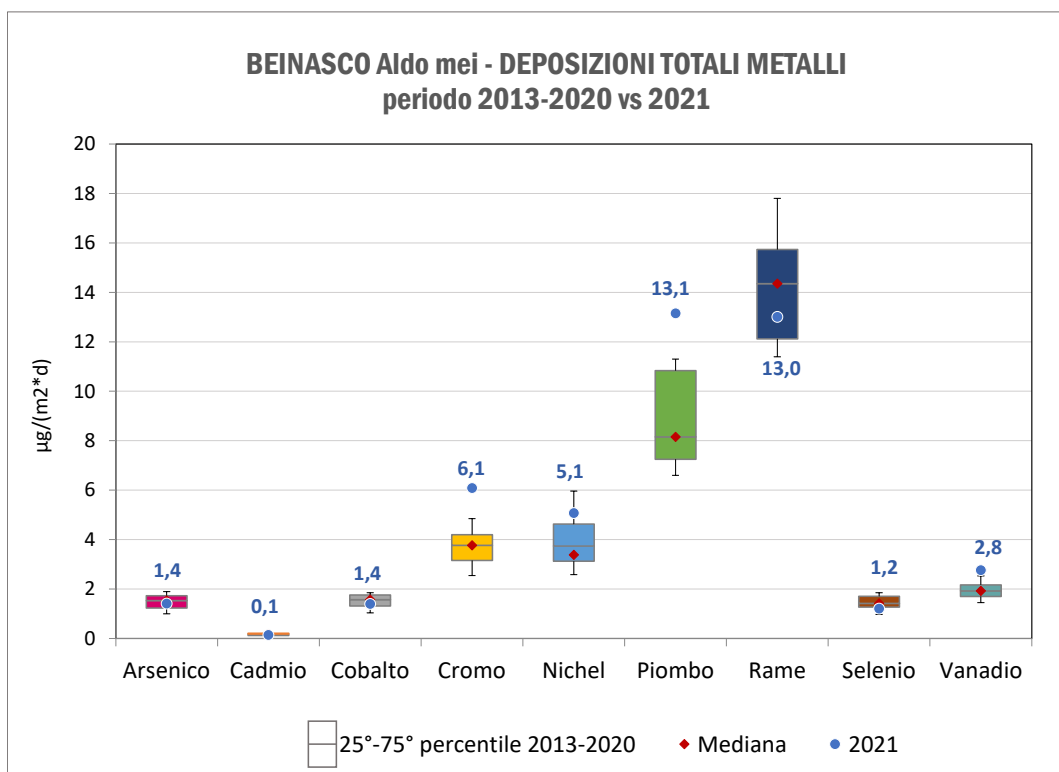
La presenza del rame in concentrazioni più elevate rispetto agli altri metalli monitorati nelle deposizioni atmosferiche è stata già discussa nei report precedenti e si ipotizza sia legata a fonti locali di origine naturale oltre che antropica.

Tutti gli altri metalli oggetto studio sono presenti nell'ambiente in tracce.

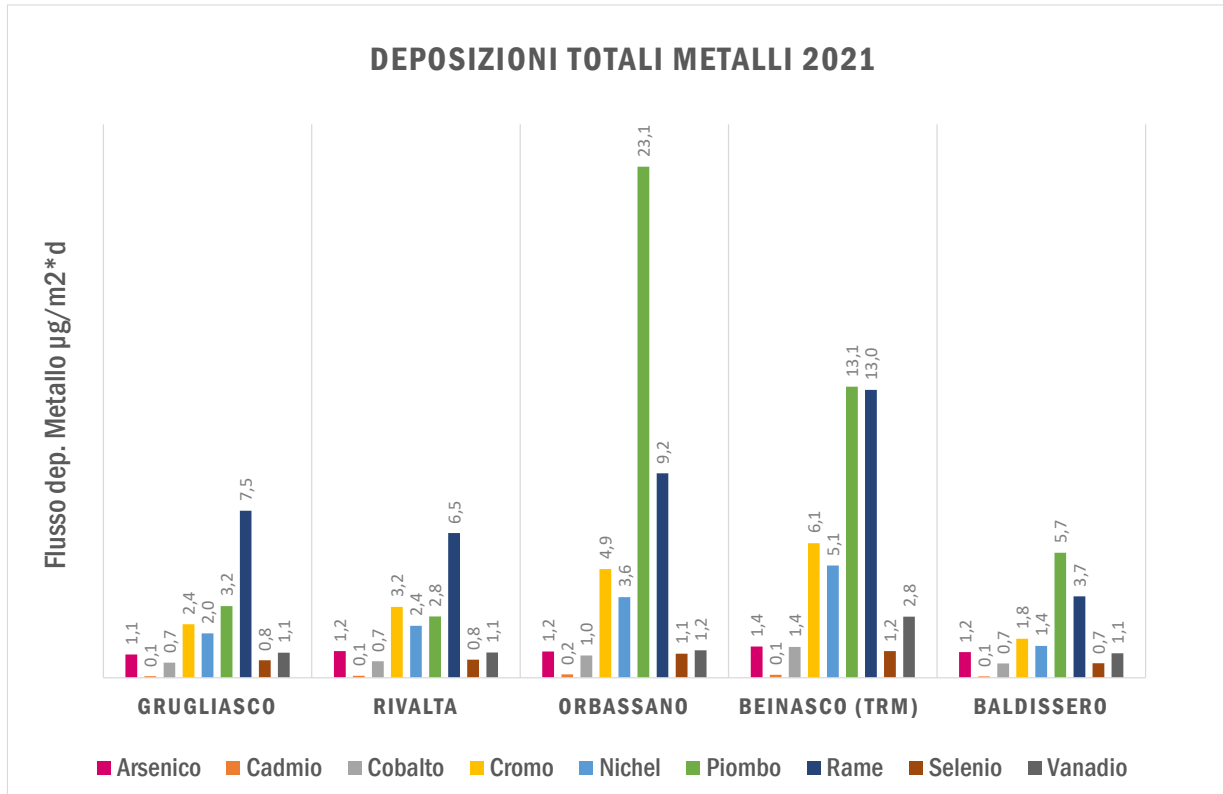
In Tabella 34 e in

Tabella 35 sono stati riportati i dati delle deposizioni atmosferiche totali rilevati in diversi Paesi europei, (Rapporti ISTISAN 06/43) e le deposizioni di Ni, Cd, Pb in alcune aree urbane e rurali francesi. Nella Figura 38 sono riportati i valori medi annuali nelle deposizioni di arsenico, cadmio, nichel e piombo - ovvero i metalli considerati più pericolosi per l'uomo per i quali la normativa prevede un valore limite annuale come concentrazione sul PM10. A titolo puramente esemplificativo nel grafico è stata aggiunta l'indicazione dei massimi per nichel e piombo riscontrati nelle aree rurali francesi come da

Tabella 35. Tali valori vengono superati solo in alcune stazioni della nostra rete provinciale, mentre non vengono mai raggiunti i valori massimi riscontrati nelle aree urbane francesi, tipologia maggiormente assimilabile ai siti della rete provinciale di Torino. I valori di metalli riscontrati nelle deposizioni atmosferiche nei vari siti di misura sono, inoltre, notevolmente inferiori rispetto a quelli riportati in Tabella 34.



**Figura 36 – Metalli nelle deposizioni: confronto periodo 2013-2020 e anno 2021 per la stazione di Beinasco Aldo Mei**



**Figura 37 - Flusso deposizioni totali metalli nel 2021 per le stazioni della Città Metropolitana di Torino**

**Tabella 34 Deposizioni atmosferiche totali (prelievo bulk) degli inquinanti per tipologie di aree (Tabella 27-Rapporti ISTISAN 06/43)**

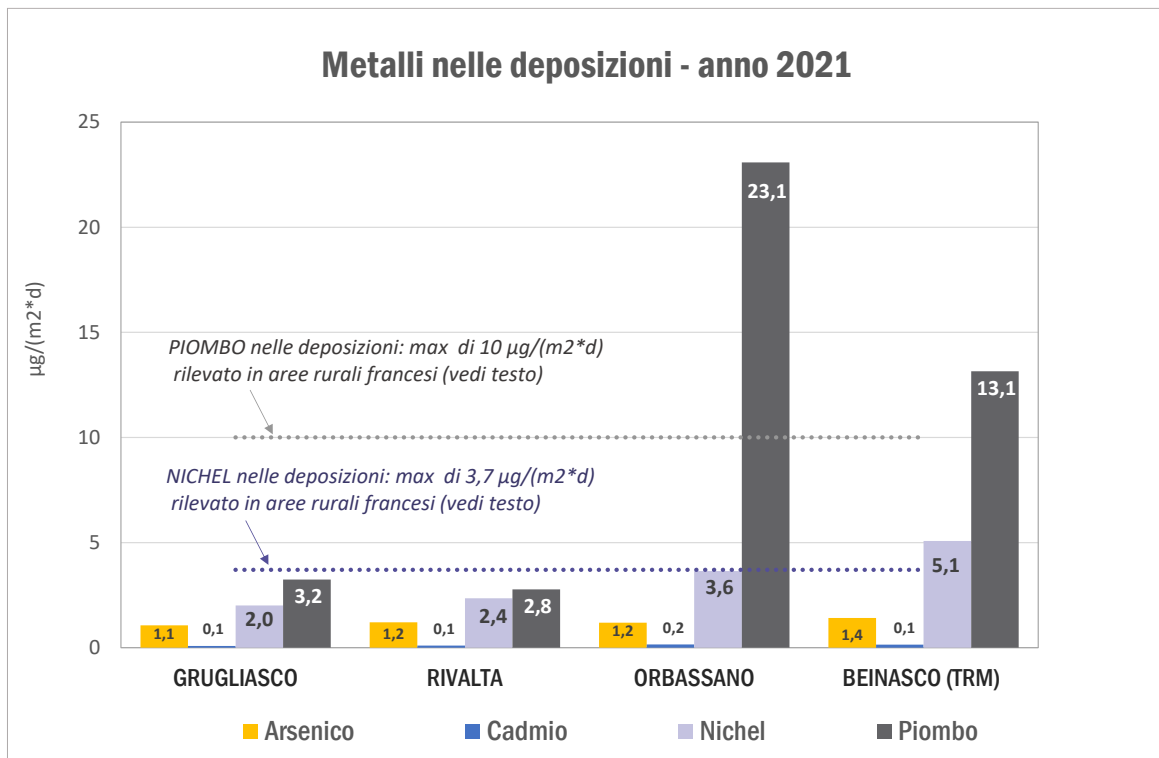
| Inquinante $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ | Aree rurali | Aree urbane | Aree industriali |
|---|-------------|-------------|------------------|
| Arsenico                                      | 82-430      | 220-3400    | 2000-4300        |
| Cadmio  | 11-140      | 160-900     | 120-4600         |
| Nichel  | 30-4300     | 5000-11000  | 2300-22000       |

**Tabella 35 Deposizioni di Nichel, Cadmio e Piombo rilevate nelle deposizioni in aree rurali e urbane francesi (Air Pays de la Loire 2009)**

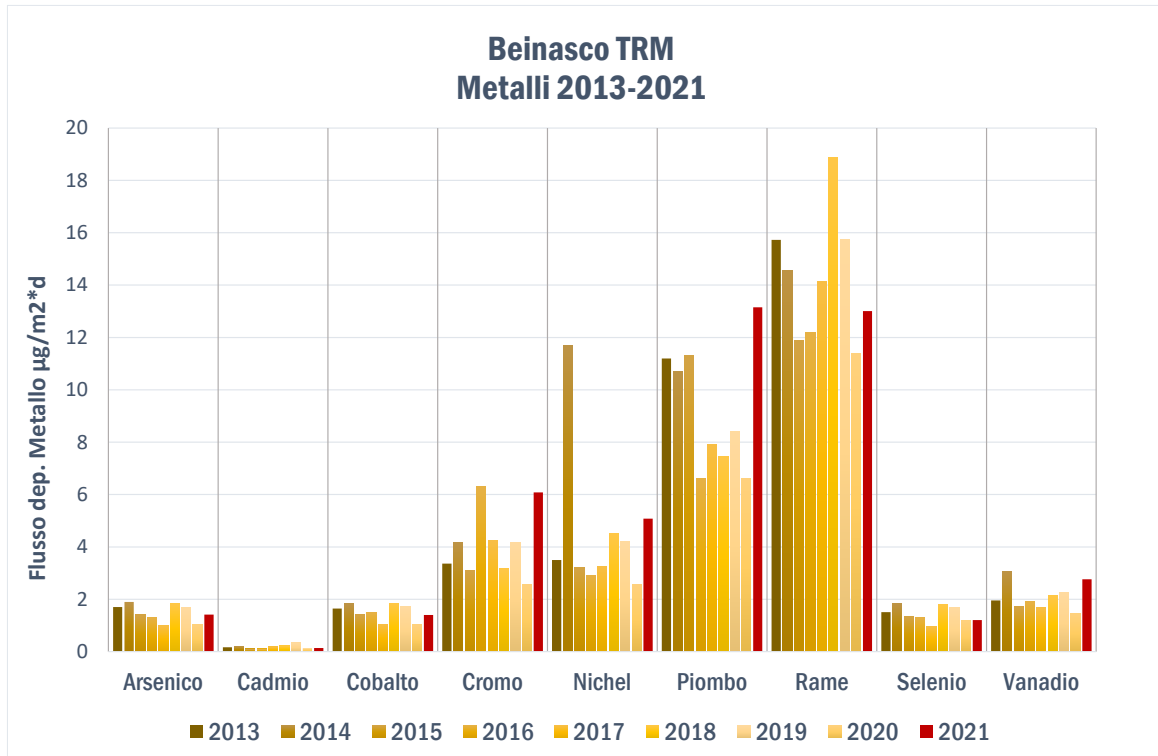
| Inquinante $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ | aree rurali   | aree urbane     |
|---|---------------|-----------------|
| Nichel  | 1,6-3,7       | 1,0-22,9        |
| Cadmio  | 0,2-0,9       | 0,3-3,0         |
| <b>Piombo</b>                                 | <b>3,3-10</b> | <b>30,4-106</b> |

Nei grafici di Figura 39, Figura 40,

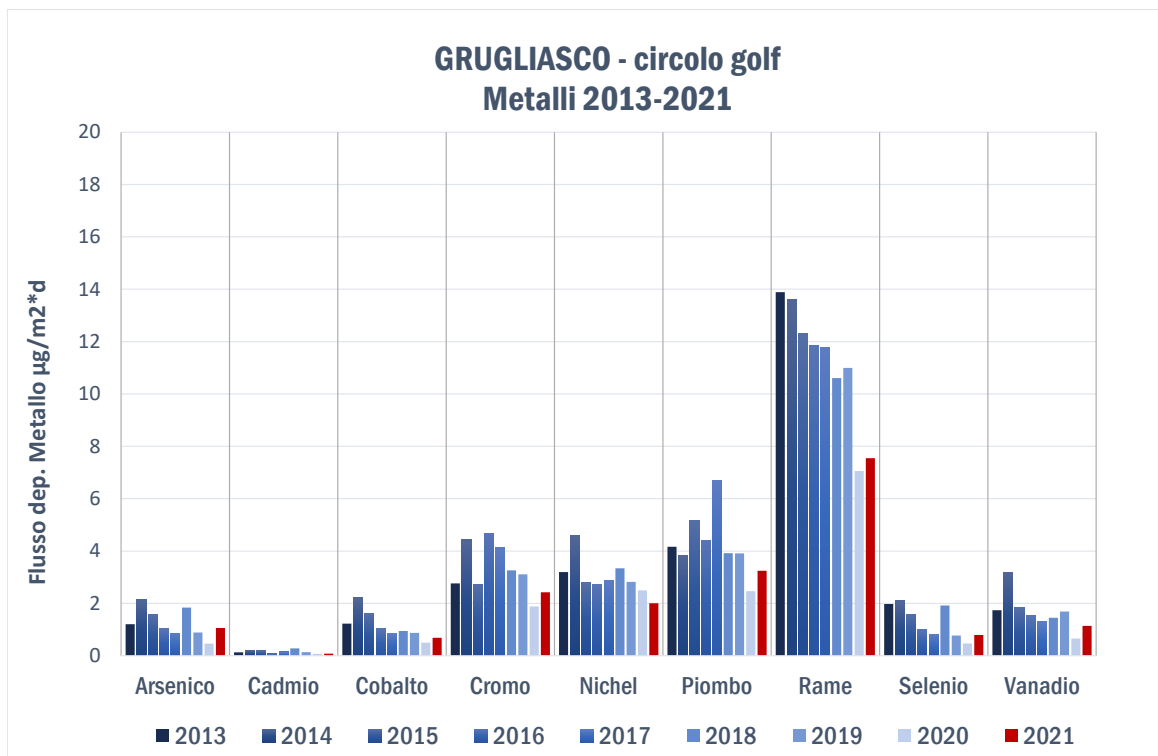
Figura 41 e Figura 42 sono riportati gli andamenti dei metalli analizzati complessivamente nel periodo 2013-2021 in tutti i siti di monitoraggio. Dai grafici è possibile evidenziare un aumento dei valori medi annui di quasi tutti i metalli misurati rispetto al 2020, i cui dati presentavano tuttavia una bassa rappresentatività dei campionamenti svolti, a causa delle restrizioni imposte dall'emergenza pandemica Covid-19. I flussi di concentrazione nelle deposizioni risultano comunque in linea, se non inferiori, ai valori annuali antecedenti il 2020.



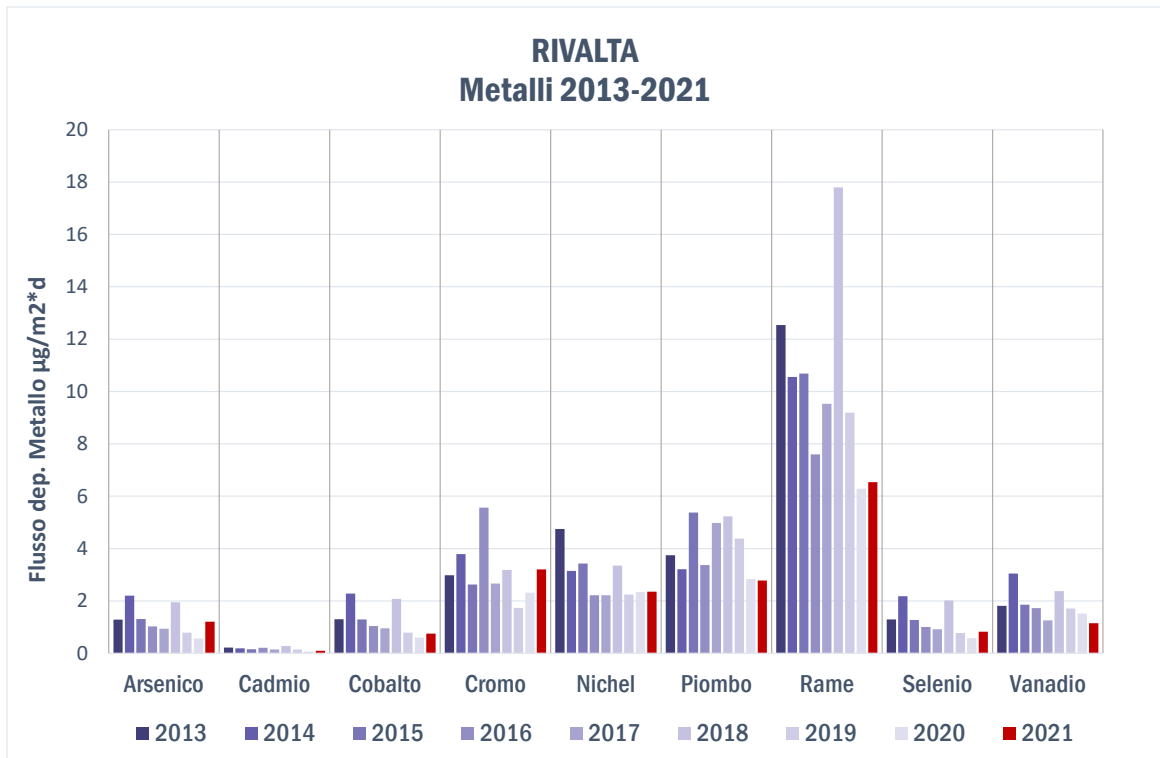
**Figura 38 – Metalli nelle deposizioni atmosferiche, anno 2021**



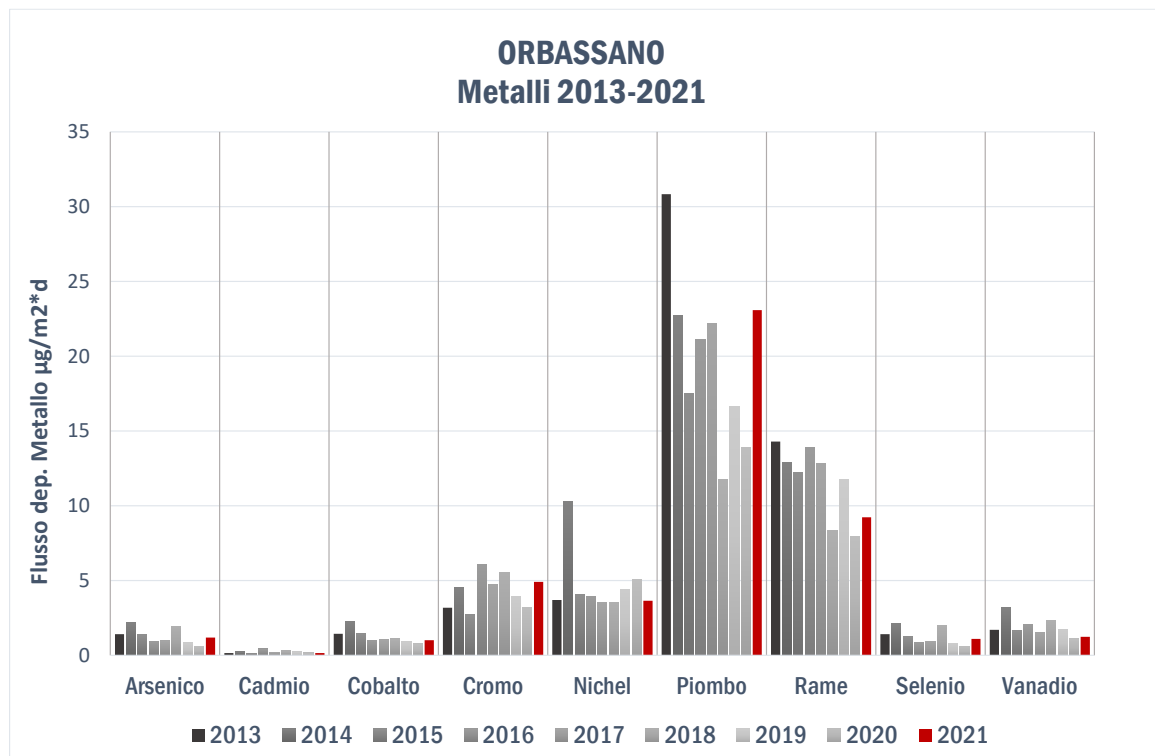
**Figura 39 - Deposizioni metalli 2013-2021 nel sito di Beinasco Aldo Mei**



**Figura 40 - Deposizioni metalli 2013-2021 nel sito di Grugliasco – circolo golf**



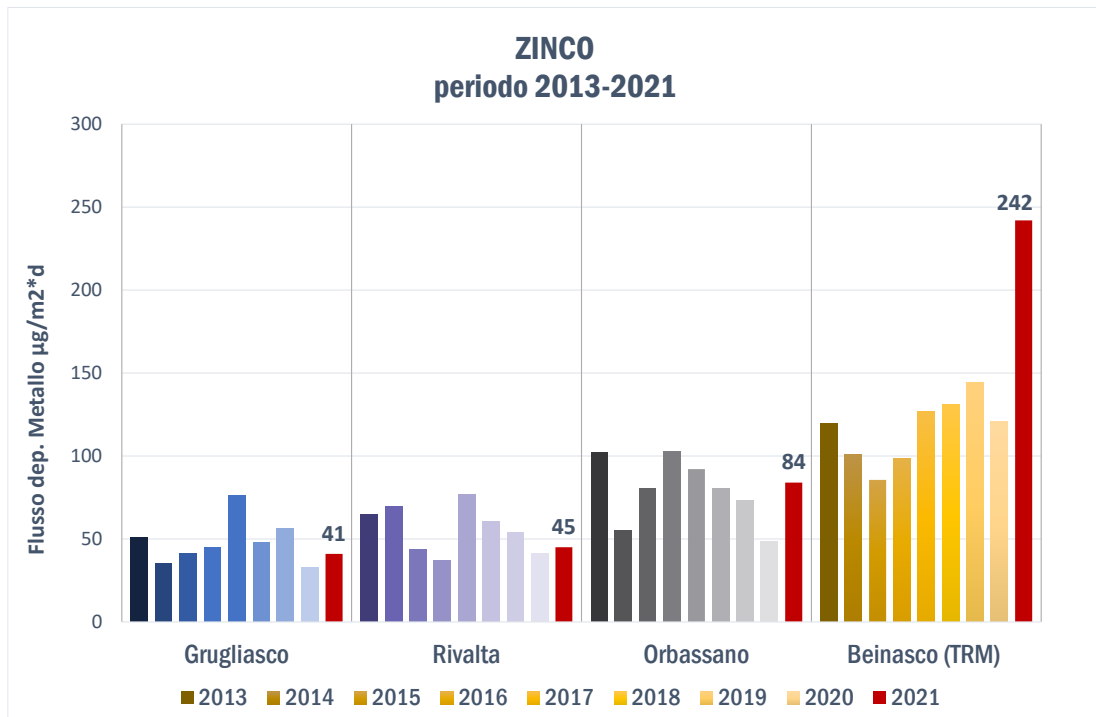
**Figura 41 - Deposizioni metalli 2013-2021 nel sito di Rivalta – campo pozzi**



**Figura 42 - Deposizioni metalli 2013-2021 nel sito di Orbassano – San Luigi**

I flussi di zinco nelle deposizioni atmosferiche vengono rappresentati in un'elaborazione a parte (Figura 43) per facilitare la visualizzazione grafica degli altri parametri, essendo i valori di zinco

nelle deposizioni normalmente molto più elevati di tutti gli altri metalli. Nel 2021 in particolare, lo zinco ha registrato il valore più alto di tutta la serie storica 2013-2021.



**Figura 43 - Deposizioni zinco nel periodo 2013-2021 nei siti della Città Metropolitana di Torino**

Tra i metalli analizzati nelle deposizioni atmosferiche totali, ARPA effettua il controllo anche sul Mercurio. Si tratta di un metallo presente naturalmente nell'ambiente, come risultato della naturale rottura dei minerali in rocce e del terreno attraverso esposizione a vento e ad acqua.

Tuttavia, le attività umane sono la principale causa del mercurio rilasciato nell'aria, attraverso il combustibile fossile, l'estrazione mineraria, la fusione e la combustione dei rifiuti solidi.

Le norme tecniche che vengono seguite per il campionamento e l'analisi sono: la BS EN 15853 2010 "Ambient air quality. Standard method for the determination of mercury deposition" e la UNI EN ISO 17852:2008, la quale specifica un metodo per la determinazione del mercurio in acqua potabile, superficiale, sotterranea e di pioggia, utilizzando la spettrometria di fluorescenza atomica.

Attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite al mercurio nelle deposizioni. Per termine di confronto in Tabella 36 sono riassunti i valori annuali di mercurio e di altri metalli nelle deposizioni ottenuti da una campagna di monitoraggio svolta da Arpa Toscana in 3 siti della provincia di Arezzo negli anni 2011-2013<sup>20</sup> e da uno studio svolto nella laguna di Venezia nel 2008.

Nel grafico di Figura 44 è stato riportato l'andamento delle concentrazioni medie annue di mercurio nelle deposizioni totali misurate nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2013 al 2021. Al grafico sono state aggiunte due linee che rappresentano i valori medi annui (espressi in ng/(m<sup>2</sup>\*d)) del monitoraggio svolto da Arpa Toscana e da quello della laguna di Venezia sulle deposizioni totali cui si fa riferimento nel paragrafo precedente. Come si può osservare dal grafico, il valore medio annuo di mercurio a Beinasco Aldo Mei è paragonabile a quello trovato nella laguna di Venezia e, con l'eccezione del 2016, decisamente inferiore ai valori dei siti di monitoraggio toscani. Si fa notare, per chiarezza espositiva, che la Tabella 36 e il grafico di Figura 44 presentano unità di misura differenti.

<sup>20</sup> ARPAT: "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013"

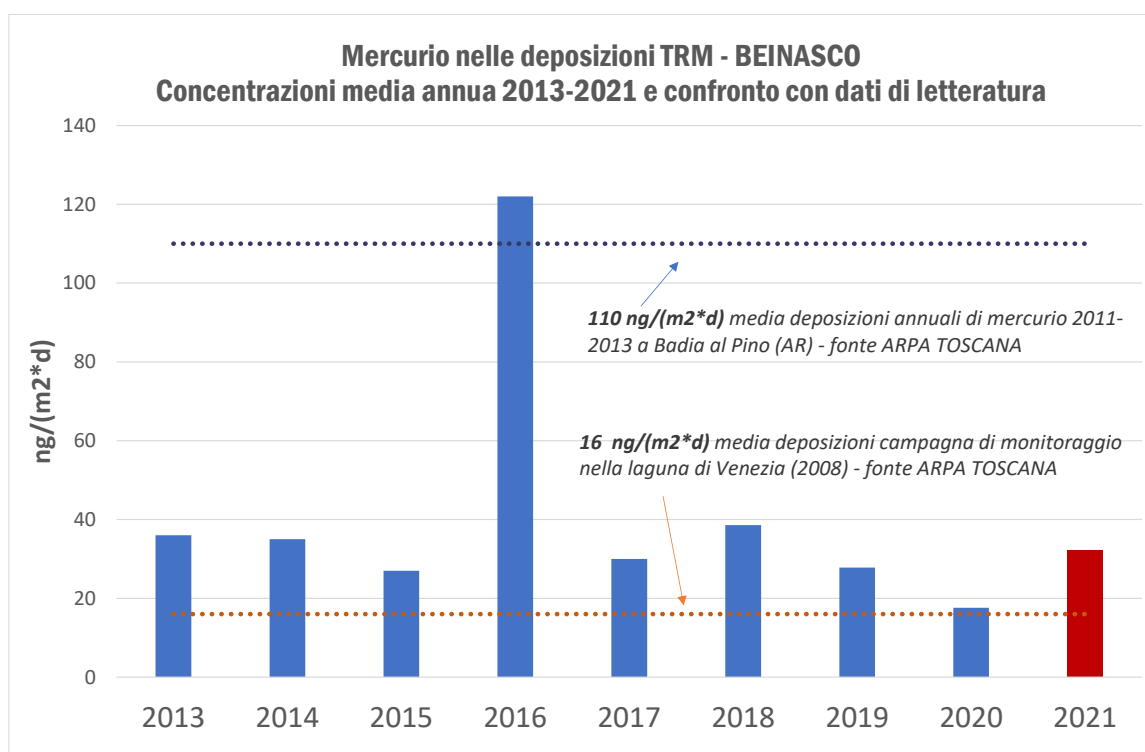
**Tabella 36 - dati comparativi ratei medi di deposizione annuali ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ ) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Caviglia (Tabella 8.3.2)**

| $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ | Castelluccio*                                    | Badia al Pino* | Parco Caviglia* | Laguna di Venezia* | Beinasco TRM |
|-----------------------------------|--|----------------|-----------------|--------------------|--------------|
|                                   | <i>medie delle deposizioni annuali 2011-2013</i> |                |                 | 2008               | 2021         |
| Arsenico                          | 207  | 153            | 100             | 290                | 516          |
| Cadmio                            | 364  | 55             | 17              | 672                | 51           |
| Cromo                             | 807  | 979            | 257             | 536                | 2221         |
| Rame                              | 6685   | 5316           | 570             | 5818               | 4747         |
| <b>Mercurio</b>                   | <b>40</b>  | <b>40</b>      | --              | <b>6</b>           | <b>12</b>    |
| Nichel                            | 916  | 821            | 190             | 1633               | 1853         |
| Piombo                            | 1367   | 1945           | 157             | 11392              | 4799         |
| Vanadio                           | 757  | 499            | 281             | 1109               | 1008         |
| Zinco                             | 31516  | 29735          | 7933            | 11864              | 88420        |

\*Fonte Arpat Provincia Di Arezzo - campagne di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013

Nella Tabella 37, infine, sono esposti i flussi mensili di mercurio nelle deposizioni atmosferiche calcolati per la stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2013 al 2021. In questo caso è possibile confrontare i dati TRM con i risultati di un programma di ricerca svolto tra il 2000 e il 2001 dall'Istituto Superiore di Sanità e l'Azienda Sanitaria Locale di Mantova, il cui obiettivo era la localizzazione delle aree maggiormente a rischio di microinquinanti organici, e la valutazione dei possibili livelli delle loro concentrazioni nell'aria e nelle deposizioni al suolo. Lo studio - i cui risultati sono riportati in Tabella 38, ha previsto la determinazione delle concentrazioni di mercurio totale nelle deposizioni in due campagne di misura di durata circa mensile, dal 15 ottobre 2000 al 8 novembre 2000 e dal 2 febbraio al 5 aprile 2001.

Come si osserva dal confronto con i dati delle tabelle citate, i valori medi mensili calcolati per il sito di Beinasco sono in genere di uno o due ordini di grandezza inferiori a quelli dello studio svolto dall'Istituto Superiore di Sanità sul territorio mantovano.



**Figura 44 - Andamento concentrazione Mercurio TRM**

Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest-

Rapporto di sintesi sui dati prodotti dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di proprietà di TRM S.p.A. ubicata nel Comune di Beinasco - Anno 2021

**Tabella 37 - Dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013-2021**

| Beinasco Aldo Mei - Mercurio ng/m2*d |      |      |      |      |      |      |      |      |           |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| MESI                                 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021      |
| Gennaio                              | 7    | 47   | 20   | 13   | 18   | 63   | 2    | 4    | <b>6</b>  |
| Febbraio                             | 22   | 99   | 7    | 15   | 27   | 23   | 12   | 6    | <b>3</b>  |
| Marzo                                | 39   | 22   | 26   | 57   | 17   | 38   | 23   | 6    | <b>1</b>  |
| Aprile                               | 78   | 22   | 20   | 50   | 23   | 49   | 38   | 6    | <b>33</b> |
| Maggio                               | 78   | 22   | 69   | 37   | 28   | 79   | 19   | 57   | <b>62</b> |
| Giugno                               | 8    | 38   | 55   | 21   | 37   | 69   | 16   | 34   | <b>88</b> |
| Luglio                               | 58   | 26   | 21   | 53   | 48   | 51   | 29   | 14   | <b>67</b> |
| Agosto                               | 50   | 26   | 29   | 35   | n.d. | 18   | 43   | 24   | <b>18</b> |
| Settembre                            | 10   | 30   | 27   | 22   | n.d. | 26   | 46   | 29   | <b>21</b> |
| Ottobre                              | 25   | 22   | 18   | 794  | n.d. | 23   | 28   | 15   | <b>16</b> |
| Novembre                             | 37   | 56   | 0    | 333  | n.d. | 33   | 59   | 6    | <b>57</b> |
| Dicembre                             | 20   | 24   | 22   | 23   | 63   | 2    | 19   | 10   | <b>7</b>  |

**Tabella 38 - Concentrazione media di metalli espressa in ng/(m2d) nelle deposizioni atmosferiche (Rapporti ISTISAN 06/43 Tabella 44)\***

| Sito            | Post 1ASL v. Trento        |               | Post 2Sede CGIL        |               | Post.3v.le Ariosto |               | Post. 4 Forte Frassinò      |               |
|-----------------|----------------------------|---------------|------------------------|---------------|--------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
|                 | 15/10/00-6/11/00           | 2/2/01-5/4/01 | 15/10/00-4/11/00       | 2/2/01-5/4/01 | 15/10/00-6/11/00   | 2/2/01-5/4/01 | 15/10/00-6/11/00            | 2/2/01-5/4/01 |
| 1°/ 2° campagna |                            |               |                        |               |                    |               |                             |               |
| Hg solubile     | 530                        | 330           | 630                    | 380           | 470                | 230           | 530                         | 420           |
| insolubile      | 50                         | 20            | 40                     | 20            | 10                 | 1             | 10                          | 0.1           |
| <b>totale</b>   | <b>580</b>                 | <b>350</b>    | <b>670</b>             | <b>400</b>    | <b>480</b>         | <b>240</b>    | <b>540</b>                  | <b>420</b>    |
| Sito            | Post.5 Parrocchia Frassinò |               | Post. 6 ASI Virgiliana |               | Post. 7 Foresteria |               | Burgo Post. 8 Bosco Fontana |               |
|                 | 15/10/00-6/11/00           | 2/2/01-5/4/01 | 15/10/00-4/11/00       | 2/2/01-5/4/01 | 15/10/00-6/11/00   | 2/2/01-5/4/01 | 15/10/00-8/11/00            | 2/2/01-5/4/01 |
| 1°/ 2° campagna |                            |               |                        |               |                    |               |                             |               |
| Hg solubile     | 530                        | 340           | 570                    | 320           | 500                | 350           | 450                         | 400           |
| insolubile      | 20                         | 20            | 30                     | 0.1           | 10                 | 10            | 10                          | 10            |
| <b>Totale</b>   | <b>550</b>                 | <b>360</b>    | <b>600</b>             | <b>320</b>    | <b>510</b>         | <b>360</b>    | <b>460</b>                  | <b>410</b>    |

\*nella somma dei dati relativi alla frazione solubile, i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati, cautelativamente, al 50% come valore da sommare al dato della frazione insolubile

### 3.4 Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili

Relativamente alle caratteristiche chimico-fisiche di questi composti si rimanda al relativo paragrafo nel capitolo “Esame dei dati relativi alla qualità dell’aria ambiente”.

Anche per quanto riguarda le deposizioni, per questi inquinanti non sono fissati limiti di riferimento nella normativa attuale.

Per poter valutare l’entità dei valori riscontrati si può fare riferimento ai valori guida che alcuni stati hanno proposto per le deposizioni a partire dai valori di “dose tollerabile per l’organismo umano” (TDI - *Tolerable daily intake*: quantità cumulativa di PCDD/DF e PCB “diossina-simili” che può essere giornalmente assunta, per la durata di vita media, senza che si abbiano effetti tossici apprezzabili) stabiliti dall’Unione Europea e dall’Organizzazione Mondiale della Sanità.

Nel 2001 il Comitato Scientifico dell’Alimentazione Umana (SCF — Scientific Committee on Food) dell’Unione Europea ha definito come obiettivo la riduzione del livello di intake umano al di sotto di 14 picogrammi (pg) di equivalente tossico (WHO-TEQ) per chilogrammo di peso corporeo (14 pg WHO-TEQ/kg pc) alla settimana per la sommatoria di PCDD/DF e per i PCB diossina-simili.

Per rispettare i citati valori di assunzione giornaliera, il Belgio, paese in cui la Commissione per la valutazione dei regolamenti ambientali (CEM) ha proposto un valore di *Tolerable daily intake* pari a 3 pg I-TEQ kg<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> per PCDD/PCDF, ha individuato per le deposizioni di diossine i valori guida indicati nella tabella sottostante.

A partire dal valore di intake settimanale di 14 pg WHO-TEQ/kg pc per la sommatoria PCDD/DF+PCB dl, alcuni stati hanno effettuato valutazioni che hanno messo in relazione la dose giornaliera tollerabile (TDI) pari a 2 pg WHO-TEQ/kg di peso corporeo rispetto a valori di deposizione media mensile e/o annuale espressi in pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>d.

**Tabella 39 - Proposta di valori guida per le deposizioni di diossina**

| <b>Assunzione giornaliera correlata (TDI)</b>   | <b>Deposizione media annua concessa PCDD/DF</b>         | <b>Deposizione media mensile concessa PCDD/DF</b>         |
|---|---|---|
| pg I-TEQ kg pc  | pg I-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>                | pg I-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>                  |
| 4   | 14  | 27  |
| 3   | 10  | 20  |
| 1   | 3,4   | 6,8   |
| L. Van Lieshout et al Deposition of dioxin in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. <i>Atm. Env.</i> 35 suppl. n. 1 2001 S83-S90 |   |   |
| <b>Assunzione giornaliera correlata (TDI)</b>   | <b>Deposizione media annua concessa PCDD/DF + PCBdl</b> | <b>Deposizione media mensile concessa PCDD/DF + PCBdl</b> |
| pg WHO-TEQ kg pc  | pg WHO-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>              | pg WHO-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>                |
| 2   | 8,2   | 21  |
| Cornelis at all (2007)  |   |   |

In letteratura, l’Istituto Superiore di Sanità (presentazione di Gaetano Settimo del 06/02/2014 presso il Ministero della Salute nell’ambito di “Salute e Rifiuti: ricerca, sanità pubblica e comunicazione” e del 05/06/2014 nell’ambito di un seminario sullo stato dell’arte delle Depositioni Atmosferiche) cita anche altre valutazioni realizzate ad esempio dal German Expert Group - LAI in

Germania che ha definito per le deposizioni un valore di linea guida per la sommatoria di PCDD/DF e PCB dioxin like pari a  $4 \text{ pg WHO-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  come media di lungo periodo.

La Francia ha definito nei piani di sorveglianza della qualità dell'aria in aree con presenza di impianti di incenerimento (Environmental Surveillance of Incinerators 2006-2009) due soglie tipiche:

- $< 5 \text{ pg I-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  valori che possono essere considerati di fondo urbano/industriale;
- $> 16 \text{ pg I-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  valori che possono essere considerati come contributo antropico di una fonte di emissione che va indagata con ulteriori campionamenti studiando il profilo dei congeneri per valutare la sorgente.

In considerazione della molteplicità di riferimenti sopra elencati, per poter valutare le concentrazioni riscontrate nel sito di monitoraggio, si prendono a riferimento:

1. Deposizione media annua di PCDD/DF:  $14 \text{ pg I-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a  $4 \text{ pg I-TEQ kg}^{-1}$  di peso corporeo;
2. Deposizione media mensile di PCDD/DF:  $27 \text{ pg I-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a  $4 \text{ pg I-TEQ kg}^{-1}$  di peso corporeo;
3. Deposizione media annua per la sommatoria di PCDD/DF + PCB dl:  $8,2 \text{ pg WHO-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a  $2 \text{ pg WHO-TEQ kg}^{-1}$  di peso corporeo;
4. Deposizione media mensile per la sommatoria di PCDD/DF + PCB dl:  $21 \text{ pg WHO-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a  $2 \text{ pg WHO-TEQ kg}^{-1}$  di peso corporeo.

Non esistono invece linee guida di riferimento per la sommatoria dei PCB Totali.

### **Campionamento**

L'atmosfera costituisce un importante veicolo di trasporto di sostanze naturali ed immissioni inquinanti a breve ed a lunga distanza con ricadute sulle varie matrici ambientali.

Il monitoraggio dei microinquinanti nelle deposizioni atmosferiche viene realizzato con apposita strumentazione per la raccolta delle deposizioni totali (secche e umide) i cui dettagli sono riportati nelle relazioni prodotte negli anni precedenti.

Il campionamento è di tipo passivo e viene effettuato secondo la procedura interna Arpa U.RP.T117 "Campionamento della deposizione atmosferica totale per la determinazione di PCDD/DF e PCB".

### **Determinazione analitica ed espressione dei risultati**

Analogamente a quanto avviene per i campioni di aria ambiente, anche per le deposizioni la determinazione analitica di PCDD/DF e PCB viene eseguita rispettivamente secondo i metodi EPA 1613B:1994 e EPA 1668C:2010, prove accreditate dall'Ente ACCREDIA, in conformità con quanto prescritto dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Anche nel caso delle deposizioni atmosferiche si utilizzano i fattori di tossicità equivalente per l'espressione del risultato come somma di congeneri.

Il risultato della determinazione è espresso in:

- per PCDD/DF:  $\text{pg I-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- per PCB:  $\text{ng m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- per PCB dioxin-like:  $\text{ng WHO-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- per PCDD/DF + PCB dioxin-like:  $\text{pg WHO-TEQ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$

Si ricorda che nell'espressione della sommatoria dei congeneri di PCDD/PCDF e PCB dioxin-like viene applicato il criterio del "middle bound", secondo cui, nel caso di congeneri non rilevabili, si suppone che gli stessi contribuiscano alla sommatoria per la metà dei rispettivi limiti di rilevabilità.

### Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate nelle deposizioni atmosferiche

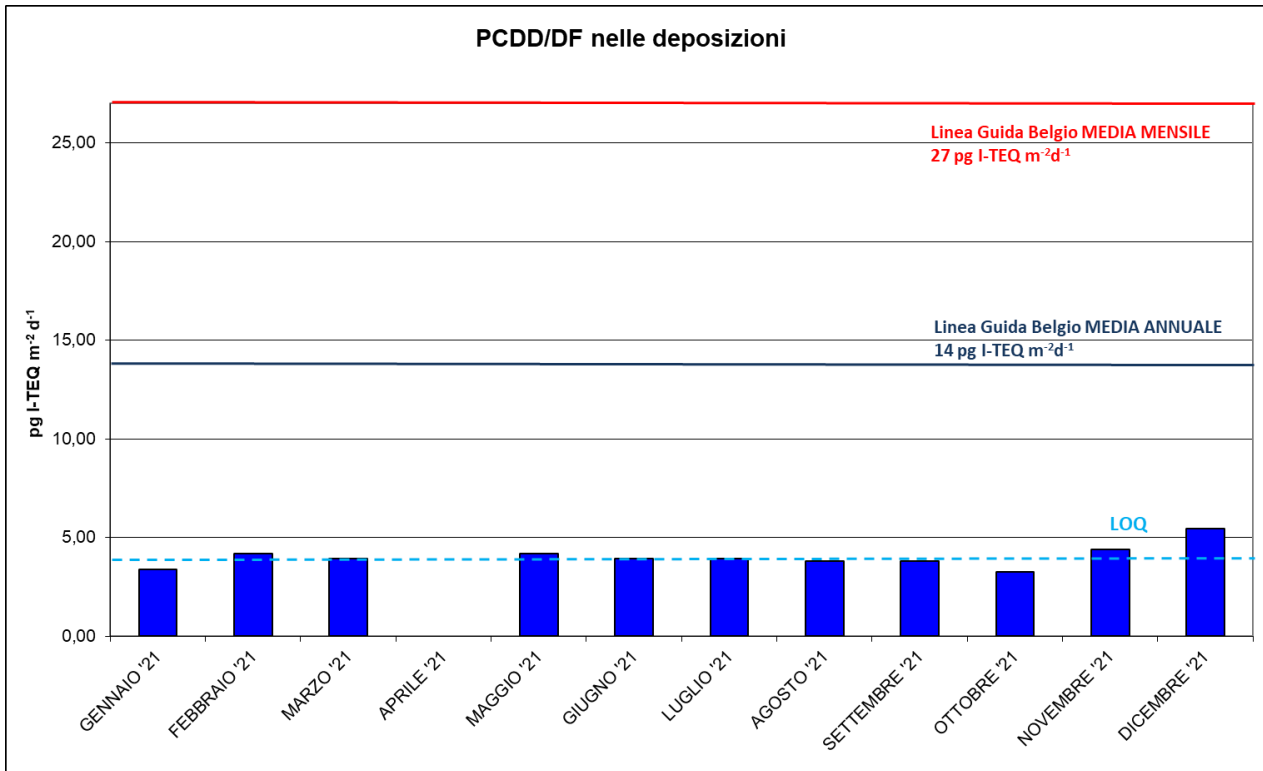
Nella tabella e nei grafici che seguono sono riportati gli esiti delle determinazioni analitiche relative a PCDD/DF e PCB realizzate nelle deposizioni atmosferiche prelevate sia nel corso dell'ultimo anno (2021) che nell'anno precedente (2020). I dati completi del monitoraggio, iniziato a ottobre 2012, sono disponibili nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

**Tabella 40 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni atmosferiche**

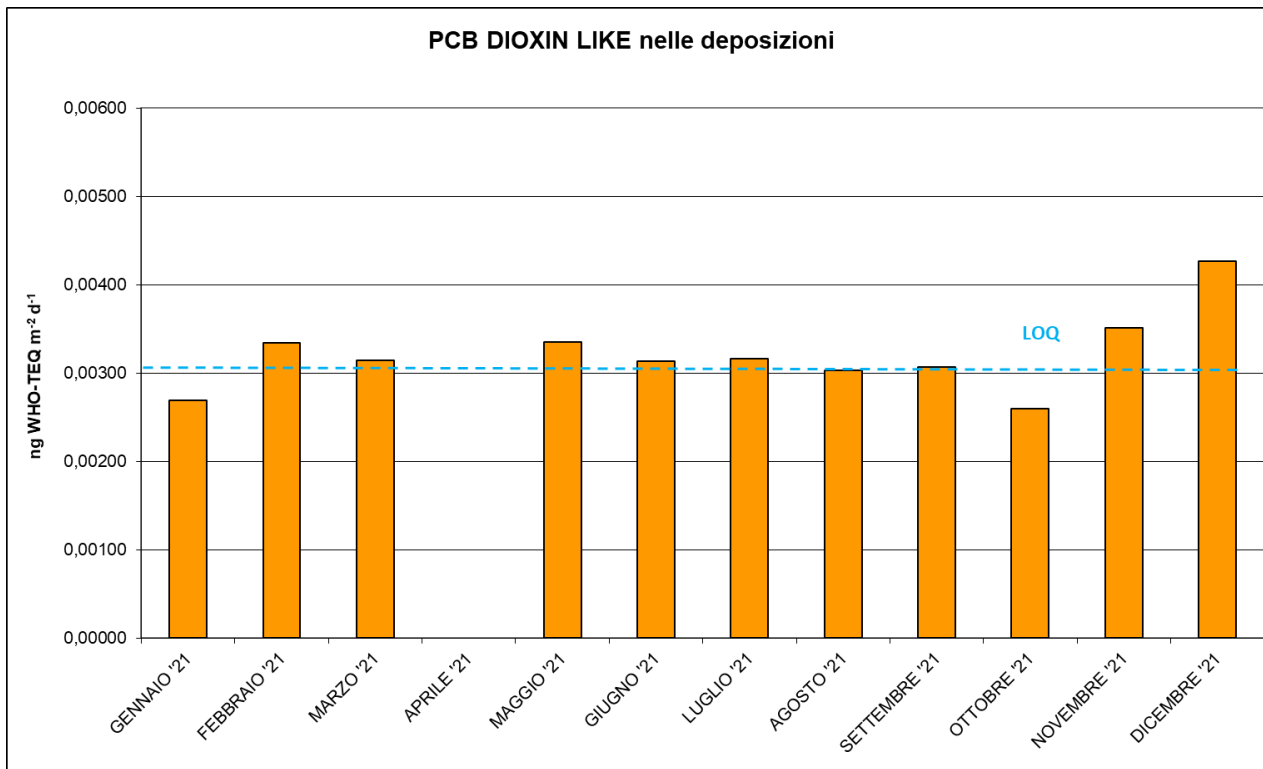
|                      | PCDD/DF                                  | PCB<br>Dioxin Like                            | PCB<br>Totale Famiglie             | PCDD/DF+PCB<br>DL                             |
|----------------------|--|---|------------------------------------|---|
| Unità di misura      | pg I-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> | ng WHO-TEQ m <sup>-2</sup><br>d <sup>-1</sup> | ng m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> | pg WHO-TEQ<br>m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> |
| <b>GENNAIO '20</b>   | 4,22                                     | 0,00079                                       | 10,4                               | 5,47  |
| <b>FEBBRAIO '20</b>  | 4,45                                     | 0,00080                                       | 6,88                               | 5,72  |
| <b>MARZO '20</b>     | 3,35                                     | 0,00037                                       | 7,10                               | 4,09  |
| <b>APRILE '20</b>    | 4,18                                     | 0,00080                                       | 11,04                              | 5,43  |
| <b>MAGGIO '20</b>    | nd*                                      | 0,00074                                       | 8,51                               | nd*   |
| <b>GIUGNO '20</b>    | 7,26                                     | 0,00082                                       | 13,3                               | 7,81  |
| <b>LUGLIO '20</b>    | 3,59                                     | 0,00216                                       | 19,7                               | 6,08  |
| <b>AGOSTO '20</b>    | 3,66                                     | 0,00292                                       | 9,45                               | 6,97  |
| <b>SETTEMBRE '20</b> | 3,80                                     | 0,00304                                       | 9,13                               | 7,25  |
| <b>OTTOBRE '20</b>   | 4,21                                     | 0,00335                                       | 8,98                               | 8,01  |
| <b>NOVEMBRE '20</b>  | nd*                                      | 0,00294                                       | 11,60                              | nd*   |
| <b>DICEMBRE '20</b>  | 4,64                                     | 0,00370                                       | 8,64                               | 8,84  |
| <b>GENNAIO '21</b>   | 3,37                                     | 0,00269                                       | 7,06                               | 6,43  |
| <b>FEBBRAIO '21</b>  | 4,18                                     | 0,00334                                       | 9,42                               | 7,97  |
| <b>MARZO '21</b>     | 3,92                                     | 0,00315                                       | 13,06                              | 7,50  |
| <b>APRILE '21</b>    | **                                       | **  | **                                 | **  |
| <b>MAGGIO '21</b>    | 4,19                                     | 0,00335                                       | 11,5                               | 8,00  |
| <b>GIUGNO '21</b>    | 3,91                                     | 0,00313                                       | 8,12                               | 7,47  |
| <b>LUGLIO '21</b>    | 3,91                                     | 0,00317                                       | 17,8                               | 7,50  |
| <b>AGOSTO '21</b>    | 3,78                                     | 0,00303                                       | 8,7                                | 7,23  |
| <b>SETTEMBRE '21</b> | 3,78                                     | 0,00307                                       | 27,3                               | 7,27  |
| <b>OTTOBRE '21</b>   | 3,24                                     | 0,00260                                       | 9,8                                | 6,19  |
| <b>NOVEMBRE '21</b>  | 4,39                                     | 0,00351                                       | 11,1                               | 8,38  |
| <b>DICEMBRE '21</b>  | 5,43                                     | 0,00427                                       | 19,1                               | 10,28   |

\* il parametro PCDD/DF per i mesi di maggio e novembre 2020 non è disponibile a causa di problemi tecnici

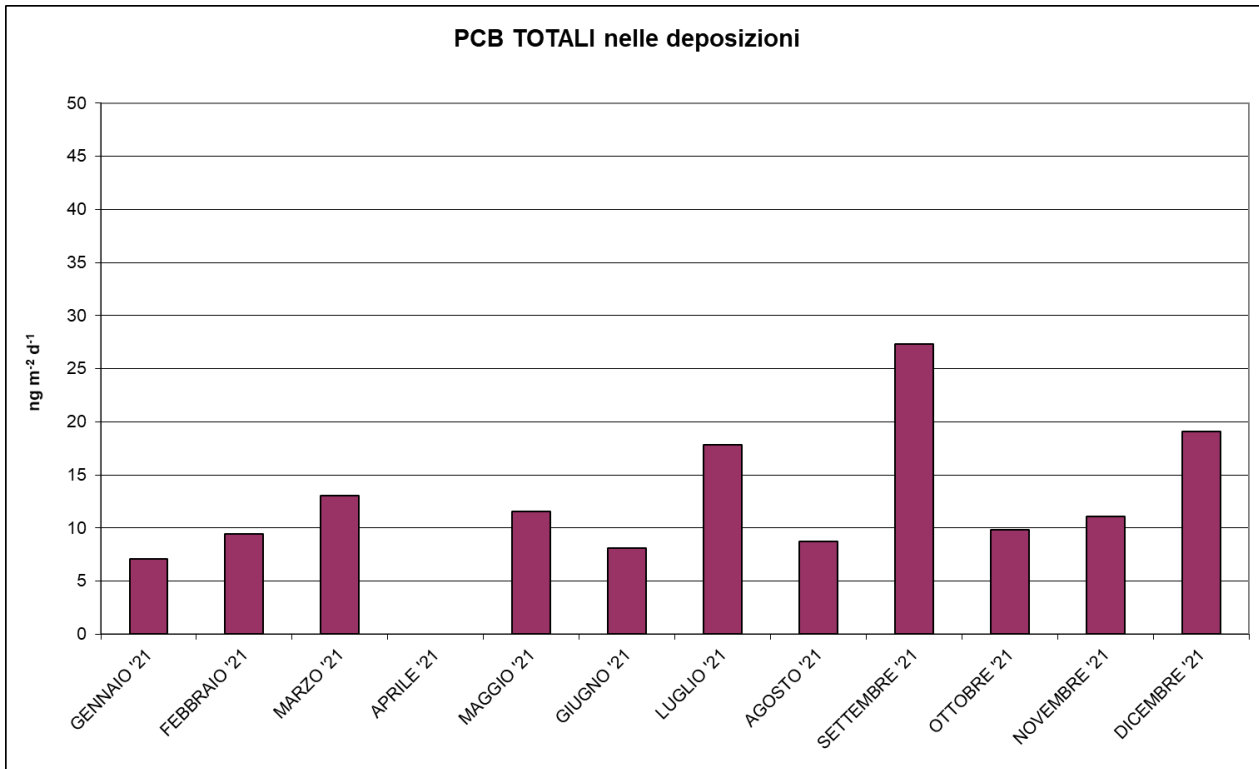
\*\* per il mese di aprile 2021 il campione non è stato prelevato a causa di problemi strumentali



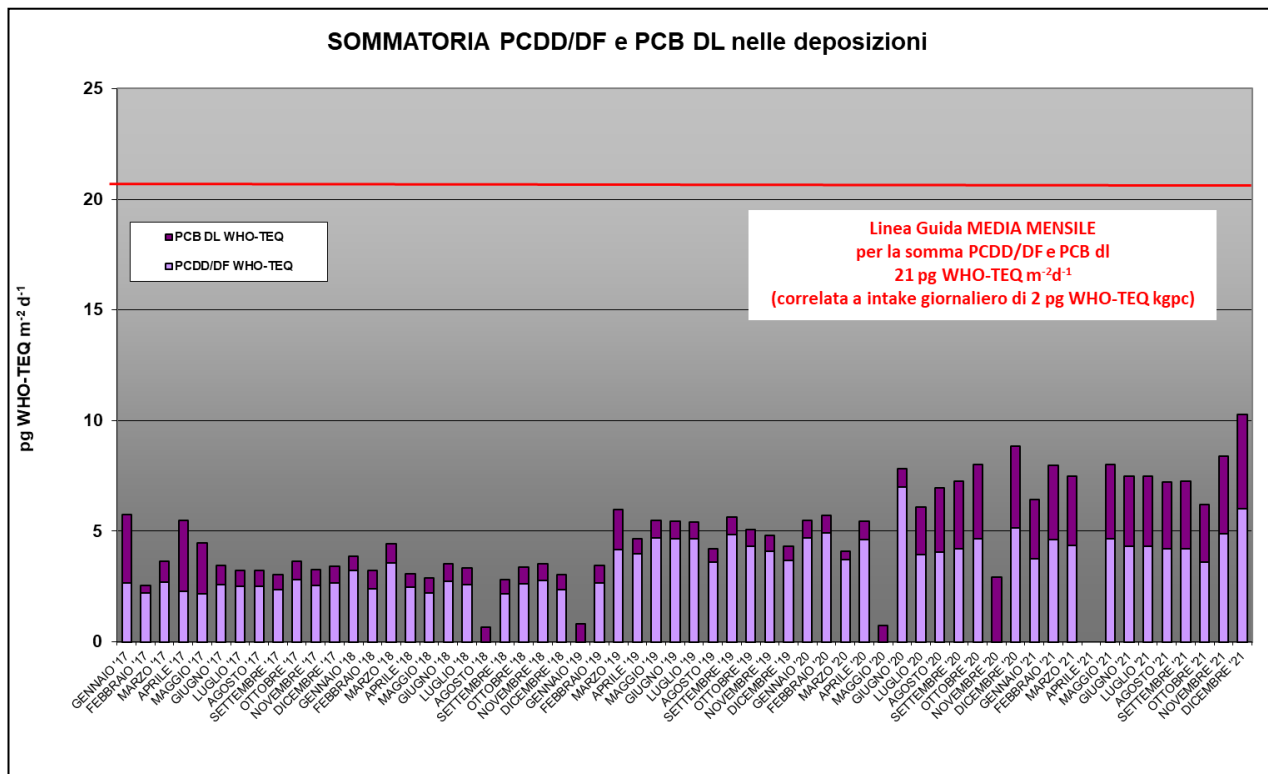
**Figura 45 - Concentrazioni di PCDD e PCDF nelle deposizioni mensili anno 2021**



**Figura 46 - Concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2021**



**Figura 47 - Concentrazione di PCB TOTALI nelle deposizioni mensili anno 2021**



**Figura 48 - Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni mensili dal 2017**

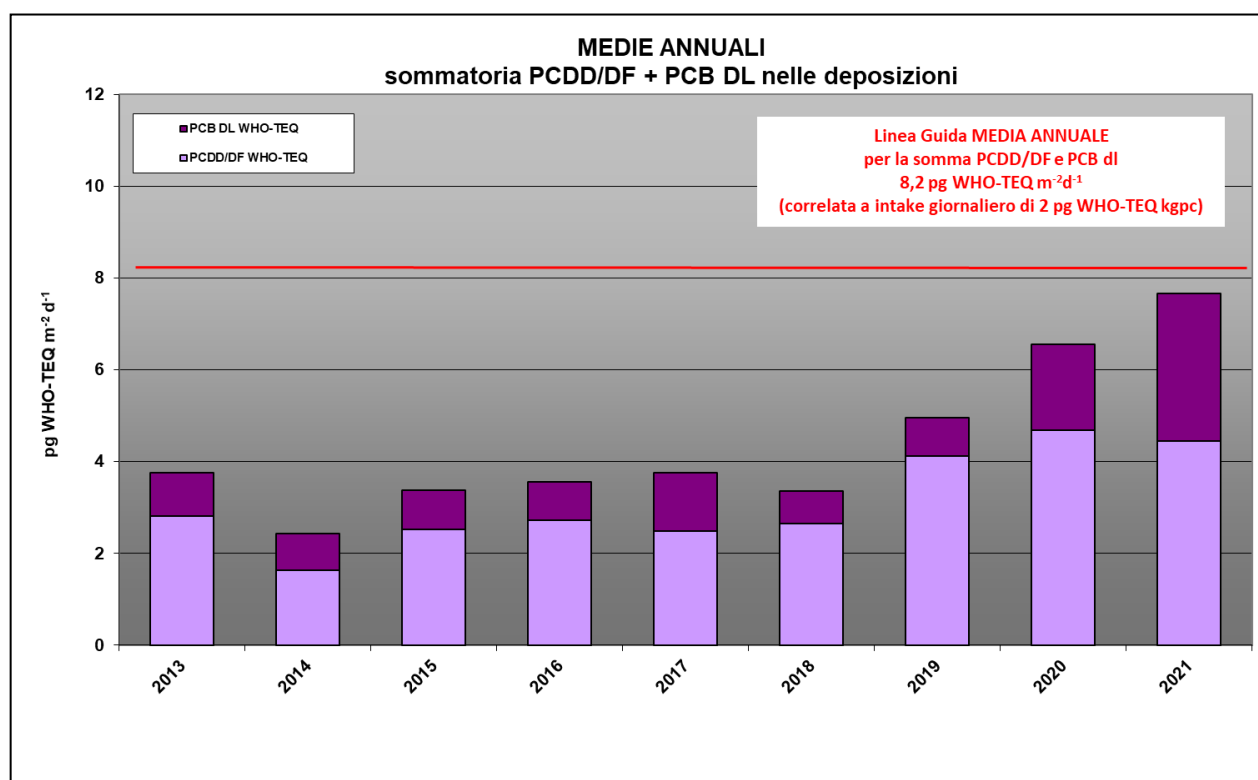
Anche nel caso delle deposizioni atmosferiche per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like, considerato l'elevato numero di dati ora a disposizione, è stato riportato un grafico limitato agli ultimi quattro anni di osservazione per consentire una migliore lettura dei dati rilevati. La serie completa relativa al monitoraggio dal 2012 è disponibile nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Come si evince dai grafici, tutti i valori mensili di deposizione si posizionano ampiamente al di sotto delle linee guida sia per PCDD/DF, che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like.

Avendo a disposizione una lunga serie di dati analitici relativi al monitoraggio, nella Tabella 41 si riportano le medie annuali dei parametri monitorati.

**Tabella 41 - Concentrazioni MEDIE ANNUALI di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni**

| MEDIA ANNO | PCDD/DF WHO-TEQ                            | PCB DL WHO-TEQ                             | PCDD/DF+PCB DL                             |
|------------|--|--|--|
|            | pg WHO-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> | pg WHO-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> | pg WHO-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> |
| 2013       | 2,81                                       | 0,94                                       | 3,75                                       |
| 2014       | 1,63                                       | 0,80                                       | 2,44                                       |
| 2015       | 2,52                                       | 0,86                                       | 3,37                                       |
| 2016       | 2,72                                       | 0,84                                       | 3,57                                       |
| 2017       | 2,49                                       | 1,27                                       | 3,77                                       |
| 2018       | 2,64                                       | 0,72                                       | 3,37                                       |
| 2019       | 4,13                                       | 0,83                                       | 4,96                                       |
| 2020       | 4,69                                       | 1,87                                       | 6,57                                       |
| 2021       | 4,45                                       | 3,21                                       | 7,66                                       |

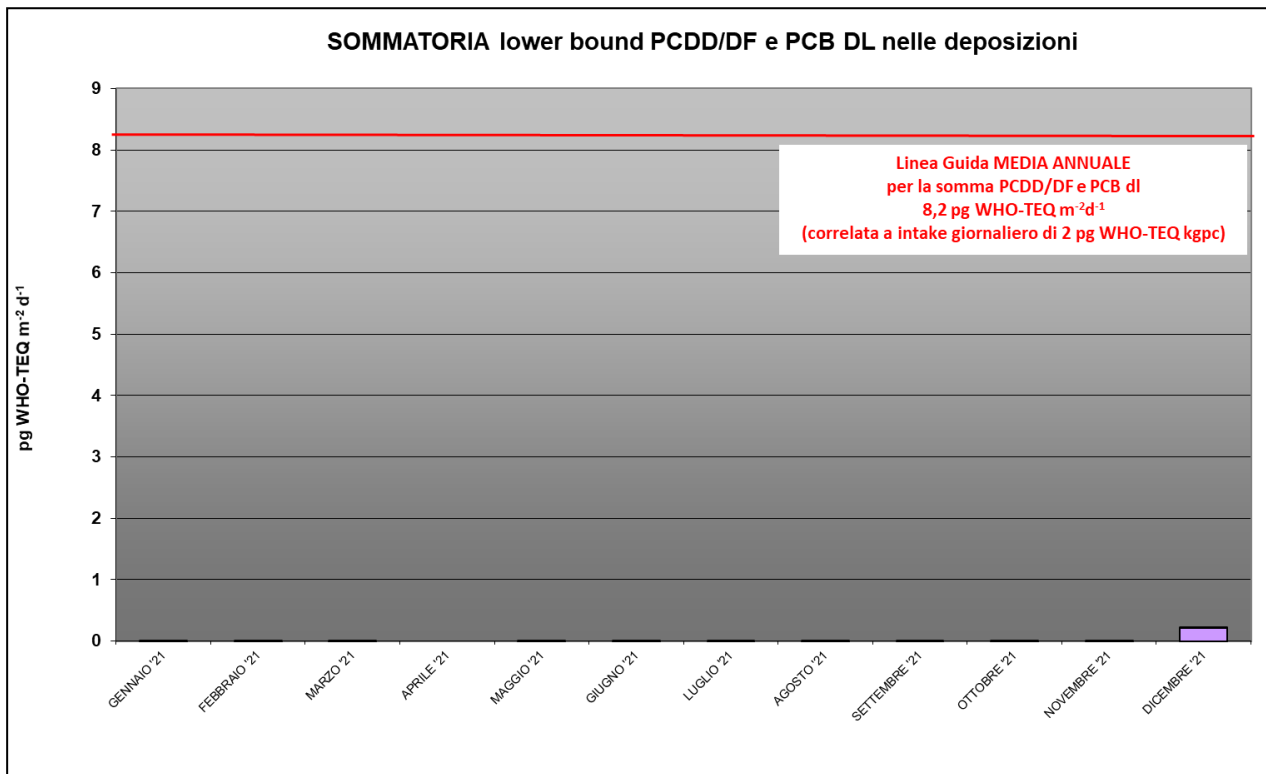


**Figura 49 - Medie annuali della sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni**

Per una migliore interpretazione degli esiti del monitoraggio, considerato l'elevato numero di congeneri inferiori al limite di quantificazione, si riporta nel grafico che segue l'andamento delle sommatorie di PCDD/DF e PCB dioxin like calcolato secondo il criterio del "lower bound" per tutte le mensilità del 2021.

Si ricorda che secondo il criterio del lower bound il contributo dei congeneri inferiori al limite di quantificazione al calcolo della sommatoria è pari a zero.

L'applicazione del calcolo secondo il criterio del medium bound in sommatorie in cui il numero di congeneri inferiori al limite di quantificazione è così elevato rappresenta una sovrastima della concentrazione reale, come si può verificare confrontando i due grafici di figura 49 e 50, i cui risultati sono espressi rispettivamente con il criterio del "middle bound" e del "lower bound".



***Figura 50 - Medie mensili lower bound della sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni***

#### 4 Conclusioni

Nel corso dell'anno 2021 la stazione di Beinasco - Aldo Mei ha avuto un rendimento strumentale in linea con quanto previsto dalle prescrizioni normative.

Le principali considerazioni che si possono trarre dall'analisi dei dati raccolti sono le seguenti:

- come già evidenziato dalla serie storica dei dati, la stazione di Beinasco – Aldo Mei presenta generalmente valori analoghi a quelli rilevati nelle stazioni di fondo urbano della rete provinciale di monitoraggio. In particolare, anche nel 2021 i valori riscontrati sono in media confrontabili e, in alcuni casi come quello del PM<sub>10</sub>, uguali a quelli della stazione di fondo urbano di Torino Lingotto;
- per quanto riguarda il PM<sub>10</sub>, i dati rilevati nel 2021 presentano un lieve decremento nella media annuale, mentre per il numero di superamenti del valore limite giornaliero la diminuzione è molto più decisa, per via delle condizioni favorevoli alla dispersione degli inquinanti nei mesi di gennaio, febbraio e novembre. La media annuale di PM<sub>2.5</sub> mostra un decremento analogamente al PM<sub>10</sub>;
- i dati di benzene, arsenico, piombo sono pari a quelli rilevati nel 2019 e 2020. I dati di cadmio e benzo(a)pirene sono inferiori rispetto all'anno precedente, mentre il nichel aumenta leggermente;
- tutti i valori di riferimento previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria (D.Lgs. n°155/2010 e s.m.i) sono rispettati, ad eccezione del valore limite giornaliero del PM<sub>10</sub>;
- il valore limite annuale per il biossido di azoto non viene superato ormai dal 2018; anche nel corso del 2021 è stato rispettato. Non si evidenzia nessuna criticità per quanto riguarda il rispetto del valore limite orario per la protezione della salute.  
L'andamento medio delle concentrazioni sia di monossido che di biossido di azoto nel corso della giornata presenta i valori più alti nelle ore maggiormente interessate dal traffico autoveicolare;
- relativamente agli inquinanti in aria ambiente non normati (idrocarburi policiclici aromatici diversi dal benzo(a)pirene, antimonio, cobalto, cromo, manganese, mercurio, rame, selenio, titanio, vanadio e zinco) le concentrazioni misurate sono risultate anche nel 2021 inferiori alle linee guida definite da organismi internazionali e confrontabili con i valori rilevati in siti analoghi del territorio della Città Metropolitana o reperibili in letteratura per le aree urbane;
- i valori di deposizione atmosferica per metalli e idrocarburi policiclici aromatici sono risultati in linea con quelli di siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio della Città Metropolitana o in ambito regionale o i cui dati sono disponibili nella letteratura scientifica. Anche nel caso del mercurio - il cui flusso di deposizione nel 2016 era risultato molto più elevato che negli anni precedenti - si osserva un rientro a valori confrontabili con quelli rilevati tra il 2013 e il 2020;
- relativamente ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) rilevati in aria ambiente si conferma un andamento di tipo stagionale, situazione tipica del bacino padano, dovuta al progressivo aumento delle condizioni di stabilità atmosferica dai mesi autunnali a quelli invernali, con tendenza al confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo e valori leggermente più alti nei periodi invernali. Le quantità rilevate sono in linea con quelle normalmente riscontrate in un sito urbano e sempre inferiori alle citate linee guida. Si osserva per il mese di dicembre una concentrazione più elevata rispetto al trend storico attribuibile all' incendio verificatosi presso un impianto di trattamento rifiuti ubicato poco distante dalla centralina di Beinasco;
- i valori di deposizione atmosferica relativi ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) sono leggermente superiori a quelli del 2020, in particolare in ragione dell'aumento del limite di

quantificazione adottato per il parametro PCB a partire dal mese di agosto 2020, ma restano in linea con siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio provinciale/regionale o i cui dati sono disponibili nella letteratura scientifica. L'applicazione del calcolo della sommatoria secondo il criterio del medium bound in sommatorie in cui il numero di congeneri inferiori al limite di quantificazione è elevato, come in questo caso, rappresenta una sovrastima della reale concentrazione.