



Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

P.zza Vittoria, 5 – 38122 Trento

T +39 0461 497701

F +39 0461 497759

pec appa@pec.provincia.tn.it

@ appa@provincia.tn.it

web www.appa.provincia.tn.it



INDAGINE AMBIENTALE

BORGO VALSUGANA

DECIMO REPORT

09/10/2024 – 22/01/2026



Questo lavoro può essere liberamente utilizzato senza omissioni o aggiunte. Per eventuali riproduzioni, ristampe o utilizzo di estratti, deve essere richiesta l'autorizzazione all'A.P.P.A.

Indice

| | |
|--|----|
| 1 Introduzione..... | 1 |
| 2 Descrizione delle attività di monitoraggio..... | 2 |
| 2.1 Siti di campionamento..... | 2 |
| 2.2 Campionamento..... | 4 |
| 2.3 Analisi..... | 6 |
| 3 Risultati del rilevamento..... | 10 |
| 3.1 Precipitazioni..... | 10 |
| 3.2 Deposizione atmosferica totale: polveri sedimentabili..... | 11 |
| 3.3 Metalli..... | 15 |
| 3.4 PCDD/F e PCB..... | 28 |
| 4 Valutazioni finali e conclusioni..... | 39 |
| Allegato 1: Descrizione dei parametri chimici rilevati..... | 42 |
| Allegato 2: Riferimenti bibliografici..... | 49 |

1 Introduzione

Il presente rapporto si aggiunge ai nove precedenti Report Intermedi riguardanti le deposizioni raccolte ed analizzate in due distinti siti a Borgo Valsugana.

In essi sono riportati i dati raccolti in attuazione dei suggerimenti derivanti dallo specifico studio “*Approfondimenti sull’incidenza ambientale dell’acciaieria di Borgo Valsugana*”, svolto negli anni 2011-2012, con l’obiettivo di creare una base storica del flusso delle deposizioni totali degli inquinanti atmosferici tossici e persistenti – in particolare dei vari **metalli tossici** di interesse e dei **microinquinanti organoclorurati** (PCDD/F e PCB) – sul territorio circostante l’acciaieria di Borgo Valsugana, in modo da poterne valutare l’eventuale criticità per l’ambiente.

I siti individuati per i campionamenti, selezionati fra quelli oggetto del richiamato studio (Fig. 1.1), sono posti in corrispondenza del Centro di Raccolta Zonale (CRZ) e della stazione di monitoraggio della qualità dell’aria dell’Agenzia provinciale per la protezione dell’ambiente (APPA) posta nei pressi della Scuola primaria di Borgo Valsugana, poiché ritenuti maggiormente significativi per quanto riguarda l’influenza dell’acciaieria, in particolare per le ricadute dei metalli che possono essere direttamente riconducibili alle attività dell’impianto industriale (ferro, manganese, piombo e zinco).

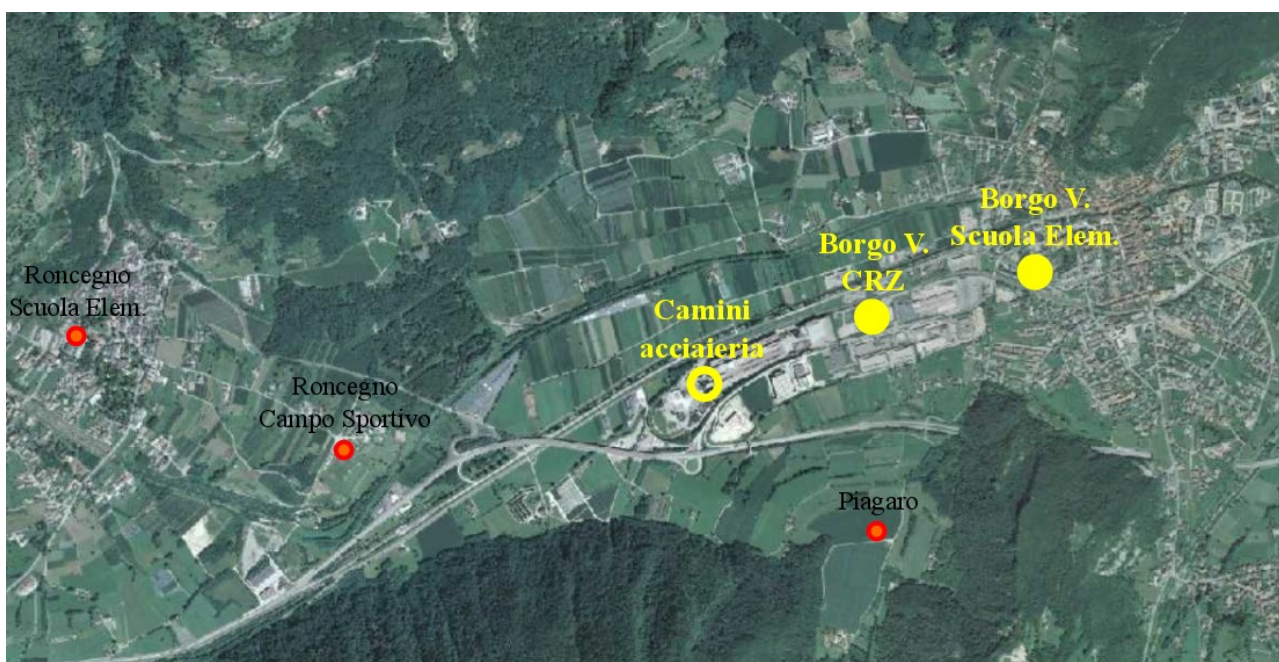


Fig. 1.1: Siti di campionamento individuati all’interno dello studio “*Approfondimenti sull’incidenza ambientale dell’acciaieria di Borgo Valsugana*” e siti selezionati per lo studio sulle ricadute (in giallo).

Vengono di seguito riportati i risultati ottenuti durante il decimo periodo d’indagine, durante il quale sono proseguiti anche i campionamenti per la determinazione del **particolato sedimentabile**.

2 Descrizione delle attività di monitoraggio

Gli inquinanti atmosferici, gassosi e particellati, rilasciati dalle diverse sorgenti presenti nel territorio, sono soggetti a fenomeni di dispersione e diluizione ad opera dei venti, che li trasportano anche per distanze considerevoli o che, in talune situazioni o a causa di particolari processi chimico-fisici, ne consentono la rimozione in forma di deposizioni. Nel tragitto tra emissione e deposizione gli inquinanti atmosferici possono inoltre subire processi chimici che ne modificano le caratteristiche e la natura, nonché il loro grado di tossicità e di pericolosità.

La loro ricaduta al suolo (Fig. 2.1) può avvenire come *deposizione secca* direttamente in forma di gas o particelle, ovvero come *deposizione umida* favorita dalle precipitazioni meteoriche o anche dalla semplice umidità della nebbia in forma di minutissime goccioline (deposizioni occulte).

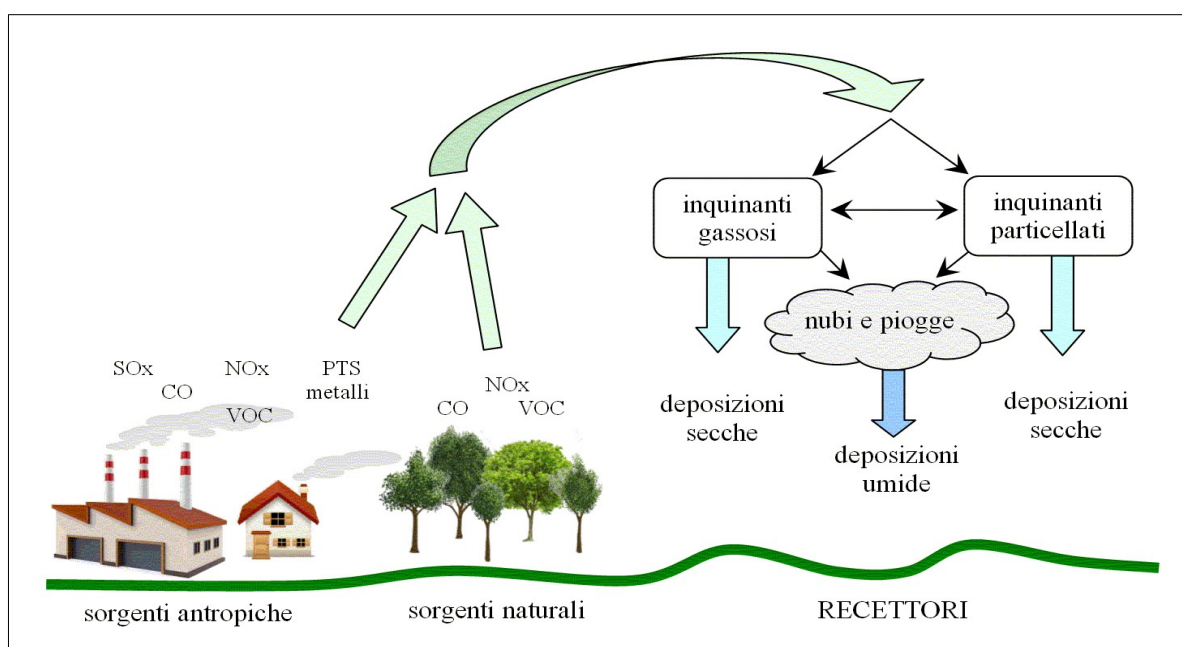


Fig. 2.1: Processi di formazione delle deposizioni.

2.1 Siti di campionamento

I due siti di campionamento sono stati individuati entrambi nel comune di Borgo Valsugana, ove è presente un'acciaieria di seconda fusione che produce billette in acciaio mediante un processo di fusione con forno elettrico ad arco, con una capacità autorizzata di 100 t/h (Fig. 2.2).

Come già riferito la scelta dei siti di campionamento (Tab. 2.1) deriva da quanto emerso dalle analisi sulle deposizioni effettuate nel menzionato studio "Approfondimenti sull'incidenza ambientale dell'acciaieria di Borgo Valsugana".

Un primo sito, distante circa 600 m dall'acciaieria in direzione est, è posto all'interno del Centro di Raccolta Zonale dei rifiuti differenziati (CRZ) in via Puisle (Fig. 2.3). Il secondo sito si trova presso

la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di APPA collocata in via IV novembre, nei pressi della scuola primaria, e dista circa 1.200 m dal medesimo stabilimento (Fig. 2.4).

Presso entrambi i siti i campionamenti sono iniziati il 4 marzo 2014. I campioni vengono raccolti dopo un periodo di esposizione di circa un mese, salvo nel caso in cui abbondanti precipitazioni richiedano di anticipare la raccolta.

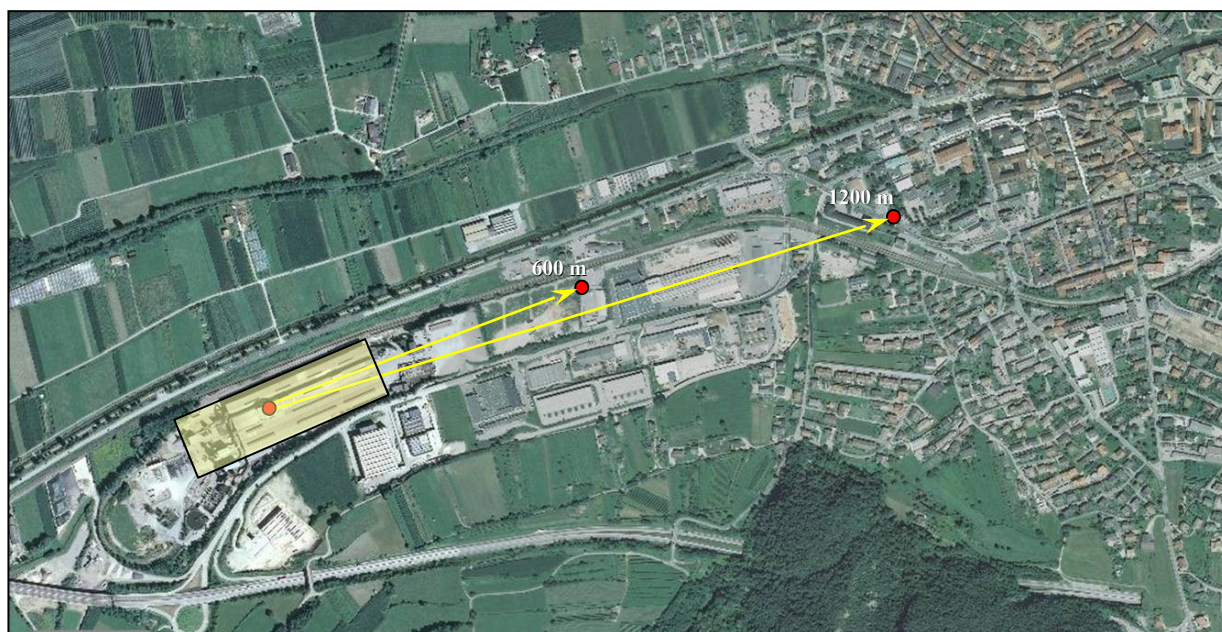


Fig. 2.2: Localizzazione dei siti di campionamento.



Fig. 2.3: Sito di campionamento – CRZ.



Fig. 2.4: Sito di campionamento – Stazione APPA.

Tab. 2.1: Localizzazione dei siti di campionamento.

| Sito | Coordinate UTM WGS84 | |
|-------------------------------|----------------------|---------|
| Centro di Raccolta Zonale | 689269 | 5102614 |
| Stazione di monitoraggio APPA | 689840 | 5102728 |

2.2 Campionamento

I campioni sono stati effettuati mediante deposimetri di tipo *bulk* (ossia campionatori passivi costituiti da recipienti aperti costantemente esposti) in grado di raccogliere le deposizioni, sia secche, sia umide, secondo quanto stabilito dal D.Lgs. 155/2010.

Il deposimetro (Fig. 2.5) è composto da un contenitore esterno di protezione, adeguatamente strutturato, e da una parte interna, completamente sostituibile, costituita da una bottiglia di raccolta (circa 10 litri) sovrastata da un imbuto a parete cilindrica, entrambi in materiale inerte alla cessione di specie interferenti, che, a seconda delle due principali applicazioni, può essere in polietilene ad alta densità - PEHD (per il particolato sedimentabile totale e per i microinquinanti inorganici) o in vetro pyrex (per microinquinanti organici).



Fig. 2.5: Deposimetro di tipo “bulk” e bottiglie di raccolta in polietilene e vetro pyrex.

Prima del campionamento, si aggiungono alla bottiglia per la raccolta dei metalli 500 ml di HNO_3 (acido nitrico) al 3% ed alla bottiglia per le polveri totali 500 ml di acqua ossigenata al 3%.

I campioni per la determinazione analitica del particolato sedimentabile totale e dei metalli sono stati prelevati presso entrambi i siti di campionamento con durata variabile tra 28 e 50 giorni.

La determinazione analitica dei microinquinanti organici è stata effettuata su un campione prelevato presso il sito CRZ rappresentativo del periodo dal 30 gennaio 2025 al 26 febbraio 2025.

Tab. 2.2: Campioni raccolti.

| Periodo | STAZIONE APPA | | | CRZ | | |
|---------------------|---------------|----------------------------|--------------|---------|----------------------------|--------------|
| | Metalli | Solidi sospesi e disciolti | PCDD/F e PCB | Metalli | Solidi sospesi e disciolti | PCDD/F e PCB |
| 09/10/24 - 19/11/24 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 19/11/24 - 19/12/24 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 19/12/24 - 30/01/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 30/01/25 - 26/02/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| 26/02/25 - 26/03/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 26/03/25 - 30/04/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 30/04/25 - 29/05/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 29/05/25 - 25/06/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 25/06/25 - 06/08/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 06/08/25 - 09/09/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 09/09/25 - 15/10/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 15/10/25 - 13/11/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 13/11/25 - 10/12/25 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 10/12/25 - 22/01/26 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |

2.3 Analisi

Al termine delle operazioni di raccolta delle deposizioni in campo, previa registrazione in apposita scheda di tutte le informazioni necessarie, i deposimetri vengono riportati in laboratorio, dove si provvede al recupero del materiale raccolto ed alle determinazioni analitiche dei solidi sospesi e disciolti totali, nonché degli inquinanti di interesse per lo studio (Tab. 2.3). Le operazioni in laboratorio seguono le indicazioni previste dal D.Lgs. 155/2010.

Tab. 2.3: Inquinanti.

| Metalli | Microinquinanti organici |
|---|---|
| Antimonio, arsenico, berillio, bario, cadmio, cobalto, cromo, ferro, molibdeno, manganese, nichel, piombo, rame, stagno, tallio, vanadio, zinco | Policlorodibenzodiossine (PCDD) Policlorodibenzofurani (PCDF) Policlorobifenili (PCB) |

2.3.1 Solidi sospesi e disciolti

In laboratorio si travasa il contenuto della bottiglia del deposimetro in un cristallizzatore da laboratorio in vetro. Il cristallizzatore è posto su una piastra riscaldante fino alla riduzione del volume ad un valore inferiore a 100 ml, avendo cura che il liquido non vada mai ad ebollizione. In questa fase si eliminano con una pinzetta pulita eventuali corpi estranei presenti sulla superficie del liquido (insetti, foglie o altro).

Il contenuto del cristallizzatore è successivamente travasato in una capsula di vetro di cui si conosce il peso. Si mette in stufa a 90°C la capsula fino ad evaporazione completa del liquido e poi si porta alla temperatura di 180°C per almeno 12 ore, fino al raggiungimento del peso costante. La quantità di solidi sospesi e disciolti è ricavata come differenza tra il peso finale e la tara della capsula in vetro.

2.3.2 Metalli

In laboratorio si pesa la bottiglia del deposimetro per determinare la quantità di acqua raccolta. L'imbuto viene esaminato visivamente: se sono presenti insetti, foglie o altri corpi estranei anche di piccole dimensioni, questi vengono rimossi con pinzette pulite.

Poi l'imbuto viene lavato con una soluzione acquosa al 2% HNO₃ (circa 200 ml) e successivamente con acqua ultrapura, raccogliendo i lavaggi nella bottiglia. A questo punto il liquido presente nella bottiglia viene filtrato su un filtro in fibra di quarzo per analisi di metalli.

La bottiglia viene a sua volta lavata con una soluzione acquosa al 2% HNO₃ e successivamente con acqua ultrapura, filtrando il liquido dopo ogni lavaggio su un filtro in fibra di quarzo. Si misura il volume del campione filtrato combinato (costituito dal campione acquoso raccolto e dai vari lavaggi) e se ne preleva per la successiva analisi un'aliquota di volume noto.

L'utilizzo del filtro in fibra di quarzo al posto di quello in esteri di cellulosa è indispensabile per effettuare la filtrazione con un unico filtro. Infatti i filtri in esteri di cellulosa si intasano velocemente rendendone necessaria la sostituzione. Dopo la filtrazione si eliminano con una pinzetta pulita dalla superficie del filtro, se presenti, insetti, foglie o altri corpi estranei.

La mineralizzazione del filtro e l'analisi sia del filtro che del filtrato combinato ed acidificato sono effettuate secondo la Norma UNI EN 14902:2005 (Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione). Il filtro è mineralizzato in un forno a microonde a vaso chiuso e la determinazione finale avviene mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente).

2.3.3 PCDD/F e PCB

In laboratorio l'imbuto viene esaminato visivamente: se sono presenti insetti, foglie o altri corpi estranei anche di piccole dimensioni, questi vengono rimossi con pinzette pulite, sciacquandoli con acqua ultrapura e raccogliendo l'acqua di lavaggio in una beuta.

L'imbuto viene lavato con acetone, raccogliendo i lavaggi in una beuta (diversa da quella con l'acqua). Infine, l'imbuto viene pulito con un batuffolo di ovatta per raccogliere le particelle adese al vetro, conservando l'ovatta. Nel caso in cui la bottiglia sia priva di deposizione umida, vi vengono versati 200 ml di acqua ultrapura e si agita, cercando di raccogliere e portare in sospensione le particelle eventualmente adese al vetro.

Il campione raccolto (o l'acqua ultrapura aggiunta), i lavaggi acquosi e acetonicici dell'imbuto e l'ovatta vengono conservati in frigorifero.

Si aggiunge alla bottiglia del deposimetro lo standard interno e si filtrano i liquidi su un filtro in fibra di vetro, filtrando per ultimo il lavaggio acetonicico e raccogliendoli nel recipiente già contenente il campione acquoso filtrato.

La bottiglia viene lavata con diclorometano, versando i lavaggi sul filtro. Il diclorometano filtrato viene raccolto nel recipiente già contenente il campione acquoso filtrato ed i lavaggi. Successivamente la fase liquida è estratta in un imbuto separatore con diclorometano; il filtro e l'ovatta sono estratti in ultrasuoni con diclorometano. Gli estratti in diclorometano sono infine analizzati secondo quanto previsto dal metodo EPA 1613B 1994 per la determinazione di diossine e furani e dal metodo EPA 1668C 2010 per i policlorobifenili.



Fig. 2.6: Sistema di raccolta delle deposizioni di PCDD/F e PCB.

3 Risultati del rilevamento

3.1 Precipitazioni

Uno dei parametri meteo che influenza il fenomeno della deposizione è la pioggia. Al fine di consentire le opportune valutazioni, vengono presi in esame i dati rilevati dalla stazione meteo in funzione presso la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria.

In Fig. 3.1 sono riportati i quantitativi di pioggia caduti negli intervalli coincidenti con l'esposizione dei deposimetri. L'andamento complessivo risulta piuttosto irregolare: valori particolarmente elevati si riscontrano nei periodi di aprile-maggio 2025 e giugno-ottobre 2025, mentre i valori più contenuti si rilevano nei periodi tra maggio e giugno 2025 e nel periodo invernali tra dicembre e gennaio 2026.

Nel periodo in cui è stato effettuato il campionamento degli inquinanti organoclorurati (30 gennaio – 26 febbraio 2025) le precipitazioni sono risultate piuttosto basse.

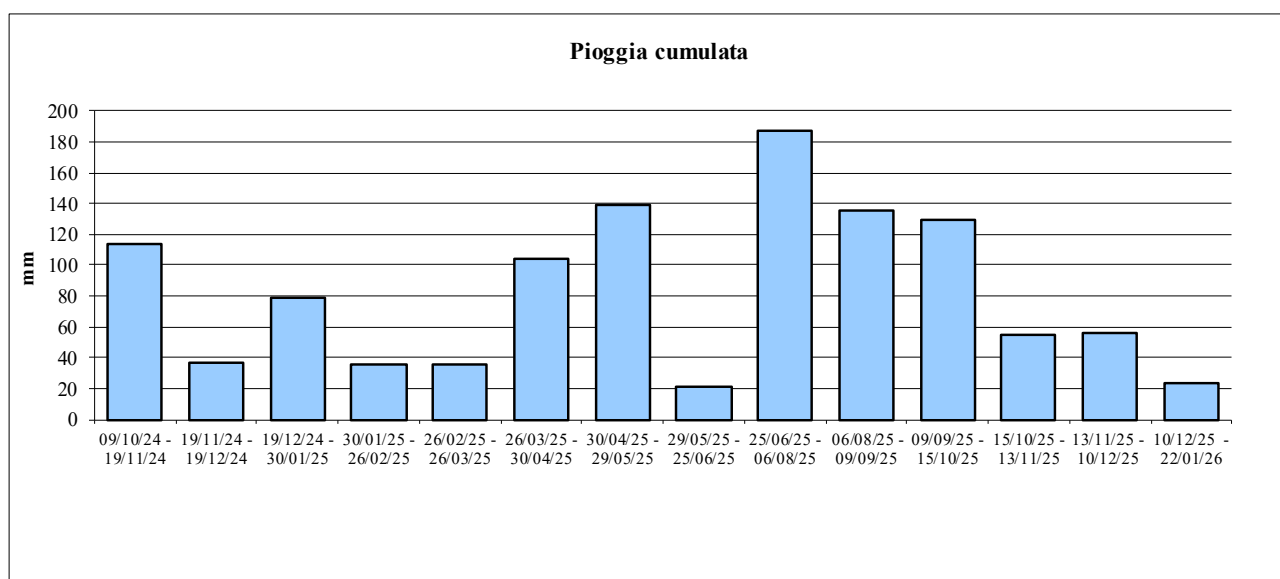


Fig. 3.1: Pioggia cumulata.

3.2 Deposizione atmosferica totale: polveri sedimentabili

In Tab. 3.1 sono riportati i dati medi relativi alle deposizioni totali rilevate presso i due siti nel corso degli ultimi sette periodi di campionamento, durante i quali è stato determinato anche il particolato.

I risultati delle analisi effettuate sui singoli campioni raccolti sono riportati in Tab. 3.2.

Tab. 3.1: Polveri totali – valori medi della campagna [mg/(m² d)]¹.

| Punto di campionamento | Polveri totali | | | | | | | |
|------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2016/ 2017 | 2017/ 2018 | 2018/ 2019 | 2019/ 2021 | 2021/ 2022 | 2022/ 2023 | 2023/ 2024 | 2024/ 2025 |
| Staz. APPA | 48,3 | 57,0 | 86,8 | 56,4 | 84 | 63,1 | 103,9 | 66,8 |
| CRZ | 44,0 | 44,6 | 81,9 | 46,6 | 76,1 | 56,6 | 103,1 | 50,3 |

Tab. 3.2: Polveri totali – [mg/(m² d)].

| Periodi di campionamento | Stazione APPA | CRZ |
|--------------------------|---------------|------|
| 09/10/24 - 19/11/24 | 97 | 30,1 |
| 19/11/24 - 19/12/24 | 25,5 | 22,1 |
| 19/12/24 - 30/01/25 | 43,9 | 30,3 |
| 30/01/25 - 26/02/25 | 96,6 | |
| 26/02/25 - 26/03/25 | 80,2 | 54,2 |
| 26/03/25 - 30/04/25 | 174 | 143 |
| 30/04/25 - 29/05/25 | 66,9 | 43,4 |
| 29/05/25 - 25/06/25 | 75,1 | 142 |
| 25/06/25 - 06/08/25 | 63,2 | 44,4 |
| 06/08/25 - 09/09/25 | 78,2 | 55,1 |
| 09/09/25 - 15/10/25 | 36,3 | 25,9 |
| 15/10/25 - 13/11/25 | 34,1 | 29,4 |
| 13/11/25 - 10/12/25 | 26,2 | 30,2 |
| 10/12/25 - 22/01/26 | 36,5 | 26,7 |

L'entità delle deposizioni è determinata da un lato dai quantitativi di inquinanti emessi dalle varie sorgenti, dall'altro dalla presenza o meno di condizioni meteo che favoriscano la deposizione degli inquinanti stessi al suolo. Per tale motivo, l'analisi dei dati raccolti non può essere effettuata senza tenere conto delle condizioni meteo verificatesi nei periodi di campionamento.

In Fig. 3.3 sono riportate su uno stesso grafico le deposizioni totali di polveri nei due siti di campionamento e la pioggia cumulata contemporaneamente rilevata. In generale i risultati

¹ milligrammi di sostanza depositata per metro quadro al giorno.

sembrano dimostrare che la piovosità sia soltanto uno dei fattori che influenzano la deposizione al suolo, la quale si dimostra un fenomeno piuttosto complesso da comprendere.

Le maggiori deposizioni sono state rilevate nel periodo tra marzo e aprile 2025, in corrispondenza di un importante fenomeno di trasporto di polveri provenienti da sud, in particolare dal Bacino Padano verso il territorio Trentino che ha determinato una repentina risalita delle concentrazioni delle polveri sottili PM10 sul territorio provinciale (Fig. 3.2).

I valori più bassi, viceversa, si sono manifestati fra novembre 2024 e dicembre 2024 in periodi di modesta piovosità (deposizione “secca”).

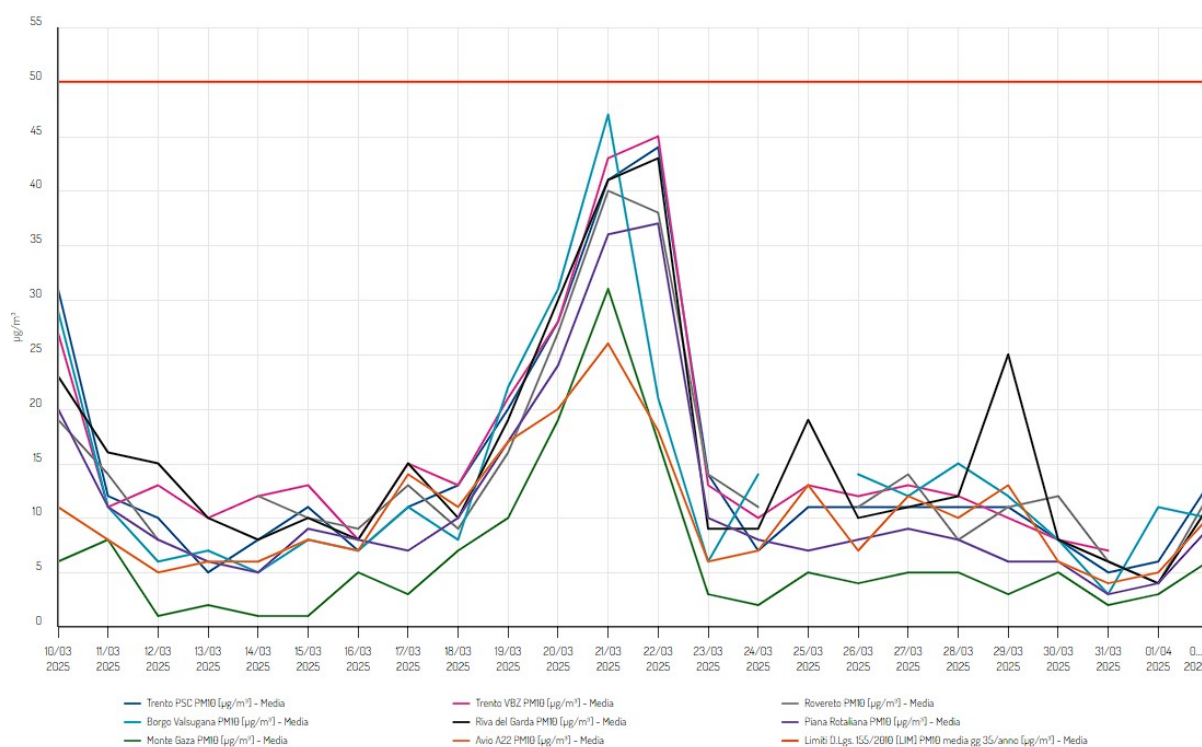


Fig. 3.2: Evento di trasporto di Polveri PM10 nel periodo marzo-aprile 2025 nelle stazioni della rete provinciale

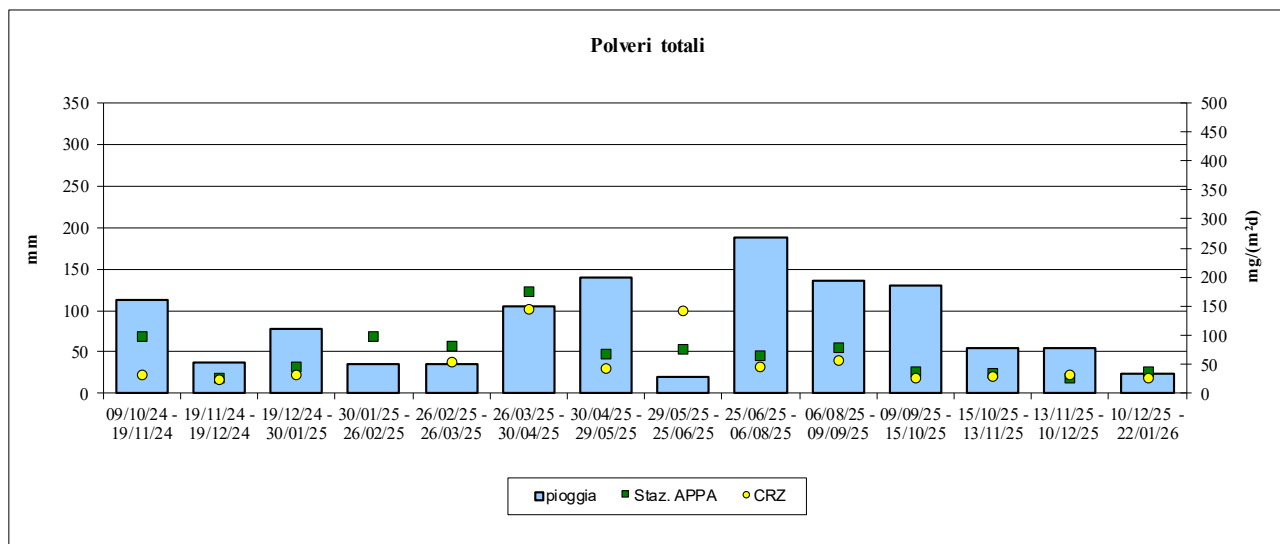


Fig. 3.3: Influenza delle precipitazioni sull'entità delle deposizioni totali.

La normativa europea e quella nazionale non indicano limiti o valori di riferimento per i ratei di deposizione del materiale particolato sedimentabile. Di conseguenza per la valutazione dell'entità del fenomeno è necessario confrontare i dati raccolti con valori di riferimento e con dati di letteratura, oppure con limiti in vigore in altri paesi.

Il rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro della *Commissione centrale contro l'inquinamento atmosferico* istituita presso il Ministero della Sanità propone una classificazione delle deposizioni di polveri sedimentabili, per campionamenti di 30 giorni, suddivisa in 5 classi (Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Classi di polverosità e relativi indici basati sul tasso di deposizione gravimetrico [mg/(m² d)] (Ministero della sanità – Commissione centrale contro l'inquinamento atmosferico 1983).

| Classe di polverosità | Polvere totale sedimentabile [mg/m ² giorno] | Indice di polverosità |
|-----------------------|---|-----------------------|
| I | < 100 | praticamente assente |
| II | 100 – 250 | bassa |
| III | 251 – 500 | media |
| IV | 501 – 600 | medio-alta |
| V | > 600 | elevata |

Sulla base di tale classificazione, i valori delle deposizioni misurate nei due siti di Borgo Valsugana nell'ultimo anno rientrano tutti nell'intervallo della I classe (*polverosità praticamente assente*), sia per i valori della stazione APPA che del sito CRZ, fatta eccezione per il periodo di campionamento 26 marzo – 30 aprile che si colloca in classe II (*polverosità bassa*) per effetto del fenomeno di trasposto di polveri provenienti dal Bacino Padano.

In alcuni stati europei sono indicati anche dei valori soglia per i ratei di deposizione del particolato sedimentabile totale riferiti alle medie annuali e in taluni casi a medie sul breve periodo (Tab. 3.4). I valori più restrittivi risultano pari a **200 mg/(m² d)** sulla media annuale e **650 mg/(m² d)** sulla media mensile.

Tab. 3.4: Polveri totali - Valori soglia in vigore in alcuni paesi europei [mg/(m² d)].

| Nazione | | Polvere sedimentabile totale |
|--------------------|--|-----------------------------------|
| Germania | (TA Luft 2002) | 350 media annuale |
| | | 650 breve periodo (media mensile) |
| Svizzera | (OIQt 1986) | 200 media annuale |
| Regno Unito | (Scozia EA 2013) | 200 media annuale |
| Slovenia | (Ur. L. RS št. 73/1994) | 200 media annuale |
| Belgio | (VLAREM II 1995) | 350 media annuale (valore guida) |
| | | 650 media mensile (limite) |
| Austria | (Immissionsschutzgesetz–Luft 2013) | 210 media annuale |
| Croazia | (Regulation on limit values of pollutants in air 1995) | 350 media annuale |

Come si può osservare in Fig. 3.4, le deposizioni di polveri totali misurate nei siti di Borgo Valsugana risultano significativamente inferiori ai suddetti valori soglia sia mensili che annuali.

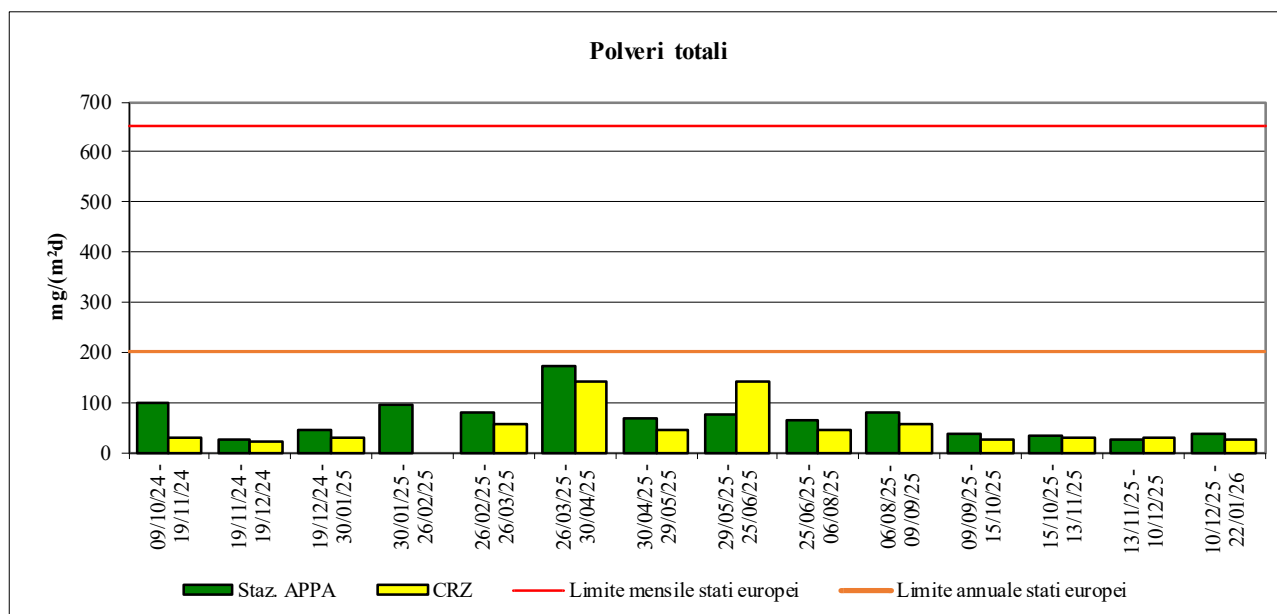


Fig. 3.4: Polveri sedimentabili – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana ed i valori soglia in vigore in alcuni paesi europei.

3.2.1 Considerazioni sulle deposizioni del particolato sedimentabile

I valori delle deposizioni totali riscontrati a Borgo Valsugana risultano complessivamente contenuti, a livelli che generalmente possono essere considerati riferibili alla classe di *polverosità praticamente assente* o al più *polverosità bassa*.

I valori registrati presso la stazione APPA risultano mediamente del 33% più elevati in confronto ai corrispondenti valori rilevati presso il CRZ, mentre rispetto al precedente periodo di misura il valore medio misurato risulta inferiore di circa il 36% presso la stazione APPA e inferiore di circa il 51% presso il CRZ.

3.3 Metalli

In Tab. 3.5 vengono riassunti i valori medi delle deposizioni rilevati presso i due siti nel corso del periodo di campionamento in esame.

Tab. 3.5: Metalli – valori medi della campagna [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ d})$].

| Punto di campionamento | Al | Sb | As | Be | Ba | Cd | Ca | Co | Cr | Fe | Mg |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Staz. APPA | 985 | 0,53 | 0,45 | 0,09 | 19,2 | 0,26 | 8309 | 0,44 | 10,10 | 1338 | 2220 |
| CRZ | 1030 | 0,44 | 0,41 | 0,09 | 24,0 | 0,18 | 8353 | 0,41 | 17,06 | 1397 | 1975 |

| Punto di campionamento | Mn | Hg | Ni | Pb | Cu | Sn | Tl | V | Zn | Mo |
|------------------------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| Staz. APPA | 89 | 0,03 | 1,90 | 7,05 | 10,20 | 1,06 | 0,02 | 2,53 | 83,22 | 0,45 |
| CRZ | 141 | 0,03 | 2,26 | 8,62 | 9,54 | 0,80 | 0,02 | 2,58 | 77,97 | 0,58 |

Confrontando le ricadute dei metalli nelle due posizioni di campionamento si osservano valori maggiori presso la postazione del CRZ per **bario**, **cromo** e **manganese**. Più elevati, seppure per alcuni in maniera meno pronunciata, risultano anche **alluminio**, **calcio**, **ferro**, **nichel**, **piombo**, **vanadio** e **molibdeno**.

I risultati delle analisi effettuate sui singoli campioni raccolti sono riportati in Tab. 3.6: i valori inferiori al limite di rilevabilità sono posti pari alla metà del limite stesso (Rapporto Istisan 04/15).

Tab. 3.6: Metalli nelle deposizioni – valori totali [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ d})$].

Per i valori relativi al periodo 04/03/2014-06/10/2023 si rimanda ai precedenti report (APPA Trento, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024).

| Periodo | Sito | Al | Sb | As | Be | Ba | Cd | Ca | Co | Cr | Fe | Mg | Mn | Hg | Ni | Pb | Cu | Sn | Tl | V | Zn | Mo |
|----------|------------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|------|
| 09/10/24 | Staz. APPA | 1472 | 0,40 | 0,87 | 0,13 | 27,40 | 0,12 | 13310 | 0,61 | 7,80 | 1857 | 2812 | 70 | 0,03 | 1,95 | 4,44 | 8,90 | 1,27 | 0,03 | 3,40 | 62 | 0,45 |
| 19/11/24 | CRZ | 687 | 0,37 | 0,29 | 0,10 | 14,30 | 0,10 | 4200 | 0,21 | 8,10 | 772 | 757 | 62 | 0,03 | 1,34 | 5,71 | 4,90 | 0,79 | 0,02 | 1,35 | 45 | 0,35 |
| 19/11/24 | Staz. APPA | 454 | 0,30 | 0,27 | 0,07 | 10,30 | 0,13 | 4669 | 0,16 | 14,54 | 903 | 1265 | 92 | 0,02 | 1,07 | 2,24 | 6,10 | 0,69 | 0,01 | 1,75 | 46 | 0,32 |
| 19/12/24 | CRZ | 461 | 0,28 | 0,19 | 0,06 | 20,70 | 0,18 | 8197 | 0,12 | 19,20 | 928 | 1143 | 125 | 0,02 | 0,94 | 3,14 | 5,20 | 0,46 | 0,01 | 1,93 | 76 | 0,32 |
| 19/12/24 | Staz. APPA | 615 | 0,41 | 0,38 | 0,02 | 18,30 | 0,24 | 5054 | 0,27 | 14,20 | 1339 | 1497 | 97 | 0,01 | 1,62 | 3,20 | 9,00 | 1,05 | 0,01 | 2,06 | 67 | 0,49 |
| 30/01/25 | CRZ | 636 | 0,44 | 0,31 | 0,02 | 14,00 | 0,51 | 4475 | 0,26 | 19,80 | 1310 | 1061 | 128 | 0,01 | 2,09 | 4,79 | 7,80 | 0,66 | 0,01 | 1,96 | 65 | 0,56 |
| 30/01/25 | Staz. APPA | 950 | 0,55 | 0,55 | 0,06 | 23,50 | 0,06 | 11764 | 0,45 | 10,30 | 1675 | 3794 | 103 | 0,01 | 2,20 | 5,07 | 10,40 | 1,12 | 0,02 | 2,80 | 82 | 0,62 |
| 26/02/25 | CRZ | 744 | 0,49 | 0,29 | 0,06 | 15,30 | 0,12 | 7085 | 0,28 | 17,20 | 1286 | 1449 | 182 | 0,02 | 2,14 | 6,01 | 8,90 | 0,65 | 0,01 | 1,87 | 89 | 0,67 |
| 26/02/25 | Staz. APPA | 983 | 0,65 | 0,62 | 0,12 | 39,50 | 0,51 | 13272 | 0,57 | 11,50 | 2242 | 4399 | 112 | 0,03 | 3,60 | 5,32 | 15,60 | 1,67 | 0,03 | 3,30 | 192 | 1,07 |
| 26/03/25 | CRZ | 780 | 0,51 | 0,36 | 0,09 | 22,70 | 0,09 | 7728 | 0,45 | 15,80 | 1478 | 1751 | 134 | 0,06 | 2,60 | 7,50 | 12,20 | 1,05 | 0,02 | 2,10 | 68 | 0,72 |
| 26/03/25 | Staz. APPA | 2235 | 0,61 | 0,79 | 0,13 | 47,40 | 0,24 | 19139 | 1,29 | 5,20 | 1864 | 4468 | 119 | 0,03 | 3,34 | 7,74 | 11,58 | 0,76 | 0,03 | 5,10 | 112 | 0,30 |
| 30/04/25 | CRZ | 3230 | 0,45 | 0,81 | 0,14 | 39,20 | 0,25 | 15458 | 1,17 | 7,70 | 2191 | 3309 | 137 | 0,05 | 3,50 | 7,49 | 9,80 | 0,85 | 0,03 | 5,80 | 67 | 0,34 |
| 30/04/25 | Staz. APPA | 1032 | 0,66 | 0,46 | 0,14 | 15,60 | 0,14 | 8527 | 0,44 | 7,60 | 1236 | 2445 | 70 | 0,04 | 2,58 | 9,72 | 12,30 | 1,47 | 0,03 | 2,60 | 90 | 0,46 |
| 29/05/25 | CRZ | 842 | 0,49 | 0,41 | 0,14 | 18,10 | 0,27 | 5773 | 0,28 | 10,20 | 1105 | 1591 | 104 | 0,04 | 2,70 | 12,33 | 10,40 | 1,21 | 0,03 | 2,50 | 104 | 0,78 |
| 29/05/25 | Staz. APPA | 1517 | 0,56 | 0,69 | 0,04 | 23,50 | 0,11 | 10812 | 0,66 | 7,80 | 1681 | 3345 | 84 | 0,02 | 3,00 | 11,46 | 13,50 | 1,05 | 0,02 | 3,00 | 99 | 0,62 |
| 25/06/25 | CRZ | 1923 | 0,39 | 1,49 | 0,07 | 54,60 | 0,19 | 25464 | 0,95 | 11,60 | 2460 | 10097 | 161 | 0,03 | 4,30 | 17,93 | 16,90 | 0,73 | 0,02 | 4,20 | 117 | 0,70 |
| 25/06/25 | Staz. APPA | 867 | 0,80 | 0,38 | 0,12 | 14,30 | 1,41 | 8723 | 0,48 | 6,70 | 1093 | 2328 | 70 | 0,05 | 1,58 | 16,26 | 16,20 | 1,41 | 0,03 | 2,12 | 104 | 0,46 |
| 06/08/25 | CRZ | 712 | 0,65 | 0,33 | 0,12 | 16,10 | 0,12 | 5632 | 0,41 | 9,20 | 980 | 1417 | 95 | 0,04 | 2,52 | 16,29 | 13,20 | 1,17 | 0,03 | 1,75 | 88 | 0,67 |
| 06/08/25 | Staz. APPA | 1955 | 0,56 | 0,46 | 0,13 | 13,90 | 0,11 | 7325 | 0,69 | 6,50 | 1666 | 1717 | 60 | 0,05 | 2,50 | 13,42 | 9,70 | 1,25 | 0,03 | 3,70 | 93 | 0,38 |
| 09/09/25 | CRZ | 2452 | 0,62 | 0,80 | 0,14 | 29,00 | 0,22 | 7884 | 0,95 | 25,10 | 2200 | 1823 | 119 | 0,05 | 3,40 | 15,95 | 16,60 | 1,18 | 0,04 | 4,40 | 139 | 1,10 |
| 09/09/25 | Staz. APPA | 642 | 0,73 | 0,36 | 0,13 | 14,10 | 0,13 | 5263 | 0,24 | 12,30 | 931 | 1458 | 110 | 0,04 | 1,58 | 7,02 | 10,70 | 1,26 | 0,03 | 1,63 | 93 | 0,51 |
| 15/10/25 | CRZ | 636 | 0,52 | 0,30 | 0,12 | 42,50 | 0,12 | 7754 | 0,33 | 16,70 | 1111 | 1537 | 189 | 0,03 | 1,62 | 9,10 | 8,70 | 0,93 | 0,02 | 1,99 | 96 | 0,49 |
| 15/10/25 | Staz. APPA | 345 | 0,45 | 0,20 | 0,08 | 7,75 | 0,08 | 3763 | 0,18 | 9,20 | 747 | 967 | 85 | 0,02 | 0,83 | 4,38 | 8,34 | 0,69 | 0,02 | 1,26 | 67 | 0,28 |
| 13/11/25 | CRZ | 580 | 0,35 | 0,18 | 0,07 | 41,60 | 0,18 | 17790 | 0,21 | 25,60 | 1292 | 2438 | 228 | 0,01 | 2,15 | 7,31 | 10,50 | 0,57 | 0,01 | 2,50 | 87 | 0,58 |
| 13/11/25 | Staz. APPA | 528 | 0,56 | 0,22 | 0,08 | 9,90 | 0,08 | 4867 | 0,15 | 15,20 | 974 | 1084 | 112 | 0,02 | 1,02 | 5,26 | 8,60 | 0,86 | 0,02 | 1,95 | 63 | 0,34 |
| 10/12/25 | CRZ | 770 | 0,44 | 0,22 | 0,08 | 20,00 | 0,08 | 5386 | 0,20 | 32,90 | 1770 | 1139 | 250 | 0,02 | 1,64 | 7,12 | 9,90 | 0,75 | 0,02 | 2,90 | 65 | 0,74 |
| 10/12/25 | Staz. APPA | 247 | 0,23 | 0,09 | 0,03 | 5,75 | 0,03 | 1504 | 0,07 | 12,98 | 728 | 422 | 74 | 0,01 | 0,52 | 2,85 | 3,58 | 0,37 | 0,01 | 1,10 | 25 | 0,19 |
| 22/01/26 | CRZ | 246 | 0,18 | 0,07 | 0,03 | 3,30 | 0,03 | 1645 | 0,07 | 23,70 | 1152 | 402 | 130 | 0,01 | 1,37 | 2,13 | 2,70 | 0,26 | 0,01 | 1,71 | 20 | 0,28 |

Anche in questo caso l'analisi dei dati raccolti viene effettuata tenendo conto delle precipitazioni verificatesi nei periodi di campionamento. A titolo di esempio, sono riportate le deposizioni di **zinco** (Fig. 3.5) e **piombo** (Fig. 3.6) nei due siti di campionamento e la pioggia cumulata nel contempo rilevata. Come nei periodi di campionamento precedenti, gli andamenti dei ratei di deposizione risultano abbastanza irregolari e non sempre correlabili alla piovosità.

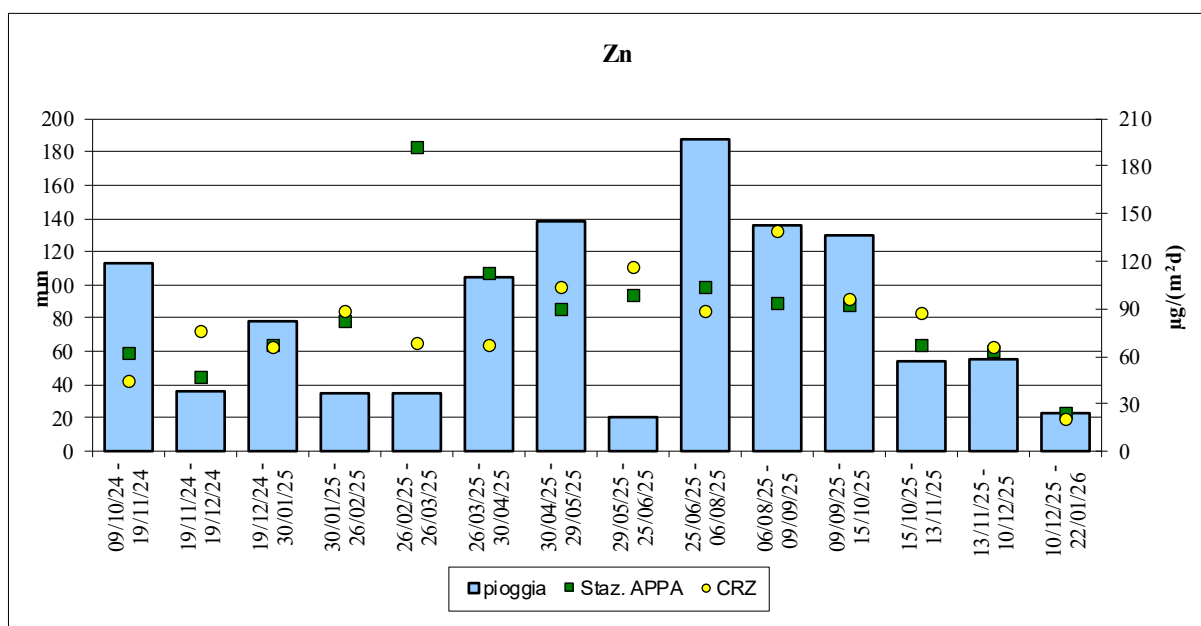


Fig. 3.5: Influenza delle precipitazioni sull'entità delle deposizioni – zinco.

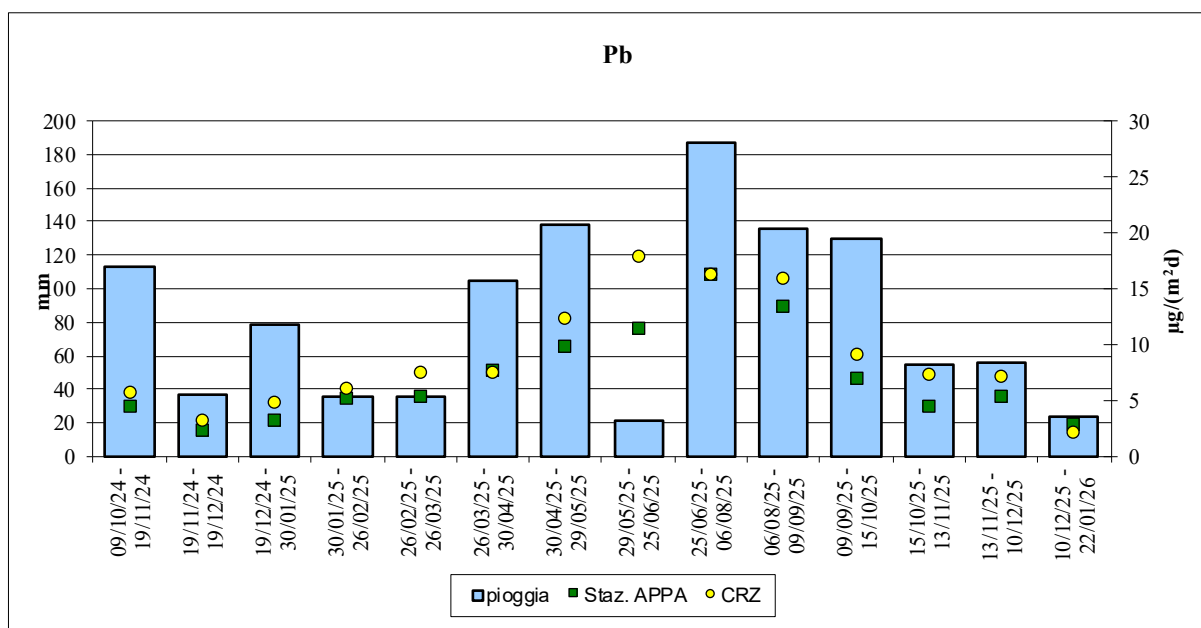


Fig. 3.6: Influenza delle precipitazioni sull'entità delle deposizioni – piombo.

Come per le deposizioni totali, anche per i metalli in Italia e nella Comunità Europea non sono attualmente in vigore limiti sulle deposizioni atmosferiche. Di conseguenza non è possibile effettuare alcun confronto con valori limite.

Per quanto riguarda le concentrazioni di metalli in *aria ambiente*, solo per il piombo esiste un *valore limite* calcolato come media annuale, mentre per arsenico, cadmio e nichel sono fissati *valori obiettivo* calcolati come media annuale (D.Lgs. 155/2010). Per gli altri metalli non esistono invece valori limite/obiettivo.

L'unico modo per valutare i dati raccolti è pertanto quello di confrontarli con dati di letteratura e con valori limite in vigore in altri stati.

Il documento della Commissione Europea *Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds - Position Paper* riporta una serie di valori misurati in diversi stati europei. In base agli intervalli individuati (Tab. 3.7), le deposizioni di arsenico, cadmio e nichel misurate nei siti di Borgo Valsugana misurate in questo ultimo periodo rientrano nell'intervallo di riferimento delle aree rurali (nichel), aree rurali/urbane (arsenico) e aree urbane (cadmio).

Tab. 3.7: Metalli – Ratei medi annuali di deposizione al suolo in alcune aree europee [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ d})$] (European Commission, 2001).

| | As | | Cd | | Ni | |
|------------------|-------|------|-------|------|------|-----|
| | min | max | min | max | min | max |
| Aree rurali | 0,082 | 0,43 | 0,011 | 0,14 | 0,03 | 4,3 |
| Aree urbane | 0,22 | 3,4 | 0,16 | 0,9 | 5 | 11 |
| Aree industriali | 2,0 | 4,3 | 0,12 | 4,6 | 2,3 | 22 |

In alcuni stati europei, per taluni metalli, sono indicati dei valori soglia dei ratei di deposizione riferiti alle medie annuali (Tab. 3.8).

Tab. 3.8: Metalli - Valori soglia (medie annuali) in vigore in alcuni paesi europei [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ d})$].

| | As | Cd | Ni | Pb | Tl | Zn |
|-----------------------|----|----|----|-----|----|-----|
| Germania | 4 | 2 | 15 | 100 | 2 | |
| Austria | | 2 | | 100 | | |
| Svizzera | | 2 | | 100 | 2 | 400 |
| Slovenia | | 2 | | 100 | | 400 |
| Croazia | 4 | 2 | 15 | 100 | 2 | |
| Belgio (valori guida) | | 2 | | 250 | | |

Germania: Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft of 24 July 2002

Svizzera: Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) du 16 décembre 1985 (Etat le 15 juillet 2010)

Croazia: Regulation on limit values of pollutants in air – Air Protection Act (Official Gazette 178/2004)

Belgio: VLAREM II - Order of the Flemish Government of 1 June 1995 concerning General and Sectoral provisions relating to Environmental Safety

Slovenia: Decree on limit values, alert thresholds and critical imission values for substances into the atmosphere. Uradni List Republike Slovenije Št.73/1994

Come si può osservare nei grafici seguenti, le deposizioni di **arsenico** (Fig. 3.7), **cadmio** (Fig. 3.8), **nichel** (Fig. 3.9), **piombo** (Fig. 3.10), **tallio** (Fig. 3.11) e **zinco** (Fig. 3.12) misurate nei siti di Borgo Valsugana risultano significativamente inferiori ai valori soglia (medie annuali) sopra riportati.

Tra i metalli analizzati, quelli da ritenere più significativi in riferimento alla presenza dell'acciaieria, oltre a **piombo** e **zinco** (riportati nelle precedenti Fig. 3.10 e Fig. 3.12), sono **ferro**, **manganese** e **cromo**, che potrebbero mostrare andamenti direttamente correlabili all'attività dello stabilimento siderurgico. Per tali metalli si riportano pertanto di seguito i grafici delle deposizioni rilevate nel corso dell'ultimo periodo di misura (Fig. 3.13, Fig. 3.14, Fig. 3.15).

Per il **ferro** si evidenzia un andamento analogo a quello delle polveri totali sedimentabili (come peraltro per **arsenico**, **nichel** e **tallio**). **Manganese** e **cromo** hanno fra loro andamenti molto simili, con valori più elevati nel periodo tardo autunnale ed invernale.

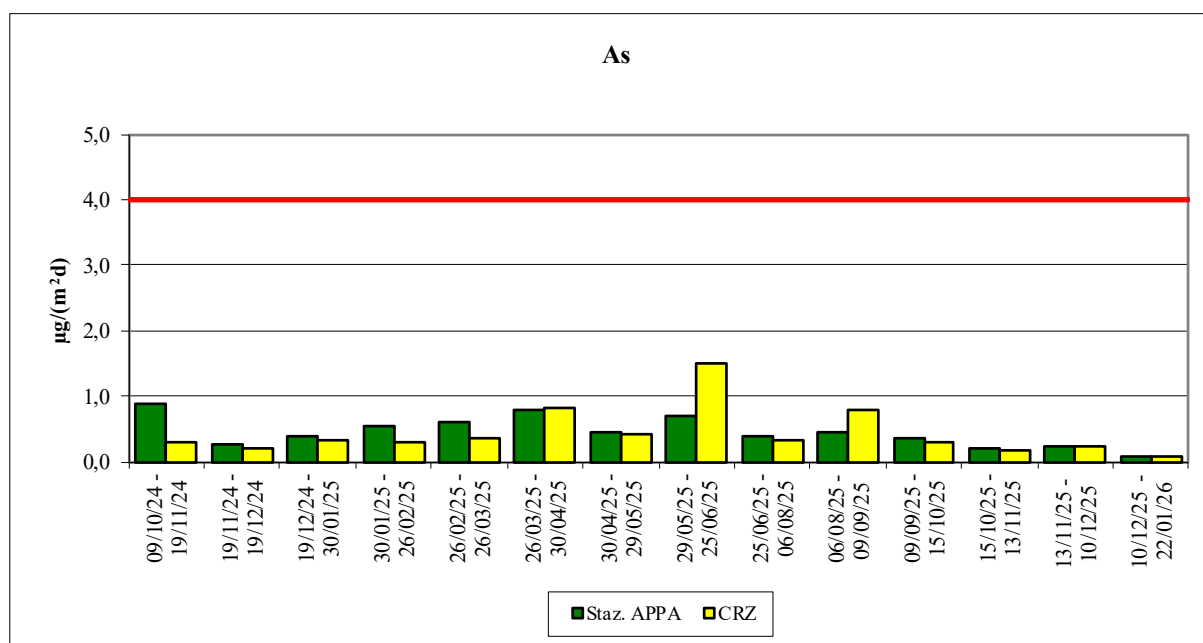


Fig. 3.7: Arsenico – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e il valore soglia in vigore in alcuni paesi europei.

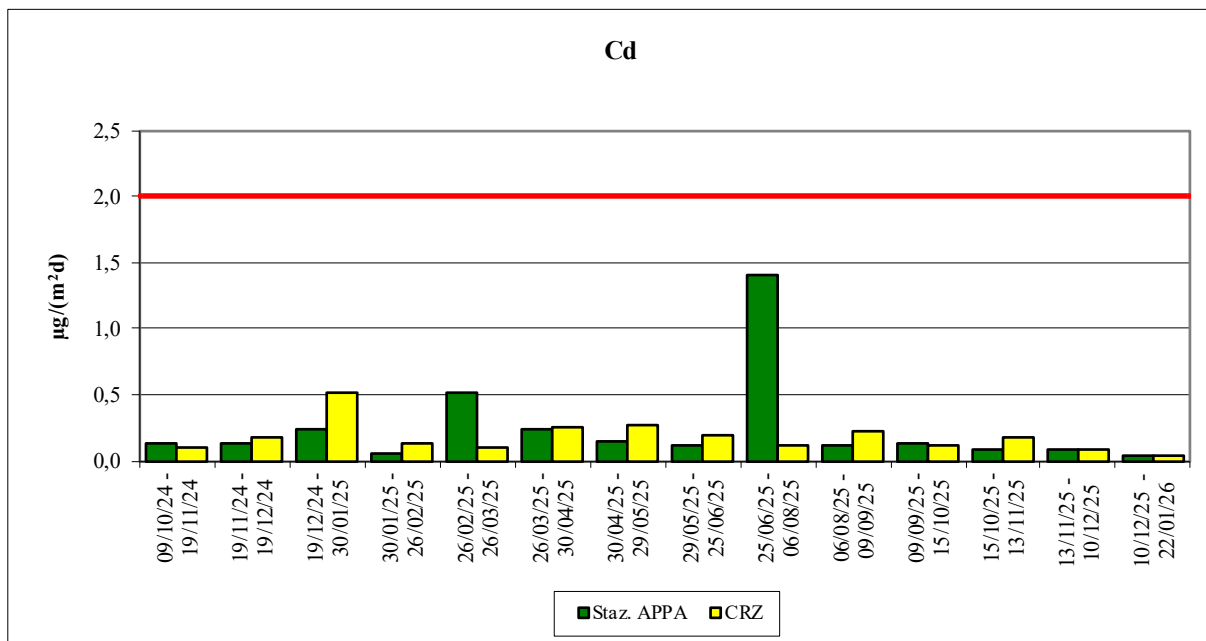


Fig. 3.8: Cadmio – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e il valore soglia in vigore in alcuni paesi europei.

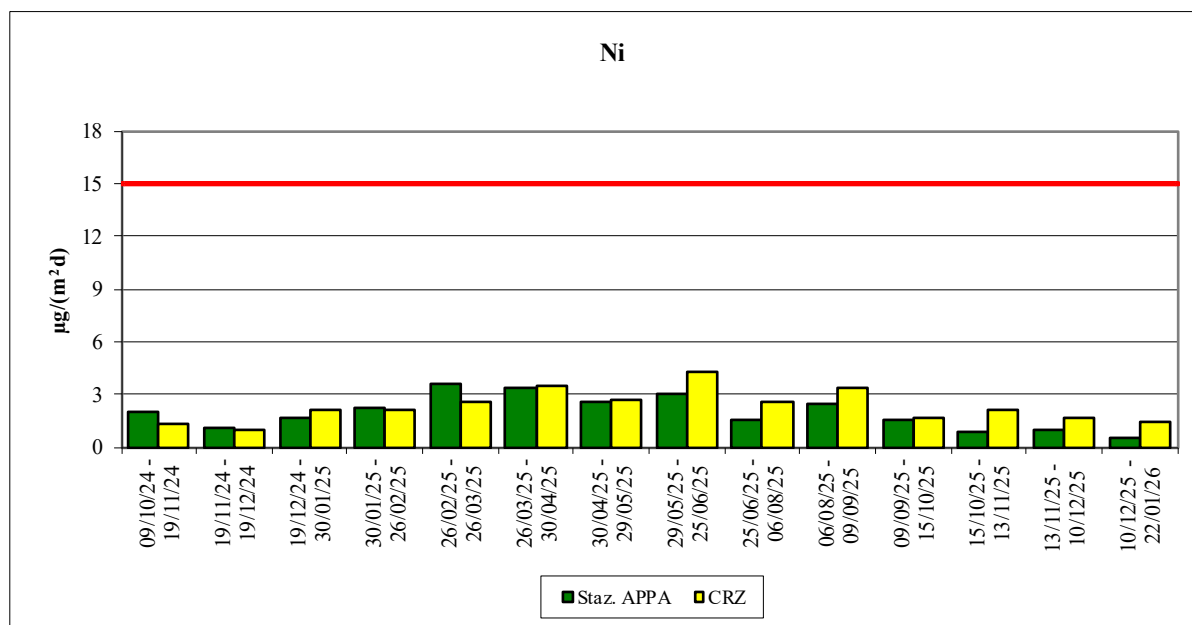


Fig. 3.9: Nichel – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e il valore soglia in vigore in alcuni paesi europei.

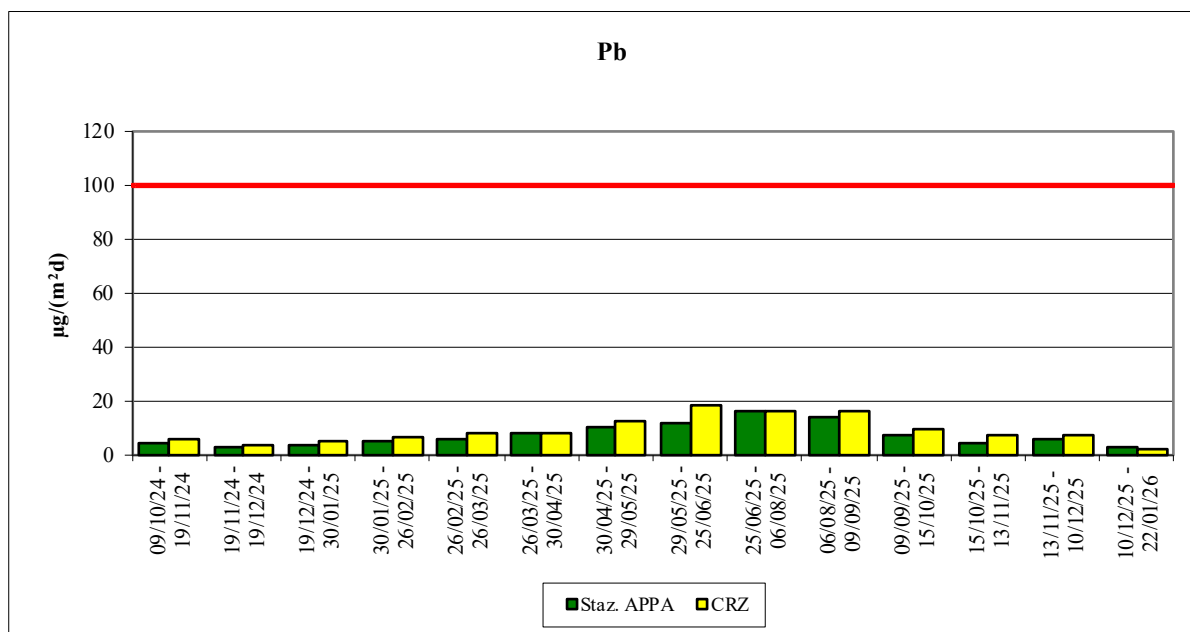


Fig. 3.10: Piombo – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e il valore soglia in vigore in alcuni paesi europei.

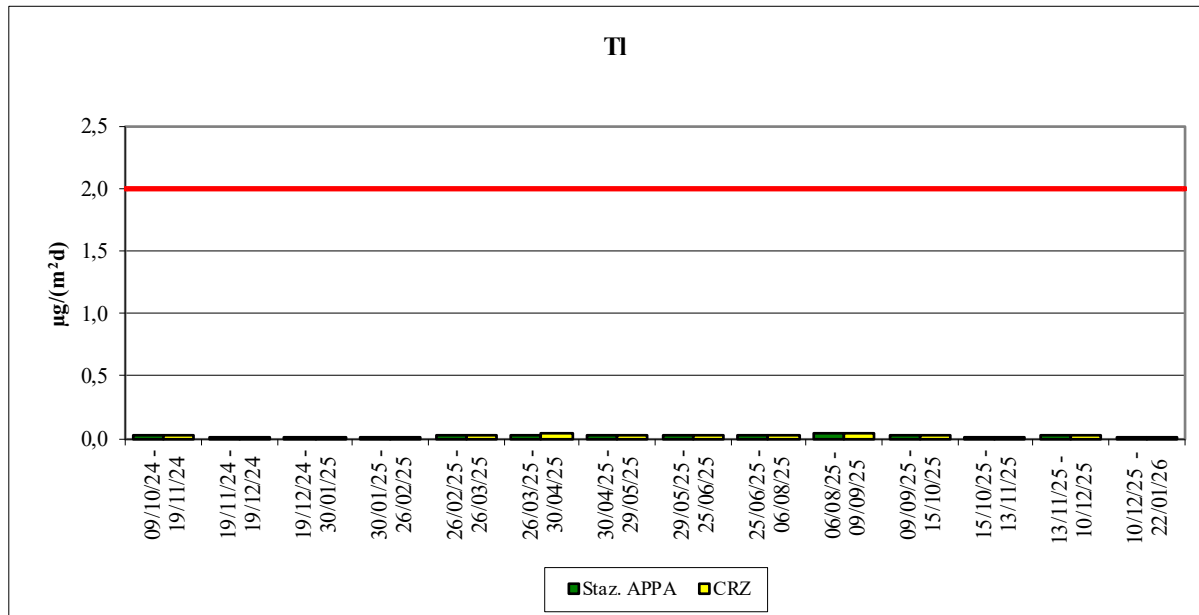


Fig. 3.11: Tallio – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e il valore soglia in vigore in alcuni paesi europei.

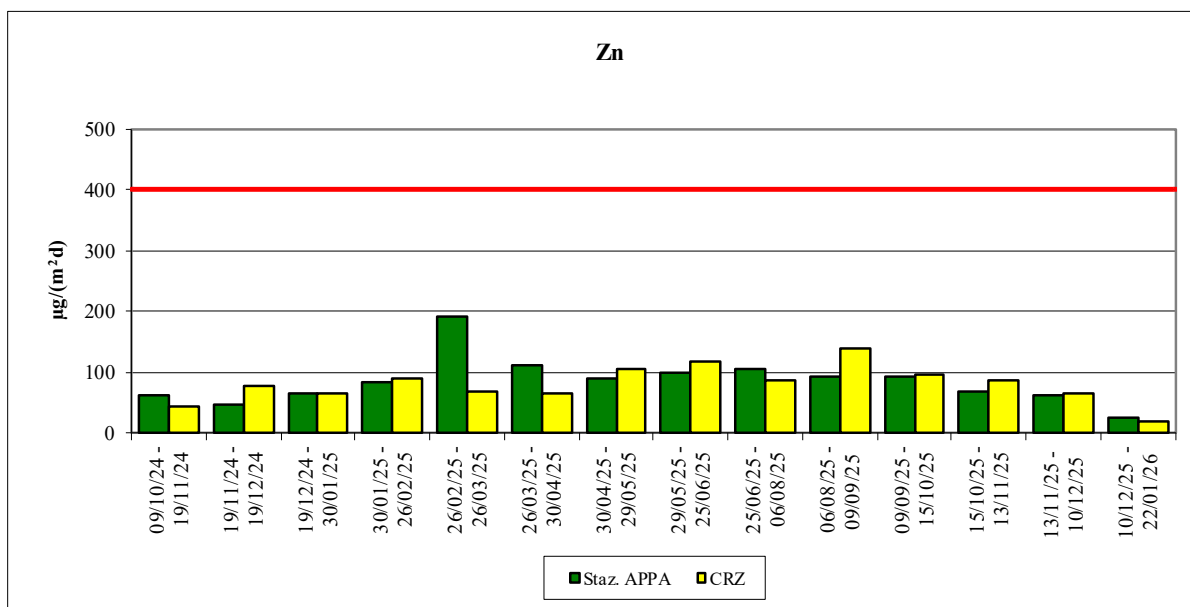


Fig. 3.12: Zinco – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e il valore soglia in vigore in alcuni paesi europei.

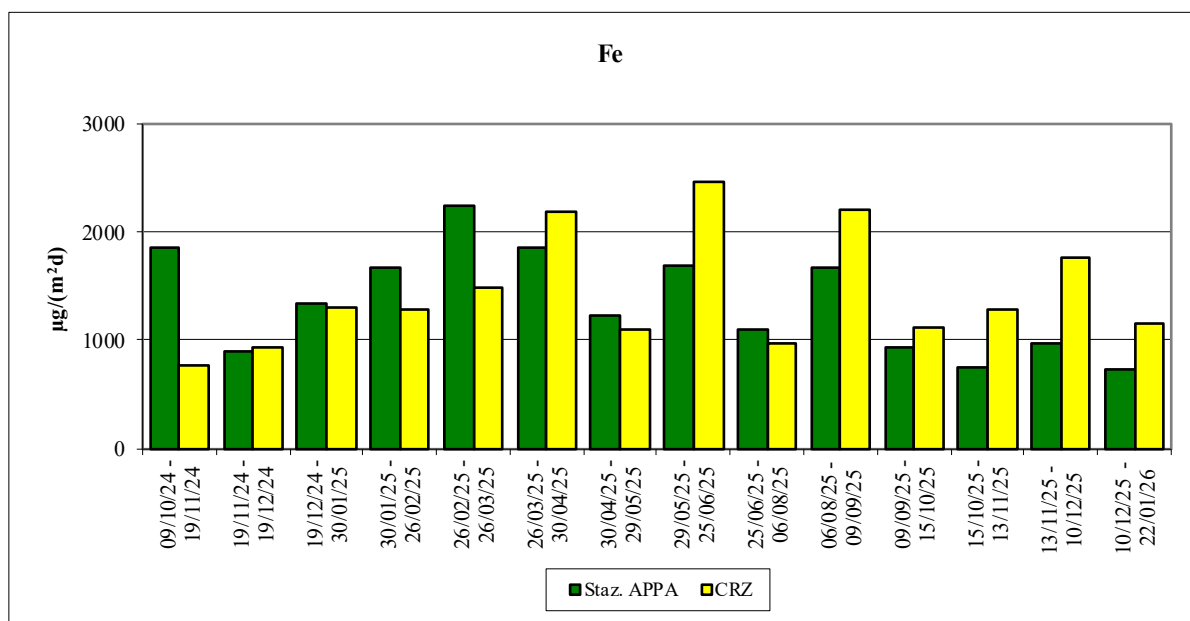


Fig. 3.13: Deposizioni – ferro.

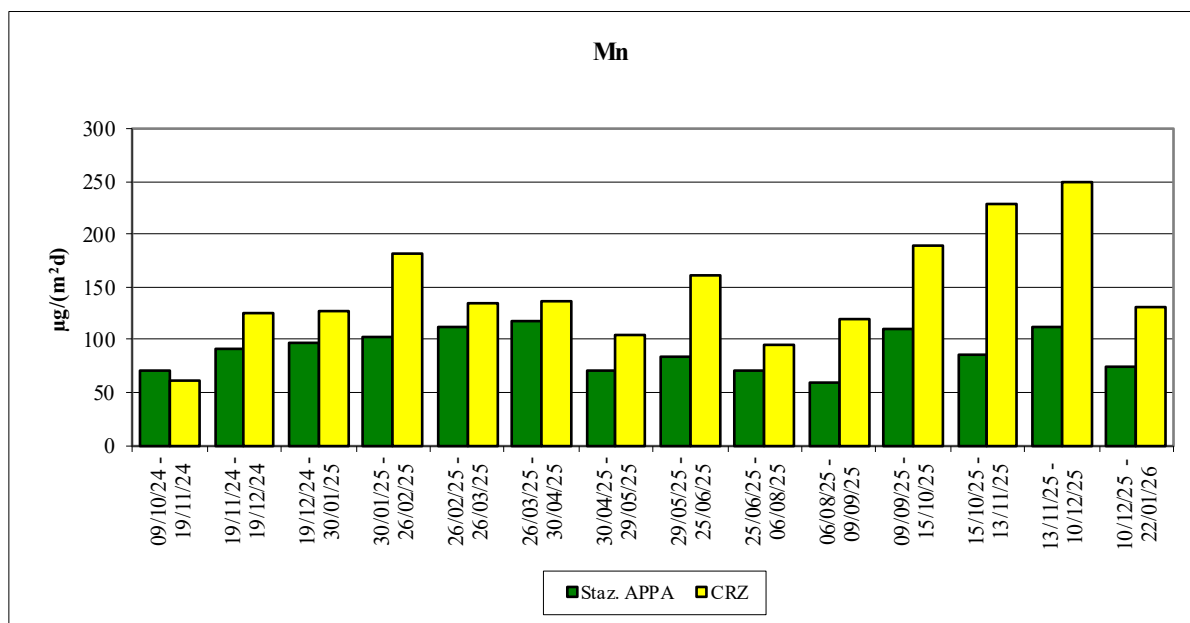


Fig. 3.14: Deposizioni – manganese.

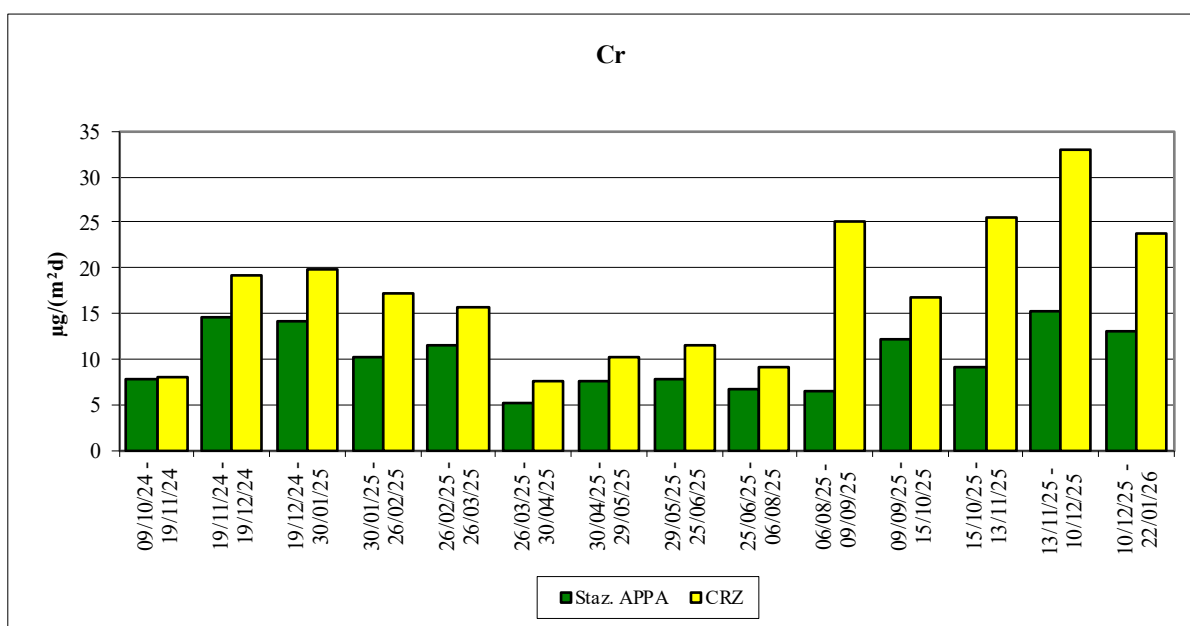


Fig. 3.15: Deposizioni – cromo.

3.3.1 *Considerazioni sulle deposizioni dei metalli*

Complessivamente i valori di deposizione dei metalli sono in linea con le precedenti rilevazioni.

Di seguito si riportano alcuni confronti con i ratei di deposizione dei metalli misurati in altri siti italiani. Tra i siti individuati, di particolare interesse sono quelli posti nei pressi delle acciaierie di Aosta (punto di misura in via 1° Maggio presso lo stabilimento CAS) e di Terni (punto di misura Terni Prisciano in prossimità dello stabilimento A.S.T.).

I valori rilevati in altri siti italiani sono messi a confronto con le deposizioni medie annue dei due siti di Borgo Valsugana valutate nei nove periodi di monitoraggio disponibili, considerando anche i valori contenuti nei nove precedenti report.

Per l'**arsenico** (Fig. 3.16), i valori rilevati a Borgo Valsugana sono confrontabili con quanto rilevato in altri siti italiani ed inferiori rispetto ai due siti di interesse sopra indicati.

Per il **cadmio** (Fig. 3.17), pur osservando un andamento più altalenante, i valori rilevati risultano confrontabili con quanto rilevato in altri siti italiani ed inferiori rispetto ai due siti di interesse sopra indicati.

Per quanto riguarda **cromo** (Fig. 3.18) e **nichel** (Fig. 3.19), appare ancora più evidente la differenza rispetto ai siti posti in prossimità delle acciaierie di Aosta e Terni, mentre si rilevano concentrazioni in linea con gli altri siti.

Anche le deposizioni di **piombo** (Fig. 3.20) e **zinco** (Fig. 3.21) sono allineate a quelle delle altre aree urbane.

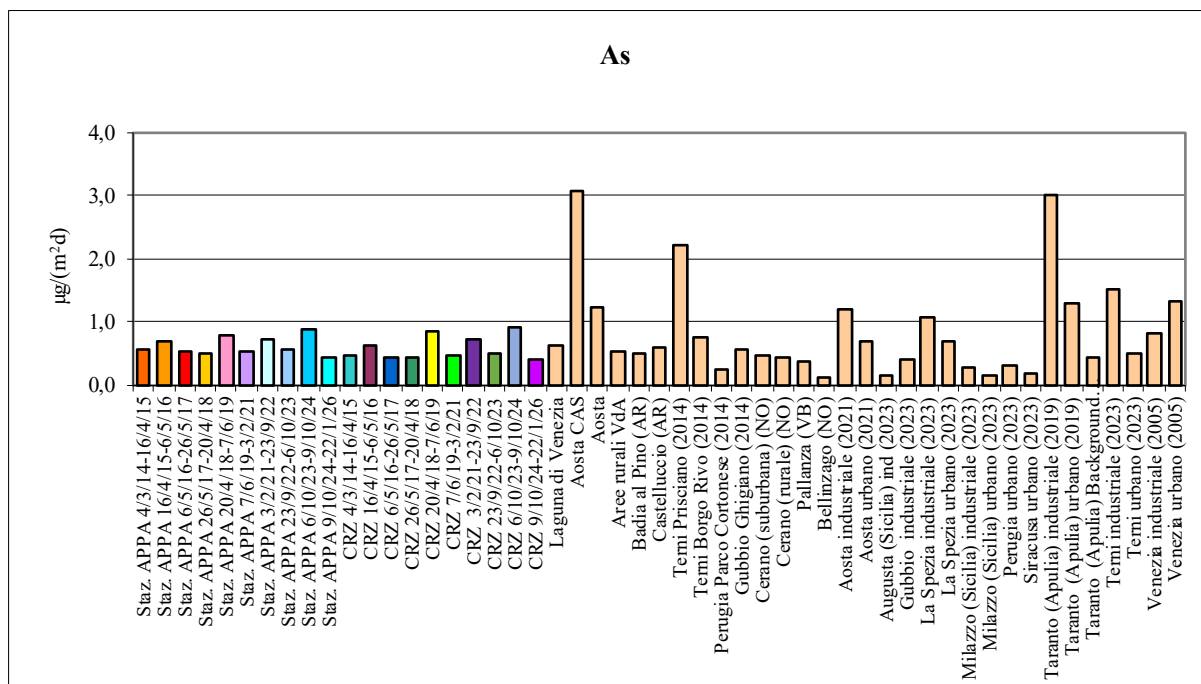


Fig. 3.16: Arsenico – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e i valori rilevati in altri siti italiani.

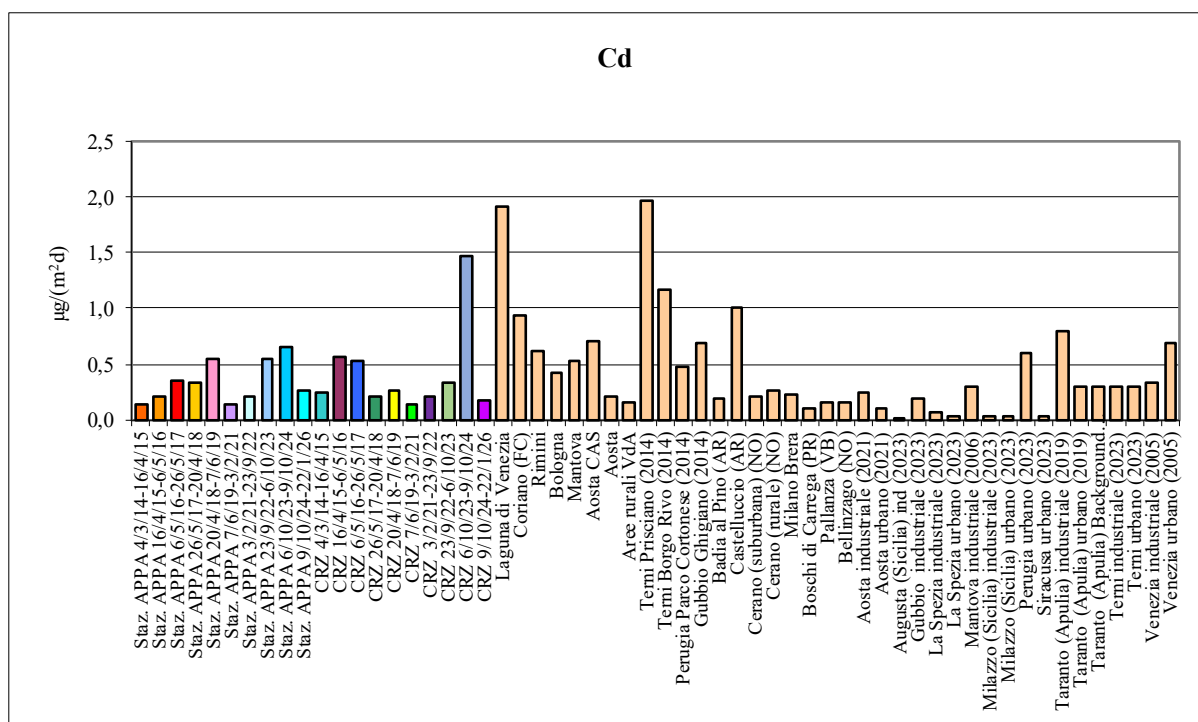


Fig. 3.17: Cadmio – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e i valori rilevati in altri siti italiani.

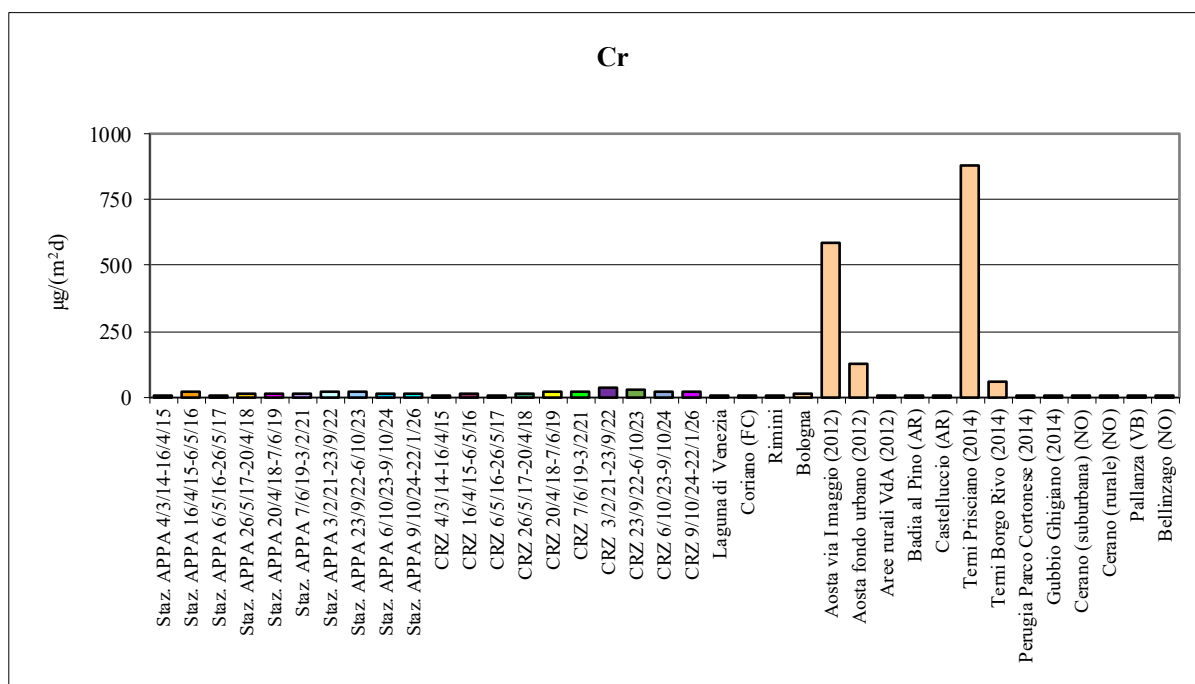


Fig. 3.18: Cromo – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e i valori rilevati in altri siti italiani.

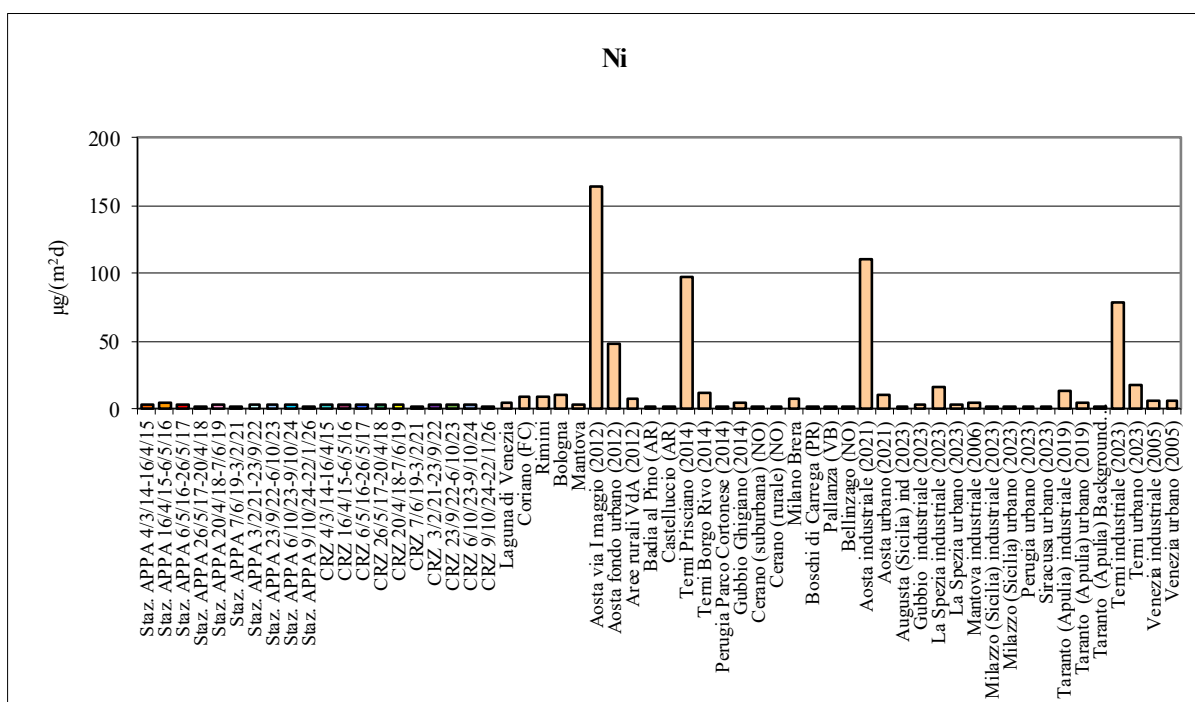


Fig. 3.19: Nichel – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e i valori rilevati in altri siti italiani.

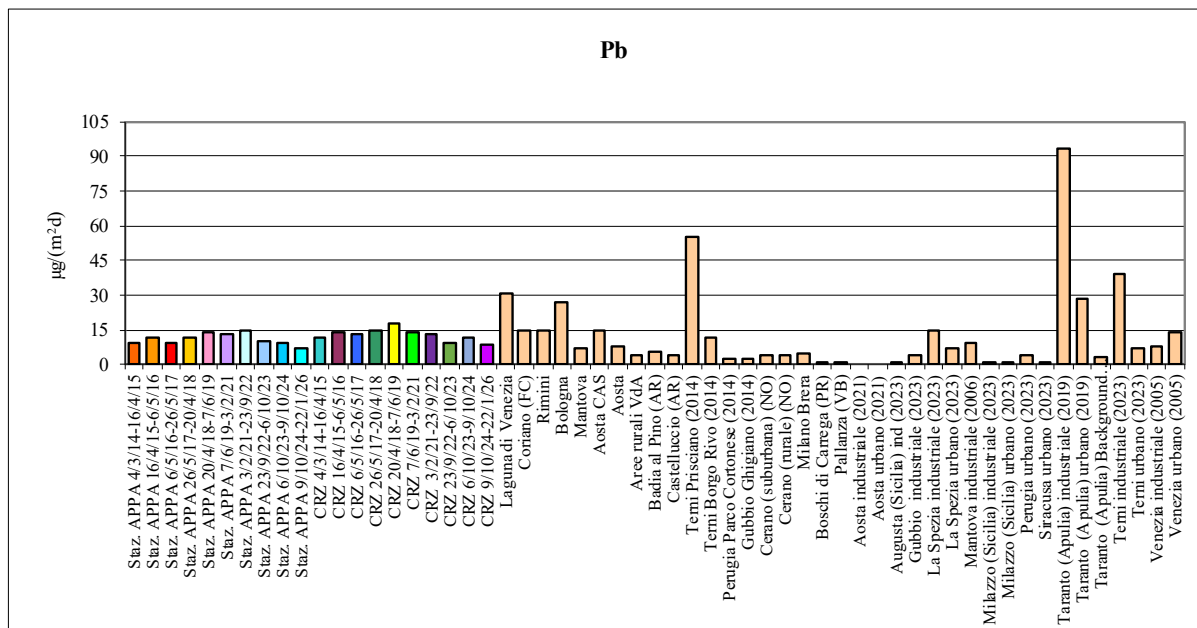


Fig. 3.20: Piombo – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e i valori rilevati in altri siti italiani.

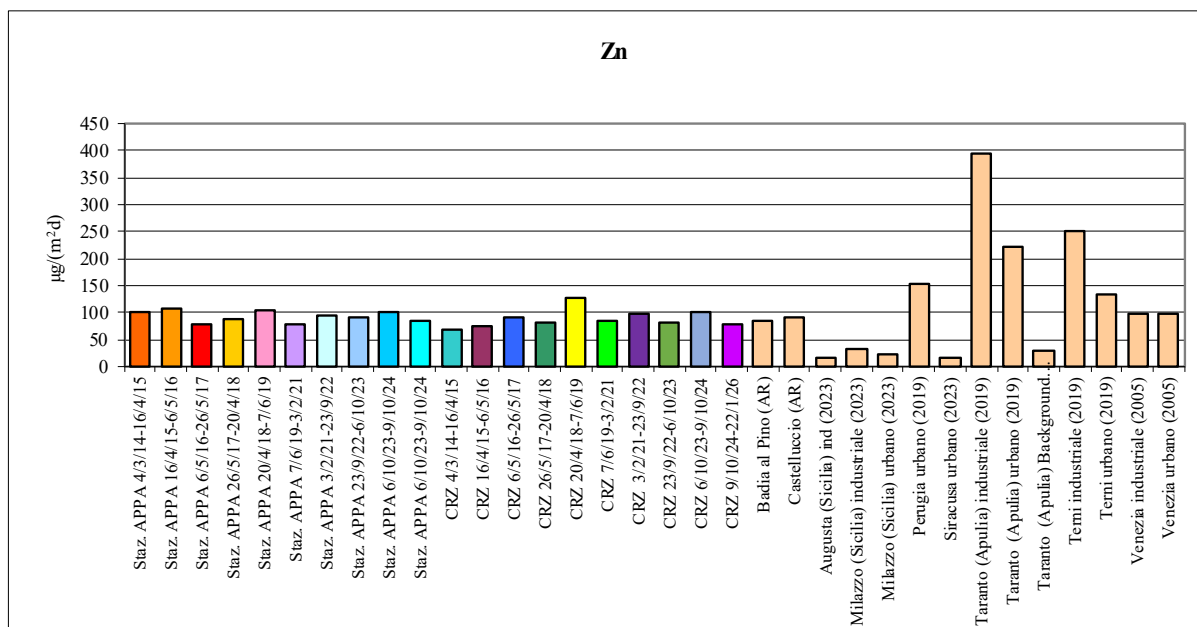


Fig. 3.21: Zinco – confronto tra le deposizioni rilevate a Borgo Valsugana e i valori rilevati in altri siti italiani.

3.4 PCDD/F e PCB

In questo decimo periodo di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche la determinazione analitica di PCDD/F e PCB è stata effettuata su un campione prelevato presso il sito CRZ nel periodo 30/01/25 - 26/02/25.

Per esprimere il grado di tossicità complessiva di PCDD/F e PCB si ricorre al concetto di tossicità equivalente (TEQ), che prevede l'assegnazione di un fattore di equivalenza tossica (TEF) a ciascun congenere presente di PCDD/F e PCB. I valori da assegnare ai fattori di equivalenza tossica sono tabulati sulla base di standard internazionali (I-TEF) e sulla base delle raccomandazioni stabilite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-TEF) (Tab. 3.9).

La tossicità equivalente viene valutata come sommatoria dei prodotti tra i fattori di tossicità equivalente (Tab. 3.9) dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni rilevate (Tab. 3.10 per PCDD/F e Tab. 3.11 per PCB).

Tab. 3.9: Fattori di tossicità equivalente.

| PCDD/F | Fattori di tossicità equivalente | | | PCB | Fattori di tossicità equivalente | |
|-----------------------|----------------------------------|----------|-------------|--------|----------------------------------|----------|
| | WHO 1998 | WHO 2005 | I-TEF(1988) | | WHO 1998 | WHO 2005 |
| 2,3,7,8 - TCDD | 1 | 1 | 1 | 77 -CB | 0,0001 | 0,0001 |
| 1,2,3,7,8 - PCDD | 1 | 1 | 0,5 | 81 -CB | 0,0001 | 0,0003 |
| 1,2,3,4,7,8 - HxCDD | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 105-CB | 0,0001 | 0,00003 |
| 1,2,3,6,7,8 - HxCDD | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 114-CB | 0,0005 | 0,00003 |
| 1,2,3,7,8,9 - HxCDD | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 118-CB | 0,0001 | 0,00003 |
| 1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 123-CB | 0,0001 | 0,00003 |
| OCDD | 0,0001 | 0,0003 | 0,001 | 126-CB | 0,1 | 0,1 |
| 2,3,7,8 - TCDF | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 156-CB | 0,0005 | 0,00003 |
| 1,2,3,7,8 - PCDF | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 157-CB | 0,0005 | 0,00003 |
| 2,3,4,7,8 - PCDF | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 167-CB | 0,00001 | 0,00003 |
| 1,2,3,4,7,8 - HxCDF | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 169-CB | 0,01 | 0,03 |
| 1,2,3,6,7,8 - HxCDF | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 189-CB | 0,0001 | 0,00003 |
| 2,3,4,6,7,8 - HxCDF | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | | |
| 1,2,3,7,8,9 - HxCDF | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | | |
| 1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF | 0,01 | 0,01 | 0,01 | | | |
| 1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF | 0,01 | 0,01 | 0,01 | | | |
| OCDF | 0,0001 | 0,0003 | 0,001 | | | |

3.4.1 PCDD/F

I risultati delle analisi relative alle deposizioni di PCDD/F rilevate nell'ultimo periodo di monitoraggio (30/01/25 - 26/02/25) e negli anni precedenti sono riportati in Tab. 3.10.

Il profilo dei congeneri di PCDD/F è riportato in Fig. 3.22 (quantitativo depositato, rappresentato in scala logaritmica per chiarezza di lettura) ed in Fig. 3.23 (tossicità equivalente, calcolata sulla base dei fattori di tossicità I-TEF), in entrambi i grafici posto a confronto con quanto rilevato nei precedenti periodi di campionamento.

Tab. 3.10: PCDD/F.

| PCDD/F | Periodo di campionamento | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | 11/11/14 10/12/14 | 31/08/15 02/10/15 | 14/11/16 12/12/16 | 18/01/17 14/02/17 | 25/01/18 23/02/18 | 18/01/19 22/02/19 | 04/11/20 11/12/20 | 19/01/22 18/02/22 | 27/01/23 24/02/23 | 25/01/24 22/02/24 | 30/01/25 26/02/25 | |
| | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | |
| 2,3,7,8 - TCDD | 254 | < 200 | 208 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,7,8 - PCDD | 546 | < 200 | < 200 | 274 | < 200 | < 200 | 450 | 510 | < 200 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,4,7,8 - HxCDD | 315 | 224 | < 200 | 232 | 330 | 1090 | 930 | 440 | < 200 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,6,7,8 - HxCDD | 572 | 1111 | < 200 | < 200 | < 200 | 940 | 3930 | 1750 | 270 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,7,8,9 - HxCDD | 466 | 372 | 311 | 249 | < 200 | 910 | 2120 | 950 | 270 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,4,6,7,8- HpCDD | 6624 | 9552 | 6576 | 2010 | 3850 | 4380 | 56100 | 11070 | 1810 | <800 | 5364,31 | |
| OCDD | 27601 | 93036 | 15706 | 8821 | 10950 | 8870 | 121320 | 47470 | 6580 | 6910,31 | 25972,57 | |
| 2,3,7,8 - TCDF | 761 | 560 | 303 | 1261 | 2770 | 870 | 2960 | 3290 | 650 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,7,8 - PCDF | 2923 | 366 | 358 | 536 | 1360 | 950 | 1820 | 1920 | 410 | 394,76 | <200 | |
| 2,3,4,7,8 - PCDF | 2888 | 543 | 577 | 827 | 2040 | 1910 | 1310 | 2780 | 480 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,4,7,8 - HxCDF | 2042 | 357 | 250 | 446 | 1240 | 1970 | 4990 | 1710 | 510 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,6,7,8 - HxCDF | 2194 | 294 | 299 | 524 | 1340 | 1970 | 2290 | 2130 | 480 | 664,68 | < 200 | |
| 2,3,4,6,7,8 - HxCDF | 2082 | 427 | < 200 | 579 | 1050 | 2510 | 1970 | 1850 | 430 | < 200 | 765 | |
| 1,2,3,7,8,9 - HxCDF | 1795 | < 200 | 286 | 292 | < 200 | 990 | 390 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | |
| 1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF | 4779 | 2518 | < 800 | 1417 | 2850 | 5340 | 9620 | 4960 | 1270 | 6740,01 | 4468,7 | |
| 1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF | 1337 | < 800 | < 800 | < 800 | < 800 | 1840 | 1530 | <800 | <800 | < 800 | < 800 | |
| OCDF | 4782 | 3401 | 1597 | 1091 | 2440 | 4610 | 6810 | 6230 | 1210 | 21376,06 | < 800 | |
| pg _{I-TEQ} (m ² d) | I-TEF 1988 | 3,300 | 1,005 | 0,865 | 1,094 | 2,025 | 2,407 | 3,830 | 3,281 | 0,734 | 0,460 | 0,480 |
| | WHO 1998 | 3,543 | 0,969 | 0,830 | 1,222 | 2,063 | 2,444 | 3,939 | 3,488 | 0,777 | 0,484 | 0,506 |
| | WHO 2005 | 2,914 | 0,872 | 0,746 | 1,048 | 1,631 | 2,046 | 3,667 | 2,904 | 0,67 | 0,46 | 0,49 |

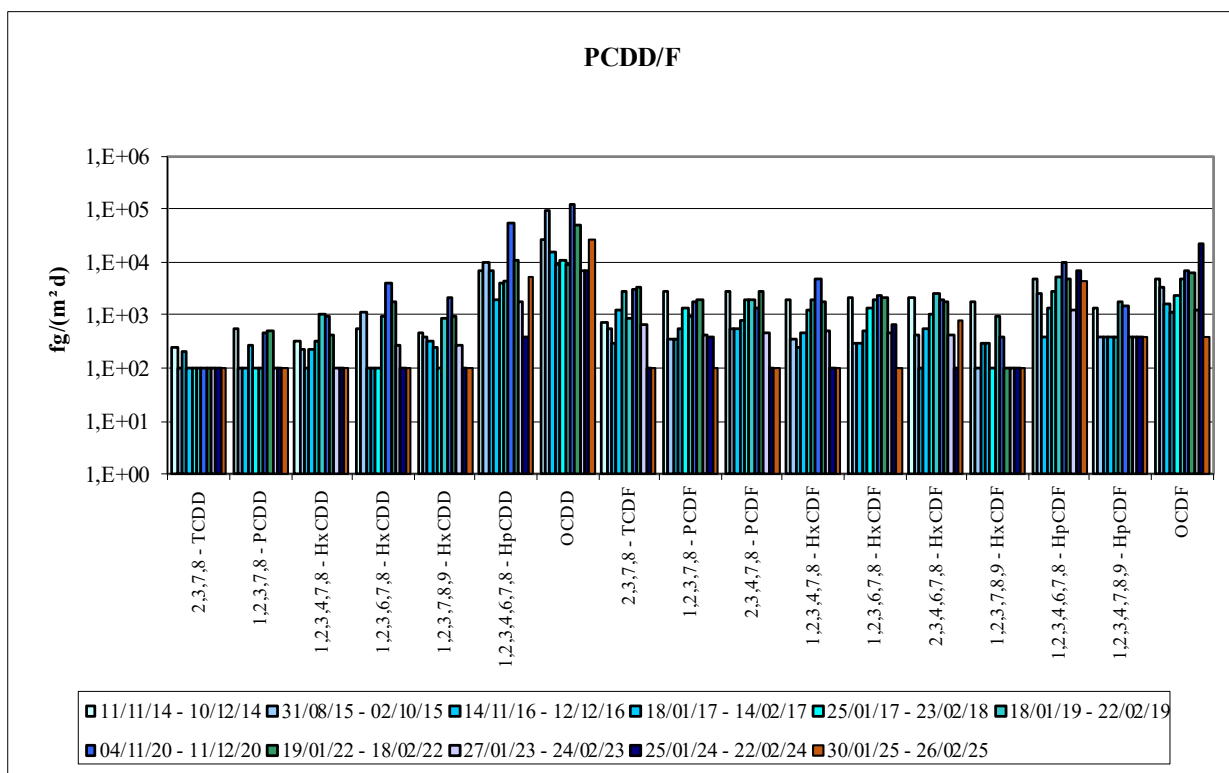


Fig. 3.22: Profilo PCDD/F – totale (scala logaritmica).

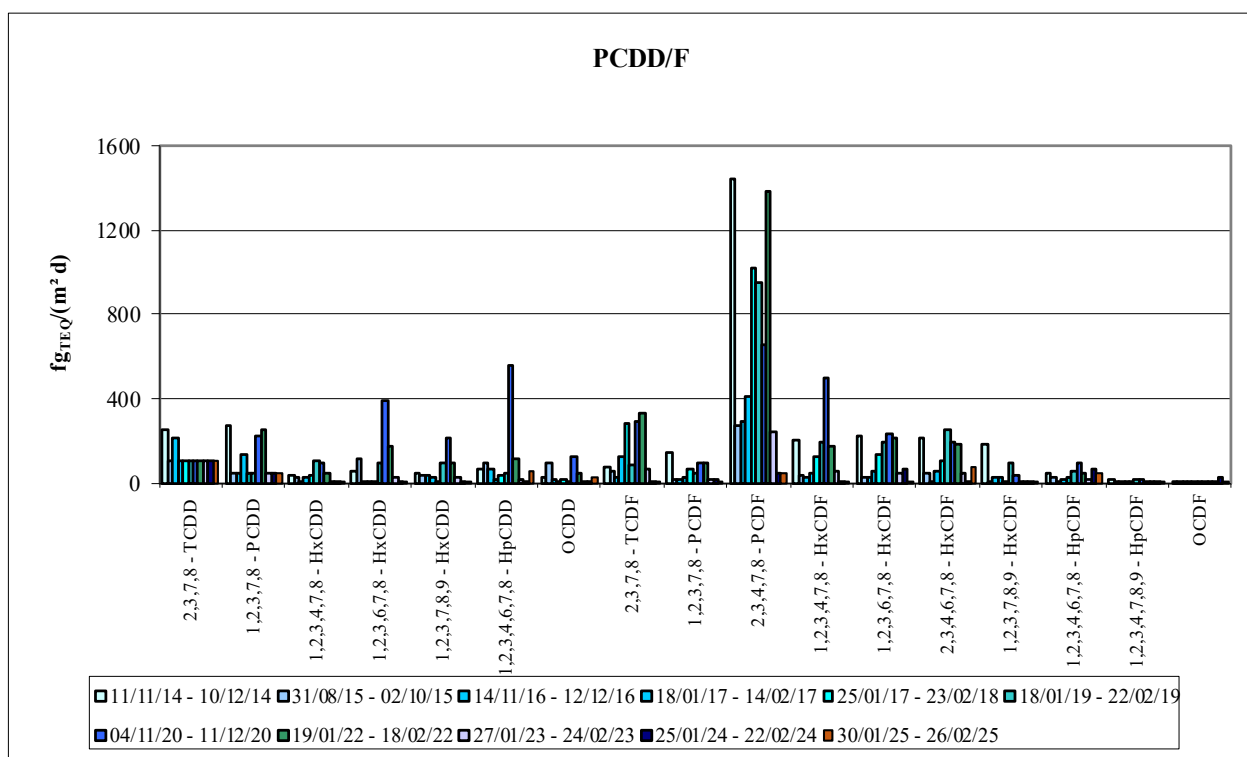


Fig. 3.23: Profilo PCDD/F – I-TEQ.

3.4.2 PCB

I risultati delle analisi relative alle deposizioni di *PCB-dioxin like* (dl-PCB) rilevate nell'ultimo periodo di monitoraggio (30/01/25 - 26/02/25) e negli anni precedenti sono riportati in Tab. 3.11.

Il profilo dei congeneri è riportato in Fig. 3.24 (quantitativo depositato, rappresentato in scala logaritmica per chiarezza di lettura) ed in Fig. 3.25 (tossicità equivalente, calcolata sulla base dei fattori di tossicità WHO 2005 – TEF), in entrambi i grafici posto a confronto con quanto rilevato nei precedenti periodi di campionamento.

Tab. 3.11: dl-PCB.

| | | Periodo di campionamento | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 11/11/14 10/12/14 | 31/08/15 02/10/15 | 14/11/16 12/12/16 | 18/01/17 14/02/17 | 25/01/18 23/02/18 | 18/01/19 22/02/19 | 04/11/20 11/12/20 | 19/01/22 18/02/22 | 27/01/23 24/02/23 | 25/01/24 22/02/24 | 30/01/25 26/02/25 |
| PCB | | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) | fg/(m ² d) |
| 77 -CB | | 18042 | 10261 | 15287 | 12426 | 24350 | 40330 | 43930 | 43190 | 40860 | 7957,78 | 16102,25 |
| 81 -CB | | < 1000 | < 1000 | < 1000 | 6075 | 1740 | 1440 | < 1000 | <1000 | <1000 | 1106,84 | <1000 |
| 105-CB | | 111883 | 254106 | 61780 | 52620 | 164390 | 130340 | 222620 | 367550 | 57020 | 33636,74 | 73178,47 |
| 114-CB | | 2024 | 1930 | 1210 | 3965 | < 1000 | 5760 | 11910 | 26650 | <1000 | <1000 | <1000 |
| 118-CB | | 244027 | 808279 | 223737 | 226714 | 323560 | 487500 | < 20000 | <20000 | <20000 | 76681,05 | 174363,28 |
| 123-CB | | 12648 | 11841 | 3429 | 18169 | 26960 | 20880 | 43930 | 52380 | <1000 | <1000 | 2005,78 |
| 126-CB | | 4816 | < 1000 | 1004 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | 2980 | <1000 | <1000 | <1000 | <1000 |
| 156-CB | | 53100 | 271478 | 74484 | 64433 | 25220 | 288600 | 114660 | 372150 | 70320 | <15000 | 25776,66 |
| 157-CB | | 6196 | 6558 | < 5000 | < 5000 | < 5000 | 27360 | 22340 | 56970 | <5000 | <5000 | <5000 |
| 167-CB | | 12550 | 115408 | 28179 | 22078 | 17400 | 101530 | 59560 | 164480 | <5000 | <5000 | <5000 |
| 169-CB | | 6606 | < 1000 | < 1000 | 13597 | < 1000 | 5760 | 8930 | <1000 | <1000 | <1000 | <1000 |
| 189-CB | | 9682 | < 5000 | 7496 | 9410 | < 5000 | 43210 | < 5000 | 56970 | 16150 | <5000 | <5000 |
| fg _{TEQ} (m ² d) | WHO 1998 | 618 | 305 | 176 | 254 | 124 | 342 | 495 | 332 | 104 | 73 | 96 |
| | WHO 2005 | 695 | 110 | 129 | 473 | 85 | 260 | 585 | 101 | 74 | 70 | 75 |

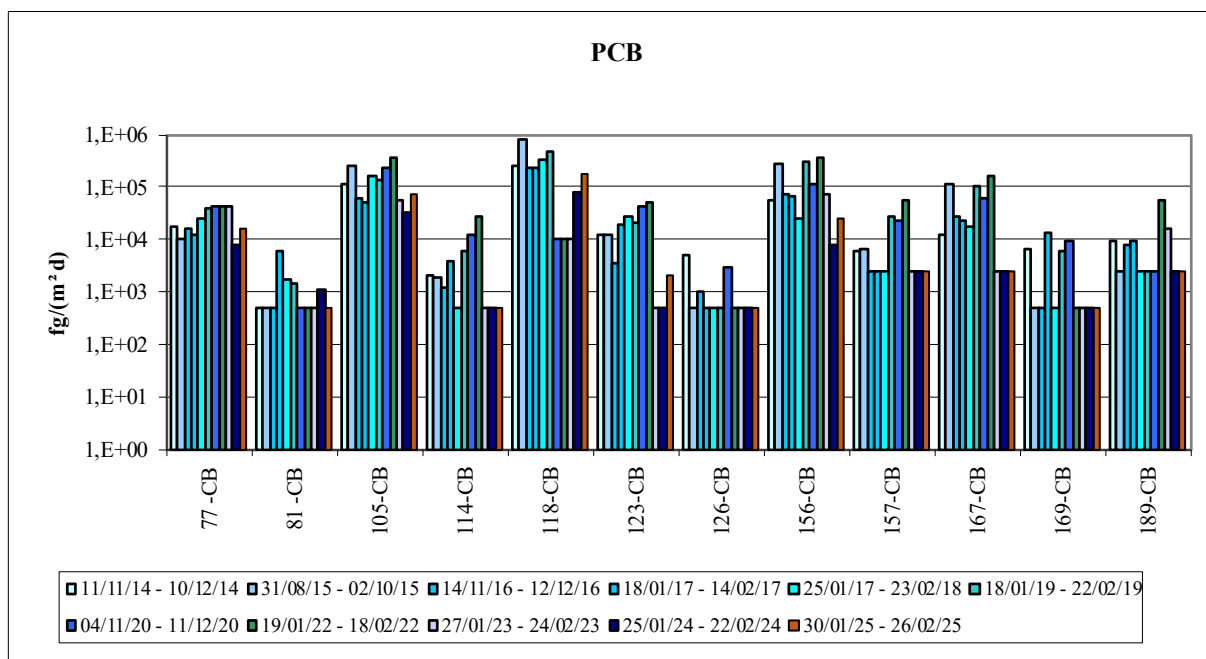


Fig. 3.24: Profilo PCB – totale (scala logaritmica).

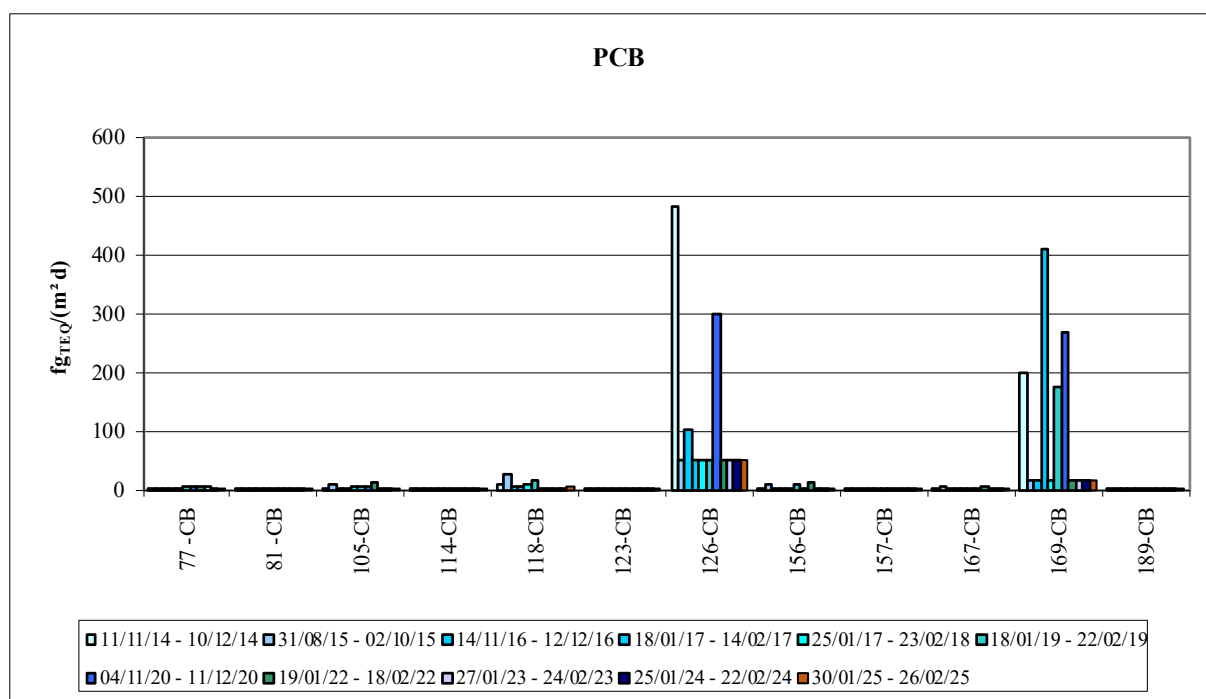


Fig. 3.25: Profilo PCB – WHO 2005 -TEQ.

3.4.3 Considerazioni sulle deposizioni di PCDD/F e PCB

Per i microinquinanti organoclorurati PCDD/F e dl-PCB non si rilevano situazioni di criticità e le differenze riscontrabili tra i vari campionamenti rientrano nella normale variabilità insita nella tipologia di indagine, significativamente influenzata dalle condizioni stagionali e meteorologiche di ciascun periodo di osservazione.

In Italia non sono attualmente in vigore limiti sulle deposizioni atmosferiche di PCDD/F e PCB. Di conseguenza non è possibile effettuare un confronto diretto con valori limite nazionali. Le valutazioni vengono effettuate pertanto confrontando i dati raccolti con dati di letteratura e con valori guida proposti da alcuni Stati, a partire dai valori di “Dose giornaliera tollerabile per l’organismo umano” (TDI – Tolerable Daily Intake) stabiliti dall’Organizzazione Mondiale della Sanità e dall’Unione Europea.

Tutti i valori delle deposizioni di PCDD/F rilevati a Borgo Valsugana espressi in termini di tossicità equivalente I - TEQ risultano riconducibili a valori tipici di siti rurali o urbani (Tab. 3.12).

Tab. 3.12: PCDD/F - Valori misurati in alcuni paesi europei [pg I-TEQ/(m² d)]

| | Siti rurali | | Siti urbani | | Siti industriali | |
|--------------------|-------------|------|-------------|------|------------------|------|
| | min | max | min | max | min | max |
| Belgio | < 1 | 3,1 | < 1 | 12 | 1 | 211 |
| Germania | 7 | 17 | < 0,5 | 464 | - | - |
| Regno Unito | 0 | 517 | < 1 | 312 | 2 | 118 |
| Danimarca | 0,5 | 31,5 | 1,7 | 31,6 | - | - |
| Francia | 20 | 50 | 100 | 147 | 4,2 | 363* |
| Finlandia | 0,1 | 3** | - | - | - | - |
| Svezia | <0,1 | 0,7 | - | - | - | - |

*Values are calculated using WHO-TEF₁₉₉₈. **values are calculated using WHO-TEF₂₀₀₅

Belgio Van Lishout et al. 2001; Desmedet et al. 2008; Dufour et al. 2021; Germania Kirchner et al. 2020; Dreyer and Minkos 2023; Inghilterra Buckley-Golder et al. 1999; Danimarca Vikelsoe et al. 2005; Francia Castro-Jimenez et al. 2011; Meyer et al. 2015 Finlandia Korhonen et al. 2016; Svezia Sellstrom et al. 2009

Rispetto ai valori rilevati in altri siti italiani (Tab. 3.13), le deposizioni di PCDD/F riscontrate a Borgo Valsugana anche in questo ultimo periodo di monitoraggio si confermano, in analogia a tutti i precedenti, paragonabili ad aree urbane e industriali. La differenza tra area industriale e area urbana non è molto marcata, in quanto tali inquinanti hanno origine, oltre che dai processi industriali, anche dal traffico veicolare e dal riscaldamento domestico.

I valori rilevati sono inoltre influenzati dalla tipologia del campionamento, dalla stagionalità e dalle condizioni meteorologiche del periodo: pertanto il puro confronto numerico con i valori di altri siti italiani deve considerare anche la variabilità di questi fenomeni.

Tab. 3.13: PCDD/F - Valori misurati in alcuni siti italiani [$\text{pg}_{1\text{-TEQ}}/(\text{m}^2 \text{ d})$] (Settimo G., 2012-2013-2014 e *Atmospheric bulk depositions: state-of-the-art and European legislative framework with focus on Italy (Ianiri, Settimo, Avino)*)

| Sito | PCDD/F |
|--|-------------|
| S. Nicola di Melfi (PZ) | 1 |
| Mantova (urbana) stagione fredda | 1,20 - 2,26 |
| Mantova (urbana) stagione calda | 3,82 - 4,20 |
| Mantova (industriale) stagione fredda | 1,27 - 4,72 |
| Mantova (industriale) stagione calda | 2,75 - 5,13 |
| Area industriale (Porto Marghera) | 15 - 2767 |
| Area urbana con inceneritori (Regione Veneto, Adige, Po) | 10 - 337 |
| Area industriale con inceneritore (Rimini) | 0,75 - 3,7 |
| Brescia | 19 - 200 |
| Coriano (FC) stagione calda | 6 - 14 |
| Coriano (FC) stagione fredda | 7 - 47 |
| Taranto | 14,1 - 72,8 |
| Trieste | 20 - 130 |
| Aosta (Valle d'Aosta) Industriale acciaieria | 3,7 |
| Aosta (Valle d'Aosta) Urbana | 0,6-3,0 |
| Coriano (Emilia-Romagna) Industriale (inceneritore) | 2,5 |
| Coriano (Emilia-Romagna) Rurale | 1,2 |
| La Spezia (Liguria) Industriale | 0,09-0,41 |
| La Spezia (Liguria) Urbana | 0,02-0,06 |
| Mantova (Lombardia) Industriale | 1,2-5,1 |
| Mantova (Lombardia) Background | 1,3-2,7 |
| San Nicola di Melfi (Basilicata) Industriale | 1,7-2,1 |
| San Nicola di Melfi (Basilicata) Rurale | 1,7-2,7 |
| Civitavecchia (Lazio) Industriale | 0,05-0,14 |
| Civitavecchia (Lazio) Urbana | 0,05-0,46 |
| Civitavecchia (Lazio) Rurale | 0,07-0,20 |
| Perugia (Umbria) Urbana | 1 |
| Taranto (Puglia) Industriale acciaieria | 12,9 |
| Taranto (Puglia) Urbana | 4,8 |
| Taranto (Puglia) Background | 2,9 |
| Terni (Umbria) Industriale acciaieria | 0,5-4,0 |
| Terni (Umbria) Urbana | 1 |
| Terni (Umbria) Industriale acciaieria | 1,5 |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Venezia (Veneto) Industriale | 0,1–5,2* |
| Venezia(Veneto) Urbana | 0,2–9,2* |
| Venezia (Veneto) Laguna | 0,1–4,7* |
| Viggiano (Basilicata) Industriale | 10,3 |

* Valori calcolati usando WHO-TEF₁₉₉₈

Riferimenti: Aosta (Valle d'Aosta), (ARPAVDA 2008), Coriano (Emilia-Romagna) (Vassura et al. 2011), La Spezia (Liguria) ARPAL 2023), Mantova (Lombardia) (Viviano et al. 2006), San Nicola di Melfi (Basilicata) (Bove et al. 2005), Civitavecchia (Lazio) (Settimo et al. 2021), Perugia (Umbria) (ARPAU 2023a), Taranto (Puglia) (ARPAP 2019), Terni (Umbria) (ARPAU 2019), Terni (Umbria) (ARPAU 2023a), Terni (Umbria) (ARPAU 2023*), Venezia (Veneto) (Rossini et al. 2005), Viggiano (Basilicata) (ARPAB 2021)

Il comitato scientifico dell'alimentazione umana (*SCF - Scientific Committee on Food*) dell'Unione Europea ha adottato nel 2001 un parere sulla valutazione dei rischi delle diossine e dei PCB diossino-simili nei prodotti alimentari. Il comitato ha stabilito un valore cumulativo per la dose tollerabile settimanale (*TWI – Tolerable Weekly Intake*) di diossine e PCB diossino-simili pari a 14 picogrammi di equivalente tossico (WHO-TEQ 1998) per chilogrammo di peso corporeo. Questo valore corrisponde alla dose tollerabile mensile di 70 pg/(kg_{peso corporeo} mese) stabilita in via provvisoria dal comitato congiunto di esperti FAO/OMS sugli additivi alimentari (*JECFA*) nel 2001. Tale valore coincide con il valore minimo della gamma di TDI (*Tolerable Daily Intake*) pari a 1-4 pg WHO 1998-TEQ/kg_{peso corporeo} definito dall'Organizzazione mondiale della sanità nel 1998 (European Commission, 2001b).

La regione delle Fiandre (Belgio) ha adottato un TDI pari a 3 pg WHO 1998-TEQ/kg_{peso corporeo}.

Attraverso l'uso di modelli specifici, sono state ricavate le deposizioni medie annue associabili ai valori di TDI indicati, fissando altresì i valori guida per le medie mensili pari al doppio dei valori indicati per le medie annuali (Van Lieshout et al., 2001) (Tab. 3.14).

Successivamente, è stata stimata la deposizione media annua di PCDD/F e dl-PCB associabile al valore TWI indicato dall'Unione Europea, individuando il rispettivo valore guida per la media mensile in 2,6 volte il valore indicato per la media annuale (Desmedt et al., 2008) (Tab. 3.14).

Tab. 3.14: Corrispondenza tra TDI/TWI e deposizione.

| | Dose tollerabile [pg WHO 1998-TEQ/kg peso corporeo] | | Siti urbani [pg WHO 1998-TEQ/(m ² d)] | | Fonte |
|--------------------|--|-----|---|---------------|---------------------------|
| | TDI | TWI | Media annua | Media mensile | |
| WHO, 1998 | 1-4 | - | 3,4-14 | 6,8-27 | Van Lieshout et al., 2001 |
| Fiandre (Belgio) | 3 | - | 10 | 20 | Van Lieshout et al., 2001 |
| SCF Unione Europea | - | 14 | 8,2 | 21 | Desmedt et al., 2008 |

Le deposizioni medie giornaliere di **PCDD/F** e **dl-PCB** rilevate a Borgo Valsugana in un mese di campionamento risultano inferiori sia alla soglia di $6,8 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/(\text{m}^2 \text{ d})$ – corrispondente ad un TDI di $1 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/\text{kg}_{\text{peso corporeo}}$ – sia alla soglia di $21 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/(\text{m}^2 \text{ d})$ – corrispondente ad un TWI di $14 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/\text{kg}_{\text{peso corporeo}}$ (Fig. 3.26).

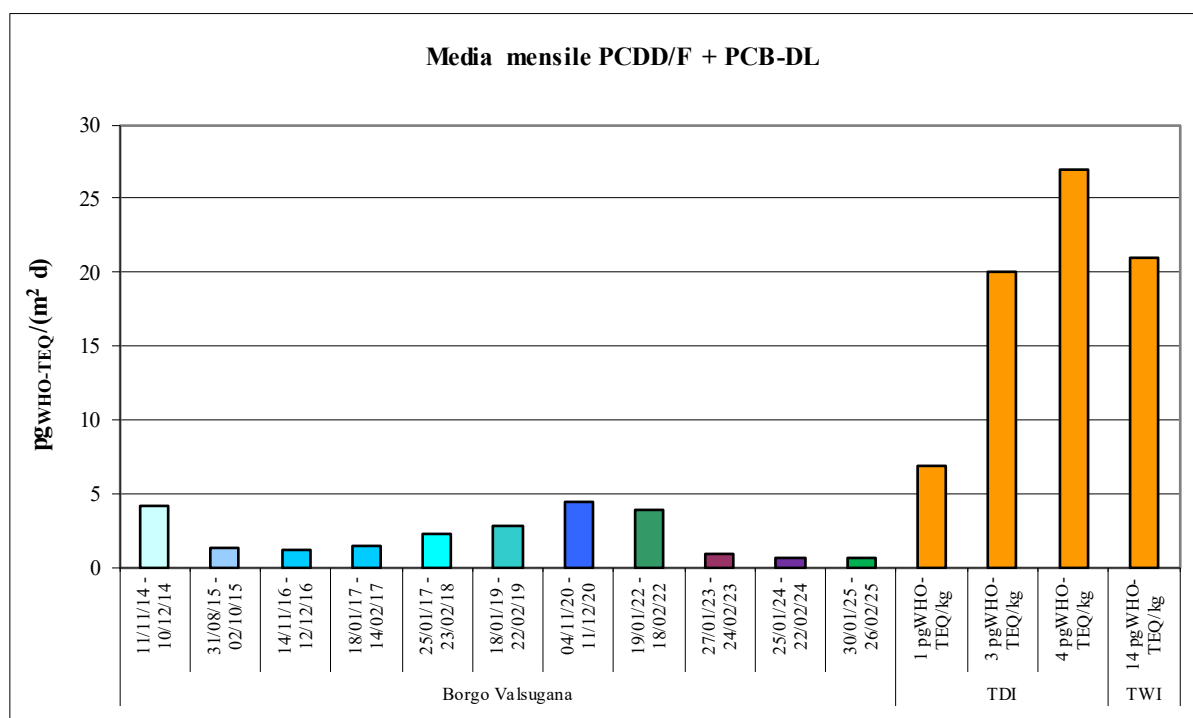


Fig. 3.26: Confronto tra i valori di PCDD/F e dl-PCB rilevati a Borgo Valsugana e le medie mensili corrispondenti a diversi valori guida.

Per PCDD/F (Fig. 3.28) i valori di tossicità equivalente rilevati nell'ultimo periodo di rilevamento risultano simili a quelli misurati nell'anno precedente. Analogamente, anche la deposizione di PCB misurata nell'ultimo periodo risulta simile a quella dell'anno precedente.

La rimozione di PCDD/F in aria avviene tramite le precipitazioni (deposizione umida) o per caduta gravitazionale (deposizione secca).

In Fig. 3.27 si riporta il confronto tra la pioggia cumulata e la deposizione di PCDD/F che evidenzia come i valori risultino maggiormente e direttamente correlati, seppur in maniera non lineare, alla quantità di deposizione umida.

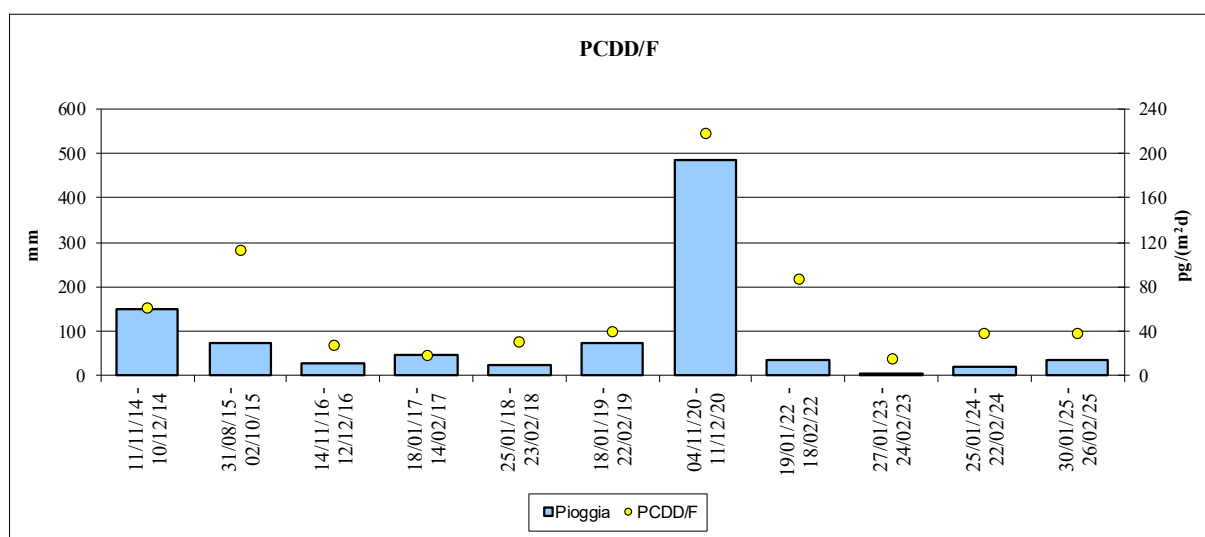


Fig. 3.27: confronto tra la pioggia caduta e i PCDD/F misurati.

Il risultato in termini di tossicità equivalente è determinato dai quantitativi dei singoli congeneri che presentano diversi fattori di tossicità. La deposizione di PCDD/F rilevata nell'ultimo periodo risulta analoga all'anno precedente e questo comporta poca differenza di tossicità equivalente. Come già visto in passato, non necessariamente a una diminuzione di deposizione di PCCD/F corrisponde una differenza altrettanto marcata in termini di tossicità equivalente (Fig. 3.28).

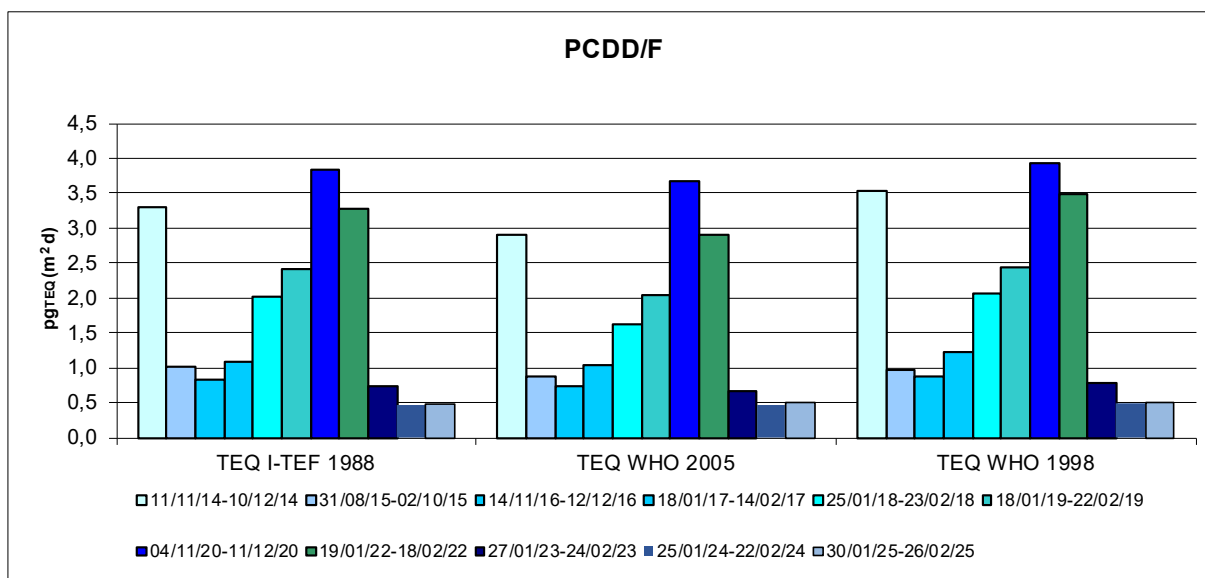


Fig. 3.28: PCDD/F tossicità equivalente a confronto.

4 Valutazioni finali e conclusioni

L'obiettivo della campagna di monitoraggio, avviata nel 2014, è quello di creare una base storica di dati relativi ai flussi di deposizione degli inquinanti atmosferici tossici e persistenti, in particolare dei vari metalli di interesse e dei microinquinanti organoclorurati (PCDD/F e PCB), al fine di poter valutare eventuali criticità ambientali dipendenti dalla presenza sul territorio della Valsugana dell'acciaieria di Borgo.

Nel decimo periodo di indagine sono stati raccolti 28 campioni per la determinazione dei metalli e 27 campioni per la determinazione delle polveri totali sedimentabili in due posizioni distanti rispettivamente circa 600 e 1200 metri in direzione est dall'acciaieria, nonché un campione per la determinazione dei microinquinanti organoclorurati nella posizione posta a 600 metri dall'acciaieria.

In Italia non sono attualmente in vigore limiti né sulla deposizione atmosferica totale di polveri sedimentabili, né sulla deposizione di metalli e di conseguenza non è possibile un raffronto diretto dei risultati ottenuti con valori normativi.

Al contempo, sia per le polveri totali che per alcuni metalli è però possibile effettuare un confronto con valori qualitativi proposti in Italia e con valori soglia in vigore in altri stati europei.

Relativamente **polveri totali sedimentabili**, in questo ultimo decimo periodo di rilevazioni si sono registrati valori inferiori rispetto all'ultimo report.

In rapporto alla classificazione, qualitativa, proposta *Commissione centrale contro l'inquinamento atmosferico* istituita presso il *Ministero della Sanità*, i valori delle deposizioni totali misurate nei vari periodi dell'ultimo anno nei due siti, stazione APPA e CRZ, rientrano nell'intervallo della I classe (*polverosità praticamente assente*), fatta eccezione per il periodo di campionamento 26 marzo – 30 aprile che si colloca in classe II (*polverosità bassa*) per effetto del fenomeno di trasposto di polveri provenienti dal Bacino Padano.

Con il dato medio dell'intero periodo di 66,8[mg/(m² d)] rilevato presso la stazione APPA e di 50,3 [mg/(m² d)] misurato presso il sito CRZ, la positiva classificazione qualitativa italiana trova riscontro anche in rapporto ai valori limite di media annuale proposti da alcuni stati europei (forbice compresa fra 200 e 350 [mg/(m² d)]).

Per quanto riguarda i **metalli**, le deposizioni anche in questo ultimo periodo di monitoraggio, al pari di quanto evidenziato per l'intera campagna iniziata nel 2014, si sono mantenute nei range tipici di *aree rurali* e di *aree urbane* europee, oltreché del tutto simili ad altri omologhi siti italiani.

Così come per le polveri totali sedimentabili e i metalli, anche per **PCDD/F** e **PCB** in Italia non sono attualmente in vigore limiti sulle deposizioni atmosferiche. I confronti vengono pertanto effettuati con valori guida stimati a partire dai valori di dose tollerabile giornaliera per l'organismo umano (*Tolerable Daily Intake – TDI*) stabiliti dall'OMS (1-4 pg_{WHO 1998-TEQ}/kg_{peso corporeo}) e di dose

tollerabile settimanale (*Tolerable Weekly Intake – TWI*) indicata dal *Scientific Committee on Food* dell'Unione Europea ($14 \text{ pg}_{\text{WHO 1998-TEQ}}/\text{kg}_{\text{peso corporeo}}$).

La deposizione di PCDD/F + dl-PCB rilevata a Borgo Valsugana, espressa come WHO - TEQ 1998, risulta pari a $0,603 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/\text{m}^2\text{d}$ e dunque, anche nel 2025, sensibilmente inferiore alla soglia di $6,8 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/\text{m}^2\text{d}$ corrispondente alla media mensile associata al più basso dei valori di esposizione ($1 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/\text{kg}_{\text{peso corporeo}}$) stabiliti dall'OMS.

La sola deposizione di PCDD/F, espressa in termini di tossicità equivalente I-TEF, rilevata nel mese di gennaio-febbraio 2025 invece risulta pari a $0,480 \text{ pg}_{\text{I-TEQ}}/(\text{m}^2 \text{ d})$, confrontabile con valori che in Europa per questo parametro sono anch'essi tipici di *siti rurali*.

Da evidenziare come il valore misurato quest'anno assieme a quello misurato lo scorso anno risultano essere i più contenuti riscontrati nell'intero periodo di monitoraggio iniziato nel 2014.

Le valutazioni qui esposte hanno valenza ambientale.

Si rimanda pertanto alla competenza sanitaria la formulazione di eventuali altre specifiche valutazioni riguardanti aspetti più strettamente tossicologici ed epidemiologici.

*Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
Settore qualità ambientale - U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici*

*Raccolta campioni:
Luca Dorigoni*

*Analisi chimiche (metalli):
APPA Settore Laboratorio*

*Analisi chimiche (PCDD/F e PCB):
Eco-Research Srl-GmbH Bolzano*

*Elaborazione dei dati e redazione:
Luca Forte
Raffaella Canepel*

Trento, maggio 2026

Allegato 1: Descrizione dei parametri chimici rilevati

METALLI

Antimonio (Sb)

L'elemento chimico **antimonio** è abbastanza raro in natura (circa 0,2 mg/kg), ma è distribuito selettivamente in depositi a concentrazioni relativamente elevate. L'antimonio è un semimetallo calcofilo che spesso si accompagna allo zolfo, al tellurio e ad alcuni metalli pesanti quali piombo, argento e rame. Il minerale più diffuso è la stibnite (Sb_2S_3).

Viene usato nell'industria microelettronica dei semiconduttori per diodi, come agente antifiamma e per produrre vernici, smalti, vetri, ceramiche e gomme, nonché un'ampia gamma di leghe metalliche.

Ancorché anticamente venisse usato dagli alchimisti come rimedio universale efficace contro tutte le malattie, l'antimonio e molti dei suoi composti sono notevolmente tossici per l'uomo e gli animali, con effetti simili a quelli dell'arsenico. In Europa l'antimonio rientra fra le sostanze disciplinate nella normativa sulla qualità delle acque per uso umano.

Arsenico (As)

L'**arsenico** è un elemento poco abbondante in natura (1,8 mg/kg nella crosta terrestre), ove si trova normalmente in associazione con zolfo, ferro, nichel, rame, argento, cobalto, piombo e come impurezza di vari minerali. Un tempo era impiegato per la produzione di antiparassitari del legno, erbicidi ed insetticidi. Per la sua elevata e persistente tossicità, attualmente ha limitati impieghi come, ad esempio, semiconduttore in elettronica (arseniuro di gallio, indio e tallio), per leghe di ottone ad alto tenore di zinco, in leghe del piombo, come ossidante nell'industria del vetro, in conceria, per fuochi d'artificio.

L'arsenico ed i suoi composti sono estremamente tossici per l'uomo, comportando gravissimi danni all'apparato digerente ed al sistema nervoso. L'arsenico viene assorbito per ingestione ed inalazione e tende ad accumularsi nel fegato, nei muscoli, nei capelli e nelle unghie, esplicando effetti cancerogeni nei confronti di polmoni, fegato, reni, vescica, pelle e mammella. È un elemento segnalato dalla normativa comunitaria e nazionale per il quale non sono ammesse deroghe allo scarico e, secondo il D.Lgs. 155/2010, la sua presenza nell'aria ambiente non deve superare i 6 ng/m^3 come media annuale.

Berillio (Be)

Scarsamente presente nella crosta terrestre (2 mg/kg), il **berillio** è un metallo alcalino-terroso tenace ma fragile. È presente in silicati (fenacite e la bertrandite), in alluminati (crisoberillo) ed in silico-alluminati (berillo).

Per le sue proprietà di agente rafforzante, viene impiegato nelle leghe con il rame (Cu-Be) in elettronica, nell'industria militare ed aerospaziale, e per produrre utensili antiscintilla, molle per orologeria ed elettrodi per saldature; aggiunto in piccola quantità nelle leghe leggere a base di alluminio e magnesio, ne migliora le caratteristiche di inalterabilità.

Il berillio e i suoi sali sono sostanze tossiche e cancerogene riconosciute. L'esposizione al berillio provoca la berilliosi, malattia polmonare descritta per la prima volta in lavoratori addetti alla produzione di lampadine a fluorescenza nel Massachusetts. La pneumotisi chimica da berillio può provocare anche anoressia, perdita di peso e portare, in casi avanzati, a problemi cardiaci.

Bario (Ba)

Il **bario** è un elemento relativamente abbondante in natura (circa 390 mg/kg nella crosta terrestre). È un metallo argenteo, abbastanza tenero, duttile, che in natura non si trova mai puro a causa della sua forte reattività con l'acqua e con l'ossigeno dell'aria; viene estratto in forma cristallina dalla barite (solfato di bario), suo principale minerale.

Composti di bario si usano per candele nei motori a scoppio, fuochi d'artificio (colore verde) e lampade fluorescenti; inoltre in piccole quantità è impiegato nelle vernici e nella produzione del vetro come fluidificante. Il solfato di bario è impiegato come mezzo di contrasto nelle radiografie del sistema digerente.

Tutti i composti del bario solubili in acqua o in acidi sono estremamente velenosi: il solfato di bario può essere usato in medicina soltanto perché, non sciogliendosi, non viene assorbito dall'intestino. Anche il bario puro è tossico, ma la dose letale per un uomo è abbastanza alta rispetto a quella di altri veleni (250 mg/kg).

Cadmio (Cd)

Il **cadmio** è un metallo piuttosto raro in natura (0,16 mg/kg nella crosta terrestre), ove normalmente si trova in associazione con zinco, rame e piombo. Il principale impiego è nella produzione delle pile ricaricabili (Ni-Cd); viene inoltre utilizzato in leghe per saldatura bassofondenti, nei rivestimenti di materiali per elettrodeposizione (cadmiatura), come pigmento giallo (CdS), per semiconduttori e come stabilizzante per materiali plastici.

Il cadmio è un elemento estraneo alla biologia umana ed è uno degli inquinanti più tossici per animali e piante con potere cancerogeno e tendenza all'accumulo negli organismi e negli ecosistemi. Viene assunto principalmente per inalazione di polveri e vapori, ma anche per ingestione ed in parte per contatto con la pelle e le mucose e, veicolato dal sangue, si accumula nel fegato e nei reni. Le principali malattie associate riguardano il rene (glomerulopatie e calcolosi), le ossa (osteoporosi), il polmone e le vie respiratorie (enfisema, carcinoma, atrofia delle mucose nasali); inoltre è causa di interferenze nell'assorbimento del ferro (anemia).

È un elemento segnalato dalla normativa comunitaria e nazionale per il quale non sono ammesse deroghe allo scarico e, secondo il D.Lgs. 155/2010, la sua presenza nell'aria ambiente non deve superare i 5 ng/m³ come media annuale.

Cobalto (Co)

È un elemento scarsamente presente in natura (circa 30 mg/kg nella crosta terrestre) soprattutto in forma di ossidi, solfati, arseniuri e normalmente estratto come sottoprodotto di nichel o rame.

Il **cobalto** trova applicazione come elemento di lega negli acciai speciali, materiale di rivestimento per elettrodeposizione, legante per sinterizzazione, colorante (blu e verde) nelle industrie del vetro e della ceramica, catalizzatore per vernici e nella fabbricazione di magneti e supporti magnetici in lega col ferro.

È elemento utile ed essenziale in dosi ridotte (costituente della vitamina B12), ma presenta una lieve tossicità in dosi elevate. Inoltre l'esposizione al cobalto radioattivo (⁶⁰Co), emettitore di raggi gamma, aumenta il rischio cancerogeno.

Cromo (Cr)

Il **cromo** è piuttosto abbondante in natura (circa 120 mg/kg nella crosta terrestre); nella cromite (FeCr₂O₄), il suo minerale più comune, si trova in associazione al ferro, con presenza di magnesio, alluminio e silicio.

Il cromo viene impiegato come rivestimento protettivo e decorativo (cromatura elettrolitica) e nella preparazione di diverse leghe con ferro, nichel e alluminio. Ossidi e sali vengono utilizzati come pigmenti per ceramiche e vetri (Cr₂O₃ verde e PbCr₄ giallo), nell'industria tessile, in tintoria e per la concia di pellami.

Mentre il cromo metallico ed i composti del cromo trivalente non sono normalmente considerati pericolosi per la salute se non a concentrazioni elevatissime, il cromo esavalente (cromati e bicromati) è molto tossico se ingerito, assorbito attraverso la pelle o se respirato in forma di fumi, presentando inoltre fenomeni di sensibilizzazione per inalazione e contatto con la pelle. Gli effetti riguardano la pelle, gli occhi, l'apparato respiratorio, il fegato ed il tratto gastrointestinale; è classificato come cancerogeno per quasi tutti gli organismi viventi ed è sospetto teratogeno.

È un elemento segnalato dalla normativa comunitaria e nazionale per il quale non sono ammesse deroghe allo scarico.

Ferro (Fe)

Il **ferro** è un metallo molto diffuso in natura (circa 6,2% - 62 g/kg nella crosta terrestre), secondo tra i metalli dopo l'alluminio. Allo stato elementare lo si rinviene solo in modeste quantità, trovandosi soprattutto allo stato di ossido (ematite, magnetite, limonite), di carbonato (siderite) o di solfuro (pirite) associato con altri minerali.

Il ferro puro è un metallo bianco splendente, malleabile e duttile, ferromagnetico a temperatura ambiente.

Il ferro è utilizzato nell'industria siderurgica in lega col carbonio in forma di ghisa o acciaio; inoltre negli acciai speciali, per conferire alla lega particolari caratteristiche di resistenza fisica o chimica, oltre al carbonio vengono aggiunti altri metalli quali il manganese, il cromo, il nichel, il vanadio, ed il molibdeno.

Il ferro è uno dei metalli essenziali per la sopravvivenza delle cellule e dunque la tossicità è legata a carenza e ad eccesso; l'eccesso di ferro può produrre disturbi (emocromatosi), cosicché l'assunzione di ferro tramite medicinali e integratori va eseguita sotto stretto controllo medico e solo in caso di problematiche legate alla carenza di ferro.

Molibdeno (Mo)

È un metallo di transizione non molto abbondante in natura (1,2 mg/kg nella crosta terrestre). Allo stato elementare il **molibdeno** è un metallo grigio-argenteo che presenta valori particolarmente elevati di temperatura di fusione, densità, durezza, modulo di elasticità e conducibilità elettrica. Viene estratto da minerali di molibdenite (MoS_2), wulfenite (PbMoO_4) o powellite (CaMoO_4), ovvero recuperato come sottoprodotto del rame.

Per le sue proprietà il molibdeno metallico puro è impiegato in alternativa al tungsteno per la fabbricazione di parti di apparecchiature funzionanti a elevate temperature ed eventualmente in contatto con metalli fusi. La maggior parte è comunque impiegata come componente di leghe ferrose per aumentare durezza, resistenza alla corrosione ed all'abrasione e conferire tenacità a caldo.

Il molibdeno è un oligonutriente necessario a molte forme di vita animale e vegetale. La polvere e i composti di molibdeno solubili in acqua possono essere leggermente tossici se respirati o ingeriti. Si possono rilevare casi di tossicità cronica per esposizione in miniere, impianti chimici e di raffinazione.

Manganese (Mn)

Il **manganese** è un elemento abbondante e diffuso in natura nelle rocce e nelle acque (circa 1 g/kg – 0,1% della crosta terrestre). Si trova in molti minerali in forma di ossido (pirolusite MnO_2 , hausmannite Mn_3O_4 , manganite $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), di carbonato o silicato, e spesso in buone quantità nei minerali del ferro (ematite, siderite).

È utilizzato nella produzione di leghe dell'acciaio, per aumentare la tenacità e la durezza, ed in molte leghe speciali non ferrose di rame e di alluminio e magnesio, come pigmento (marrone) per vernici e terre naturali, come decolorante o colorante (viola) per il vetro, come potente ossidante in chimica e disinfettante in medicina (permanganato di potassio).

Ancorché in piccole quantità sia un elemento essenziale alla vita, polveri e fumi di manganese risultano tossiche. L'esposizione a manganese nell'industria metalmeccanica, soprattutto fra i saldatori, è stata messa in relazione alla malattia di Parkinson.

Nichel (Ni)

Il **nichel** è un elemento relativamente abbondante in natura (circa 100 mg/kg nella crosta terrestre), estratto normalmente in associazione con il ferro in forma di ossido o di solfuro.

I maggiori impieghi del nichel riguardano la produzione di leghe ferrose in combinazione con cromo e molibdeno (inox austenitico) anche per la monetazione, leghe ad elevata permeabilità magnetica (Mumetal) ed anticorrosione (Monel), leghe non ferrose (Cu-Zn-Ni alpacca), batterie ricaricabili (Ni-Cd, Ni-idruro metallico) e per il rivestimento di metalli per elettrodeposizione (nichelatura galvanica); inoltre il nichel è presente come impurezza nei gasoli, talché la sua presenza in atmosfera è aumentata negli ultimi decenni proprio a causa dell'uso dei combustibili fossili.

Generalmente innocuo per le piante, risulta molto tossico per l'uomo e per gli animali, con tendenza all'accumulo nei polmoni, nel fegato e nel rene. Alle allergie cutanee da contatto, si sommano effetti più gravi con disfunzioni renali, muscolari e cardiache, ipotensione, emorragie, nausea e vomito, nonché cancro della bocca e dell'intestino.

È un elemento segnalato dalla normativa comunitaria e nazionale per il quale non sono ammesse deroghe allo scarico e, secondo il D.Lgs. 155/2010, la sua presenza nell'aria ambiente non deve superare i 20 ng/m³ come media annuale.

Piombo (Pb)

Relativamente poco abbondante (circa 13 mg/kg nella crosta terrestre), il **piombo** è un metallo tenero, con basso punto di fusione, denso, molto duttile e malleabile; è un cattivo conduttore del calore e dell'elettricità e, per la sua elevata densità, possiede alto potere assorbente delle radiazioni. In natura si presenta perlopiù come solfuro (galena PbS , anche come scarto delle galene argentifere), carbonato (cerussite PbCO_3) o solfato (anglesite PbSO_4).

In passato il piombo era usato come additivo antidetonante nelle benzine (ora sostituito con altri composti) e tuttora è utilizzato negli accumulatori al piombo, in lega con antimonio, arsenico, stagno e calcio, e come componente di lega con l'acciaio e con il rame, nonché in leghe di saldatura bassofondenti ed in leghe antifrizione. Viene inoltre impiegato in tipografia, nell'industria del vetro e della ceramica, nella produzione delle vernici e di stabilizzanti per resine.

Il piombo è fra gli inquinanti ambientali più pericolosi, sia per la sua elevata tossicità che per la sua diffusione; particolarmente tossici per ingestione sono i composti solubili in acqua, mentre per inalazione quelli volatili e le polveri. L'avvelenamento da piombo, detto saturnismo, provoca danni a carico del sistema nervoso, eritropoietico, gastrointestinale e renale. Il piombo è inoltre considerato estremamente dannoso per la fertilità femminile e per lo sviluppo motorio dei bambini. Il D.Lgs. 155/2010 fissa un limite nell'aria ambiente di $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale.

Rame (Cu)

Il **rame**, elemento di media abbondanza in natura (circa 65 mg/kg nella crosta terrestre), si estrae sia allo stato nativo sia in minerali contenenti rame, soprattutto in forma di solfuri (calcocite, covellite CuS), anche misti a ferro (calcopirite CuFeS_2 , bornite Cu_5FeS_4), ossidi (cuprite Cu_2O) o carbonati (malachite $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$, azzurrite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$).

Per le sue proprietà (conduttività, malleabilità e resistenza) viene utilizzato nell'elettrotecnica/elettronica (cavi e fili elettrici), nell'impiantistica idraulica ed termosanitaria (tubature per acqua, gas, scambiatori di calore), in lattoneria ed architettura (grondaie, pluviali, elementi di copertura e di facciata), in leghe per monetazione, nell'oggettistica (pentole, posate), nell'industria e nell'artigianato (coloranti per ceramica e vetro), in medicina (batteriostatico) ed in agricoltura (composti fitosanitari). Come elemento di lega è il componente principale dell'ottone (Cu-Zn) e del bronzo (Cu-Sn), mentre piccolissime quantità nell'acciaio (0,5%) conferiscono resistenza alla corrosione atmosferica.

Il rame è un metallo essenziale per la vita animale, necessario per la crescita e lo sviluppo del corpo umano e con un importante ruolo nel metabolismo e nei sistemi nervoso, cardiovascolare ed immunitario, né risulta cancerogeno, mutageno, dannoso per la riproduzione, bioaccumulabile, persistente e tossico. Anche l'utilizzo dei prodotti in rame si è dimostrato, in generale, sicuro per l'ambiente e per la salute umana; in tal modo piuttosto che un eccesso risulta più problematica la carenza. Ciononostante il rame è elemento segnalato dalla normativa comunitaria e nazionale con un livello guida nelle acque potabili stabilito dall'OMS di 2 mg/l e per il quale non sono ammesse deroghe allo scarico.

Stagno (Sn)

L'elemento **stagno** in natura è relativamente scarso (circa 2 mg/kg nella crosta terrestre). Metallo bianco argenteo, malleabile e poco duttile, fonde a $232 \text{ }^\circ\text{C}$, non si ossida facilmente all'aria e resiste alla corrosione.

In natura viene estratto da giacimenti alluvionali di cassiterite (biossido di stagno) e più raramente da solfuri misto con rame e ferro (stannite), piombo (teallite), piombo, ferro e antimonio (cilindrite, frankeite) e argento (canfieldite).

Per le sue proprietà viene impiegato in molte leghe (bronzo, peltro, princisbecco) e per ricoprire altri metalli più vulnerabili alla corrosione (stagnatura di acciaio, piombo, zinco). Viene inoltre impiegato per la saldatura di circuiti elettronici, come superficie di galleggiamento per la produzione del vetro piano (processo Pilkington), per l'impallaggio di alimenti e medicinali (carta stagnola) ed in una vasta gamma di processi chimici.

Lo stagno metallico ed i composti inorganici non risultano particolarmente tossici per gli organismi, come invece lo sono alcuni composti organici (per esempio il tributil stagno ossido), impiegati come biocidi per vernici marine antivegetative, che sono molto persistenti e poco biodegradabili.

Tallio (Tl)

Il **tallio** è un elemento relativamente raro (0,7 mg/kg nella crosta terrestre), che in natura è quasi sempre associato a sali di potassio in graniti ed argille; si estrae da minerali costituiti da solfuri in cui il tallio è associato ad arsenico e piombo (lorandite, hutchinsonite), ovvero più economicamente recuperando le tracce di tallio come sottoprodotto della produzione di acido solforico o della raffinazione di piombo, zinco, rame e argento.

È un metallo tenero e malleabile di scarsa tenacità, altamente tossico per piante ed animali, che in passato ha trovato largo impiego come topicida ed insetticida, ma che ora è stato bandito da prodotti di largo consumo. Viene invece utilizzato per fotocellule all'infrarosso, per vetri ad alto indice di rifrazione e per materiali semiconduttori.

Tra gli effetti dell'avvelenamento da tallio, che avviene per ingestione, inalazione e contatto con la pelle, rientrano la perdita dei capelli ed il danneggiamento dei nervi periferici con perdita della coordinazione muscolare. Il tallio è anche un sospetto cancerogeno.

Vanadio (V)

Il **vanadio** è uno degli elementi più abbondanti in natura (circa 130 mg/kg sulla crosta terrestre). Tuttavia raramente è presente in minerali lavorabili che ne contengono più del 2%, ma è disperso in bassa concentrazione in quasi tutte le rocce magmatiche, nei giacimenti di combustibili fossili (petrolio e carbone) ed in molti minerali del ferro, del titanio, del piombo, del magnesio e dell'uranio. I minerali più importanti (peraltro abbastanza rari) sono la patronite (solfuro di vanadio), la vanadinite (clorovanadato di piombo) e la carnotite (vanadato di potassio e uranile).

Il vanadio è impiegato soprattutto nella produzione di leghe speciali dell'acciaio inox e per utensili; inoltre si producono leghe speciali di alluminio e titanio (uso aeronautico), magneti superconduttori (Ga-V), pentossido di vanadio (V₂O₅) per ceramiche ed usi industriali (catalizzatore e fissante per colori) e biossido di vanadio (VO₂) per vetri speciali.

Il vanadio, in piccole dosi, possiede proprietà antidiabetiche con effetti insulino-simili (vanadilsolfato); tuttavia tutti i suoi composti, ed in particolare il pentossido di vanadio, sono considerati altamente tossici con effetto cancerogeno alle vie respiratorie per inalazione di polveri e vapori.

Zinco (Zn)

Lo **zinco** è un metallo discretamente abbondante in natura (circa 75 mg/kg nella crosta terrestre); si estrae da minerali abbastanza comuni e diffusi ove, spesso in associazione con il ferro, piombo e manganese, è in forma di solfuro (blenda, sfalerite, wurtzite), di carbonato (smithsonite), di silicato (willemite, emimorfite), di ossido (zincite, franklinite) o in forme miste (calamina).

Viene impiegato per svariati usi: per proteggere altri metalli (zincatura a caldo o elettrolitica), in diverse leghe (ottone, nichelargento, alpacca, zama), come pigmento bianco per colori all'acqua (ossido di zinco), per usi medicali e sanitari (ossido di zinco, cloruro di zinco, calamina, gluconato di zinco, zinco metallico) ed in lega per la monetazione.

Per quanto riguarda la dispersione atmosferica, lo zinco presenta una marcata diffusività con trasporto a lunga distanza e la sua deposizione è strettamente correlata con le precipitazioni e dunque con le deposizioni umide (*wash out*).

Lo zinco è un elemento in traccia essenziale per la vita umana e degli animali superiori, implicato nel corretto funzionamento della vista, dell'olfatto, del tatto e della memoria.

A dosi eccessive anche lo zinco risulta tossico, in quanto provoca carenze di altri oligominerali. È un elemento segnalato dalla normativa comunitaria e nazionale per il quale non sono ammesse deroghe allo scarico.

| Abbondanza degli Elementi nella Crosta Terrestre | | | | | | | |
|--|-------------|-----------|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| Elemento | ppm (g/ton) | Elemento | ppm (g/ton) | Elemento | ppm (g/ton) | Elemento | ppm (g/ton) |
| Ag | 0,08 | Eu | 2,1 | N | 19 | Se | 0,05 |
| Al | 83000 | F | 544 | Na | 22700 | Si | 272000 |
| As | 1,8 | Fe | 62000 | Nb | 20 | Sm | 7 |
| Au | 0,004 | Ga | 19 | Nd | 40 | Sn | 2,1 |
| B | 9 | Gd | 6,1 | Ni | 99 | Te | 0,001 |
| Ba | 390 | Ge | 1,5 | O | 455000 | Sr | 384 |
| Be | 2 | H | 1520 | Os | 0,005 | Ta | 1,7 |
| Bi | 0,008 | K | 18400 | P | 1120 | Tb | 1,2 |
| Br | 2,5 | Hf | 2,8 | Pr | 9,1 | Th | 8,1 |
| C | 180 | Hg | 0,08 | Pb | 13 | Ti | 6320 |
| Ca | 46600 | Ho | 1,3 | Pd | 0,015 | Tl | 0,7 |
| Cd | 0,16 | I | 0,46 | Pt | 0,01 | Tm | 0,5 |

| | | | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Ce | 66 | In | 0,24 | Rb | 78 | U | 2,3 |
| Cl | 126 | Ir | 0,001 | Re | 0,0007 | V | 136 |
| Co | 29 | La | 35 | Rh | 0,0001 | W | 1,2 |
| Cr | 122 | Li | 18 | Ru | 0,0001 | Y | 31 |
| Cs | 2,6 | Mg | 27640 | S | 340 | Yb | 3,1 |
| Cu | 68 | Mn | 1060 | Sb | 0,2 | Zn | 76 |
| Er | 3,5 | Mo | 1,2 | Sc | 25 | Zr | 162 |

<http://www.lamm.unifi.it/tabelle/Crosta.htm>

PCDD/F E PCB

Le diossine sono sostanze organiche con strutture cicliche a 6 atomi caratterizzate dalla presenza di 2 atomi di ossigeno. Con il nome generico di diossine si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati suddiviso in due famiglie: **policlorodibenzodiossine (PCDD)** o diossine propriamente dette) e **policlorodibenzofurani (PCDF)** o furani). Si tratta di idrocarburi aromatici clorurati prevalentemente di origine antropica e particolarmente stabili e persistenti nell'ambiente.

Dei 75 congeneri di diossine e 135 di furani, a causa della loro rilevante tossicità, soltanto 7 diossine e 10 furani hanno interesse nella valutazione e gestione del rischio ambientale ed ai fini della protezione sanitaria. La tossicità infatti dipende dal numero e dalla posizione nella molecola degli atomi di Cloro.

Si tratta di congeneri scarsamente solubili in acqua ed a marcata persistenza ambientale con elevatissima tendenza alla bioconcentrazione e biomagnificazione nelle catene alimentari.

Tra le diossine, la più tossica è la **TCDD** (tetraclorodibenzo-para-diossina), con gli atomi di cloro situati nelle posizioni 2, 3, 7 e 8.

Con struttura e tossicità analoga sono i **Policlorobifenili (PCB)**. Anche in questo caso si tratta di un gruppo di 209 composti, dei quali assumono interesse sotto il profilo tossicologico 12 congeneri con struttura simile alla 2,3,7,8-TCDD, che vengono definiti come PCB diossina-simili (DL-PCB ovvero PCB dioxin-like).

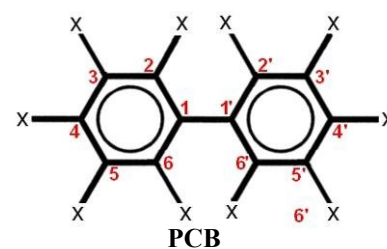
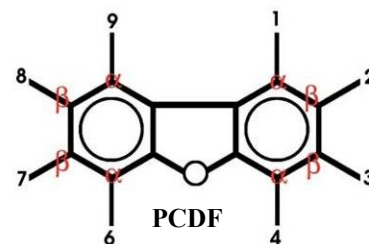
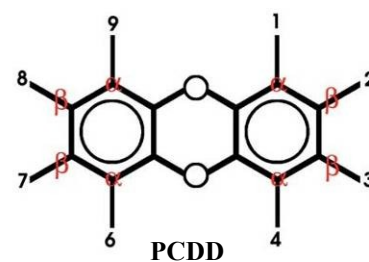
Al fine di pesare adeguatamente gli effetti tossici dei diversi congeneri di PCDD, PCDF e DL-PCB le organizzazioni sanitarie internazionali hanno determinato fattori di tossicità equivalente (TEF) che ne rapportano il rischio umano di esposizione a quello della diossina di riferimento 2,3,7,8-TCDD.

Mentre le diossine, non avendo alcun utilizzo pratico, non vengono prodotte intenzionalmente, i PCB fino a pochi anni fa sono stati prodotti sinteticamente per impieghi tecnologici in componenti elettrici.

Le diossine risultano essere sottoprodotti indesiderati di una serie di processi chimici-industriali (effetto di sintesi chimiche) e/o di combustione incontrollata di materiale contenente cloro (effetto termico). Fra le sorgenti specifiche figurano anche i processi di fusione dei metalli, le cui emissioni di diossine sono influenzate dal processo termico e della presenza nel rottame impiegato dei precursori (plastiche, oli, sostanze chimiche varie e PCB).

Gli studi sui potenziali effetti biologici conseguenti all'esposizione a concentrazioni anche bassissime di diossine hanno dimostrato alterazioni a carico del sistema immunitario, per danneggiamento dei linfociti, ed interferenze negative col sistema endocrino e con i processi riproduttivi e di sviluppo. Inoltre l'azione delle diossine è particolarmente dannosa durante lo sviluppo fetale in relazione ad effetti sullo sviluppo del sistema nervoso, sulla neurobiologia del comportamento e sull'equilibrio ormonale della tiroide.

La TCDD, riconosciuta quale agente cancerogeno per l'uomo, è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio, causando inoltre effetti sul sistema cardiovascolare, sul tratto gastrointestinale, sul fegato e sui sistemi nervoso ed endocrino.



Allegato 2: Riferimenti bibliografici

APAT, (2006), *Diossine, Furani e PCB*, Quaderni 2006.

APPA Trento, (2015), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Report intermedio 04/03/2014 - 16/04/2015*, prot. n. 514326 di data 9 ottobre 2015.

APPA Trento, (2016), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Secondo Report intermedio 16/04/2015 - 06/05/2016*, prot. n. 383729 di data 19 luglio 2016.

APPA Trento, (2017), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Terzo Report intermedio 06/05/2016 - 26/05/2017*, prot. n. 533362 di data 2 ottobre 2017.

APPA Trento, (2018), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Quarto Report intermedio 26/05/2017 - 20/04/2018*, prot. n. 297635 di data 22 maggio 2018.

APPA Trento, (2019), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Quinto Report intermedio 20/04/2018 - 07/06/2019*, prot. n. 840205 di data 31 dicembre 2019.

APPA Trento, (2021), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Sesto Report intermedio 07/06/2019 - 03/02/2021*, prot. n. 364047 di data 19 maggio 2021.

APPA Trento, (2023), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Settimo Report intermedio 03/02/2021 - 23/09/2022*, prot. n. 046452 di data 19 gennaio 2023.

APPA Trento, (2023), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Ottavo Report intermedio 23/09/2022 - 06/10/2023*, prot. n. 727071721 di data 13 dicembre 2023.

APPA Trento, (2024), *Indagine ambientale, Borgo Valsugana. Nono Report intermedio 06/10/2023 - 09/10/2024*, prot. n. 0410365 di data 26 maggio 2025.

ARPA Piemonte, (2011), *Relazione tecnica sulle deposizioni atmosferiche in comune di Cerano*.

ARPA Piemonte, (2013), *Indagine ambientale nella bassa Valle Verdena - Microinquinanti 2007-2012*, 27 febbraio 2013, prot. n. 19242/10.00,

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/campagnedeposimetri2007-2012>.

ARPA Toscana, (2014), *Esperienze di caratterizzazione delle componenti inorganiche in deposizioni umide e secche nei pressi di un impianto di incenerimento*, Seminario “Deposizioni Atmosferiche: stato dell’arte sulle esperienze nazionali”, Brescia, 5 giugno 2014.

ARPA Umbria, *Metalli su deposizioni al suolo*,

<http://www.arpa.umbria.it/monitoraggi/aria/metallideposizioni.aspx>.

ARPA Valle d’Aosta, (2011), *IV Relazione sullo Stato dell’Ambiente - L’impatto delle emissioni della Cogne Acciai Speciali sull’aria ambiente di Aosta*.

ARPA Valle d’Aosta, ARPA Umbria, ARPA Veneto, (2018), *Progetto per la valutazione degli impatti sulla qualità dell’aria provocati dagli stabilimenti di produzione dell’acciaio - Report finale*.

ARPA Veneto, (2014), *Misura delle deposizioni atmosferiche nella verifica delle fonti di pressione*, Seminario “Deposizioni Atmosferiche: stato dell’arte sulle esperienze nazionali”, Brescia, 5 giugno 2014.

Austeri C. (ARPA Umbria), (2014), *Il monitoraggio d’area del polo siderurgico ternano*, Seminario “Acciaieria e Ambiente”, Terni, 17-18 giugno 2014.

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa*.

Desmedt M., Roekens E., De Fré R. Cornelis C. and Van Holderbeke M., (2008), *Threshold values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. First results of deposition of DL-PCBs in Flanders (Belgium)*, Organohalogen Compounds, Volume 70, page 001235.

European Commission (2001a), *Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds-Position Paper*.

European Commission (2001b), *Strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurati*, Comunicazione della Commissione 24.10.2001 – GU CE 17.11.2001.

Istituto Superiore di Sanità, (2004), *Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici*, Rapporti ISTISAN 04/15.

Istituto Superiore di Sanità, (2006), *Metodi per la determinazione di arsenico, cadmio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni Atmosferiche*, Rapporti ISTISAN 06/38.

Istituto Superiore di Sanità, *Caratterizzazione ambientale del territorio del comune di Reggio Emilia inserita nel contesto provinciale*.

Van Lieshout L, Desmedt M, Roekens E, Fré RD, Cleuvenbergen RV, Wevers M, (2001), *Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values*. Atmospheric Environment 2001, 35 (Supplement 1): S83-S90.

Panont D. (ARPA Valle d’Aosta), (2012), *Studio dell’impatto ambientale dell’acciaieria Cogne Acciai Speciali mediante il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche totali nell’area urbana di Aosta*, Convegno “PM2012”, Perugia, 16-18 maggio 2012.

Settimo G., (2012), *Metodiche per il controllo delle emissioni da impianti di incenerimento: gli attuali orientamenti*, Seminario “Dal controllo delle emissioni al monitoraggio ambientale”, Forlì, 30 novembre 2012.

Settimo G., (2013), *Aspetti igienico-sanitari legati al trattamento dei rifiuti*, Convegno “La gestione sostenibile dei rifiuti – i riferimenti per un approccio innovativo”, Parma, 21 marzo 2013.

Settimo G., (2014a), *Le deposizioni al suolo*, Convegno “Salute e rifiuti: ricerca, sanità pubblica e comunicazione”, Roma, 6 febbraio 2014.

Settimo G., (2014b), *Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell’arte nazionale*, Seminario “Deposizioni Atmosferiche: stato dell’arte sulle esperienze nazionali”, Brescia, 5 giugno 2014.

UNI EN 14902:2005, *Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione.*

UNI EN ISO 17294-2:2005, *Qualità dell'acqua - Applicazione della spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS) - Parte 2: Determinazione di 62 elementi.*

UNITN, (2013), *Approfondimenti sull'incidenza ambientale dell'acciaieria di Borgo Valsugana*, <http://www.appa.provincia.tn.it/news/pagina199.html>

WHO, (1998), *Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*, WHO Consultation, May 25-29 1998, Geneva, Switzerland.

<http://www.chimica-online.it>

<http://www.wikipedia.it>

Giuseppe Ianiri · Gaetano Settimo · Pasquale Avino (2024): Atmospheric bulk depositions: state-of-the-art and European legislative framework with focus on Italy