

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 2020**

CODICE DOCUMENTO: F06_2021_00073

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Struttura Attività di produzione	Data: 30.3.2021	Firma autografa sostituita a mezzo stampa ai sensi dell'art. 3 - comma 2 - D.Lgs.39/1993
	Nome: Annalisa Bruno Elisa Calderaro Laura Milizia Milena Sacco Roberto Sergi		
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile Struttura Attività di Produzione		
	Nome: Ivana Bottazzi		
Redazione	Collaboratore Tecnico Laboratorio Nord Ovest	Data: 30.3.2021	Firma autografa sostituita a mezzo stampa ai sensi dell'art. 3 - comma 2 - D.Lgs.39/1993
	Nome: Simona Possamai Paola Spagnolo Carla Cappa		
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile Laboratorio Nord Ovest		
	Nome: Marco Fontana		

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 ₁₀	14
2.3	Particolato Sospeso – PM _{2,5}	18
2.4	Benzene e toluene	21
2.5	Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	26
2.6	Mercurio elementare gassoso e sul particolato	31
2.7	Altri metalli sul particolato	35
2.8	Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili (Diossine).....	40
	<i>Campionamento</i>	40
	<i>Determinazione analitica ed espressione dei risultati</i>	41
	<i>Linee guida per i valori di microinquinanti. Qualità dell'aria</i>	43
	<i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate in qualità dell'aria</i>	43
3	Esame dei dati relativi alle deposizioni atmosferiche	48
3.1	Introduzione	48
3.2	Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	49
3.3	Metalli	55
3.4	Policlorodibenziodiossine, policlorodibenzofurani e policlorobifenili	63
	<i>Campionamento</i>	64
	<i>Determinazione analitica ed espressione dei risultati</i>	64
	<i>Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB rilevate nelle deposizioni atmosferiche</i>	65
4	Conclusioni.....	69

1. Premessa

La presente relazione costituisce il rapporto di sintesi e giudizio relativo all'anno 2020 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, infatti, 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 PM₁₀ 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 (PM₁₀);
- particolato atmosferico (PM_{2,5});
- benzene;
- i seguenti idrocarburi policiclici aromatici sul particolato atmosferico PM₁₀: 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 PM₁₀;
- 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 PM₁₀ e nelle deposizioni: cobalto, cromo, rame, selenio, vanadio e zinco
- sul PM₁₀: 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 PM₁₀
- Analizzatore in continuo di PM_{2.5}
- Analizzatore in continuo di benzene, toluene e xileni
- Analizzatore in continuo di mercurio
- Campionatore sequenziale di PM₁₀ 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 PM₁₀/PM_{2.5} 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 PM₁₀ e PM_{2,5};
- 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 2020; 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:

- per quanto riguarda gli ultimi due anni tramite il sito "Qualità dell'aria in Piemonte" all'indirizzo <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/conoscidati.shtml>
- per quanto riguarda l'intera base dati attraverso il sistema AriaWeb, al quale si può accedere liberamente all'indirizzo:

<http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/>

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 2020

Monossido di Azoto (NO) (valori di concentrazioni espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Orbassano Gozzano	Torino Consolata	Torino Lingotto
Ore valide	8749	8763	8390	8357
Percentuale ore valide	100%	100%	96%	95%
Giorni validi	366	366	350	347
Percentuale giorni validi	100%	100%	96%	95%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	78	56	72	55
Media dei massimi giornalieri	78	55	68	57
Media delle medie giornaliere	27	17	26	23
Media dei valori orari	27	17	25	23

Nel corso del 2020 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 a quella calcolata presso la stazione di fondo suburbano (Orbassano), a quella di Torino-Lingotto (stazione di fondo urbano), e 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 sia alle stazioni di fondo (Torino-Lingotto e Orbassano) che 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.

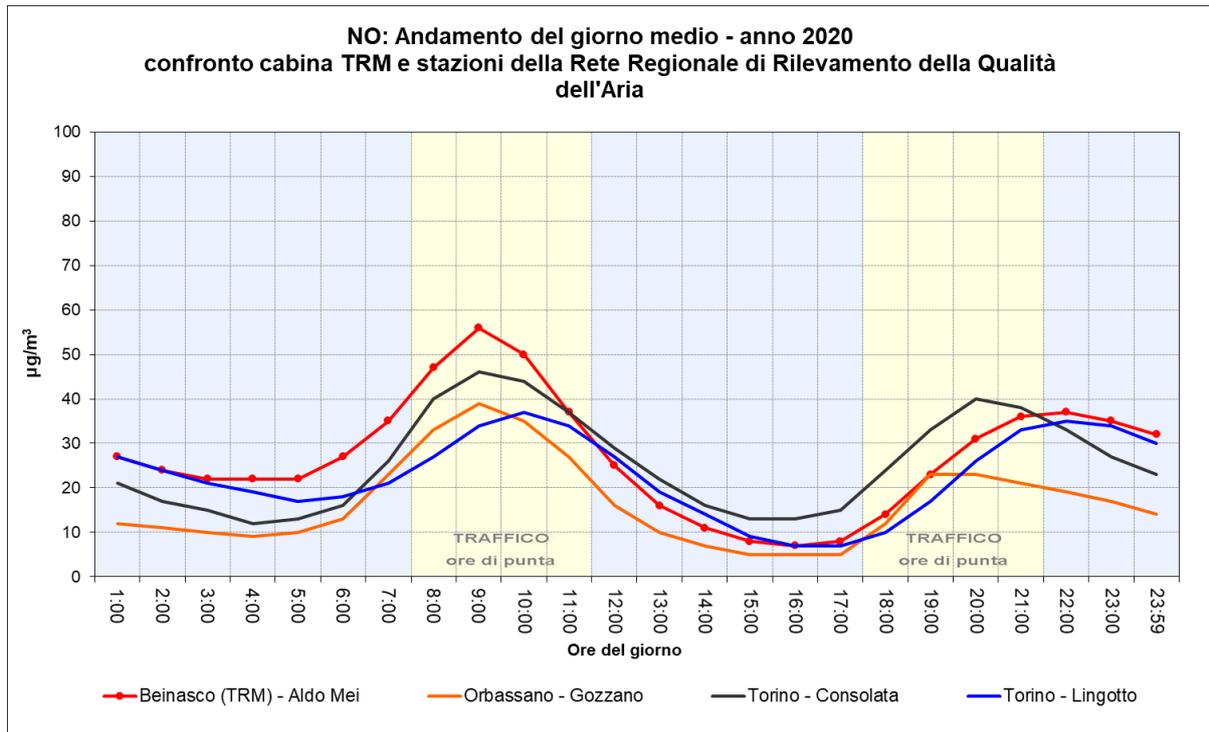


Figura 3 - Monossido di azoto - andamento giornaliero medio

La formazione di biossido di azoto (NO₂) 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 NO₂ misurate è il traffico veicolare, per il 71%, così come stimato nell'ultimo Piano Regionale per la Qualità dell'Aria¹.

Il NO₂ 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:

Biossido di azoto	
NO ₂ -Limite orario per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 1 ora	200 µg/m³ <i>da non superare più di 18 volte per anno civile</i>
NO ₂ - Limite annuale per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: anno civile	40 µg/m³
NO ₂ - Soglia di allarme per il biossido di azoto (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 3 ore	400 µg/m³ <i>misurati su tre ore consecutive</i>

¹ 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 $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sia in quelle di confronto classificate di fondo urbano (Orbassano e Torino Lingotto con medie rispettivamente di 29 e $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$); questo limite è stato superato solo in quella di traffico urbano di Torino Consolata con una media di $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 2020.

Tabella 2 - Biossido di Azoto - Indicatori statistici anno 2020

Biossido di Azoto (NO ₂) (valori di concentrazione espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Orbassano Gozzano	Torino Consolata	Torino Lingotto
Ore valide	8749	8763	8386	8474
Percentuale ore valide	100%	100%	95%	96%
Giorni validi	366	366	350	353
Percentuale giorni validi	100%	100%	96%	96%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	49	54	69	51
Media dei massimi giornalieri	49	54	68	51
Media delle medie giornaliere	28	30	42	32
Media dei valori orari	28	29	42	32
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.

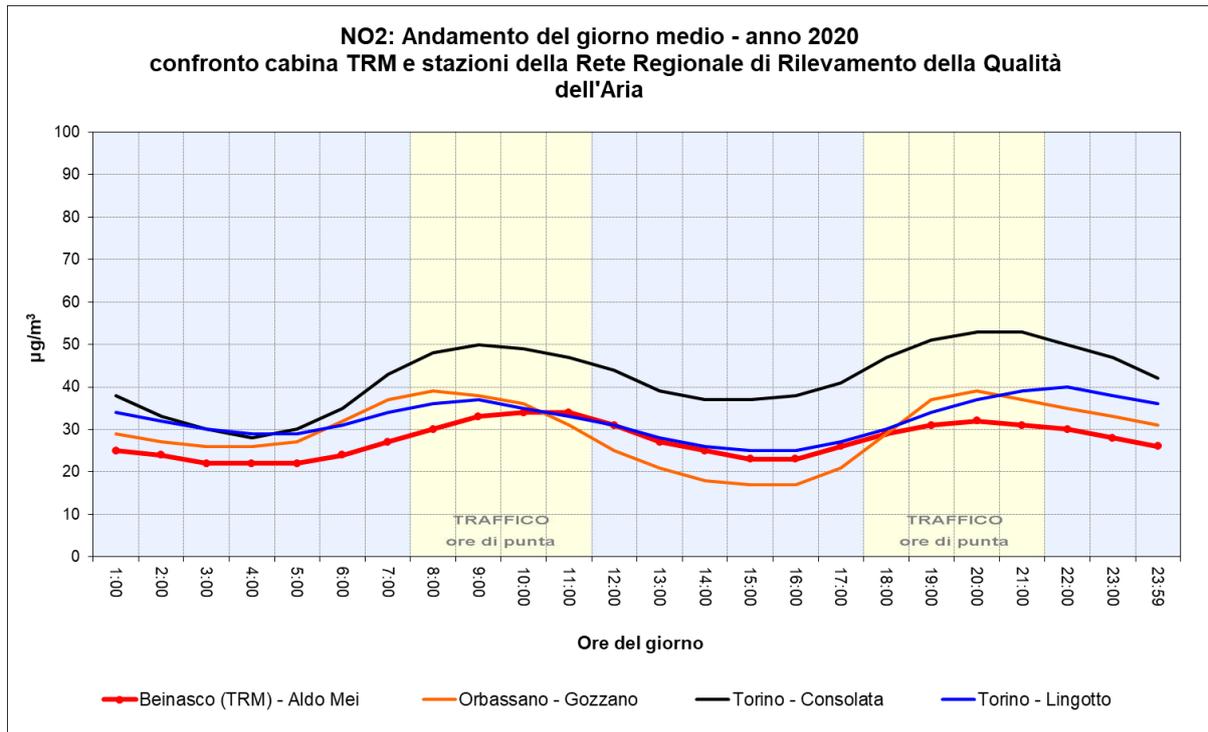


Figura 4 - Biossido di azoto - andamento medio delle concentrazioni orarie (giorno medio)

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 2020 ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultato inferiore rispetto a quello dei due anni precedenti, quando si sono registrati $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2018 e $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2019 (Figura 6). Il medesimo trend in diminuzione si è verificato, tra le stazioni prese a confronto, solo a Collegno. Le altre quattro stazioni prese in esame nel grafico hanno registrato un leggero incremento delle medie nel 2019 rispetto al 2018, quando si sono verificate condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli². In tutte le cabine prese in considerazione si è registrata una diminuzione nel corso del 2020 rispetto al 2019, legata all'emergenza sanitaria tuttora in corso che ha determinato una diminuzione del traffico veicolare e delle attività antropiche.

² Si veda "Uno sguardo all'aria – Anteprima 2020"

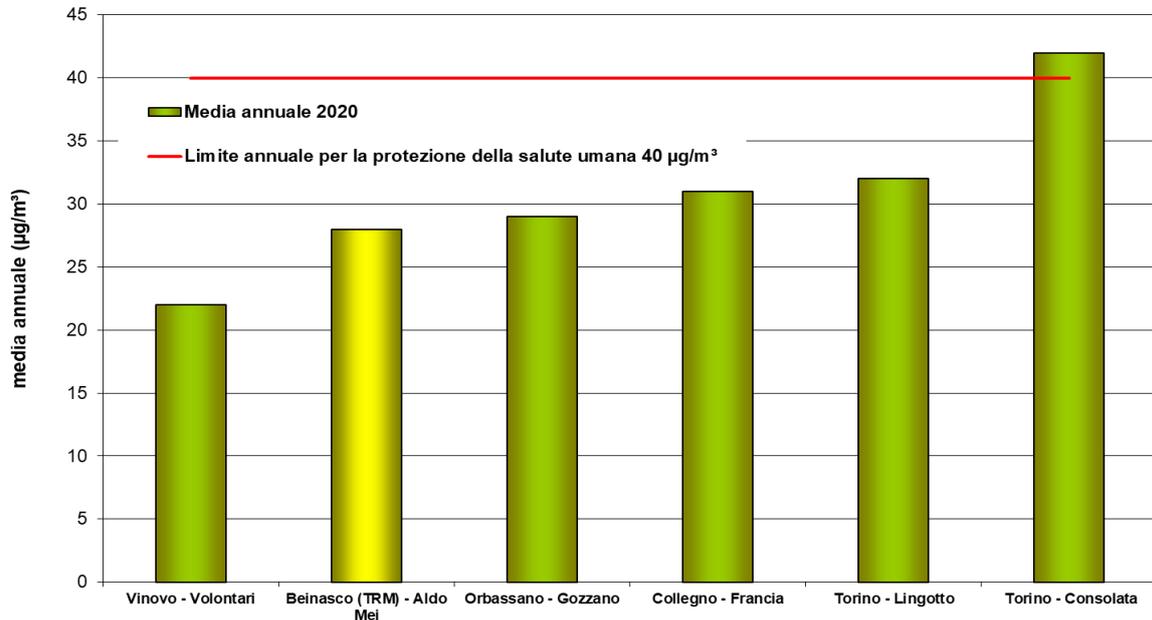


Figura 5 - Biossido di azoto media annuale – 2020

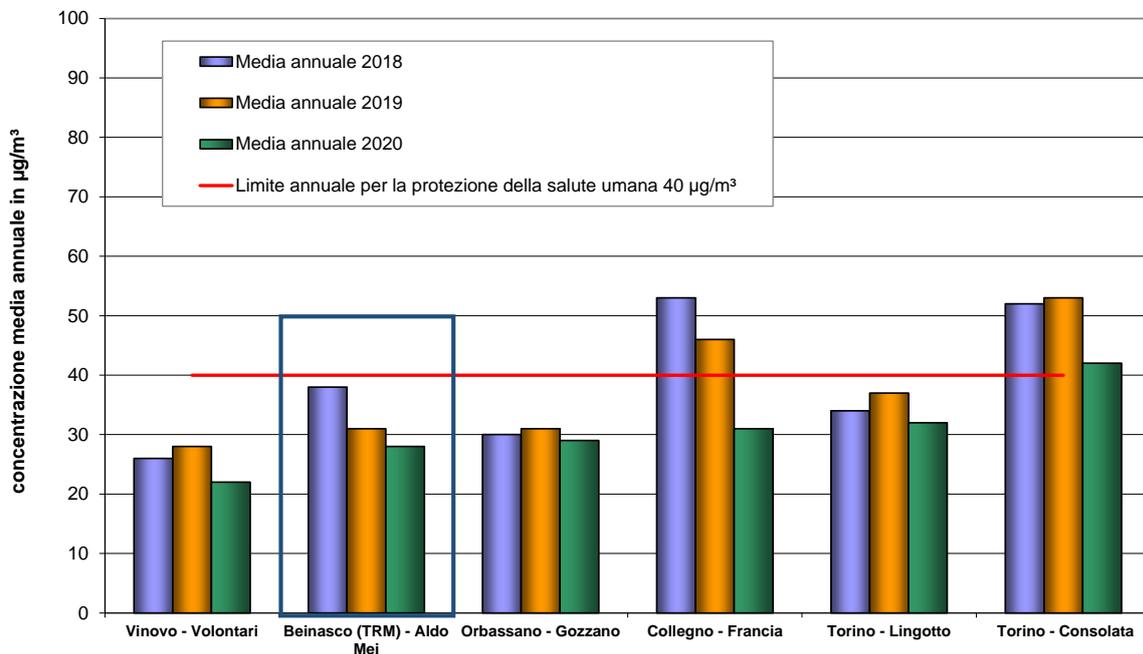


Figura 6 - medie annuali - confronto 2018 – 2020

La piovosità media del 2020 è risultata essere sotto la media del periodo 2010-2019, sia in termini di precipitazioni totali (838 contro 1078 mm in media), sia per il numero di giorni piovosi (69 contro 82 giorni in media). I mesi più piovosi sono stati giugno e agosto, con valori doppi rispetto alla media. I mesi di gennaio, febbraio e novembre sono stati invece particolarmente siccitosi (fonte “Uno sguardo all’aria. Anteprima 2020” - <http://www.arpa.piemonte.it/news/pubblicata-lanteprima-di-uno-sguardo-allaria-2020>).

In Figura 7 si riporta il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti atmosferici³, per il 2020, suddiviso per mesi e confrontanti con quelli del 2018 e del 2019; si osserva che durante il 2020 (totale di 123 giorni favorevoli all'accumulo) le condizioni meteorologiche sono state tali da avere un numero di giorni critici superiori sia al 2018 che al 2019 (rispettivamente 107 e 96 sul totale annuo).

Nonostante il 2020 sia stato un anno più sfavorevole dal punto di vista della dispersione degli inquinanti rispetto al 2019 e al 2018, per il biossido di azoto si osservano miglioramenti significativi sia nel sito di Beinasco TRM, sia nelle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Città Metropolitana di Torino. Come già indicato in precedenza, questi miglioramenti sono attribuibili alla riduzione del traffico veicolare avvenuta nel corso dell'anno a causa delle restrizioni occorse in seguito alla pandemia di COVID-19.

**Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici
 Confronto 2018-2020**

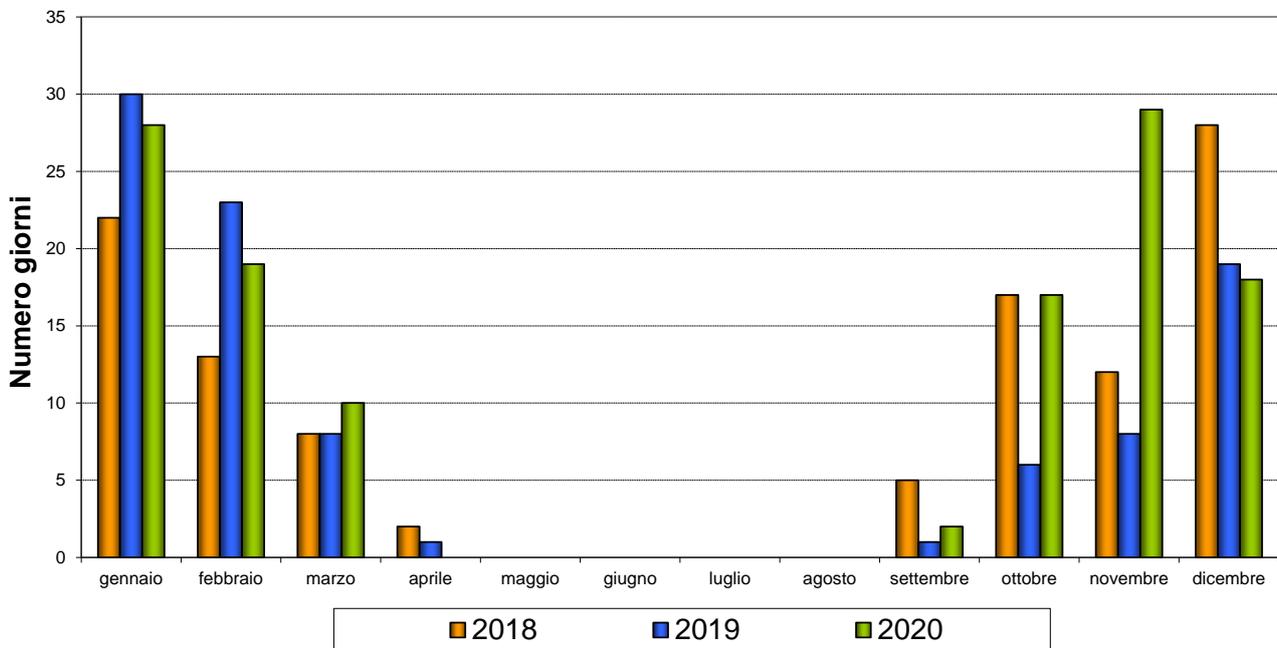


Figura 7 - Numero di giorni favorevoli all'accumulo di inquinanti atmosferici

³ 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 - PM₁₀

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 (PM₁₀), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (PM_{2,5}).

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 PM₁₀.

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:

PM₁₀	
PM₁₀ - valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	
media giornaliera	50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile
PM₁₀ - valore limite annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	40 µg/m³

Per la misurazione dei livelli di PM₁₀ 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 PM₁₀ e del PM_{2,5}.

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): 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 11 rispetto ai 35 massimi previsti dalla normativa.

Il numero di superamenti registrati presso la stazione di Beinasco – TRM è inferiore sia a quello rilevato presso la stazione di fondo urbano della città di Torino sia presso la stazione di traffico che si trova all'interno della zona ZTL del capoluogo.

Tabella 3 - PM₁₀: Indicatori statistici anno 2020

PM ₁₀ (valori di concentrazioni espressi in µg/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Druento - La Mandria	Settimo T. - Vivaldi	Torino- Consolata	Torino- Lingotto	Torino- Grassi
Minima media giornaliera	4	5	7	5	2	5
Massima media giornaliera	95	71	107	107	107	121
Media delle medie giornaliere	28	21	35	36	31	41
Giorni validi	354	303	339	289	344	317
Percentuale giorni validi	97%	83%	93%	79%	94%	87%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50 µg/m ³)	59	11	83	84	72	98

Il particolato presenta un tipico trend stagionale con livelli di concentrazione maggiori nelle stagioni più fredde rispetto alla primavera-estate (Figura 8).

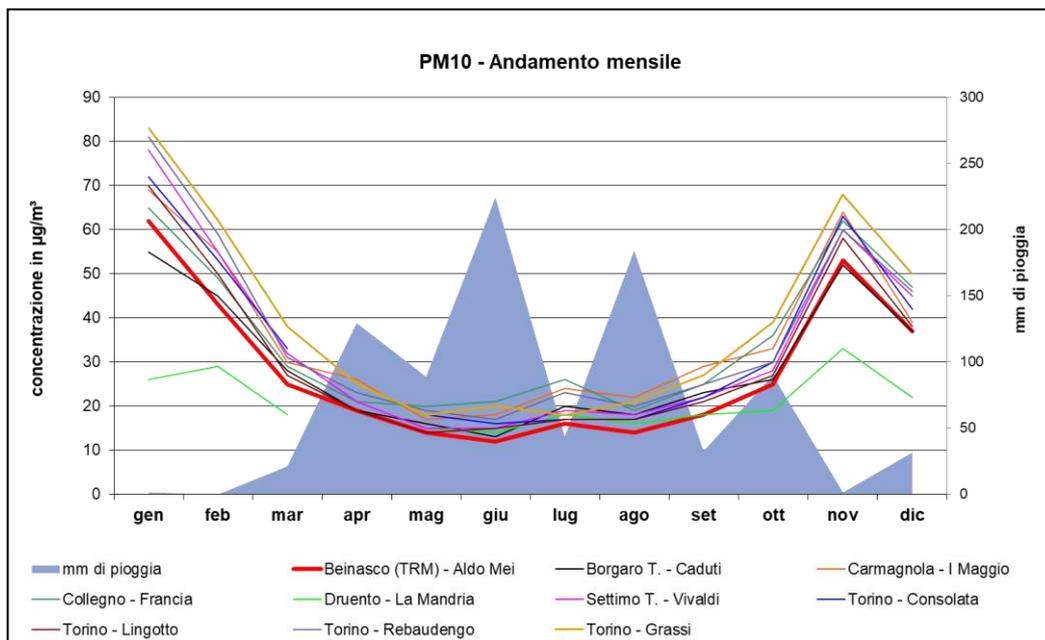


Figura 8 - PM₁₀: Media mensile anno 2020

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.

Nel mese di dicembre le medie registrate risultano inferiori all'atteso (Figura 8) a causa delle condizioni meteorologiche sfavorevoli all'accumulo degli inquinanti in atmosfera, tra questi i

numerosi episodi piovosi. Al contrario i mesi gennaio e novembre hanno presentato una criticità piuttosto elevata con quasi la totalità dei giorni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti.

In Figura 9 si riporta il profilo giornaliero del PM₁₀ registrato presso la stazione di Beinasco - TRM confrontato con i valori minimi e massimi registrati nella Città Metropolitana nel corso del 2020.

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 maggiori della media, ma comunque inferiori ai massimi registrati.

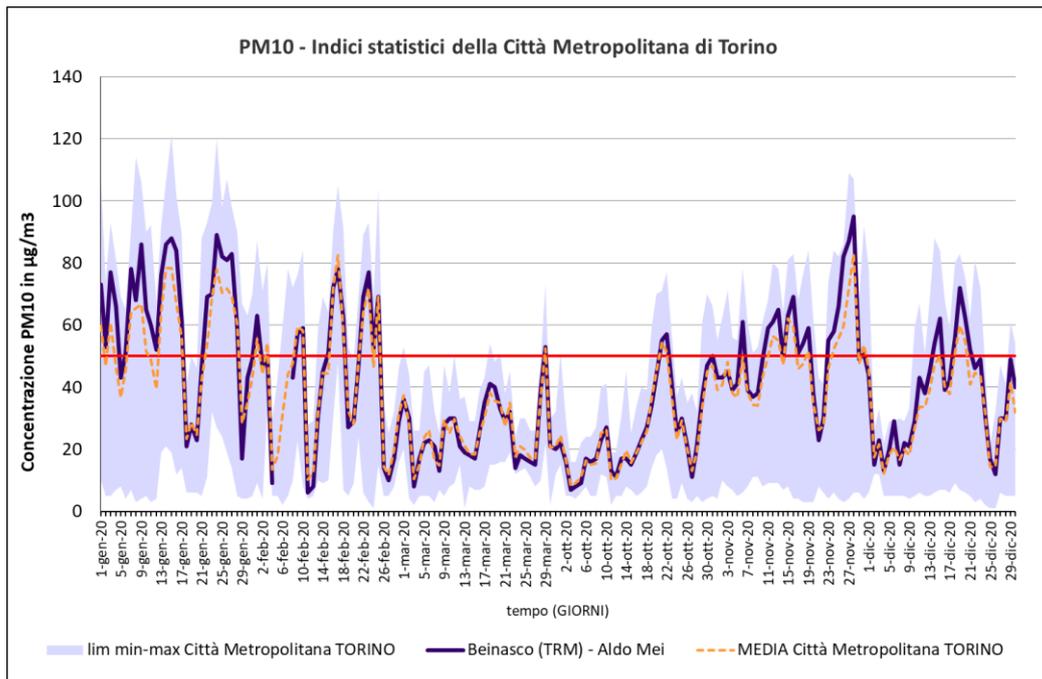


Figura 9 - PM₁₀: Indici statistici anno 2020

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, ad eccezione della stazione di traffico urbano di Torino – Grassi. Quest'ultima però ha presentato una bassa percentuale di dati validi, tanto da non raggiungere la percentuale minima di legge su base annuale, nei mesi da maggio ad agosto, che sono caratterizzati da valori di concentrazione particolarmente bassi. Questo aspetto non modifica il numero di superamenti, ma ha prodotto certamente una sovrastima della media annuale.

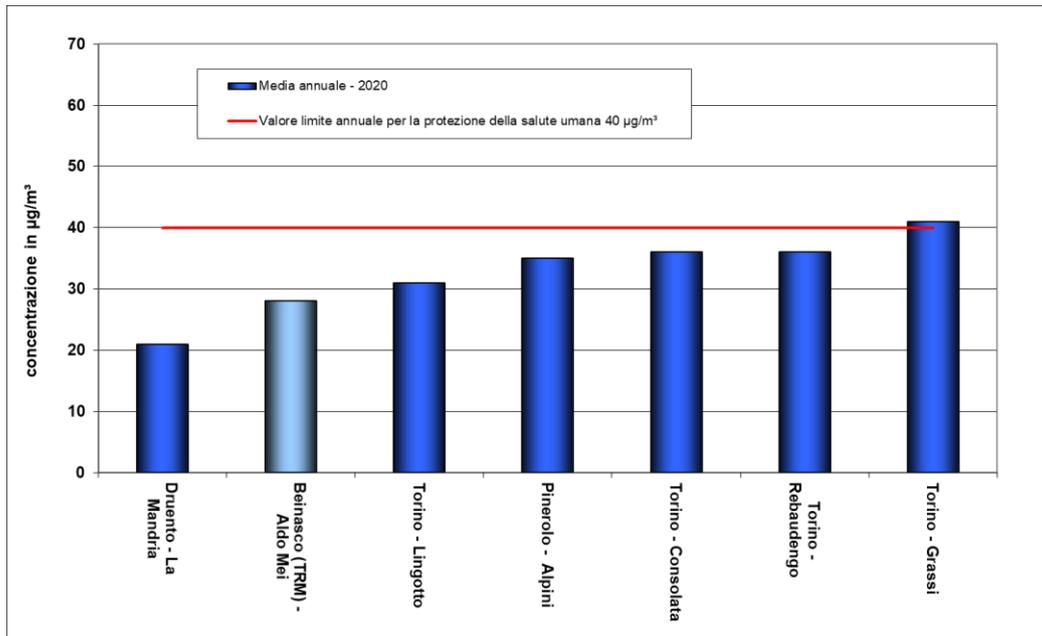


Figura 10 - PM₁₀: Media annuale

Nella Figura 11, invece, si riportano i superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana pari a 50 µg/m³; 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 presso la stazione rurale di Druento – La Mandria.

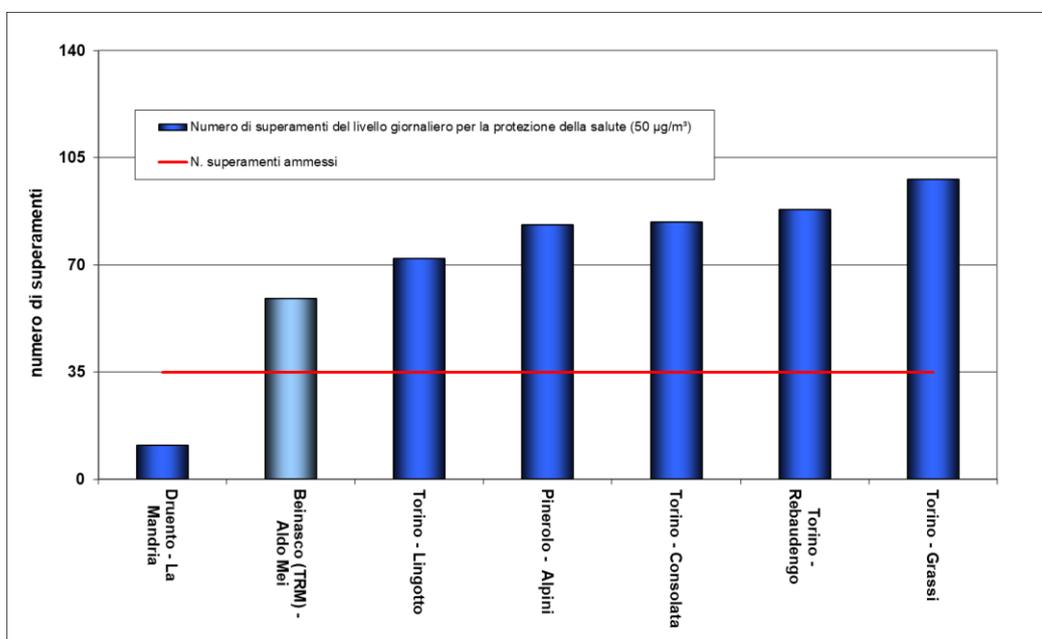


Figura 11 - PM₁₀: Numero di superamenti del livello giornaliero per la protezione della salute umana

Complessivamente, dalle Figura 10 e Figura 11, si evince che i livelli di concentrazione di PM₁₀ rilevati presso la stazione TRM sono inferiori a quelli dei siti di fondo urbano e del sito di traffico urbano posto all'interno della zona ZTL della Città di Torino.

In generale, nel corso del 2020, si è registrato un leggero peggioramento dei livelli di particolato atmosferico rispetto al biennio precedente; in particolare per il PM₁₀ misurato presso la stazione di Beinasco – TRM si passa da una media annuale di 27 registrata nel 2019 a 28 µg/m³ nel 2020.

Come noto, le condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera giocano un ruolo importante sull'accumulo degli inquinanti al suolo; come già descritto nel paragrafo sugli ossidi di azoto, relativamente al numero di giorni favorevoli all'accumulo del PM₁₀, confrontando il 2019 con il 2020, si evince che, se nella prima parte dell'anno il 2020 risultava meno critico dell'anno precedente, nell'ultimo trimestre 2020 il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti è decisamente maggiore rispetto allo stesso trimestre 2019.

Considerando che il biennio 2018-2019 è stato piuttosto favorevole alla dispersione degli inquinanti, per valutare l'effettivo trend del 2020 si ritiene opportuno confrontare i dati di PM₁₀ con quelli registrati nel 2017, anno che presenta caratteristiche dispersive simili al 2020. Il numero totale di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinati in atmosfera è stato pari a 119 nel 2017 e 123 nel 2020; confrontando i livelli di PM₁₀ si osserva un significativo miglioramento, passando da una media annuale pari a 36 µg/m³ del 2017 a 28 µg/m³ lo scorso anno.

2.3 Particolato Sospeso – PM_{2,5}

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

PM _{2,5}	
PM _{2,5} - valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana	
media annuale	25 µg/m ³

Per la misurazione dei livelli di PM_{2,5} 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 PM₁₀ e del PM_{2,5}.

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 PM₁₀, in quanto il PM_{2,5} non viene monitorato in nessuna stazione con tali caratteristiche nell'area scelta come riferimento.

Tabella 4 - PM_{2,5}: Indicatori statistici anno 2020

PM _{2,5} (valori di concentrazione espressi in µg/m ³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Borgaro T. - Caduti	Torino - Lingotto	Torino - Rebaudengo	Settimo T. - Vivaldi
Minima media giornaliera	2	5	5	2	4
Massima media giornaliera	77	83	85	93	86
Media delle medie giornaliere	21	21	22	22	23
Giorni validi	354	333	339	318	350
Percentuale giorni validi	97%	91%	93%	87%	96%

In Figura 12 si riportano i profili mensili registrati nel 2020 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; nei primi mesi dell'anno i livelli misurati sono più bassi delle stazioni di traffico urbano, ma più elevate rispetto alle stazioni classificate di fondo urbano.

Come per il PM₁₀, anche per il PM_{2,5} la media annuale aumenta leggermente dal 2019 al 2020 (passando da 20 a 21 µg/m³). Considerando il 2017 l'anno che ha presentato le condizioni meteo diffusive maggiormente confrontabili con il 2020 e quindi confrontando la media annuale di PM_{2,5} registrata presso la stazione di Beinasco – TRM nel 2020 (21 µg/m³) con quella registrata nel 2017 (26 µg/m³) si registra anche in questo caso un generale miglioramento.

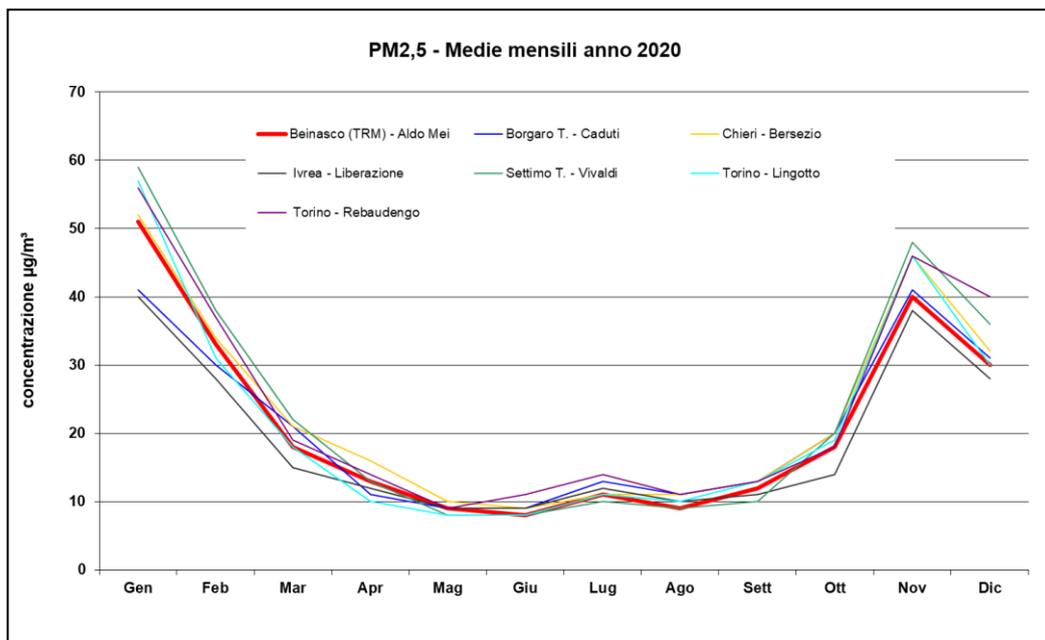


Figura 12 - PM2.5: Confronto medie mensili (TRM evidenziata in rosso)

In Figura 13 si riporta, come per il PM₁₀, il profilo orario del PM_{2,5} registrato presso la stazione di Beinasco - TRM confrontandolo con i valori minimi e massimi registrati nella città metropolitana nel corso del 2020.

Il profilo orario presso la stazione di Beinasco risulta prossimo al profilo dei valori massimi nella città metropolitana, ad eccezione di alcuni periodi in cui i valori risultano prossimi ai valori medi registrati.

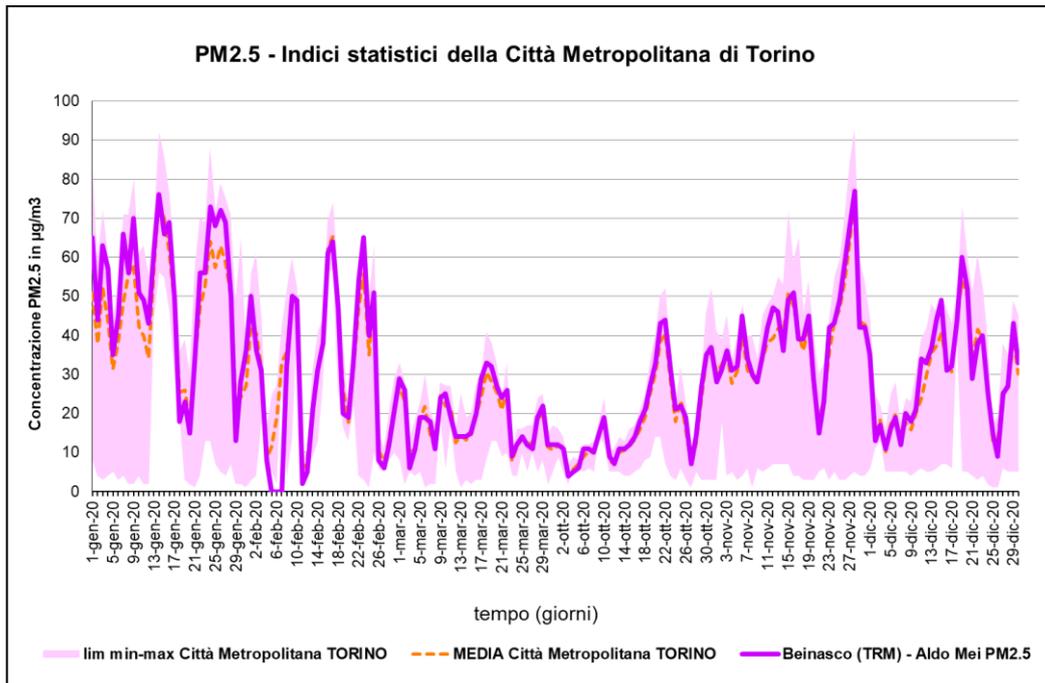


Figura 13 - PM2.5: Indici statistici anno 2020

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 solo 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 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 2020 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 Rebaudengo, stazione urbana di traffico

Per tutte queste stazioni la percentuale delle ore valide è stata superiore al 90%, pertanto i valori di concentrazione del benzene sono da considerarsi rappresentativi della media annuale.

Come riportato in Tabella 5, la concentrazione media registrata dalla centralina TRM nel 2020 è $1.0 \mu g/m^3$, valore uguale a quello rilevato presso la stazione di Torino-Rubino, e inferiore alla concentrazione misurata presso la stazione di traffico di Torino Rebaudengo ($1.6 \mu g/m^3$). Anche per l'anno 2020 il valore limite annuale stabilito dalla normativa per il benzene è stato quindi ampiamente rispettato.

Tabella 5 - Benzene: Indicatori statistici anno 2020

BENZENE (espresso in $\mu g/m^3$)	Beinasco (TRM) – Aldo Mei	Vinovo	Torino - Rubino	Torino- Rebaudengo
Ore valide:	8059	8278	8388	7914
Percentuale ore valide:	92%	94%	95%	90%
Giorni validi:	340	353	348	333
Percentuale giorni validi:	93%	96%	95%	91%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri ^(a) :	1.7	1.9	1.5	2.8
Media dei massimi giornalieri ^(b) :	1.7	1.8	1.5	2.8
Media delle medie giornaliere ^(c) :	1.0	1.1	1.0	1.6
Media dei valori orari:	1.0	1.1	1.0	1.6

(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, mostrano un picco mattutino compreso tra le ore 9 e le ore 10 e un calo significativo delle concentrazioni di benzene nelle ore pomeridiane, seguito da un ulteriore aumento nelle ore serali. I picchi di concentrazione non sono però così marcati come quelli che si registrano presso la stazione urbana di traffico di Torino-Rebaudengo, utilizzata per il confronto, che è situata in prossimità di un incrocio caratterizzato durante tutto

l'arco della giornata da traffico veicolare intenso, fattore che influenza notevolmente la concentrazione di benzene.

BENZENE - GIORNO MEDIO: confronto stazione TRM Beinasco con altre stazioni della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria - Anno 2020

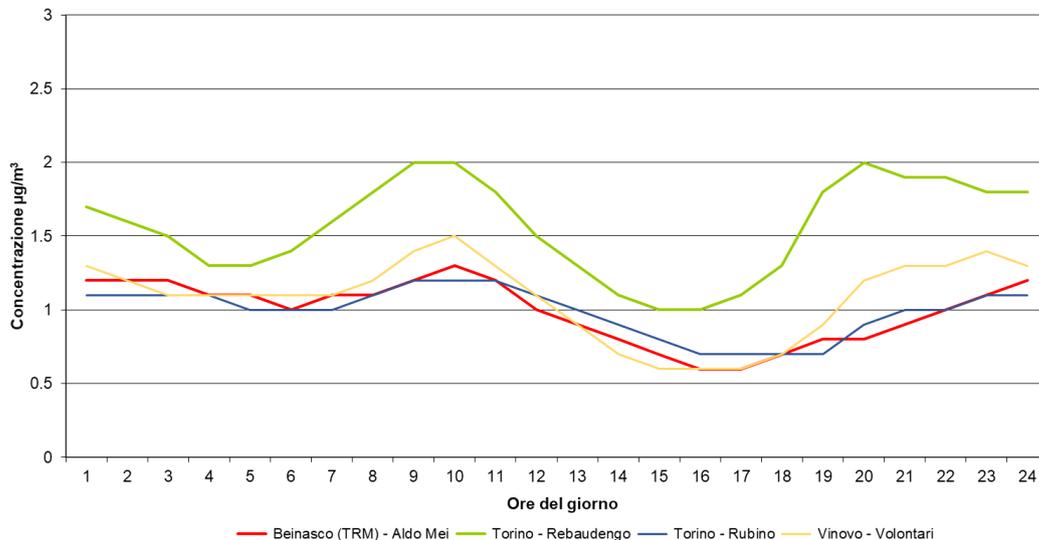


Figura 14 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di Benzene (giorno medio)

Il toluene è un composto organico aromatico che viene usato come sostituto del benzene perché possiede proprietà chimico-fisiche molto simili, ma è meno tossico e non ha effetti mutageni. Viene anch'esso utilizzato come antidetonante nelle benzine e, essendo emesso direttamente nei gas di combustione dei veicoli alimentati a benzina, è un inquinante da traffico, come il benzene.

La normativa italiana non prevede un valore limite di concentrazione per questa sostanza. Invece, le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano un valore di concentrazione medio settimanale di 260 µg/m³. Infatti, l'OMS individua per alcuni inquinanti, tra i quali il toluene, dei "valori guida di qualità dell'aria" che indicano i "livelli di concentrazione nell'aria degli inquinanti, associati a tempi di esposizione, al di sotto dei quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le evidenze scientifiche disponibili".

Anche per il toluene, la percentuale di ore valide per il 2020 è superiore al 90%, pertanto i valori di concentrazione possono essere considerati attendibili.

Le concentrazioni medie orarie di toluene riscontrate presso la centralina TRM di Beinasco sono uguali alle concentrazioni misurate presso la stazione suburbana di fondo di Vinovo, anche se i valori massimi giornalieri a Beinasco sono stati leggermente maggiori di quelli registrati a Vinovo. Le concentrazioni di queste due stazioni non si discostano molto da quanto rilevato nella stazione di Torino Rubino, mentre risultano inferiori sia nei valori orari medi sia nei valori massimi giornalieri a quelli rilevati presso la stazione di traffico urbano di Torino Rebaudengo (Tabella 6).

Tabella 6 - Toluene: Indicatori statistici anno 2020

TOLUENE (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Beinasco (TRM) – Aldo Mei	Vinovo	Torino - Rubino	Torino- Rebaudengo
Ore valide:	8048	8273	8393	7896
Percentuale ore valide:	92%	94%	96%	90%
Giorni validi:	339	353	348	332
Percentuale giorni validi:	93%	96%	95%	91%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri (a):	9.6	9.3	9.9	14.9
Media dei massimi giornalieri (b):	10	9.2	9.8	15.1
Media delle medie giornaliere (c):	4.4	4.4	5.4	7
Media dei valori orari:	4.4	4.4	5.4	7.1

(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

In Figura 15 è rappresentato l'andamento del giorno medio delle concentrazioni di toluene rilevate nelle centraline utilizzate per il confronto.

Dall'andamento delle concentrazioni nel corso della giornata si osserva che, a differenza di quanto riscontrato presso le altre centraline, per quella di Beinasco non si osservano picchi di concentrazione in concomitanza dei momenti di maggiore traffico veicolare, ma la concentrazione mantiene valori pressoché costanti dalla tarda serata fino alla tarda mattinata, quando la concentrazione inizia a diminuire per raggiungere i valori minimi nelle ore pomeridiane. Sembrerebbe, pertanto, che la centralina TRM non risenta particolarmente degli inquinanti emessi dal traffico veicolare della vicina tangenziale.

Come evidenziato nel grafico, i valori di concentrazione medi orari registrati presso la stazione di TRM sono per tutte le ore della "giornata tipo" rappresentata inferiori ai valori di Torino Rebaudengo.

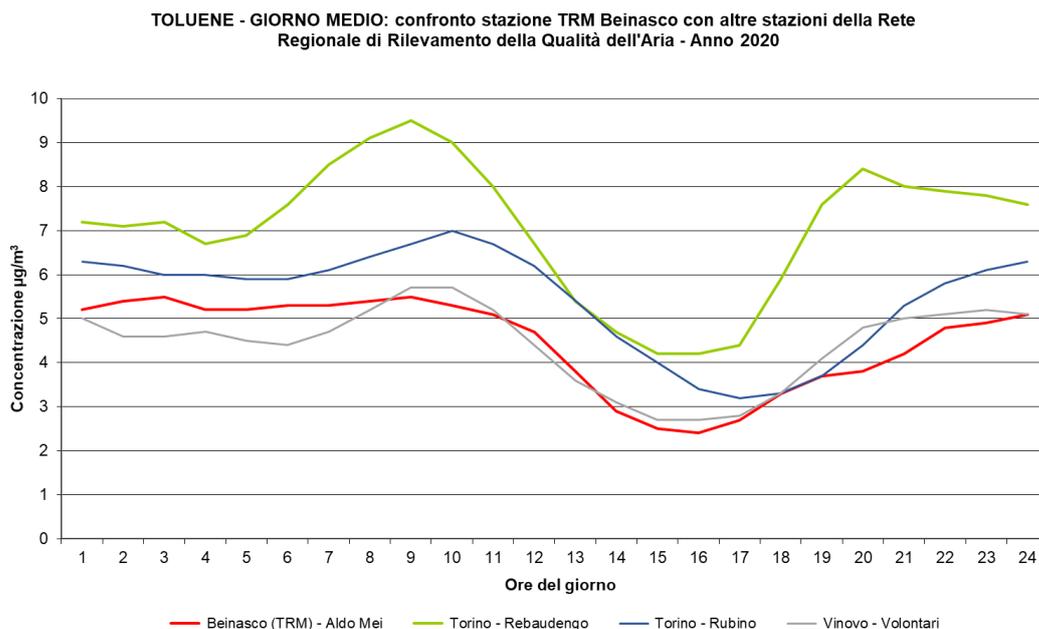


Figura 15 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di Toluene (giorno medio)

Riportando sullo stesso grafico i dati del giorno medio del benzene e del toluene rilevati a TRM (Figura 16) si osserva che i due inquinanti presentano un andamento giornaliero molto simile, caratterizzato dall'assenza di picchi di concentrazione evidenti in concomitanza alle ore caratterizzate da traffico veicolare intenso, mentre i minimi valori di concentrazione si registrano nel pomeriggio, in corrispondenza delle ore più calde della giornata.

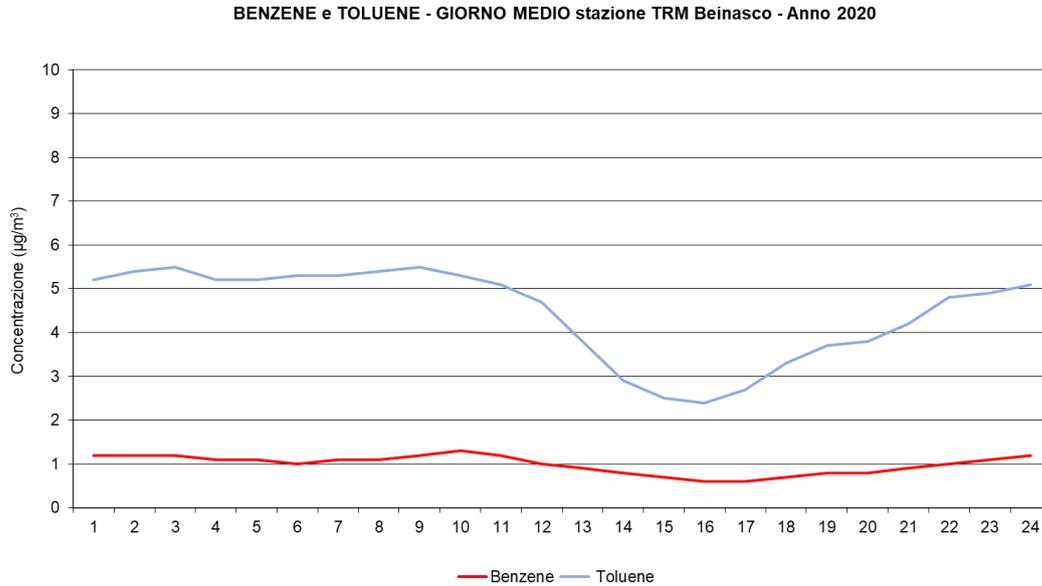


Figura 16 - Andamento medio delle concentrazioni orarie di benzene e toluene (giorno medio)

Anche i valori di concentrazione media mensile dei due inquinanti mostrano un andamento molto simile, come evidenziato in Figura 17, ad eccezione del mese di dicembre, nel quale il toluene presenta valori in diminuzione mentre il benzene in aumento. Come per la maggior parte degli inquinanti analizzati, le concentrazioni maggiori sono state misurate in autunno e in inverno 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 i mesi primaverili ed estivi, quando le condizioni meteorologiche agevolano la dispersione degli inquinanti.

BENZENE e TOLUENE - MEDIA MENSILE stazione TRM Beinasco - Anno 2020

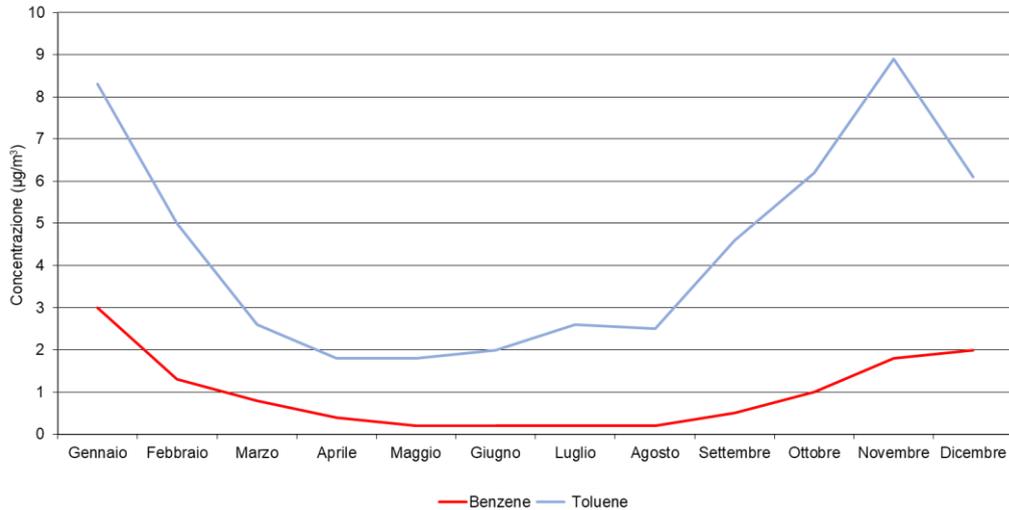


Figura 17 - Andamento medio delle concentrazioni mensili di benzene e toluene

Analizzando i dati di concentrazione di entrambi gli inquinanti misurati dal 2015 al 2020, si osserva come la concentrazione media annuale del benzene nel 2020 presenti lo stesso valore registrato nel 2018 e nel 2019, mentre per il toluene si è verificato un aumento della concentrazione media annuale negli ultimi 3 anni (Figura 18).

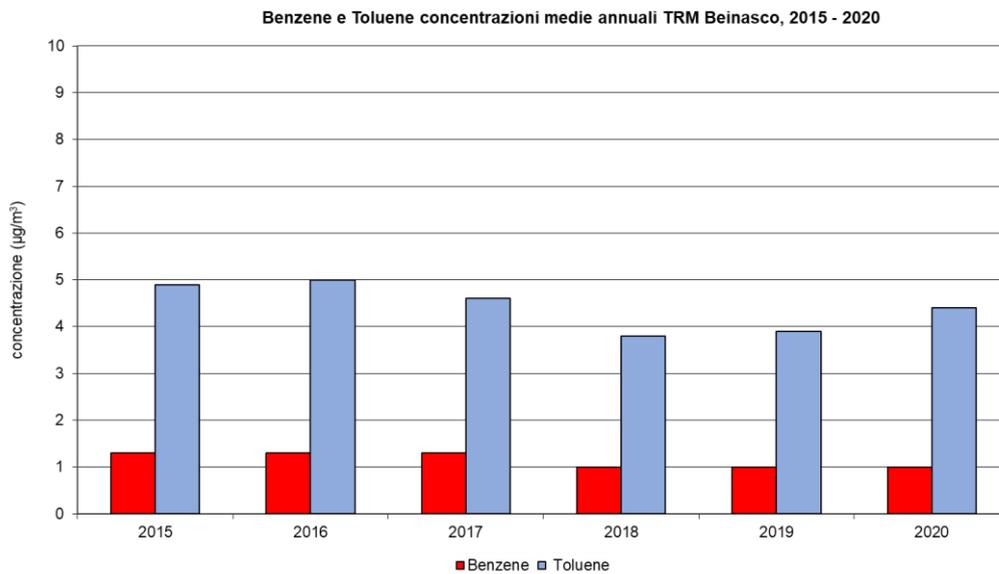


Figura 18 – Andamento concentrazioni medie annuali del benzene e del toluene della stazione TRM di Beinasco – Anni 2015 - 2020

2.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli Idrocarburi policiclici aromatici (noti come IPA o PAH) sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici condensati fra loro a formare un'unica struttura generalmente planare. L'origine di tali composti è prevalentemente di tipo antropico: la loro emissione avviene durante i processi di combustione incompleta di combustibili fossili, come carboni e petroli utilizzati per il riscaldamento domestico o a causa del traffico veicolare, o derivano direttamente dalla combustione della biomassa legnosa. Esistono tuttavia, anche fonti di tipo naturale come le eruzioni vulcaniche e gli incendi boschivi.

Gli IPA si trovano in atmosfera in quantità più contenute rispetto ad altri inquinanti e negli ultimi anni la loro concentrazione è diminuita per svariati motivi, tra cui 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, causa un incremento delle quantità di IPA emessi in atmosfera. Un impianto domestico alimentato a legna produce infatti IPA in quantità 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido.⁴

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_{2.5}), ossia la frazione che più facilmente raggiunge la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e i tessuti

Sono ormai riconosciuti gli effetti negativi che questi hanno sull'uomo e l'ambiente, infatti alcuni di essi sono stati classificati dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo"; in particolare, gli IPA più pericolosi per l'uomo sono quelli costituiti da quattro a sette anelli aromatici

Il più studiato attualmente è il benzo(a)pirene (BaP) per la sua ampia diffusione nell'ambiente a concentrazioni efficienti e per l'elevata tossicità. Recentemente, nel 2008, è stato riclassificato nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo" e il suo valore viene utilizzato come marker per il rischio cancerogeno degli IPA.

La normativa italiana (D.Lgs. 155/2010) stabilisce solo per il composto benzo(a)pirene, determinato nella frazione di particolato atmosferico PM₁₀, un valore limite di concentrazione medio annuale pari a 1 ng/m³. Tra tutti gli IPA, il BaP è considerato il composto più pericoloso per la salute umana, viene classificato dalla IARC⁵ nel *gruppo 1* come "cancerogeno per l'uomo", e viene pertanto utilizzato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe di sostanze.

Gli altri composti sono invece 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 PM₁₀; 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.

⁴ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-32 tab 8.2b

⁵ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2nd April 2009

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2020 per i vari IPA (benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b+j+k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene) nel PM₁₀ campionato presso la stazione di TRM di Beinasco – Aldo Mei e confrontati con i dati rilevati in altre stazioni fisse della rete provinciale di Arpa.

Per il 2020 i valori di concentrazione degli IPA misurati presso le stazioni di Druento, Torino Consolata e Torino Grassi, utilizzate per il confronto con i dati della stazione di Beinasco TRM, non sono pienamente rappresentativi della media annuale, poichè per tali stazioni la percentuale di giorni validi è inferiore al 90%. I dati di concentrazione relativi a queste stazioni potrebbero quindi essere leggermente sottostimati.

Tabella 7 - Benzo(a)Pirene nel PM₁₀ – Indicatori statistici anno 2020

Benzo(a)pirene sul PM ₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2020	0,6	0,3	0,5	0,8	0,6	0,8
Giorni validi	358	302	290	324	340	359
Percentuale giorni validi	98%	83%	79%	89%	93%	98%

Tabella 8 - Benzo(a)Antracene nel PM₁₀ – Indicatori statistici anno 2020

Benzo(a)antracene sul PM ₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2020	0,41	0,16	0,34	0,67	0,42	0,56
Giorni validi	358	302	290	324	340	359
Percentuale giorni validi	98%	83%	79%	89%	93%	98%

Tabella 9 - Benzo(b+j+k)Fluorantene nel PM₁₀ – Indicatori statistici anno 2020

Benzo(b+j+k)fluorantene sul PM ₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2020	1,50	0,77	1,33	1,95	1,60	1,78
Giorni validi	358	302	290	324	340	359
Percentuale giorni validi	98%	83%	79%	89%	93%	98%

Tabella 10 - Indeno(1,2,3-cd)Pirene nel PM₁₀ – Indicatori statistici anno 2020

Indeno(1,2,3-cd)pirene sul PM ₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m ³)	Beinasco (TRM)	Druento	Torino-Consolata	Torino - Grassi	Torino-Lingotto	Torino-Rebaudengo
Media 2020	0,70	0,37	0,61	0,82	0,70	0,77
Giorni validi	358	302	290	324	340	359
Percentuale giorni validi	98%	83%	79%	89%	93%	98%

Come si evince dalle tabelle sopra riportate, le concentrazioni di idrocarburi policiclici aromatici rilevate presso la stazione TRM sono 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.

L'andamento delle concentrazioni medie annuali di tutti gli IPA analizzati evidenzia per il 2020 presso le stazioni di Beinasco TRM, Druento e Torino Lingotto un incremento delle concentrazioni rispetto al biennio precedente 2018-2019. Risulta invece in diminuzione, rispetto al 2019, solamente la concentrazione totale misurata presso la stazione di Torino Rebaudengo, come mostrato in Figura 19.

Nonostante l'incremento registrato rispetto al 2019, nelle stazioni prese in considerazione per il confronto, si conferma il trend di diminuzione delle concentrazioni rispetto al biennio 2016 – 2017.

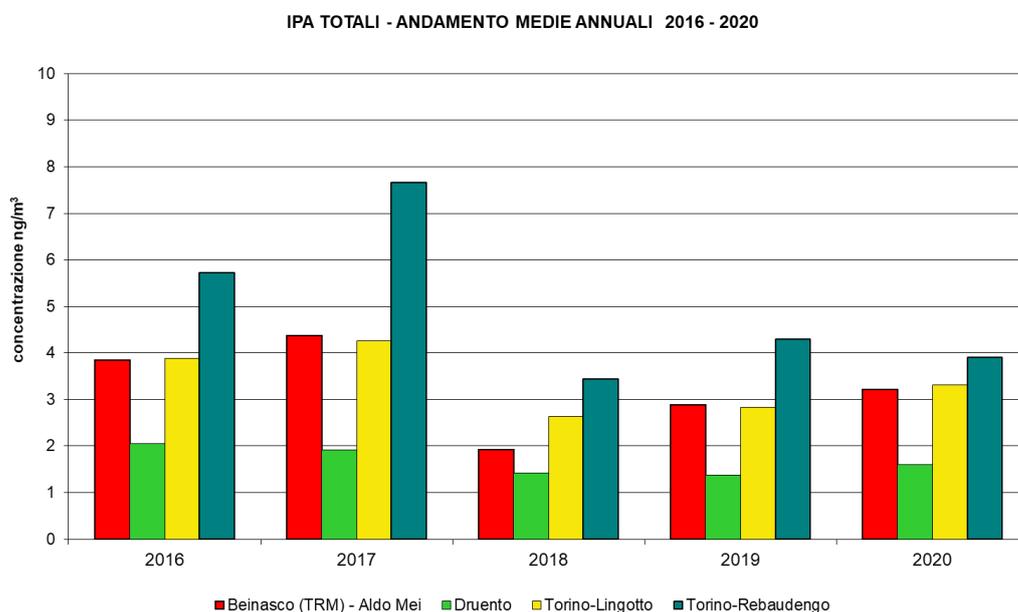


Figura 19 - Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco e in altre stazioni di confronto nel periodo 2016 - 2020

Analizzando nello specifico i dati registrati presso la centralina di Beinasco TRM nel 2020, si evince che l'incremento rispetto all'anno precedente è dovuto all'aumento delle concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene (+20%), benzo(b+j+k)fluorantene (+19%) indeno(1,2,3-cd)pirene (+13%); solamente per il benzo(a)antracene si è constatata una diminuzione della concentrazione, del 13%. Come già evidenziato in precedenza, l'istogramma di Figura 19 mostra che le concentrazioni degli IPA rilevati a Beinasco TRM sono praticamente uguali a quelle rilevate presso la stazione di Torino Lingotto.

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 le concentrazioni maggiori sono stati gennaio, febbraio e dicembre, situazione analoga altri inquinanti e 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.

Nel periodo primaverile ed estivo, invece, si verificano condizioni di ventilazione e turbolenza anche a basse quote che facilitano la dispersione degli inquinanti; le maggiori temperature, inoltre, favoriscono la volatilizzazione degli IPA. Per questi motivi, ed anche a causa delle minori emissioni

da riscaldamento domestico a biomasse legnose, da maggio a settembre sono state rilevate concentrazioni di IPA prossime o pari ai limiti di rilevabilità.

IPA nel PM10 stazione TRM Beinasco, andamento mensile - Anno 2020

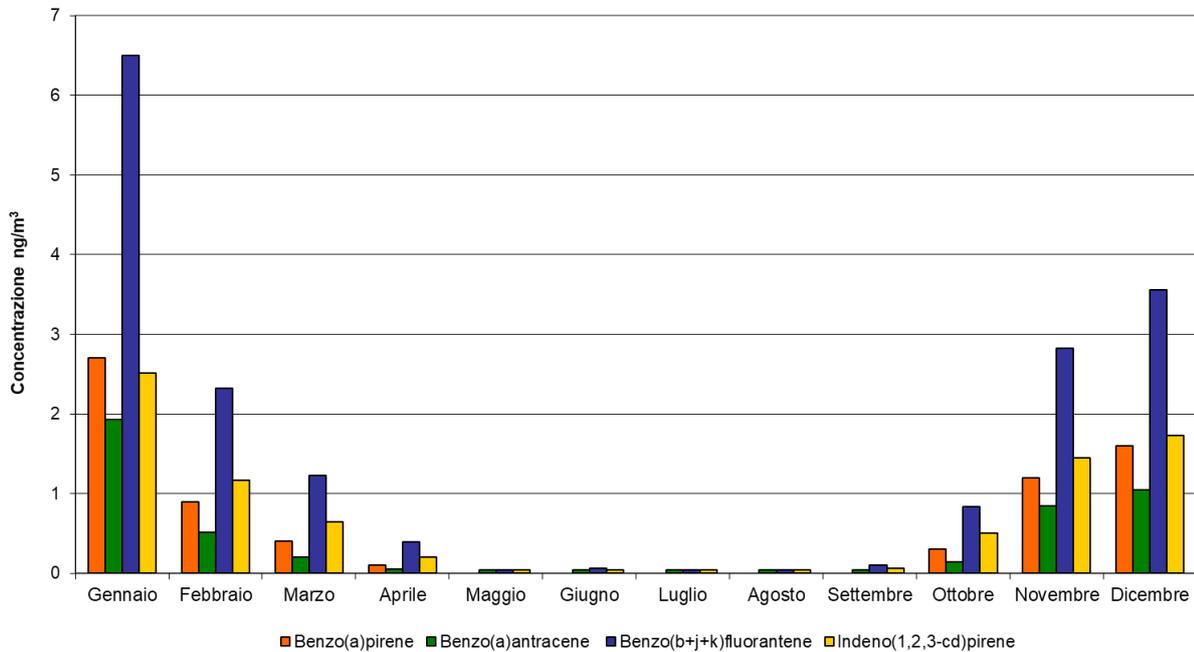


Figura 20 - Concentrazione degli IPA rilevati nel PM10 presso la stazione TRM Beinasco – Aldo Mei nel 2020

Relativamente al benzo(a)pirene, il limite normativo annuale di 1 ng/m³ previsto dal D.Lgs 155/2010 è stato rispettato presso la stazione di Beinasco TRM, così come nelle altre stazioni considerate.

In Figura 21 sono riportati gli andamenti mensili delle concentrazioni di benzo(a)pirene determinate nelle stazioni poste a confronto. I mesi con le concentrazioni più elevate di B(a)P rispetto al resto dell'anno sono stati gennaio, febbraio e dicembre, mesi durante i quali si presentano le condizioni di stabilità atmosferica che favoriscono l'accumulo di inquinanti.

Le maggiori concentrazioni sono state misurate presso le stazioni urbane di traffico di Torino Rebaudengo e di Torino Grassi.

Benzo(a)pirene nel PM10, andamento mensile - Anno 2020

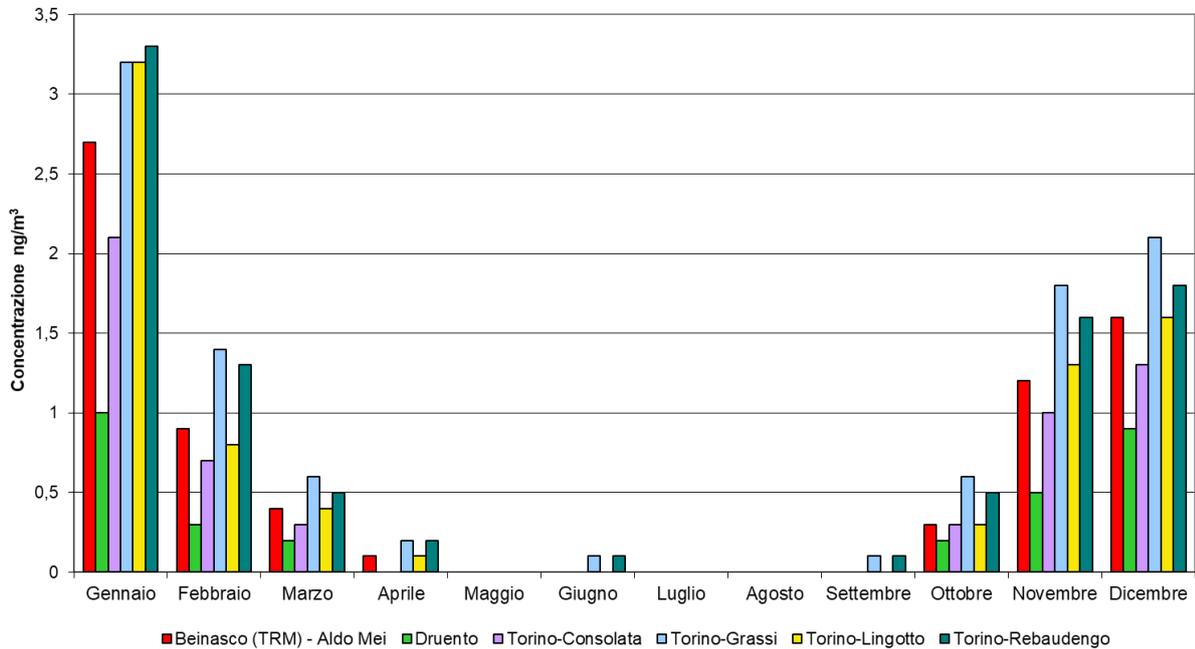


Figura 21 - Concentrazione di Benzo(a)Pirene nel PM10, andamento mensile nel 2020

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 farà 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*, 2nd 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.

Occorre innanzitutto considerare che in generale 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 metilmercurio⁶. Quest'ultimo è in assoluto la forma maggiormente tossica e biodisponibile per gli organismi viventi⁷.

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)⁸.

Più precisamente, il mercurio elementare si ritrova in aria ambiente a concentrazioni dell'ordine dei ng/m³, mentre il mercurio sul particolato, le specie bivalenti gassose e i composti del tipo del

⁶ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 167

⁷ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 16

⁸ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 4

metilmercurio hanno valori dell'ordine dei pg/m^3 ^{9 10}. Ciò è legato al fatto che, mentre i tempi di 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 ore¹¹.

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 $2\text{-}4 \text{ ng}/\text{m}^3$ e $10 \text{ ng}/\text{m}^3$. Il documento *Ambient Air Pollution by Mercury-Position Paper* indica che concentrazioni tipiche sono dell'ordine di $1.2\text{-}3.7 \text{ ng}/\text{m}^3$, con punte nei siti più impattati dell'ordine di $20\text{-}30 \text{ ng}/\text{m}^3$; questi valori sono confermati anche dai dati più recenti messi a disposizione dall'Agenzia Europea dell'Ambiente¹².

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 $1,66 \text{ ng}/\text{m}^3$ per il mercurio elementare gassoso;
- tra $6,42$ e $7,20 \text{ pg}/\text{m}^3$ per il mercurio presente sul $\text{PM}_{2.5}$;
- tra $0,73$ e $1,72 \text{ pg}/\text{m}^3$ per il mercurio ossidato in fase gassosa.

La stazione di Torchiarolo (BR), suburbana di tipo industriale, ha rilevato nel 2020 un valore di media annuale pari a $2.6 \text{ ng}/\text{m}^3$, con un massimo orario di $23.0 \text{ ng}/\text{m}^3$. La stazione di Monte Sant'Angelo (FG), di fondo rurale, ha registrato nel 2019 una media di $1.7 \text{ ng}/\text{m}^3$, con un massimo di $4.0 \text{ ng}/\text{m}^3$.

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 $1000 \text{ ng}/\text{m}^3$ come media annuale per il mercurio inorganico¹³;

⁹ Ambient Air Pollution by Mercury –Position Paper, pag. 114

¹⁰ AMAP/UNEP Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, tabella 3.3 pag. 47

¹¹ 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

¹² Si veda il rapporto EEA *Air quality in Europe — 2015 report*, pag. 38

¹³ 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,

- l'RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency), pari a 300 ng/m³ per il mercurio elementare¹⁴;
- l'MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica definito dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), pari a 200 ng/m³ per il mercurio elementare¹⁵.

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 2020 sono riassunti nella Tabella 11, mentre la Tabella 12 riporta nel dettaglio le concentrazioni medie mensili.

Tabella 11 - Mercurio elementare gassoso: indicatori statistici anno 2020

Mercurio elementare gassoso (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei
<i>Minima media giornaliera</i>	2
<i>Massima media giornaliera</i>	6
<i>Media delle medie giornaliere</i>	4
<i>Giorni validi</i>	349
<i>Percentuale giorni validi</i>	95%
<i>Media dei valori orari</i>	4
<i>Massima media oraria</i>	15
<i>Ore valide</i>	8387
<i>Percentuale ore valide</i>	95%

Tabella 12 - Mercurio elementare gassoso: concentrazioni medie mensili anno 2020

Mercurio elementare gassoso (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
<i>Gennaio</i>	4
<i>Febbraio</i>	4
<i>Marzo</i>	4
<i>Aprile</i>	4
<i>Maggio</i>	4
<i>Giugno</i>	4
<i>Luglio</i>	4
<i>Agosto</i>	4
<i>Settembre</i>	4
<i>Ottobre</i>	3
<i>Novembre</i>	4
<i>Dicembre</i>	4

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

¹⁴ 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

¹⁵ 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 PM₁₀, 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 PM₁₀ sono riportate in Tabella 13.

Tabella 13 - Mercurio sul PM₁₀: Concentrazioni medie mensili anno 2020

Mercurio sul PM₁₀ (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei
Gennaio	< 0,14
Febbraio	< 0,16
Marzo	< 0,14
Aprile	< 0,15
Maggio	< 0,14
Giugno	< 0,15
Luglio	< 0,15
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 2020 si sono costantemente assestati attorno ad alcuni ng/m³, con un massimo assoluto orario, verificatosi a settembre e ad ottobre, pari a 15 ng/m³.

Sotto il profilo della protezione della salute, anche considerando la somma delle due forme di mercurio aerodisperso (gassoso e presente sul PM₁₀), 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 2020. 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

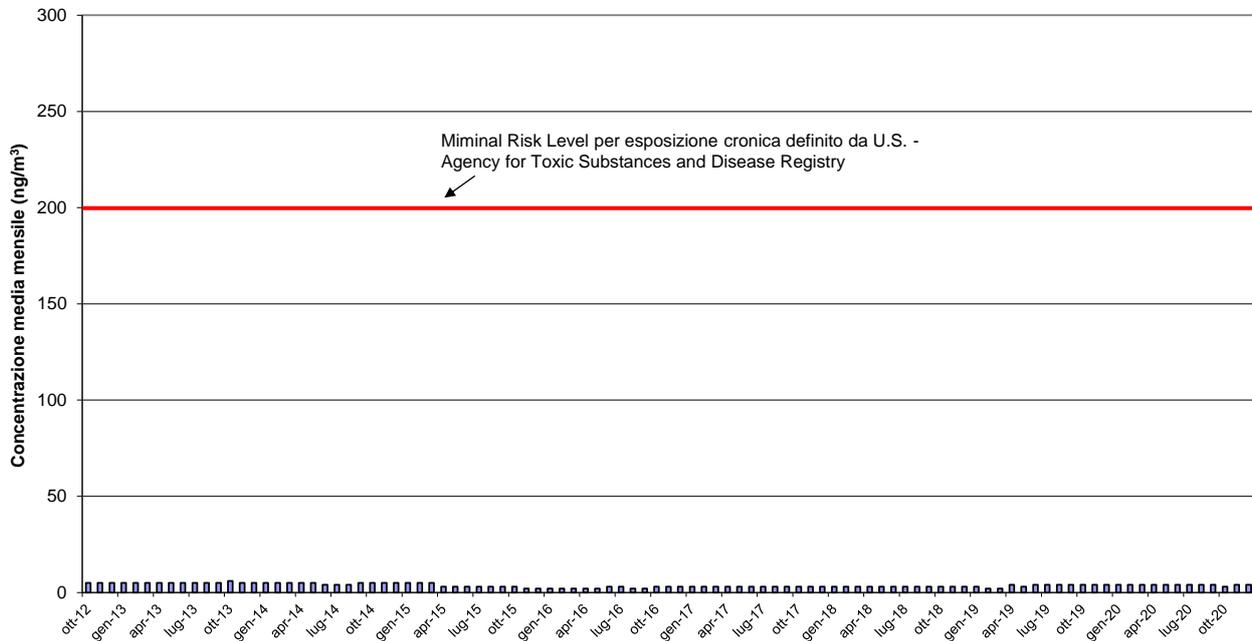


Figura 22 - Andamento delle concentrazioni mensili di mercurio nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2012 al 2020

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 PM10:

- un valore limite per il piombo, espresso come media annuale e pari a $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- valori obiettivo, anch'essi espressi come media annuale, per arsenico ($6 \text{ ng}/\text{m}^3$), cadmio ($5 \text{ ng}/\text{m}^3$) e nichel ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$).

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 2020 per arsenico, cadmio, nichel e piombo sul PM10 relativi alla stazione TRM e ad una serie di altre stazioni fisse utilizzate a scopo di confronto.

Tabella 14 - Arsenico sul PM10: indicatori statistici anno 2020

Arsenico sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m^3)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino- Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2020	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Giorni validi:	358	303	292	317	339	359
% giorni validi:	98%	83%	80%	87%	93%	98%

Tabella 15 - Cadmio sul PM10: indicatori statistici anno 2020

Cadmio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino- Consolata	Torino - Grassi	Torino Lingotto	Torino- Rebaudengo
Media 2020	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Giorni validi:	358	303	292	317	339	359
% giorni validi:	98%	83%	80%	87%	93%	98%

Tabella 16 - Nichel sul PM10: indicatori statistici anno 2020

Nichel sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2020	1.7	1.2	3.4	4.0	1.3	2.1
Giorni validi:	358	303	292	317	339	359
% giorni validi:	98%	83%	80%	87%	93%	98%

Tabella 17 - Piombo sul PM10: indicatori statistici anno 2020

Piombo sul PM10 (valori di conc. espressi in µg/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Druento	Torino Consolata	Torino Grassi	Torino Lingotto	Torino Rebaudengo
Media 2020	0.005	0.003	0.007	0.010	0.005	0.011
Giorni validi:	358	303	292	317	339	359
% giorni validi:	98%	83%	80%	87%	93%	98%

Si osserva in generale che i valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei sono confrontabili con quelli della stazione di fondo urbano di Torino-Lingotto 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 Mandria¹⁶.

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);

¹⁶ 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

- gli MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica/subcronica definiti dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

La stessa documentazione è stata utilizzata per identificare gli intervalli di concentrazione tipici in aria ambiente. Nella Tabella 18 è riportato un riepilogo dei valori di riferimento.

Tabella 18 - Metalli sul PM10 non normati – valori di riferimento

Metallo	Linea guida O.M.S. (ng/m ³)	U.S. EPA RfC (ng/m ³)	ATSDR MRL (ng/m ³)	Valori tipici in aria ambiente secondo O.M.S. (ng/m ³)	Valori tipici in aria ambiente secondo ATSDR (**) (ng/m ³)
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) 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 4×10^{-2} per un'esposizione a 1000 ng/m³ per l'intero arco della vita

Va considerato che 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 Settimo Torinese; quest'ultime due hanno sostituito dal 2019 le stazioni di Torino-Lingotto e Torino-Grassi, per le quali si dispone dei dati sui metalli fino ad agosto 2017.

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 (PM10 - PM2.5) del particolato, ma si può originare anche dai processi di combustione come ossidi di ferro e quindi ritrovare nella frazione PM2.5.

Dalla Tabella 19 alla Tabella 26 sono riportati gli indicatori statistici dell'anno 2020 per i metalli citati sul PM10 relativi alla stazione di Beinasco–Aldo Mei e alle altre stazioni fisse del territorio provinciale su cui vengono determinati gli stessi analiti.

Tabella 19 - Antimonio sul PM10: indicatori statistici anno 2020

Antimonio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) -Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	1.7	1.8	3.3	1.9
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Tabella 20 - Cromo sul PM10: indicatori statistici anno 2020

Cromo sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	5.1	5.8	9.1	6.0
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Tabella 21 - Ferro sul PM10 – indicatori statistici anno 2020

Ferro sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	584.4	594.8	839.9	735.2
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Tabella 22 - Manganese sul PM10 – indicatori statistici anno 2020

Manganese sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	11.4	9.9	11.8	12.5
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Tabella 23 - Rame sul PM10 – indicatori statistici anno 2020

Rame sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	17.0	21.9	35.1	21.2
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Tabella 24 - Selenio sul PM10: indicatori statistici anno 2020 (N.B.: il Selenio è determinato solo sui campioni di Beinasco TRM)

Selenio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei
Media del periodo	0.7
Giorni validi	358
Percentuale giorni validi	98%

Tabella 25 - Vanadio sul PM10 – indicatori statistici anno 2020

Vanadio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	0.7	0.7	0.7	0.7
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Tabella 26 - Zinco sul PM10 – indicatori statistici anno 2020

Zinco sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m³)	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	Settimo T.se	TO Rebaudengo	TO Rubino
Media del periodo	27.9	31.6	35.0	35.0
Giorni validi	358	339	359	328
Percentuale giorni validi	98%	93%	98%	90%

Per i metalli non normati, non essendo disponibile una stazione di confronto di fondo rurale, i dati rilevati presso la stazione di Beinasco-Aldo Mei risultano tra i più bassi dell'area urbana e sono in generale confrontabili con quelli della stazione di fondo urbano di Torino-Rubino.

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 18); 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

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 Dibenzo-p-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 27 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 27 - Fattori di Tossicità Equivalente

	I-TEF (NATO/CCMS, 1988) ¹⁷	WHO-TEF¹⁸ (WHO, 2005)
PCDD/PCDF		
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
PCB		
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.

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

¹⁷ 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

¹⁸ 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.

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/m³.

L'unità di misura con cui vengono espressi gli esiti per le diverse sommatorie di PCB in qualità dell'aria è: pg/m³ per i PCB totali, mentre per i PCB dioxin like è: pg WHO-TEQ/m³.

L'unità di misura con cui viene espressa la sommatoria di PCDD/DF + PCB dioxin-like in qualità dell'aria è fg WHO-TEQ/m³.

Periodicamente il laboratorio microinquinanti di Arpa esegue la rivalutazione del limite di quantificazione relativo ai parametri determinati. In particolare, a fine 2020 è stata applicata la modifica al limite di quantificazione di PCB.

Il limite di quantificazione è calcolato utilizzando il valore medio delle concentrazioni rilevate nei bianchi di processo realmente eseguiti negli ultimi due anni a cui si aggiunge la deviazione standard, corretta per un fattore moltiplicativo pari a 5 (U.RP.N191, 5.3. Limite di quantificazione).

Il nuovo limite di quantificazione dei PCB è aumentato rispetto al valore utilizzato in precedenza. Nel caso di campioni con un elevato numero di congeneri non quantificati, tale variazione incide maggiormente nel calcolo delle sommatorie; la variazione nei dati è particolarmente evidente nei campioni di deposizione atmosferica a partire dal mese di agosto 2020.

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 Immissioschutz - Comitato degli Stati per la protezione ambientale) pari a:

Linea guida per aria ambiente: 150 fg I-TEQ/m³.

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/m³.

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 28 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 (2020) che nell'anno precedente (2019).

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

Tabella 28 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
Unità di misura	fg I-TEQ m ⁻³	pg WHO-TEQ m ⁻³	pg m ⁻³	fg WHO-TEQ m ⁻³
GENNAIO '19	38,6	0,00345	128	42,4
FEBBRAIO '19	32,4	0,00288	149	31,9
MARZO '19	6,30	0,00196	173	7,48
APRILE '19	4,57	0,00178	146	5,93
MAGGIO '19	3,73	0,00224	158	5,36
GIUGNO '19	3,35	0,00437	202	8,06
LUGLIO '19	2,86	0,00379	215	6,96
AGOSTO '19	2,00	0,00342	149	5,61
SETTEMBRE '19	3,33	0,00377	170	7,30
OTTOBRE '19	9,48	0,00256	158	11,25
NOVEMBRE '19	11,0	0,00186	107	12,39
DICEMBRE '19	28,1	0,00273	120	27,25
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 '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

* 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

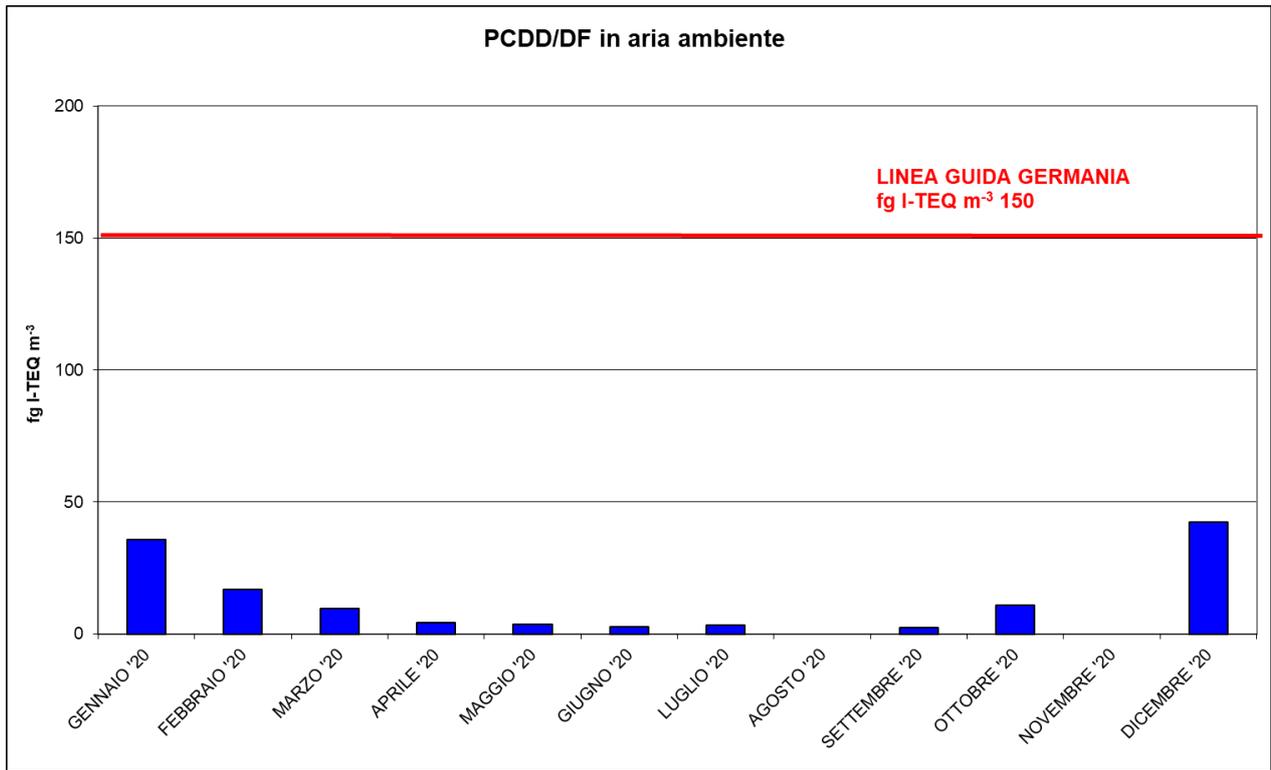


Figura 23 - Concentrazioni di PCDD e PCDF in aria ambiente anno 2020

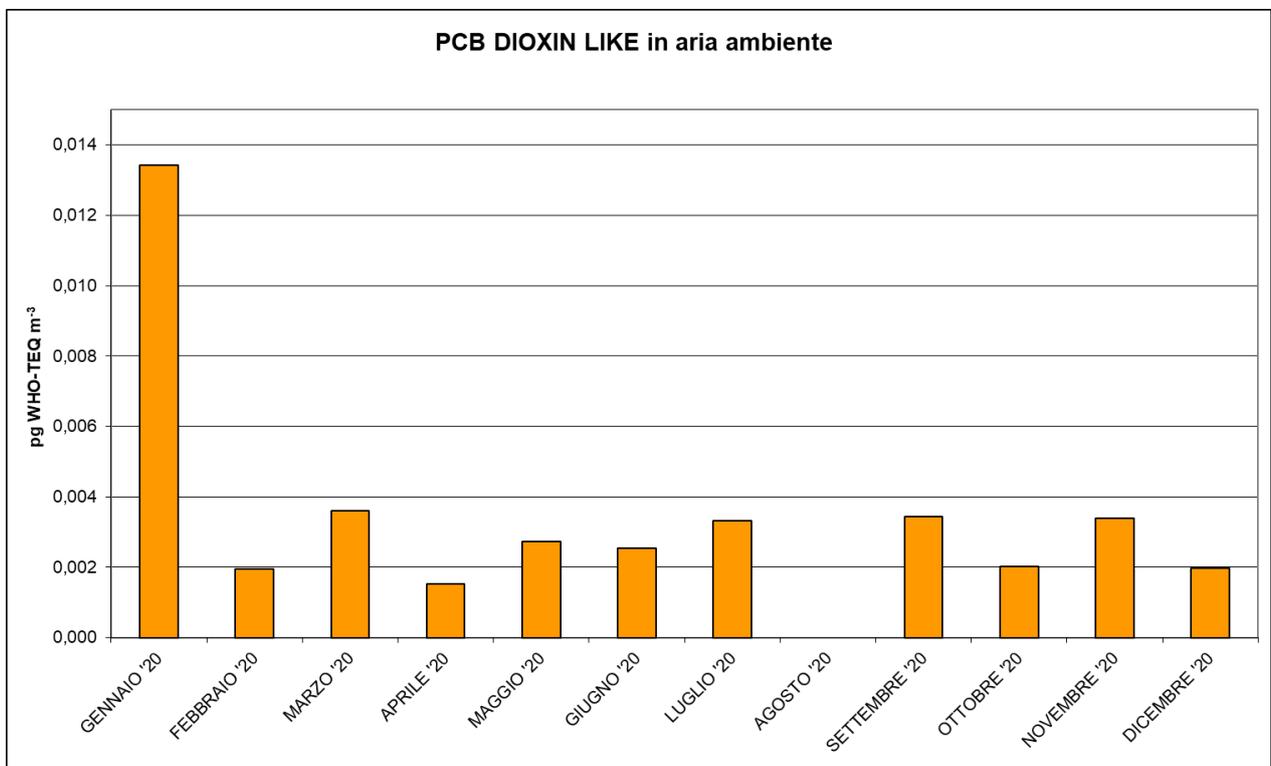


Figura 24 - Concentrazioni di PCB dioxin like in aria ambiente anno 2020

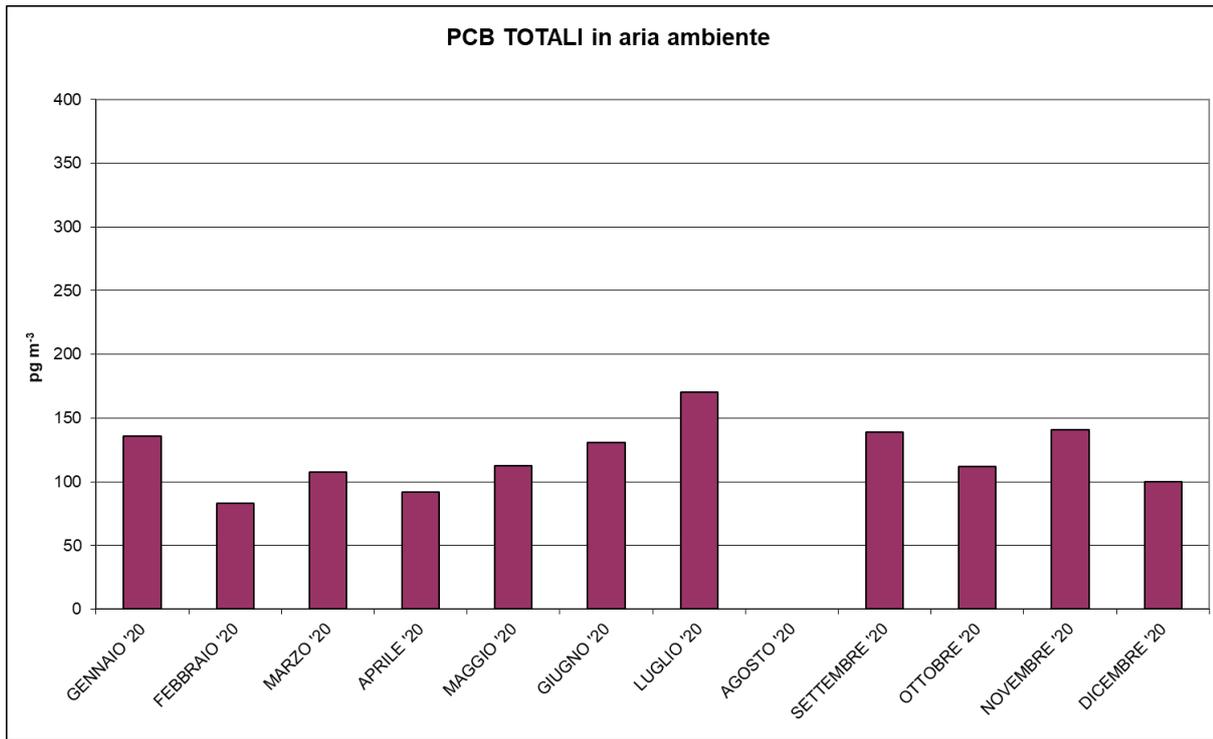


Figura 25 - Concentrazioni di PCB Totali in aria ambiente anno 2020

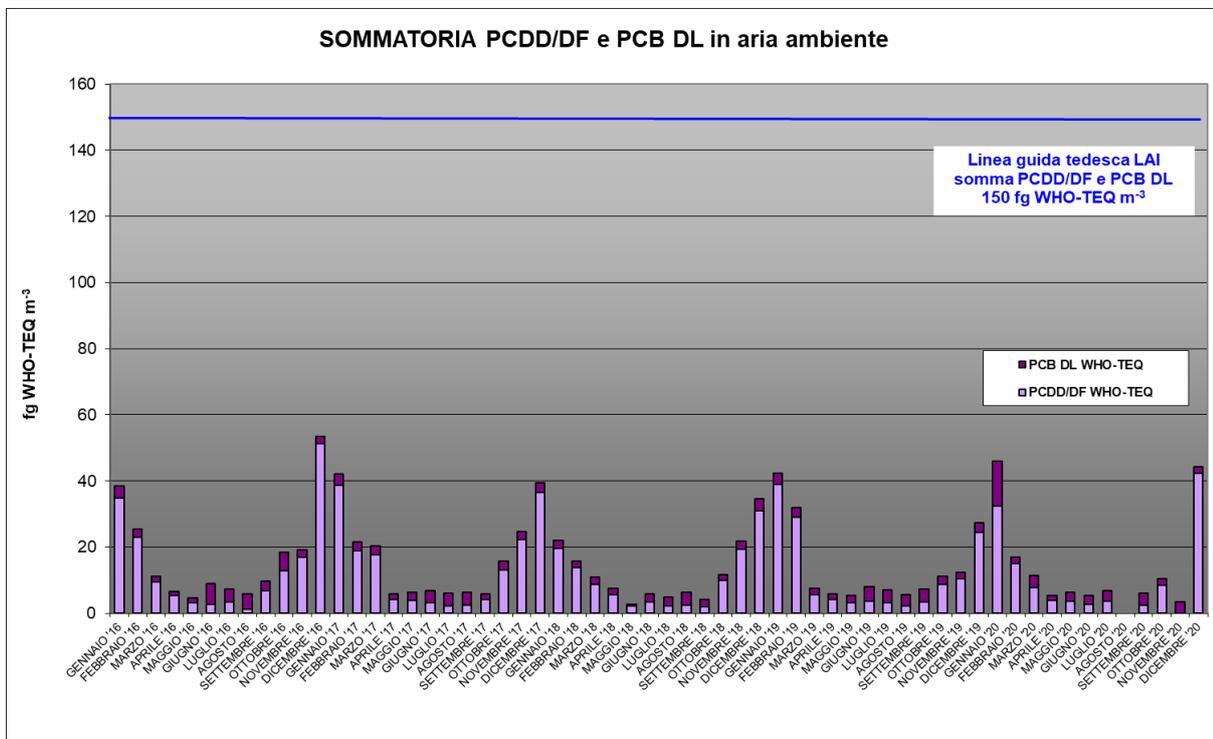


Figura 26 – Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente dal 2016

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 ampiamente 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.

Avendo a disposizione una lunga serie di dati analitici relativi al monitoraggio, nella Tabella 29 si riportano le medie annuali dei parametri monitorati.

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

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
<i>ANNO / UdM</i>	fg I-TEQ m ⁻³	pg WHO-TEQ m ⁻³	pg m ⁻³	fg WHO-TEQ m ⁻³
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

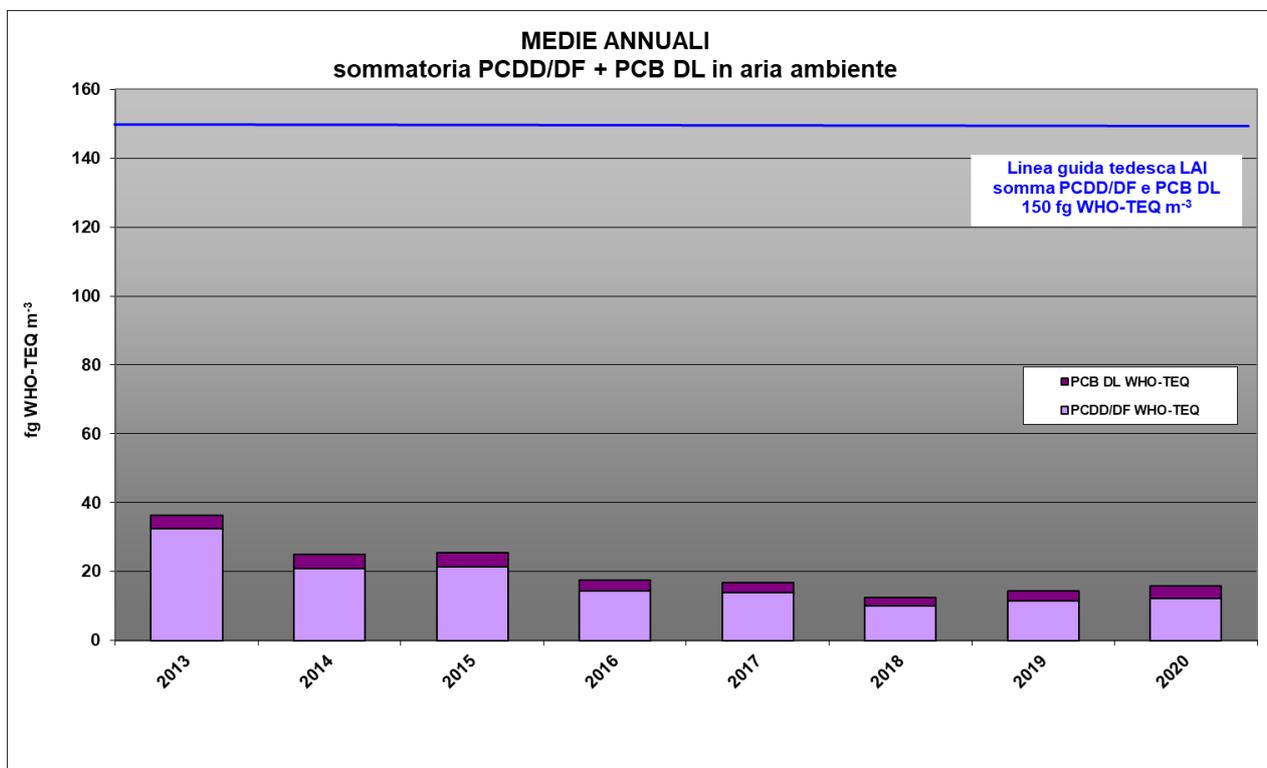


Figura 27 – Medie annuali sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente

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 quindi 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.

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 m².

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 che 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 non presidiato ISTISAN 06/38 - Deposimetro – foto e rappresentazione schematica installazione bulk

3.2 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Per un approfondimento sulle principali caratteristiche di questi composti si può fare riferimento al paragrafo 2.5 sulla qualità dell'aria.

Secondo il Dlgs 155/2010 la presenza di benzo(a)pirene nell'aria ambiente non deve superare 1 ng/m³ come media annuale nella frazione PM₁₀, 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, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, 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, applicando il 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 2020 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 situati nei siti¹⁹ di:

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

Come per gli altri anni, nei siti della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria i contenitori per la determinazione degli IPA sono stati alternati a quelli per la determinazione dei Metalli, con delle importanti eccezioni dovute alla situazione sanitaria emergenziale del 2020.

È opportuno infatti sottolineare che la pandemia di Covid-19 ha avuto un impatto significativo anche sui campionamenti delle deposizioni atmosferiche. Per un lungo periodo durante il lockdown

¹⁹ Si ricorda che, a partire dal 2019, la stazione di Baldissero Torinese ha previsto la misurazione di Metalli e non di IPA e quindi non si hanno dati a disposizione per il confronto con la stazione di Beinasco Aldo Mei.

primaverile del 2020, non è stato possibile raggiungere le stazioni di misura della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria.

A marzo è stato possibile installare i deposimetri solamente presso la stazione di Beinasco Aldo Mei, diventata poi irraggiungibile per tutto il mese di aprile, a causa della chiusura di tutti i parchi e giardini pubblici. Il campionamento previsto per il mese di marzo si è quindi prolungato fino alla metà di maggio, quando il sito è diventato nuovamente accessibile. Il campionamento di giugno si è svolto regolarmente dal 12 giugno al 13 luglio, mentre il campione successivo è rimasto in sito quasi due mesi, da metà luglio ai primi di settembre. Da settembre 2020 i campionamenti si sono normalizzati, e hanno avuto durate approssimative di 30 giorni.

Per quanto riguarda le stazioni fisse di Orbassano, Grugliasco e Rivalta, a causa dell'inaccessibilità dei siti, non è stato possibile svolgere campionamenti dal 6 marzo al 5 agosto 2020. L'installazione dei deposimetri è ripresa in maniera regolare ad inizio agosto (con l'analisi dei metalli) ed è continuata fino alla fine dell'anno.

Nell'interpretazione dei dati è quindi importante tenere presente che, per la stazione di Beinasco Aldo Mei, i dati annuali del 2020 si possono considerare attendibili e significativi, dal momento che il monitoraggio è stato continuo, benché in 2 periodi dell'anno il campionamento si è prolungato da 1 a 2 mesi. Per le altre stazioni della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria, i dati annuali hanno, invece, una valenza parziale e poco rappresentativa, mancando completamente i campionamenti di 7 mesi, da febbraio ad agosto 2020.

Nella Tabella 30, sono riportati i dati di IPA relativi ai campioni raccolti e analizzati nel 2020 e nel quadriennio precedente (2016-2019) 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 TRM (l'unico che presenta una serie mensile significativa nel 2020) la concentrazione media annua di benzo(a)pirene, benzo(b+j+k)fluorantene e indeno(1,2,3-cd)pirene, è diminuita rispetto al 2019 e a tutti gli anni di misura precedenti. Il valore annuale del benzo(a)antracene aumenta leggermente nel 2020, ma rimane tuttavia inferiore alla media dei sette anni precedenti (6.4 µg/m²*d).

Per le altre stazioni di monitoraggio, il dato medio annuale risente, in termini di rappresentatività, del basso numero di campioni mensili svolti nel 2020 a causa della pandemia. Di fatto per i siti di Grugliasco, Rivalta e Orbassano sono disponibili i dati di IPA nelle deposizioni solo per gennaio, settembre e novembre, mentre mancano i campioni del periodo primaverile-estivo. Dal momento che in genere i livelli più elevati di IPA si registrano nel periodo invernale - quando maggiori sono le fonti emmissive - e i valori al di sotto del limite di rilevabilità sono tipici della maggior parte dei mesi estivi - quando la radiazione solare favorisce la loro degradazione, i dati annuali del 2020 delle stazioni di confronto con quella TRM appaiono sovrastimati sia rispetto alla stazione di Beinasco Aldo Mei, sia nel confronto con gli anni passati.

Tabella 30 – IPA nelle deposizioni – Indicatori statistici anni 2016-2020 µg/m²*d

STAZIONE	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
	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	9.4	21.0	19.4	9.7	5.5	4.6	13.2	10.6	3.8	4.8	18.4	31.9	35.7	14.4	12.4
RIVALTA*	10.1	15.1	10.6	4.0	16.1	9.3	17.1	22.2	8.6	20.7	5.7	9.0	8.8	3.5	18.4	21.9	24.0	35.9	13.7	8.2
ORBASSANO*	8.9	11.2	7.8	6.6	9.6	11.4	18.0	18.1	11.2	33.0	8.4	10.6	6.5	7.8	24.6	24.9	25.4	28.2	19.5	18.4
BEINASCOS (TRM)	6.2	10.3	7.9	6.6	5.9	9.9	18.5	10.2	9.9	6.0	4.5	7.5	4.9	4.2	5.0	18.2	22.8	17.7	18.0	10.3

*Stazioni con una bassa rappresentatività annuale nel 2020, per mancanza di campioni primaverili-estivi

In Figura 29 sono messi a confronto, in percentuale, i dati delle deposizioni totali di TRM del 2019 e del 2020. Come si può notare, il Benzo(a)pirene, considerato critico per l'uomo, non risulta essere preponderante rispetto agli altri contaminanti, benché il suo contributo sia leggermente aumentato nel 2020 (22%) rispetto al 2019 (17%).

Dal grafico di Figura 29 si evidenzia, inoltre, che il benzo(a)antracene, oltre ad aumentare leggermente in valore assoluto nel 2020 rispetto al 2019, aumenta anche la propria percentuale sul totale degli IPA misurati.

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 atmosferiche²⁰.

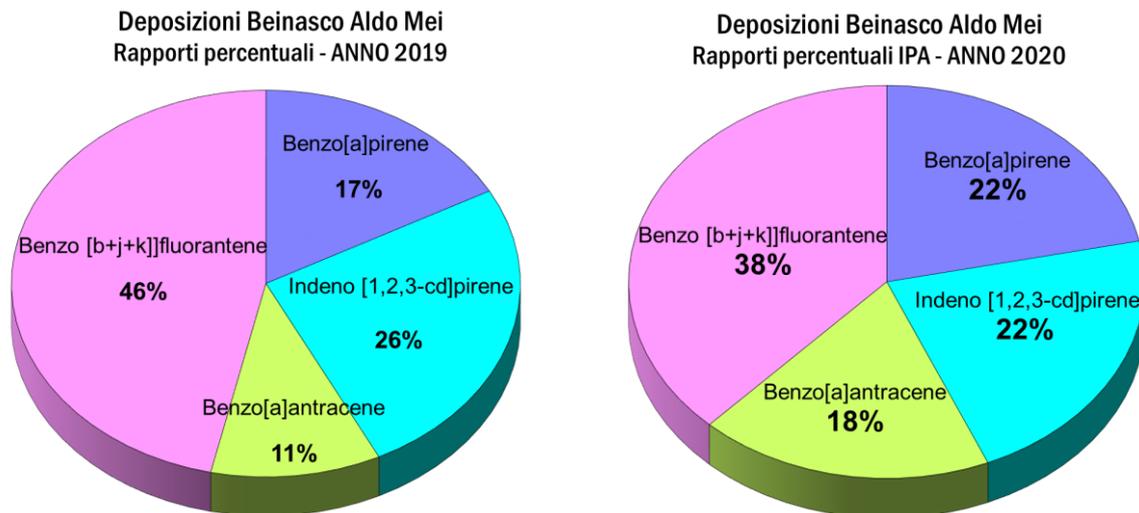


Figura 29- Rapporto percentuale IPA 2019 e 2020 TRM Beinasco Aldo Mei

In Figura 30 sono rappresentati in valori assoluti i contributi di ogni IPA, nei 4 siti di campionamento. Per favorire il confronto tra le stazioni, per Beinasco Aldo Mei è stata aggiunta al grafico la barra dei valori assoluti calcolata solo rispetto ai mesi di gennaio, settembre e novembre, gli unici per i quali si hanno a disposizione le deposizioni atmosferiche per le stazioni di supporto di Grugliasco, Rivalta e Orbassano.

Nella Figura 31 sono riportati i flussi annuali del benzo(a)pirene nei campioni di deposizioni atmosferiche in tutti i siti di monitoraggio considerati per il confronto.

Nel 2020 le concentrazioni annue di benzo(a)pirene nelle deposizioni atmosferiche campionate a Beinasco Aldo Mei sono leggermente diminuite rispetto al 2019, confermando il trend in discesa a partire dal 2017, i cui alti valori di IPA sono stati imputati ad una meteorologia annua sfavorevole ai valori di picco del periodo autunnale per il divampare dei numerosi e intensi incendi boschivi nelle valli alpine della Città Metropolitana di Torino. Il leggero calo nelle concentrazioni di B(a)P nelle deposizioni può, tuttavia, anche essere conseguenza diretta della diminuzione delle fonti primarie di produzione del contaminante stesso quali emissioni da motori diesel e a benzina e di alcune attività industriali, durante il lungo periodo di lockdown primaverile.

²⁰ Barbora Nežiková et al. (2019) Bulk atmospheric deposition of persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in Central Europe - Environmental Science and Pollution Research

Confronto flussi deposizioni totali IPA nel 2020

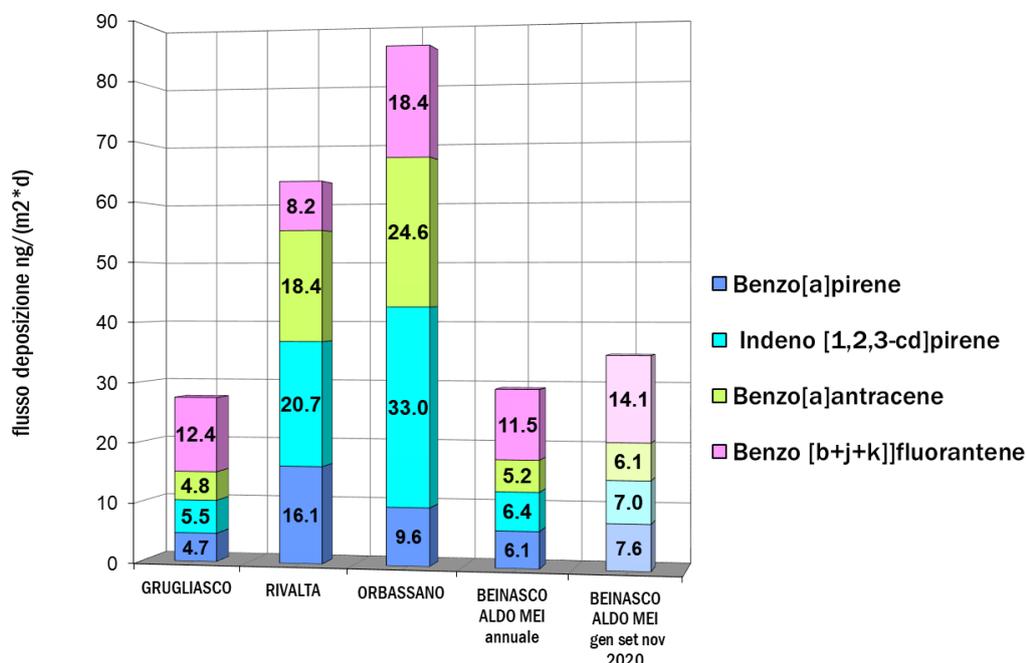


Figura 30 - Grafico di confronto flussi deposizioni totali nel 2020

Come per il monitoraggio degli anni precedenti, i valori di B(a)P registrati nella stazione di Beinasco Aldo Mei nel 2020 si inseriscono pienamente tra quelli reperibili in letteratura, sia in ambito nazionale sia nel contesto europeo – come è possibile evidenziare dal confronto dei dati della Tabella 31. Per gli altri siti di misura della Rete Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria considerati per il confronto, i dati di B(a)P del 2020 e degli altri IPA (Figura 32, Figura 33 e Figura 34) paiono aumentare rispetto agli anni precedenti, ma si tratta di una chiara sovrastima per la mancanza di campionamenti svolti nel periodo primaverile a causa dell'emergenza sanitaria.

Tabella 31 – Dati di letteratura per il benzo[a]Pirene

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

Deposizioni totali:
 Benzo(a)pirene

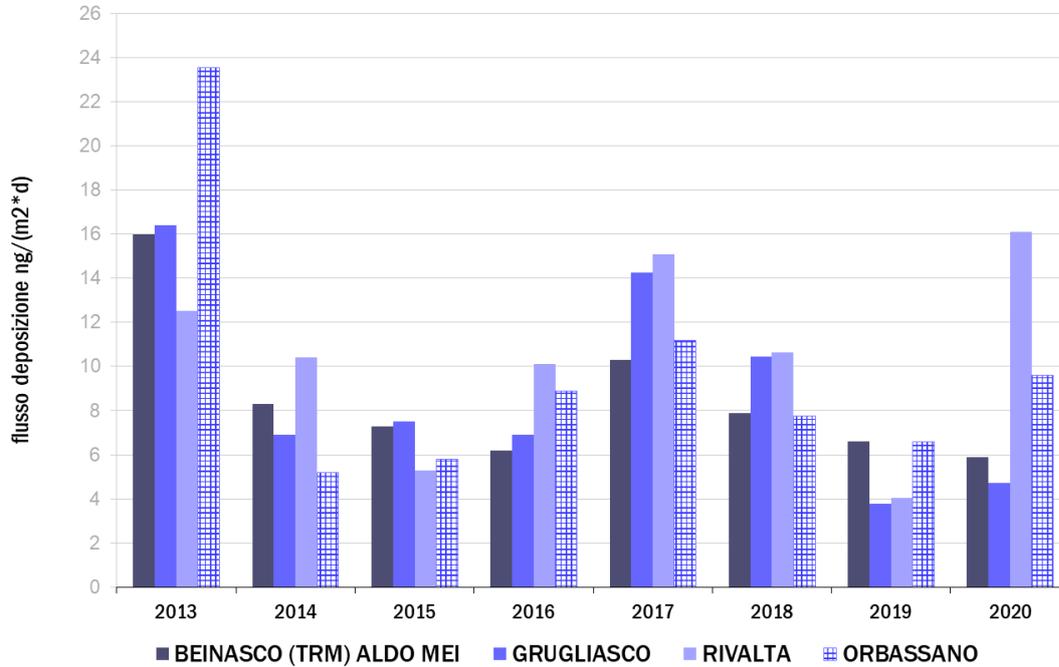


Figura 31- Benzo(a)Pirene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2020

Deposizioni totali:
 Indeno(1,2,3-cd)pirene

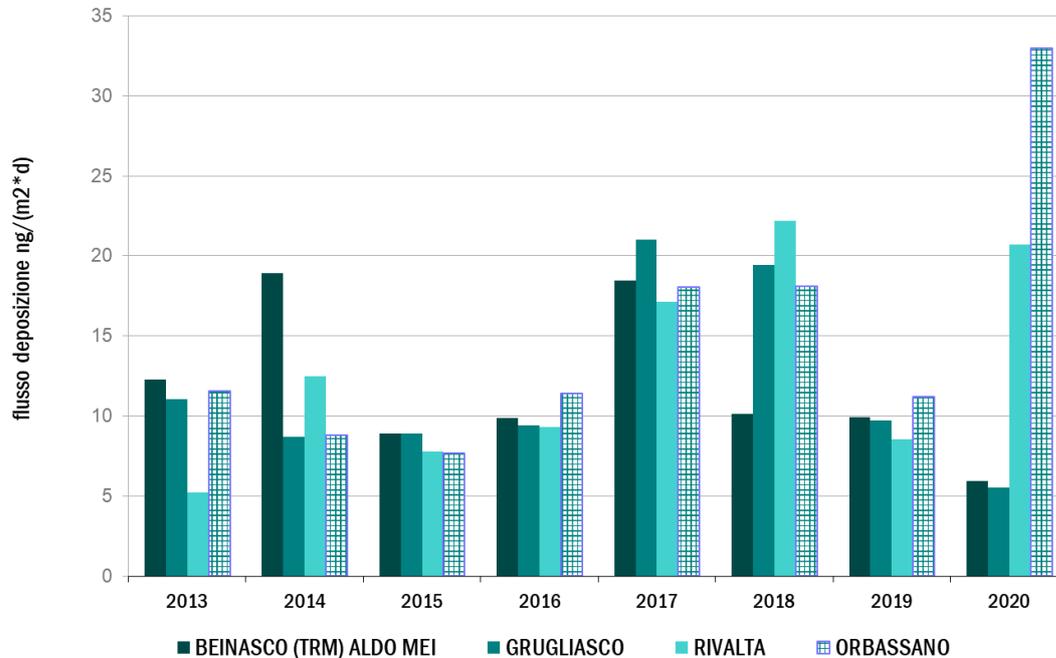


Figura 32 - Indeno(1,2,3-cd)pirene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2020

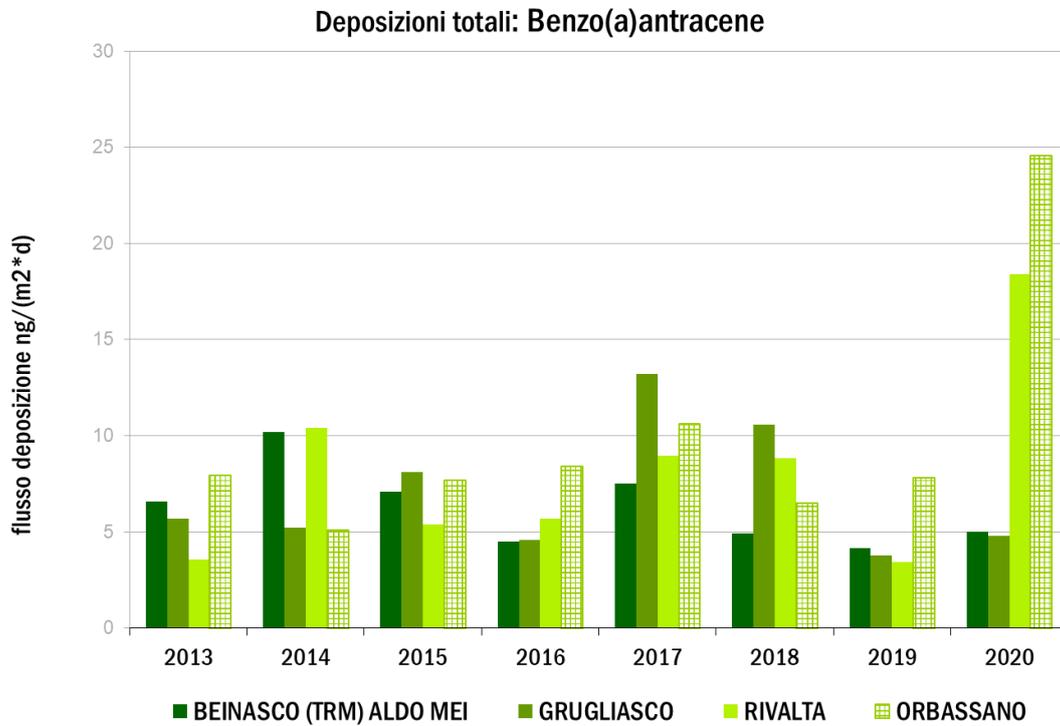


Figura 33 - Benzo(a)antracene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2020

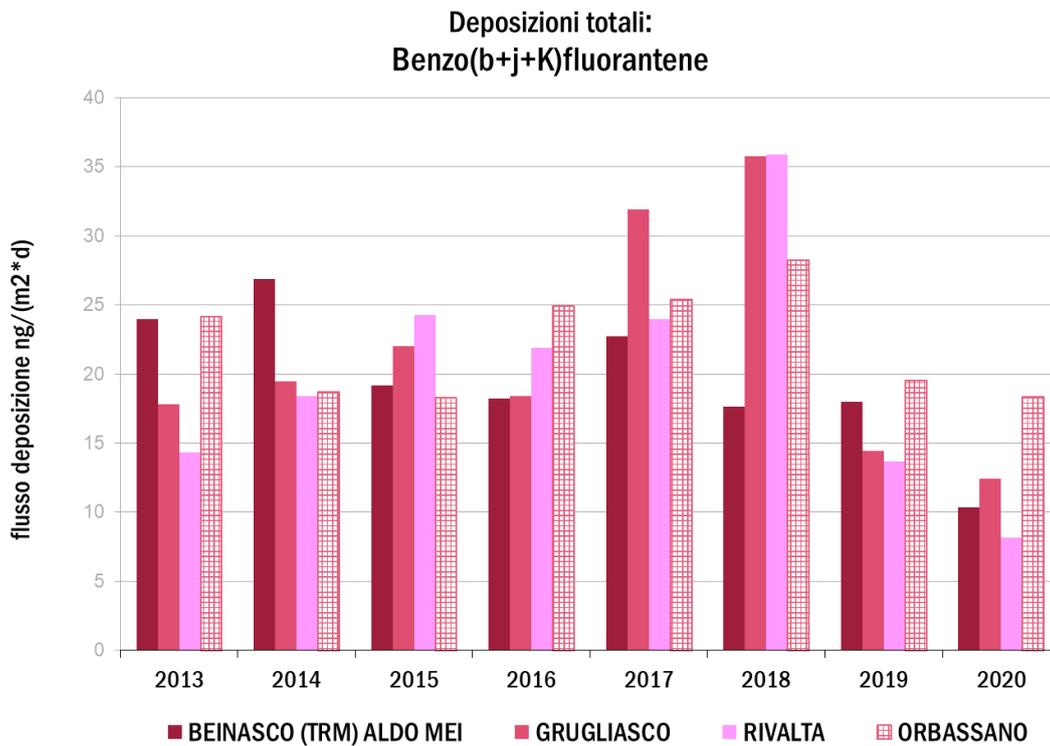


Figura 34 - Benzo(b+j+k)fluorantene nelle deposizioni: confronto andamento 2013-2020

3.3 Metalli

Con D.G.P. n. 1317- 433230/2006 è stato previsto di ricercare nelle stazioni di misura delle deposizioni atmosferiche totali 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 (μg) depositato sull'unità di superficie (m^2) nell'unità di tempo (d) in un periodo di riferimento annuale. In Tabella 32 è riportata la tabella 7 estratta da ISTISAN 06/43 con i valori medi internazionali per alcuni metalli analizzati nelle deposizioni atmosferiche totali.

Tabella 32 – Valori limite internazionali per le deposizioni atmosferiche totali e per alcuni elementi contenuti nelle deposizioni – estratta da ISTISAN 06/43 (Tabella 7)

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

* 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 stati riportati, per tutti i siti di campionamento provinciale, gli andamenti delle analisi dei metalli nelle deposizioni atmosferiche effettuate nel 2020 e nel periodo 2013-2019. Così come per il campionamento degli IPA, a causa delle restrizioni e delle difficoltà lavorative legate all'emergenza Covid-19, il monitoraggio dei metalli nelle deposizioni è risultato completo solo per la stazione di Beinasco Aldo Mei, con 8 campioni mensili e 2 campioni bimensili. Per quanto riguarda le altre 3 stazioni della rete di confronto, sui 6 campioni annuali previsti (in alternanza alla misura degli IPA) ne sono stati realizzati solo 3 - a febbraio, agosto e ottobre. Le elaborazioni dei risultati del monitoraggio dei siti di Grugliasco, Rivalta e Orbassano sono state svolte, ma presentano inevitabilmente un carattere indicativo e parziale.

È stato invece sempre possibile accedere al sito 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 Leini.

Nell'analisi dei dati bisogna infine tenere conto che le restrizioni dovute al lockdown severo dei mesi di marzo e aprile e poi del periodo autunnale hanno portato ad una riduzione sensibile delle

emissioni (fino a -40%), soprattutto da traffico veicolare su tutto il bacino padano. I dati di Figura 35 mostrano il confronto tra il 2019 e il 2020 delle concentrazioni di metalli nelle deposizioni atmosferiche a Beinasco Aldo Mei e Baldissero. Come si osserva dal grafico, i valori di tutti i metalli diminuiscono nel 2020 per entrambi i siti di misura, probabilmente anche a causa dello spegnimento di alcune fonti (traffico, industrie) in consistenti periodi dell'anno. Con i dati del monitoraggio 2021 si potrà capire se questa ipotesi viene confermata o se si tratti di una tendenza generalizzata alla diminuzione delle concentrazioni di metalli nelle deposizioni atmosferiche, indipendentemente dalle chiusure e restrizioni imposte dai lockdown nel 2020.

Il grafico di Figura 36 presenta le concentrazioni di tutti i metalli nelle deposizioni totali campionate nel 2020; 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 33 e in Tabella 34 sono stati riportati i dati delle deposizioni atmosferiche totali relativamente a diversi Paesi europei, (Rapporti ISTISAN 06/43)-Tabella 27 e le deposizioni di Ni, Cd, Pb delle aree francesi. Dal confronto con i dati del grafico di Figura 37 si può notare come i valori riscontrati da Arpa Piemonte nei vari siti di misura delle deposizioni atmosferiche totali siano notevolmente inferiori rispetto a quelli riportati in Tabella 33 e siano in linea con i dati riportati in Tabella 34, relativa alle aree rurali e urbane francesi.

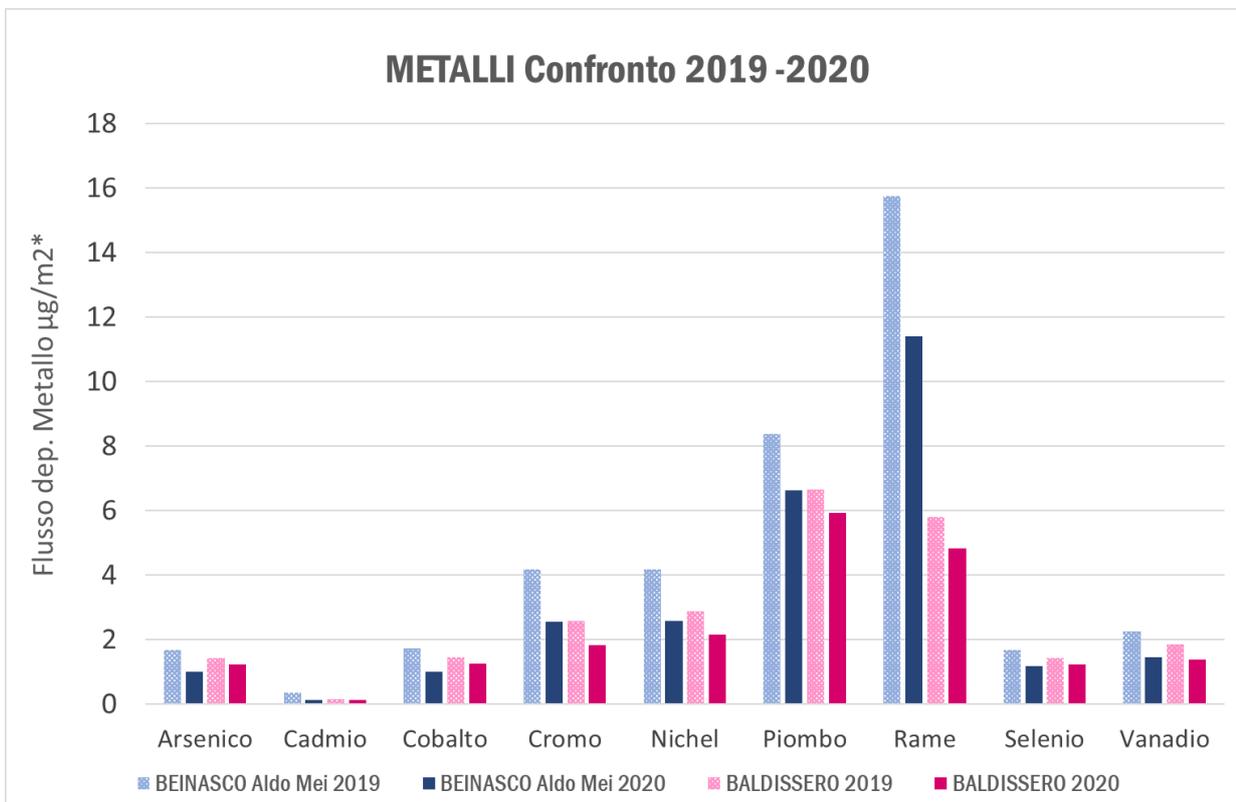


Figura 35 – Confronto 2019-2020 medie annuali Metalli per BEINASCO Aldo Mei e BALDISSERO

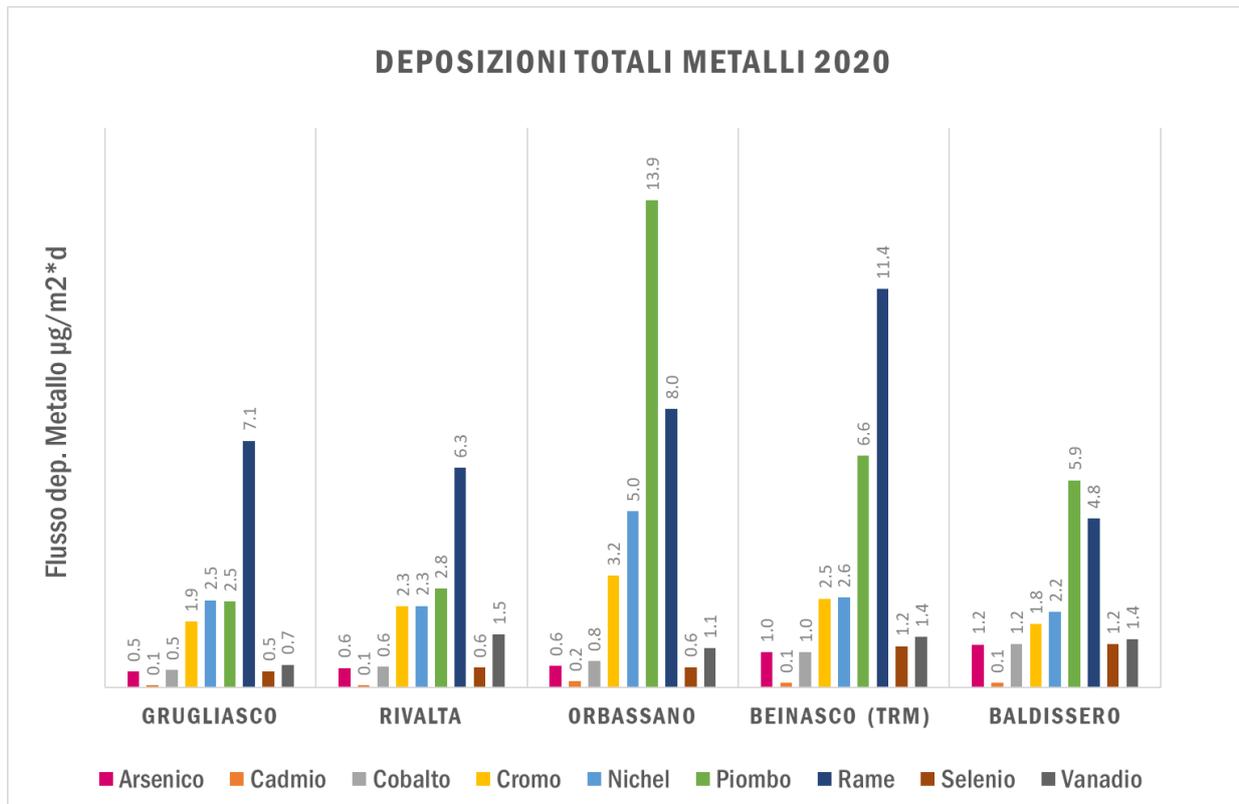


Figura 36 - Flusso deposizioni totali metalli nel 2020 per le stazioni della Città Metropolitana di Torino

Tabella 33 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 34 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
Piombo	3,3-10	3 0,4-106

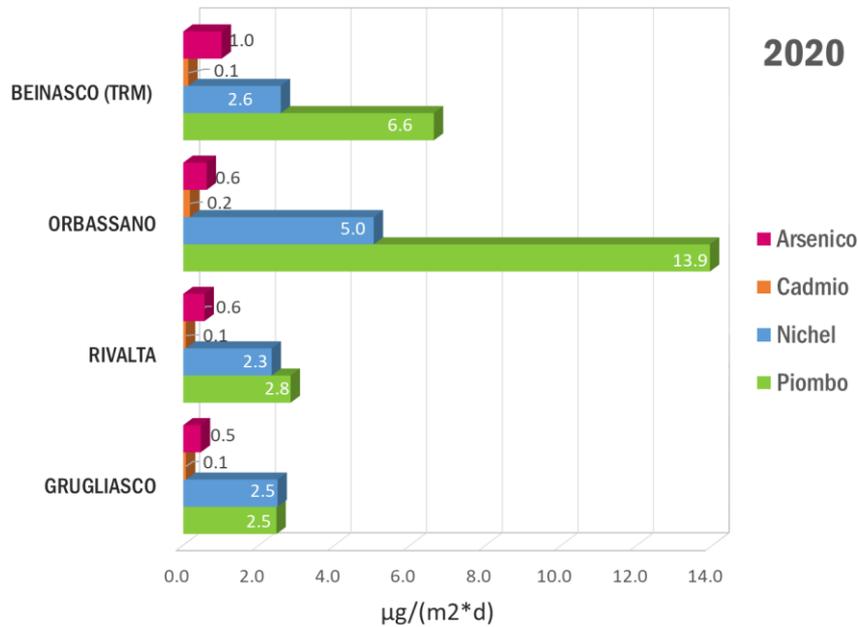


Figura 37 deposizioni di Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo rilevate nelle deposizioni atmosferiche totali della rete TRM

Nei grafici sottostanti (Figura 38, Figura 39, Figura 40 e Figura 41) sono riportati gli andamenti dei metalli analizzati complessivamente nel periodo 2013-2020 in tutti i siti di monitoraggio. Così come per la stazione di Beinasco anche per le stazioni di misura di supporto, Grugliasco, Rivalta e Orbassano, le concentrazioni di metalli nelle deposizioni sono in genere più basse rispetto agli anni precedenti. Vale tuttavia, la stessa considerazione fatta per gli IPA: le elaborazioni annuali in queste stazioni hanno solo valore indicativo poiché, a causa delle difficoltà di accesso ai siti durante i periodi di lockdown, è stato possibile svolgere i campionamenti solo nei mesi di febbraio, agosto e ottobre 2020, non sufficientemente rappresentativi di un andamento annuale.

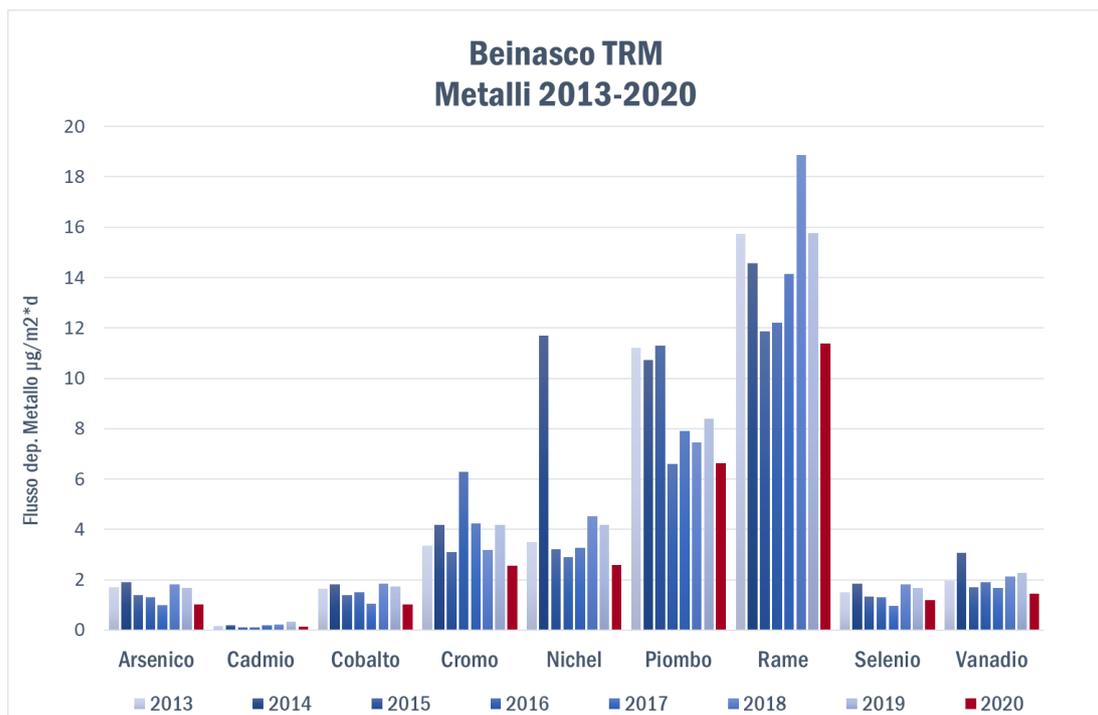


Figura 38 - Deposizioni metalli 2013-2020 nel sito di Beinasco TRM

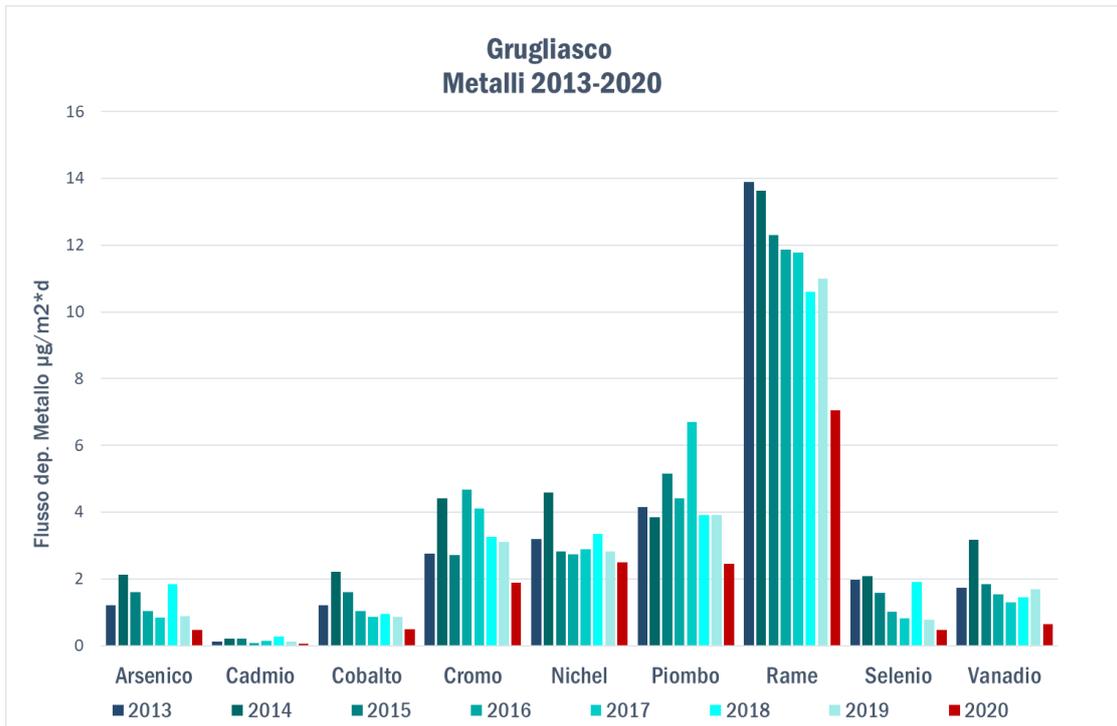


Figura 39 - Deposizioni metalli 2013-2020 nel sito di Grugliasco

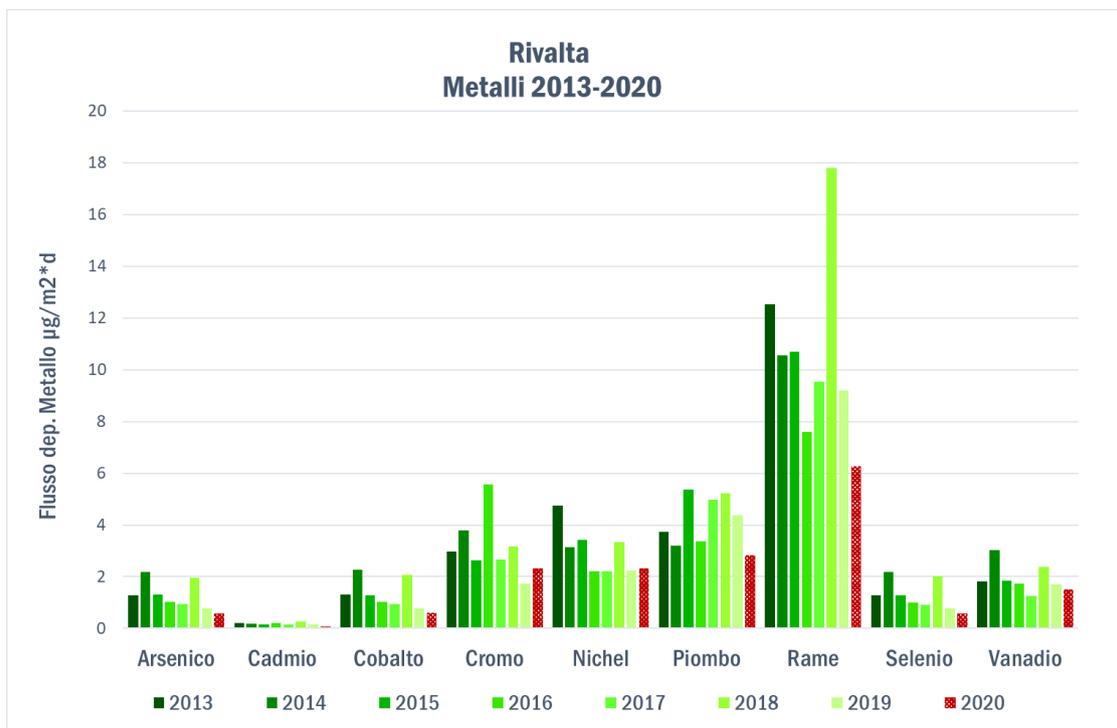


Figura 40 - Deposizioni metalli 2013-2020 nel sito di Rivalta

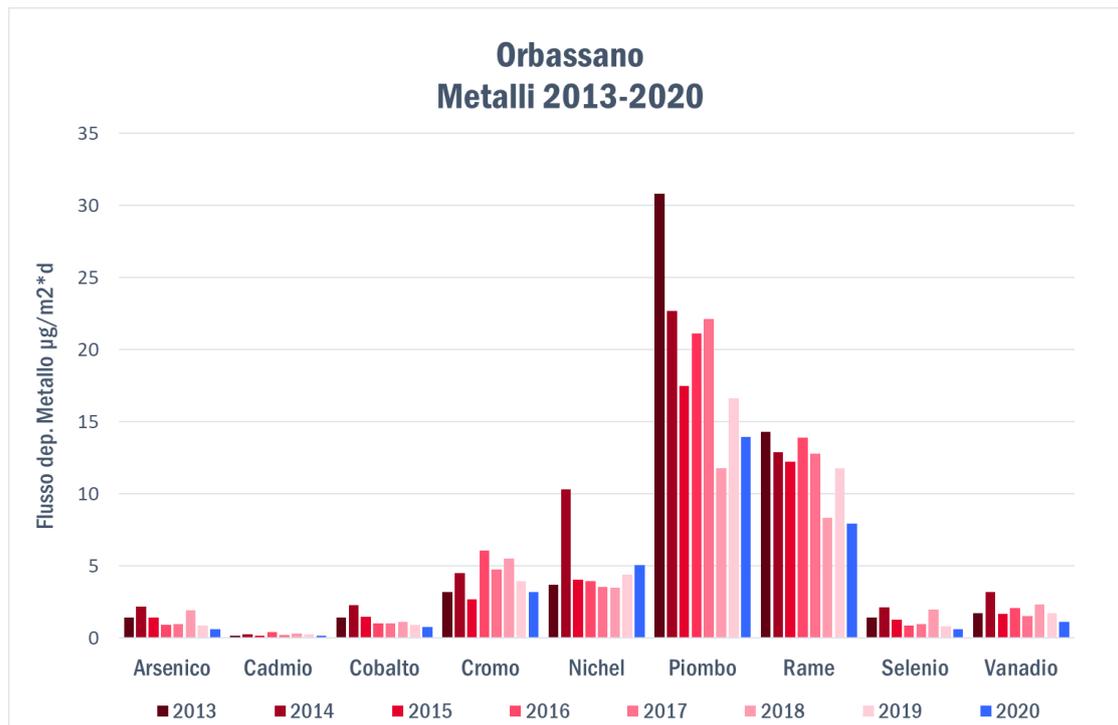


Figura 41 - Deposizioni metalli 2013-2020 nel sito di Orbassano

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 per le deposizioni. Tuttavia, alcuni stati europei, quali Germania, Austria, Svizzera, Croazia e Slovenia, hanno introdotto per alcuni metalli dei valori soglia (Istituto Superiore di Sanità, 2006).

Il grafico di Figura 42 esprime l'andamento delle concentrazioni medie annue di mercurio nelle deposizioni totali misurate nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2013 al 2020. In assenza di limiti normativi, è stato possibile effettuare una valutazione comparativa del monitoraggio svolto, prendendo in considerazione i dati dello studio prodotto da Arpa Toscana "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona - Arezzo". In tale studio il monitoraggio svolto a Castelluccio veniva confrontato con altre indagini svolte sul territorio italiano, riportate interamente nella Tabella 35. Come si evince dal confronto tra la Tabella 35 e il grafico di Figura 42, le medie annuali dei metalli analizzati nelle deposizioni atmosferiche nella stazione di Beinasco Aldo Mei sono inferiori a quelle degli altri siti di misura, ed in particolare la concentrazione media di mercurio nel 2020 è assolutamente in linea con le misure mediate nel periodo 2011-2013 delle altre stazioni considerate dallo studio toscano.

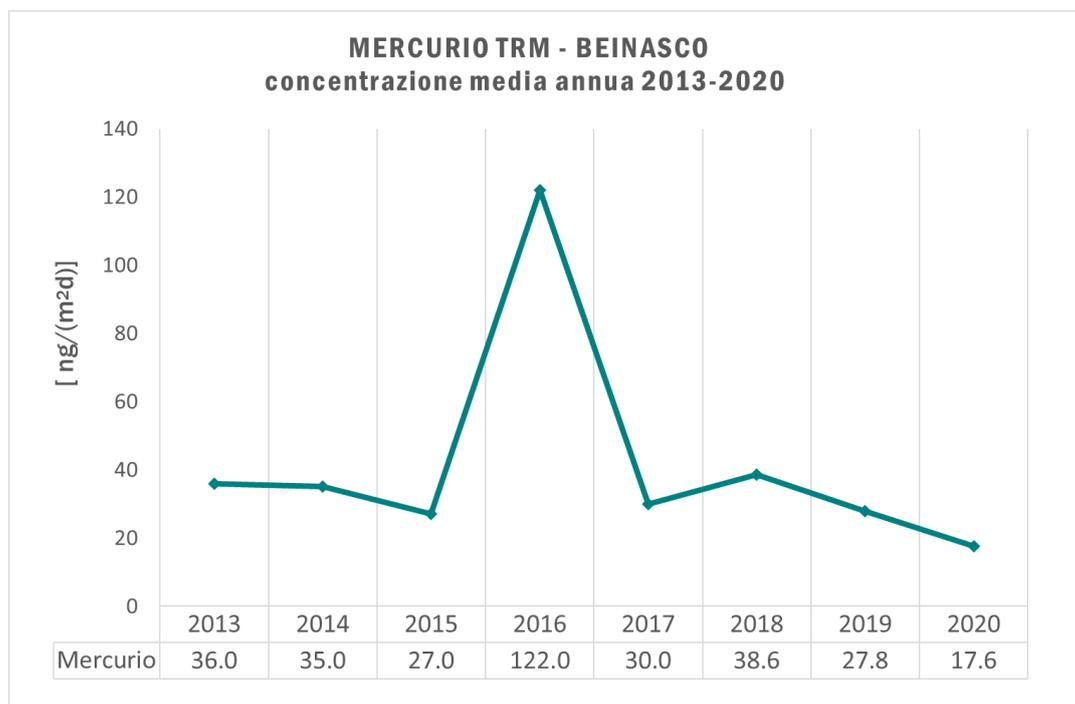


Figura 42 – Andamento concentrazione Mercurio TRM

Tabella 35 - dati comparativi ratei medi di deposizione annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Cavriaglia (Tabella 8.3.2)

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$	Castelluccio	Badia al Pino	Laguna di Venezia	Parco Cavriaglia	Beinasco TRM
	<i>medie delle deposizioni annuali 2011-2013</i>				<i>2020</i>
Arsenico	207	153	290	100	1.0
Cadmio	364	55	672	17	0.1
Cromo	807	979	536	257	2.5
Rame	6685	5316	5818	570	11
Mercurio	40	40	6	--	18
Nichel	916	821	1633	190	2.6
Piombo	1367	1945	11392	157	6.6
Vanadio	757	499	1109	281	1.4
Zinco	31516	29735	11864	7933	121

Fonte Arpat Provincia Di Arezzo- Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona - Arezzo

Nella Tabella 36, infine, sono esposti i flussi mensili di mercurio nelle deposizioni atmosferiche calcolati per la stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2013 al 2020. 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 37, 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 tra i dati Tabella 36 e della Tabella 37 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.

Tabella 36 - Dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013-2020

Beinasco – Aldo Mei MERCURIO ng/(m ² d)								
mesi	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gennaio	7	47	20	13	18	63	2	4
Febbraio	22	99	7	15	27	23	12	6
Marzo	39	22	26	57	17	38	23	6
Aprile	78	22	20	50	23	49	38	6
Maggio	78	22	69	37	28	79	19	57
Giugno	8	38	55	21	37	69	16	34
Luglio	58	26	21	53	48	51	29	14
Agosto	50	26	29	35	n.d.	18	43	24
Settembre	10	30	27	22	n.d.	26	46	29
Ottobre	25	22	18	794	n.d.	23	28	15
Novembre	37	56	0	333	n.d.	33	59	6
Dicembre	20	24	22	23	63	2	19	10

Tabella 37 - 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 Frassino	
	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
totale	580	350	670	400	480	240	540	420
Sito	Post.5 Parrocchia Frassino		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
Totale	550	360	600	320	510	360	460	410

*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⁻¹d⁻¹ 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/m²d.

Tabella 38 - Proposta di valori guida per le deposizioni di diossina

Assunzione giornaliera correlata (TDI)	Deposizione media annua concessa PCDD/DF	Deposizione media mensile concessa PCDD/DF
pg I-TEQ kg pc	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹
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		
Assunzione giornaliera correlata (TDI)	Deposizione media annua concessa PCDD/DF + PCBdl	Deposizione media mensile concessa PCDD/DF + PCBdl
pg WHO-TEQ kg pc	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
2	8,2	21
Cornelis et al (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 Deposizioni 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 pg WHO-TEQ m⁻² 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 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ valori che possono essere considerati di fondo urbano/industriale;
- > 16 pg I-TEQ m⁻² 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 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 4 pg I-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo;
2. Deposizione media mensile di PCDD/DF: 27 pg I-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 4 pg I-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo;
3. Deposizione media annua per la sommatoria di PCDD/DF + PCB dl: 8,2 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 2 pg WHO-TEQ kg⁻¹ di peso corporeo;
4. Deposizione media mensile per la sommatoria di PCDD/DF + PCB dl: 21 pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹ correlata a un'assunzione giornaliera (TDI) pari a 2 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.

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).

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: pg I-TEQ m⁻² d⁻¹
- per PCB: ng m⁻² d⁻¹
- per PCB dioxin-like: ng WHO-TEQ m⁻² d⁻¹
- per PCDD/DF + PCB dioxin-like: pg WHO-TEQ m⁻² d⁻¹

Come già indicato nel paragrafo "Determinazione analitica e espressione dei risultati" relativo alla qualità dell'aria, periodicamente il laboratorio microinquinanti di Arpa esegue la rivalutazione del

limite di quantificazione relativo ai parametri determinati e a fine 2020 è stata applicata la modifica al limite di quantificazione di PCB.

Il nuovo limite di quantificazione dei PCB è aumentato rispetto al valore utilizzato in precedenza. Nel caso di campioni con un elevato numero di congeneri non quantificati tale variazione incide maggiormente nel calcolo delle sommatorie; la variazione nei dati è particolarmente evidente nei campioni di deposizione atmosferica a partire dal mese di agosto 2020 (l'indicazione specifica è riportata nel grafico "Concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2020").

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 (2020) che nell'anno precedente (2019). I dati completi del monitoraggio, iniziato a ottobre 2012, sono disponibili nelle relazioni trasmesse negli anni precedenti.

Tabella 39 - Concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni atmosferiche

	PCDD/DF	PCB Dioxin Like	PCB Totale Famiglie	PCDD/DF+PCB DL
Unità di misura	pg I-TEQ m ⁻² d ⁻¹	ng WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	ng m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
GENNAIO '19	nd*	0,00082	6,08	nd*
FEBBRAIO '19	2,53	0,00080	17,01	3,5
MARZO '19	3,77	0,00180	8,63	6,0
APRILE '19	3,60	0,00066	5,55	4,7
MAGGIO '19	4,22	0,00081	15,55	5,5
GIUGNO '19	4,21	0,00079	7,80	5,5
LUGLIO '19	4,19	0,00078	4,01	5,4
AGOSTO '19	3,25	0,00060	2,76	4,2
SETTEMBRE '19	4,36	0,00082	10,4	5,7
OTTOBRE '19	3,91	0,00074	10,2	5,1
NOVEMBRE '19	3,72	0,00070	9,55	4,8
DICEMBRE '19	3,32	0,00065	14,0	4,33
GENNAIO '20	4,22	0,00079	10,4	5,47
FEBBRAIO '20	4,45	0,00080	6,88	5,72
MARZO '20	3,35	0,00037	7,10	4,09
APRILE '20	4,18	0,00080	11,04	5,43
MAGGIO '20	nd*	0,00074	8,51	nd*
GIUGNO '20	7,26	0,00082	13,3	7,81
LUGLIO '20	3,59	0,00216	19,7	6,08
AGOSTO '20	3,66	0,00292	9,45	6,97
SETTEMBRE '20	3,80	0,00304	9,13	7,25
OTTOBRE '20	4,21	0,00335	8,98	8,01
NOVEMBRE '20	nd*	0,00294	11,60	nd*
DICEMBRE '20	4,64	0,00370	8,64	8,84

* il parametro PCDD/DF per i mesi di gennaio 2019, maggio e novembre 2020 non è disponibile a causa di problemi tecnici

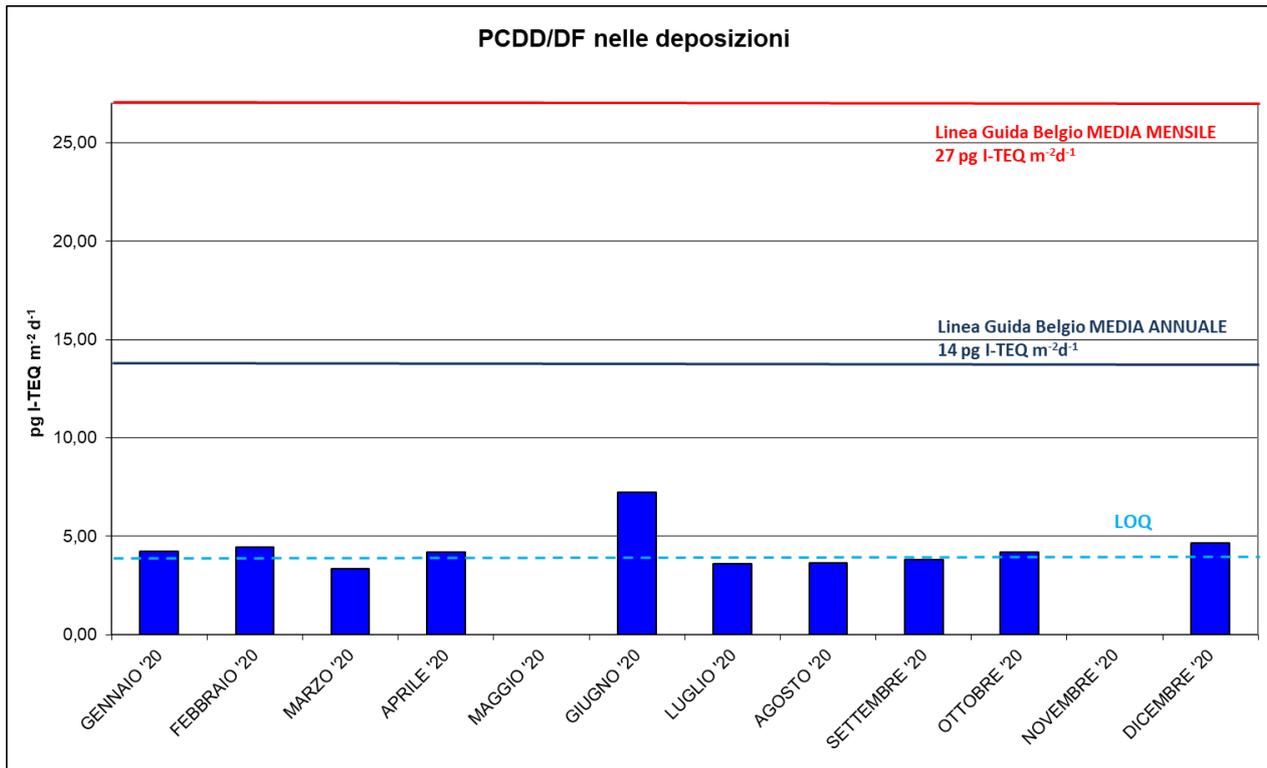


Figura 43 - Concentrazioni di PCDD e PCDF nelle deposizioni mensili anno 2020

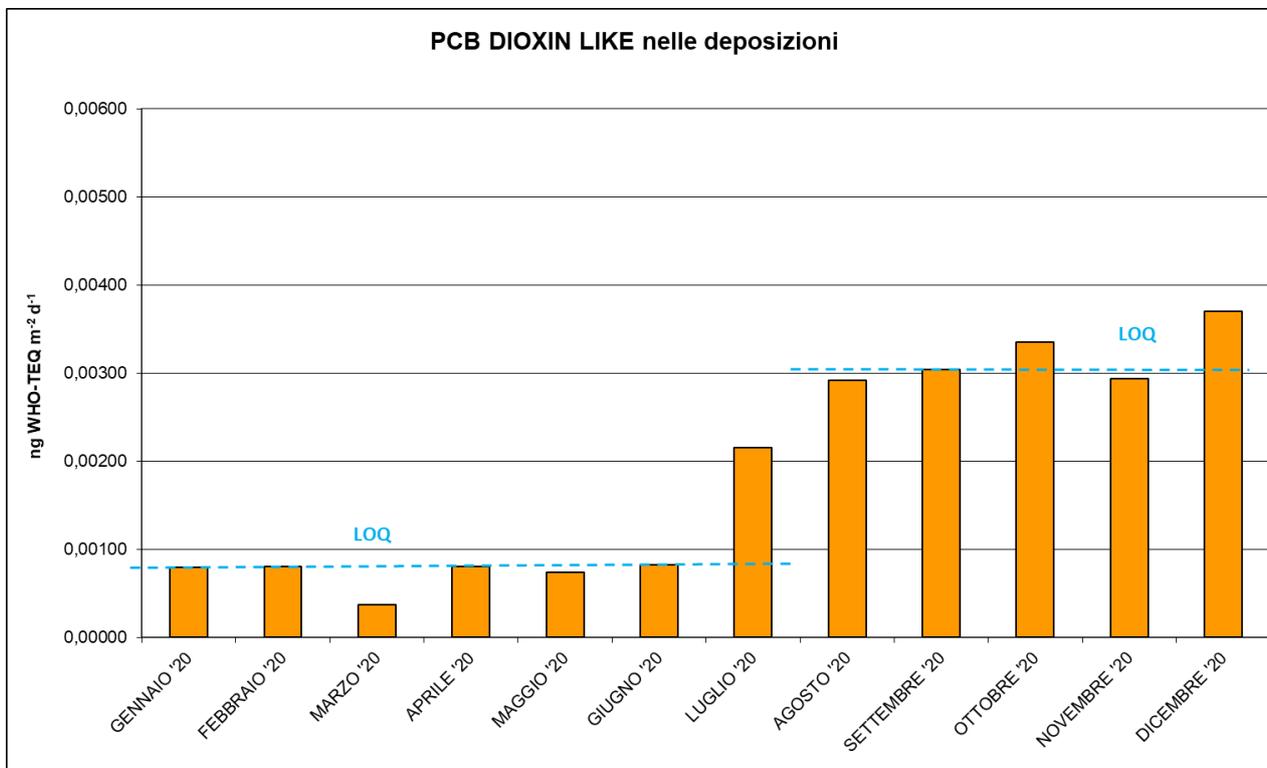


Figura 44 - Concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2020

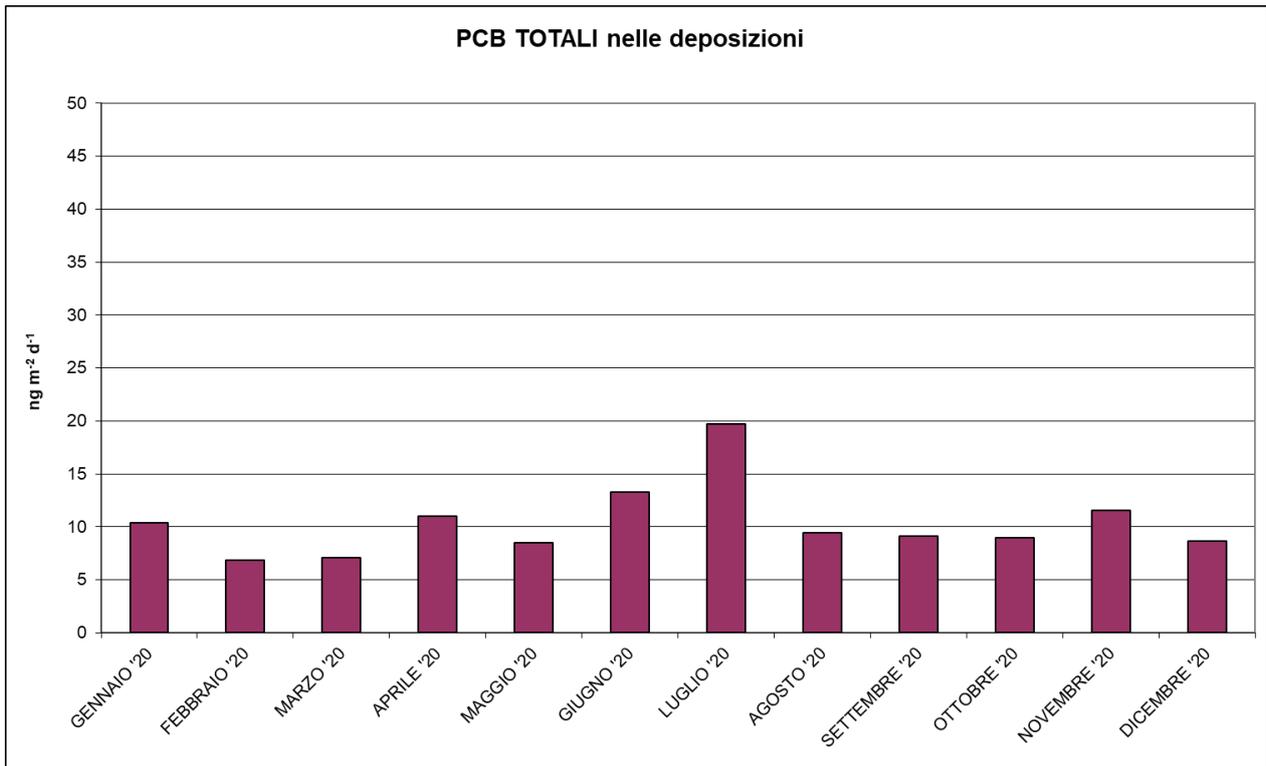


Figura 45 - Concentrazione di PCB TOTALI nelle deposizioni mensili anno 2020

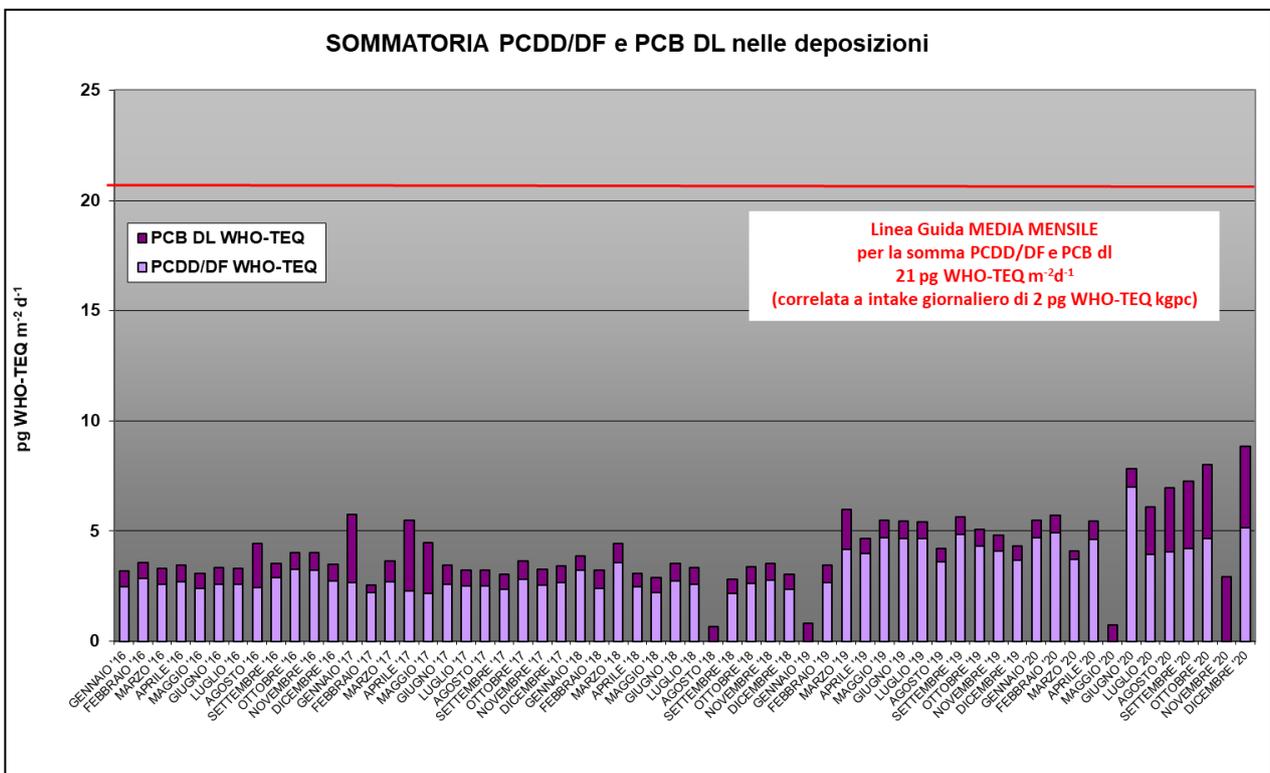


Figura 46 - Andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni mensili dal 2016

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 40 si riportano le medie annuali dei parametri monitorati.

Tabella 40 - 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 ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹	pg WHO-TEQ m ⁻² d ⁻¹
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

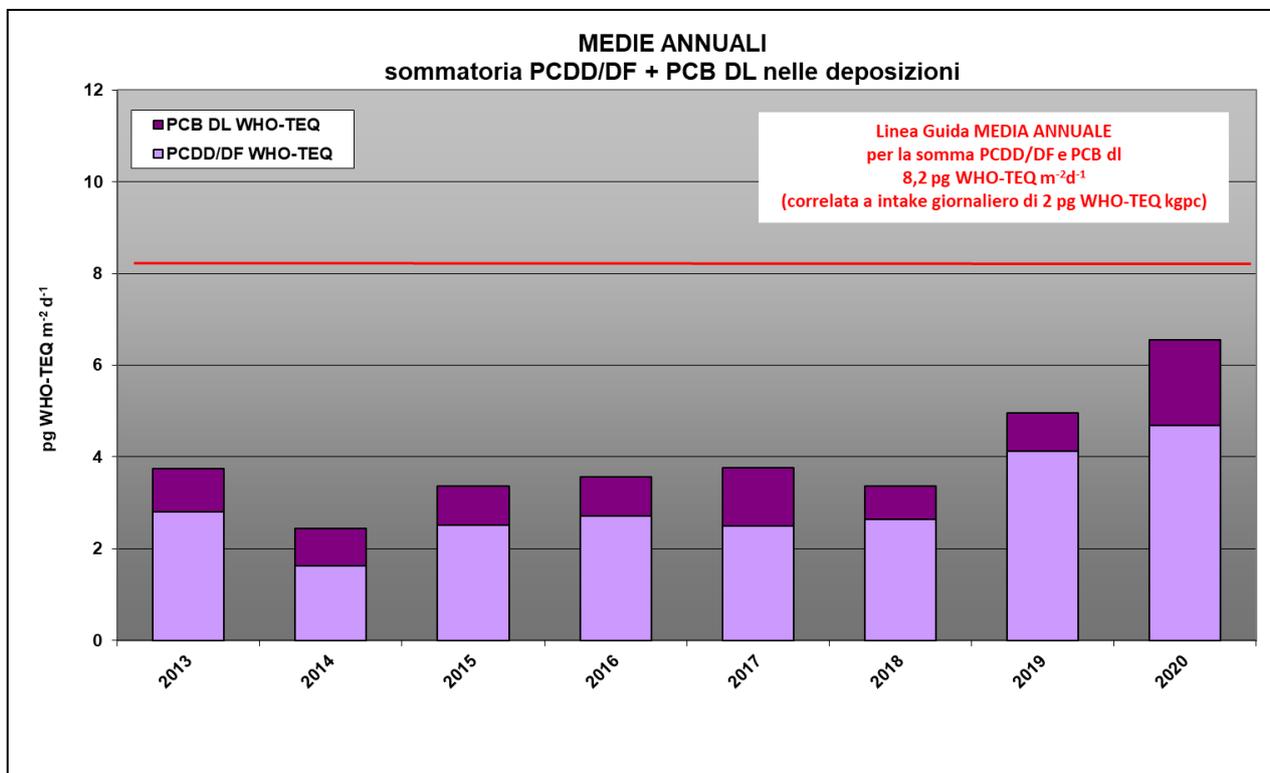


Figura 47 - Medie annuali della sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni

4 Conclusioni

Nel corso dell'anno 2020 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 2020 i valori riscontrati sono in media confrontabili e, in alcuni casi come quello del PM₁₀, uguali a quelli della stazione di fondo urbano di Torino Lingotto;
- per quanto riguarda il PM₁₀, i dati rilevati nel 2020, a causa di una situazione meteorologica sfavorevole rispetto ai due anni precedenti, mostrano un lieve incremento rispetto al 2018-2019 nella media annuale e un aumento del numero dei superamenti del valore limite giornaliero, soprattutto nei mesi di gennaio-febbraio e novembre. Le misure di contenimento del COVID-19, che hanno ridotto le attività antropiche, in particolar modo il traffico veicolare, non sono state sufficienti a compensare gli effetti della meteorologia su questo inquinante, che dipende sia dalle sorgenti emmissive primarie, ma anche dalle reazioni di formazione secondaria in atmosfera. La media annuale di PM_{2.5} mostra un lieve aumento analogamente al PM₁₀;
- i dati di benzene, arsenico, piombo sono pari a quelli rilevati nel 2019. I dati di cadmio e benzo(a)pirene sono leggermente superiori (di 0.1 µg/m³) rispetto all'anno precedente, mentre il nichel diminuisce;
- 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 PM₁₀;
- il valore limite annuale per il biossido di azoto non viene superato ormai dal 2018; nel corso del 2020 è stato rispettato nonostante la situazione meteorologica sia stata sfavorevole dal punto di vista della dispersione degli inquinanti rispetto ai due anni precedenti. Questa diminuzione si è presentata complessivamente in tutta la rete provinciale, grazie alla riduzione del traffico veicolare, legata all'emergenza sanitaria tuttora in corso. 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;
- per quanto riguarda gli 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 2020 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 2019;
- relativamente ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) rilevati in aria ambiente nel corso del 2020 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;

- i valori di deposizione atmosferica relativi ai microinquinanti (PCDD/DF e PCB) sono leggermente superiori a quelli del 2019, in particolare in ragione dell'aumento del limite di quantificazione adottato per il parametro PCB, ma restano in linea con siti che presentano analoghe caratteristiche ubicati nel territorio provinciale/regionale o i cui dati sono disponibili nella letteratura scientifica.