TORINO METROPOLI
Città metropolitana di Torino

PIEMONTE Arpa Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

# Uno sguardo all'aria

## 2025



# Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria

## Anno 2025

Testi ed elaborazioni a cura di:

**Città metropolitana di Torino – Dipartimento Ambiente e Sviluppo Sostenibile:**
A. Bertello, E. Romanini
**ARPA Piemonte - Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest:**
C. Musto, E. Calderaro, M. Sacco, A.M. Scibelli, S. Scaglione, S.J. Coluccia, S. Possamai
**ARPA Piemonte - Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali:**
M. Bernardi, S. Bande, D. Gandini, M. Nicolella

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all'acquisizione dei dati ed alle attività analitiche:

**ARPA Piemonte - Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest**
F. Pitasi, S. Bertero, M. Marturella, G. Gallina, F. Romeo, C. Porporato, P. Rosina, R. Sergi, I. Coretti, S. Cerrato, I. Tivelli, C. Cappa, T. Giampiccolo, S. La Porta, C. Pizzo, N. Santamaria, P. Spagnolo
**CSI Piemonte**
Il personale tecnico della Sala Ambiente della Regione Piemonte presso il CSI Piemonte

Copertina
Fotografia: Alessandro Bertello

# INDICE

SOMMARIO ..... 6
LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO ..... 8
MONOSSIDO DI CARBONIO ..... 11
BIOSSIDO D'AZOTO ..... 14
BIOSSIDO DI ZOLFO ..... 22
OZONO ..... 25
BENZENE ..... 32
PARTICOLATO SOSPESO ..... 34
METALLI ..... 46
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI ..... 53
MERCURIO ELEMENTARE GASSOSO ..... 59
DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE "BULK" DI IPA E METALLI ..... 63
DETERMINAZIONE DI PCDD/PCDF E PCB PRESSO LA STAZIONE DI BEINASCO (TRM) ..... 74
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2025 ..... 85
I DATI METEO MISURATI NEL 2025 ..... 99
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE ..... 105
IL PROTOCOLLO ANTISMOG NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO ..... 113

# SOMMARIO

L'analisi della qualità dell'aria nel territorio della Città metropolitana di Torino nel 2025 conferma il percorso di miglioramento registrato negli ultimi decenni. Per la prima volta, tutte le stazioni della rete di monitoraggio hanno rispettato il valore limite annuale per il biossido di azoto ($NO_2$), mentre dieci dei dodici inquinanti normati risultano conformi ai limiti di legge vigenti. (TABELLA 1).

| | | Rispetto dei valori di riferimento |
|---|---|---|
| particolato atmosferico | PM10 | NO |
| | PM2,5 | SI |
| biossido di azoto | | SI |
| ozono | | NO |
| metalli | Piombo | SI |
| | Arsenico | SI |
| | Cadmio | SI |
| | Nichel | SI |
| benzene | | SI |
| benzo(a)pirene | | SI |
| monossido di carbonio | | SI |
| biossido di zolfo | | SI |

TABELLA 1: rispetto dei valori limite e obiettivo per inquinante, anno 2025.

Permangono tuttavia criticità per il particolato PM10 e per l'ozono ($O_3$), che continuano a rappresentare gli inquinanti più problematici per il territorio. In particolare, il PM10 ha registrato alcuni superamenti del limite giornaliero, mentre per l'ozono si conferma il mancato rispetto degli obiettivi previsti dalla normativa in ampie porzioni del territorio metropolitano.

I risultati del 2025 sono stati influenzati anche da condizioni meteorologiche generalmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti, caratterizzate da precipitazioni superiori alla media climatica e da una buona ventilazione nei periodi più critici dell'anno.

L'analisi delle serie storiche evidenzia tuttavia un progressivo rallentamento della velocità di riduzione delle concentrazioni per gli inquinanti ancora critici. Sebbene il quadro attuale risulti significativamente migliore rispetto al passato, i trend osservati indicano che il conseguimento dei futuri valori limite introdotti dalla Direttiva (UE) 2024/2881 richiederà ulteriori e più incisive misure di contenimento delle emissioni nei settori maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico.

Il 2025 conferma quindi un quadro complessivamente positivo della qualità dell'aria, ma evidenzia al tempo stesso la necessità di accelerare il processo di risanamento per affrontare le sfide poste dal nuovo quadro normativo europeo e per garantire una tutela sempre più efficace della salute pubblica e dell'ambiente.

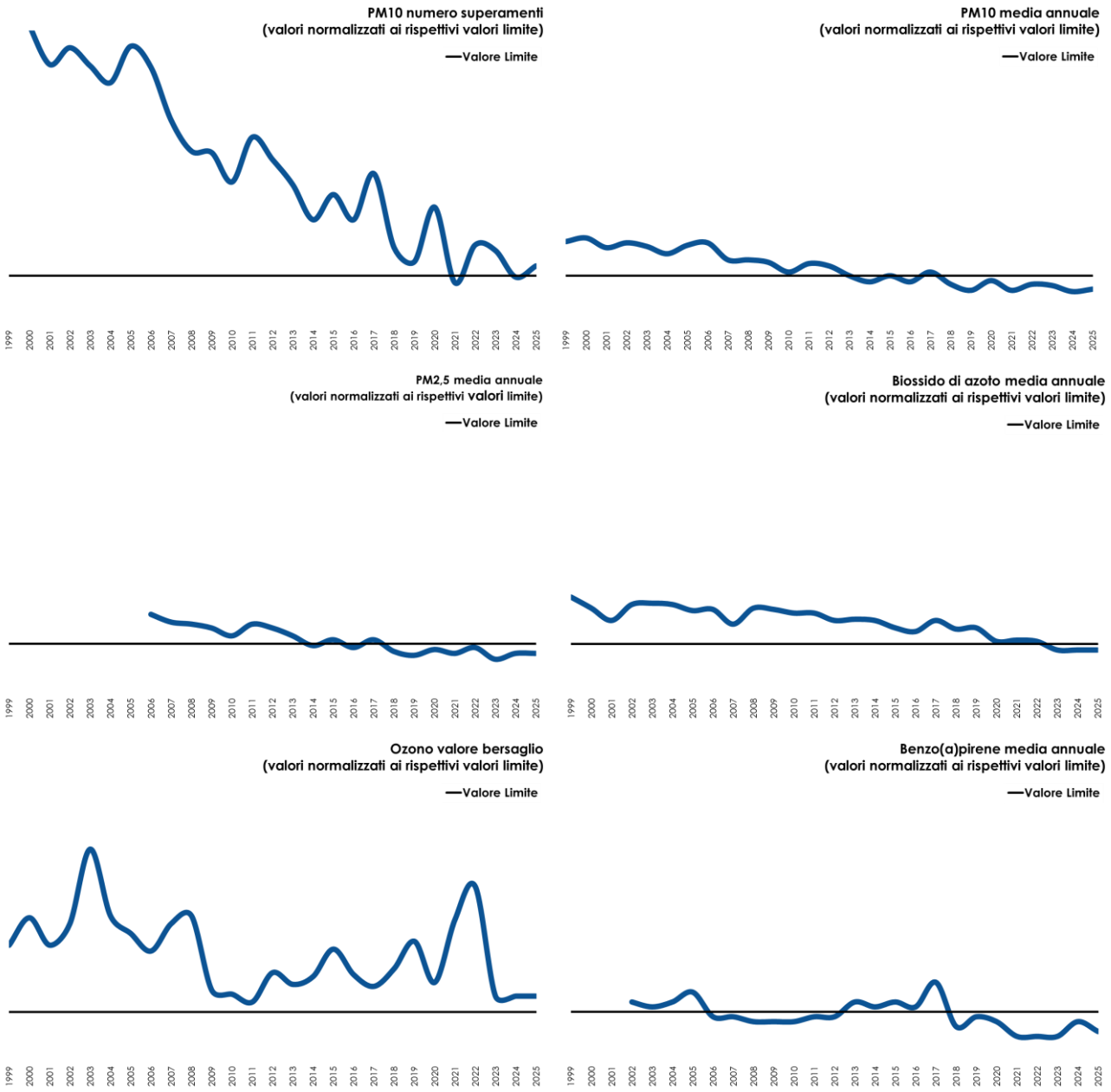



FIGURA 1: evoluzione degli inquinanti nella città di Torino (1999-2024).

# LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***
***M. Sacco (ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest)***

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Città metropolitana di Torino e gestita da ARPA Piemonte, è composta da 18 postazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento della qualità dell'aria. Tutte le postazioni sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo così un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 2.

Nella TABELLA 3 dopo PM10/PM2,5 si trova in alcuni casi l'indicazione "beta (ß)" in relazione al metodo di misura utilizzato.

Ciò sta a indicare che la misura è effettuata tramite un analizzatore automatico, per cui il dato di concentrazione media di PM10 o PM2,5 riferita a un determinato giorno dell'anno è disponibile nella giornata immediatamente successiva; con questo tipo di analizzatori non è però possibile determinare quei componenti del particolato, in particolare idrocarburi policiclici aromatici e i metalli, per i quali la normativa, in relazione alla loro rilevanza tossicologica, prevede specifici valori limite.

Quando invece non vi è alcuna indicazione la misura è effettuata mediante il prelievo del particolato su appositi filtri e una successiva determinazione di laboratorio, per cui il dato è disponibile solo alcuni giorni dopo il termine del prelievo. Le procedure interne di ARPA Piemonte prevedono che il dato di PM10 o PM2,5 sia disponibile entro 12 giorni dal prelievo nel periodo novembre-aprile e entro 18 giorni dal prelievo negli altri mesi. Questo tipo di determinazione, a differenza della prima, permette l'analisi della composizione del particolato.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura (FIGURA 2) è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. La configurazione della rete è stata progettata per garantire una rappresentazione adeguata delle diverse tipologie territoriali, evitando sovrapposizioni informative e ottimizzando l'impiego delle risorse disponibili.

La rete di monitoraggio è completata da una stazione mobile di rilevamento, la cui peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocata ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa. Il laboratorio mobile fornisce, in questo senso, un valido supporto nella valutazione dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modifiche della rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino e sono scaricabili via internet all'indirizzo:

http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/rete-monitoraggio/relazioni-campagne-rilevamento

| STAZIONE | INDIRIZZO | PARAMETRI | TIPOLOGIA |
|---|---|---|---|
| Baldissero (Engie)(1) | Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero | $NO_x$, $O_3$, CO, PM10ß, Deposimetro Metalli, $NH_3$ | Fondo-rurale |
| Beinasco (TRM) (1) | Via San Giacomo c/o giardino pubblico Aldo Mei - Beinasco | $NO_x$, PM10ß, PM2,5ß, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P,BTX, Hg, Campionatore PCDD/DF e PCB, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF e PCB | Fondo-suburbano |
| Borgaro | Via Italia c/o Giardini dei Caduti Borgaresi – Borgaro | $NO_x$, $O_3$, PM10ß, PM2,5ß, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX | Fondo-suburbano |
| Carmagnola | P.zza I maggio– Carmagnola | $NO_x$, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P | Traffico-urbano |
| Ceresole Reale | c/o cent. Idroelettrica - Ceresole | $NO_x$, $O_3$, PM10ß, PM2,5ß, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P | Fondo-rurale |
| Chieri | c/o Scuola Infanzia B.go Venezia Via Bersezio– Chieri | $NO_x$, $O_3$, PM10ß, PM2,5ß | Fondo-suburbano |
| Collegno | C.so Francia, 137 - Collegno | $NO_x$, PM10 | Traffico-urbano |
| Druento | parco La Mandria c/o cascina Peppinella – Druento | $NO_x$, $O_3$, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P | Fondo rurale |
| Ivrea | Viale della Liberazione, 1 – Ivrea | $NO_x$, $O_3$, PM10ß, PM2,5, B(a)P | Fondo-suburbano |
| Leinì (Engie) (1) | Via Vittime di Bologna, 12 - c/o Grande Torino - Leinì | $NO_x$, $O_3$, CO, PM10ß, PM2,5ß, $NH_3$ | Fondo-suburbano |
| Mezzo Mobile | | $NO_x$, $O_3$, CO, PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX | |
| Orbassano | Via Riesi c/o Complesso Sportivo Comunale – Orbassano | $NO_x$, $O_3$ | Fondo-suburbano |
| Oulx | Via Roma angolo via Des Moines – Oulx | $NO_x$, CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P | Traffico-suburbano |
| Pinerolo | P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo | PM10ß | Fondo-urbano |
| Settimo T.se | Via Milano, 31 – Settimo | $NO_x$, PM10ß, PM2,5ß, BTX, B(a)P, $NH_3$ | Traffico-urbano |
| Susa | P.zza della Repubblica – Susa | $NO_x$, $O_3$, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P | Fondo-suburbano |
| To-Consolata | Via Consolata, 10 – Torino | $NO_x$, CO, $SO_2$, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS | Traffico-urbano |
| To-Grassi | Via P.Veronese ang. via Reiss Romoli c/o ITIS Grassi – Torino | PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P | Traffico-urbano |
| To-Lingotto | Viale Augusto Monti, 21 zona Lingotto – Torino | $NO_x$, $O_3$, PM10-PM10ß, PM2,5-PM2,5ß, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, BC, $NH_3$ | Fondo-urbano |
| To-Rebaudengo | P.zza Rebaudengo, 23 - Torino | $NO_x$, CO, $SO_2$, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10ß, PM2,5ß, BC | Traffico-urbano |
| To-Rubino | Via Edoardo Rubino c/o giardini Rubino - Torino | $NO_x$, $O_3$, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10ß orario, PM2,5ß orario | Fondo-urbano |
| Vinovo | via Garibaldi ang. via Volontari Italiani – Vinovo | $NO_x$, $O_3$, BTX, PM10ß orario, PM2,5ß orario | Fondo-suburbano |
| (1) stazione di proprietà di Ente privato gestita da Arpa Piemonte | | | |

TABELLA 2: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

| CODICE PARAMETRO | DESCRIZIONE |
|---|---|
| As-Cd-Ni-Pb | Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo |
| B(a)P | Benzo(a)pirene |
| BC | Black Carbon |
| BTX | Benzene, toluene, xilene |
| CO | Monossido di carbonio |
| Hg | Misuratore mercurio gassoso |
| $NH_3$ | Ammoniaca |
| $NO_X$ | Ossidi di azoto |
| $O_3$ | Ozono |
| PCDD/DF | Policlorodibenzodiossine / Policlorodibenzofurani |
| PCB | Policlorobifenili |
| PM10 | Particolato sospeso < 10 µm |
| PM10ß | Particolato sospeso < 10 µm metodo automatico a radiazione ß |
| PM2,5 | Particolato sospeso < 2,5 µm |
| PM2,5ß | Particolato sospeso < 2,5 µm metodo automatico a radiazione ß |
| PTS | Polveri totali sospese |
| $SO_2$ | Biossido di zolfo |

TABELLA 3: descrizione dei codici dei parametri.

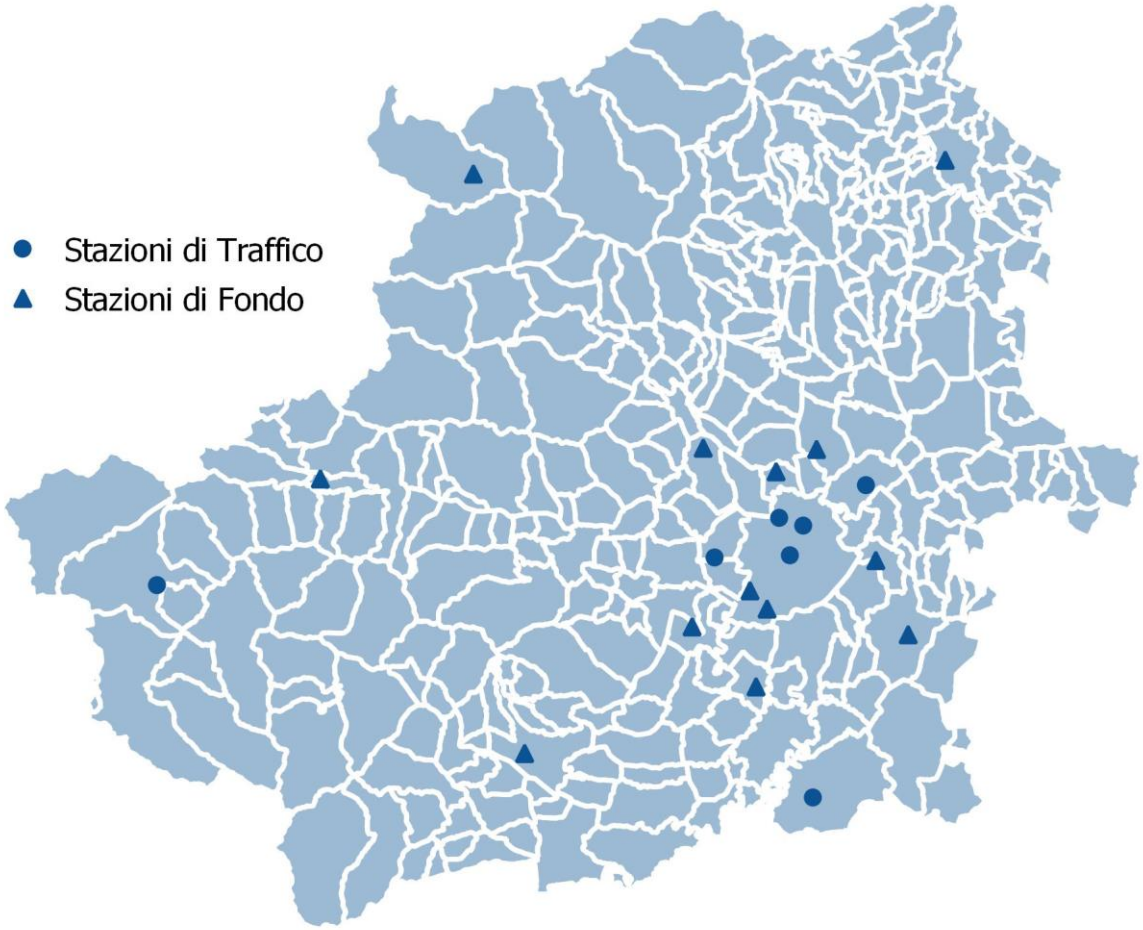



FIGURA 2: disposizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

# MONOSSIDO DI CARBONIO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***A. Bertello, Città metropolitana di Torino.***

## DESCRIZIONE

Il carbonio, legandosi all'ossigeno, forma due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) e il biossido di carbonio ($CO_2$).

Il carbonio è un elemento molto comune in natura, sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite e nei carboni fossili.

Il CO è l'unico inquinante gassoso per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m$^3$), a differenza degli altri parametri inquinanti misurati in µg/m$^3$ o in ng/m$^3$ in quanto generalmente presenti in concentrazioni inferiori nell'aria ambiente.

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore ed è prodotto principalmente dalla combustione incompleta dei combustibili organici (carbone, olio, legno, carburanti).

La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina funzionanti a regimi di motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Il CO ha la proprietà di legarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo e presenta nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno. Il composto che si genera (carbossiemoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale ed il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 4.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore limite**[1] (293°K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m$^3$ | 1 gennaio 2005 |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore limite** (293°K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m$^3$ | 1 gennaio 2030 |
| 1 giorno | 4 mg/m$^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |

TABELLA 4: valori limite per il monossido di carbonio.

## ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2025 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese tra 0,2 e 0,7 mg/m$^3$.

Viene confermato il rispetto del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m$^3$, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010). Il valore massimo della media calcolata su 8 ore è di 2,5 mg/m$^3$ e si attesta ben al di sotto del valore limite.

A partire dai primi anni '80 fino al 2008 le misurazioni di CO evidenziano, nella stazione di To-Rebaudengo, che rappresenta un hot spot di traffico, concentrazioni medie in nettissimo calo (FIGURA 3). Tale riduzione è attribuibile all'evoluzione delle tecnologie dei motori ad accensione comandata e alla progressiva introduzione di sistemi di trattamento dei gas di scarico sempre più efficienti.

Negli ultimi quattro anni (TABELLA 5) le concentrazioni medie annuali misurate nella stazione di To-Rebaudengo, che normalmente presenta i valori più elevati, risultano estremamente contenute e si attestano intorno a 0,5 mg/m$^3$. Negli ultimi dieci anni non si sono registrati superamenti del valore limite previsto per la protezione della salute umana. Anche i valori limite introdotti dalla nuova Direttiva sulla qualità dell'aria risultano rispettati in tutte le stazioni di monitoraggio: la massima media giornaliera è stata pari a 1,9 mg/m$^3$, registrata sia presso la stazione di To-Rebaudengo sia presso

[1] Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. h)

quella di To-Consolata, valore inferiore di oltre il 50% rispetto al nuovo limite di 4 mg/m³, da non superare più di 18 volte per anno civile.

Le concentrazioni attualmente misurate sono ampiamente inferiori sia ai limiti vigenti sia a quelli previsti dalla Direttiva (UE) 2024/2881. Il CO non rappresenta più un inquinante critico per l'area metropolitana.

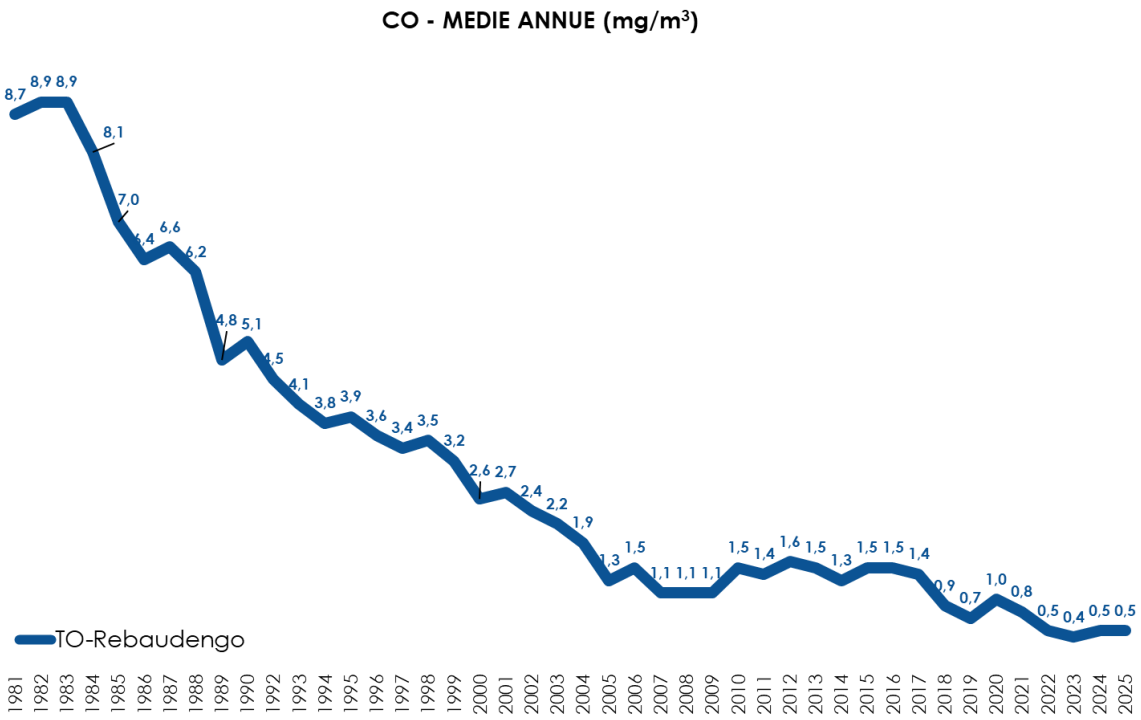



FIGURA 3: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di To-Rebaudengo dal 1981 al 2025.

| STAZIONE | Rendimento strumentale 2025 (% dati validi) | Media Annuale mg/m³ | | | | | | | | | | Valore limite media massima giornaliera su 8 ore 10 mg/m³ Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Baldissero | 85% | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4* | 0,3 | 0,4 | 0,4 | **0,3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | c | 0 | **0** |
| Leini | 92% | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | **0,3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Oulx | 96% | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | **0,2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| To-Consolata | 91% | 1,2 | 1,1 | 0,7 | 0,5* | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | **0,7** | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| To-Rebaudengo | 96% | 1,5 | 1,4 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | **0,5** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 5: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio. Confronto con i valori limite del D.Lgs. 155/2010

| STAZIONE | Rendimento strumentale 2025 (% dati validi) | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite media massima giornaliera su 8 ore 10 mg/m3 Numero di superamenti | | | | | | | | | | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite giornaliero 4 µg/m³ da non superare più di 18 volte l'anno Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Baldissero | 85% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | c | 0 | **0** |
| Leini | 92% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Oulx | 96% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| To-Consolata | 91% | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| To-Rebaudengo | 96% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |

TABELLA 6: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio. Confronto con i valori limite della DIRETTIVA (UE) 2024/2881.

# BIOSSIDO D'AZOTO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***A. Bertello, Città metropolitana di Torino.***

## DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto ($N_2O$, NO, $NO_2$ ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico…) quando viene utilizzata aria come comburente (in relazione alla reazione tra ossigeno e azoto ad alta temperatura) e quando i combustibili contengono azoto come nel caso delle biomasse.

Il biossido di azoto ($NO_2$) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche che portano alla formazione di sostanze inquinanti (ad esempio l'ozono), complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è dovuto ai fumi di scarico dei veicoli.

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose, ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Recenti studi effettuati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità hanno associato eventi quali mortalità, ricoveri ospedalieri e sintomi respiratori, con l'esposizione a breve e lungo termine al biossido di azoto in concentrazioni pari o al di sotto degli attuali valori limite UE.

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati nel suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

I valori limite, il livello critico e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente per $NO_2$ e $NO_x$ sono riportati nella TABELLA 7.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 ora | 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile | 1 gennaio 2010 |
| anno civile | 40 µg/m³ | 1 gennaio 2010 |
| **Livello critico**[2] (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| anno civile | 30 µg/m³ ($NO_x$) | 19 luglio 2001 |
| **Soglia di Allarme**[3] (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 400 µg/m³ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi | | |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 ora | 200 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |
| 1 giorno | 50 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |
| anno civile | 20 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Livello critico** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| anno civile | 30 µg/m³ ($NO_x$) | 19 luglio 2001 |
| **Soglia di Allarme** (293 °K e 101,3 kPa | | |
| 200 µg/m³ (293 °K e 101,3 kPa) come media oraria misurati su tre ore consecutive in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |
| **Soglia di informazione**[4] (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 150 µg/m³ (293 °K e 101,3 kPa) come media oraria in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa. | | |

TABELLA 7: valori limite per gli ossidi di azoto.

## ESAME DEI DATI

I dati misurati nel corso del 2025 mostrano che per la prima volta i valori limite entrati in vigore nel 2010 sono stati rispettati su tutto il territorio metropolitano. Questo dato è particolarmente positivo perché indica che le situazioni di superamento del valore limite si sono azzerate sul territorio anche

[2] Livello critico: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. i);
[3] Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. n);
[4] Soglia di informazione: livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili e categorie particolarmente vulnerabili della popolazione e raggiunto il quale sono necessarie informazioni adeguate e tempestive (Direttiva (UE) 2024/2881 Art. 4);

nei siti posti ai margini di strade con intenso traffico veicolare. Occorre ovviamente verificare che la conformità raggiunta sia confermata nei prossimi anni anche perché il 2025 è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche mediamente favorevoli alla dispersione degli inquinanti, che potrebbero aver contribuito al miglioramento osservato.

Relativamente alla verifica del rispetto del valore limite orario, i risultati dei monitoraggi evidenziano che tale limite è rispettato in tutte le stazioni operative sul territorio metropolitano dal 2018.

La FIGURA 4 presenta l'andamento storico delle concentrazioni a Torino nel periodo 1991-2025, sono riportate le medie annuali misurate in due stazioni del capoluogo, To-Lingotto, stazione di fondo urbano, e To-Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Si rileva sul lungo periodo una chiara tendenza alla diminuzione della concentrazione di $NO_2$ che nella stazione più critica di TO-Rebaudengo ha visto una decrescita di circa il 60% negli ultimi 35 anni. Il netto miglioramento registrato nel 2020, favorito dalla riduzione delle emissioni associata alle misure adottate durante la pandemia da COVID-19, si è successivamente consolidato nel periodo 2021-2025 nella stazione di fondo urbano di TO-Lingotto ed è ulteriormente aumentato nella stazione di traffico di TO-Rebaudengo.

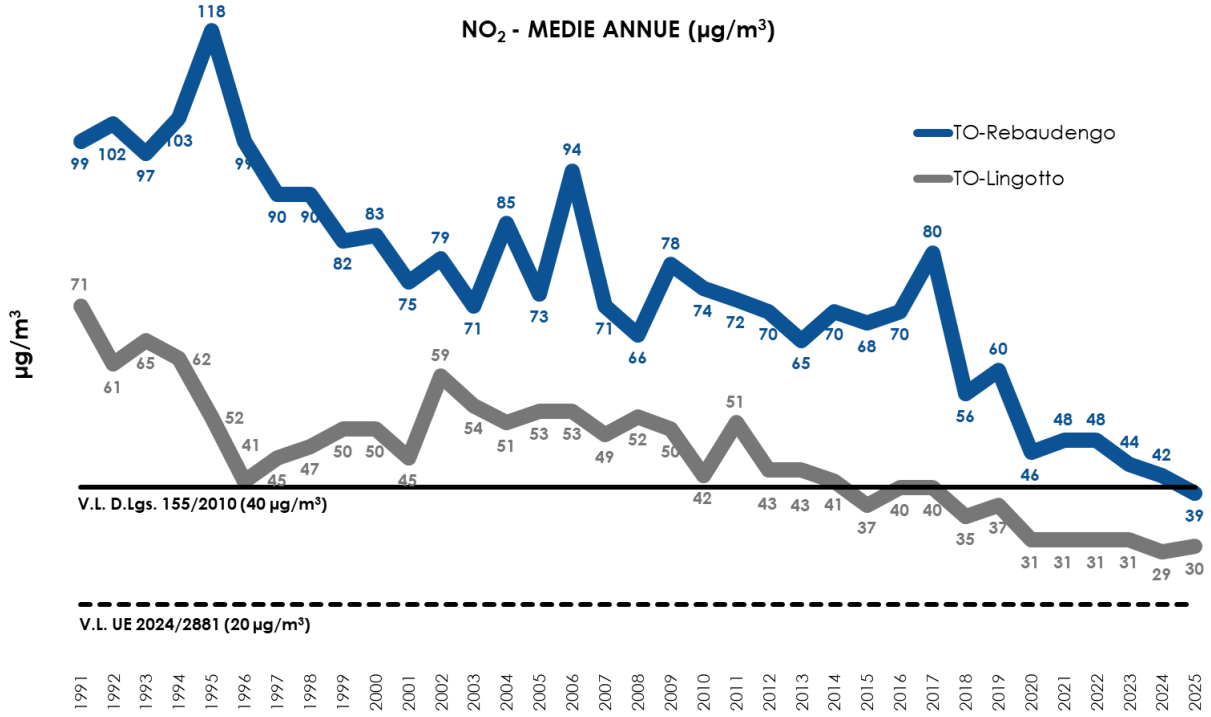



FIGURA 4: parametro $NO_2$, andamento storico delle medie annuali, stazioni di To-Lingotto e To-Rebaudengo.

Per rendere territorialmente più rappresentative queste osservazioni in FIGURA 5 ed in FIGURA 6 si riporta, sotto forma di grafico Box-plot, la distribuzione dei valori medi annuali misurati nelle stazioni di monitoraggio della città metropolitana di Torino suddivise fra fondo e traffico. Si osserva il consolidato rispetto del limite in tutte le stazioni di fondo, dal 2018, e le residue criticità precedentemente descritte tipiche delle stazioni di traffico risolte per la prima volta nell'anno 2025.

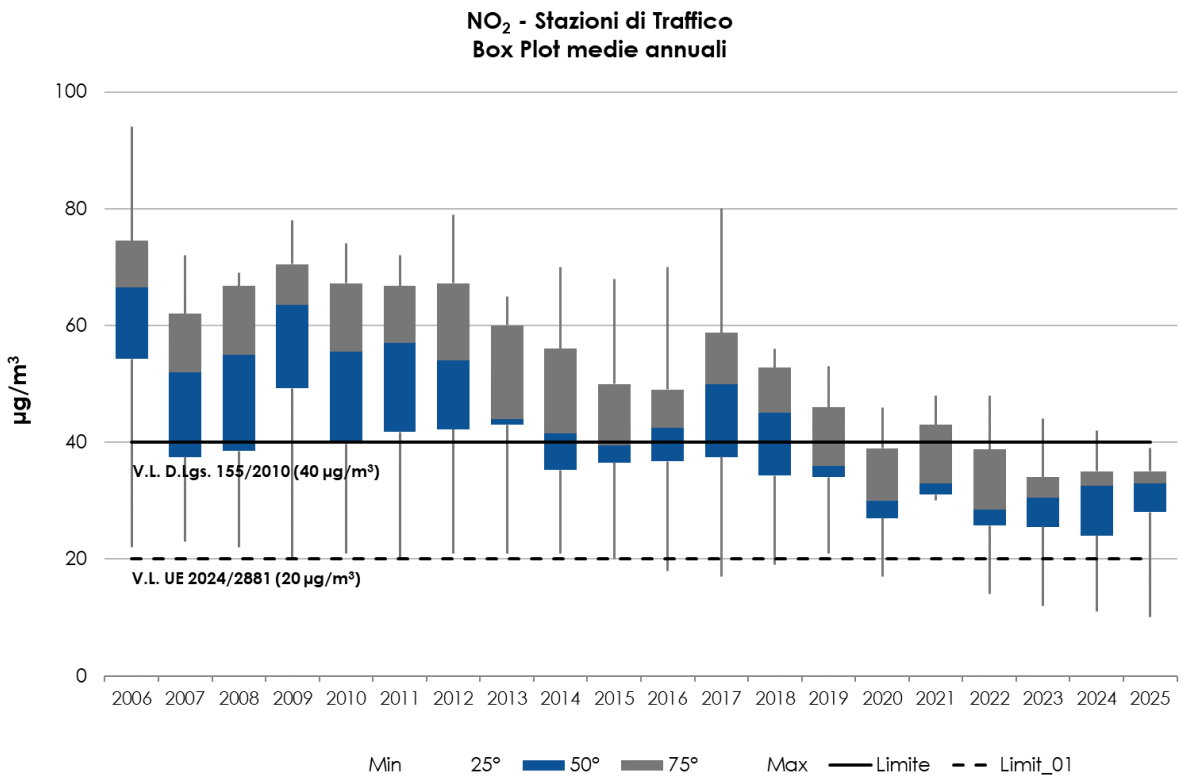



FIGURA 5: parametro $NO_2$ - distribuzione medie annuali rilevate nelle stazioni di rilevamento di traffico.

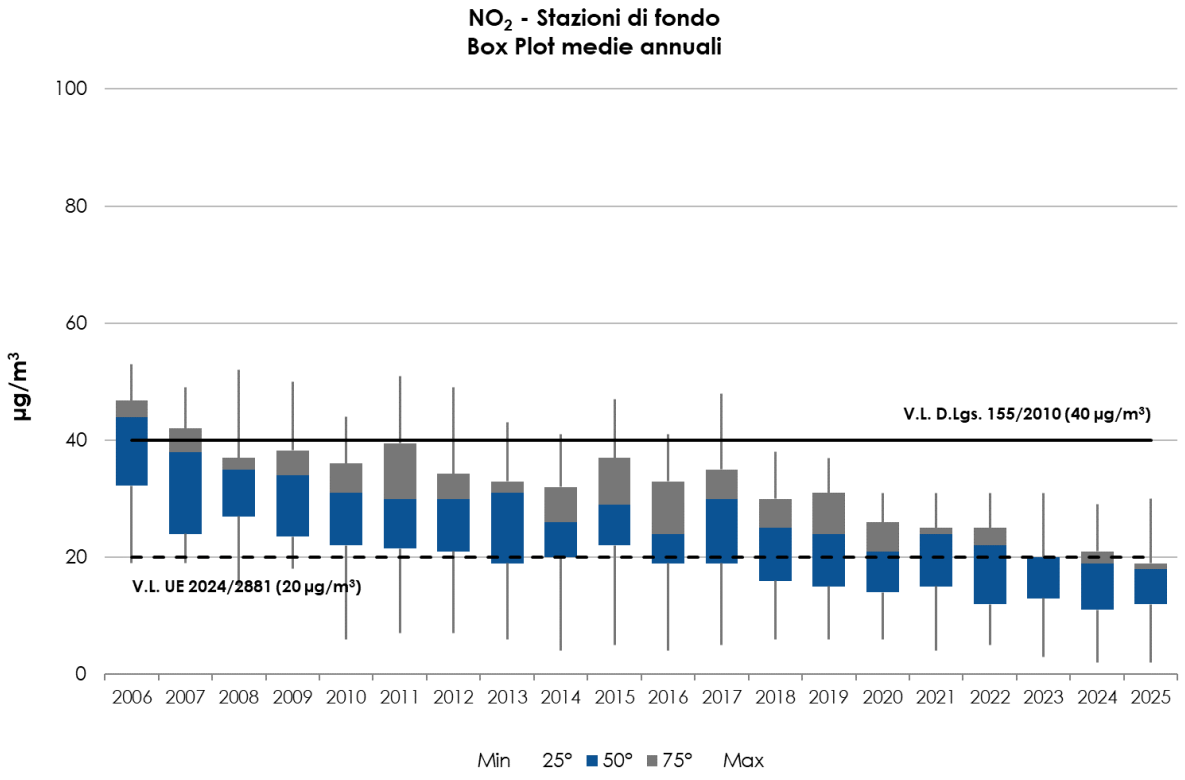



FIGURA 6: parametro $NO_2$ - distribuzione medie annuali rilevate nelle stazioni di rilevamento di fondo.

L'analisi qualitativa di queste informazioni sembra evidenziare nel complesso delle stazioni un rallentamento negli ultimi anni della tendenza alla riduzione delle concentrazioni. Per confermare questa osservazione sui dati delle sole stazioni operanti nell'agglomerato torinese (Zona IT0118), area tendenzialmente omogenea dove le concentrazioni di $NO_2$ sono più alte, è stato costruito l'andamento medio delle medie mobili annuali su base giornaliera mediato su tutte le stazioni di

fondo e di traffico dal 2006 al 2025. L'analisi del grafico riportato in FIGURA 7 conferma visivamente la riduzione del tasso di diminuzione delle concentrazioni negli anni più recenti sia nelle stazioni di fondo che in quelle di traffico.

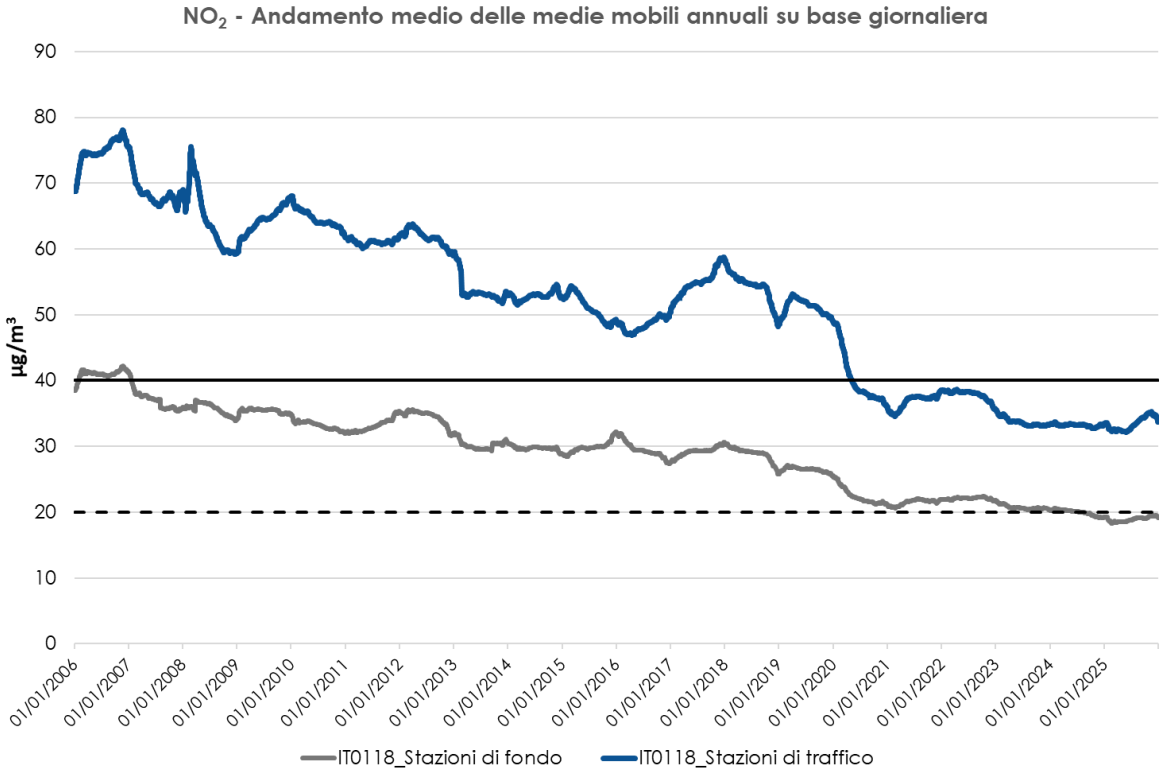



FIGURA 7: parametro $NO_2$ - andamento medio delle medie mobili annuali su base giornaliera.

Per quantificare l'evoluzione del tasso di variazione delle concentrazioni di $NO_2$ nell'agglomerato torinese è stata calcolata la pendenza della regressione lineare (µg/m³/anno) sui valori della media annuale mobile all'interno degli ultimi 4 quinquenni (2006-2010, 2011-2015, 2016-2020 e 2021-2025) per tutte le stazioni di traffico e di fondo operanti nell'agglomerato di Torino e solo se il quinquennio è coperto da tutti i 5 anni, il valore mediato per tipologia di stazione è rappresentato nel grafico in FIGURA 8. Il quinquennio 2006-2010 evidenzia la più marcata riduzione delle concentrazioni, con pendenze medie pari a circa -2,8 µg/m³/anno nelle stazioni di traffico e -1,5 µg/m³/anno nelle stazioni di fondo. Nei due quinquenni successivi (2011-2015 e 2016-2020) il miglioramento prosegue con tassi di riduzione tutto sommato analoghi nelle stazioni di fondo e leggermente ridotti in quelle di traffico, confermando una fase di progressiva diminuzione delle concentrazioni. Nel periodo più recente (2021-2025) si osserva invece una sensibile riduzione in valore assoluto delle pendenze, che assumono valori pari a circa -1,1 µg/m³/anno nelle stazioni di traffico e -0,9 µg/m³/anno nelle stazioni di fondo. I risultati confermano pertanto la prosecuzione del trend di miglioramento della qualità dell'aria, ma evidenziano al tempo stesso un rallentamento della velocità di riduzione delle concentrazioni rispetto a quanto osservato nel periodo 2006-2020.

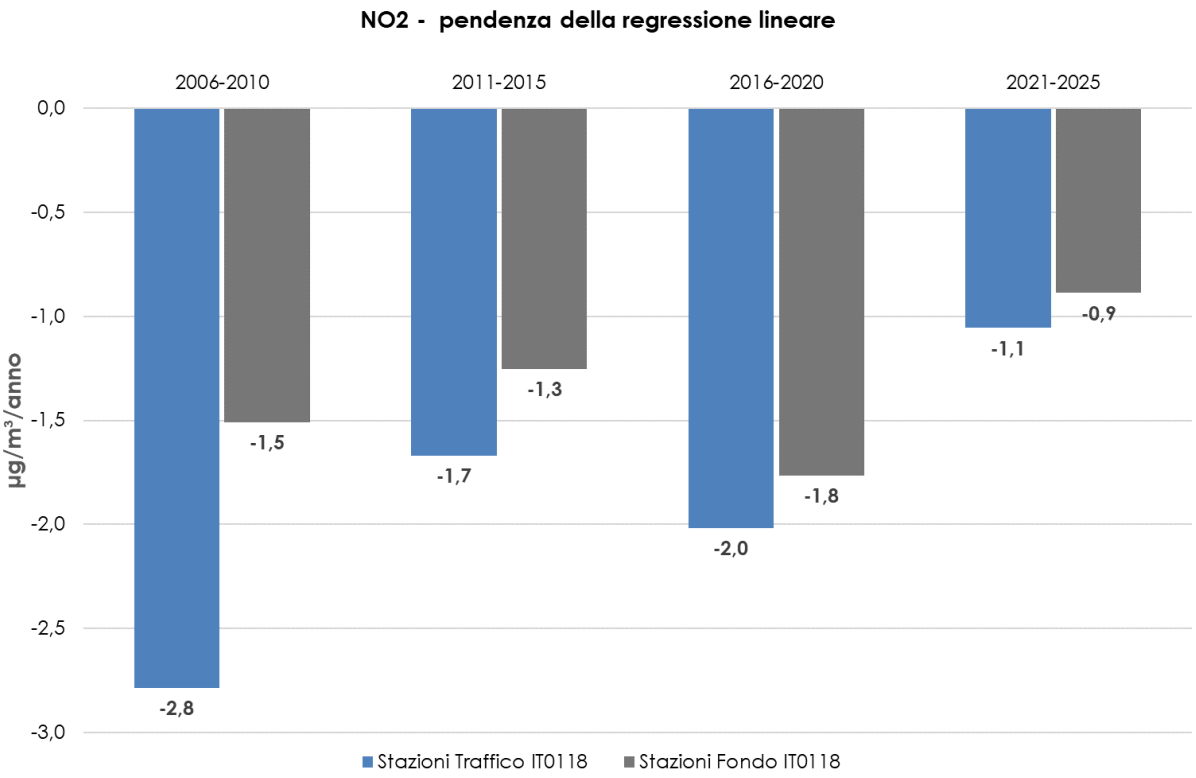



FIGURA 8: parametro $NO_2$ - pendenza della regressione lineare.

Nella FIGURA 9 e nella FIGURA 10 sono rappresentate le serie temporali delle concentrazioni medie di $NO_2$ misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre nelle stazioni di traffico e di fondo dell'agglomerato di Torino, area più critica del territorio metropolitano. Per poter permettere una migliore leggibilità dei grafici sono state rappresentate le medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere.

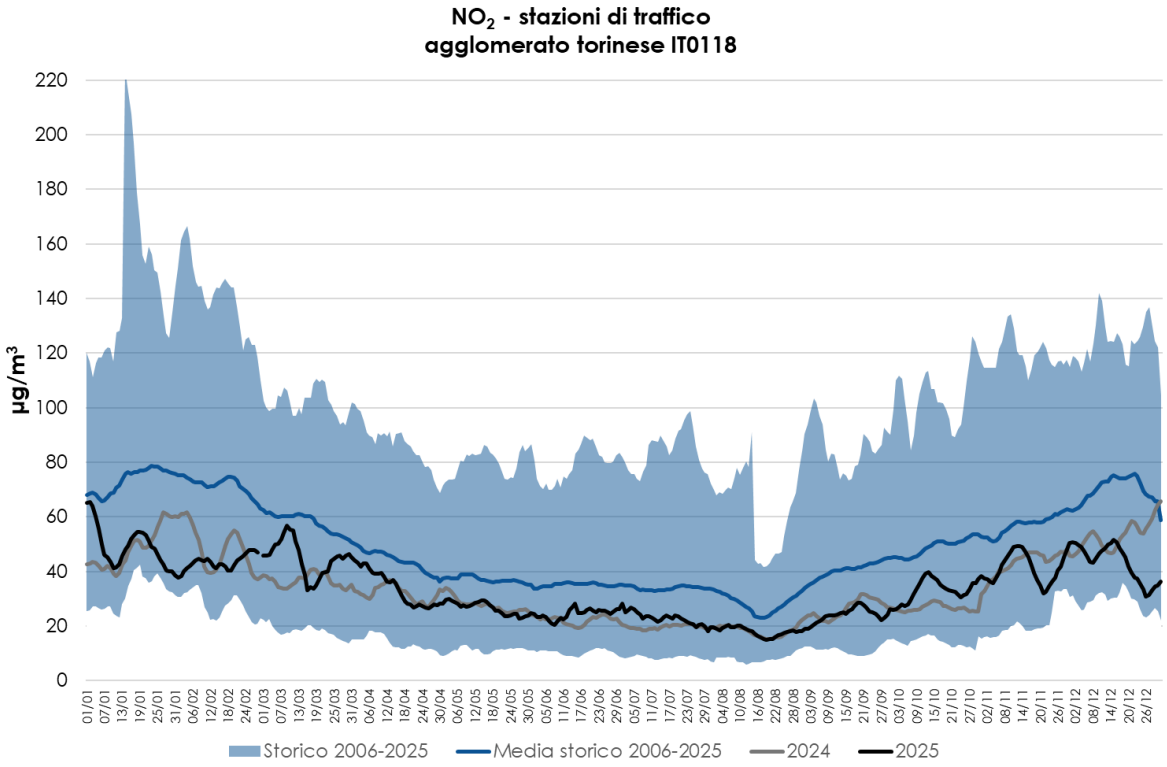



FIGURA 9: parametro $NO_2$ stazioni di traffico - serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2024 e del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

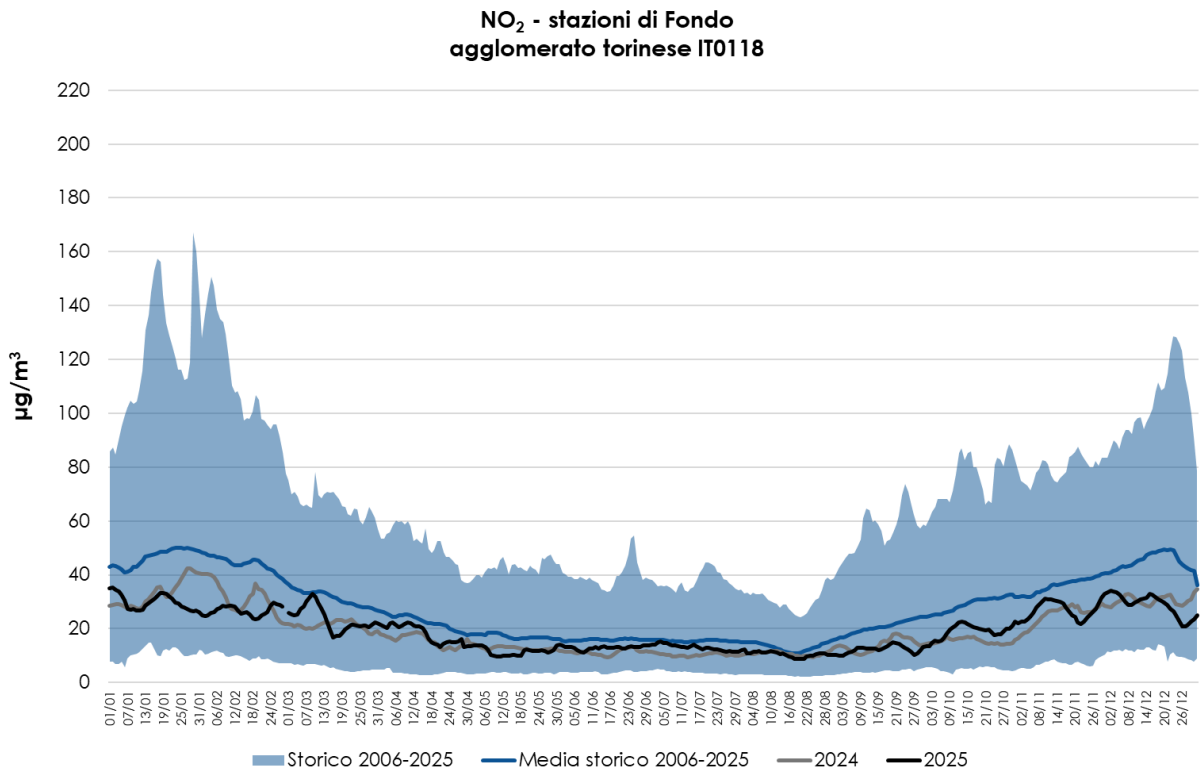



FIGURA 10: parametro $NO_2$ stazioni di fondo - serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2024 e del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

Si osserva il tipico andamento stagionale e la differenza, particolarmente evidente, fra le concentrazioni misurate nei siti di traffico e quelle misurate nei siti di fondo. Per quanto riguarda le stazioni di traffico si evidenzia nel 2025 la riduzione delle concentrazioni su tutto il periodo annuale rispetto alla media del periodo storico completo e una situazione sostanzialmente stazionaria rispetto al 2024. Tale comportamento è proporzionalmente osservato anche nelle stazioni di fondo. Sia per le stazioni di traffico che per quelle di fondo le concentrazioni misurate nel 2025 si attestano sui livelli inferiori della fascia di variabilità Min-Max del periodo di riferimento complessivo.

Il pieno rispetto dei valori limite attualmente vigenti costituisce un risultato particolarmente significativo per il territorio metropolitano e conferma il miglioramento della qualità dell'aria registrato negli ultimi anni. Tuttavia, il rallentamento del tasso di riduzione delle concentrazioni osservato nell'ultimo quinquennio rappresenta un elemento di attenzione poiché non garantisce il conseguimento dei più restrittivi valori limite previsti dalla Direttiva (UE) 2024/2881 che entreranno in vigore nel 2030 rendendo con buona probabilità necessario l'adozione nei prossimi anni di ulteriori e più incisivi interventi di riduzione delle emissioni.

| STAZIONE | Rendimento strumentale 2025 (% dati validi) | Valore limite annuale 40 µg/m³ Media annuale | | | | | | | | | | Valore limite orario 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte nell'anno civile Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Baldissero | 88% | 12 | 15 | 11 | 15 | 11 | 10 | 10* | 13* | 9 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0* | 0 | 0 |
| Beinasco TRM | 92% | 41 | 48 | 38 | 31 | 26 | 27 | 27 | 20 | 21 | 19 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Borgaro | 82% | 30 | 30 | 30 | 25 | 23 | 24 | 22 | 20 | 19 | 16* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* |
| Carmagnola | 100% | 39 | 42 | 38 | 34 | 30 | 31 | 29 | 30 | 30 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ceresole reale | 99% | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 5* | 3* | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 |
| Chieri | 100% | 19 | 23 | 20 | 21 | 14 | 17 | 18 | 20 | 19 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Collegno | 77% | 46 | 58 | 53 | 46 | 30 | 33 | 25 | 31 | 35 | 27* | 4 | 6 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* |
| Druento | 51% | 11 | 12 | 12 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9* | 9 | 11* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0* |
| Ivrea | 93% | 23 | 25 | 22 | 24 | 22 | 22 | 24 | 16 | 19 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Leiní | 96% | 24 | 32 | 25 | 23 | 21 | 24 | 22 | 19 | 20 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Orbassano | 100% | 32 | 34 | 30 | 31 | 29 | 29 | 25 | 23 | 22 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oulx | 97% | 18 | 17 | 19 | 21 | 17 | 13* | 14 | 12 | 11 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Settimo | 45% | 36 | 36 | 33 | 36 | 26 | 30 | 28 | 24 | 22 | 35* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* |
| Susa | 99% | 20 | 19 | 16 | 15 | 14 | 15 | 12 | 10 | 11 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| To-Consolata | 95% | 50 | 59 | 52 | 53 | 42 | 43 | 42 | 35 | 35 | 35 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| To-Lingotto | 78% | 40 | 40 | 35 | 37 | 31 | 31 | 31* | 31 | 29 | 30* | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0* |
| To-Rebaudengo | 96% | 70 | 80 | 56 | 60* | 46 | 48 | 48 | 44 | 42 | 39 | 28 | 25 | 1 | 11* | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| To-Rubino | 92% | 35 | 37 | 31 | 33 | 26 | 25 | 28 | 27 | 26 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vinovo | 100% | 33 | 35 | 26 | 28 | 21 | 25 | 24 | 20 | 18 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 8: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto. Confronto con i valori limite del D.Lgs. 155/2010

| STAZIONE | Rendimento strumentale 2025 (% dati validi) | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite annuale 20 µg/m³ Media Annuale | | | | | | | | | | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite giornaliero 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte l'anno Numero di superamenti | | | | | | | | | | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite orario 200 µg/m³ da non superare più di 3 volte l'anno Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Baldissero | 88% | 12 | 15 | 11 | 15 | 11 | 10 | 10* | 13* | 9 | 11 | 1 | 4 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0* | 0 | 0 |
| Beinasco TRM | 92% | 41 | 48 | 38 | 31 | 26 | 27 | 27 | 20 | 21 | 19 | 86 | 141 | 87 | 49 | 28 | 31 | 22 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Borgaro | 82% | 30 | 30 | 30 | 25 | 23 | 24 | 22 | 20 | 19 | 16* | 48 | 53 | 34 | 32 | 11 | 9 | 8 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* |
| Carmagnola | 100% | 39 | 42 | 38 | 34 | 30 | 31 | 29 | 30 | 30 | 31 | 56 | 106 | 45 | 45 | 39 | 7 | 8 | 12 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ceresole reale | 99% | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 5* | 3* | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 |
| Chieri | 100% | 19 | 23 | 20 | 21 | 14 | 17 | 18 | 20 | 19 | 18 | 9 | 22 | 6 | 15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Collegno | 77% | 46 | 58 | 53 | 46 | 30 | 33 | 25 | 31 | 35 | 27* | 109 | 180 | 192 | 121 | 57 | 43 | 17 | 38 | 54 | 9 | 4 | 6 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* |
| Druento | 51% | 11 | 12 | 12 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9* | 9 | 11* | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0* |
| Ivrea | 93% | 23 | 25 | 22 | 24 | 22 | 22 | 24 | 16 | 19 | 17 | 23 | 31 | 3 | 33 | 11 | 3 | 6 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Leiní | 96% | 24 | 32 | 25 | 23 | 21 | 24 | 22 | 19 | 20 | 19 | 22 | 53 | 30 | 9 | 10 | 12 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Orbassano | 100% | 32 | 34 | 30 | 31 | 29 | 29 | 25 | 23 | 22 | 21 | 52 | 71 | 44 | 63 | 56 | 39 | 16 | 5 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oulx | 97% | 18 | 17 | 19 | 21 | 17 | 13* | 14 | 12 | 11 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Settimo | 45% | 36 | 36 | 33 | 36 | 26 | 30 | 28 | 24 | 22 | 35* | 61 | 78 | 39 | 99 | 34 | 41 | 23 | 23 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* |
| Susa | 99% | 20 | 19 | 16 | 15 | 14 | 15 | 12 | 10 | 11 | 12 | 5 | 8 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| To-Consolata | 95% | 50 | 59 | 52 | 53 | 42 | 43 | 42 | 35 | 35 | 35 | 155 | 204 | 186 | 170 | 106 | 100 | 84 | 45 | 60 | 55 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| To-Lingotto | 78% | 40 | 40 | 35 | 37 | 31 | 31 | 31* | 31 | 29 | 30* | 95 | 99 | 48 | 98 | 49 | 29 | 26 | 30 | 20 | 9 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | 0 | 0* |
| To-Rebaudengo | 96% | 70 | 80 | 56 | 60* | 46 | 48 | 48 | 44 | 42 | 39 | 281 | 292 | 198 | 166 | 117 | 139 | 129 | 106 | 89 | 77 | 28 | 25 | 1 | 11* | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| To-Rubino | 92% | 35 | 37 | 31 | 33 | 26 | 25 | 28 | 27 | 26 | 28 | 57 | 79 | 24 | 62 | 42 | 20 | 27 | 18 | 14 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vinovo | 100% | 33 | 35 | 26 | 28 | 21 | 25 | 24 | 20 | 18 | 19 | 20 | 62 | 16 | 43 | 7 | 6 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABELLA 9: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto. Confronto con i valori limite della DIRETTIVA (UE) 2024/2881.

# BIOSSIDO DI ZOLFO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***A. Bertello, Città metropolitana di Torino.***

## DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo ($SO_2$) è il principale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente ed è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie; per inalazione può causare edema polmonare ed una prolungata esposizione può portare alla morte.

La principale fonte di inquinamento è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. Viene inoltre emesso in atmosfera durante le eruzioni vulcaniche e quando raggiunge la stratosfera si trasforma in acido solforico.

L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

La concentrazione di biossido di zolfo raggiunge generalmente i valori più elevati durante la stagione invernale in concomitanza con le peggiori condizioni dispersive (es.: fenomeni di inversione termica) ed il funzionamento degli impianti termici industriali e domestici.

A partire dal 1980, le emissioni antropiche (produzione di energia e traffico) sono notevolmente diminuite grazie al crescente utilizzo del metano e alla diminuzione del tenore di zolfo contenuto nel gasolio ed in altri combustibili liquidi.

I valori limite, il livello critico e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono riportati in TABELLA 10.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 ora | 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile | 1 gennaio 2005 |
| 1 giorno | 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile | 1 gennaio 2005 |
| **Livello critico** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo) | 20 µg/m³ | 19 luglio 2001 |
| **Soglia di Allarme** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 500 µg/m³ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi | | |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 ora | 350 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |
| 1 giorno | 50 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |
| anno civile | 20 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Livello critico** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo) | 20 µg/m³ | 19 luglio 2001 |
| **Soglia di Allarme** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 350 µg/m³ come media oraria misurati su tre ore consecutive in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |
| **Soglia di informazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 275 µg/m³ come media oraria in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa. | | |

TABELLA 10: valori limite per il biossido di zolfo.

## ESAME DEI DATI

I due siti oggetto di monitoraggio (To-Consolata e To-Rebaudengo) presentano valori che rispettano ampiamente i limiti previsti dalla normativa.

Sia i massimi valori orari che le massime medie giornaliere sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti sulle rispettive basi temporali.

Il livello critico per la protezione degli ecosistemi, 20 µg/m³ calcolato come valore medio nei mesi freddi dell'anno, è ampiamente rispettato anche nelle stazioni che sono posizionate in siti di traffico urbano.

Non si evidenziano criticità in relazione al rispetto dei limiti che saranno introdotti nell'ordinamento nazionale dal prossimo recepimento della Direttiva (UE) 2024/2881.

Si può pertanto affermare che il parametro $SO_2$ non rappresenti più una criticità per il territorio della città metropolitana di Torino.

Occorre infine considerare che le emissioni di ossidi di zolfo contribuiscono alla formazione di particolato, attraverso il processo secondario di trasformazione del biossido di zolfo in solfati. Tali composti nel territorio metropolitano costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di PM10. Per tale ragione occorre continuare a garantire un adeguato monitoraggio delle concentrazioni di $SO_2$ e mantenere in vigore le misure che ne hanno ridotto la presenza in atmosfera.

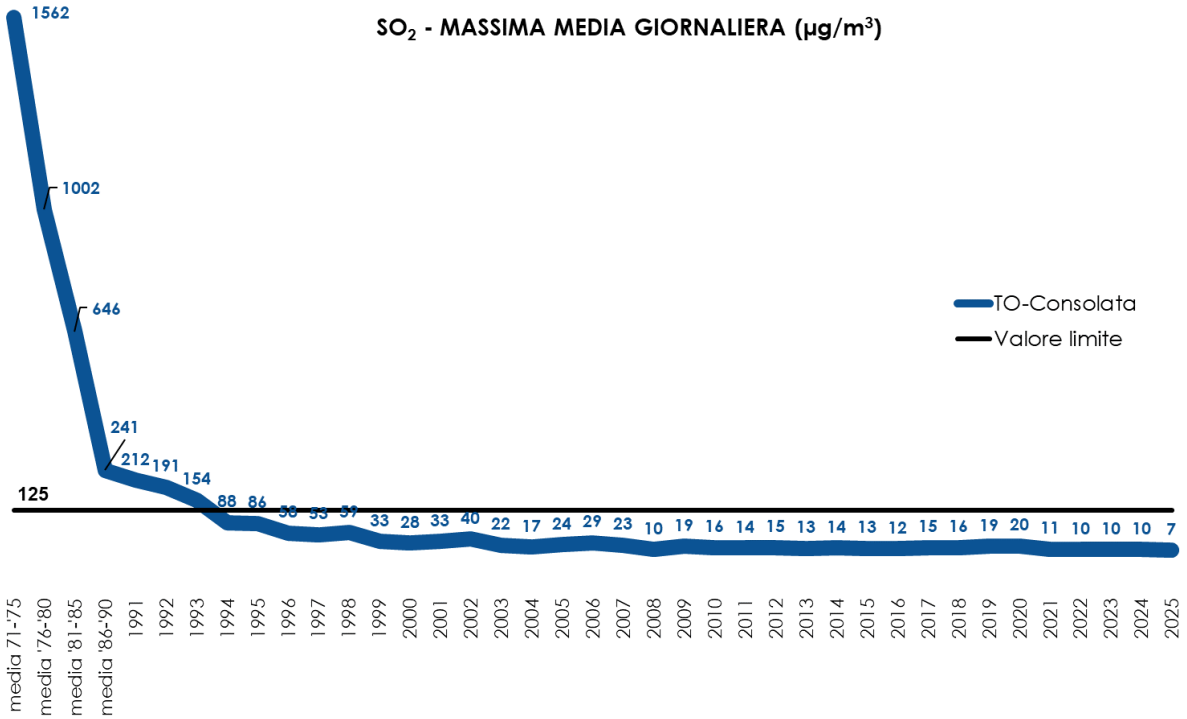



FIGURA 11: parametro SO2, massima media giornaliera su base annuale rilevata nella stazione di To-Consolata.

| STAZIONE | Rendimento strumentale 2025 (% dati validi) | Media Annuale µg/m³ | | | | | | | | | | Massimo orario µg/m³ | | | | | | | | | | Valore limite giornaliero 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte all'anno Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** |
| To-Consolata | 82% | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 4 | 6* | 4 | **4** | 19 | 21 | 23 | 26 | 27 | 17 | 16 | 14* | 10 | **8** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** |
| To-Rebaudengo | 84% | 7 | 8 | 11 | 11 | 8 | 5 | 5 | 4 | 4 | **5** | 25 | 39 | 21 | 21 | 22 | 29 | 31 | 10 | 15 | **15** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **STAZIONE** | **Rendimento strumentale 2025 (% dati validi)** | **Valore limite orario 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte all'anno Numero di superamenti** | | | | | | | | | | **Livello critico 20 µg/m³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic** | | | | | | | | | | **Soglia di allarme 500 µg/m³ Numero di superamenti** | | | | | | | | | |
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** |
| To-Consolata | 82% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 | 4 | 6* | 4 | **4** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** |
| To-Rebaudengo | 84% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 8 | 10 | 13 | 12 | 9 | 6 | 5 | 4 | 4 | **4** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 11: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo. Confronto con i valori limite del D.Lgs. 155/2010

| STAZIONE | Rendimento strumentale 2025 (% dati validi) | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite annuale 20 µg/m³ Media annuale | | | | | | | | | | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite giornaliero 50 µg/m³ da non superare più di 18 volte all'anno Numero di superamenti | | | | | | | | | | DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Valore limite orario 350 µg/m³ da non superare più di 3 volte all'anno Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16 | 17 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | | | | | | | | | | |
| To-Consolata | 82% | 6 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** |
| To-Rebaudengo | 84% | 7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **STAZIONE** | **Rendimento strumentale 2025 (% dati validi)** | **DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Livello critico 20 µg/m³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic** | | | | | | | | | | **DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Soglia di allarme 500 µg/m³ Numero di superamenti** | | | | | | | | | | **DIRETTIVA (UE) 2024/2881 Soglia di informazione 175 µg/m³ Numero di superamenti** | | | | | | | | | |
| | | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** |
| To-Consolata | 82% | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 | 4 | 6* | 4 | **4** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0* | 0 | **0** |
| To-Rebaudengo | 84% | 8 | 10 | 13 | 12 | 9 | 6 | 5 | 4 | 4 | **4** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |

TABELLA 12: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo. Confronto con i valori limite della DIRETTIVA (UE) 2024/2881.

# OZONO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***
***Elisa Calderaro, ARPA Piemonte, Dipartimento Nord Ovest.***

## DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo dotato di un elevato potere ossidante, di odore pungente e, ad elevate concentrazioni, di colore blu.

L'ozono presente negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla Terra, creando uno scudo che filtra i raggi ultravioletti del Sole. L'ozono presente nella parte della troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota) più vicina alla superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi caratterizzati da intenso irraggiamento solare e temperature elevate. È un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, possono riscontrarsi situazioni critiche anche in zone rurali distanti dai grossi centri urbani, in zone collinari e montane.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore Obiettivo per la protezione della salute umana** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Media massima giornaliera su 8 ore (a) | 120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (b) | Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012. |
| **Valore Obiettivo per la protezione della vegetazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| AOT 40 da maggio a luglio (c) | 18.000 µg/m³•h come media su 5 anni (b) | Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2015, con riferimento al triennio 2010-2014. |
| **Valore Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Media massima giornaliera su 8 ore (a) | 120 µg/m³ per anno civile | Non definita |
| **Valore Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| AOT 40 maggio-luglio (c) | 6.000 µg/m³•h | Non definita |
| **Soglia di informazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 180 µg/m³ come media oraria | | |
| **Soglia di allarme** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 240 µg/m³ come media oraria (d) | | |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Obiettivo per la protezione della salute umana** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Media massima giornaliera calcolata su 8 ore | 120 µg/m³ da non superare per più di 18 giorni per anno civile come media su 3 anni | 1 gennaio 2030 |
| **Valore Obiettivo per la protezione della vegetazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| AOT 40 maggio-luglio | 18.000 µg/m³•h come media su 5 anni (b) | 1 gennaio 2030 |
| **Valore Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Media massima giornaliera calcolata su 8 ore | 100 µg/m³ da non superare per più di 3 giorni per anno civile | 1 gennaio 2050 |
| **Valore Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| AOT 40 maggio-luglio | 6.000 µg/m³•h | 1 gennaio 2050 |
| **Soglia di informazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 180 µg/m³ come media oraria in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa. | | |
| **Soglia di allarme** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 240 µg/m³ come media oraria misurati su tre ore consecutive in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |

(a) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.
(b) Se non è possibile calcolare la media su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:
per il valore obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno
per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni
(c) Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 ppb) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.
(d) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 10 comma 1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

TABELLA 13: D. Lgs. 13/08/10 n. 155 – ozono - valori obiettivo, obiettivo a lungo termine, e soglie di informazione ed allarme.

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi, ma un aumento delle concentrazioni può portare alterazioni delle

funzioni respiratorie. L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, determinando una riduzione della fotosintesi e conseguenti ripercussioni sulla crescita dei vegetali.

In TABELLA 13 sono riportati i valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme attualmente in vigore e quelle previste dalla Direttiva 2024/2881/CE. Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte dei gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, definiscono i livelli di concentrazione da non superare al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, per assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

La nuova Direttiva 2024/2881/CE, in via di recepimento dai singoli Stati Membri, riduce, rispetto alla precedente direttiva 2008/50/CE in materia di qualità dell'aria, a 18 i superamenti consentiti del valore obiettivo di 120 µg/m$^3$, come media su 3 anni; stabilisce come soglia di valutazione per la protezione della salute il valore di 100 µg/m$^3$, come media massima su 8 ore, da non superare per più di tre giorni per anno civile e mantiene invariati i valori di soglia di informazione (180 µg/m$^3$) e allarme (240 µg/m$^3$). Risultano altresì invariati i valori obiettivo a breve e a lungo periodo per la protezione della vegetazione.

Nella Direttiva 2024/2881/CE non è stato tenuto in considerazione il valore limite di protezione della salute umana individuato per il periodo estivo dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nell'ultimo aggiornamento delle linee guida sulla qualità dell'aria[5].

## ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM10 e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa, con un gradiente che aumenta da nord a sud del continente e le cui concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni di monitoraggio dell'area mediterranea. In contrasto con gli altri parametri, le concentrazioni di ozono sono generalmente maggiori in estate e nelle località rurali, minori in inverno e nelle stazioni urbane, soprattutto di traffico[6]. Ciò dipende principalmente dalle modalità di formazione dell'ozono, influenzata positivamente da alcune variabili meteorologiche, quali elevata temperatura e intensa radiazione solare, e dalla concentrazione dei precursori di origine antropica (es. benzene e toluene) o naturale (terpeni, alcani, alcheni etc.). Nelle stazioni di traffico il processo dominante è invece rappresentato dall'interazione tra ozono e ossidi di azoto; in particolare la reazione tra NO e ozono con formazione di $NO_2$ – la cosiddetta "NOx titration" - contribuisce a diminuire la concentrazione di ozono nei siti urbani influenzati dal traffico veicolare.

Il rapporto dell'EEA (European Environmental Agency - Agenzia Europea dell'Ambiente), pubblicato nel 2026[7], riporta che in 18 stati membri dell'UE su 27 sono state registrate nel 2025 concentrazioni giornaliere di ozono, mediate su 8 ore, superiori alla soglia del valore obiettivo di 120 µg/m$^3$ per più di 25 volte (tale valore non dovrebbe essere superato per più di 25 volte in un anno civile come media su 3 anni). Presso le stazioni di misura italiane sono stati riscontrati frequenti violazioni del limite normativo dei 25 superamenti annui consentiti. Inoltre, l'Italia risulta essere la nazione che presenta i valori di concentrazione più critici dell'EU: dal 2000 al 2025 sono stati registrati, principalmente presso le stazioni della Pianura Padana, i valori massimi di concentrazione di ozono, come valore mediato sulle 8 ore.

In TABELLA 14 sono riportati i superamenti della soglia di informazione per l'ozono - concentrazione oraria di 180 µg/m$^3$ - degli ultimi 10 anni di misure nell'area metropolitana torinese. Dall'analisi dei dati si rileva che nel 2025 per la maggior parte delle stazioni del territorio metropolitano si è registrato un incremento, rispetto al 2024 e al 2023, del numero di superamenti del valore soglia di informazione. Solo per le stazioni di Baldissero, Chieri, Leinì e Torino Lingotto non sono stati misurati dei superamenti, mentre Susa e Borgaro sono le stazioni presso le quali sono stati riscontrati il maggior numero di superamenti del valore soglia di informazione, rispettivamente con 15 e 12 giorni. In totale, sono stati registrati 45 superamenti nel 2025, contro 1 giorno nel 2024, 14 giorni nel 2023 e ben 424 nel 2022.

Tuttavia, si evidenzia che in nessuna stazione della Città Metropolitana di Torino nel corso del 2025 è stata superata la soglia di allarme di 240 µg/m$^3$.

[5] WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2021
[6] EEA Air quality in Europe – 2017 report, 38-40
[7] EEA Status report of air quality in Europe for year 2025, using validated and up-to-date data (ETC-HE Report 2026/2), 31-43

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% dati validi) | Soglia di informazione 180 µg/m³ come media oraria Numero di superamenti | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Baldissero | 96% | 1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | **0** |
| Borgaro | 96% | 15 | 6 | 2 | 5 | 0* | 4 | 20 | 0 | 0 | **12** |
| Ceresole | 91% | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0* | 0 | **2** |
| Chieri | 97% | 1 | 4 | 0* | 1 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | **0** |
| Druento | 96% | 36 | 46 | 3 | 17 | 32* | 10 | 25 | 8 | 1 | **9** |
| Ivrea | 91% | 0 | 7 | 0 | 1 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | **1** |
| Leini | 95% | 4 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | **0** |
| Orbassano | 97% | 39 | 79 | 9 | 34 | 1 | 18 | 125 | 0 | 0* | **1** |
| Susa | 96% | 12 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 4 | 0* | **15** |
| To-Lingotto | 94% | 8 | 7 | 3 | 18 | 0 | 1 | 39 | 1* | 0* | **0** |
| To-Rubino | 96% | 12 | 6 | 4 | 29 | 0 | 2 | 58 | 1 | 0 | **3** |
| Vinovo | 97% | 4 | 12 | 9 | 8 | 0 | 0 | 86 | 0 | 0 | **2** |

* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs 155/2010 (85%)

TABELLA 14: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/2010.

Come più volte sottolineato nelle precedenti relazioni e ricordato a più riprese dallo stesso report europeo citato, un fattore di influenza importante per le concentrazioni annuali e stagionali di ozono è rappresentato dalla meteorologia, spesso in grado di spiegare molta se non tutta la variabilità annuale delle concentrazioni di ozono.

Infatti, l'incremento dei valori di concentrazione di ozono registrati nel corso del 2025 potrebbe essere correlato alle maggiori temperature e alle minori precipitazioni misurate nel periodo primaverile-estivo rispetto al 2024. Come si evince dal grafico di FIGURA 12, presso la stazione meteorologica di Torino Consolata, il quantitativo di pioggia caduto nel periodo aprile-settembre 2025 è molto più basso rispetto alle precipitazioni del 2024 e del 2023, mentre la temperatura media del periodo primaverile-estivo è superiore a quella registrata nel 2024.

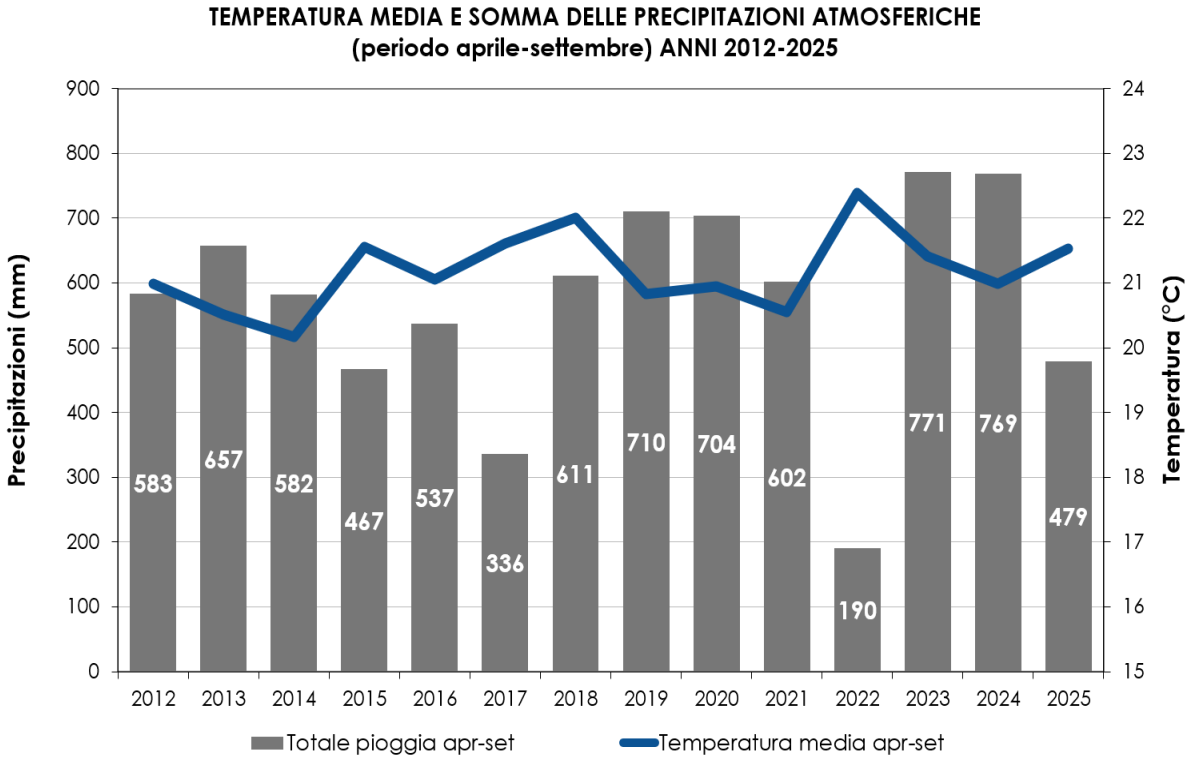



FIGURA 12: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo aprile-settembre, anni 2012-2025, stazione di To-Consolata.

In TABELLA 15 sono riportate le elaborazioni necessarie per la verifica del conseguimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana, dalle quali è risultato che tale valore è stato rispettato nel 2025 solo per le stazioni di Ceresole, Ivrea e Leini.

Ad esclusione delle stazioni di Ceresole, Ivrea e Leinì, nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio della CMT il numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana, mediato negli ultimi tre anni di misurazioni, è superiore ai 25 consentiti. Si precisa che nel calcolo del numero medio di superamenti è stato considerato anche il dato degli anni con insufficiente rendimento strumentale, qualora i superamenti annuali fossero comunque maggiori di 25. Trattandosi di superamenti e di non valori di concentrazione, infatti, si ritiene corretto considerarli validi, ancorché parziali per il ridotto rendimento strumentale, poiché superano comunque il parametro "soglia del valore obiettivo".

Il numero dei giorni in cui è stato registrato il superamento del valore obiettivo per la salute umana nel triennio 2023/2025 è compreso tra i 15 giorni della stazione di Ceresole e i 52 della stazione di Orbassano, con una media a livello di città Metropolitana di Torino di 34 superamenti, numero in diminuzione rispetto alla media degli ultimi anni di misurazioni. Infatti, nel precedente triennio 2022/2024 il numero di superamenti medio della CMT si era attestato a 46, mentre nel triennio 2021/2023 il valore medio di superamenti era stato pari a 55.

| STAZIONE | Valore obiettivo per la protezione della salute umana<br>Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | MEDIA 2023-2025 (1) |
| Baldissero | 60 | 72 | 61 | 67 | 46 | 70 | 108 | 54 | 33 | 56 | **48** |
| Borgaro | 51 | 40 | 39 | 31 | 34* | 63 | 78 | 14 | 30 | 56 | **33** |
| Ceresole | 40 | 38 | 10 | 24 | 21 | 21 | 74 | 7* | 6 | 31 | **15** |
| Chieri | 52 | 56 | 58* | 42 | 5 | 31 | 36 | 38 | 20 | 38 | **32** |
| Druento | 59 | 54 | 49 | 41 | 56* | 63 | 64 | 32 | 31 | 34 | **32** |
| Ivrea | 24 | 48 | 44 | 33 | 37 | 45 | 62 | 22 | 18 | 32 | **24** |
| Leini | 45 | 34 | 23 | 40 | 28 | 46 | 70 | 26 | 7 | 23 | **19** |
| Orbassano | 78 | 83 | 76 | 59 | 70 | 83 | 123 | 33 | 45 | 78 | **52** |
| Susa | 46 | 56 | 31 | 23 | 22 | 49 | 65 | 43 | 30 | 57 | **43** |
| To-Lingotto | 44 | 38 | 47 | 61 | 40 | 72 | 89 | 33* | 33 | 35 | **34** |
| To-Rubino | 52 | 43 | 47 | 51 | 53 | 55 | 99 | 49 | 38 | 58 | **48** |
| Vinovo | 42 | 52 | 64 | 46* | 34 | 38 | 105 | 15 | 35 | 51 | **34** |

(1) i valori degli anni con insufficiente rendimento strumentale non sono stati considerati nel calcolo della media
* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (85%)

TABELLA 15: ozono, numero superamenti valore obiettivo per la protezione della salute umana, anni 2016-2025.

Nel grafico di FIGURA 13 è rappresentata, sotto forma di box plot, la distribuzione annuale del numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana nelle stazioni di fondo della Città Metropolitana di Torino a partire dal 2005. La linea tratteggiata indica il valore obiettivo di 25 superamenti/anno.

Nel periodo 2005-2025 si osserva una forte variabilità interannuale. In quasi tutti gli anni la mediana (50° percentile) risulta, ad esclusione dell'anno 2014, superiore al limite di riferimento, indicando che almeno metà delle stazioni registra un numero di superamenti superiore a quello raccomandato.

Negli anni 2007 e 2022 sono stati registrati i valori i più critici dell'intera serie storica, evidenziando condizioni particolarmente favorevoli alla formazione di ozono, con il superamento del limite che interessa praticamente tutte le stazioni.

L'andamento del numero di superamenti può essere suddiviso in diverse fasi. Nel periodo 2005-2013 sono stati misurati livelli di ozono generalmente elevati, con alcuni anni (2007, 2009, 2011) particolarmente critici, caratterizzati da un'ampia dispersione dei dati, come evidenziato dall'estensione dei baffi e dalla dimensione del box. Nel 2014 si è registrata una brusca riduzione dei superamenti, in quanto in alcuni dei mesi più critici per l'accumulo di ozono troposferico si è verificata una situazione meteorologica caratterizzata da cielo nuvoloso e precipitazioni persistenti. A seguire, nel periodo 2015-2021 si è avuto un ritorno a condizioni intermedie, con valori generalmente superiori al limite. Nel 2022 si è registrato un nuovo picco eccezionale, seguito da una diminuzione dei superamenti nel biennio 2023-2024. Il 2025 presenta, invece, un numero di superamenti in risalita, pur mantenendosi su livelli nettamente inferiori rispetto al 2022.

Il grafico, pertanto, evidenzia forti oscillazioni legate alle condizioni meteorologiche annuali e una criticità per il rispetto dell'obiettivo a lungo termine nelle stazioni di fondo della CMT in quanto il numero di superamenti resta ancora generalmente superiore al valore obiettivo in una parte significativa delle stazioni. Considerando il nuovo valore limite di 18 superamenti consentiti del valore

obiettivo di 120 µg/m³, come media su 3 anni, fissato dalla Direttiva 2024/2881/CE la situazione risulta critica per quasi tutte le stazioni di fondo della CMT.

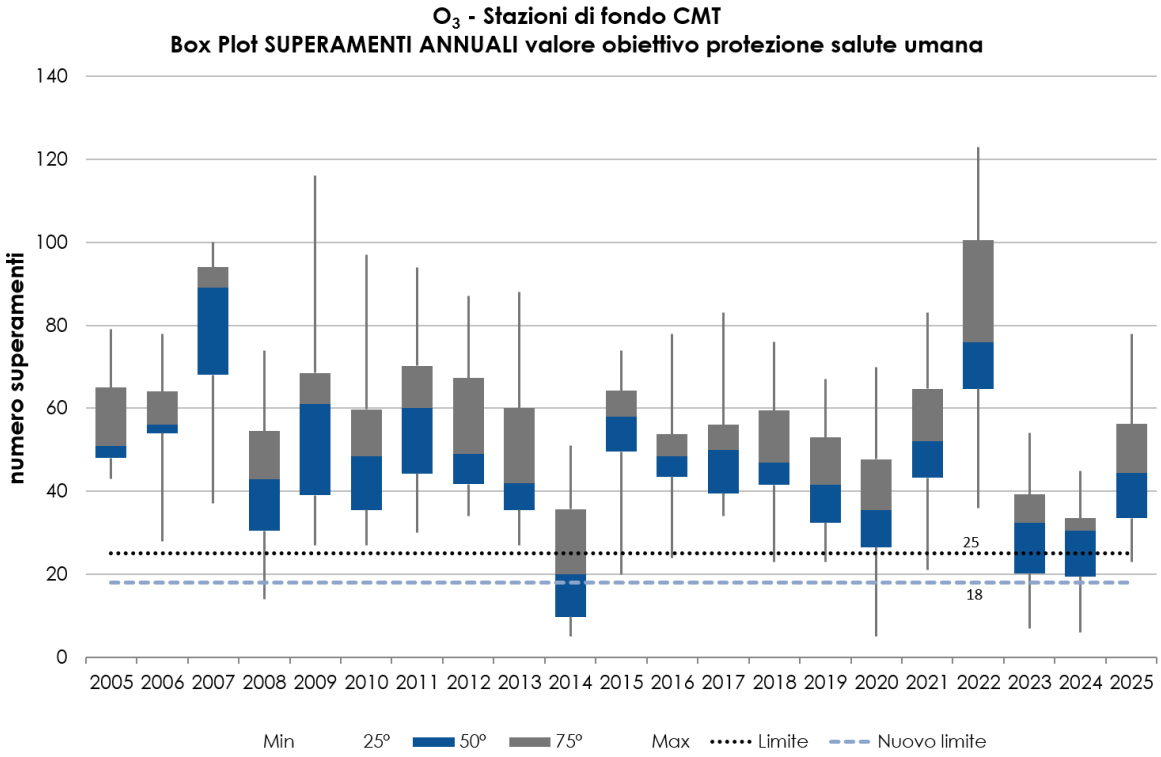



FIGURA 13: rappresentazione a "box plot" dei superamenti annuali del valore obiettivo di protezione della salute umana nella CMT, anni 2005-2025.

In FIGURA 14 è riportata, per l'anno 2025, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per tre stazioni: To-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano metropolitano, Baldissero Torinese e Ceresole Reale, poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. Dal grafico è ben evidente l'influenza della temperatura e quindi della radiazione solare sulla formazione di ozono troposferico. Per tutte le stazioni, infatti, il numero di giorni di superamento del limite di 120 µg/m³ mediato su 8 ore segue l'andamento della temperatura media mensile (registrata nella stazione di Torino-Consolata). Da marzo a settembre sono stati riscontrati 56 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute per Baldissero, mentre presso le stazioni di Ceresole e Torino-Lingotto i superamenti sono stati 35.

Nel grafico di FIGURA 15 sono state rappresentate le concentrazioni medie di ozono misurate durante il semestre caldo (aprile-settembre) nelle stazioni di To-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole Reale. La serie storica considerata parte dal 1993, anno in cui sono iniziate le misurazioni di questo inquinante presso la stazione di To-Lingotto.

Nonostante ci siano state notevoli oscillazioni tra un anno all'altro dei valori di concentrazione media estiva, il grafico evidenzia sul lungo periodo una tendenza complessiva alla diminuzione delle concentrazioni medie di ozono del periodo aprile-settembre per le stazioni rurali di Baldissero Torinese e Ceresole Reale. Il valore di concentrazione misurato presso la stazione di Baldissero Torinese è passato da 110 µg/m³ nel 1995 a 92 µg/m³ nel 2025 e le concentrazioni medie di Ceresole Reale sono diminuite da 102 µg/m³ nel 2010 a 88 µg/m³ nel 2025. Invece, per la stazione di Torino Lingotto si riscontra un andamento piuttosto costante con un incremento del valore di concentrazione che è passato da 68 µg/m³ nel 1993 a 70 µg/m³ nel 2025. I picchi massimi di concentrazioni sono stati misurati nel corso del 2022, quando le temperature elevate e le scarse precipitazioni hanno favorito la formazione di ozono nei bassi strati della troposfera.

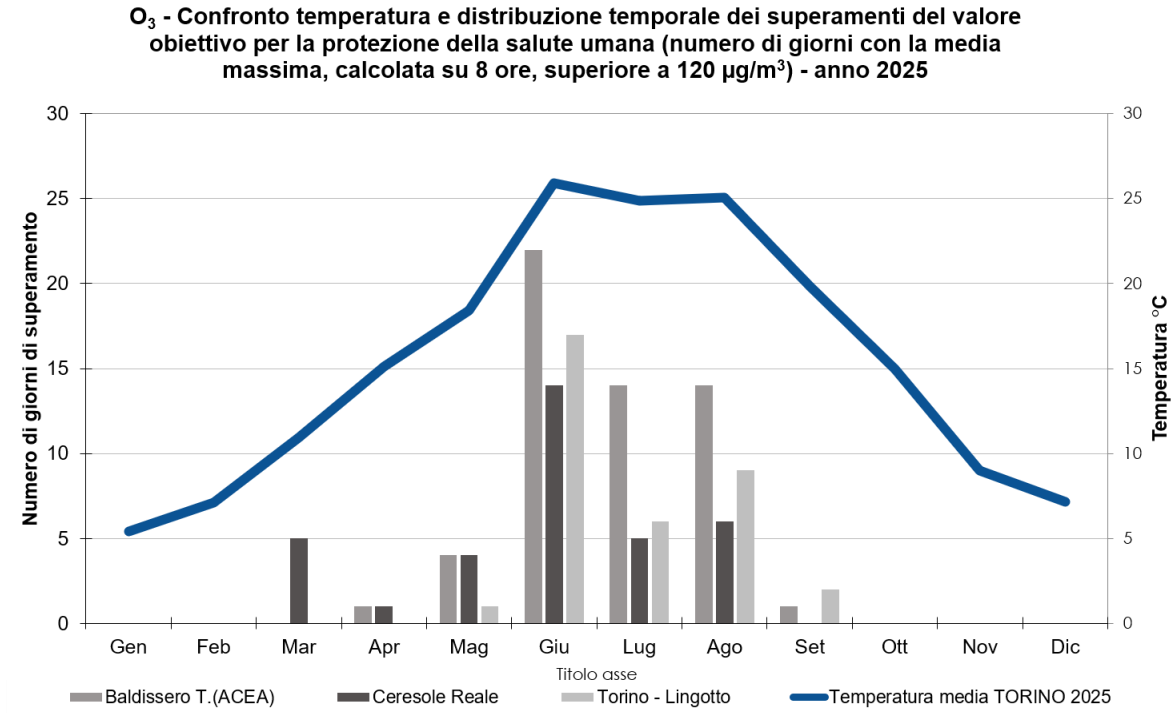



FIGURA 14: ozono - distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2025.

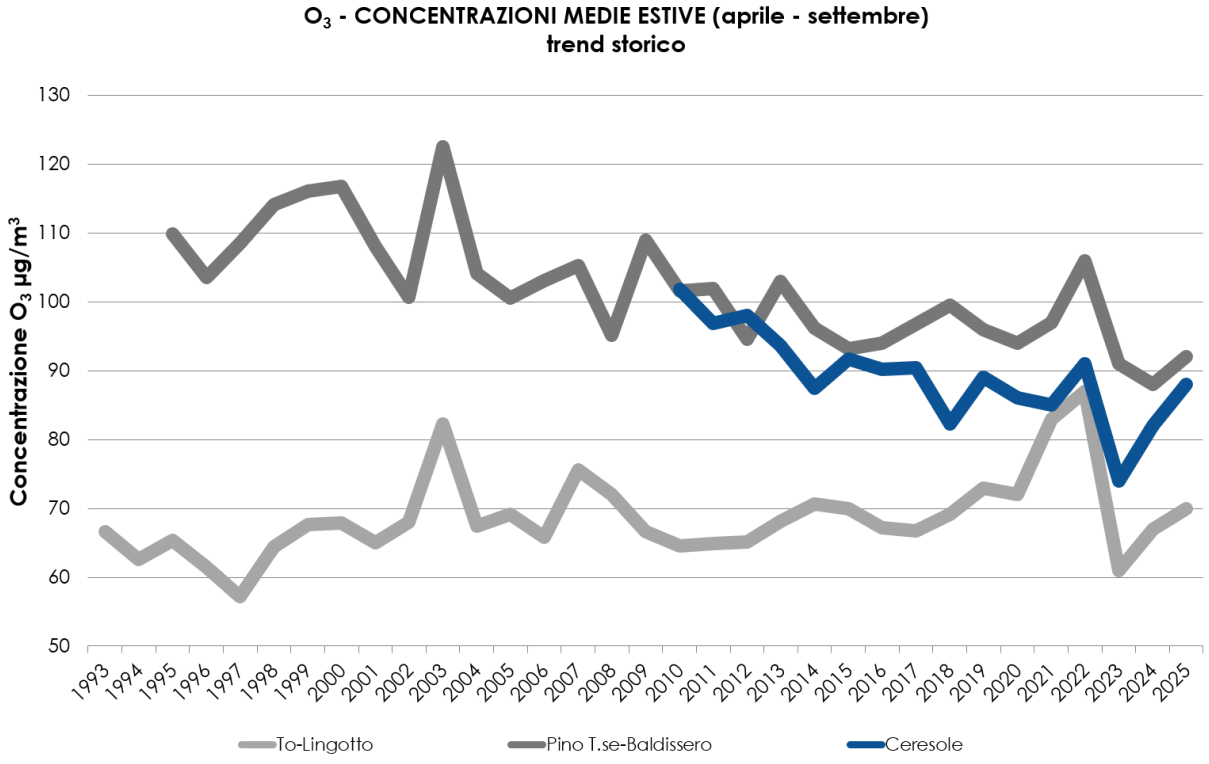



FIGURA 15: ozono, medie di concentrazione nel periodo aprile-settembre dal 1993 al 2025.

Rispetto al 2024, le concentrazioni del periodo aprile-settembre sono aumentate presso tutte le tre stazioni considerate, con un incremento del 7% nella stazione di Ceresole, del 5% a Baldissero e il 4% a Torino Lingotto.

Si evidenzia che per le stazioni situate in contesti territoriali urbani come quella di Torino Lingotto, alla produzione di ozono troposferico concorrano più fattori tra i quali la maggiore presenza di precursori

di origine antropica e l'instaurarsi di un microclima più caldo, la cosiddetta "isola di calore", che favorirebbe la formazione di questo inquinante in contesti altamente urbanizzati.

Dal momento che l'inquinamento da ozono ha effetti anche sugli ecosistemi naturali e sulla biodiversità, danneggiando la crescita e la riproduzione dei vegetali, le legislazioni europea ed italiana, hanno stabilito un valore bersaglio per la protezione della vegetazione, l'AOT40, pari a 18.000 µg/m$^3$*h. Si tratta dello standard di qualità dell'aria - espresso come concentrazione oraria - che definisce un parametro legato all'esposizione accumulata all'ozono nella fascia oraria 8:00 – 20:00 da inizio maggio a fine luglio di ogni anno.

Si specifica che l'Allegato VIII del D. Lgs. 155/2010 stabilisce che le stazioni per la misura dell'ozono, per ciò che concerne la verifica del rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, siano ubicate in siti suburbani e rurali e ne stabilisce la rappresentatività spaziale; tra le stazioni in cui viene effettuata la misura dell'ozono, in questo capitolo sono state selezionate per il calcolo dell'AOT40 quelle classificate come fondo rurale, ubicate in aree con presenza significativa di ecosistemi naturali. Si specifica tuttavia che con il Decreto del Ministro dell'Ambiente 29 novembre 2012, "individuazione delle stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dall'art. 6, comma 1, e dall'art. 8, commi 6 e 7, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155" è stata individuata la stazione di Dernice, in Provincia di Alessandria, come stazione di fondo in sito rurale per le misurazioni dell'ozono. Tuttavia, la D.G.R. n. 24-903 del 30 dicembre 2019, ha individuato altre stazioni per il monitoraggio dell'ozono, tra le quali figurano anche le stazioni di Baldissero, Ceresole e Druento.

In TABELLA 16 sono riportate le elaborazioni utilizzate per verificare il rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, che per il 2025 risulta non essere stato rispettato in nessuna delle tre stazioni rurali del territorio metropolitano. Dopo la diminuzione dei valori riscontrata per il 2023 e il 2024, nel 2025 è stato registrato un nuovo incremento delle concentrazioni. In tutte e tre le stazioni il dato dell'AOT40 mediato negli ultimi 5 anni di misura non rispetta il valore obiettivo di 18.000 µg/m$^3$*h stabilito dalla normativa e risulta anche superiore all'obiettivo a lungo termine di 6.000 µg/m$^3$*h (come già segnalato in precedenza, la nuova direttiva 2024/2881/CE in corso di recepimento a livello nazionale non ha modificato tali valori obiettivo per la vegetazione).

| STAZIONE | DECRETO LEGISLATIVO n. 155/ del 13/08/2010 Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT 40 (18000 µg/m$^3$*h) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | MEDIA 2021-2025 |
| Baldissero | 23327 | 32186 | 24211* | 35254 | 22378 | 28382 | 44093 | 25885 | 17977 | 32411 | 29750 |
| Druento | 27031 | 33531 | 19952 | 21808 | 17039* | 22785 | 26188 | 17905 | 13361 | 21196 | 20287 |
| Ceresole | 23285 | 25714 | 15148* | 23358 | 21016 | 19360 | 34600 | 16549* | 16551 | 25804 | 22573 |
| * la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (85%) | | | | | | | | | | | |

TABELLA 16: ozono, valore obiettivo per la protezione della vegetazione, dati 2016-2025 e valore medio degli ultimi 5 anni.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane alta per il territorio della Città Metropolitana di Torino e per le regioni padane, come evidenziato anche nei report annuali dell'Agenzia Europea dell'Ambiente. Purtroppo, come detto, a differenza di altri inquinanti, per i quali le politiche ambientali mirate hanno portato negli ultimi decenni ad una graduale diminuzione delle concentrazioni in aria ambiente, nel caso dell'ozono gli effetti delle politiche volte alla riduzione dei precursori sono ancora poco evidenti. Il report EEA del 2020[8] in particolare riconosce che la migliore misura per ridurre l'inquinamento da ozono nelle aree urbane del territorio europeo è quella di effettuare interventi strutturali a lungo termine sulla riduzione permanente di VOC e $NO_x$, quali ad esempio la riduzione del consumo di energia, la produzione di motori migliori a più bassa emissione di ossidi di azoto per gli autoveicoli e l'introduzione di tariffe di ingresso nelle grandi aree metropolitane.

[8] EEA Air quality in Europe – 2020 report, 59-70

# BENZENE

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***A. Bertello, Città metropolitana di Torino.***

## DESCRIZIONE

Il benzene ($C_6H_6$) è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta allo stato liquido.

Viene prodotto a partire da diversi composti presenti nel petrolio ed è stato storicamente impiegato come componente ad azione antidetonante nelle benzine. Si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. Stime effettuate dall'Unione Europea attribuiscono alle emissioni dei veicoli a benzina più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva pertanto dai gas di scarico dei suddetti autoveicoli.

La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'1%.

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera).

Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 µg/m³ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione presentano un rischio aggiuntivo di contrarre la leucemia.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Anno civile | 5 µg/m³ | 1 gennaio 2005 |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Anno civile | 3,4 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |

TABELLA 17: valori limite per il benzene.

## ESAME DEI DATI

La FIGURA 16 mostra i valori medi annui di benzene misurati nella stazione di To-Consolata a partire dal 1996. Dal 2004 in poi il valore limite (pari a 5 µg/m³ come media annuale) è rispettato, anche grazie all'introduzione, da luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine ed al progressivo aumento del numero di auto con catalizzatore ossidante sul totale degli autoveicoli circolanti.

La TABELLA 18 evidenzia che le medie annuali misurate nel 2025 in tutte le centraline della rete di monitoraggio sono ampiamente sotto il limite di legge. I valori misurati negli ultimi anni risultano sostanzialmente stabili e si attestano su concentrazioni pari a circa un quarto-un quinto del valore limite vigente. Nel 2025 si osservano concentrazioni leggermente inferiori rispetto al 2024, probabilmente a causa di condizioni meteoclimatiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Negli ultimi cinque anni tutte le misure sembrano essersi assestate su un valore di fondo pari a circa 1 µg/m³ come media annuale. Solo le stazioni di traffico To-Rebaudengo e To-Consolata presentano concentrazioni medie annue lievemente superiori, pur mantenendosi ampiamente al di sotto dei limiti normativi. I dati misurati confermano che il parametro benzene risulta efficacemente

sotto controllo. Non si evidenziano criticità in relazione al rispetto dei limiti che saranno introdotti nell'ordinamento nazionale dal prossimo recepimento dalla Direttiva (UE) 2024/2881 (TABELLA 19).

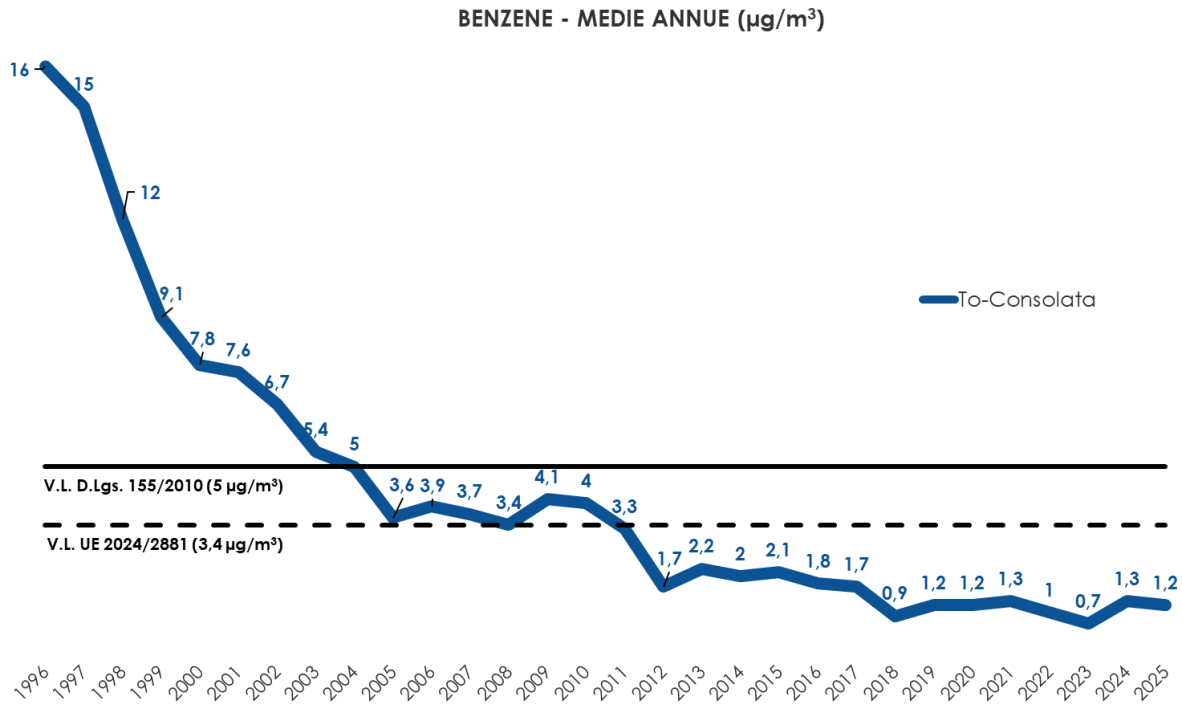



FIGURA 16: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2025.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% dati validi) | Valore limite annuale D.Lgs. 155/2010 (5 µg/m³) Media Annuale (µg/m³) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco (TRM) | 65% | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9 | 1* | 1,1* | **0,9*** |
| Borgaro T.se | 89% | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 1 | 1,2* | 1 | 1 | 0,8* | 1,1* | **1** |
| Settimo T.se | 97% | 2,1 | 1,6* | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1 | 0,9 | 1 | **0,8** |
| To-Consolata | 96% | 1,8 | 1,7 | 0,9 | 1,2 | 1,2* | 1,3 | 1 | 0,7 | 1,3 | **1,2** |
| To-Lingotto | 69% | 1,1 | 1,1* | 1* | 0,9 | 0,8* | 1 | 1 | 0,9 | 1,1* | **0,6*** |
| To-Rebaudengo | 93% | 2,1 | 2,3 | 1,5 | 1,8* | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | **1,4** |
| To-Rubino | 83% | 1,6 | 1,3 | 1,1 | 1 | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7* | 0,8* | **0,9*** |
| Vinovo | 96% | 1,4 | 1,5 | 1,1 | 1 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | **1** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 18: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il benzene. Confronto con i valori limite del D.Lgs. 155/2010.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% dati validi) | Valore limite annuale DIRETTIVA (UE) 2024/2881 (3,4 µg/m³) Media Annuale (µg/m³) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco (TRM) | 65% | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9 | 1* | 1,1* | **0,9*** |
| Borgaro T.se | 89% | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 1 | 1,2* | 1 | 1 | 0,8* | 1,1* | **1** |
| Settimo T.se | 97% | 2,1 | 1,6* | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1 | 0,9 | 1 | **0,8** |
| To-Consolata | 96% | 1,8 | 1,7 | 0,9 | 1,2 | 1,2* | 1,3 | 1 | 0,7 | 1,3 | **1,2** |
| To-Lingotto | 69% | 1,1 | 1,1* | 1* | 0,9 | 0,8* | 1 | 1 | 0,9 | 1,1* | **0,6*** |
| To-Rebaudengo | 93% | 2,1 | 2,3 | 1,5 | 1,8* | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | **1,4** |
| To-Rubino | 83% | 1,6 | 1,3 | 1,1 | 1 | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7* | 0,8* | **0,9*** |
| Vinovo | 96% | 1,4 | 1,5 | 1,1 | 1 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | **1** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 19: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il benzene. Confronto con i valori limite della DIRETTIVA (UE) 2024/2881.

# PARTICOLATO SOSPESO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***M. Sacco, ARPA Piemonte, Dip. territoriale Piemonte Nord-Ovest, A. Bertello, Città metropolitana di Torino***

## DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana), etc. Nelle aree urbane il materiale particolato di natura primaria può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dagli impianti di riscaldamento (soprattutto a combustibili solidi), dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel. Una componente significativa del particolato di minori dimensioni ha inoltre origine da processi secondari, che comportano la trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli. Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

I valori limite sono riportati nella TABELLA 20 e nella TABELLA 21.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 giorno | 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile | 1 gennaio 2005 |
| anno civile | 40 µg/m³ | 1 gennaio 2005 |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 giorno | 45 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |
| anno civile | 20 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Soglia di Allarme** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 90 µg/m³ come media giornaliera su tre giorni consecutivI in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |
| **Soglia di informazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 90 µg/m³ come media giornaliera in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |

TABELLA 20: valori limite per il PM10.

| **D.Lgs. 155/2010** | | |
|---|---|---|
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| anno civile | 25 µg/m³ | 1 gennaio 2015 |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| 1 giorno | 25 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile | 1 gennaio 2030 |
| anno civile | 10 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Soglia di Allarme** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 50 µg/m³ come media giornaliera su tre giorni consecutivI in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |
| **Soglia di informazione** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| 50 µg/m³ come media giornaliera in siti rappresentativi della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure in una zona intera, se questa è meno estesa | | |

TABELLA 21: valori limite per il PM2,5.

## FRAZIONE PM10 E PM2,5

Le concentrazioni giornaliere di particolato atmosferico dipendono non solo dalle sorgenti di emissione, ma anche dalle condizioni meteorologiche che ne regolano la dispersione e l'accumulo; l'anno 2025 è stato caratterizzato da condizioni meteo favorevoli alla dispersione atmosferica degli inquinanti, registrando un numero di giorni piovosi superiore alla media degli ultimi dieci anni, pur se le precipitazioni sono state complessivamente inferiori rispetto alla media del decennio precedente. Questo ha determinato una diminuzione del numero dei superamenti del valore limite giornaliero del PM10, il valore limite giornaliero è stato superato solo in sei stazioni su venti, anche grazie alla maggiore frequenza di giorni di pioggia nei mesi di gennaio, marzo e dicembre, mesi usualmente critici per la qualità dell'aria; le concentrazioni medie annuali, invece, sono rimaste pressoché stabili.

Il numero di occorrenze di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2025 è stato pari a 102 giorni (FIGURA 75). L'andamento mensile dell'indice (FIGURA 76) indica che nel periodo freddo i valori si attestano intorno alla media di quelli del periodo di confronto, tranne dicembre che è al di sotto del minimo, quindi particolarmente favorito dal punto di vista della dispersione atmosferica.

In FIGURA 17 si osserva che il valore limite annuale (40 µg/m$^3$) è stato rispettato in tutte le stazioni del territorio della città metropolitana. Se fosse in vigore il limite stabilito nella Direttiva UE 2024/2881, dimezzato a 20 µg/m$^3$ (linea tratteggiata), invece la maggioranza delle stazioni sarebbe al di sopra.

Considerando l'insieme delle stazioni metropolitane esistenti e con dati validi in entrambi gli anni 2024 e 2025, si osserva un lieve aumento delle concentrazioni medie del 3% rispetto al 2024.

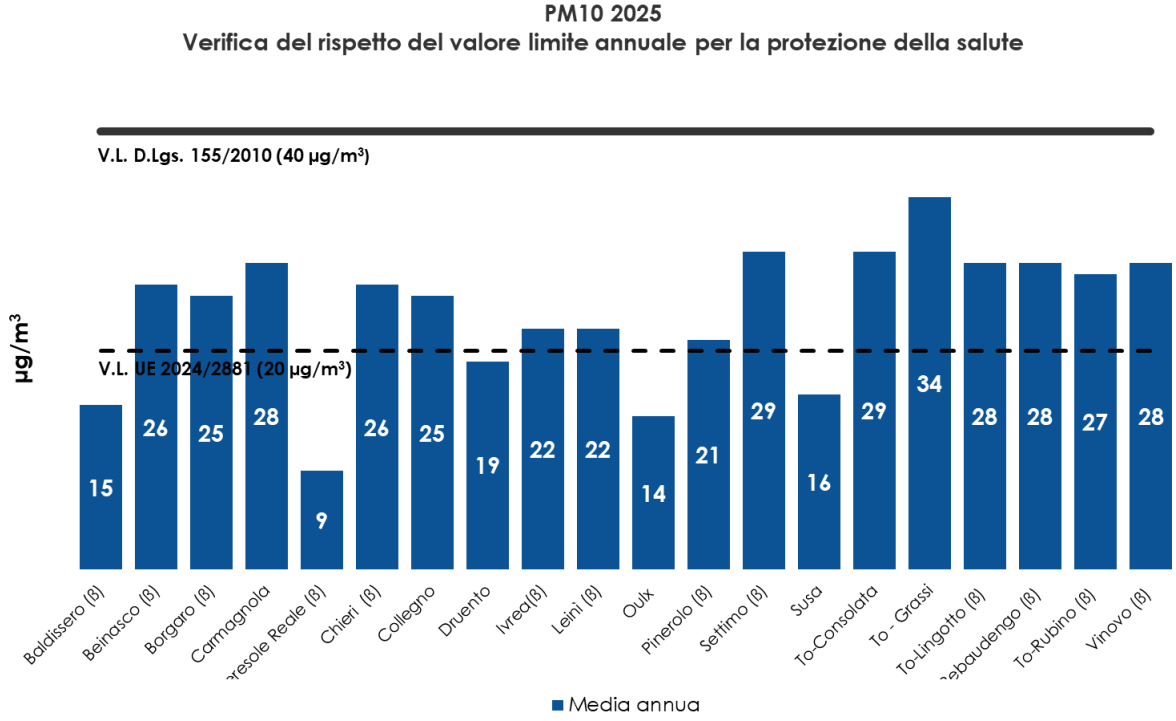



FIGURA 17: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio metropolitane.

In FIGURA 18 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete metropolitana; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento e contemporaneamente si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2025 i mesi più critici sono stati gennaio e febbraio. Dicembre è stato invece insolitamente piovoso, di conseguenza le medie mensili hanno registrato i valori più bassi di tutto il periodo freddo. Da aprile a settembre prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti; pertanto, anche nelle stazioni più critiche i valori medi mensili risultano nell'intorno dei 20 µg/m$^3$.

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero (50 µg/m$^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta più stringente di quello annuale e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato (FIGURA 19). Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero si è verificato a Settimo Torinese ed è stato pari a 48,

seguito dalle stazioni di traffico torinesi Torino-Grassi con 46 superamenti, To-Consolata (42) e Torino-Rebaudengo (39). Al di fuori di Torino, critica anche Vinovo (37).

Le stazioni di Carmagnola e Collegno, invece, che negli anni hanno superato frequentemente il valore limite giornaliero, non hanno raggiunto i 35 superamenti, come nel 2024. Si consideri che la stazione di Collegno si trova in una zona interessata dal cantiere per il prolungamento della Linea 1 della metropolitana di Torino fino a Cascine Vica; pertanto, è stato alterato il traffico veicolare. È quindi confermato per queste due stazioni il notevole decremento dei superamenti avvenuto negli ultimi tre anni.

La riduzione del valore limite giornaliero da 50 µg/m$^3$, da non superare più di 35 volte all'anno, a 45 µg/m$^3$, da non superare più di 18 volte all'anno, costituirà una sfida significativa, allo stato attuale rispetterebbero il limite solo le stazioni vallive di Oulx, Susa e Druento e quelle in quota di Ceresole Reale e Baldissero T.se.

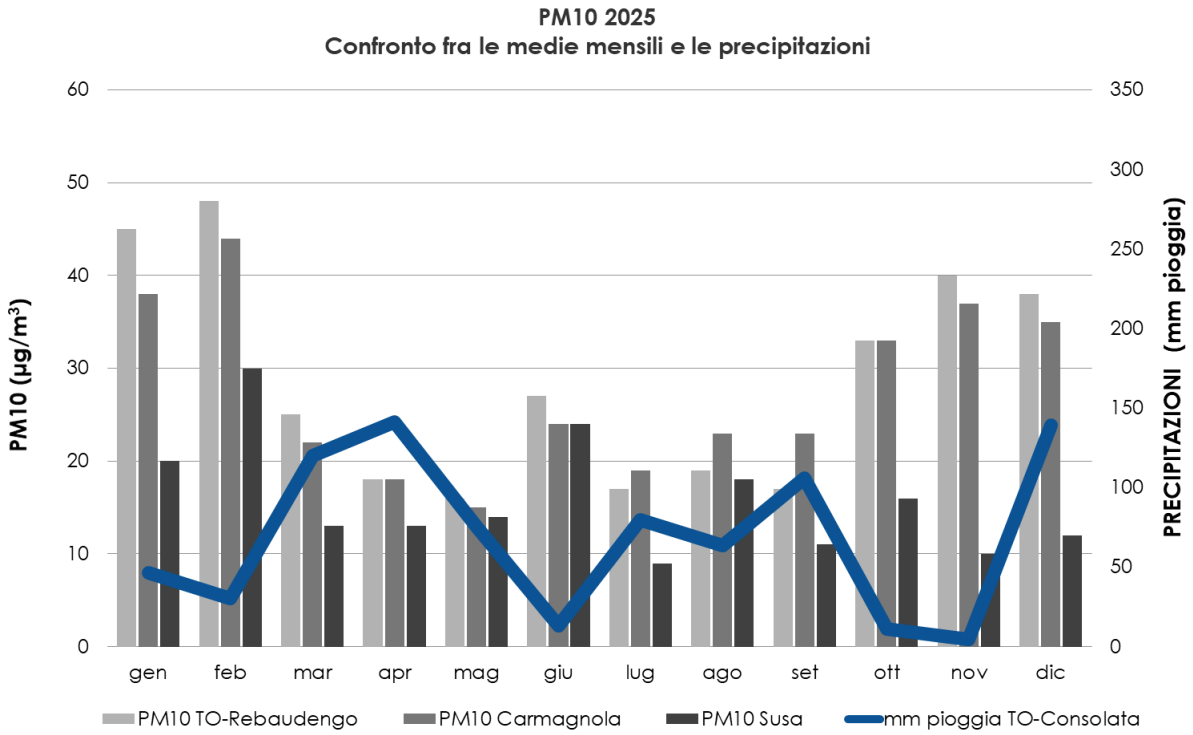



FIGURA 18: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della città metropolitana di Torino nell'anno 2025.

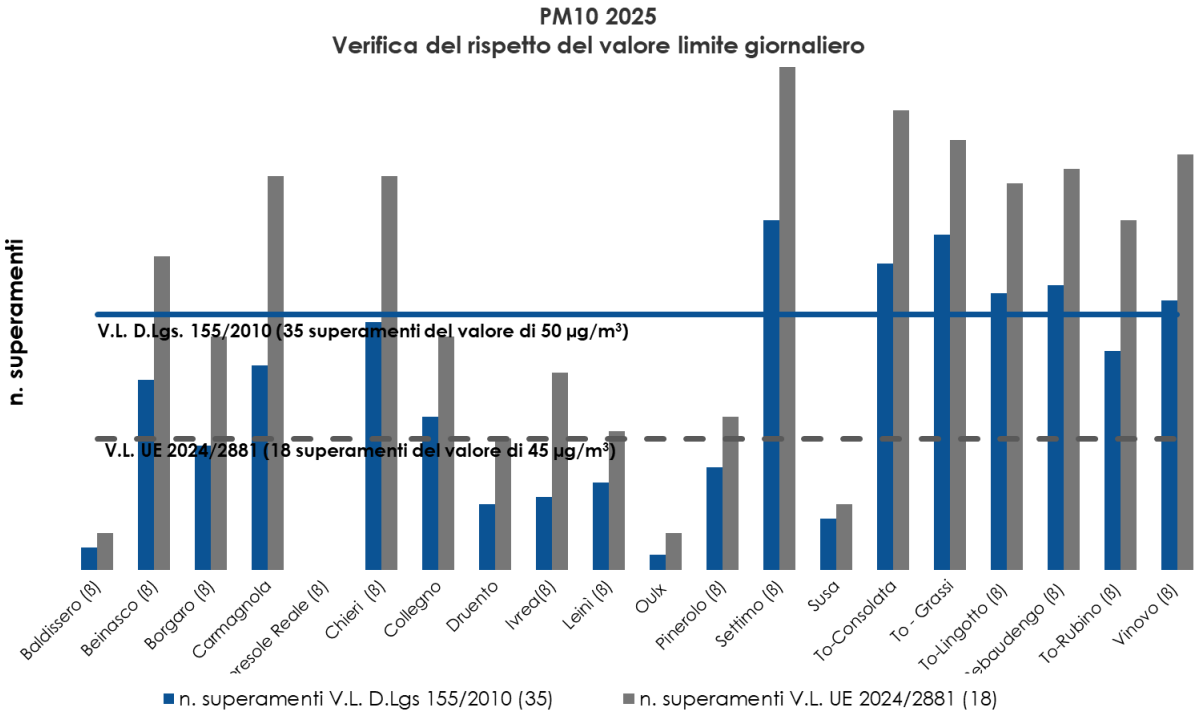



FIGURA 19: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m$^3$ come media giornaliera: limite attuale, 18 superamenti del valore di 45 µg/m$^3$: limite Direttiva UE 2024/2881).

I dati di PM10 sul lungo periodo (FIGURA 20) presentano un andamento decrescente, sia per le stazioni di traffico sia per quelle di fondo.

I siti di fondo rispettano il valore limite annuale dal 2013, per i siti di traffico il rispetto del limite è generalmente avvenuto dal 2018, con la sola eccezione della stazione di Torino-Grassi, per la quale si è registrato un superamento nel 2020.

Anche il trend del numero di superamenti del valore limite giornaliero è in decrescita (FIGURA 21), ma il rispetto del valore limite è ancora difficile da raggiungere, soprattutto per le stazioni di traffico, anche se Il biennio 2024-2025 ha segnato una svolta positiva per Carmagnola e Collegno, città che sono finalmente rientrate nei parametri giornalieri consentiti dalla legge. Il sito di Oulx, pur essendo in prossimità della SS24, è caratterizzato da condizioni di ventosità locali che favoriscono la dispersione degli inquinanti atmosferici; pertanto, il numero massimo di superamenti è sempre stato rispettato.

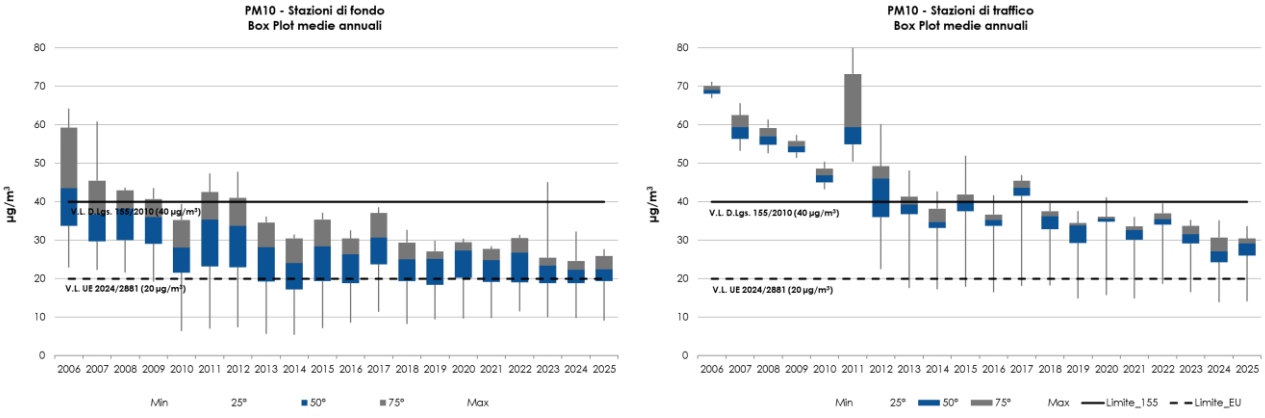



FIGURA 20: distribuzione medie annuali rilevate nelle stazioni di monitoraggio di traffico e di fondo

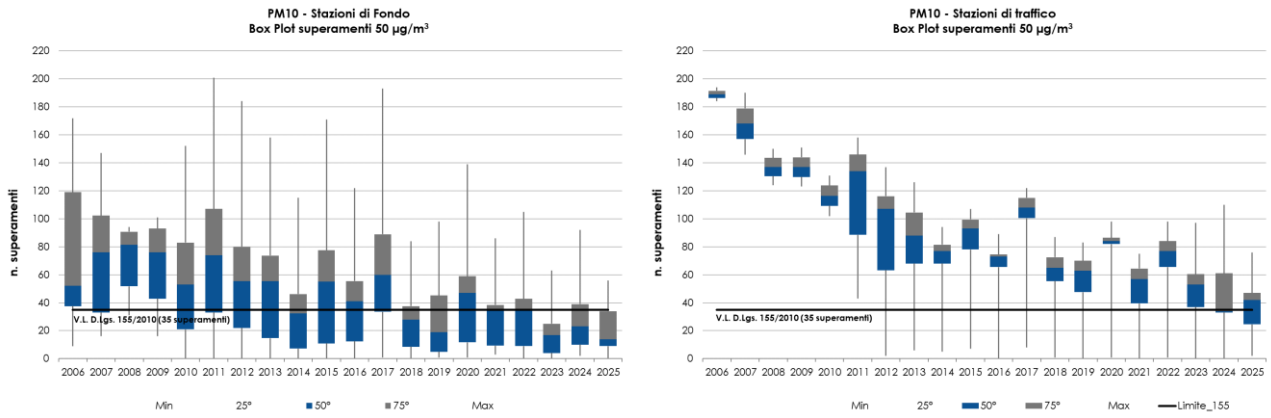



FIGURA 21: box plot delle distribuzioni del numero di superamenti del valore limite per le concentrazioni medie giornaliere misurate presso le stazioni di monitoraggio di traffico e di fondo

L'analisi qualitativa delle informazioni presentate nei box-plot sembra evidenziare nel complesso delle stazioni un rallentamento negli ultimi anni della tendenza alla riduzione delle concentrazioni. Per confermare questa osservazione sui dati delle sole stazioni operanti nell'agglomerato torinese (Zona IT0118), area tendenzialmente omogenea dove le concentrazioni di PM10 sono più alte, è stato costruito l'andamento medio delle medie mobili annuali su base giornaliera mediato su tutte le stazioni di fondo e di traffico dal 2006 al 2025. L'analisi del grafico riportato in FIGURA 22 conferma visivamente la riduzione del tasso di diminuzione delle concentrazioni negli anni più recenti sia nelle stazioni di fondo sia in quelle di traffico.

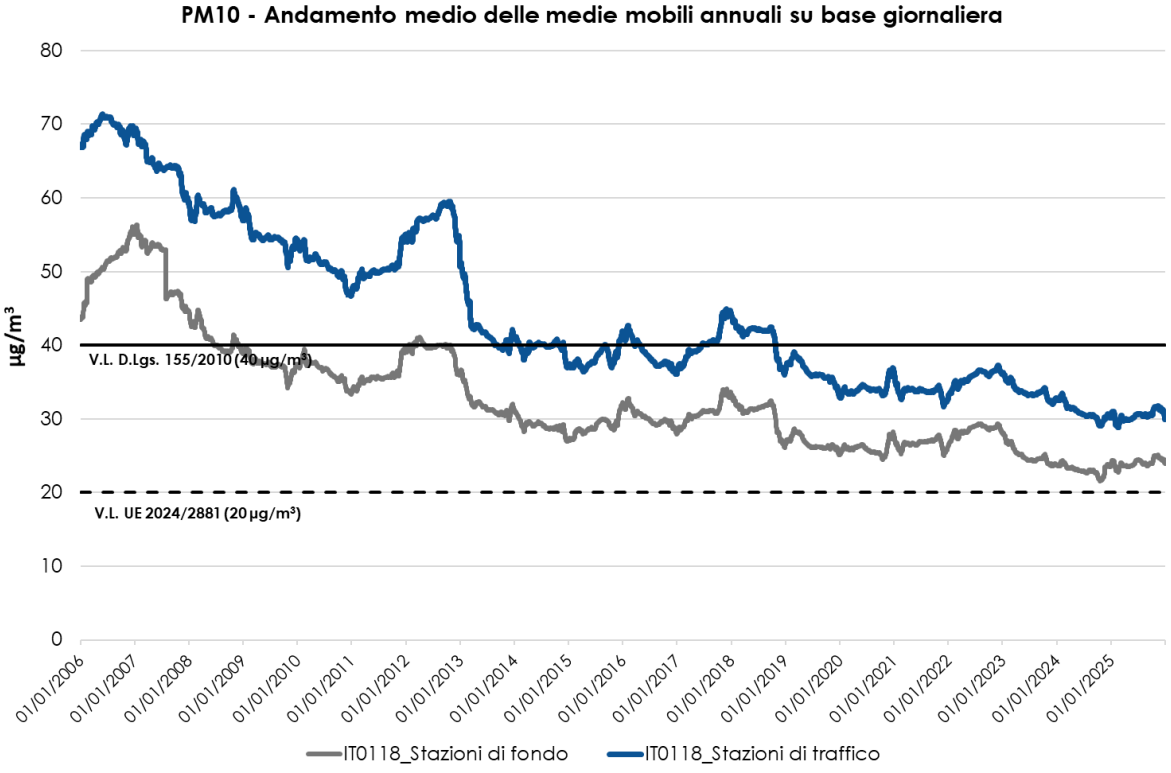



FIGURA 22: parametro PM10 - andamento medio delle medie mobili annuali su base giornaliera.

Per quantificare l'evoluzione del tasso di variazione delle concentrazioni di PM10 nell'agglomerato torinese è stata calcolata la pendenza della regressione lineare (µg/m³/anno) sui valori della media annuale mobile all'interno degli ultimi 4 quinquenni (2006-2010, 2011-2015, 2016-2020 e 2021-2025) per tutte le stazioni di traffico e di fondo e solo se il quinquennio è coperto da tutti i 5 anni; il valore mediato per tipologia di stazione è rappresentato nel grafico in FIGURA 23. Il quinquennio 2006-2010 evidenzia la più marcata riduzione delle concentrazioni, con pendenze medie pari a circa -4,7 µg/m³/anno nelle stazioni di traffico e -4,1 µg/m³/anno nelle stazioni di fondo. Nel quinquennio

successivo (2011-2015) il miglioramento prosegue con tassi di riduzione sostenuti nelle stazioni di traffico (-3,6 µg/m³/anno) e significativi nelle stazioni di fondo (-2,3 µg/m³/anno), confermando la fase di progressiva diminuzione delle concentrazioni. Nei periodi più recenti (2016-2020 e 2021-2025) si osserva invece una sensibile riduzione in valore assoluto delle pendenze, che assumono valori pari a circa -1,3 µg/m³/anno nelle stazioni di traffico e -1,1 µg/m³/anno nelle stazioni di fondo. I risultati confermano pertanto la prosecuzione del trend di miglioramento della qualità dell'aria, ma evidenziano al tempo stesso un rallentamento della velocità di riduzione che, se mantenuto tale, non consente di garantire il rispetto del valore limite annuale di 20 µg/m³ nel 2030, anno in cui è prevista la sua entrata in vigore.

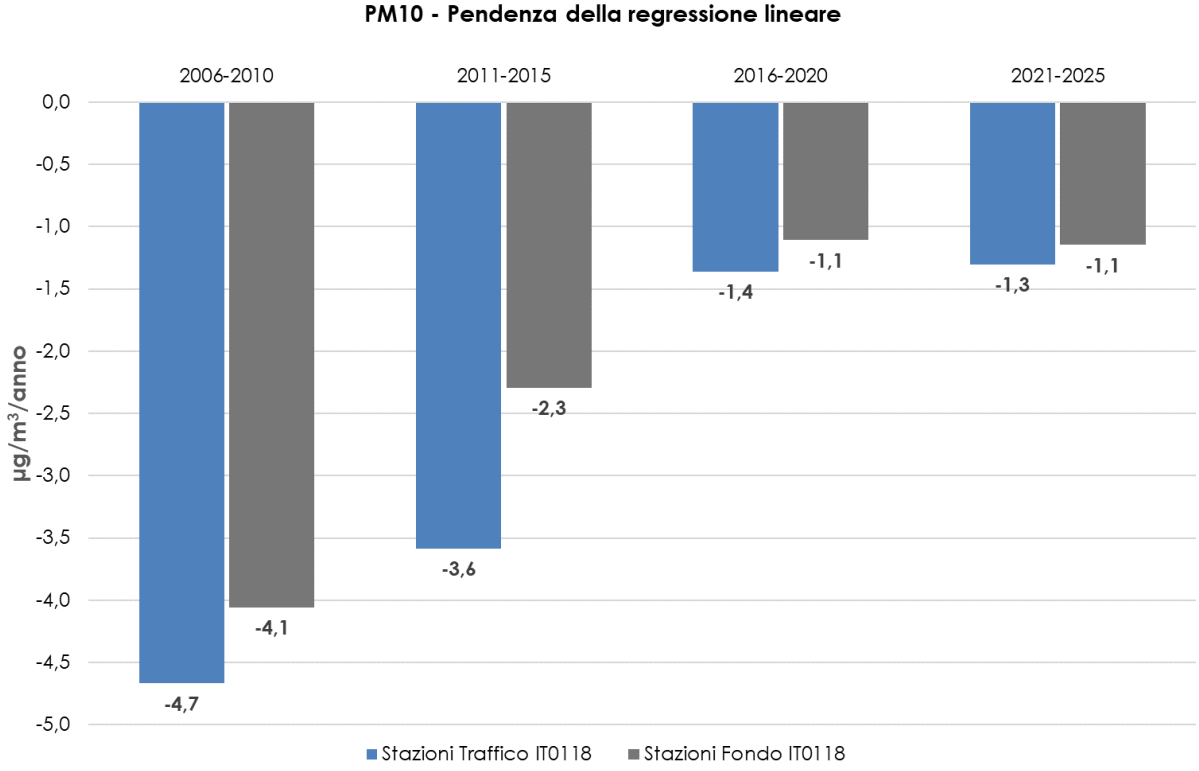



FIGURA 23: parametro PM10 - pendenza della regressione lineare.

Nei grafici di FIGURA 24 sono riportate le serie temporali delle concentrazioni delle polveri PM10 misurate nel 2025 dalle stazioni della Città Metropolitana rispetto al periodo di riferimento 2015-2024.

Per poter permettere una migliore leggibilità dei grafici, a partire dalle concentrazioni giornaliere, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni.

In ognuno di questi grafici le concentrazioni del 2025 sono confrontate con i valori massimi, minimi e medi misurati dai medesimi gruppi di stazioni negli anni presi come riferimento (2015-2024).

I gruppi di stazioni esaminati sono le stazioni di traffico e di fondo ubicate a Torino e prima cintura, in FIGURA 24 a sinistra "Stazioni di traffico area metropolitana" e a destra "Stazioni di fondo area metropolitana", le stazioni di fondo in pianura FIGURA 24 (in basso a sin) e le stazioni di fondo in quota (in basso a destra), in modo da poter cogliere la differenza nei valori di PM10 misurati in zone diverse. Come osservabile, anche dal fondo scala, la zona più critica è l'area metropolitana torinese, sia in stazioni di traffico che di fondo, ma l'analoga meteorologia provoca periodi di alte concentrazioni anche nelle stazioni di fondo in pianura. Per entrambe le zone si evidenzia il comportamento stagionale degli inquinanti, ovvero come le concentrazioni generalmente diminuiscano in modo progressivo nel passaggio dall'inverno ai mesi estivi per crescere nuovamente nell'autunno. Diverso è il caso delle stazioni di fondo in quota (Baldissero, Ceresole, Oulx, Susa), per le quali l'andamento è molto più costante.

Oltre all'andamento stagionale, emergono importanti oscillazioni delle concentrazioni nel corso dell'anno, dovute all'avvicendarsi di condizioni meteorologiche differenti: massimi di concentrazione generalmente corrispondenti a periodi di alta pressione persistente e minimi in corrispondenza di fenomeni di rimozione degli inquinanti (precipitazioni, vento).

Il PM10 nel 2025 mostra pochi periodi al di sotto dei minimi del periodo di riferimento 2015-2024, in particolare la seconda metà di gennaio e la seconda metà di dicembre, mentre è al di sopra della media ad inizio gennaio, fine febbraio, la prima decade di aprile, giugno, agosto ed intorno a metà ottobre; in quest'ultimo periodo si sono superati i massimi del periodo di riferimento, come a giugno. Tali giorni coincidono con un periodo di stabilità atmosferica ed assenza di precipitazioni, che ha determinato un incremento delle concentrazioni e vari superamenti del valore limite in tutte le stazioni di pianura, situate sia all'interno che all'esterno dell'area metropolitana torinese.

Un significativo episodio di trasporto da remoto di polveri è avvenuto tra l'8 e l'11 giugno, in assenza di condizioni meteorologiche di accumulo, in tutte le stazioni, comprese quelle di quota e quelle di fondo esterne all'area metropolitana torinese, dove l'aumento delle concentrazioni è stato particolarmente rilevante rispetto ai valori medi del periodo. In particolare, il 9 giugno si è verificato un incremento improvviso di polveri PM10 e PM2,5 nella stazione di Ceresole Reale, influenzato dal trasporto intercontinentale di particolato proveniente agli incendi boschivi in Canada[9]. L'episodio più rilevante di trasporto di sabbie sahariane è avvenuto tra l'11 e il 19 dicembre, ed ha determinato un aumento del numero di superamenti del valore giornaliero del PM10, in concomitanza con condizioni di accumulo. Questo incremento ha causato il superamento del valore limite dei 35 giorni nella stazione di Torino-Lingotto, il cui numero di superi è passato da 34 a 38.

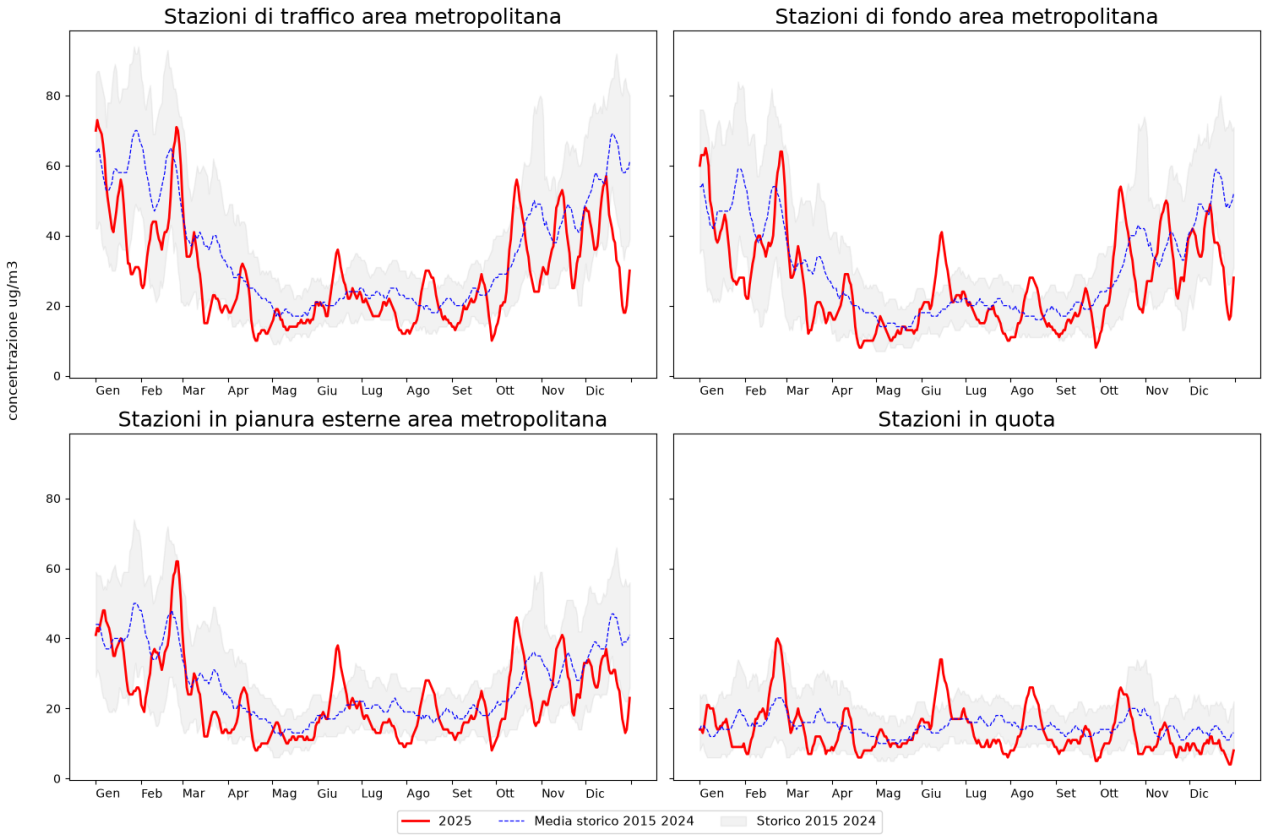



FIGURA 24: PM10 Città Metropolitana di Torino: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2025 confrontate con i dati del periodo di riferimento

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il Decreto Legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM2,5 (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m³ come media annua da raggiungere entro il 1° gennaio 2015. La Direttiva Europea sulla qualità dell'aria ambiente ha inoltre stabilito un obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione umana per il PM2,5 basato sull'indicatore di esposizione media (IEM), valido a livello nazionale. L'IEM è un livello medio di concentrazioni (sulla base di 3 anni di dati), misurato in stazioni di monitoraggio di fondo urbano (rappresentanti dell'esposizione della popolazione urbana in generale) selezionate in ogni Stato Membro. Il DM 13/3/2013 ha scelto 23 stazioni, tra le quali anche quella di To-Lingotto, per valutare se l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione è stato

[9] https://atmosphere.copernicus.eu/copernicus-large-smoke-transport-canadian-wildfires-reaches-europe

raggiunto. L'IEM serve anche per stabilire se l'obbligo di concentrazione dell'esposizione, stabilito a 20 µg/m$^3$ da raggiungere entro l'anno 2015, sia stato rispettato.

La rete della città metropolitana di Torino nel corso degli anni è stata arricchita di numerosi campionatori, infatti oltre a quelli "storici" delle stazioni di To-Lingotto e Leinì, attivi da 19 anni, attualmente il monitoraggio del PM2,5 avviene in ulteriori nove siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 22). Da settembre 2012 inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di Beinasco-Aldo Mei, di proprietà TRM, installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore.

Nel 2025 la concentrazione media di PM2,5 su base annuale è stabile rispetto all'anno precedente ed il valore limite è stato rispettato in tutte le stazioni, come avviene dal 2018. La tendenza su lungo periodo è decrescente per tutte le stazioni. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto registra i minimi della rete.

Se fosse in vigore il limite annuale della nuova Direttiva UE 2024/2881, 10 µg/m$^3$, solo la stazione di Ceresole lo rispetterebbe.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | PM2,5 - VALORE MEDIO ANNUO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco – TRM (ß) | 95% | 23 | 26 | 20 | 20 | 21 | 18 | 19 | 17 | 16 | **17** |
| Borgaro (ß) | 96% | 23 | 27 | 22 | 19 | 21 | 20 | 21 | 18 | 17 | **17** |
| Ceresole Reale (ß) | 75% | 7 | 9 | 8* | 6* | 6* | 7 | 9 | 7* | 7* | **8*** |
| Chieri (ß) | 95% | 22 | 27 | 22 | 20 | 21 | 21 | 22 | 19 | 19 | **19** |
| Ivrea | 89% | 20 | 24 | 19 | 16 | 19 | 17 | 19 | 16 | 19* | **14** |
| Leinì (ß) | 97% | 24 | 26 | 17* | 20* | 22 | 16 | 16 | 16 | 16 | **16** |
| Settimo (ß) | 99% | 26 | 30 | 24 | 22 | 23 | 23 | 24 | 21* | 20 | **17** |
| To-Lingotto (ß) | 86% | - | - | - | - | - | 20 | 23* | 17 | 20 | **20** |
| To-Lingotto | 79% | 23 | 27 | 21 | 19 | 22 | 18* | 21* | 16 | 16 | **16*** |
| To-Rebaudengo (ß) | 93% | 29* | 33 | 25 | 25 | 22 | 23 | 23 | 20 | 20 | **19** |
| To-Rubino (ß) | 92% | 23* | 27 | 23* | 20 | 20 | 19 | 20 | 16 | 18* | **20** |
| Vinovo (ß) | 95% | - | - | - | - | - | - | - | - | 23* | **17** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 22: parametro PM2,5, valutazione statistica anni 2016-2025. Borgaro-Chieri-Settimo dal 2021 sono misurati con un analizzatore automatico a raggi beta.

In FIGURA 25 sono riportati i valori mensili di PM2,5 a confronto con quelli di PM10 a To-Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

In questa stazione, ed in generale in quelle di fondo urbano, la frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre nei mesi estivi è percentualmente meno alta rispetto al PM10. Nel 2025 nella stazione di To-Lingotto il PM2,5 costituisce in media circa il 76% del PM10 nel semestre freddo e il 59% nel semestre caldo.

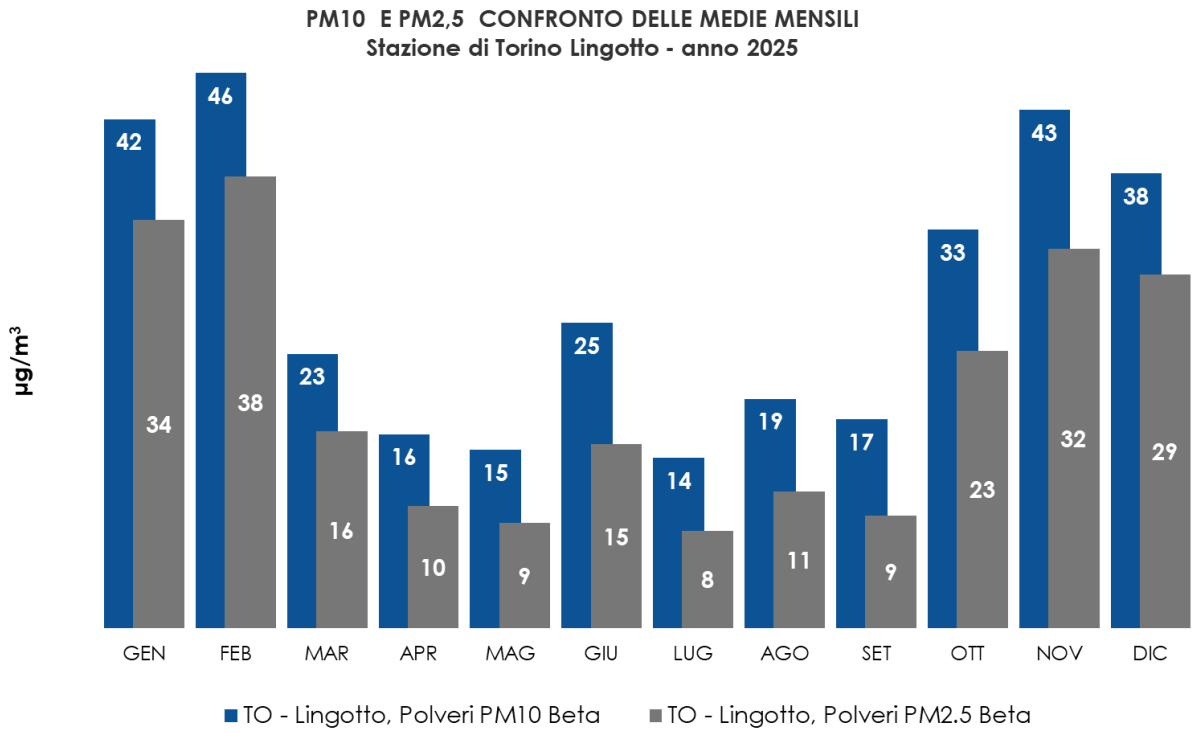



FIGURA 25: confronto tra PM2,5 e PM10 presso la stazione di To–Lingotto.

Tale fenomeno, confermato dalle analisi sulla serie storica, è attribuibile al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM2,5 ed è maggiore nel periodo invernale rispetto a quello estivo. Da analisi eseguite in un sito urbano nell'area metropolitana torinese è risultato che nel periodo freddo la componente secondaria rappresenta il 61 % del PM2,5, mentre nel periodo caldo cala al 49,5%[10].

La formazione secondaria del particolato a partire da sostanze gassose (i "precursori") è favorita dall'irraggiamento solare, ma occorre considerare che nei mesi freddi la concentrazione al suolo degli inquinanti precursori (idrocarburi, ossidi di azoto, ecc.) è maggiore sia a causa delle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica sia per il contributo degli impianti di riscaldamento.

Ciò vale in particolare nel caso dei nitrati, che sono una delle componenti principali del particolato secondario. Come evidenziato dai risultati del progetto iMonitraf!, descritti nell'edizione 2011 di "Uno sguardo all'aria", i nitrati si concentrano maggiormente nelle frazioni inferiori a 1,5 µm e nei mesi freddi arrivano a costituire circa il 25% in massa del PM10. Quest'ultimo risultato è stato confermato anche nell'ambito del Progetto LIFE-IP PREPAIR[11] per il sito di fondo urbano di To-Lingotto, nel quale il nitrato d'ammonio nei mesi freddi (15/10-14/4) rappresenta mediamente il 24% del PM10 (periodo di indagine 15.9.2018 – 31.3.2024). Il nitrato d'ammonio, che è la forma prevalente, è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione in fase particolato[12]. Nei mesi freddi aumenta inoltre l'emissione di ossidi di azoto a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento e sono meno intensi i processi di fotolisi dell'acido nitrico aerodisperso, la cui presenza è necessaria alla formazione dei nitrati in fase particellare.

Un altro fattore che può risultare rilevante sulla distribuzione dimensionale delle particelle è la velocità del vento, che mediamente aumenta da marzo ad agosto e quindi può incrementare il risollevamento della frazione più grossolana del particolato nel periodo estivo.

Il ruolo dell'irraggiamento solare quale fattore influenzante la formazione del particolato più fine è più evidente nella stazione di Ceresole Reale, lontana da fonti di emissione e posta a una quota più elevata dell'altezza dello strato rimescolato invernale, da cui hanno origine le elevate

[10] Arpa Piemonte, Dipartimento Provinciale di Torino "Progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica di IRIDE "Torino Nord", maggio 2013

[11] Arpa Lombardia, Arpa Emilia Romagna, Arpa Piemonte, Arpa Veneto, Arpa Valle D'Aosta, Monitoring the environmental effects of pollutants reduction measures implemented by air quality improvement plans, Final Report Action D6, Report on source apportionment, ottobre 2024, https://www.lifeprepair.eu/

[12] Perrone Maria Grazia et al, Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan, March 2010, Chemosphere, Volume 78, Issue 11 , pag 1368–1377

concentrazioni del particolato misurate in pianura durante i mesi freddi. In questa stazione si osserva che l'andamento delle medie mensili è opposto a quello delle stazioni collocate in ambiti urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM10 e PM2,5 si registrano in inverno, a Ceresole i valori mensili massimi solitamente si verificano nella stagione estiva, in corrispondenza della massima insolazione. Nel 2025 le massime medie mensili si sono registrate a giugno e ad agosto; i valori medi mensili si collocano sopra le medie del periodo 2010-2024 nel mese di giugno, come si può osservare in FIGURA 26, dove è rappresentato un confronto con le medie mensili registrate negli anni 2010-2024. Il massimo si è registrato il 9 giugno, pari a 41 µg/m$^3$, in seguito al trasporto di fumo proveniente dagli incendi nelle province canadesi del Manitoba e del Saskatchewan attraverso l'Atlantico, che ha raggiunto l'Europa.

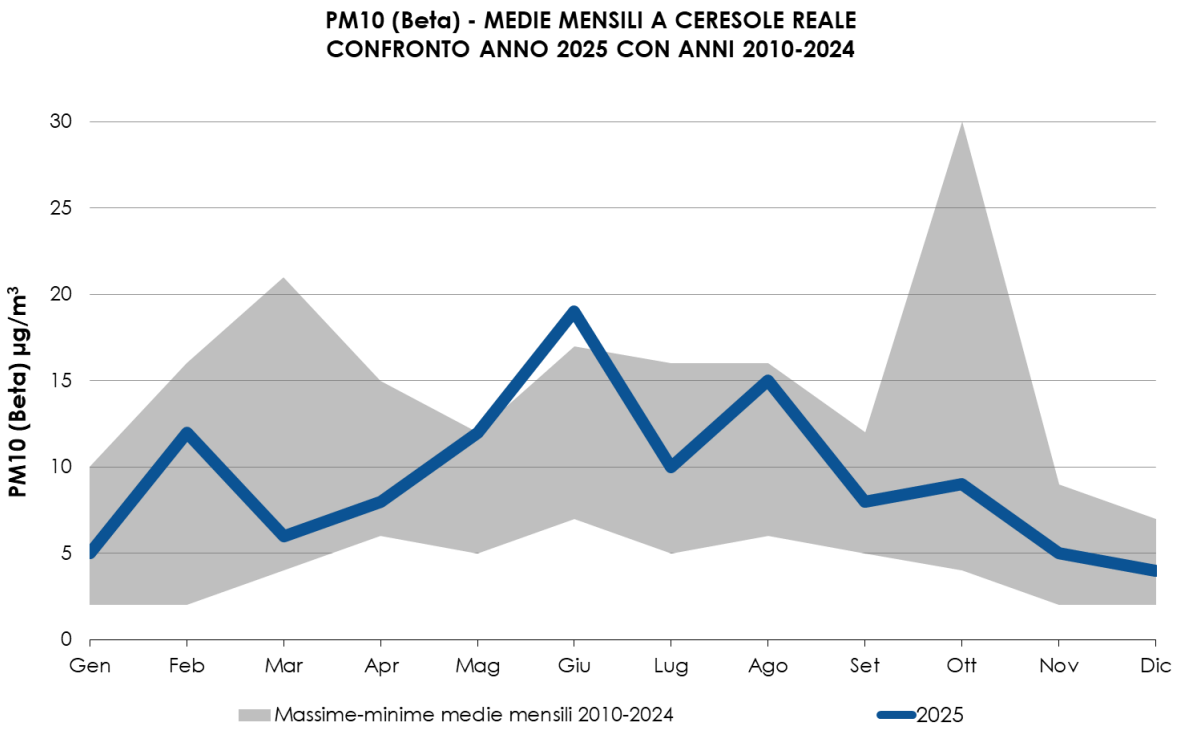



FIGURA 26: confronto tra le medie mensili di PM10 nel 2025 con le medie 2010-2024 presso la stazione di Ceresole Reale.

## PARTICELLE SOSPESE TOTALI

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM10 e PM2,5, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle di minori dimensioni sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione in via Consolata a Torino. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, è utile per avere un'indicazione dell'andamento relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti, come si osserva in FIGURA 27 nella quale per la stazione di To-Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 27 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate in 45 anni di monitoraggio. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80, quando mediamente erano intorno ai 150 µg/m³. Dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 µg/m³, mentre, dopo una serie di valori intorno ai 60 µg/m³ registrati dal 2012 al 2015, dal 2016 i valori sono poco sopra ai 40 µg/m³. Il minimo storico si è toccato negli ultimi due anni 2024-2025, con 37 µg/m³.

La riduzione osservata rispetto ai primi anni di monitoraggio è attribuibile a diversi fattori, tra cui la delocalizzazione e la chiusura di alcune attività industriali ad elevato impatto ambientale, la graduale sostituzione di combustibili particolarmente inquinanti, come carbone e olio combustibile, con il metano, la diminuzione delle emissioni di biossido di zolfo e di ossidi di azoto, che contribuiscono alla formazione secondaria del particolato, nonché i progressi tecnologici che hanno migliorato l'efficienza dei motori e ridotto le emissioni dei veicoli.

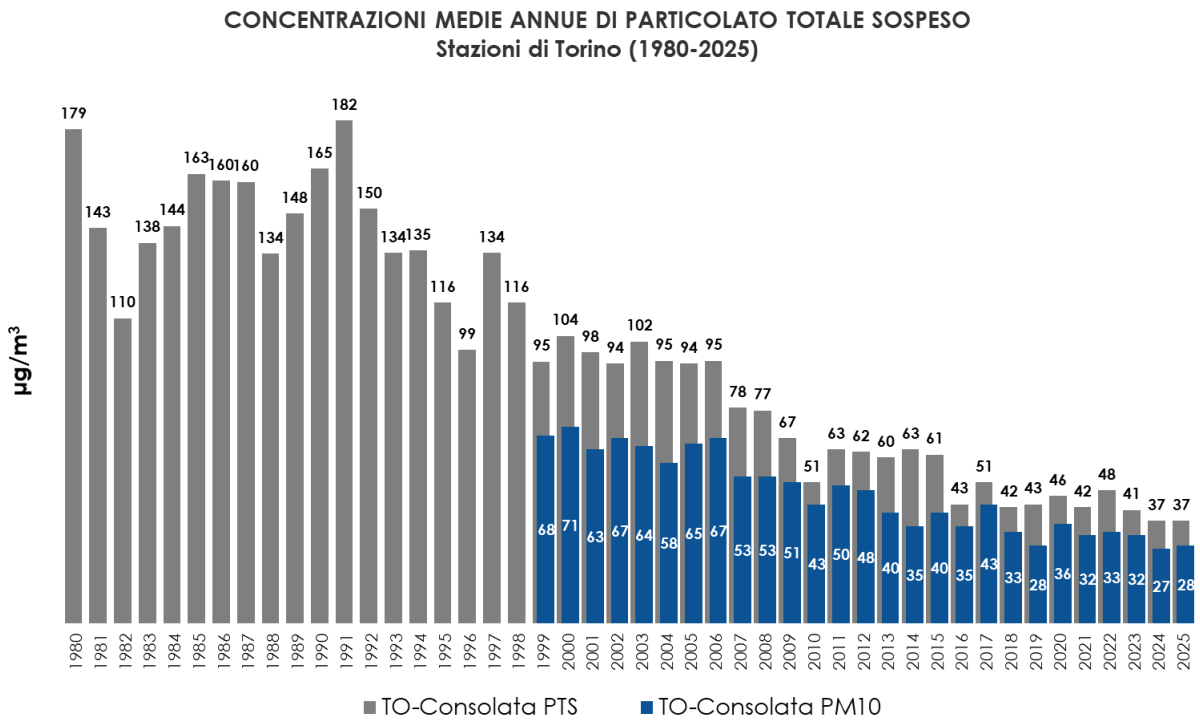



FIGURA 27: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2025.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | PM10 – VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m³ | | | | | | | | | | PM10- NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m³) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Baldissero (ß) | 98% | 14 | 11 | 8 | 18* | 22 | 20* | 18 | 16 | 15 | **15** | 1 | 1 | 0 | 5* | 22 | 15* | 9 | 0 | 7 | **3** |
| Beinasco (ß) | 95% | 29 | 36 | 28 | 27 | 28 | 27 | 29 | 25 | 24 | **26** | 52 | 88 | 41 | 49 | 59 | 39 | 36 | 21 | 36 | **26** |
| Borgaro (ß) | 96% | - | - | - | - | - | 27 | 31 | 26 | 24 | **25** | - | - | - | - | - | 33 | 39 | 25 | 23 | **17** |
| Borgaro | - | 31 | 38 | 30 | 26 | 30 | 28 | - | - | - | **-** | 54 | 90 | 42 | 28 | 51 | 37 | - | - | - | **-** |
| Carmagnola | 95% | 37 | 45 | 36 | 35 | 36 | 33* | 37 | 31 | 25 | **28** | 73 | 122 | 69 | 69 | 81 | 49* | 82 | 39 | 32 | **28** |
| Ceresole Reale (ß) | 79% | 9 | 11 | 11* | 9* | 10* | 10 | 11* | 10* | 10* | **9*** | 0 | 6 | 0* | 1* | 1* | 3 | 0* | 0* | 2* | **0*** |
| Chieri (ß) | 97% | - | - | - | - | 28 | 28 | 31 | 27 | 26 | **26** | - | - | - | - | 55 | 40 | 48 | 33 | 39 | **34** |
| Collegno | 95% | 32 | 40 | 33 | 30 | 35 | 32 | 36 | 28 | 24 | **25** | 61 | 102 | 56 | 50 | 85 | 57 | 74 | 35 | 34 | **21** |
| Druento | 90% | 21 | 27 | 22 | 19 | 21* | 21 | 21 | 19 | 19 | **19** | 22 | 41 | 15 | 10 | 11* | 7 | 10 | 6 | 10 | **9** |
| Ivrea - Liberazione (ß) | 97% | - | - | - | - | 25 | 23 | 26 | 22 | 22 | **22** | - | - | - | - | 48 | 33 | 41 | 22 | 32 | **10** |
| Ivrea - Liberazione | - | 26 | 31* | 25 | 24* | 27 | - | - | - | - | **-** | 41 | 60* | 28 | 29* | 43 | - | - | - | - | **-** |
| Leinì (ß) | 97% | 30 | 34 | 33* | 26 | 29 | 26 | 27 | 23 | 21 | **22** | 57 | 79 | 28* | 44 | 59 | 38 | 33 | 17 | 22 | **12** |
| Oulx | 88% | 16 | 18 | 18 | 15 | 16 | 15 | 19 | 17 | 14 | **14** | 0 | 8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0* | **2** |
| Pinerolo | 90% | 23 | 26 | 21 | 19 | 18 | 17 | 19 | 19 | 21 | **21** | 15 | 40 | 11 | 5 | 12 | 10 | 9 | 4 | 20 | **14** |
| Settimo (ß) | 99% | - | - | - | - | - | 31 | 35 | 33* | 32 | **29** | - | - | - | - | - | 55 | 77 | 55* | 68 | **48** |
| Settimo | - | 35 | 44* | 36 | 34 | 35 | 34 | - | - | - | **-** | 70 | 99* | 65 | 63 | 83 | 64 | - | - | - | **-** |
| Susa | 90% | 17 | 22 | 18 | 15 | 16 | 17 | 18 | 16 | 14 | **16** | 10 | 27 | 6 | 1 | 3 | 5 | 4 | 0 | 2 | **7** |
| To - Consolata | 97% | 35 | 43 | 33* | 28 | 36* | 28* | 33 | 32 | 27 | **29** | 75 | 108 | 55 | 45 | 84* | 30* | 57 | 53 | 34 | **42** |
| To - Grassi | 65% | 42 | 47 | 40* | 38 | 41 | 36 | 40 | 35 | 29 | **34*** | 89 | 112 | 76* | 83 | 98 | 75 | 98 | 66 | 54 | **46*** |
| To - Lingotto (ß) | 87% | 32 | 38 | 31 | 28 | 31 | 29 | 34 | 27 | 27 | **28** | 60 | 101 | 45 | 50 | 72 | 46 | 66* | 35 | 55 | **38** |
| To - Lingotto | 79% | 34 | 39 | 28 | 27 | 30 | 26 | 28 | 24* | 22 | **24*** | 62 | 92 | 39 | 48 | 67 | 40 | 37 | 19* | 37 | **18*** |
| To - Rebaudengo (ß) | 95% | 37 | 46 | 39 | 34 | 36 | 33 | 37 | 33 | 30 | **28** | 74 | 118 | 87 | 71 | 88 | 65 | 86 | 63 | 55 | **39** |
| To - Rubino (ß) | 90% | 30* | 37 | 30* | 28 | 28 | 26* | 31 | 24 | 27 | **27** | 46* | 91 | 36* | 46 | 53 | 26* | 47 | 26 | 42 | **30** |
| To - Rubino | 96% | 32 | 38 | 29 | 28* | 32 | 30 | 32 | 27 | 23* | **24** | 65 | 97 | 33 | 42* | 66 | 57 | 58 | 37 | 41 | **23** |
| Vinovo (ß) | 96% | - | - | - | - | - | - | - | - | 32 | **28** | - | - | - | - | - | - | - | - | 56 | **37** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 23: parametro PM10, valutazione statistica anni 2016-2025.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | PTS – VALORE MEDIO ANNUO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| To-Consolata | 98% | 43 | 51 | 42 | 43 | 46* | 42* | 48* | 41 | **37*** | **37** |

(*) Rendimento strumentale inferiore all'85%

TABELLA 24: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2016-2025.

# METALLI

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***
***S.Scaglione, ARPA Piemonte, Dipartimento Nord Ovest.***

## DESCRIZIONE

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti dalle attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nichel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico. La loro origine è varia. Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo. L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di $\alpha 1$ antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di 1 µg/m³ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

| | | |
|---|---|---|
| **D.Lgs. 155/2010** | | |
| **Piombo valore limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 0,5 µg/m³ | 1 gennaio 2005 |
| **Arsenico valore obiettivo** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 6,0 µg/m³ | 31 dicembre 2012 |
| **Cadmio valore obiettivo** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 5,0 µg/m³ | 31 dicembre 2012 |
| **Nichel valore obiettivo** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 20,0 µg/m³ | 31 dicembre 2012 |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Piombo valore limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 0,5 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Arsenico valore limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 6,0 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Cadmio valore limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 5,0 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |
| **Nichel valore limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | |
| anno civile | 20,0 µg/m³ | 1 gennaio 2030 |

TABELLA 25: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

Nella TABELLA 25 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155 e dalla Direttiva (UE) 2024/2881. Quest'ultima stabilisce, con riferimento agli obiettivi da conseguire entro il 1° gennaio 2030, la riclassificazione degli standard precedentemente definiti per As, Cd e Ni da valori obiettivo a valori limite. Relativamente al Pb, invece, il valore limite resta invariato rispetto alla normativa attualmente vigente.

## ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle che seguono (TABELLA 27, TABELLA 28 e TABELLA 29) si riferiscono alle concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo determinate nel materiale particolato aerodisperso PM10, campionato in 12 stazioni ubicate nella città metropolitana di Torino. Dal 2021 presso i punti di misura di Ivrea e Settimo è stata condotta la determinazione degli IPA e non dei metalli.

Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m$^3$, quelle relative al piombo in µg/m$^3$.

I limiti previsti dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010 sono rispettati per tutti i parametri in tutti i siti monitorati.

Nel corso del 2025, si è osservata una generale stabilità delle concentrazioni rispetto al biennio precedente, con alcune eccezioni.

La presenza di **arsenico** nelle polveri inalabili si conferma trascurabile, con valori dell'ordine del limite di quantificazione del metodo in tutte e stazioni, anche in siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m$^3$) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 94 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | **0,7** |
| Borgaro | 94 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | **0,7** |
| Carmagnola | 95 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7 | **0,7** |
| Ceresole Reale | 79 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7* | 0,7* | 0,7* | 0,7* | 0,7* | 0,7* | **0,7*** |
| Druento | 90 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | **0,7** |
| Ivrea | - | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7* | 0,7* | | | | | |
| Oulx | 88 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7* | **0,7** |
| Settimo | - | | 0,7* | 0,7* | 0,7 | 0,7 | | | | | |
| Susa | 90 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | **0,7** |
| To-Consolata | 97 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7* | 0,7* | 0,7 | 0,7 | **0,7** |
| To-Grassi | 65 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | **0,7*** |
| To-Lingotto | 79 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7* | 0,7* | **0,7*** |
| To-Rebaudengo | 91 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7* | **0,7** |
| To-Rubino | 96 | 0,7 | 0,7 | 0,7* | 0,7* | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | **0,7** |

* percentuale di giorni validi inferiore al 85%

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate sul Particolato Atmosferico, 2016-2025.

Per il **cadmio** in tutti i siti la concentrazione è significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m$^3$; nel 2025 si osserva un miglioramento rispetto all'anno precedente nelle stazioni di Torino-Grassi e Torino-Rebaudengo, i cui valori sono tornati ai livelli registrati nel 2023, mentre per le altre stazioni si mantiene una stabilità delle concentrazioni. Il quadro d'insieme conferma i livelli registrati nel biennio 2023-2024.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | Concentrazione media annuale di Cadmio nel materiale particolato aerodisperso (ng/m³) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 94 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | **0,1** |
| Borgaro | 94 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1* | 0,2 | 0,1 | 0,1* | 0,1 | 0,1 | **0,1** |
| Carmagnola | 95 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1* | 0,1 | 0,1 | 0,1 | **0,1** |
| Ceresole Reale | 79 | 0,1 | 0,1 | 0,1* | 0,1* | 0,1* | 0,1* | 0,1* | 0,1* | 0,1* | **0,1*** |
| Druento | 90 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1* | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | **0,1** |
| Ivrea | - | 0,1 | 0,1* | 0,1 | 0,1* | 0,1* | | | | | |
| Oulx | 88 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1* | 0,1 | 0,1 | 0,1* | **0,1** |
| Settimo | - | | 0,3* | 0,1* | 0,1 | 0,2 | | | | | |
| Susa | 90 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | **0,1** |
| To-Consolata | 97 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2* | 0,1* | 0,1* | 0,1 | 0,1 | **0,1** |
| To-Grassi | 65 | 0,2 | 0,2 | 0,2* | 0,2 | 0,3* | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | **0,1*** |
| To-Lingotto | 79 | 0,2 | 0,1 | 0,1* | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1* | 0,1* | 0,1* | **0,1*** |
| To-Rebaudengo | 91 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1* | 0,2* | **0,1** |
| To-Rubino | 96 | 0,2 | 0,2 | 0,1* | 0,1* | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | **0,1** |

* percentuale di giorni validi inferiore al 85%

TABELLA 27: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate sul Particolato Atmosferico, 2016-2025.

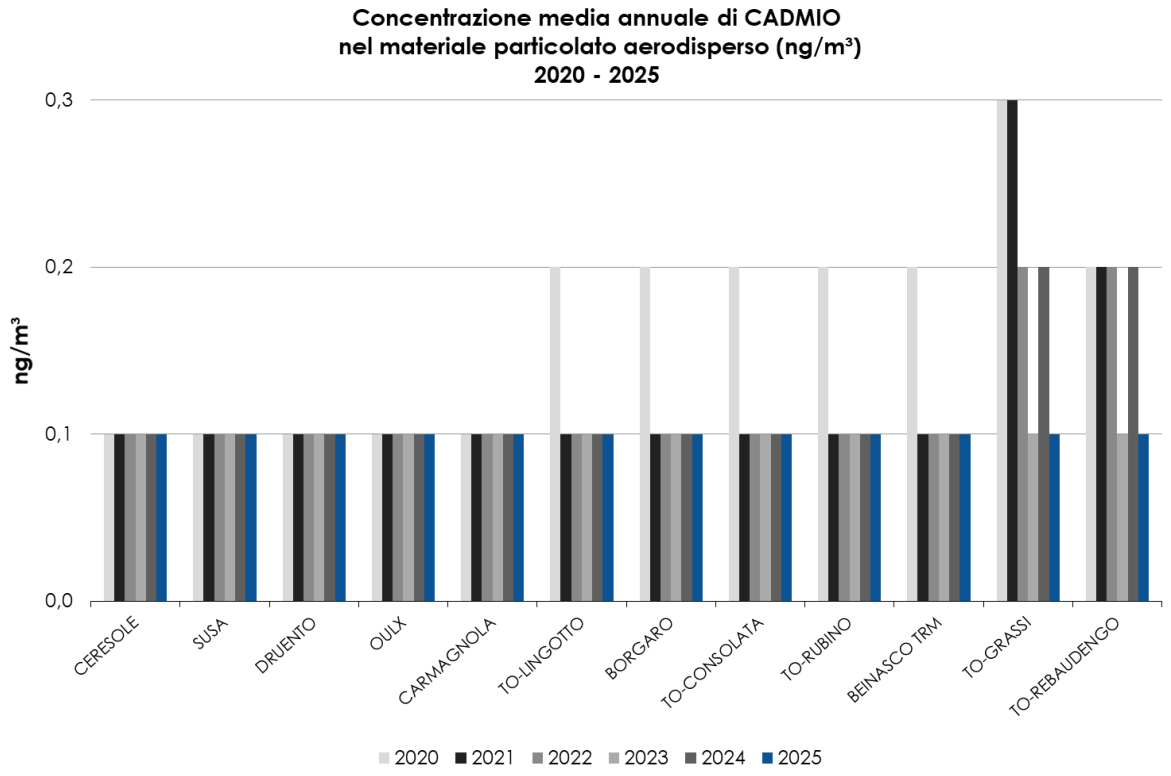



FIGURA 28: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate sul Particolato Atmosferico 2020-2025.

Per il **nichel** i valori si confermano ampiamente al di sotto del valore obiettivo previsto dal D.Lgs. n. 155/2010 (20 ng/m³); nel dettaglio si osserva che le concentrazioni sono aumentate rispetto al biennio precedente nella maggior parte delle stazioni. In particolare a Ceresole, Druento ed Oulx nel 2025 si è registrato il valore più elevato dell'ultimo decennio. L'andamento nel lungo periodo è comunque in decrescita.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | Concentrazione media annuale di Nichel nel materiale particolato aerodisperso (ng/m³) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 94 | 2,2 | 2,7 | 2,2 | 2,4 | 1,7 | 1,8 | 2,2 | 2,0 | 1,6 | 2,0 |
| Borgaro | 94 | 2,4 | 4,2 | 2,2 | 2,2* | 2,1 | 1,9 | 1,7* | 1,8 | 1,6 | 2,0 |
| Carmagnola | 95 | 1,9 | 2,9 | 2,2 | 2,7 | 1,8 | 1,6* | 1,5 | 3,3 | 1,3 | 1,9 |
| Ceresole Reale | 79 | 0,8 | 0,9 | 0,8* | 0,8* | 0,9* | 0,7* | 0,8* | 0,7* | 0,9* | 1,7* |
| Druento | 90 | 1,1 | 2,6 | 1,3 | 1,8 | 1,2* | 2,5 | 1,1 | 1,3 | 1,6 | 2,9 |
| Ivrea | - | 1,6 | 2,2* | 1,4 | 1,5* | 1,5* | | | | | |
| Oulx | 88 | 1,3 | 2,0 | 1,3 | 1,6 | 1,1 | 1,3* | 1,2 | 1,4 | 1,2* | 2,4 |
| Settimo | - | | 4,0* | 2,3* | 5,6 | 2,2 | | | | | |
| Susa | 90 | 1,4 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,3 |
| To-Consolata | 97 | 3,7 | 3,7 | 2,7 | 3,3 | 3,5* | 2,6* | 3,2* | 3,2 | 2,8 | 3,1 |
| To-Grassi | 65 | 3,9 | 4,8 | 3,2* | 4,6 | 4,2* | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 3,3 | 3,9* |
| To-Lingotto | 79 | 2,2 | 2,5 | 1,4* | 1,6 | 1,3 | 1,1 | 1,3* | 1,2* | 1,5* | 2,0* |
| To-Rebaudengo | 91 | 3,0 | 3,0 | 2,3 | 4,0 | 2,1 | 1,6 | 1,9 | 2,4* | 3,1* | 2,5 |
| To-Rubino | 96 | 2,0 | 2,8 | 1,7* | 2,4* | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 2,8 |

* percentuale di giorni validi inferiore al 85%

TABELLA 28: concentrazioni medie annuali di nichel determinate sul Particolato Atmosferico, 2016-2025.

La concentrazione media annuale più bassa è stata rilevata presso il sito montano di Susa, con un valore pari a 1,3 ng/m³, mentre nelle altre stazioni della provincia le concentrazioni sono comprese tra 1,7 ng/m³ e 3,9 ng/m³; quest'ultimo dato è stato registrato presso la stazione di Torino – Grassi ed è il valore più elevato rilevato nel territorio metropolitano. A livello di presenza percentuale di nichel nelle polveri PM10 nel 2025 si registra un lieve aumento rispetto agli anni precedenti, a fronte di una tendenza al decremento nel lungo periodo. A tale andamento fanno eccezione le stazioni Oulx, Ceresole e Druento. In particolare, ad Oulx nel 2025 si registra il valore più elevato di percentuale di nichel nel PM10 dall'inizio delle determinazioni, avviate nel 2013. A Ceresole, invece, dopo diversi anni di sostanziale stabilità, i valori tornano ai livelli osservati all'inizio della serie storica, in particolare nel periodo 2009–2011. La stazione di Druento mostra infine un andamento più variabile, caratterizzato da oscillazioni nel corso degli anni e da un marcato incremento nel 2025, quando il valore raggiunge livelli tra i più elevati della serie storica.

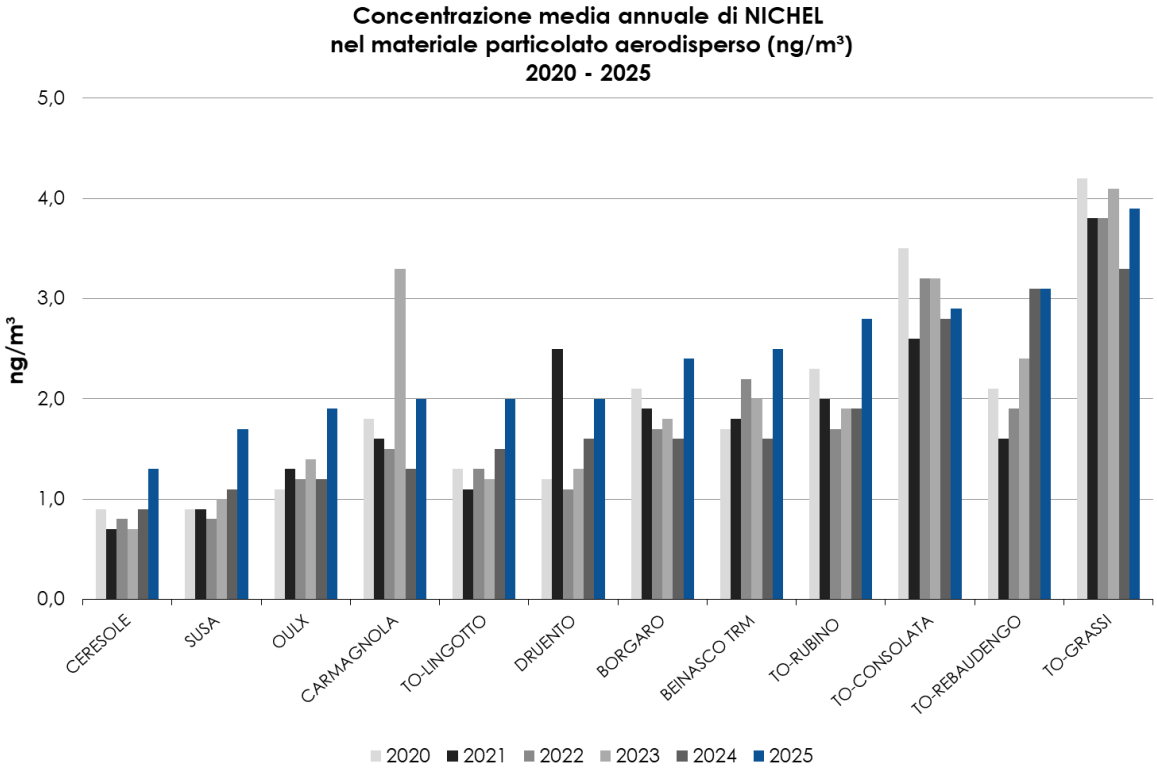



FIGURA 29: concentrazioni medie annuali di nichel determinate sul Particolato Atmosferico – 2020-2025.

Per quanto riguarda il **piombo** in FIGURA 30 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite previsto dalla normativa (0,5 µg/m³). Nel 2025 si registrano concentrazioni stabili rispetto agli ultimi anni, in accordo con l'andamento in decrescita nel lungo periodo.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 (% giorni validi) | Concentrazione media annuale di Piombo nel materiale particolato aerodisperso (µg/m³) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 94 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | **0,003** |
| Borgaro | 94 | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,005* | 0,005 | 0,005 | 0,004* | 0,003 | 0,003 | **0,004** |
| Carmagnola | 95 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005* | 0,004 | 0,003 | 0,003 | **0,003** |
| Ceresole Reale | 79 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001* | 0,002* | 0,001* | 0,002* | 0,001* | 0,001* | **0,001*** |
| Druento | 90 | 0,004 | 0,005 | 0,003 | 0,003 | 0,003* | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | **0,002** |
| Ivrea | - | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,004* | 0,003* | | | | | |
| Oulx | 88 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,002* | 0,001 | 0,001 | 0,001* | **0,001** |
| Settimo | - | | 0,015 | 0,006 | 0,006 | 0,007 | | | | | |
| Susa | 90 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | **0,002** |
| To-Consolata | 97 | 0,008 | 0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,007* | 0,005* | 0,006* | 0,005 | 0,004 | **0,005** |
| To-Grassi | 65 | 0,011 | 0,011 | 0,008 | 0,01 | 0,011* | 0,015 | 0,010 | 0,006 | 0,005 | **0,006*** |
| To-Lingotto PM10 | 79 | 0,007 | 0,007 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005* | 0,003* | 0,003* | **0,004*** |
| To-Rebaudengo | 91 | 0,013 | 0,016 | 0,011 | 0,01 | 0,011 | 0,008 | 0,010 | 0,005* | 0,006* | **0,006** |
| To-Rubino | 96 | 0,006 | 0,007 | 0,005 | 0,005* | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | **0,003** |

* percentuale di giorni validi inferiore al 85%

TABELLA 29: concentrazioni medie annuali di piombo determinate sul Particolato Atmosferico, 2016-2025.

Le stazioni che hanno registrato il valore medio annuale più alto nel 2025 sono quelle di Torino-Consolata, Torino-Grassi e Torino-Rebaudengo. Presso gli stessi punti di misura anche la composizione percentuale di tale metallo nel particolato risulta la più abbondante.

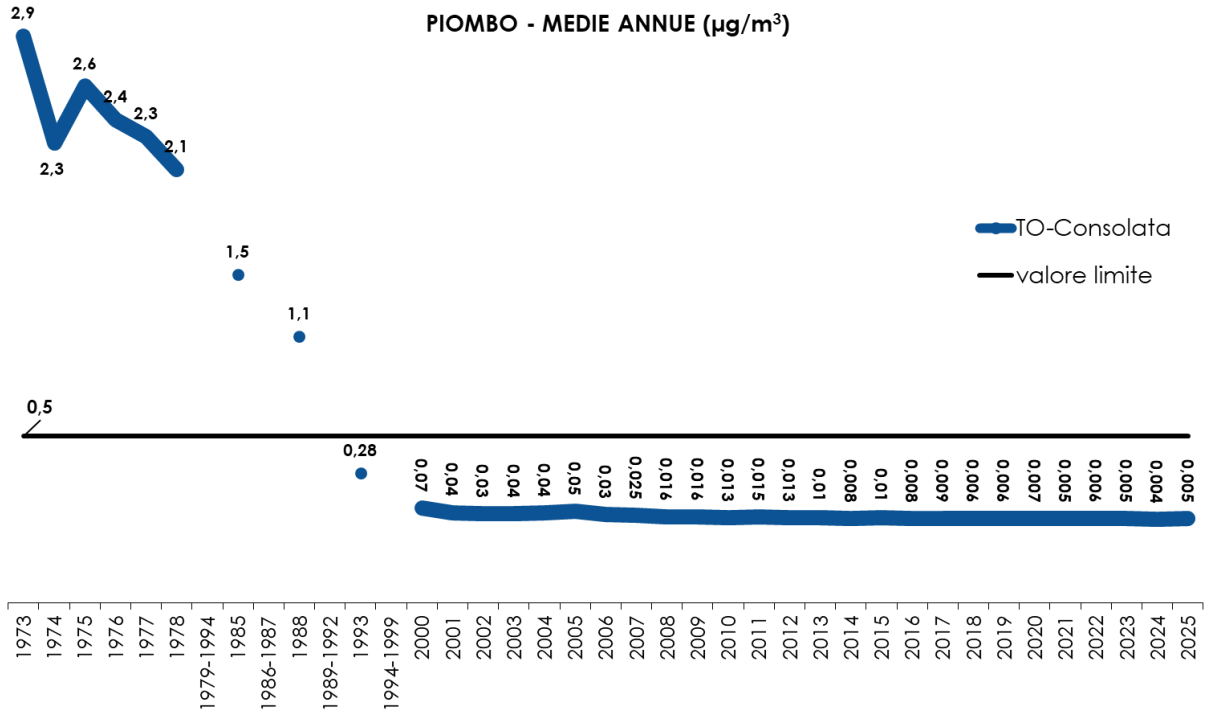



FIGURA 30: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973 – 2025.

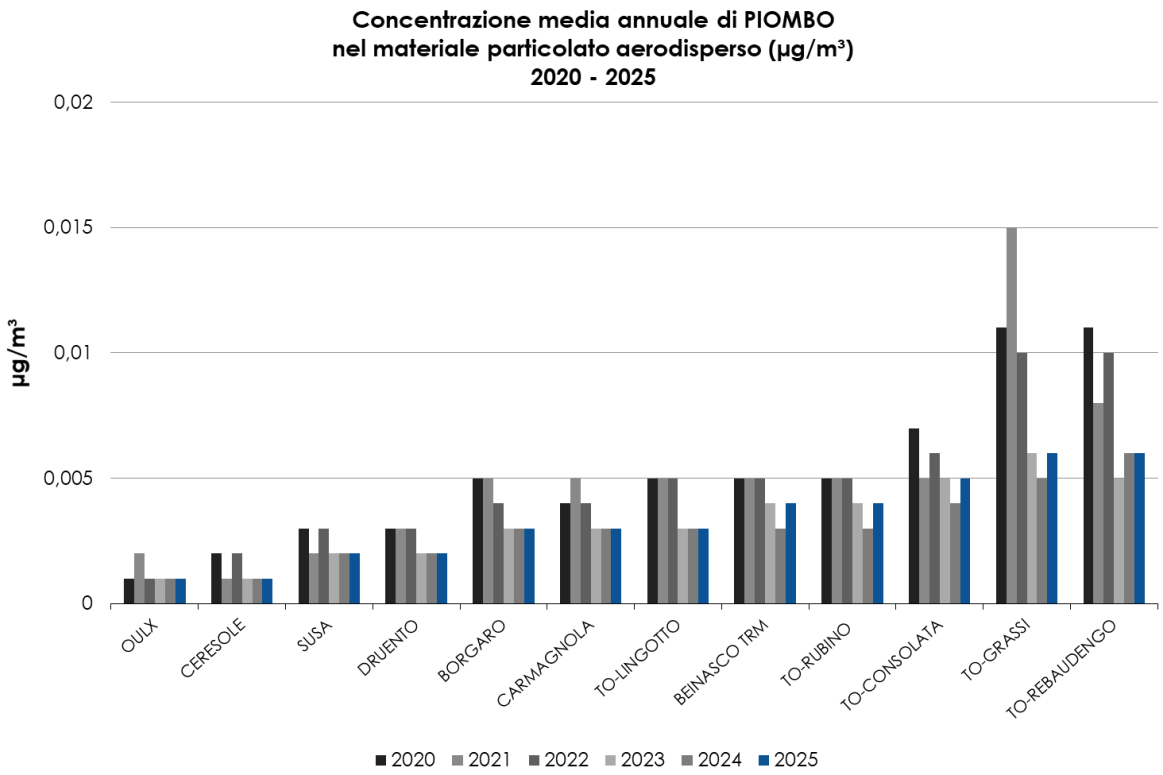



FIGURA 31: concentrazioni medie annuali di piombo determinate sul Particolato Atmosferico – 2020-2025.

A livello provinciale i livelli risultano ampiamente al di sotto del valore limite e la concentrazione più bassa è stata registrata presso le stazioni montane di Oulx e Ceresole. Per quest'ultimo sito questo è dovuto sia alla lontananza dalle fonti di inquinamento antropico, sia per il fatto che la stazione si trova ad un'altitudine alla quale nei periodi invernali non si verificano le condizioni di stabilità atmosferica che determinano i fenomeni di confinamento al suolo degli inquinanti.

Nel complesso i dati relativi ai metalli presenti sul particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità nella città metropolitana di Torino, grazie alla ridotta presenza sul territorio di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo. Il quadro di insieme registrato nel 2025 mostra un sostanziale miglioramento dei livelli rispetto agli anni precedenti.

Per la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, prevista ed installata a seguito del progetto di costruzione e avvio dell'inceneritore di rifiuti urbani della Città Metropolitana di Torino (zona Gerbido), tipologia di attività che può essere fonte di metalli pesanti, si osserva per tutti i metalli previsti dalla normativa un livello di concentrazione, negli anni di rilevamento disponibili, paragonabile a quelli rilevati in stazioni di fondo suburbano della rete.

| STAZIONE | Percentuale in massa dei metalli nel particolato % Cadmio | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 0,0007 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0004 | **0,0004** |
| Borgaro | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0004 | **0,0004** |
| Carmagnola | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0004 | **0,0004** |
| Ceresole Reale | 0,0008 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0011 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0010 | 0,0010 | **0,0011** |
| Druento | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | **0,0005** |
| Ivrea | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0007 | | | | |
| Oulx | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0007 | **0,0007** |
| Settimo | | 0,0007 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0004 | | | | |
| Susa | 0,0004 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0007 | **0,0006** |
| To-Consolata | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0004 | **0,0004** |
| To-Grassi | 0,0005 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0007 | **0,0003** |
| To-Lingotto PM10 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | **0,0004** |
| To-Rebaudengo | 0,0007 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0007 | **0,0004** |
| To-Rubino | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0004 | **0,0004** |

| STAZIONE | Percentuale in massa dei metalli nel particolato % Nichel | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,007 | **0,008** |
| Borgaro | 0,008 | 0,011 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,005 | 0,007 | 0,007 | **0,008** |
| Carmagnola | 0,005 | 0,006 | 0,006 | 0,008 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,011 | 0,005 | **0,007** |
| Ceresole Reale | 0,009 | 0,008 | 0,007 | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,009 | **0,019** |
| Druento | 0,005 | 0,010 | 0,006 | 0,009 | 0,006 | 0,012 | 0,005 | 0,007 | 0,008 | **0,015** |
| Ivrea | 0,006 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,009 | | | | |
| Oulx | 0,008 | 0,011 | 0,007 | 0,011 | 0,007 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,009 | **0,017** |
| Settimo | | 0,009 | 0,006 | 0,016 | 0,006 | 0,009 | | | | |
| Susa | 0,008 | 0,006 | 0,006 | 0,008 | 0,006 | 0,011 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | **0,008** |
| To-Consolata | 0,011 | 0,009 | 0,008 | 0,012 | 0,010 | 0,004 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | **0,011** |
| To-Grassi | 0,009 | 0,010 | 0,008 | 0,012 | 0,010 | 0,005 | 0,010 | 0,012 | 0,011 | **0,013** |
| To-Lingotto PM10 | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,007 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | **0,007** |
| To-Rebaudengo | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,012 | 0,006 | 0,007 | 0,005 | 0,007 | 0,010 | **0,009** |
| To-Rubino | 0,006 | 0,007 | 0,006 | 0,009 | 0,007 | 0,007 | 0,005 | 0,007 | 0,008 | **0,010** |

| STAZIONE | Percentuale in massa dei metalli nel particolato % Piombo | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 0,024 | 0,017 | 0,018 | 0,019 | 0,018 | 0,019 | 0,017 | 0,016 | 0,013 | **0,012** |
| Borgaro | 0,023 | 0,018 | 0,020 | 0,019 | 0,017 | 0,019 | 0,013 | 0,012 | 0,013 | **0,016** |
| Carmagnola | 0,014 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,015 | 0,011 | 0,010 | 0,012 | **0,012** |
| Ceresole Reale | 0,011 | 0,018 | 0,009 | 0,011 | 0,020 | 0,010 | 0,018 | 0,010 | 0,010 | **0,011** |
| Druento | 0,019 | 0,019 | 0,014 | 0,016 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,011 | 0,011 | **0,011** |
| Ivrea | 0,015 | 0,019 | 0,016 | 0,017 | 0,011 | 0,013 | | | | |
| Oulx | 0,013 | 0,011 | 0,006 | 0,027 | 0,006 | 0,012 | 0,005 | 0,006 | 0,007 | **0,007** |
| Settimo | | 0,034 | 0,017 | 0,018 | 0,020 | 0,018 | | | | |
| Susa | 0,018 | 0,018 | 0,017 | 0,020 | 0,019 | 0,042 | 0,017 | 0,013 | 0,014 | **0,013** |
| To-Consolata | 0,023 | 0,021 | 0,018 | 0,021 | 0,019 | 0,019 | 0,018 | 0,016 | 0,015 | **0,018** |
| To-Grassi | 0,026 | 0,023 | 0,020 | 0,026 | 0,027 | 0,024 | 0,025 | 0,017 | 0,017 | **0,019** |
| To-Lingotto PM10 | 0,021 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,017 | 0,017 | 0,018 | 0,013 | 0,011 | **0,014** |
| To-Rebaudengo | 0,035 | 0,035 | 0,028 | 0,029 | 0,031 | 0,019 | 0,027 | 0,015 | 0,020 | **0,021** |
| To-Rubino | 0,019 | 0,018 | 0,017 | 0,018 | 0,016 | 0,019 | 0,016 | 0,015 | 0,013 | **0,011** |

TABELLA 30: concentrazioni medie annuali di cadmio, nichel e piombo determinate sul Particolato Atmosferico, 2016-2025.

# IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***E. Calderaro - ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.***

## DESCRIZIONE

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, noti come IPA, sono un insieme di composti chimici organici formati da più anelli aromatici condensati fra loro che in atmosfera si trovano come miscele di composti. Gli IPA a basso peso molecolare, con due o tre anelli aromatici, si trovano soprattutto allo stato gassoso, mentre i composti ad alto peso molecolare caratterizzati da cinque o più anelli aromatici tendono a presentarsi per lo più in fase solida, adesa alla superficie delle particelle di particolato atmosferico. Il comportamento degli IPA in atmosfera varia, a seconda delle proprietà fisico-chimiche dei singoli composti, della struttura molecolare, delle condizioni atmosferiche (temperatura, umidità, radiazione solare) e delle reazioni con altri inquinanti (ozono, biossidi di azoto e biossido di zolfo).

Gli IPA presenti in aria ambiente si originano prevalentemente dalla combustione incompleta di combustibili a base di carbonio come il carbone, la legna, il petrolio e gli oli combustibili, ma vengono anche prodotti come sostanze di scarto in varie lavorazioni industriali (raffinerie di petrolio, lavorazione metalli grezzi, incenerimento rifiuti, industrie chimiche, ecc.); nelle aree urbane un'altra fonte di IPA è costituita dalle emissioni del traffico veicolare. Questi composti possono anche essere liberati in atmosfera da fonti naturali, quali eruzioni vulcaniche e incendi boschivi.

L'applicazione di avanzate tecnologie per l'abbattimento delle emissioni industriali e l'installazione dei convertitori catalitici sui veicoli a combustione, nonché la maggior diffusione dell'uso del gas naturale ai fini della produzione di energia hanno determinato negli ultimi decenni una diminuzione di queste sostanze in aria ambiente.

L'utilizzo delle biomasse per il riscaldamento domestico, invece, pur presentando indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, determina una produzione di IPA notevolmente maggiore di quella emessa da un impianto alimentato a gas naturale; secondo quanto riportato nel rapporto "*EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*" il fattore di emissione per il benzo(a)pirene emesso da un impianto domestico alimentato a legna è di oltre 200 volte superiore[48] di un impianto alimentato a gas naturale.

Dal punto di vista della salute umana, l'esposizione agli idrocarburi policiclici aromatici può avvenire per inalazione, per ingestione di cibo o di bevande contaminate, oppure per via cutanea. Queste sostanze, pur costituendo in termini di massa una percentuale < 0,1% del particolato atmosferico, presentano un'elevata tossicità, in quanto vengono adsorbite prevalentemente sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm, che è quella che più facilmente raggiunge la regione alveolare del polmone per poi essere veicolata tramite il sistema circolatorio in tutto il corpo; per l'elevata liposolubilità, queste sostanze sono in grado di attraversare le membrane cellulari e di depositarsi nei tessuti adiposi.

La maggior parte dei dati sulla pericolosità degli IPA derivano da studi di laboratorio condotti in vitro o su animali dai quali è risultato che molti composti hanno come effetti sanitari la cancerogenicità, l'immunotossicità e la genotossicità. In particolare, il benzo(a)pirene genera sugli animali da laboratorio tumori a livello di diversi tessuti; è inoltre stata dimostrata la tossicità per inalazione di questo idrocarburo policiclico aromatico, che è in grado di indurre il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)[49] classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana (D.Lgs. 155/2010) prevede per gli IPA, determinati nella frazione PM10 del particolato atmosferico, un valore obiettivo di concentrazione esclusivamente per il benzo(a)pirene, (TABELLA 31). Non sono previsti limiti normativi per gli altri IPA perché, essendo il BaP il composto più pericoloso per la salute, viene utilizzato come indicatore dell'intera classe di composti policiclici.

[48] EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023 – https://op.europa.eu/publication-detail/-/publication/ef079eba-7de9-11ee-99ba-01aa75ed71a1 Part B: Technical chapters 1.A.4. Small Combustion - Tab. 3.4 pag. 33 e Tab. 3.6 pag. 35

[49] International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents rewieved by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

| D.Lgs. 155/2010 | | |
|---|---|---|
| **Valore Obiettivo** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Anno civile | 1,0 ng/m³ | 1 gennaio 2005 |
| **DIRETTIVA (UE) 2024/2881** | | |
| **Valore Limite** (293 °K e 101,3 kPa) | | **Data di entrata in vigore** |
| Anno civile | 1,0 ng/m³ | 1 gennaio 2030 |

TABELLA 31: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

Anche la nuova Direttiva in materia di qualità dell'aria ambiente, Direttiva (UE) 2024/2881, che è in corso di recepimento nel sistema legislativo italiano, considera il benzo(a)pirene un marcatore di rischio cancerogeno per gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nell'aria ambiente. Per tale inquinante è stabilito (Allegato 1, Sezione 1, Tabella 1) il valore limite su anno civile per la protezione della salute umana di 1 ng/m³, da raggiungere entro il 1° gennaio 2030. Pertanto, rispetto alla precedente normativa, il parametro passa da "valore-obiettivo" a "valore limite", imponendo standard di conformità più rigidi per gli Stati membri.

## ESAME DEI DATI

Nell'analisi dei dati si deve tenere in considerazione che per le stazioni di Ceresole Reale, TO-Grassi e TO-Lingotto i dati di concentrazione non sono pienamente rappresentativi dell'intero anno solare perché calcolate su un numero di dati validi inferiore al 85%. La bassa percentuale di dati validi riscontrata per queste stazioni è dovuta a problemi strumentali che si sono verificati sui campionatori nel corso dell'anno.

In TABELLA 32 sono riportate per le stazioni di monitoraggio del territorio metropolitano le concentrazioni medie annuali di Benzo(a)Pirene rilevate nel periodo 2014-2025 nella frazione di particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

| STAZIONE | Rendimento strumentale. 2025 | Concentrazione media annuale di Benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m³) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (% giorni validi) | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Beinasco-TRM | 95% | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0.4 | **0.4** |
| Borgaro | 96% | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,4* | 0,3 | 0.4 | **0.5** |
| Carmagnola | 95% | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0.5 | **0.5** |
| Ceresole Reale | 79% | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0* | 0,0 | 0,0* | 0,0 | 0,0 | 0,0* | 0.0* | **0.1*** |
| Druento | 90% | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3* | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0.3 | **0.4** |
| Ivrea | 97% | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,7* | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0.8 | **0.6** |
| Oulx | 88% | 0,5 | 0,5* | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0.2* | **0.2** |
| Settimo | 99% | 1,3 | 1,4 | 1,1 | 1,3* | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0.7 | **0.6** |
| Susa | 90% | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0.3 | **0.3** |
| To-Consolata | 97% | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,6* | 0,2* | 0,4 | 0,4 | 0.4 | **0.4** |
| To-Grassi | 65% | 1,0* | 1,7* | 0,9 | 1,0 | 0,7* | 0,7 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0.6 | **0.6*** |
| To-Lingotto | 79% | 0,8 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,4* | 0.5* | **0.4*** |
| To-Rebaudengo | 95% | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,6 | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5* | 0.8* | **0.6** |
| To-Rubino | 90% | **0,7** | **0,9** | **0,7** | **0,7** | **0,5** | **0,4** | **0,6** | **0,4** | **0,4** | **0,4** | **0.4** | **0.4** |

* percentuale di giorni validi inferiore al 85%

TABELLA 32: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate sul Particolato Atmosferico– 2014-2025.

Si evidenzia che sono stati utilizzati i valori di concentrazione relativi alle medie annuali calcolate partendo dalle medie giornaliere; tali valori potrebbero presentare piccole differenze rispetto al valore ricavato dalle medie mensili, a causa del diverso peso statistico dei singoli mesi.

In tutte le stazioni della CMT i valori di benzo(a)pirene sono risultati inferiori al valore obiettivo normativo di 1 ng/m³ e si evidenzia che in nessuna stazione sono state riscontrate concentrazioni medie annuali superiori a 0.6 ng/m³. Pertanto, complessivamente le concentrazioni riscontrate nel 2025 presentano i valori più bassi registrati dal 2014.

Solo per le stazioni di Borgaro, Ceresole e Druento si è riscontrato nel 2025 un incremento dei valori di concentrazione media annuale del B(a)P rispetto ai dati del 2024. Le stazioni di Ivrea, Settimo T.se, To-Lingotto e To-Rebaudengo presentano i valori di concentrazione più elevati (per tutte il valore di concentrazione è risultato pari a 0.6 ng/m³), ma risultano comunque in diminuzione rispetto al 2025. In tutte le altre stazioni il valore medio annuo di B(a)P è uguale a quello del 2024.

La concentrazione di B(a)P misurata presso la centralina di Ceresole, pur risultando in lieve aumento rispetto al 2024 presenta un valore molto basso, pari a 0,1 ng/m$^3$, in linea con le concentrazioni riscontrate dal 2014. Infatti, le concentrazioni medie mensili risultano quasi sempre prossime al limite di quantificazione del metodo. I bassi valori di concentrazione di Benzo(a)pirene che si riscontrano in questa stazione sono principalmente dovuti a due fattori: la stazione è lontana dalle fonti di inquinamento antropico (la popolazione residente è costituita da poco più di un centinaio di persone) e si trova ad un'altitudine (1.600 m slm)alla quale nei periodi invernali non si verificano le condizioni di stabilità atmosferica che favoriscono i fenomeni di accumulo al suolo degli inquinanti, a differenza di quanto si verifica nelle altre stazioni della rete di rilevamento.

Le concentrazioni medie mensili di Benzo(a)Pirene registrate presso le stazioni di Ivrea e To-Rebaudengo sono state confrontate con i valori medi, minimi e massimi misurati nelle altre stazioni del territorio provinciale. Tali stazioni sono state scelte perché sono quelle presso le quali nell'ultimo biennio sono stati misurati i valori i di concentrazione più elevati della rete di monitoraggio della CMT. Come evidenziato in FIGURA 32, nei mesi freddi le concentrazioni rilevate in queste due stazioni si discostano dai valori medi misurati presso le stazioni di monitoraggio del territorio provinciale. Il grafico mostra che il benzo(a)pirene è un inquinante tipico dei mesi freddi, infatti nel periodo estivo le sue concentrazioni sono prossime al limite inferiore di rilevabilità. Tale sostanza infatti è un inquinante primario che viene prodotto soprattutto con la combustione incompleta di biomassa e di combustibili fossili utilizzati per il riscaldamento nel periodo invernale.

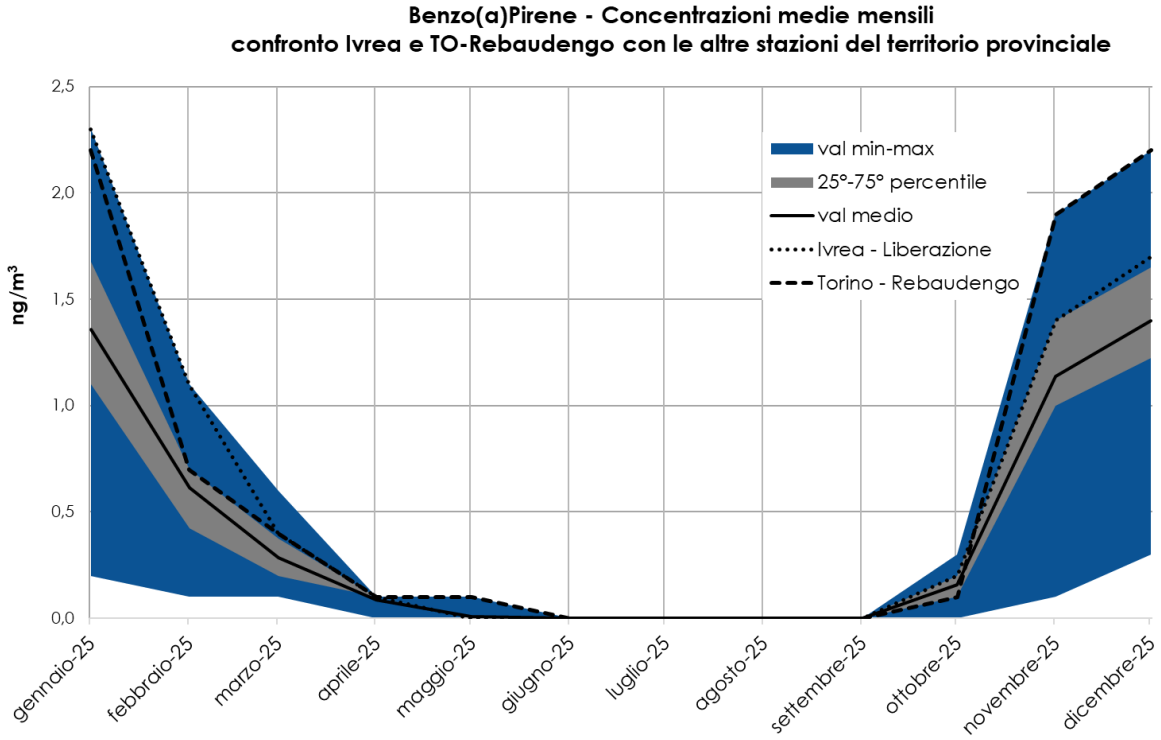



FIGURA 32: andamento mensile della concentrazione di benzo(a)pirene rilevato nelle stazioni del territorio della CMT nel corso del 2025.

In FIGURA 33 sono stati rappresentati gli andamenti delle concentrazioni medie annuali degli IPA totali (Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b.j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene) rilevate presso le stazioni di monitoraggio provinciali dal 2020 al 2025.

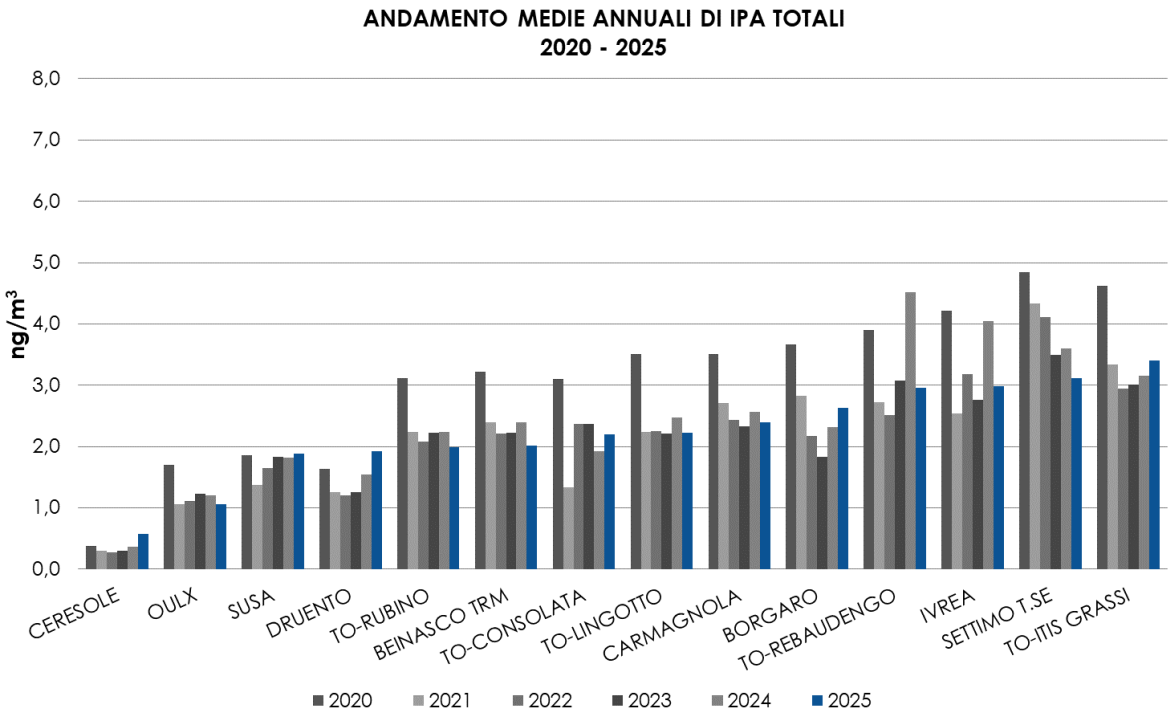



FIGURA 33: andamento medie annuali IPA totali periodo 2020-2025 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Per le stazioni di Borgaro, Ceresole, Druento, Susa, TO-Consolata e TO-Grassi si è registrato, rispetto al 2024, un incremento dei valori di concentrazione medie annuali di IPA, mentre presso tutte le altre stazioni è stata riscontrata una diminuzione. L'aumento rilevato per la stazione di Ceresole non è molto indicativo dal momento che i dati di concentrazione riferiti al periodo aprile-settembre sono stati calcolati su un numero di giorni validi inferiore all'85% e pertanto il valore calcolato è falsato e non è pienamente rappresentativo della situazione sito specifica. Inoltre, nel 2024 per il mese di marzo non era stata eseguita l'analisi in quanto lo strumento era in avaria e risulta quindi per il 2025 un falso incremento.

Presso tutte le stazioni della CMT i valori di concentrazione sono risultati minori rispetto al 2020 facendo emergere un sensibile miglioramento della qualità dell'aria ambiente.

Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti di monitoraggio, è stato analizzato anche il valore relativo alla percentuale in cui essi sono presenti nella frazione di particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm[50].

Come evidenziato in FIGURA 34, e come evidenziato per gli anni precedenti, la percentuale di IPA nel particolato presenta una notevole variazione stagionale. Infatti, nei mesi caldi (da aprile a settembre) si osservano percentuali molto basse e piuttosto uniformi nei vari siti, dal momento che l'elevata radiazione solare contribuisce alla degradazione degli IPA e si verificano altresì condizioni atmosferiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Al contrario, nei mesi freddi autunnali e invernali le polveri risultano maggiormente arricchite di questi composti in quanto si creano condizioni di inversione termica che favoriscono l'accumulo degli inquinanti, al quale si somma l'apporto determinato dalle emissioni prodotte dalla combustione della legna per il riscaldamento domestico.

L'influenza dell'utilizzo della biomassa è più evidente nelle stazioni rappresentative di siti suburbani che generalmente presentano valori maggiori. Infatti, nel 2025, le maggiori percentuali di IPA nelle polveri sono state rilevate nelle stazioni di Ivrea e Susa, seguite da Borgaro e Settimo.

[50] Le percentuali utilizzate nelle figure, in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi, sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di IPA e PM10 misurate per il semestre freddo nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre e per il semestre caldo le concentrazioni misurate nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre.

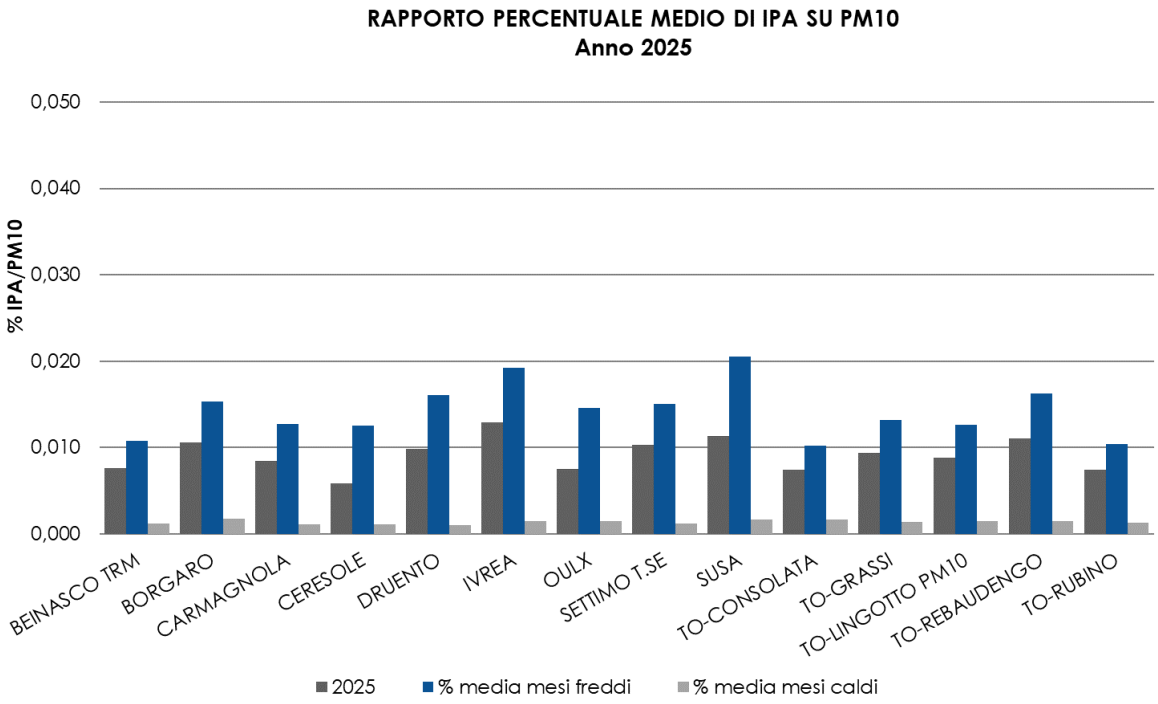



FIGURA 34: percentuale di IPA totali nel PM10 – anno 2025.

Per valutare meglio la variazione delle percentuali di IPA sul particolato nel corso dell'anno, sono stati confrontati gli andamenti mensili delle percentuali di IPA totali delle stazioni di Druento, Susa e TO-Consolata (FIGURA 35). Sono state scelte queste stazioni perché sono rappresentative delle diverse situazioni territoriali: la stazione di Druento presenta le caratteristiche di una situazione di fondo di tipo rurale, quella di Susa di fondo suburbano in contesto montano e quella di TO-Consolata di una stazione di traffico urbano.

A conferma di quanto evidenziato nel precedente istogramma, anche da FIGURA 35 si evince il basso contenuto percentuale di IPA durante i mesi caldi, con valori equivalenti per le varie stazioni confrontate. Invece, nei mesi freddi i valori sono più elevati a causa delle condizioni climatiche che, come già detto in precedenza, favoriscono l'accumulo degli inquinati negli strati dell'atmosfera più a contatto con il suolo. Soffermandosi ad analizzare i valori percentuali dei mesi invernali, si osserva che le differenze tra le stazioni sono piuttosto marcate. In particolare, a Susa la percentuale di IPA nel particolato atmosferico risulta, nel periodo autunnale e invernale, più elevata rispetto a Druento e TO-Consolata, per l'apporto degli IPA derivante dalla combustione delle biomasse ad uso domestico.

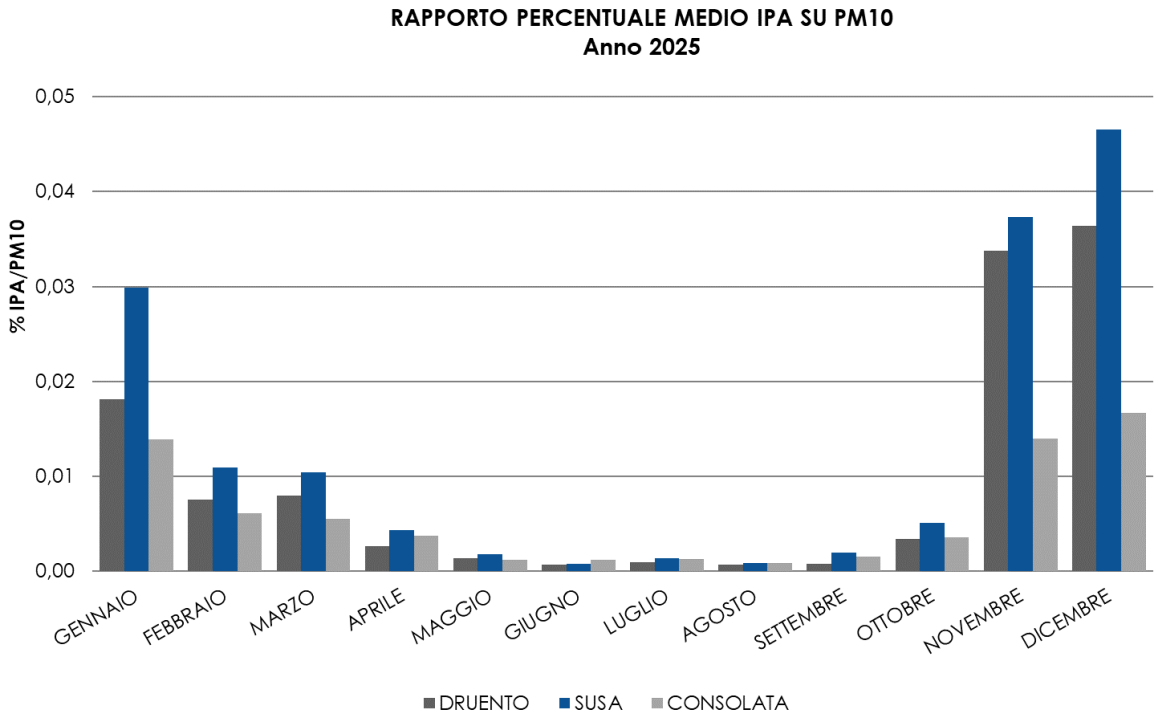



FIGURA 35: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2025

# MERCURIO ELEMENTARE GASSOSO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***M.Sacco, S.Scaglione, ARPA Piemonte, Dipartimento Nord Ovest.***

## DESCRIZIONE

Il mercurio in atmosfera è presente prevalentemente (95-98%) in forma gassosa come mercurio elementare ($Hg^0$) e in misura minore come composti inorganici o organici quali metil e dimetil mercurio, cloruro di mercurio, idrossido di mercurio e mercurio divalente libero; l'insieme di tutte queste forme è chiamato mercurio gassoso totale.

Il mercurio elementare gassoso è caratterizzato da un'elevata stabilità e volatilità, bassa solubilità e da un tempo di residenza in atmosfera significativo pari a circa 1-2 anni a causa della sua inerzia chimica.

Nonostante il lungo tempo di permanenza in atmosfera, il mercurio elementare può essere convertito in forme ossidate. Il processo avviene soprattutto negli strati più alti dell'atmosfera attraverso reazioni di ossidazione caratterizzate da cinetiche lente e favorite dalla presenza di ozono e radicali ossidrili.

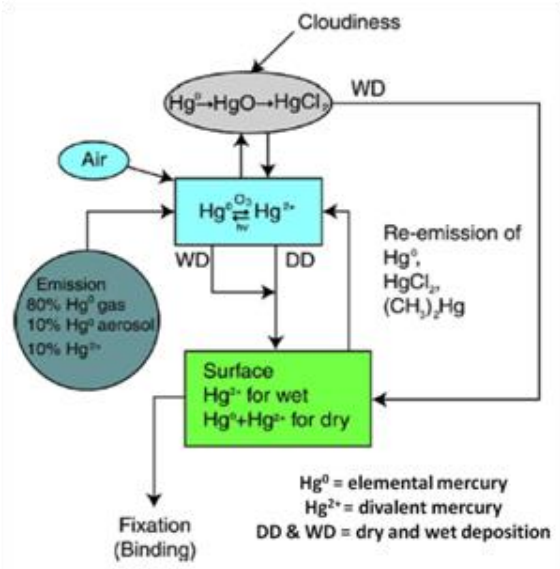



FIGURA 36: mercurio in atmosfera.

Tra i meccanismi di ossidazione più importanti vi sono le reazioni con l'ozono, il radicale ossidrile, il radicale nitrato e gli alogeni (Cl e Br). Per quanto riguarda le reazioni di riduzione, il processo principale consiste nella fotoriduzione, indotta principalmente dalle radiazioni ultraviolette.

$Hg^0$ è in grado di essere trasportato per distanze molto lunghe (decine di migliaia di km), $Hg^{2+}$ in fase gassosa può essere disperso per alcune decine fino ad alcune centinaia di km dalla sorgente, mentre il mercurio particolato è solitamente depositato a distanze intermedie, a seconda del diametro e della massa dell'aerosol.

Attualmente il mercurio è impiegato in vario modo in tutto il mondo e le sue emissioni in atmosfera possono essere sia di natura antropica sia di origine naturale. Le fonti antropiche di mercurio elementare gassoso possono essere i combustibili fossili, i processi di combustione ad alta temperatura (es. carbone), impianti di trattamento di cloro-alcali e incenerimento di rifiuti urbani.

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

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

- quella dell'Istituto per l'Inquinamento Atmosferico del CNR nel Comune di Montelibretti, in provincia di Roma, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale, alla deposizione totale del mercurio e alla misura del mercurio bivalente particolato e gassoso;

- le stazioni di Schivenoglia in Provincia di Mantova e quella di Monte Sant'Angelo in Provincia di Foggia, in relazione alle concentrazioni del mercurio gassoso totale e alla deposizione totale del mercurio.

I relativi dati sono stati pubblicati nel Report Ambientale La Qualità dell'aria in Italia, Edizione 2023 di SNPA[51] . La media della stazione di Schivenoglia per il 2022 è di 1,7 ng/m$^3$ (23% di dati validi), a Montelibretti è di 1,8 ng/m$^3$ (50% di dati validi) e a Monte Sant'Angelo i valori 2022 sono di 1,6 ng/m$^3$.

Inoltre, per l'esame dei valori rilevati nella stazione di Beinasco-Aldo Mei si farà riferimento:

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

Per quanto riguarda le concentrazioni tipiche di mercurio in aria ambiente, l'Organizzazione Mondiale della Sanità riporta che i valori tipici in aree remote e in aree urbane sono dell'ordine, rispettivamente, di 2-4 ng/m$^3$ e 10 ng/m$^3$. Il documento *Ambient Air Pollution by Mercury–Position Paper* indica che concentrazioni tipiche sono dell'ordine di 1,2-3,7 ng/m$^3$, con punte nei siti più impattati dell'ordine di 20-30 ng/m$^3$; questi valori sono confermati anche dai dati messi a disposizione dall'Agenzia Europea dell'Ambiente[51].

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

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

- tra 1,61 e 1,66 ng/m$^3$ per il mercurio elementare gassoso;
- tra 6,42 e 7,20 pg/m$^3$ per il mercurio presente sul PM2,5;
- tra 0,73 e 1,72 pg/m$^3$ per il mercurio ossidato in fase gassosa.

La stazione di Torchiarolo (BR), suburbana di tipo industriale, ha rilevato nel 2025 un valore di media annuale pari a 2,3 ng/m$^3$, con un massimo orario di 115,5 ng/m$^3$. La stazione di Monte Sant'Angelo (FG), di fondo rurale, ha registrato nel 2025 una media di 1,7 ng/m$^3$, con un massimo di 12,3 ng/m$^3$.

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

- il valore di linea guida in aria ambiente stabilito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che è pari a 1000 ng/m$^3$ come media annuale per il mercurio inorganico[52];

[51] Report ambientale SNPA n. 40/2024 – ISBN 978-88-448-1207-2, Delibera del Consiglio SNPA n. 232/24 del 31.01.2024
[51] Si veda il rapporto EEA Air quality in Europe — 2015 report, pag. 38
[52] WHO Air Quality Guidelines for Europe , 2nd edition, pag. 157-160. Per mercurio inorganico si intende la somma di mercurio allo stato di vapore e dei composti di mercurio divalente Nella definizione della linea guida non viene considerato il metilmercurio in quanto l'OMS sottolinea che l'esposizione a questo composto per inalazione è alcuni ordini di grandezza inferiore a quella legata alla contaminazione della catena alimentare attraverso gli ecosistemi acquatici. A questo proposito il Position Paper citato specifica (pag. 4 e pag.29) che la contaminazione da mercurio degli ecosistemi acquatici è originata – oltre che dallo scarico diretto di mercurio nei sistemi acquatici - dal lento processo di trasporto dai i suoli in cui il mercurio si accumula a causa delle emissioni antropogeniche in atmosfera e dei conseguenti fenomeni di trasporto,

- l'RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency), pari a 300 ng/m$^3$ per il mercurio elementare[53];
- l'MRL (Mininal Risk Level) per esposizione cronica definito dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), pari a 200 ng/m$^3$ per il mercurio elementare[54].

## ESAME DEI DATI

Nella stazione di Beinasco-Aldo Mei il Mercurio elementare gassoso viene rilevato con un analizzatore in continuo, che sfrutta la tecnica spettroscopica di assorbimento atomico ad effetto Zeeman. I dati vengono forniti con mediazioni orarie; gli indicatori statistici relativi all'anno 2025 sono riassunti nella TABELLA 33, mentre la TABELLA 34 riporta nel dettaglio le concentrazioni medie mensili.

| Mercurio elementare gassoso (valori di conc. espressi in ng/m$^3$) | Beinasco (TRM) - Aldo Mei |
|---|---|
| Minima media giornaliera | 1 |
| Massima media giornaliera | 8 |
| Media delle medie giornaliere | 3 |
| Giorni validi | 269 |
| Percentuale giorni validi | 74% |
| Media dei valori orari | 3 |
| Massima media oraria | 19 |
| Ore valide | 6555 |
| Percentuale ore valide | 75% |

TABELLA 33: mercurio elementare gassoso: indicatori statistici anno 2025.

| Mercurio elementare gassoso (valori di conc. espressi in ng/m$^3$) | Beinasco (TRM) - Aldo Mei |
|---|---|
| Gennaio | 2 |
| Febbraio | - |
| Marzo | 3 |
| Aprile | 3 |
| Maggio | 2 |
| Giugno | 4 |
| Luglio | 4 |
| Agosto | 3 |
| Settembre | 2 |
| Ottobre | 3 |
| Novembre | 4 |
| Dicembre | 4 |

TABELLA 34: mercurio elementare gassoso: concentrazioni medie mensili anno 2025.

A scopo di studio e di approfondimento tecnico-scientifico è stata effettuata la determinazione del mercurio anche sul particolato PM10, con le modalità indicate dalle procedure dell'Agenzia per gli altri metalli. Tali procedure prevedono che al termine di ogni mese solare venga prelevata una porzione definita da ognuno dei singoli filtri campionati giornalmente nel corso del mese stesso; in questo modo si ottiene un campione medio composito su cui viene effettuata la determinazione, per cui la concentrazione dei metalli risulta disponibile come valore medio mensile. Le medie mensili del mercurio sul PM10 sono riportate in TABELLA 35.

Analizzando nel dettaglio la serie temporale del mercurio elementare gassoso, si osserva che i valori misurati nel 2025 si sono costantemente assestati attorno ad alcuni ng/m$^3$, con un massimo assoluto orario, verificatosi a novembre, pari a 19 ng/m$^3$.

| Mercurio sul PM10 (valori di conc. espressi in ng/m3) | Beinasco (TRM) Aldo Mei |
|---|---|

trasformazione e deposizione anche su lunga distanza. Nei sistemi acquatici una parte del mercurio si trasforma per azione di microorganismi in composti del tipo del metilmercurio che hanno facilità a bioaccumularsi nella catena alimentare causa la loro caratteristiche lipofile

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

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

| | |
|---|---|
| Gennaio | < 0,15 |
| Febbraio | < 0,15 |
| Marzo | < 0,15 |
| Aprile | < 0,15 |
| Maggio | < 0,15 |
| Giugno | < 0,15 |
| Luglio | < 0,15 |
| Agosto | < 0,15 |
| Settembre | < 0,15 |
| Ottobre | < 0,15 |
| Novembre | < 0,15 |
| Dicembre | < 0,15 |

TABELLA 35: mercurio sul PM10 - Concentrazioni medie mensili anno 2025.

Sotto il profilo della protezione della salute, anche considerando la somma delle due forme di mercurio aerodisperso (gassoso e presente sul PM10), sia le singole medie mensili che la media annuale risultano nel 2025 inferiori di più di duecento volte al valore di linea guida stabilito dall'O.M.S. e di più di cinquanta volte a quelli stabiliti da U.S. – EPA e ATSDR.

Nella FIGURA 37 è riportato l'andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di mercurio dall'attivazione della stazione sino a tutto il 2025. Come riferimento è indicato il valore più restrittivo tra i tre precedentemente citati disponibili nella letteratura scientifica (MRL per esposizione cronica definito dalla Agency for Toxic Substances and Disease Registry degli Stati Uniti). I valori medi rilevati sono inoltre in linea con quanto riportato in letteratura per le aree urbane europee.

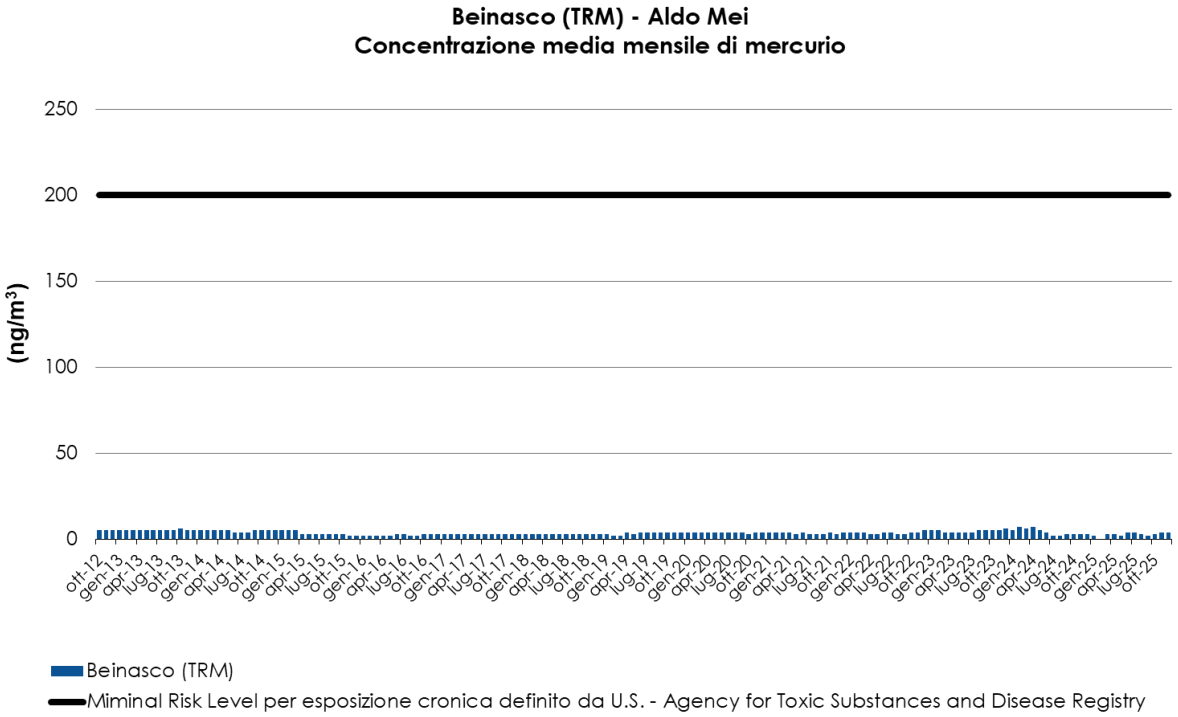



FIGURA 37: andamento delle concentrazioni mensili di mercurio nella stazione di Beinasco Aldo Mei dal 2012 al 2025.

Le concentrazioni di mercurio elementare gassoso misurate presso la stazione di Beinasco-Aldo Mei nel 2025 risultano contenute e sostanzialmente in linea con quelle osservate nei siti europei di fondo e suburbani. I valori rilevati si mantengono ampiamente al di sotto dei livelli di riferimento sanitari disponibili in letteratura, senza evidenza di criticità per la qualità dell'aria o per la protezione della salute umana nell'area monitorata.

# DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE "BULK" DI IPA E METALLI

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***
***A.M. Scibelli, ARPA Piemonte, Dipartimento Nord Ovest.***

## DESCRIZIONE

Gli inquinanti atmosferici emessi dalle diverse sorgenti possono essere trasportati dai venti anche per distanze considerevoli, ma possono anche ricadere al suolo a causa di particolari processi chimico-fisici detti genericamente deposizioni. Nel tempo che intercorre dalla loro emissione alla loro ricaduta al suolo, gli inquinanti atmosferici possono andare incontro a processi chimici che ne modificano le caratteristiche e la natura chimica nonché il loro grado di pericolosità nei confronti dell'ambiente. La loro ricaduta al suolo può avvenire con le precipitazioni atmosferiche che danno luogo alle cosiddette "deposizioni umide", con le nebbie sottoforma di minute goccioline (deposizioni occulte) o sotto forma di gas e particelle (deposizioni secche).

Le deposizioni totali (umide + secche) sono particolarmente adatte per misurare la concentrazione ambientale di inquinanti organici, metalli e metalloidi, cui la popolazione è esposta indirettamente attraverso l'accumulo nella catena alimentare. Infatti, l'accumulo degli inquinanti nel suolo può provocare, nel breve periodo, una contaminazione per deposito superficiale e, nel lungo periodo, un aumento della contaminazione delle piante che vi crescono. Questo può aumentare il rischio di trasferimento di tali sostanze all'uomo sia per contatto diretto con piante e suolo sia mediante il consumo di vegetali o di animali che si alimentano di quei vegetali, provocando così l'ingresso di sostanze tossiche nella catena alimentare.

La normativa attualmente in vigore in Italia non prevede valori limite o valori obiettivo per le deposizioni atmosferiche totali, ma fornisce comunque alcune indicazioni di riferimento per i diversi inquinanti presenti.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i flussi di deposizione dei metalli e dei microinquinanti organici presenti nelle deposizioni totali presso i siti di monitoraggio installati nella città metropolitana di Torino. Ogni campionamento svolto da Arpa Piemonte ha la durata di circa un mese, nel corso del quale in un unico contenitore vengono raccolte le deposizioni secche e umide, che poi vengono analizzate in laboratorio. I risultati sono espressi come rapporto tra la quantità di analita in relazione con i giorni di esposizione e per $m^2$ di superficie esposta. In caso di dati inferiori al limite di quantificazione (LR), nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR (Non Rilevato) con LR/2 (Limite di Rilevabilità) [Rapporto ISTISAN 04/15].

Nella Città metropolitana di Torino il primo deposimetro è stato installato nel 2007 nella cabina di monitoraggio di Baldissero T.se acquistata da GdF Suez Produzione S.p.A., in ottemperanza alle prescrizioni emanate dal Ministero delle Attività Produttive in fase di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio della centrale termoelettrica sita nel comune di Leinì. Secondo quanto previsto da tali prescrizioni, tramite convenzione, i dati prodotti e le analisi effettuate sui campioni sono gestiti da Arpa. Dal 2007 al 2012 nelle deposizioni raccolte presso Baldissero sono stati determinati i metalli a partire da gennaio 2013 a dicembre 2018 invece sono stati determinati gli idrocarburi policiclici aromatici, per indagare il sito anche in merito a questi inquinanti. Seguendo l'alternanza tra analisi di metalli e di IPA che si avvicendano ogni 6 anni dal 2025 è stata nuovamente monitorata la presenza di IPA nelle deposizioni.

Nel mese di agosto 2012 sono stati installati altri tre deposimetri nella Città Metropolitana di Torino (CMR). Le nuove stazioni sono state selezionate in base alle risultanze delle simulazioni modellistiche volte a individuare le aree potenzialmente interessate dalle ricadute del termovalorizzatore TRM avviato nel mese di aprile del 2013. Sono stati scelti tre siti di monitoraggio presso i comuni di Rivalta, Orbassano e Grugliasco in cui a mesi alterni si campionano IPA e metalli. In merito alla costruzione ed autorizzazione del termovalorizzatore, con D.G.P. n. 1317- 433230/2006, successivamente modificata con D.G.P. n. 35-225/2012, l'allora Provincia di Torino ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale prevedendo, tra le diverse prescrizioni, l'installazione di una cabina di monitoraggio della qualità dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta, con l'obbligo per TRM S.p.A. di affidarne la gestione tecnica ad Arpa Piemonte. La cabina è stata installata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei a partire da novembre 2012. In tale sito vengono determinate tutti i mesi le deposizioni di IPA e metalli tramite due campionatori bulk.

Pur descrivendo in modo dettagliato la metodica di campionamento, la norma non prevede livelli limite o valori obiettivo per i vari composti analizzati, per cui dove disponibili sono presi come confronto i valori reperibili in letteratura.

Prima di presentare i risultati occorre fare ancora una importante precisazione in merito ai dati del 2020. La pandemia di Covid-19 scoppiata improvvisamente a fine febbraio 2020, ha avuto un impatto significativo sui campionamenti delle deposizioni atmosferiche. Per un lungo periodo durante il lockdown primaverile e i successivi mesi estivi, non è stato possibile raggiungere alcune stazioni di misura della rete di monitoraggio provinciale. Il dato di IPA e metalli nelle deposizioni totali - soprattutto nelle stazioni di Orbassano, Rivalta e Grugliasco risulta quindi sovrastimato e poco rappresentativo del periodo di mediazione considerato.

## ESAME DEI DATI

### Idrocarburi policiclici aromatici

Secondo il d.lgs. 155/2010 la presenza di benzo(a)pirene - indicatore dell'andamento di tutta la classe di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - nell'aria ambiente non deve superare 1 ng/m$^3$ come media annuale nella frazione PM10, ma non vengono date indicazioni per valori nelle deposizioni.

Nella TABELLA 36 sono riportati i dati di IPA relativi ai campioni raccolti e analizzati nel 2025 e negli anni precedenti (2013-2024) presso tutte le stazioni di misura. Ricordiamo che per la stazione di Baldissero Torinese dal 2025 è prevista nuovamente la misura degli IPA, e non più quelle dei metalli. Inoltre, il dato degli IPA per le stazioni di Orbassano, Rivalta e Grugliasco nel 2020 non è rappresentativo del valore medio annuo a causa del ridotto numero di campionamenti mensili svolti, come spiegato nel paragrafo precedente.

Il grafico FIGURA 38 si presenta i dati degli IPA totali nelle deposizioni nel 2025. Si osserva che i valori sono confrontabili per i quattro siti della CMT sia come deposizioni totali di IPA che per i singoli composti. Inoltre, è possibile osservare che anche nel 2024 il Benzo(a)pirene, considerato critico per l'uomo, non risulta essere preponderante rispetto agli altri contaminanti, la cui componente maggioritaria è rappresentata dal Benzo [b+j+k]fluorantene.

Nella TABELLA 37 sono riportati alcuni dati disponibili in letteratura. Come si può osservare, i dati di Benzo(a)pirene misurati sul territorio provinciale sono comparabili con quelli registrati delle aree rurali nazionali ed europee.

Nei grafici della FIGURA 39 vengono presentati gli andamenti storici degli IPA nelle deposizioni totali dal 2013 al 2025. Per facilità di comprensione nel grafico di ogni parametro è stata indicata la fascia dei valori minimi e massimi provinciali e il dato annuale misurato nella stazione di Beinasco TRM. Si fa notare che il dato massimo del 2020 è sicuramente sovrastimato per tutti i parametri analizzati a causa del ridotto numero di campionamenti mensili svolti nel periodo primaverile-estivo di quell'anno. Per continuità grafica si è deciso di non eliminare il valore massimo del 2020, si consiglia, tuttavia, di tenere conto di tale evidente sovrastima nell'analisi dell'andamento storico di ogni parametro.

Per il benzo(a)pirene, l'Indeno[1,2,3-cd]pirene e il fluorantene è possibile evidenziare una significativa tendenza alla diminuzione dei flussi totali di deposizione dal 2013 al 2025, sia nei valori minimi e massimi provinciali sia nei valori annuali della stazione di Beinasco TRM.

Anche per il Benzo[a]antracene la diminuzione è evidente, benché meno significativa che per gli altri IPA.

| Stazione | Anno | Benzo[a]pirene | Indeno[1.2.3-cd]pirene | Benzo[a]antracene | Benzo [b+j+k]fluorantene |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Flusso di deposizione ng/(m²*d) | | | |
| Baldissero | 2013 | 12,3 | 9,7 | 4,1 | 14,1 |
| | 2014 | 6,2 | 15,9 | 6,5 | 29,6 |
| | 2015 | 9,1 | 11,5 | 6,6 | 24,9 |
| | 2016 | 6,1 | 13,9 | 4,4 | 22,2 |
| | 2017 | 9,3 | 9,3 | 5,8 | 16,8 |
| | 2018 | 5,9 | 11,1 | 3,5 | 15,2 |
| | 2025 | **4,4** | **6,4** | **4,4** | **8,6** |
| Grugliasco | 2013 | 16,4 | 11,1 | 5,7 | 17,8 |
| | 2014 | 6,9 | 8,7 | 5,2 | 19,5 |
| | 2015 | 7,5 | 8,9 | 8,1 | 22,0 |
| | 2016 | 6,9 | 9,4 | 4,6 | 18,4 |
| | 2017 | 14,3 | 21,0 | 13,2 | 31,9 |
| | 2018 | 10,5 | 19,4 | 10,6 | 35,7 |
| | 2019 | 3,8 | 9,7 | 3,8 | 14,4 |
| | 2020 | 4,7 | 5,5 | 4,8 | 12,4 |
| | 2021 | 2,3 | 4,6 | 2,5 | 9,9 |
| | 2022 | 9,1 | 4,4 | 2,5 | 7,1 |
| | 2023 | 3,2 | 4,3 | 4,4 | 8,5 |
| | 2024 | 4,8 | 6,0 | 4,8 | 10,5 |
| | 2025 | **4,4** | **4,5** | **4,3** | **6,0** |
| Rivalta | 2013 | 12,5 | 5,2 | 3,6 | 14,3 |
| | 2014 | 10,4 | 12,5 | 10,4 | 18,4 |
| | 2015 | 5,3 | 7,8 | 5,4 | 24,3 |
| | 2016 | 10,1 | 9,3 | 5,7 | 21,9 |
| | 2017 | 15,1 | 17,1 | 9,0 | 24,0 |
| | 2018 | 10,6 | 22,2 | 8,8 | 35,9 |
| | 2019 | 4,0 | 8,6 | 3,5 | 13,7 |
| | 2020 | 16,1 | 20,7 | 18,4 | 8,2 |
| | 2021 | 3,6 | 3,7 | 2,6 | 7,1 |
| | 2022 | 4,7 | 3,7 | 4,3 | 7,8 |
| | 2023 | 4,6 | 5,0 | 4,6 | 7,4 |
| | 2024 | 4,8 | 5,1 | 5,2 | 9,2 |
| | 2025 | **4,1** | **4,4** | **4,1** | **5,9** |
| Orbassano | 2013 | 23,5 | 11,6 | 7,9 | 24,2 |
| | 2014 | 5,2 | 8,8 | 5,1 | 18,7 |
| | 2015 | 5,8 | 7,7 | 7,7 | 18,3 |
| | 2016 | 8,9 | 11,4 | 8,4 | 24,9 |
| | 2017 | 11,2 | 18,0 | 10,6 | 25,4 |
| | 2018 | 7,8 | 18,1 | 6,5 | 28,2 |
| | 2019 | 6,6 | 11,2 | 7,8 | 19,5 |
| | 2020 | 9,6 | 33,0 | 24,6 | 18,4 |
| | 2021 | 4,1 | 5,1 | 4,1 | 8,1 |
| | 2022 | 4,9 | 3,2 | 3,0 | 5,8 |
| | 2023 | 5,9 | 7,6 | 6,5 | 13,4 |
| | 2024 | 4,8 | 6,1 | 4,8 | 9,9 |
| | 2025 | **4,1** | **5,5** | **4,1** | **6,1** |
| Beinasco (TRM) Aldo Mei | 2013 | 16,0 | 12,3 | 6,6 | 24,0 |
| | 2014 | 8,3 | 18,9 | 10,2 | 26,9 |
| | 2015 | 7,3 | 8,9 | 7,1 | 19,2 |
| | 2016 | 6,2 | 9,9 | 4,5 | 18,2 |
| | 2017 | 10,3 | 18,5 | 7,5 | 22,8 |
| | 2018 | 7,9 | 10,2 | 4,9 | 17,7 |
| | 2019 | 6,6 | 9,9 | 4,2 | 18,0 |
| | 2020 | 5,9 | 6,0 | 5,0 | 10,3 |
| | 2021 | 4,3 | 5,6 | 4,2 | 9,7 |
| | 2022 | 3,2 | 3,7 | 3,7 | 8,8 |
| | 2023 | 4,1 | 5,4 | 4,1 | 9,8 |
| | 2024 | 4,6 | 6,0 | 4,9 | 9,4 |
| | 2025 | **4,6** | **4,7** | **4,5** | **5,6** |

TABELLA 36: IPA nelle deposizioni totali – medie annuali nel periodo 2013-2025.

| Descrizione sito | | | B[a]P (ng/m² d) | Riferimenti bibliografici |
|---|---|---|---|---|
| AREE RURALI min –max | Italia | Melfi | 1,9-6,9 | Menichini et al. 2006 |
| | | Laguna di Venezia | 6-9 | Rossini et al. 2001, magistrato acque 2000 |
| | Finlandia | Pallas | 2-10 | EMEP 2005 |
| | Svezia | Rorvik | 5-17 | EMEP 2005 |
| AREE URBANE media annua | Italia | Venezia | 30 | Rossini et al. 2001, magistrato Acque 2000 |
| | Francia | Parigi | 25 | Motelay-Massei et al. 2003 |
| | Inghilterra | Cardiff | 219 | Halsall et al. 1997 |
| | | Manchester | 300 | |

TABELLA 37: dati estratti dalla letteratura Benzo(a)Pirene (Fonte convegno Istituto Superiore di Sanità).

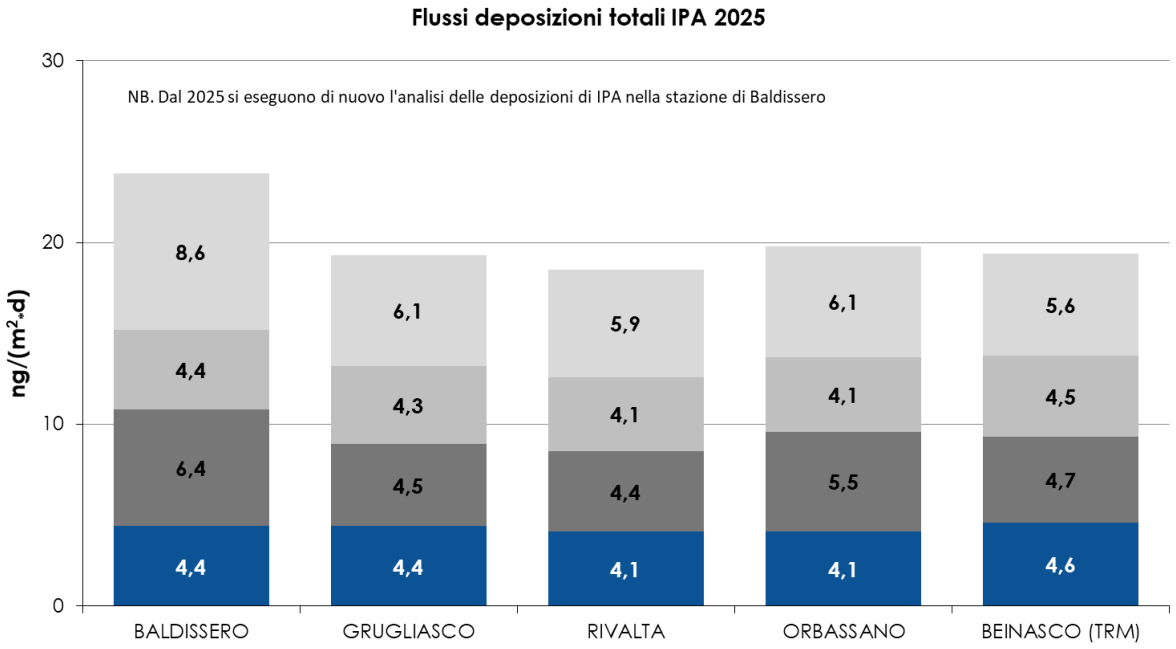



FIGURA 38: grafico di confronto flussi deposizioni totali anno 2025.

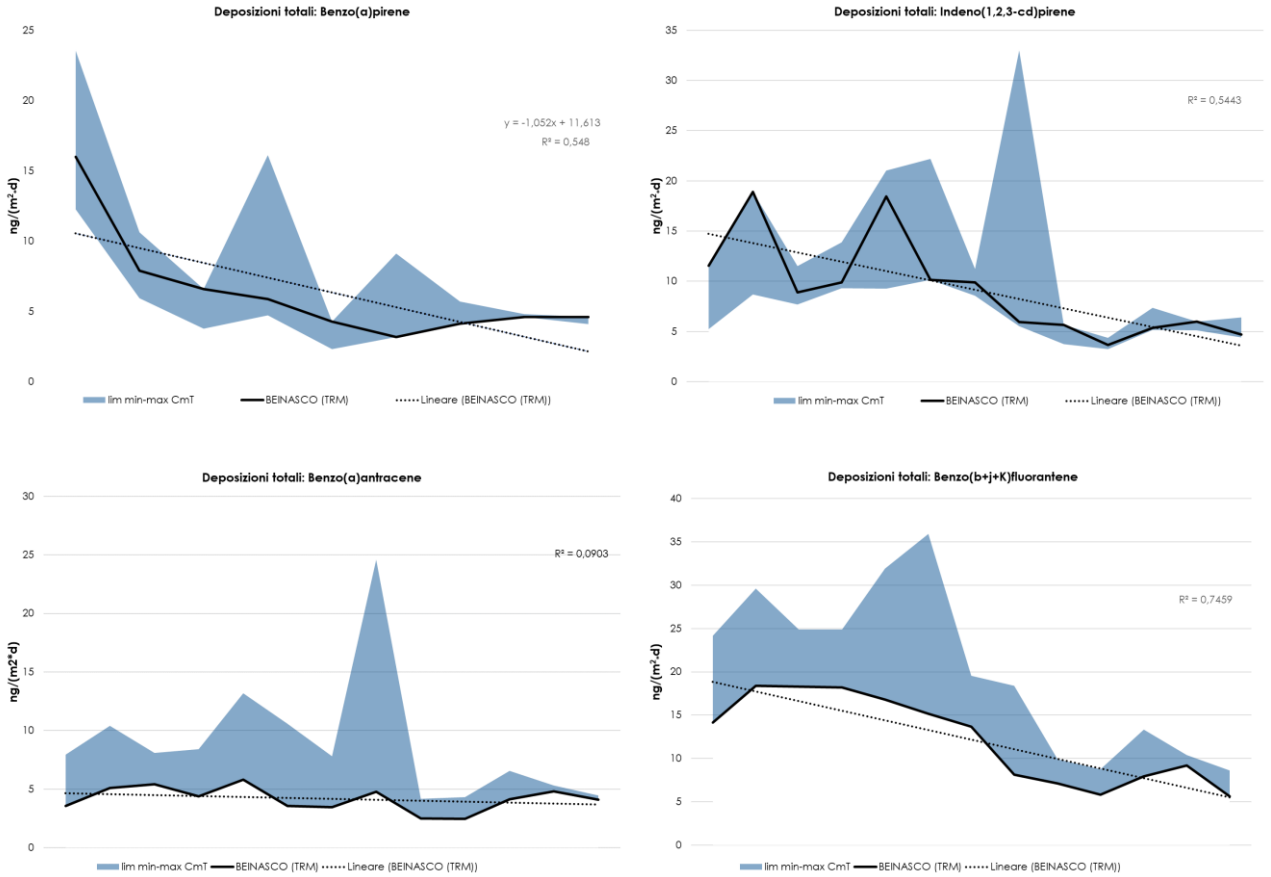



FIGURA 39: IPA nelle deposizioni totali, confronto andamento 2013-2025.

## METALLI

Come detto in premessa, la determinazione dei metalli nelle deposizioni nella città metropolitana di Torino ha avuto inizio nel 2007 presso la stazione di Baldissero T.se utilizzando campionatori wet & dry. A marzo 2012 tale campionatore è stato sostituito con un deposimetro bulk e a partire da gennaio dello stesso anno la Struttura Semplice di Arpa "Laboratorio Specialistico Nord Ovest" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest ha messo a punto la metodica analitica conforme al D. lgs 155/2010 e alla norma BS EN 15841/2009.

Da agosto 2012 è iniziata la determinazione dei metalli nelle deposizioni bulk presso i punti di massima ricaduta delle emissioni del termovalorizzatore TRM nelle stazioni di: Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Frazione Dojrone e Orbassano – Ospedale San Luigi (la determinazione mensile dei metalli si alterna con le determinazioni di IPA). Da novembre 2012 è stato installato un deposimetro bulk anche nella cabina di monitoraggio di Beinasco – Aldo Mei. Le determinazioni risultano confrontabili per metodo di campionamento, analisi e omogeneità di copertura annuale a partire dal gennaio 2013 (i dati sono riportati in TABELLA 38). Oltre a Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio, a scopo di studio, ARPA Piemonte ha deciso di indagare la presenza di: Cobalto, Cromo, Rame, Selenio, Vanadio e Zinco.

Si sottolinea che nel calcolo dei risultati analitici in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR (Non Rilevato) con LR/2 (Limite di Rilevabilità) [Rapporto ISTISAN 04/15]; ciò comporta che in alcuni casi, ad esempio l'arsenico, il dato finale possa apparire leggermente superiore in un sito rispetto all'altro pur essendo tutti sotto il limite di quantificazione. Anche per il selenio nella maggior parte dei campioni è risultato sotto il limite di quantificazione del metodo.

Dai dati riportati in TABELLA 38 si osserva che per ogni metallo nei siti di misura l'ordine di grandezza dei flussi di deposizione risulta confrontabile nel corso degli anni di monitoraggio (2013–2025). Si evidenzia che nel 2025 per alcuni metalli un lieve aumento dei flussi di deposizione rispetto all'anno precedente, frutto con ogni probabilità di diverse condizioni meteorologiche.

Anche per i metalli, analogamente a quanto avviene per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, la normativa italiana e comunitaria non indica valori limite, ma prevede la sola determinazione nelle

deposizioni di arsenico, cadmio, piombo e nichel (gli altri metalli sono stati quantificati da Arpa Piemonte a scopo di studio). Alcuni Paesi hanno definito dei valori limite espressi in termini di media annuale dei tassi di deposizione giornaliera per i parametri deposizioni totali, cadmio, piombo e tallio riportati, come riferimento, in TABELLA 39.

Nel grafico di FIGURA 40 sono stati rappresentati i flussi di deposizioni totali misurati nel 2025 presso tutte le stazioni della Città Metropolitana di Torino. Il tipo di grafico selezionato (colonne in pila) è stato scelto perché permette di apprezzare sia i flussi dei singoli metalli sia il totale dei flussi in ogni stazione di misura. Per i metalli le stazioni più critiche risultano Orbassano e Beinasco-TRM, dove a fare la differenza sono soprattutto alti valori di piombo, elemento indicatore, tra l'altro, di sorgenti da intenso traffico veicolare. Nel grafico di FIGURA 40, sono stati omessi i dati relativi allo zinco, perché i flussi di zinco sono in genere maggiori di uno o due ordini di grandezza rispetto a tutti gli altri metalli e, se rappresentati, avrebbero compromesso la leggibilità del grafico.

Nei grafici successivi (da FIGURA 41 a FIGURA 45) sono stati riportati per ogni metallo gli andamenti nelle deposizioni totali delle analisi effettuate nel periodo 2013-2025 Anche per i metalli si è deciso di semplificare la rappresentazione grafica dell'andamento storico di ogni metallo tramite l'utilizzo di una fascia di valori minimi e massimi provinciali e la linea dei flussi annuali della stazione di Beinasco TRM. In merito al 2020, vale inoltre la stessa considerazione fatta per gli IPA: il dato massimo del 2020 è sicuramente sovrastimato a causa del ridotto numero di campionamenti mensili svolti nel periodo primaverile-estivo di quell'anno. Come si osserva dai grafici, in generale nel corso degli anni la presenza di metalli nelle deposizioni totali varia e non è possibile, salvo poche eccezioni, evidenziare una tendenza in diminuzione a partire dal 2013.

| Stazione | Anno | Flusso di deposizione µg/(m²*d) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | As | Cd | Co | Cr | Ni | Pb | Cu | Se | V | Zn |
| GRUGLIASCO | 2013 | 1,2 | 0,1 | 1,2 | 2,8 | 3,2 | 4,2 | 13,9 | 2,0 | 1,7 | 51 |
| | 2014 | 2,1 | 0,2 | 2,2 | 4,4 | 4,6 | 3,8 | 13,6 | 2,1 | 3,2 | 35 |
| | 2015 | 1,6 | 0,2 | 1,6 | 2,7 | 2,8 | 5,2 | 12,3 | 1,6 | 1,8 | 41 |
| | 2016 | 1,0 | 0,1 | 1,0 | 4,7 | 2,7 | 4,4 | 11,9 | 1,0 | 1,5 | 45 |
| | 2017 | 0,9 | 0,1 | 0,9 | 4,1 | 2,9 | 6,7 | 11,8 | 0,8 | 1,3 | 76 |
| | 2018 | 1,8 | 0,3 | 0,9 | 3,3 | 3,3 | 3,9 | 10,6 | 1,9 | 1,5 | 48 |
| | 2019 | 0,9 | 0,1 | 0,9 | 3,1 | 2,8 | 3,9 | 11,0 | 0,8 | 1,7 | 57 |
| | 2020 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 1,9 | 2,5 | 2,5 | 7,1 | 0,5 | 0,7 | 33 |
| | 2021 | 1,1 | 0,1 | 0,7 | 2,4 | 2,0 | 3,2 | 7,5 | 0,8 | 1,1 | 41 |
| | 2022 | 0,4 | 0,03 | 0,3 | 3,1 | 2,0 | 3,3 | 5,4 | 0,2 | 0,7 | 34 |
| | 2023 | 1,7 | 0,1 | 1,1 | 3,1 | 2,6 | 2,9 | 5,9 | 1,3 | 1,4 | 77 |
| | 2024 | 1,8 | 0,1 | 1,5 | 4,2 | 3,2 | 2,3 | 7,4 | 1,6 | 2,3 | 39 |
| | 2025 | **1,2** | **0,1** | **1,2** | **4,2** | **3,9** | **3,6** | **8,1** | **1,2** | **1,4** | **49** |
| RIVALTA | 2013 | 1,3 | 0,2 | 1,3 | 3,0 | 4,7 | 3,7 | 12,5 | 1,3 | 1,8 | 65 |
| | 2014 | 2,2 | 0,2 | 2,3 | 3,8 | 3,1 | 3,2 | 10,6 | 2,2 | 3,0 | 70 |
| | 2015 | 1,3 | 0,2 | 1,3 | 2,6 | 3,4 | 5,4 | 10,7 | 1,3 | 1,9 | 43 |
| | 2016 | 1,0 | 0,2 | 1,0 | 5,6 | 2,2 | 3,4 | 7,6 | 1,0 | 1,7 | 37 |
| | 2017 | 0,9 | 0,1 | 0,9 | 2,7 | 2,2 | 5,0 | 9,5 | 0,9 | 1,3 | 77 |
| | 2018 | 1,9 | 0,3 | 2,1 | 3,2 | 3,3 | 5,2 | 17,8 | 2,0 | 2,4 | 61 |
| | 2019 | 0,8 | 0,1 | 0,8 | 1,7 | 2,2 | 4,4 | 9,2 | 0,8 | 1,7 | 54 |
| | 2020 | 0,6 | 0,1 | 0,6 | 2,3 | 2,3 | 2,8 | 6,3 | 0,6 | 1,5 | 41 |
| | 2021 | 1,2 | 0,1 | 0,7 | 3,2 | 2,4 | 2,8 | 6,5 | 0,8 | 1,1 | 45 |
| | 2022 | 0,4 | 0,04 | 0,3 | 2,7 | 1,3 | 2,3 | 3,9 | 0,2 | 0,5 | 35 |
| | 2023 | 1,5 | 0,9 | 0,7 | 2,4 | 2,0 | 2,7 | 4,4 | 0,8 | 0,8 | 85 |
| | 2024 | 2,0 | 0,2 | 2,0 | 4,7 | 3,1 | 3,5 | 7,5 | 2,0 | 2,4 | 43 |
| | 2025 | **1,4** | **0,3** | **1,5** | **5,0** | **6,1** | **3,2** | **9,2** | **1,4** | **1,5** | **86** |
| ORBASSANO | 2013 | 1,4 | 0,2 | 1,4 | 3,2 | 3,7 | 30,8 | 14,3 | 1,4 | 1,7 | 102 |
| | 2014 | 2,2 | 0,3 | 2,3 | 4,5 | 10,3 | 22,7 | 12,9 | 2,1 | 3,2 | 55 |
| | 2015 | 1,4 | 0,2 | 1,4 | 2,7 | 4,0 | 17,5 | 12,2 | 1,3 | 1,7 | 81 |
| | 2016 | 0,9 | 0,4 | 1,0 | 6,0 | 3,9 | 21,1 | 13,9 | 0,9 | 2,1 | 103 |
| | 2017 | 1,0 | 0,2 | 1,0 | 4,7 | 3,6 | 22,2 | 12,8 | 0,9 | 1,5 | 92 |
| | 2018 | 1,9 | 0,3 | 1,1 | 5,5 | 3,5 | 11,8 | 8,3 | 2,0 | 2,3 | 81 |
| | 2019 | 0,8 | 0,2 | 0,9 | 3,9 | 4,4 | 16,6 | 11,8 | 0,8 | 1,7 | 73 |
| | 2020 | 0,6 | 0,2 | 0,8 | 3,2 | 5,0 | 13,9 | 8,0 | 0,6 | 1,1 | 48 |
| | 2021 | 1,2 | 0,2 | 1,0 | 4,9 | 3,6 | 23,1 | 9,2 | 1,1 | 1,2 | 84 |
| | 2022 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 4,1 | 2,8 | 17,4 | 7,8 | 0,3 | 0,8 | 63 |
| | 2023 | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 4,2 | 3,0 | 18,4 | 7,7 | 0,3 | 0,8 | 62 |
| | 2024 | 2,0 | 0,2 | 2,0 | 4,7 | 3,1 | 3,5 | 7,5 | 2,0 | 2,4 | 43 |
| | 2025 | **1,2** | **0,1** | **1,3** | **5,1** | **4,2** | **14,6** | **8,7** | **1,2** | **1,4** | **72** |
| BEINASCO (TRM) ALDO MEI | 2013 | 1,7 | 0,2 | 1,6 | 3,4 | 3,5 | 11,2 | 15,7 | 1,5 | 2,0 | 119 |
| | 2014 | 1,9 | 0,2 | 1,8 | 4,2 | 11,7 | 10,7 | 14,6 | 1,9 | 3,1 | 101 |
| | 2015 | 1,4 | 0,1 | 1,4 | 3,1 | 3,2 | 11,3 | 11,9 | 1,3 | 1,7 | 86 |
| | 2016 | 1,3 | 0,1 | 1,5 | 6,3 | 2,9 | 6,6 | 12,2 | 1,3 | 1,9 | 98 |
| | 2017 | 1,0 | 0,2 | 1,1 | 4,2 | 3,3 | 7,9 | 14,1 | 1,0 | 1,7 | 127 |
| | 2018 | 1,8 | 0,2 | 1,9 | 3,2 | 4,5 | 7,5 | 18,9 | 1,8 | 2,1 | 131 |
| | 2019 | 1,7 | 0,3 | 1,7 | 4,2 | 4,2 | 8,4 | 15,8 | 1,7 | 2,3 | 145 |
| | 2020 | 1,0 | 0,1 | 1,0 | 2,5 | 2,6 | 6,6 | 11,4 | 1,2 | 1,4 | 121 |
| | 2021 | 1,4 | 0,1 | 1,4 | 6,1 | 5,1 | 13,1 | 13,0 | 1,2 | 2,8 | 242 |
| | 2022 | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 3,6 | 2,5 | 7,3 | 8,9 | 0,5 | 1,1 | 98 |
| | 2023 | 1,5 | 0,2 | 1,6 | 5,7 | 4,4 | 6,8 | 12,5 | 1,5 | 1,9 | 158 |
| | 2024 | 2,2 | 0,2 | 2,2 | 5,5 | 3,9 | 6,4 | 9,7 | 2,2 | 2,4 | 110 |
| | 2025 | **1,3** | **0,2** | **1,3** | **5,5** | **4,2** | **6,7** | **14,0** | **1,3** | **1,5** | **102** |

TABELLA 38: metalli nelle deposizioni totali – indicatori statistici anno 2013-2025.

| Nazione | Deposizione atmosferica totale (media annuale) µg/(m²*d) | Cd µg/(m²*d) | Pb µg/(m²*d) | Tl µg/(m²*d) |
|---|---|---|---|---|
| Austria | – | 2 | – | – |
| Germania | 350-650 (*) | 5 | 250 | 10 |
| Svizzera | – | 2 | – | – |
| Spagna | 200 | – | – | – |
| Finlandia | 333 | – | – | – |
| Argentina | 333 | – | – | – |
| Canada | 153-180 | – | – | – |
| USA | 183-262 | – | – | – |

*breve periodo

TABELLA 39: valori limite internazionali per le deposizioni atmosferiche totali e per alcuni elementi contenuti nelle deposizioni – estratta da Rapporto ISTISAN 06/43 (Tabella 7).

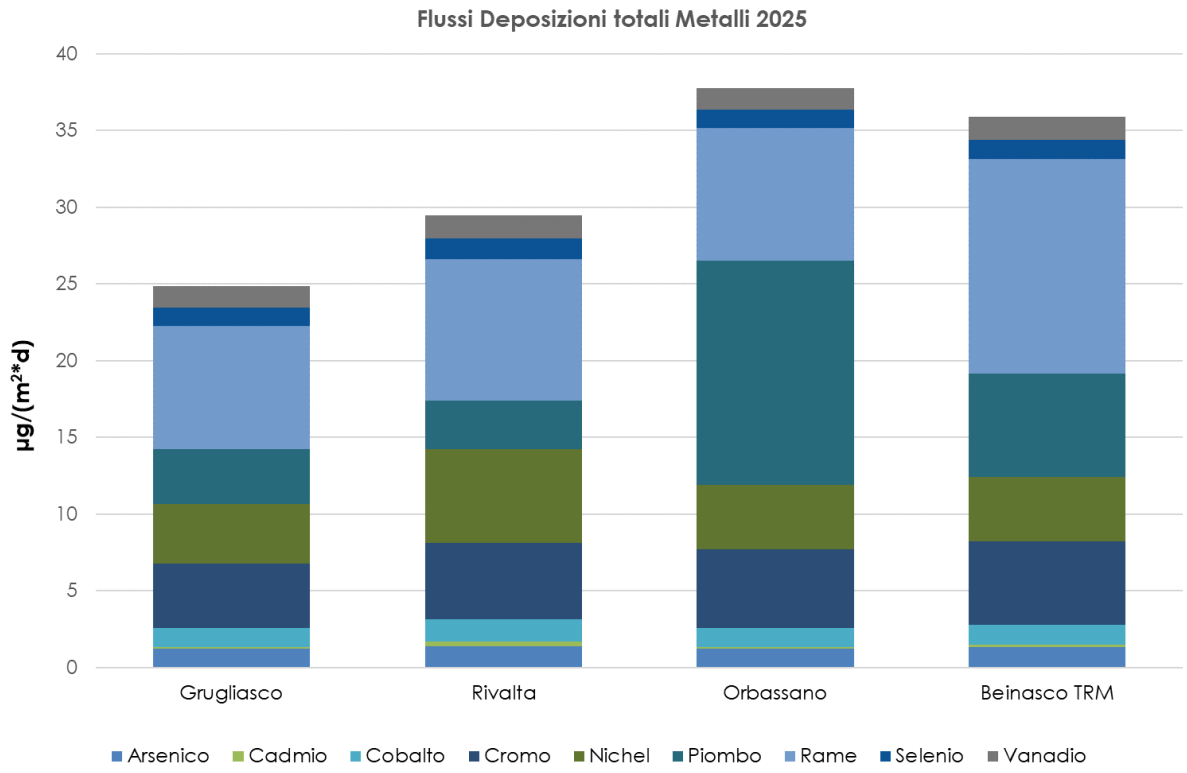



FIGURA 40: flussi di metalli nelle deposizioni totali – anno 2025.

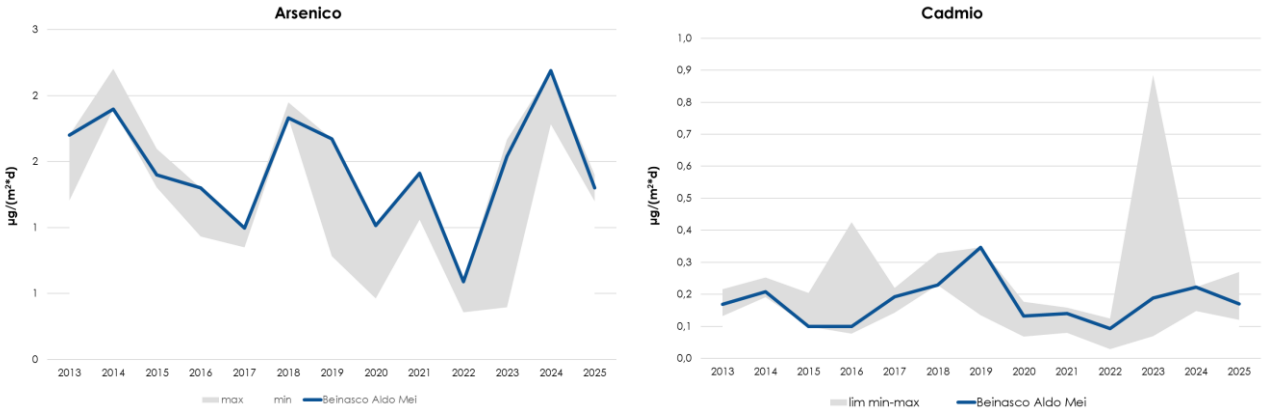



FIGURA 41: metalli nelle deposizioni totali 2013-2025 in CMT (arsenico e cadmio).

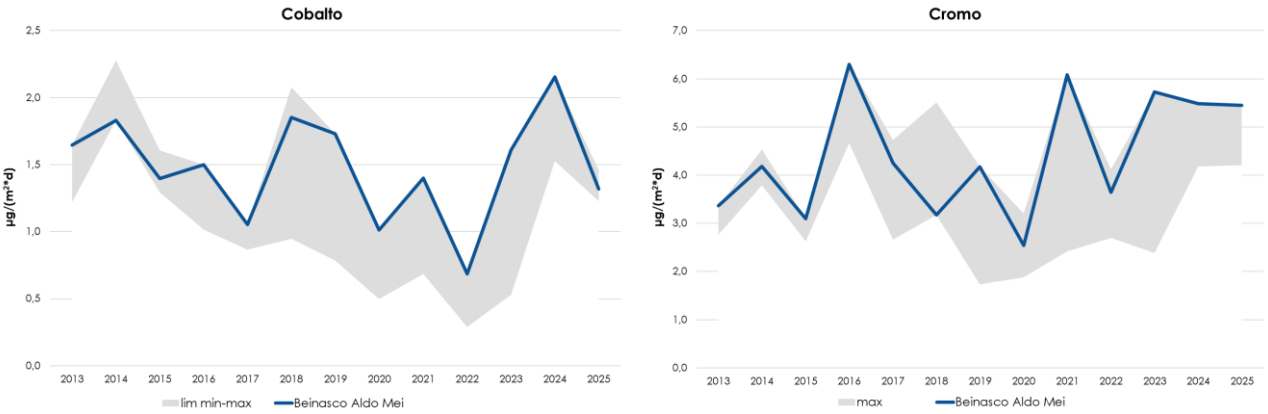



FIGURA 42: metalli nelle deposizioni totali 2013-2025 in CMT (cobalto e cromo).

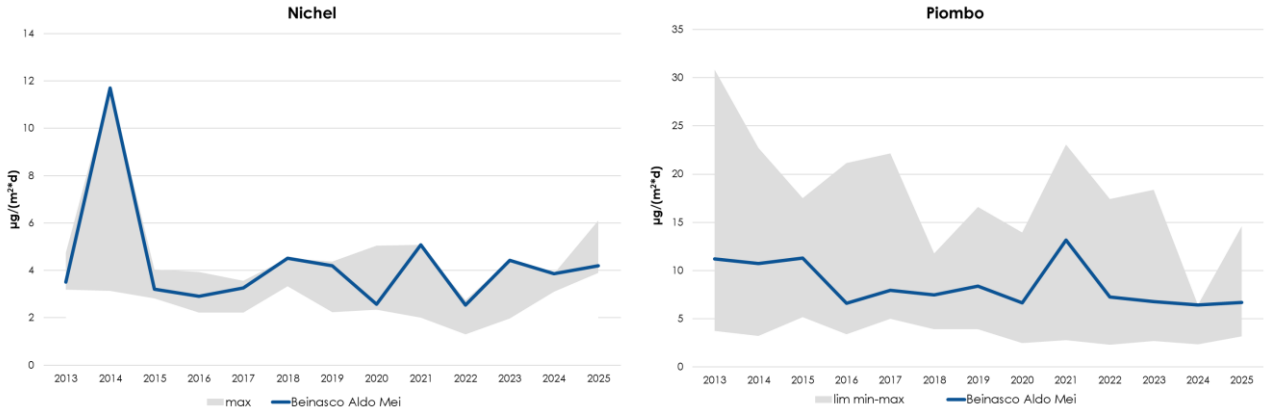



FIGURA 43: metalli nelle deposizioni totali 2013-2025 in CMT (nichel e piombo).

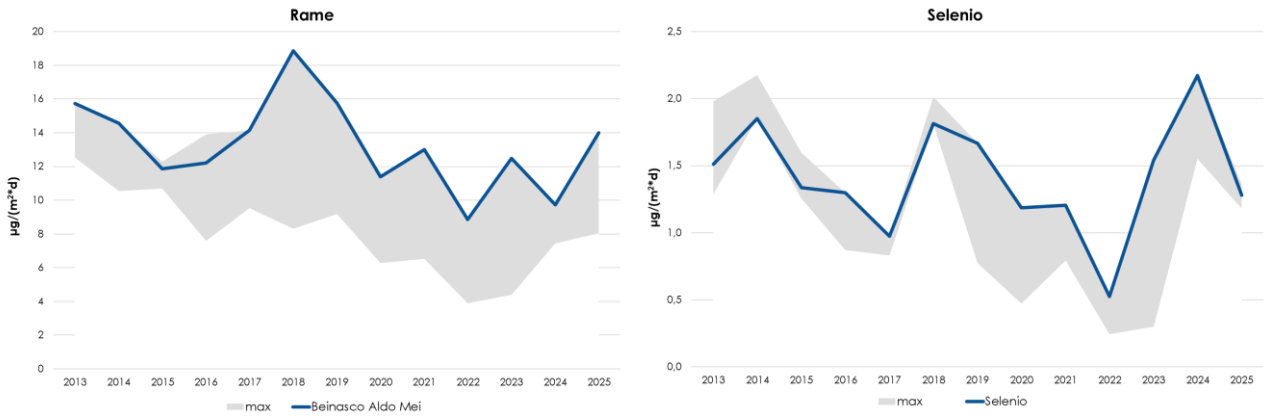



FIGURA 44: metalli nelle deposizioni totali 2013-2025 in CMT (rame e selenio).

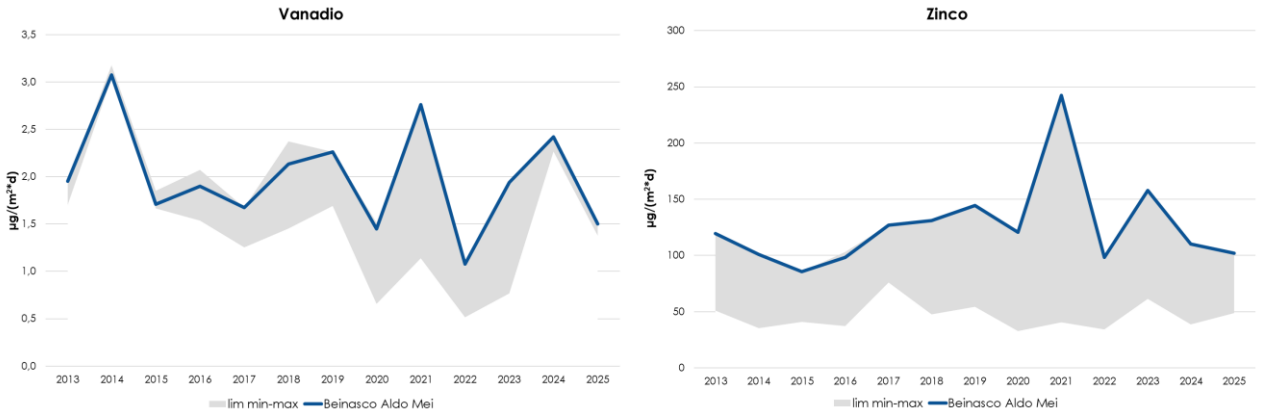



FIGURA 45: metalli nelle deposizioni totali 2013-2025 in CMT (vanadio e zinco).

Nel Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 all'Art. 6, comma b), è previsto il controllo delle concentrazioni nell'aria ambiente del mercurio gassoso totale e la deposizione totale del mercurio. Sul territorio della Città Metropolitana di Torino Arpa Piemonte effettua il controllo sul mercurio nelle deposizioni atmosferiche totali nei punti di campionamento di Beinasco - Aldo Mei e di Torino via Pio VII.

In letteratura ci sono pochi dati a disposizione sulla presenza di mercurio nelle deposizioni totali atmosferiche e attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite per le deposizioni di mercurio. Germania e Croazia hanno identificato un valore di 1000 g/(m$^2$*d) come valore medio annuale per la protezione di effetti dannosi inclusi quelli di alterazione dei suoli. In FIGURA 46 viene riportato l'andamento annuale e il confronto del flusso di mercurio totale nelle due stazioni di campionamento nel corso degli anni 2013-2025. Il valore determinato presso la stazione di Beinasco nel corso del 2025 risulta pari a 16 µg/(m$^2$*d) e presso la stazione di Via Pio VII uguale a 20 µg/(m2*d), in linea con il valore degli altri anni ad eccezione del 2016, caratterizzato dall'anomalia verificatasi presso l'impianto nell'autunno 2016[55].

I dati di mercurio e di altri metalli misurati nelle deposizioni totali a Beinasco-Aldo Mei nel 2025 sono stati confrontati con i dati prodotti dall'Arpa Toscana nella "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona – Arezzo" (TABELLA 40). Il dato di Beinasco Aldo Mei è in linea con quello trovato da Arpa Toscana nei siti di Castelluccio e Badia al Pino nel periodo 2011-2013.

| Parametro | medie delle deposizioni annuali - µg/(m$^2$*y) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Castelluccio | Badia al Pino | Laguna di Venezia | Parco Cavriglia | Beinasco Aldo Mei 2025 |
| Arsenico | 207 | 153 | 290 | 100 | 803 |
| Cadmio | 364 | 55 | 672 | 17 | 73 |
| Cromo | 807 | 979 | 536 | 257 | 2008 |
| Rame | 6685 | 5316 | 5818 | 570 | 3541 |
| **Mercurio** | **40** | **40** | **6** | **--** | **6** |
| Nichel | 916 | 821 | 1633 | 190 | 1424 |
| Piombo | 1367 | 1945 | 11392 | 157 | 2336 |
| Vanadio | 757 | 499 | 1109 | 281 | 876 |
| Zinco | 31516 | 29735 | 11864 | 7933 | 40150 |

Fonte ARPAT _provincia di Arezzo campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona - Arezzo

TABELLA 40: dati comparativi ratei medi di deposizione annuali (µg/(m2*y)) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Cavriglia. Tabella tratta da pubblicazione di Arpa Toscana "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona Arezzo".

Il dettaglio dei valori mensili riportato in TABELLA 41 mostra la variabilità dei dati 2025 non correlabile con la stagionalità.

55 http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/impianti/termovalorizzatore-del-gerbido/dati/relazioni/2016/rapporto-stazione-monitoraggio-qualita-aria-beinasco-anno-2016/view

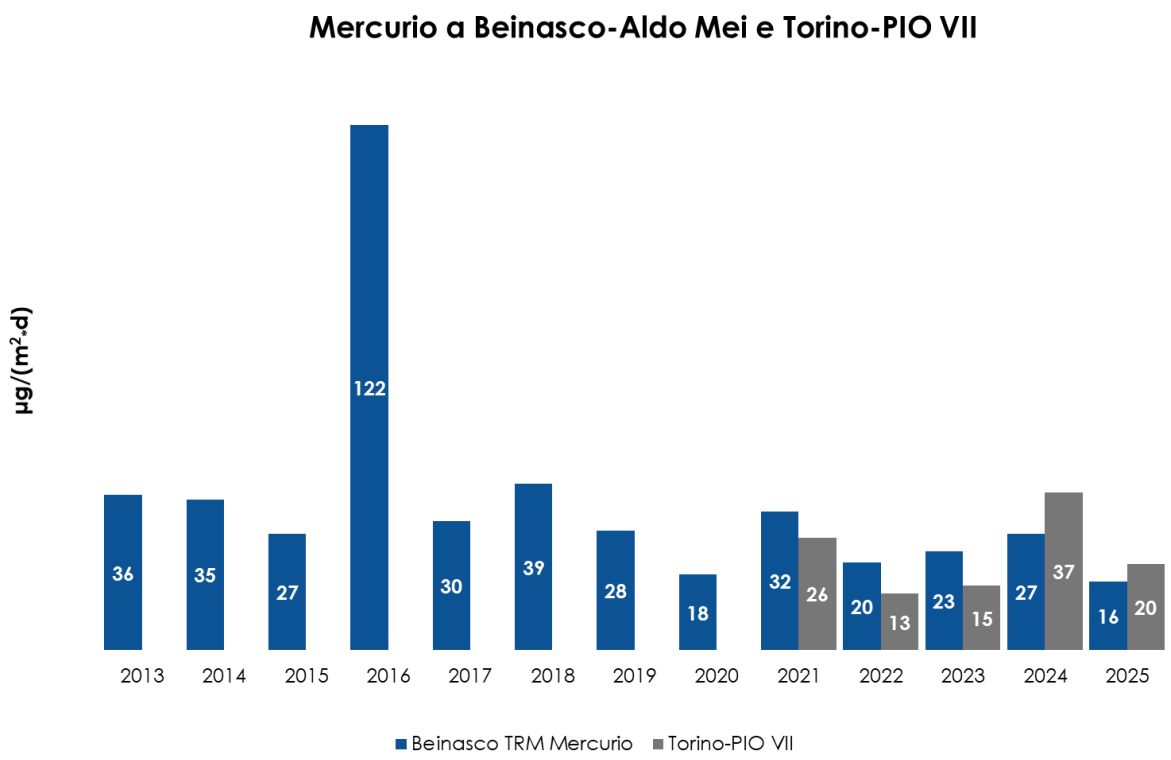



FIGURA 46: concentrazioni media annua di mercurio nelle deposizioni 2013-2025 di Beinasco – Aldo Mei e confronto con Torino Via Pio VII.

| Mese | Beinasco – Aldo Mei Mercurio ng/(m²·d) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Gennaio | 7 | 47 | 20 | 13 | 18 | 63 | 2 | 4 | 6 | 1 | ND | **6** | **3** |
| Febbraio | 22 | 99 | 7 | 15 | 27 | 23 | 12 | 6 | 3 | 7 | ND | **25** | **5** |
| Marzo | 39 | 22 | 26 | 57 | 17 | 38 | 23 | 6 | 1 | 7 | ND | **23** | **18** |
| Aprile | 78 | 22 | 20 | 50 | 23 | 49 | 38 | 6 | 33 | 23 | 9 | **79** | **17** |
| Maggio | 78 | 22 | 69 | 37 | 28 | 79 | 19 | 57 | 62 | 20 | 51 | **23** | **31** |
| Giugno | 8 | 38 | 55 | 21 | 37 | 69 | 16 | 34 | 88 | 95 | 40 | **55** | **25** |
| Luglio | 58 | 26 | 21 | 53 | 48 | 51 | 29 | 14 | 67 | 17 | 20 | **22** | **17** |
| Agosto | 50 | 26 | 29 | 35 | n.d. | 18 | 43 | 24 | 18 | 20 | 46 | **56** | **28** |
| Settembre | 10 | 30 | 27 | 22 | n.d. | 26 | 46 | 29 | 21 | 6 | 11 | **56** | **25** |
| Ottobre | 25 | 22 | 18 | 794 | n.d. | 23 | 28 | 15 | 16 | 8 | 3 | **30** | **5** |
| Novembre | 37 | 56 | 0 | 333 | n.d. | 33 | 59 | 6 | 57 | n.d. | 13 | **4** | **6** |
| Dicembre | 20 | 24 | 22 | 23 | 63 | 2 | 19 | 10 | 7 | n.d. | 12 | **4** | **12** |

TABELLA 41: dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013 – 2025.

# DETERMINAZIONE DI PCDD/PCDF E PCB PRESSO LA STAZIONE DI BEINASCO (TRM)

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***S. Possamai, ARPA Piemonte, Dipartimento Nord Ovest.***

## DESCRIZIONE

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

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

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

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

I policlorobifenili (PCB) sono composti chimici molto stabili, resistenti ad acidi e alcali e alla fotodegradazione, non sono ossidabili, non attaccano i metalli, sono poco solubili in acqua, ma lo sono nei grassi e nei solventi organici. Non sono infiammabili, evaporano a temperature comprese fra 170-380 °C e si decompongono solo oltre i 1.000˚C. Sono poco volatili, si possono distribuire su superfici formando sottili pellicole, hanno bassa costante dielettrica, densità maggiore dell'acqua, elevata lipoaffinità e sono scarsamente biodegradabili.

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

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

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

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

I TEF vengono calcolati confrontando l'affinità di legame dei vari composti organoclorurati con il recettore Ah, rispetto a quella della 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8- tetraclorodibenzodiossina), la più tossica, considerando l'affinità di questa molecola come il valore unitario di riferimento. Per esprimere la concentrazione complessiva di PCDD/PCDF e PCB nelle diverse matrici si è introdotto il concetto di tossicità equivalente (TEQ), che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni, espresse nell'unità di misura tipica della matrice in cui vengono ricercate.

Sono stati definiti nel tempo differenti fattori di tossicità che sono riportati in TABELLA 42 gli I-TEF (International TEF), utilizzati per l'espressione della concentrazione totale di PCDD/PCDF in campioni ambientali, e i WHO-TEF definiti per PCDD/PCDF e PCB dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS = WHO), utilizzati per i campioni alimentari e, nel caso dei PCB, per i campioni ambientali.

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

[1] NATO/CCMS: North Atlantic Treaty Organization/Committee on the Challenges of Modern Society.
International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxin and related compounds, 186, 1988
[2] WHO: World Health Organization
The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Van den Berg, M. et al. , ToxSci Advance Access published July 7, 2006.

TABELLA 42 : fattori di Tossicità Equivalente.

Il monitoraggio dei microinquinanti organici egli aeriformi viene realizzato con:

- campionatori ad alto volume (echo-puf) per il campionamento di polveri totali aerodisperse;
- deposimetri tipo bulk per la raccolta delle deposizioni secche e umide.

Il campionamento dell'aria è una tecnica che permette di valutare la quantità di microinquinanti in sospensione. Il prelievo viene condotto in conformità al metodo EPA TO9A "determination of polychlorinated, polybrominated and brominated/chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in ambient air". Gli strumenti utilizzati sono campionatori ad alto volume tipo echo puf; il prelievo viene realizzato aspirando e filtrando il flusso di aria su un dispositivo che permette di fermare gli inquinanti su un filtro e un adsorbente (PU foam) sia come particolato che in forma vapore.

Lo studio delle deposizioni simula la ricaduta degli inquinanti al suolo e tiene conto della valutazione della quantità di inquinante che si deposita su una determinata superficie (il risultato è infatti espresso in relazione all'area di quest'ultima).

Il deposimetro è composto da una bottiglia ed un imbuto in vetro pyrex, nel raccordo tra i due viene montato con uno stadio adsorbente (PU foam) attraverso cui percola la deposizione umida.

I prelievi alla cabina installata presso il giardino pubblico Aldo Mei nel comune di Beinasco sono iniziati a partire da ottobre 2012. In tale sito vengono determinate le deposizioni di PCDD/DF e PCB con un campionatore di tipo bulk e le concentrazioni degli stessi inquinanti in aria ambiente mediante prelievi con eco-puf. I campionamenti hanno cadenza mensile e durata di circa 30 giorni.




FIGURA 47: moduli di campionamento.

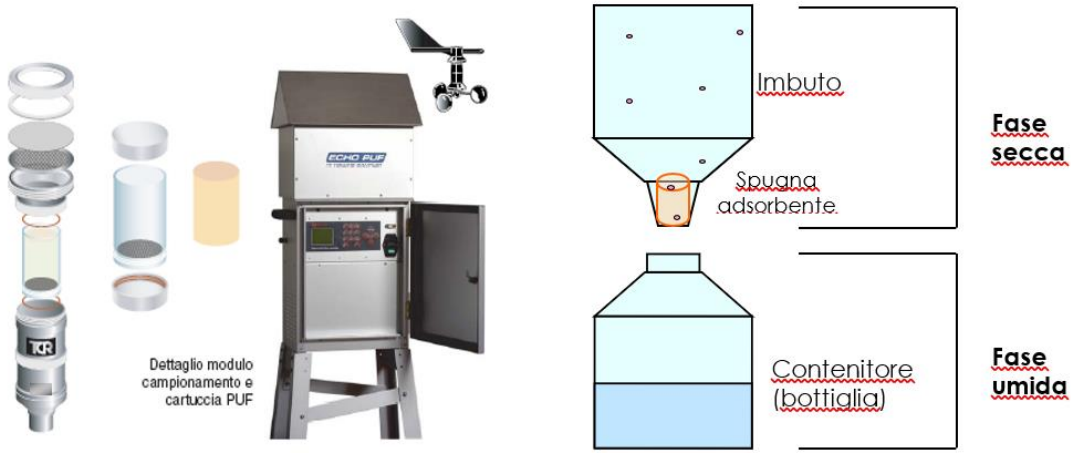



FIGURA 48: campionatore echo puf e deposimetro per la raccolta delle deposizioni secche e umide.

## ESAME DEI DATI

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

I PCB totali si riferiscono alla somma delle singole famiglie, da triclorobifenili ad octaclorobifenili.

## PCDD/DF e PCB in aria ambiente

Non sono al momento stati stabiliti né a livello europeo, né a livello nazionale o regionale valori limite o soglie di riferimento in qualità dell'aria. L'unico riferimento reperito in letteratura, esclusivamente per PCDD e PCDF nell'aria ambiente, sono le linee guida della Germania (LAI-Laenderausschuss fuer Immissiosschutz - Comitato degli Stati per la protezione ambientale) pari a 150 fg I-TEQ/$m^3$.

Le suddette linee guida individuano anche dei valori obiettivo di lungo periodo per il controllo dell'inquinamento atmosferico, con particolare attenzione alla valutazione degli inquinanti atmosferici cancerogeni in aria ambiente, e stabiliscono per la sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like, espressa con i fattori di tossicità WHO 2005, il valore di 150 fg WHO-TEQ/$m^3$. Non sono reperibili valori guida o di riferimento per i PCB totali.

Nella TABELLA 43 e nella FIGURA 49 sono riportate le medie annuali rilevate dal 2013 al 2025 per i parametri monitorati, i valori riportati sono stati calcolati come media delle concentrazioni rilevate e disponibili per le 12 mensilità.

| | PCDD/DF (fg I-TEQ $m^{-3}$) | PCB Dioxin Like (pg WHO-TEQ $m^{-3}$) | PCB Totale Famiglie (pg $m^{-3}$) | PCDD/DF+PCB DL (fg WHO-TEQ $m^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|
| **2013** | 36 | 0,00382 | 188 | 36 |
| **2014** | 24 | 0,00391 | 190 | 25 |
| **2015** | 24 | 0,00418 | 143 | 25 |
| **2016** | 15 | 0,00319 | 115 | 17 |
| **2017** | 16 | 0,00275 | 110 | 17 |
| **2018** | 11 | 0,00230 | 130 | 12 |
| **2019** | 12 | 0,00290 | 156 | 14 |
| **2020** | 13 | 0,00363 | 120 | 16 |
| **2021** | 18 | 0,00292 | 105 | 20 |
| **2022** | 8 | 0,00226 | 77 | 9 |
| **2023** | 8 | 0,00372 | 74 | 12 |
| **2024** | 10 | 0,00213 | 94 | 11 |
| **2025** | 8 | 0,00195 | 95 | 7 |

TABELLA 43: concentrazioni medie annuali di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente.

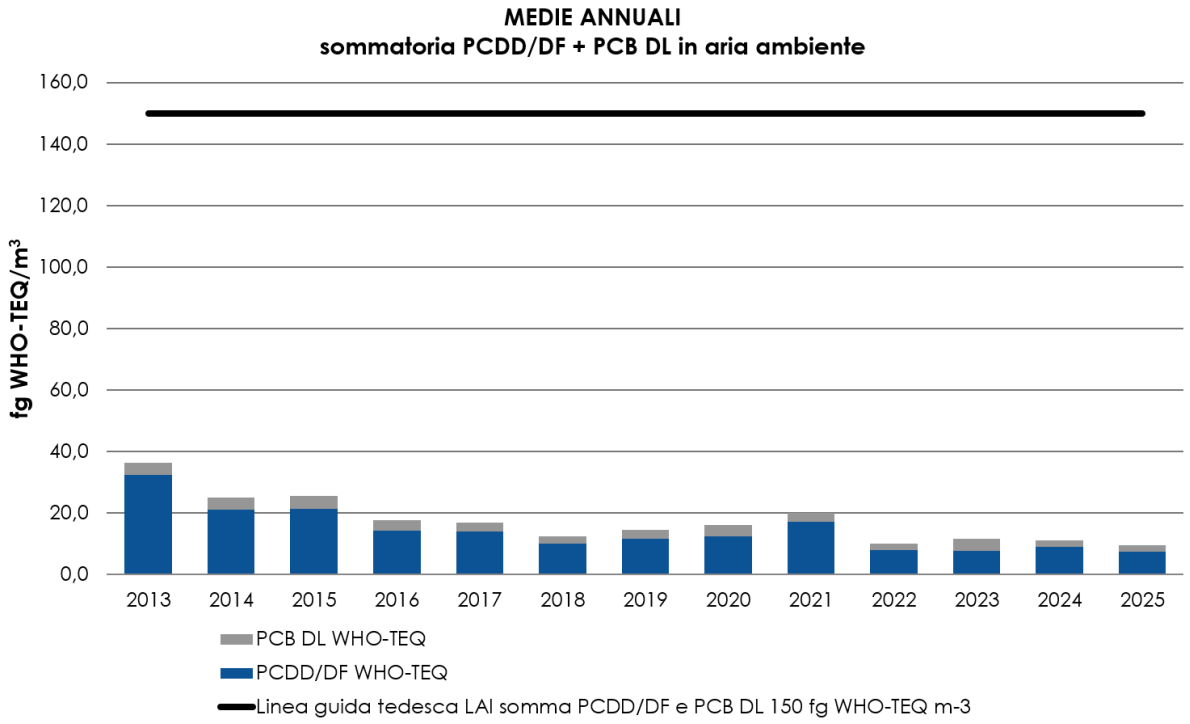



FIGURA 49: medie annuali sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente.

Nella FIGURA 50 viene riportato l'andamento della sommatoria PCDD/DF PCB dioxin like nelle singole mensilità degli anni dal 2017 al 2025, per il mese di ottobre 2023 non è disponibile la frazione relativa ai PCB a causa di problemi analitici.

Tutti i valori si posizionano ampiamente al di sotto delle linee guida definite dalla Germania sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like con un andamento che possiamo definire "stagionale" in modo particolare per la concentrazione di PCDD e PCDF che aumenta nei mesi invernali per poi scendere nei periodi primaverili ed estivi.

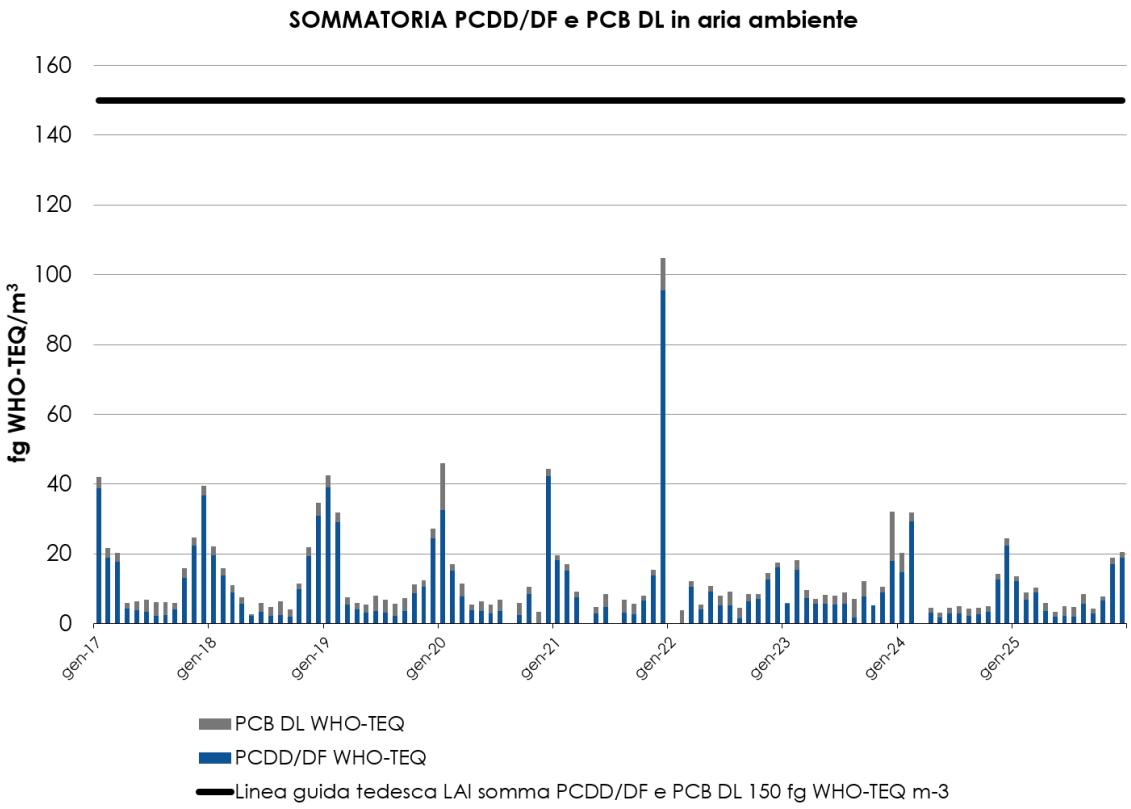



FIGURA 50: andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like in aria ambiente dal 2017.

Nella TABELLA 44 sono riportate le concentrazioni medie mensili di PCDD/DF e PCB determinate nei campioni di qualità dell'aria prelevati nel corso dell'ultimo anno (2025).

| | PCDD/DF (fg I-TEQ $m^{-3}$) | PCB Dioxin Like (pg WHO-TEQ $m^{-3}$) | PCB Totale Famiglie (pg $m^{-3}$) | PCDD/DF+PCB DL (fg WHO-TEQ $m^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|
| **Gennaio 2025** | 13,90 | 0,00148 | 54 | 13,5 |
| **Febbraio 2025** | 7,89 | 0,00208 | 86 | 8,9 |
| **Marzo 2025** | 9,19 | 0,00141 | 118 | 10,0 |
| **Aprile 2025** | 3,36 | 0,00234 | 104 | 5,9 |
| **Maggio 2025** | 1,95 | 0,00139 | 71 | 3,5 |
| **Giugno 2025** | 2,11 | 0,00278 | 97 | 5,0 |
| **Luglio 2025** | 1,83 | 0,00278 | 94 | 4,7 |
| **Agosto 2025** | 5,08 | 0,00278 | 104 | 8,4 |
| **Settembre 2025** | 2,92 | 0,00156 | 120 | 4,4 |
| **Ottobre 2025** | 7,17 | 0,00127 | 108 | 7,9 |
| **Novembre 2025** | 18,70 | 0,00187 | 105 | 19,0 |
| **Dicembre 2025** | 20,90 | 0,00169 | 82 | 20,6 |

ND: campione non disponibile.

TABELLA 44: concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB in aria ambiente per i mesi del 2025.

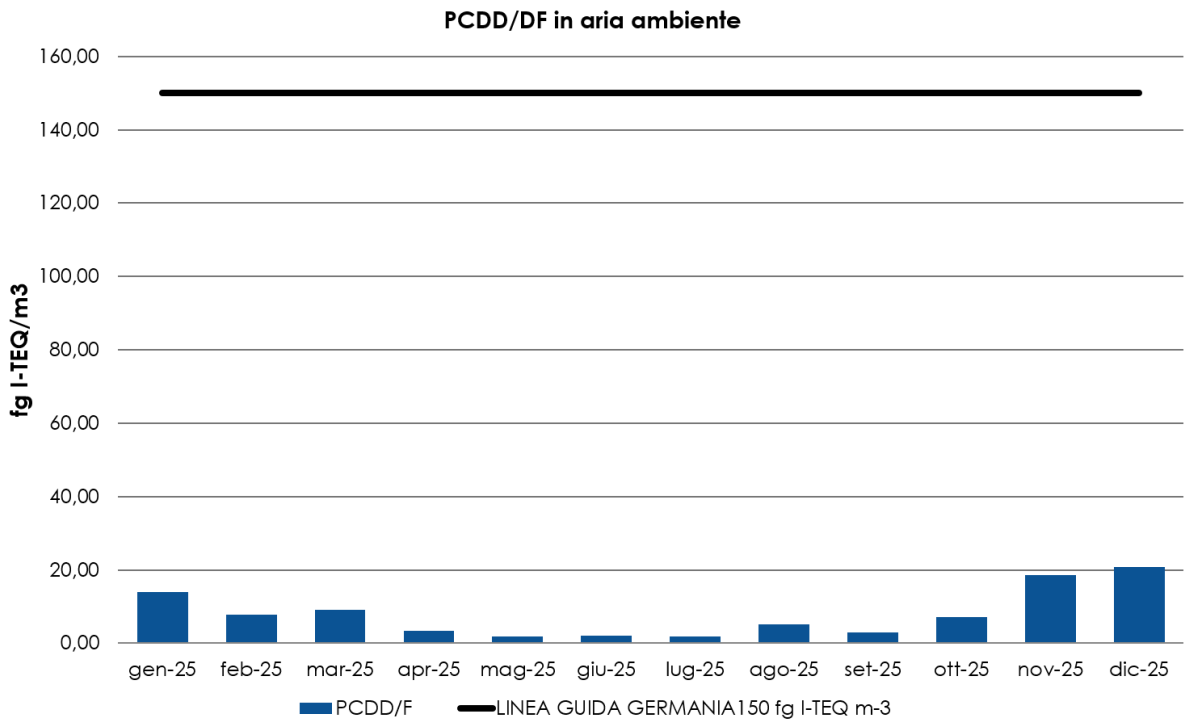



FIGURA 51: concentrazioni di PCDD e PCDF in aria ambiente anno 2025.

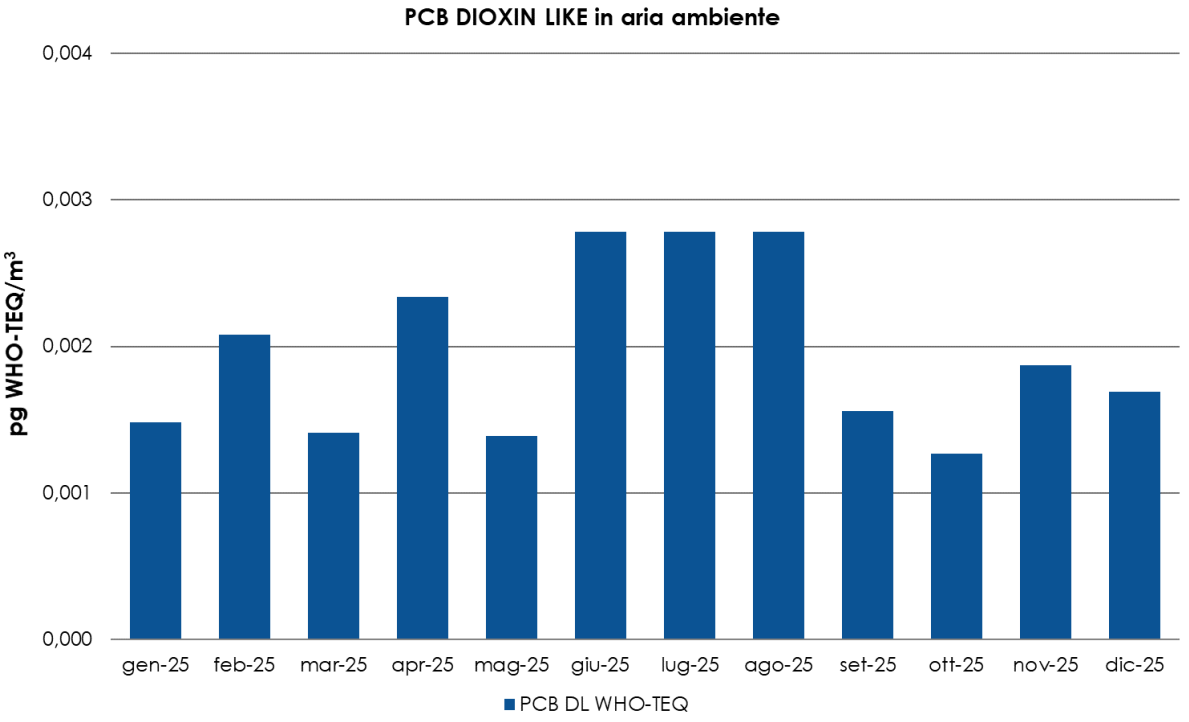



FIGURA 52: concentrazioni di PCB dioxin like in aria ambiente anno 2025.

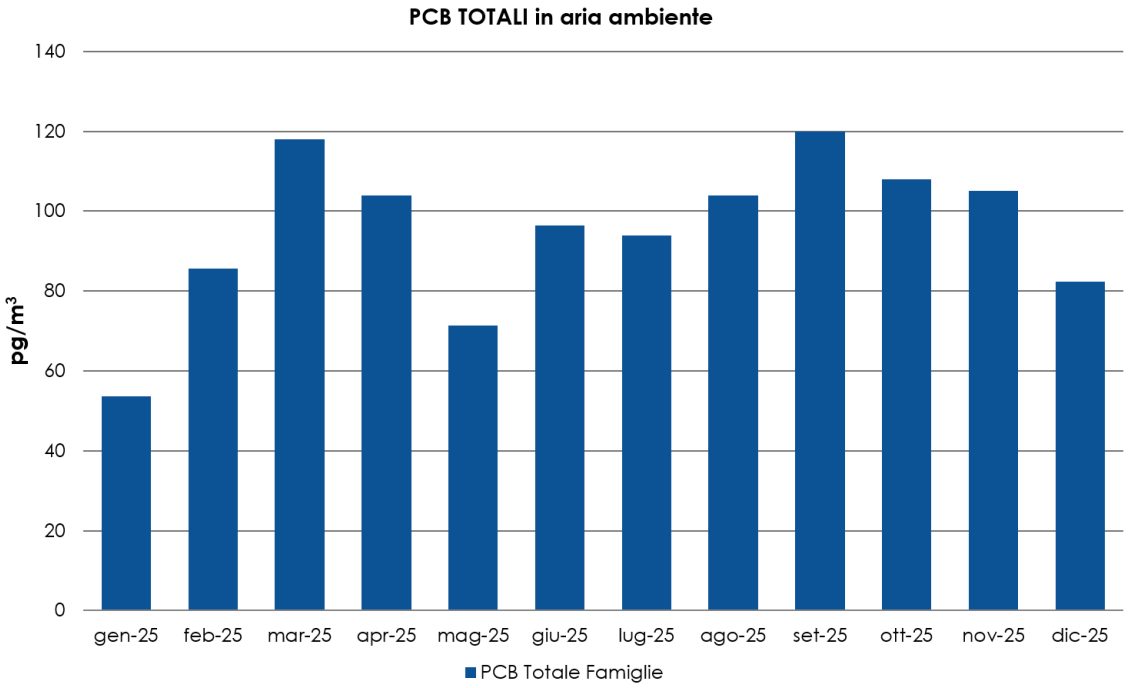



FIGURA 53: concentrazioni di PCB Totali in aria ambiente anno 2025.

## PCDD/DF e PCB nelle deposizioni atmosferiche

Anche per le deposizioni atmosferiche di PCDD/DF e PCB non sono fissati limiti di riferimento nella normativa attuale.

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

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

Per rispettare i citati valori di assunzione giornaliera, il Belgio, paese in cui la Commissione per la valutazione dei regolamenti ambientali (CEM) ha proposto un valore di Tolerable daily intake pari a 3 pg I-TEQ $kg^{-1}d^{-1}$ per PCDD/PCDF, ha individuato per le deposizioni di diossina i valori guida indicati nella TABELLA 45. A partire dal valore di intake settimanale di 14 pg WHO-TEQ/kg per la sommatoria PCDD/DF+PCBdl alcuni stati hanno effettuato valutazioni che hanno messo in relazione la dose giornaliera tollerabile (TDI) pari a 2 pg WHO-TEQ/kg di peso corporeo rispetto a valori di deposizione media mensile e/o annuale espressi in pg WHO-TEQ/$m^2$d.

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

TABELLA 45: proposta di valori guida per le deposizioni di diossina.

In letteratura, l'Istituto Superiore di Sanità (presentazione di Gaetano Settimo del 06/02/2014 presso il Ministero della Salute nell'ambito di "Salute e Rifiuti: ricerca, sanità pubblica e comunicazione" e del 05/06/2014 nell'ambito di un seminario sullo stato dell'arte delle Deposizioni Atmosferiche) cita anche altre valutazioni realizzate dal German Expert Group - LAI in Germania che ha definito per le deposizioni un valore di linea guida per la sommatoria di PCDD/DF e PCB dioxin like pari a: 4 pg WHO-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$ come media di lungo periodo.

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

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

Per questi ultimi due riferimenti la documentazione attualmente disponibile non chiarisce se si tratti di sommatorie da riferirsi al calcolo lower o medium bound, pertanto per le valutazioni assumiamo come valori di riferimento quelli indicati di seguito correlati all'assunzione giornaliera.

In considerazione della molteplicità di riferimenti sopra elencati, al fine di fare una valutazione delle concentrazioni riscontrate nel sito di monitoraggio prenderemo a riferimento:

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

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

In TABELLA 46 e FIGURA 54 si riportano i flussi di deposizione medi annui calcolati per i parametri PCDD/DF e PCB a partire dai dati mensili rilevati presso la stazione Aldo Mei di Beinasco.

| | PCDD/DF WHO-TEQ (pg WHO-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$) | PCB DL WHO-TEQ (pg WHO-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$) | PCDD/DF+PCB DL (pg WHO-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| **2013** | 2,81 | 0,94 | 3,75 |
| **2014** | 1,63 | 0,80 | 2,44 |
| **2015** | 2,52 | 0,86 | 3,37 |
| **2016** | 2,72 | 0,84 | 3,57 |
| **2017** | 2,49 | 1,27 | 3,77 |
| **2018** | 2,64 | 0,72 | 3,37 |
| **2019** | 4,13 | 0,83 | 4,96 |
| **2020** | 4,69 | 1,87 | 6,57 |
| **2021** | 4,45 | 3,21 | 7,66 |
| **2022** | 4,13 | 2,91 | 7,06 |
| **2023** | 3,30 | 3,32 | 6,61 |
| **2024** | 4,36 | 3,29 | 7,76 |
| **2025** | 4,46 | 2,85 | 7,31 |

TABELLA 46: concentrazioni MEDIE ANNUALI di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni.

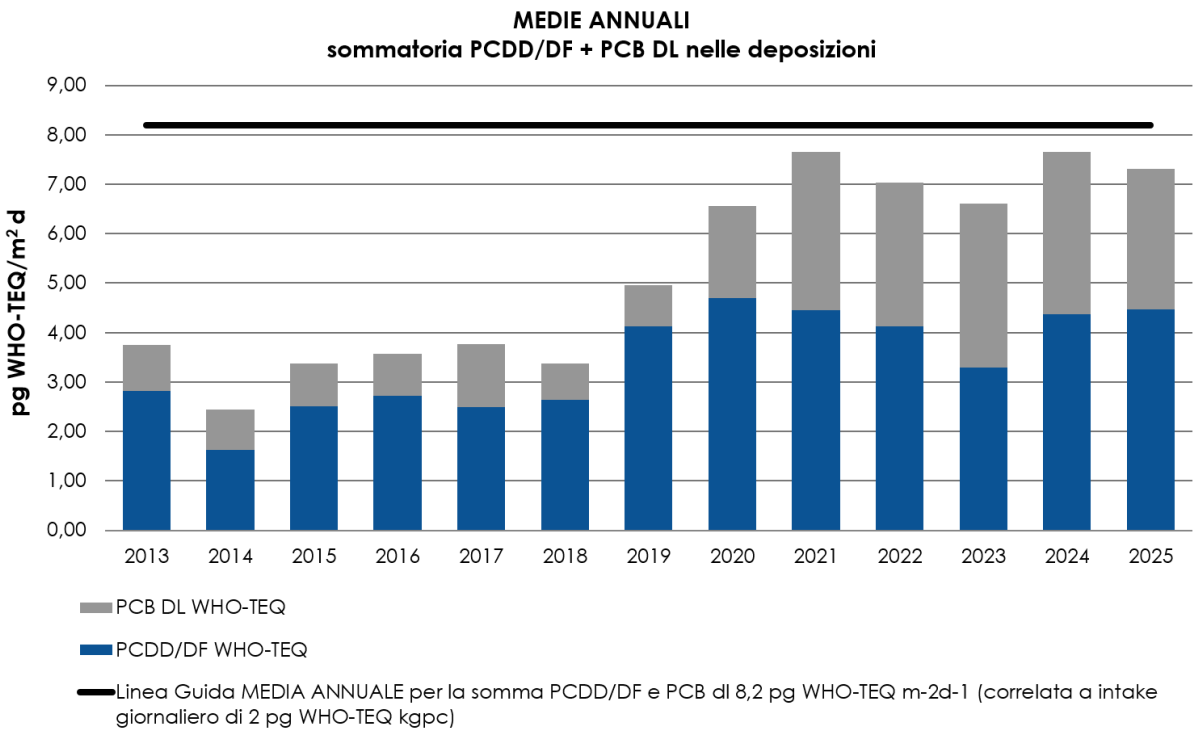



FIGURA 54: medie annuali della sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni.

Nella FIGURA 55 viene riportato l'andamento della sommatoria PCDD/DF PCB dioxin like nelle deposizioni atmosferiche delle singole mensilità degli anni dal 2017 al 2025. Tutti i valori mensili di deposizione si posizionano al di sotto delle linee guida sia per PCDD/DF che per la sommatoria PCDD/DF e PCB dioxin like.

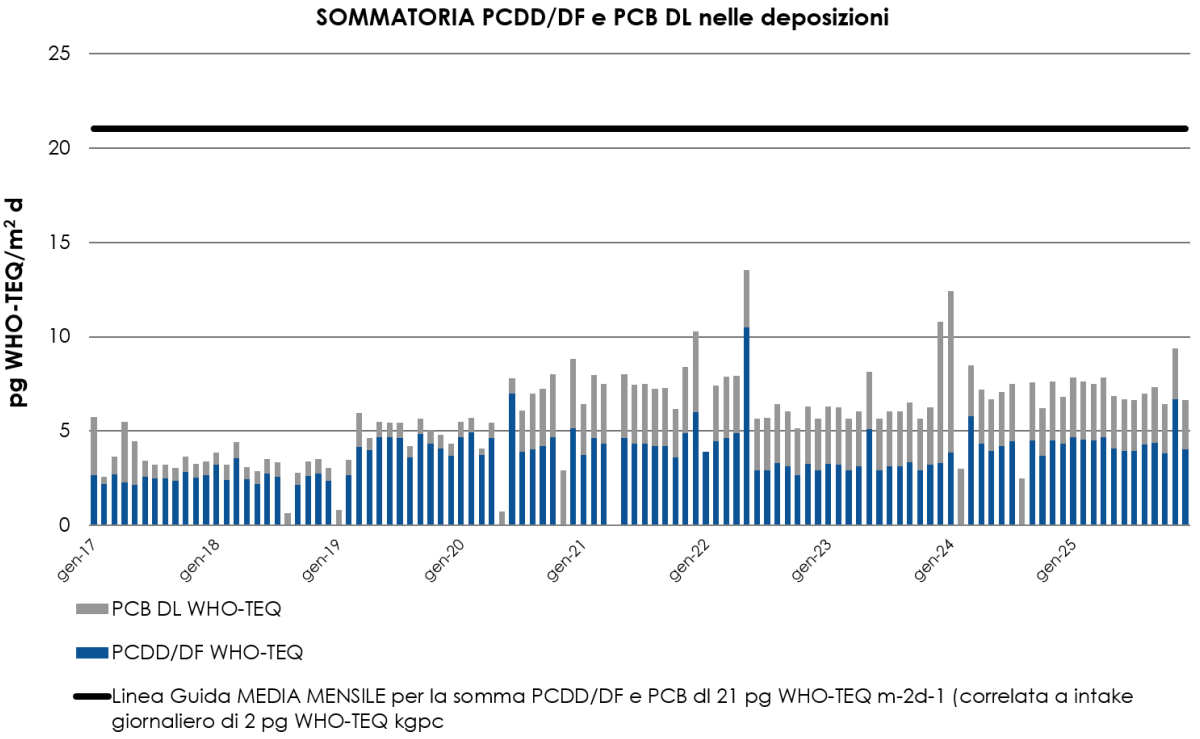



FIGURA 55: andamento sommatoria PCDD/DF + PCB dioxin like nelle deposizioni mensili dal 2017.

Nella tabella e nei grafici che seguono sono riportati gli esiti delle determinazioni analitiche relative a PCDD/DF e PCB realizzate nelle deposizioni atmosferiche prelevate nel corso dell'ultimo anno (2025).

| | PCDD/DF (pg I-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$) | PCB Dioxin Like (ng WHO-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$) | PCB Totale Famiglie (ng $m^{-2}$ $d^{-1}$) | PCDD/DF+PCB DL (pg WHO-TEQ $m^{-2}$ $d^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| Gennaio 2025 | 4,33 | 0,00318 | 7,6 | 7,84 |
| Febbraio 2025 | 4,21 | 0,00309 | 8,0 | 7,62 |
| Marzo 2025 | 4,20 | 0,00297 | 7,4 | 7,48 |
| Aprile 2025 | 4,33 | 0,00318 | 11,5 | 7,84 |
| Maggio 2025 | 3,77 | 0,00278 | 7,2 | 6,84 |
| Giugno 2025 | 3,68 | 0,00271 | 8,9 | 6,67 |
| Luglio 2025 | 3,67 | 0,00270 | 8,9 | 6,65 |
| Agosto 2025 | 4,02 | 0,00270 | 10,1 | 6,99 |
| Settembre 2025 | 4,05 | 0,00297 | 6,5 | 7,33 |
| Ottobre 2025 | 3,56 | 0,00261 | 4,7 | 6,44 |
| Novembre 2025 | 5,82 | 0,00270 | 5,5 | 9,40 |
| Dicembre 2025 | 3,79 | 0,00261 | 4,7 | 6,66 |

TABELLA 47: concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB nelle deposizioni atmosferiche.

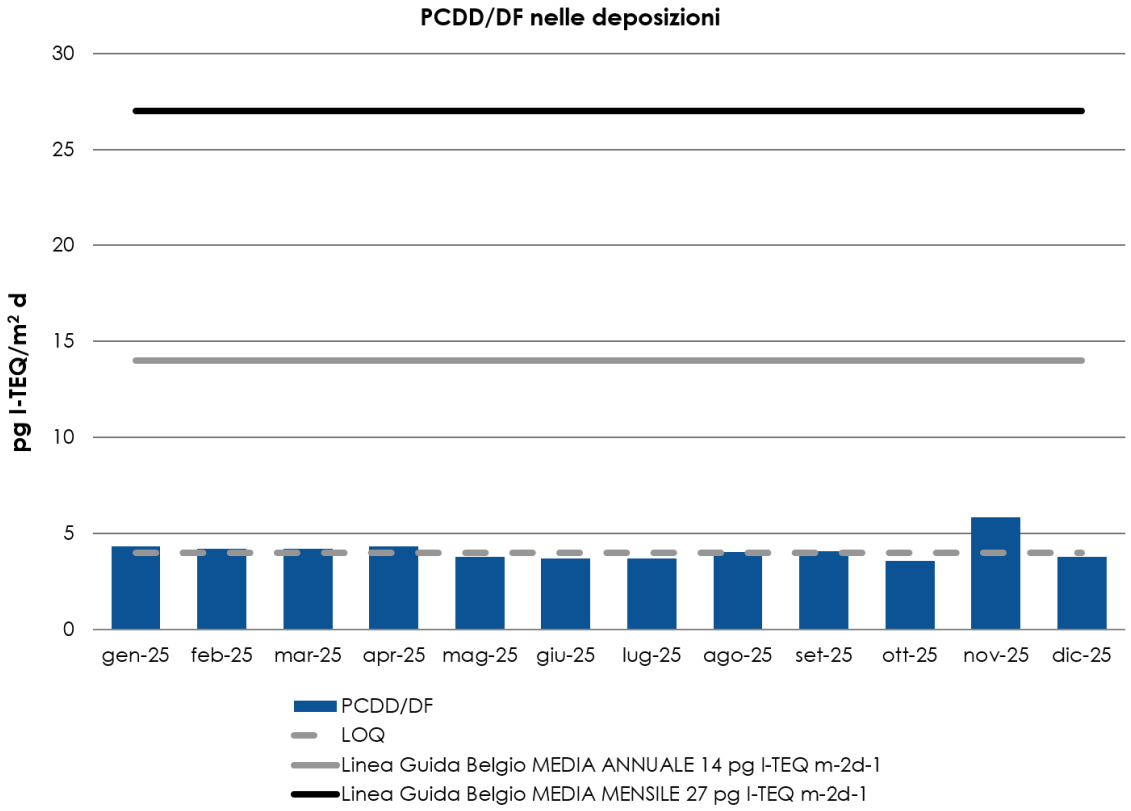



FIGURA 56: concentrazioni di PCDD e PCDF nelle deposizioni mensili anno 2025.

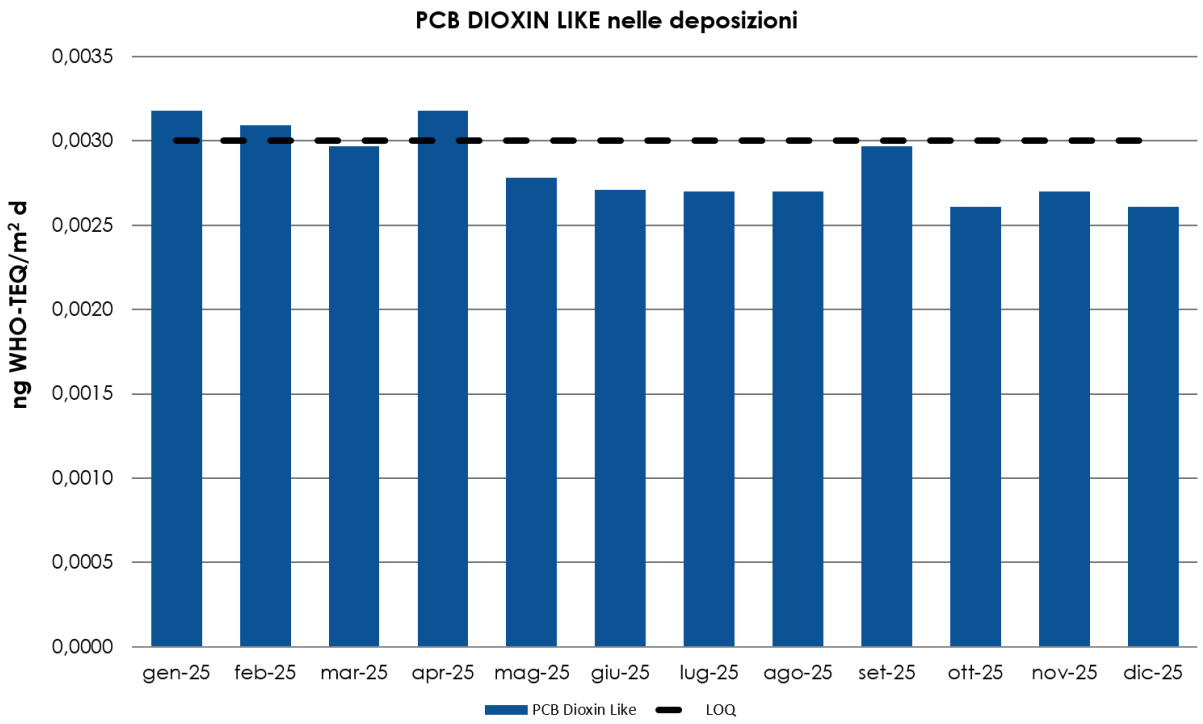



FIGURA 57: concentrazione di PCB DIOXIN LIKE nelle deposizioni mensili anno 2025.

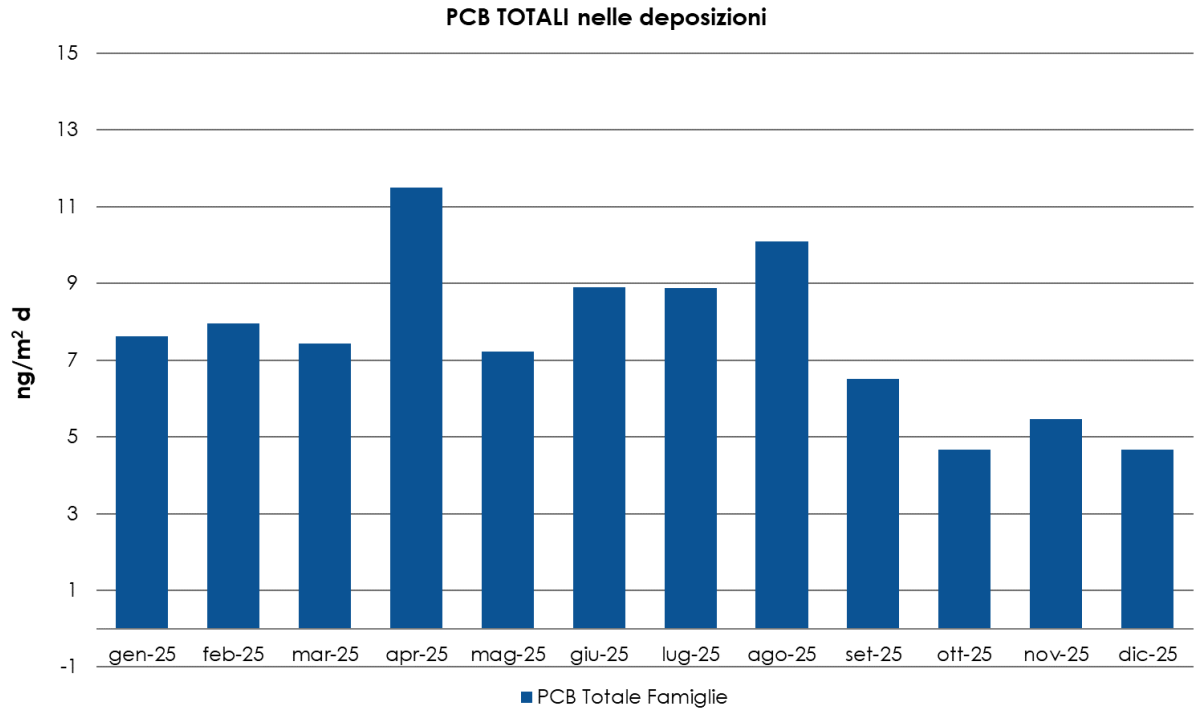



FIGURA 58: concentrazione di PCB TOTALI nelle deposizioni mensili anno 2025.

# CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2025

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***M. Nicolella, D. Gandini, S. Bande, Arpa PIEMONTE, Dipartimento Sistemi Previsionali***

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni d'inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2025, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, per dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto l'anno.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2025 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale [21] è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi come riferimento, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 2015-2024; invece per quanto riguarda i campi in quota, sono relativi al periodo 1991-2020 e derivano dalle re-analisi (note come "archivio ERA5") del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF).

Questa climatologia di 30 anni viene utilizzata come termine di paragone per le analisi climatiche correnti e viene quindi usata qui per tracciare una valutazione delle anomalie e interpretare la fenomenologia del 2025.

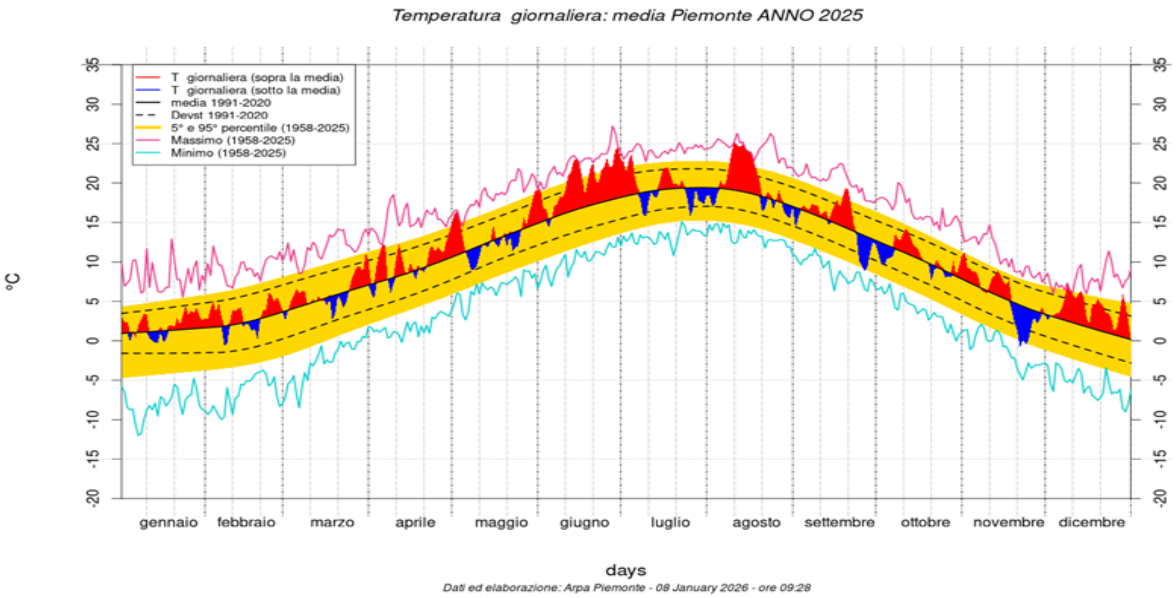



FIGURA 59: Andamento della temperatura media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2025 (valori riferiti ad un punto medio posto a 900 m di quota).

Nel complesso si osserva come l'anno 2025 in Piemonte è stato caratterizzato da una temperatura media annuale di circa 10,8°C, superiore di quasi 1°C rispetto al periodo climatico di riferimento (il trentennio 1991-2020, con una media climatologica di circa 9,9°C), posizionandosi al quinto posto tra gli anni più caldi nella distribuzione storica compresa tra il 1958 e il 2025, nella quale 4 dei primi 5 posti sono occupati dagli ultimi 4 anni.

Analizzando l'andamento giornaliero in FIGURA 59, notiamo come i periodi caratterizzati da anomalia positiva marcata e persistente siano avvenuti soprattutto nei mesi di giugno e dicembre e

[21] L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decametri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate generalmente è la pressione di 500 hPa o millibar. In pratica tali mappe sono simili alle carte della pressione ridotta al livello del mare, ma si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5'500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) e di "saccature" (simili a valli): i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isoipse"), muovendosi da ovest verso est alle nostre latitudini.

nella prima metà di agosto. Scostamenti termici negativi tra fine settembre e inizio ottobre e nell'ultima decade di novembre.

L'esame dei singoli mesi dell'anno conferma come Il contributo maggiore all'anomalia termica positiva sia stato dato dai mesi di giugno e dicembre risultati, rispettivamente, il secondo e il terzo più caldo della rispettiva distribuzione storica con scostamenti positivi di 3,4°C e 2,2°C TABELLA 48. Nessun mese ha avuto una temperatura inferiore alla norma. Giugno è stato anche il mese più caldo del 2025 mentre gennaio è stato quello più freddo TABELLA 48. Era dal 2002 che il primato di mese più caldo non spettava a giugno, negli anni successivi erano sempre stati luglio e agosto i mesi con le temperature mediamente più elevate.

| Temperatura media | Media (°C) | Anomalia (°C) | Posizione | Media in pianura (°C) |
|---|---|---|---|---|
| Gennaio 2025 | 2,1 | +0,8 | 14° più caldo | 3,4 |
| Febbraio 2025 | 3,3 | +1,1 | 21° più caldo | 5,2 |
| Marzo 2025 | 6,0 | +0,4 | 20° più caldo | 9,0 |
| Aprile 2025 | 10,1 | +1,4 | 5° più caldo | 13,2 |
| Maggio 2025 | 13,3 | +0,3 | 20° più caldo | 16,5 |
| **Giugno 2025** | **20,3** | **+3,4** | **2° più caldo** | **23,5** |
| Luglio 2025 | 19,4 | +0,1 | 26° più caldo | 22,8 |
| Agosto 2025 | 20,0 | +0,9 | 13° più caldo | 23,0 |
| Settembre 2025 | 15,2 | +0,4 | 26° più caldo | 17,9 |
| Ottobre 2025 | 10,6 | +0,3 | 23° più caldo | 12,7 |
| Novembre 2025 | 5,3 | +0,1 | 20° più caldo | 6,8 |
| **Dicembre 2025** | **4,1** | **+2,2** | **3° più caldo** | **5,3** |
| Anno 2025 | 10,8 | +1,0 | 5° più caldo | 13,3 |

TABELLA 48: Temperature medie mensili in Piemonte nell'anno 2025. Per ciascun mese è riportata la temperatura media sul Piemonte, l'anomalia delle temperature medie mensili in °C rispetto alla media 1991-2020, la posizione relativa rispetto al corrispondente mese più caldo o più freddo dell'intera serie storica ed il valore medio sulle località pianeggianti. In rosa (caldo) o azzurro (freddo) i mesi nelle prime 10 posizioni storiche, in grassetto quelli tra i primi tre.

Il giorno più caldo del 2025 è stato il 10 agosto con picco termico annuale ad Acqui Terme (AL) di 38,8°C. Invece le temperature minime più basse sono state registrate tra il 13 e il 15 gennaio 2025 con valore puntualmente più basso di -8,8°C a Castell'Alfero (AT) il 15 gennaio per le località situate a quota inferiore a 700 m. Curiosamente il giorno con la più bassa temperatura media dell'anno è stato il 21 novembre con -0,9°C sul territorio piemontese, in occasione di un evento di neve a bassa quota sul Cuneese.

Tra il 15 maggio e il 30 settembre nei capoluoghi si sono verificate da 5 a 7 ondate di calore, intese come almeno tre giorni consecutivi di caldo intenso: 6 ad Alessandria, Asti, Biella, Torino e Verbania, 7 a Cuneo e Novara e 5 a Vercelli. La prima ondata è iniziata già a fine maggio e si è verificata in tutti i capoluoghi.

Ecco il dettaglio delle ondate di calore su Torino città:

- dal 29/05 all'1/06
- dal 10/06 al 16/06
- dal 18/06 al 4/07
- dal 15/07 al 17/07
- dall'8/08 al 18/08
- dal 18/09 al 21/09.

Dal punto di vista delle precipitazioni annuali in Piemonte, il 2025 ha registrato una precipitazione media di 1113,8 mm, lievemente superiore di 84.3 mm (pari all'8%) alla norma del periodo 1991-2020 (TABELLA 49).

Aprile è risultato il mese più piovoso dell'anno con una precipitazione cumulata mensile di 227 mm e anche quello con la maggiore anomalia pluviometrica positiva del 110%. Invece febbraio è stato il mese più avaro di precipitazioni con soli 30,1 mm. Rilevante la carenza precipitativa nel bimestre autunnale di ottobre-novembre con deficit attorno al 60-70%. Comunque, 7 mesi su 12 hanno registrato precipitazioni superiori alla norma, determinando un lieve surplus precipitativo annuale.

A livello regionale il numero di giorni piovosi (considerati come giorno in cui la precipitazione è stata >5 mm) è stato di 71 contro i 54 medi del periodo 1991–2020 ovvero il 31% in più.

| Precipitazione | Anomalia pluviometrica (%) | Posizione nella distribuzione storica | Valore medio (mm) |
|---|---|---|---|
| Gennaio 2025 | +67 | 13 ° più piovoso | 77.1 |
| Febbraio 2025 | -31 | 25° meno piovoso | 30.1 |
| Marzo 2025 | +95 | 15° più piovoso | 123.7 |
| Aprile 2025 | +110 | 4° più piovoso | 227 |
| Maggio 2025 | -8 | nella media | 113.6 |
| Giugno 2025 | -50 | 7° meno piovoso | 47.4 |
| Luglio 2025 | +8 | 20° più piovoso | 71.9 |
| Agosto 2025 | +31 | 16° più piovoso | 99.7 |
| Settembre 2025 | +28 | 17° più piovoso | 129.5 |
| Ottobre 2025 | -63 | 12° meno piovoso | 43.1 |
| Novembre 2025 | -70 | 18° meno piovoso | 40.1 |
| Dicembre 2025 | +93 | 11° più piovoso | 110.5 |
| Anno 2025 | +8 | 26° più piovoso | 1113.8 |

TABELLA 49: Precipitazioni cumulate medie mensili sulla regione Piemonte. Per ciascun mese è riportata l'anomalia percentuale dalla norma 1991-2020, la posizione relativa rispetto al mese corrispondente più secco o più piovoso dell'intera serie storica. In rosa (secco) o azzurro (piovoso) i mesi nelle prime 10 posizioni storiche, in grassetto quelli tra i primi tre.

Merita una citazione il fatto che per il terzo anno solare consecutivo non si è verificata neppure una nevicata di rilievo a Torino città e neanche su diversi settori della pianura piemontese.

Dal punto di vista anemometrico, durante l'anno la regione è stata interessata da 65 giorni di foehn contro i 66 medi (quindi prossimi alla norma del periodo 2000-2020), con una prevalenza nel mese di luglio con 13 episodi.

Gli episodi di nebbia ordinaria (visibilità inferiore a 1 km) sono stati leggermente inferiori alla climatologia recente del periodo 2004-2024, con 113 giorni annuali e 120 attesi dalla norma climatica. Soltanto 4 gli episodi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m), solo un quinto dei 20 calcolati dalla media climatica. Il 2025 è l'anno con il minor numero di giorni di nebbia fitta da quando è stata installata la rete dei visibilimetri Arpa nel 2004.

## IL CLIMA DEL 2025

### Gennaio

In Piemonte gennaio 2025 ha avuto una temperatura media di circa 2,1°C, con un'anomalia termica positiva di 0,8°C rispetto alla media del periodo 1991-2020, ed è risultato il 14° mese di gennaio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 68 anni.

Tra i giorni 13 e 14 gennaio 2025 una circolazione depressionaria con minimo tra la Tunisia e il basso Tirreno ha convogliato flussi di aria fredda e secca da est, nordest sul territorio piemontese (FIGURA 60).

Il cielo si è mantenuto sereno in entrambe le giornate che sono risultate le più fredde dell'anno sul Piemonte per quanto riguarda i valori termici minimi; nei settori pianeggianti le temperature minime più basse del 2025 sono state raggiunte all'alba del 15 gennaio con -4,4°C medi e picco negativo di -8,8°C a Castell'Alfero (AT).

Anche nei capoluoghi di provincia i valori minimi annuali di temperatura sono stati registrati a gennaio, tra il 13 e il 15, tranne a Cuneo dove il picco negativo si è verificato il 23. Il valore più basso, pari a -7,7°C, è stato registrato ad Asti.

Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni di gennaio 2025 sono state superiori alla norma degli anni 1991-2020, con 77,1 mm medi ed un surplus di 30,9 mm (pari al 67%), gennaio 2025 si è posizionato al 13° posto tra i corrispondenti mesi più ricchi di precipitazione valutati dal 1958 al 2025.

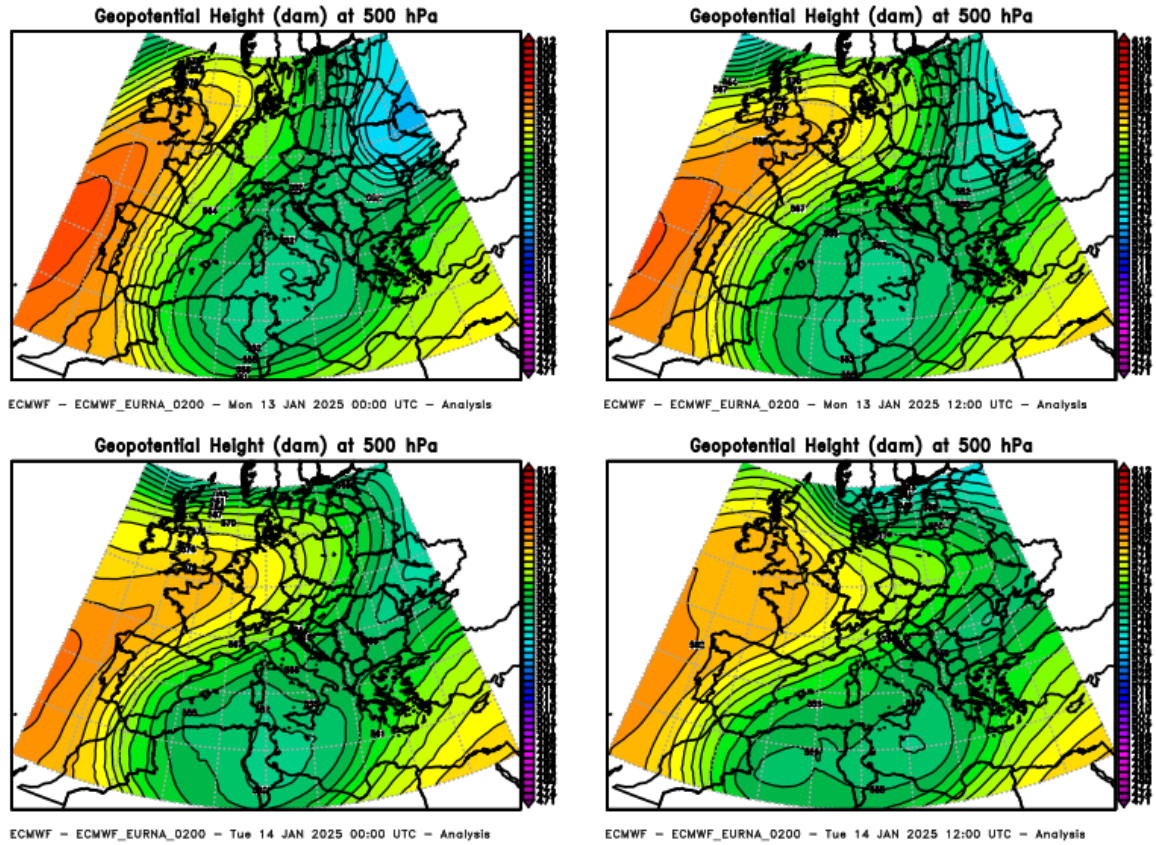



FIGURA 60: Evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 00 UTC del 13 gennaio 2025 e le 12 UTC del 14 gennaio 2025, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

### Febbraio

In Piemonte febbraio 2025 ha avuto una temperatura media di circa 3,3°C, con un'anomalia termica di 1,1°C rispetto alla media del periodo 1991-2020, è risultato il 21° febbraio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 68 anni.

Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state pari a 30,1 mm, risultando inferiori alla norma degli anni 1991-2020, con un deficit di -13,6 mm (-31,1%) che ha reso tale mese il meno piovoso dell'annata 2025. Inoltre, nella classifica dei mesi di febbraio meno ricchi di precipitazione si pone al 25° posto serie storica valutata dal 1958.

È stato il mese dell'anno 2025 con più giorni di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m); precisamente 3 episodi sui 4 annuali totali, in un'annata particolarmente povera di eventi nebbiosi di rilevanza.

### Marzo

Nel mese di marzo 2025 in Piemonte le precipitazioni sono state superiori alla norma degli anni 1991-2020, con 123,7 mm medi e un surplus di 60,4 mm (pari al 95%); marzo 2025 si pone al 15° posto tra i corrispondenti mesi più piovosi degli ultimi 68 anni.

Dal punto di vista termico a marzo 2025 la temperatura media In Piemonte è stata di circa 6°C, con un'anomalia termica positiva di 0,4°C rispetto alla norma del periodo 1991-2020. È risultato il 20° mese di marzo più caldo dal 1958.

### Aprile

Come affermato in precedenza, in tale mese le precipitazioni sono state superiori alla media, con 227 mm ed un surplus precipitativo di 118,7 mm (pari al + 110%). È risultato il 4° mese di aprile più piovoso nella distribuzione storica dal 1958 in poi e anche il mese più piovoso dell'anno 2025.

Analizziamo l'intenso evento pluviometrico del 15-17 aprile, nel corso del quale si è verificato il giorno più ricco di precipitazioni dell'anno 2025, il 16 aprile con 73,1 mm medi sul territorio piemontese.

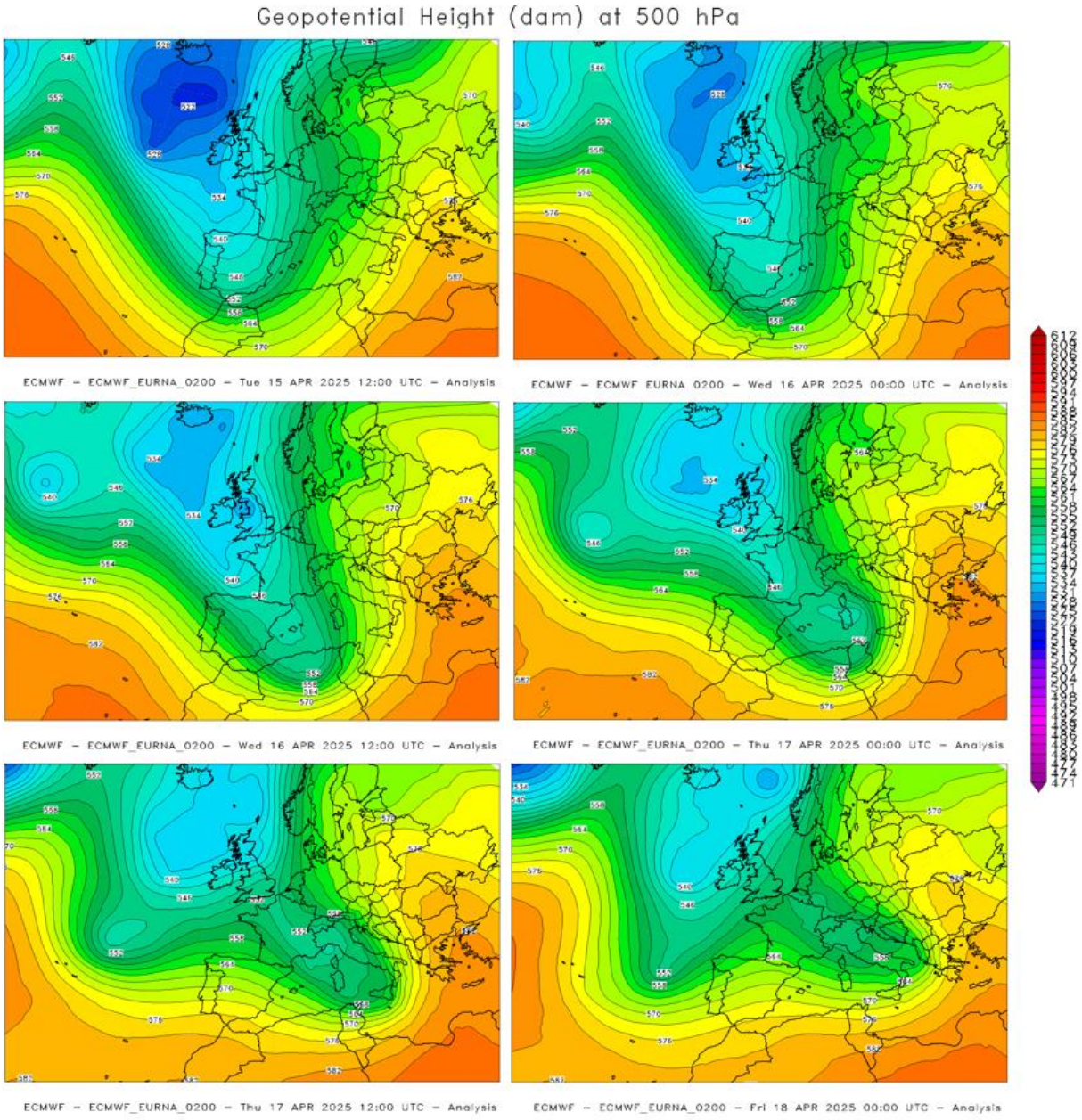



FIGURA 61: Evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) 500hPa ogni 12 ore,dalle 12 UTC di martedì 15 aprile alle 00 UTC di venerdi 18 aprile 2025. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

Tra martedì 15 e giovedì 17 aprile 2025 la depressione, denominata "Hans" dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, si è approfondita sul Mediterraneo centro-occidentale determinando una fase fortemente perturbata sull'Italia nord-occidentale.

Si può osservare il progressivo spostamento e approfondimento della saccatura, associata ad una massa d'aria di origine polare marittima ed estesa inizialmente dall'Islanda fino alle coste nordafricane, sul Mediterraneo occidentale e poi centrale. Lo spostamento verso est della saccatura è stato in parte ostacolato dalla persistenza di un promontorio anticiclonico che si protendeva dal Mediterraneo orientale verso l'Est Europa fino alla Russia, andando a creare una configurazione di blocco. Tra le due strutture si è creato un marcato gradiente barico in quota, in particolare tra mercoledì 16 e giovedì 17, che ha generato un flusso molto intenso di Scirocco diretto verso le Alpi nordoccidentali. Questo flusso ha insistito per diverse ore sulle medesime zone, trasportando aria carica di umidità verso i rilievi alpini più esposti.

Nelle ore a cavallo tra mercoledì 16 e giovedì 17, inoltre, il fronte freddo associato alla depressione è avanzato sul Mediterraneo verso l'Italia, accompagnato dall'ingresso dell'aria più fredda nei bassi strati dal Golfo del Leone. Questa dinamica ha causato una rapida ciclogenesi sul Golfo Ligure FIGURA 62, con l'approfondimento di un minimo barico che ha raggiunto nella notte valori inferiori a 995 hPa al livello del mare.

Nella seconda parte della giornata di giovedì 17 aprile, la depressione ha iniziato a spostarsi verso est-nordest e a colmarsi parzialmente (come si può vedere nell'ultima scadenza della FIGURA 62). Questo ha portato a un contestuale colmamento del minimo barico e a una generale attenuazione dei flussi atmosferici, con lo spostamento del fronte più a est.

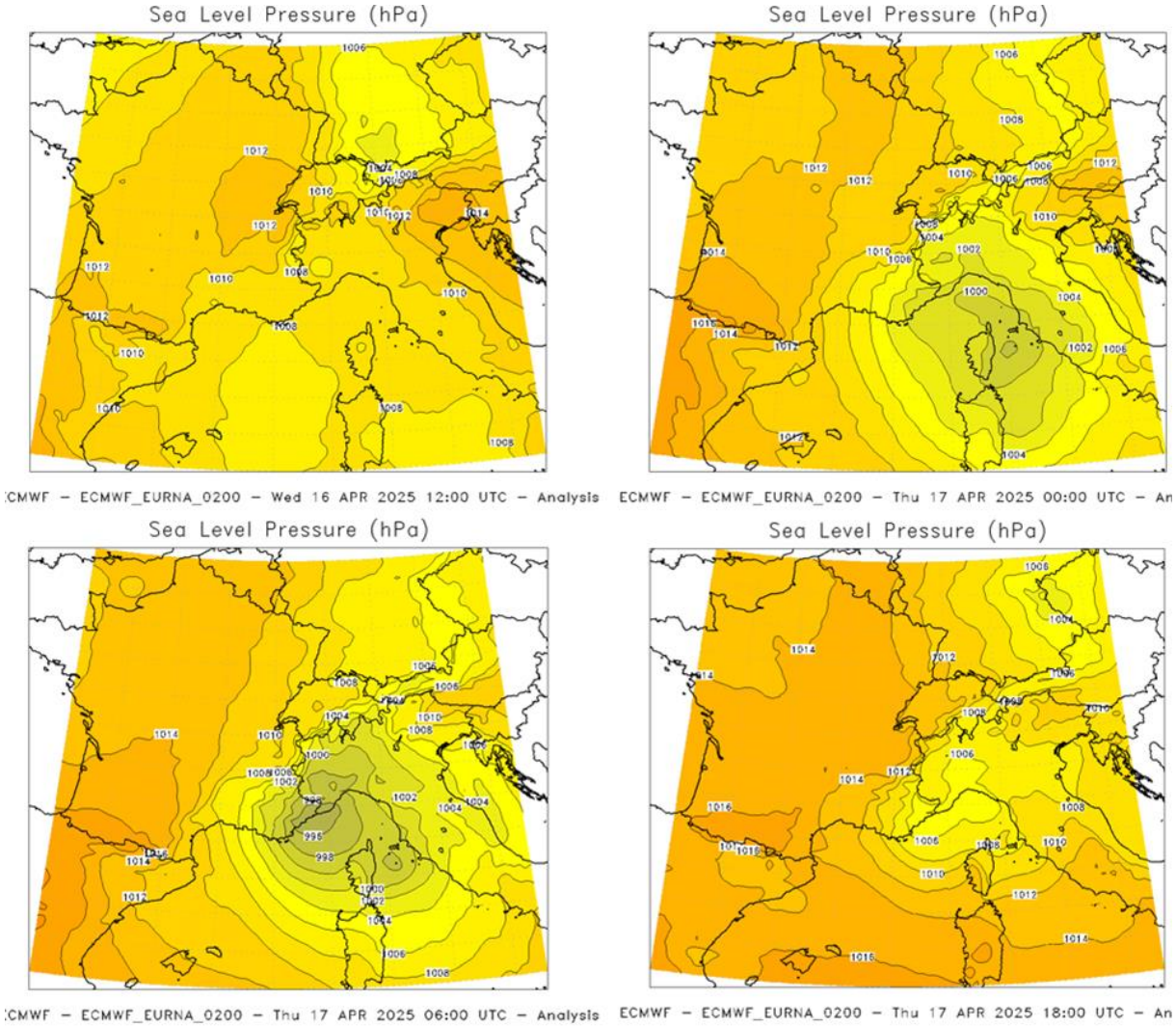



FIGURA 62: Pressione al livello del mare (in hPa), alle 12 UTC di mercoledì 16 e alle 00, 06 e 18 UTC di giovedì 17 aprile 2025. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

Nel complesso, la fase perturbata ha portato precipitazioni eccezionali su diverse aree della regione, in particolare sui settori montani e pedemontani tra la Val di Susa e il Verbano-Cusio-Ossola e localmente anche su alcune aree delle colline del Torinese.

Le precipitazioni cumulate totali dell'evento hanno raggiunto valori notevoli e in alcuni casi da record, con quantità diffusamente sopra i 300 mm nelle zone interessate dalle precipitazioni più intense e picchi fino a circa 500 mm. Da rilevare inoltre che questi quantitativi sono stati raggiunti in gran parte nel giro di 36-48 ore, tra mercoledì 16 e giovedì 17.

Il 16 aprile 2025 con 73,1 mm ed è risultato il terzo giorno di aprile più piovoso della serie storica dal 1958, superato solo dai 75 mm del 1° aprile 1981 e dai 73,3 mm del 27 aprile 2009. È stato anche il giorno più piovoso dell'anno a Biella e Asti mentre a Torino la massima precipitazione giornaliera del 2025 si è verificata il giorno successivo.

In FIGURA 63 è rappresentata la precipitazione cumulata dell'intero evento del 15-17 aprile. Gli accumuli più consistenti e superiori ai 300 mm, con picchi maggiori di 550 mm, si sono verificati nelle aree montane e pedemontane del Torinese, Biellese, Vercellese e Verbano. Invece, nelle aree appenniniche, al confine con la Liguria, sono stati registrate precipitazioni cumulate superiori ai 150 mm. In generale, su tutto il Piemonte la precipitazione cumulata totale è stata diffusamente superiore ai 100 mm; solamente in alcune aree del Cuneese, nelle pianure del Torinese e sull'Alessandrino sono stati registrati valori di pioggia cumulata inferiori ai 100 mm.

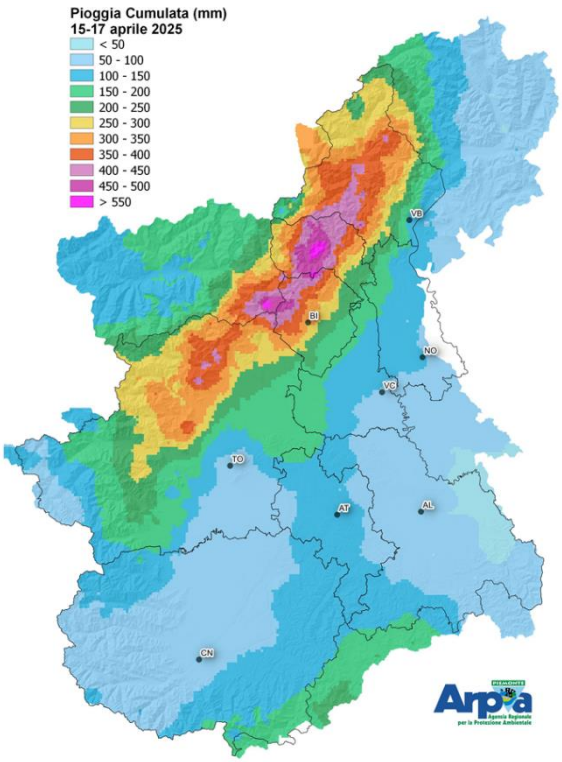



FIGURA 63: Precipitazione cumulata dei giorni 15-17 aprile 2025.

Le precipitazioni forti e localmente molto forti, che hanno interessato il Piemonte a partire dal pomeriggio di martedì 15 aprile, hanno generato importanti onde di piena sui corsi d'acqua del reticolo idrografico principale e secondario.
Sono state registrate frane e diffusi allagamenti su buona parte della regione. Le aree più colpite sono state le zone pedemontane comprese tra Pinerolese, Val Susa, valli di Lanzo, Canavese, Biellese, Val Sesia e Valle Ossola.
Si sono verificate forti nevicate in montagna. In generale, le precipitazioni sono state a carattere nevoso sopra i 1800-2000 metri sui versanti più esposti al flusso di Scirocco, mentre nelle vallate più interne e riparate la neve è scesa fino a quote decisamente inferiori, come in alta Val di Susa dove si è spinta temporaneamente fino a 1000-1200 m.
Ad alta quota, le nevicate sono state molto abbondanti. Nell'arco di 48 ore sui settori alpini piemontesi, nei giorni compresi tra mercoledì 16 e giovedì 17 aprile, si sono registrati valori medi di 120-140 cm di neve fresca a 2500 m.
Dal punto di vista termometrico, in Piemonte aprile 2025 ha avuto una temperatura media di circa 10,1°C, con un'anomalia termica positiva di 1,4°C rispetto alla media del periodo 1991-2020 ed è risultato il 5° mese di aprile più caldo nella distribuzione storica dal 1958 in poi. Tuttavia, non si sono verificate temperature di particolare eccezionalità.

## Maggio

Nel mese di maggio 2025 in Piemonte sono caduti mediamente 113,6 mm di precipitazione, con un deficit precipitativo di soli 9,5 mm (- 7,7 % circa) rispetto alla norma climatica del periodo 1991-2020.

La temperatura media è stata pari a circa 13,3°C, con una lieve anomalia termica positiva di 0,3°C rispetto alla norma del periodo 1991-2020.

Nel ventesimo giorno di questo mese si è verificato il giorno più piovoso dell'anno a Cuneo città, quando una circolazione depressionaria è transitata dai Pirenei verso l'alto Tirreno, attraversando anche il golfo del Leone e il mar Ligure nel corso del suo moto.

### Giugno

In Piemonte giugno 2025 ha avuto una temperatura media di circa 20,3°C, con un'anomalia termica positiva di quasi 3.4°C rispetto alla media del periodo 1991-2020, ed è risultato il secondo mese di giugno più caldo degli ultimi 68 anni, dopo giugno 2003.

Giugno è stato anche il mese più caldo del 2025: era dal 2002 che il primato di mese più caldo non spettava a giugno; negli anni successivi erano sempre stati luglio e agosto i mesi con le temperature mediamente più elevate.

Tra il 28 e il 29 giugno 2025 un'area di alta pressione di matrice africana ha avuto i suoi massimi barici sul territorio piemontese o in zone molto prossime; è stato rilevante il livello dello zero termico, arrivato a 5100-5200 m su valori da primato per il mese. In particolare, a Novara Cameri lo zero termico si è attestato a 5243 m alle 00 UTC del 29 giugno mentre il radiosondaggio di Cuneo Levaldigi delle 12 UTC dello stesso giorno ha registrato 5104 m. Il 28 giugno è stato anche il giorno più caldo dell'anno a Novara e Verbania.

In questo mese le precipitazioni sono state inferiori alla norma degli anni 1991-2020, con 47,4 mm medi e un deficit di -47,1 mm (pari al -49,8 %); giugno 2025 si pone al settimo posto tra i meno piovosi a partire dal 1958.

Nell'ultimo giorno del mese l'alta pressione ha mostrato I primi segni di cedimento e un afflusso di aria più fresca in quota ha fatto gradualmente diminuire lo zero termico fino a 4200-4300 m e causato instabilità temporalesca sull'arco alpino piemontese. In particolare, a Bardonecchia un temporale intenso di breve durata ha causato una colata detritica che ha interessato il torrente Frejus; l'esondazione e l'accumulo della colata detritica sono avvenuti principalmente nell'abitato di Bardonecchia, coinvolgendo pesantemente la viabilità cittadina e gli edifici e, purtroppo, causando una vittima.

In occasione di tale evento temporalesco si è verificata anche la più intensa raffica di vento nei capoluoghi, a Verbania con 22,5 m/s (81,0 km/h).

### Luglio

In Piemonte luglio 2025 ha registrato valori termo-pluviometrici prossimi alla norma climatica del periodo 1991-2020.

Ha avuto una temperatura media di circa 19,4°C, con una lieve anomalia termica positiva di 0,1°C; il 3 e il 4 luglio ad Alessandria si è verificato il giorno più caldo dell'anno.

La precipitazione media mensile è stata di 71,9 mm, con un leggero surplus precipitativo di 5,5 mm (corrispondente al +8%).

Si sono verificate 13 giornate con foehn che rappresentano il valore più alto dal 2000; è stato il mese dell'anno 2025 con più episodi favonici.

### Agosto

Sul territorio piemontese agosto 2025 ha registrato una temperatura media di circa 20°C, con un'anomalia termica positiva lieve di 0,9°C rispetto alla climatologia del periodo 1991-2020, risultando il 13° mese di agosto più caldo dal 1958. In tale mese si è verificato il giorno più caldo dell'anno sul Piemonte.

Il 10 agosto 2025 un'alta pressione era estesa dal nord-Africa a tutta l'Europa centromeridionale, con un nucleo di aria calda che si protendeva da Marocco e Portogallo verso la Francia e il nord-Italia, attorno ad una modesta bassa pressione in quota, con aria moderatamente più fresca, sul Mediterraneo occidentale, tra le Baleari e le coste algerino-tunisine.

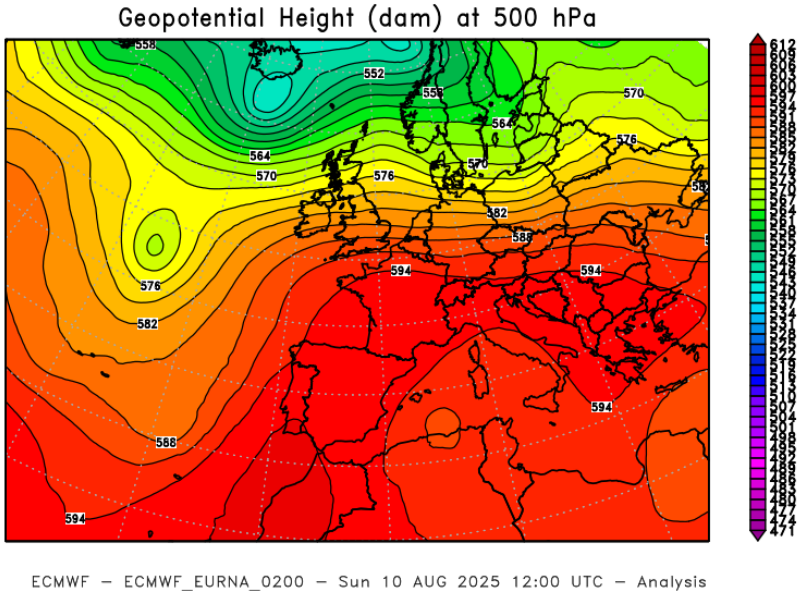



FIGURA 64: Altezza di geopotenziale a 500 hPa alle ore 12 UTC del 10 agosto 2025. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

Sul Piemonte si sono verificate condizioni di tempo stabile e soleggiato, con temperature sopra la norma climatica di circa 7°C. Il 10 agosto 2025 è risultato il giorno più caldo dell'anno con una media di quasi 35°C delle temperature massime sulle zone pianeggianti e picco termico annuale ad Acqui Terme (AL) con 38,8°C.

La giornata si è inserita all'interno di un'ondata di calore durata una dozzina di giorni circa sul Piemonte, dall'8 al 19 agosto; in tale periodo è stata registrata la temperatura annuale più elevata il 10 agosto ad Asti, Biella e Torino, il 13 agosto a Cuneo ed il 15 agosto a Vercelli.

Dal punto di vista pluviometrico ha avuto una precipitazione media di 99,8 mm, con un surplus precipitativo di 23,6 mm (pari al 31%) rispetto alla norma degli anni 1991-2020, ed è risultato il 16° mese di agosto più piovoso degli ultimi 68 anni.

Tra mercoledì 27 e venerdì 29 agosto 2025 precipitazioni forti e localmente molto forti hanno interessato il territorio regionale, con picchi più elevati nelle zone nord-orientali. Inoltre, si sono verificati rovesci e temporali molto forti sull'Alessandrino al confine con la Liguria. Il 28 agosto è stato il giorno più piovoso dell'anno ad Alessandria, Novara, Vercelli e Verbania.

### Settembre

A settembre 2025 in Piemonte le precipitazioni sono state superiori alla norma degli anni 1991-2020, con 129,5 mm medi ed un surplus di +28 mm (+27,5%). È stato il diciassettesimo mese di settembre più ricco di precipitazioni degli ultimi 68 anni.

Tra il 21 e il 23 settembre si è verificato un intenso evento pluviometrico in cui sull'Alessandrino si sono sviluppati i picchi di precipitazione più elevati dell'anno.

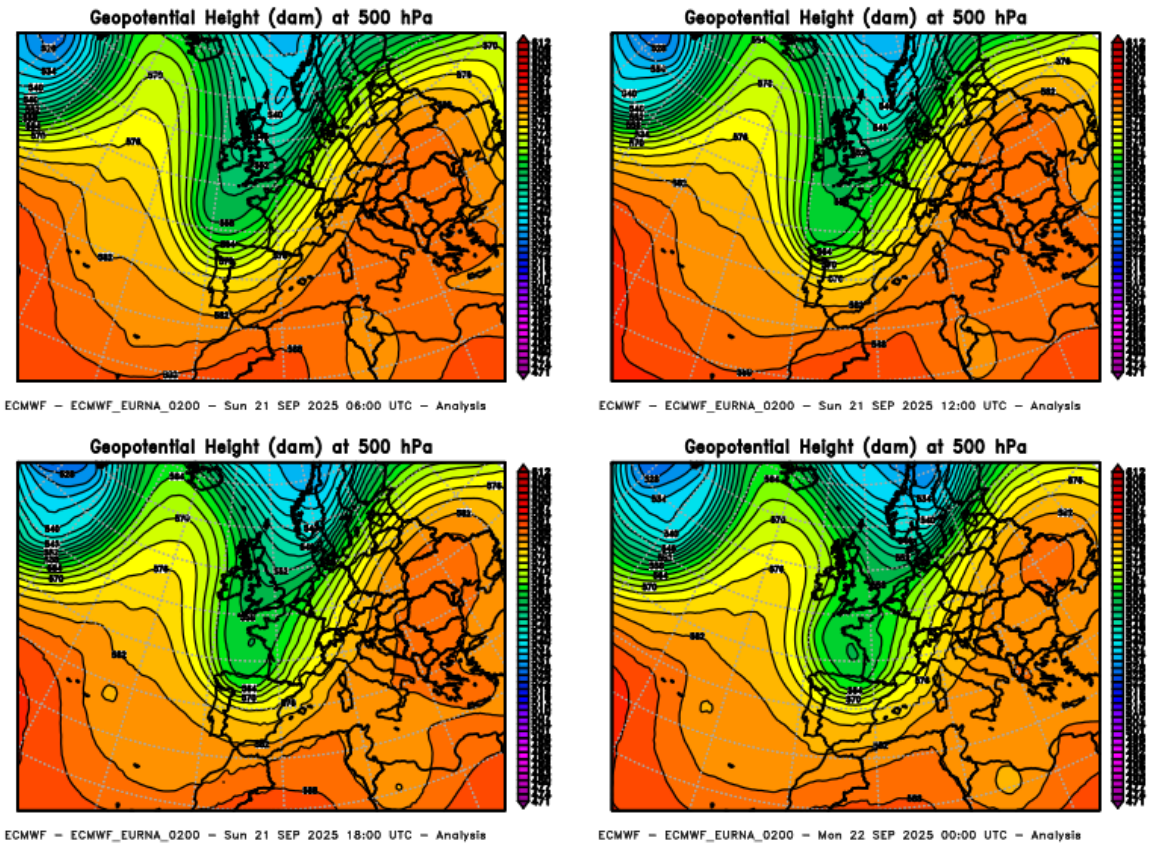



FIGURA 65: Evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le 06 del 21 settembre 2025 e 00 UTC del 22 settembre 2025, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

Nella giornata di domenica 21 settembre 2025 si evidenziava un'ampia saccatura con asse esteso dal mare di Norvegia fino alla penisola iberica, evoluta in nottata in una circolazione chiusa con minimo sul golfo di Biscaglia. A est era presente un vasto promontorio anticiclonico che ostacolava l'avanzata verso oriente della saccatura FIGURA 65).

In tale configurazione barica il Piemonte è stato investito da un intenso flusso di aria umida da sudovest negli alti strati atmosferici mentre a bassa quota era presente un flusso dai quadranti meridionali sul basso Piemonte, da nordest sul Piemonte settentrionale e da est in Lombardia. I temporali e le precipitazioni più intense si sono sviluppati in corrispondenza della convergenza delle masse d'aria o della loro risalita orografica in prossimità dei rilievi. Pertanto, i picchi precipitativi più elevati sono stati registrati sull'Appennino alessandrino al confine con il Savonese e, in misura inferiore, sulla fascia pedemontana occidentale e settentrionale. A Pareto in provincia di Alessandria alle 23:10 UTC si è registrato il massimo picco orario del 2025 in Piemonte con 88.5 mm.

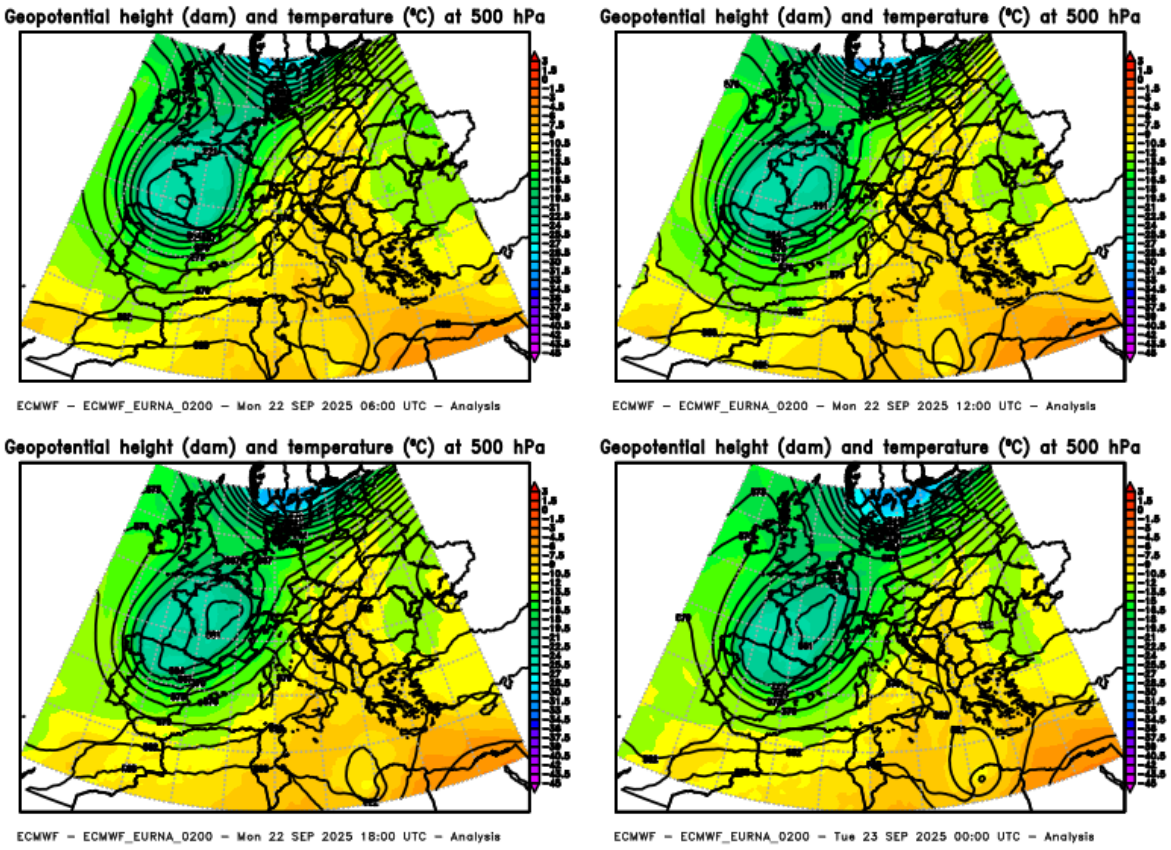



FIGURA 66: Evoluzione di altezza di geopotenziale (dam, isolinee) e temperatura (°C, colori) a 500 hPa tra le 06 UTC del 22 settembre 2025 e 00 UTC del 23 settembre 2025. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

Il 22 settembre 2025 il nucleo della depressione si è portato dal golfo di Biscaglia verso la Francia, avvicinandosi all'arco alpino piemontese e convogliando aria fredda instabile sul Piemonte FIGURA 66. Le prime ore di tale giornata sono state quelle in cui le precipitazioni hanno raggiunto i picchi più elevati nel corso dell'evento pluviometrico in esame, sempre sull'Appennino alessandrino interessato da un temporale semi-stazionario, con 152,9 mm/3h a Ovada, 294,3 mm/6h e 330,8 mm/12h ancora a Pareto; tali valori rappresentano I massimi dell'anno 2025 su tali intervalli orari.

Martedì 23 settembre 2025 la depressione francese si è approfondita e ha continuato a convogliare aria fredda instabile sul Piemonte FIGURA 67, con un calo dello zero termico dai 3100 m ai 2500-2600 m sul settore nord e dai 3600 m ai 3000 m a sud. Rovesci e temporali hanno interessato per l'intera giornata il Piemonte nordoccidentale e settentrionale. Grandinate diffuse sono state osservate in corrispondenza dei fenomeni più intensi. In particolare, in serata una violenta cella temporalesca, originatasi intorno alle 17:30 UTC nel Pinerolese, è transitata sulla fascia pedemontana della Città metropolitana di Torino, dando luogo a grandinate sul suo percorso che si è concluso sul Canavese intorno alle 19:30 UTC.

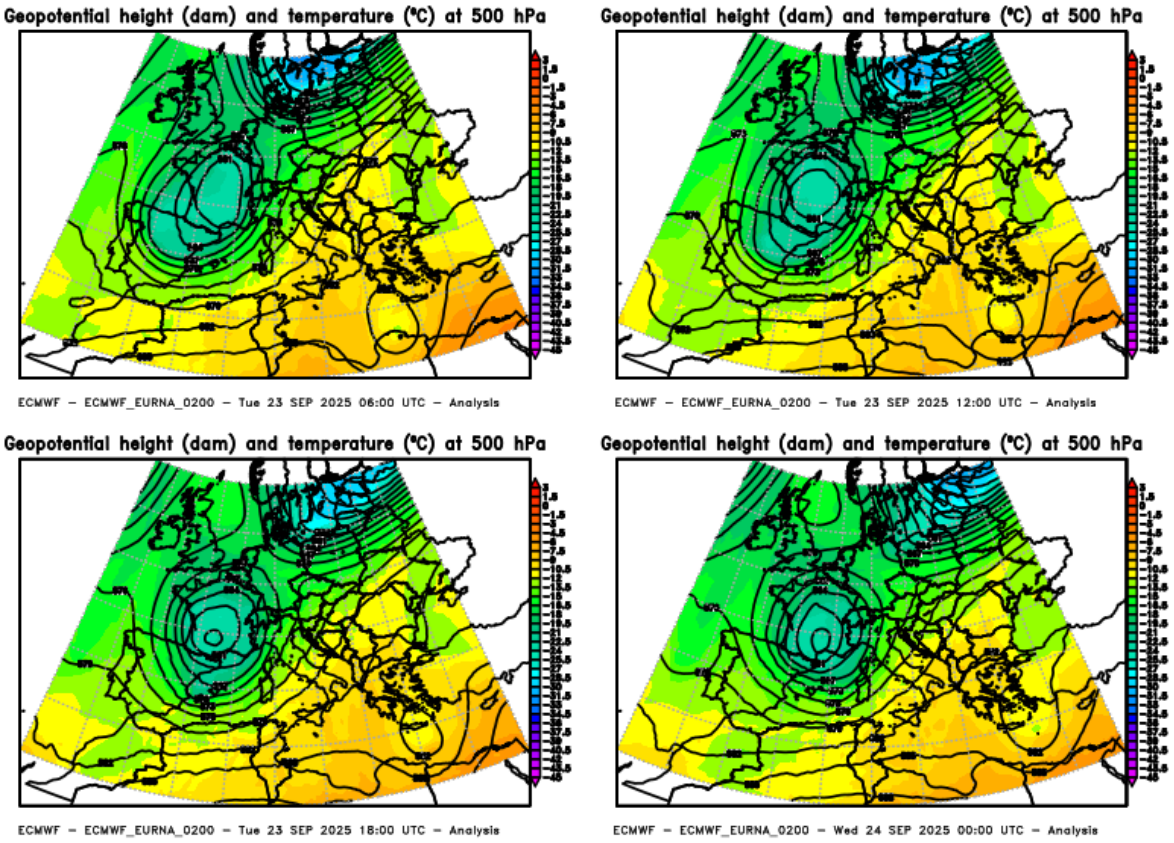



FIGURA 67: Evoluzione di altezza di geopotenziale (dam, isolinee) e temperatura (°C, colori) a 500 hPa tra le 06 UTC del 23 settembre 2025 e 00 UTC del 24 settembre 2025. Elaborazione ARPA Piemonte su dati ECMWF.

In FIGURA 68 è rappresentata la precipitazione cumulata su tutta la regione nell'intero evento del 21-23 settembre. Gli accumuli più consistenti si sono verificati nell'Alessandrino, al confine con la Liguria, con valori superiori a 300 mm. Sono state registrate piogge diffusamente superiori a 150 mm nel Verbano e nell'alto Vercellese e a 100 mm nel Biellese e nelle aree pedemontane del Torinese (in particolare alto Canavese). Nelle restanti zone le precipitazioni totali sono state generalmente comprese tra 20 mm e 60 mm.

Le piogge forti e localmente molto forti, verificatesi al confine con la Liguria a partire dalla sera di domenica 21 settembre, hanno interessato in particolare i bacini della Bormida di Spigno e dell'Erro i cui contributi hanno generato una significativa onda di piena della Bormida presso la sezione di Cassine.

Anche I principali effetti al suolo si sono concentrati nel settore sud-orientale della Regione, in particolare nell'Alessandrino al confine con la Provincia di Savona con l'attivazione di alcuni dissesti legati alla dinamica fluviale, torrentizia e di versante.

Dal punto di vista termometrico in Piemonte settembre 2025 ha avuto una temperatura media di circa 15,3 °C, con un'anomalia di circa +0,4°C rispetto alla norma climatica del periodo 1991-2020.

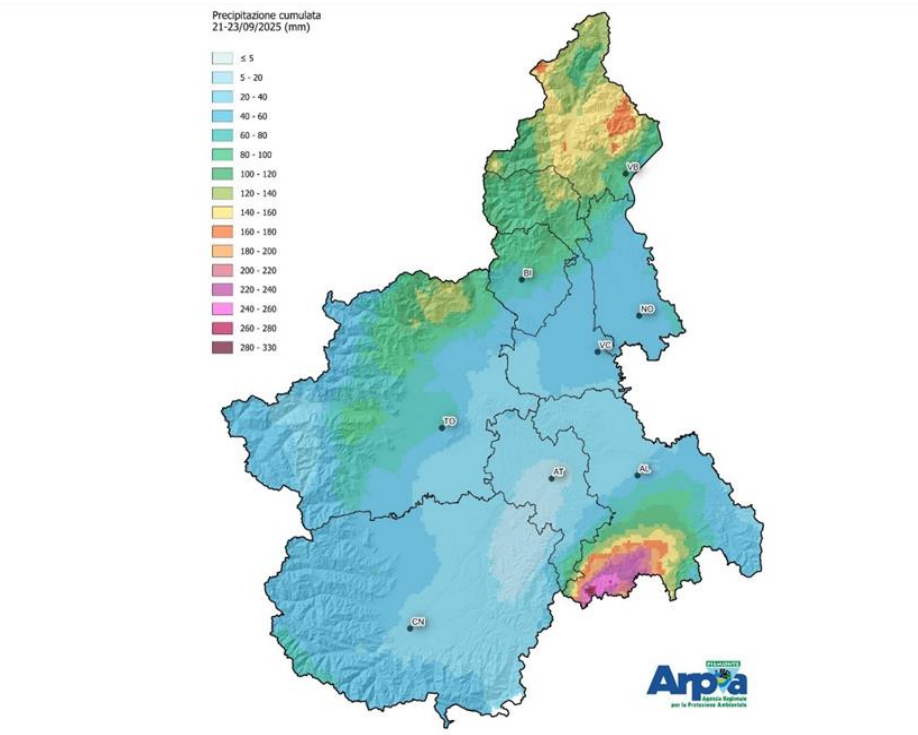



FIGURA 68: Precipitazione cumulata dei giorni 21, 22 e 23 settembre 2025.

### Ottobre

In Piemonte ottobre 2025 ha avuto una precipitazione media di 43,1 mm sul territorio piemontese, con un deficit pluviometrico di 73 mm (-63 %) (rispetto alla norma degli anni 1991-2020), e si pone al 12° posto tra i corrispondenti mesi meno piovosi degli ultimi 68 anni. Ha avuto una temperatura media di circa 10,6°C, con un'anomalia termica positiva di soltanto 0,3°C rispetto alla norma climatica del periodo 1991-2020, ed è risultato il 23° più caldo dell'intera serie storica dal 1958.

Il 27 ottobre si è verificato il primo valore termometrico negativo dell'autunno nei capoluoghi di provincia ad Asti con -1,3°C.

### Novembre

In Piemonte novembre 2025 ha registrato una temperatura media di circa 5,3°C, con una lieve anomalia termica positiva di 0,1°C rispetto alla norma climatica del periodo 1991-2020, risultando il 20° mese di novembre più caldo dal 1958.

Inoltre, novembre 2025 ha avuto una precipitazione media di 40,1 mm, con un deficit pluviometrico di 92,8 mm (pari al 70%) rispetto alla norma degli anni 1991-2020, e si pone al 18° posto tra i corrispondenti mesi meno piovosi degli ultimi 68 anni.

Nonostante la poca precipitazione caduta, il 21 novembre 2025 si è verificato un episodio di neve a bassa quota sul Cuneese.

Da una saccatura artica si è isolata una bassa pressione secondaria che era localizzata sulla Costa Azzurra alla mattina del 21 novembre 2025 (FIGURA 69 in alto) e si è spostata tra la Corsica e la Sardegna nella seconda parte di tale giornata ( FIGURA 69 in basso).

A tale circolazione depressionaria era associato un nucleo di aria fredda che ha determinato valori termici inferiori alla norma sul Piemonte che ha registrato una temperatura media di -0,9°C; il 21 novembre 2025 è risultato il giorno mediamente più freddo dell'anno meteorologico 2025. La depressione ha anche determinato precipitazioni sul Piemonte centro-meridionale, più intense in serata sul Cuneese sudoccidentale, maggiormente esposto alla risalita orografica delle correnti da nordest. Le precipitazioni hanno avuto carattere nevoso anche a bassa quota; il livello delle nevicate si è attestato sui 200-400 m sui rilievi meridionali e sui 600-800 m su quelli occidentali. Gli accumuli più significativi sono stati registrati su Alpi Marittime (da 60 a 90 cm oltre 1500 m di quota) e Liguri (40-50 cm). Segnalati 15-20 cm anche su Cuneo città.

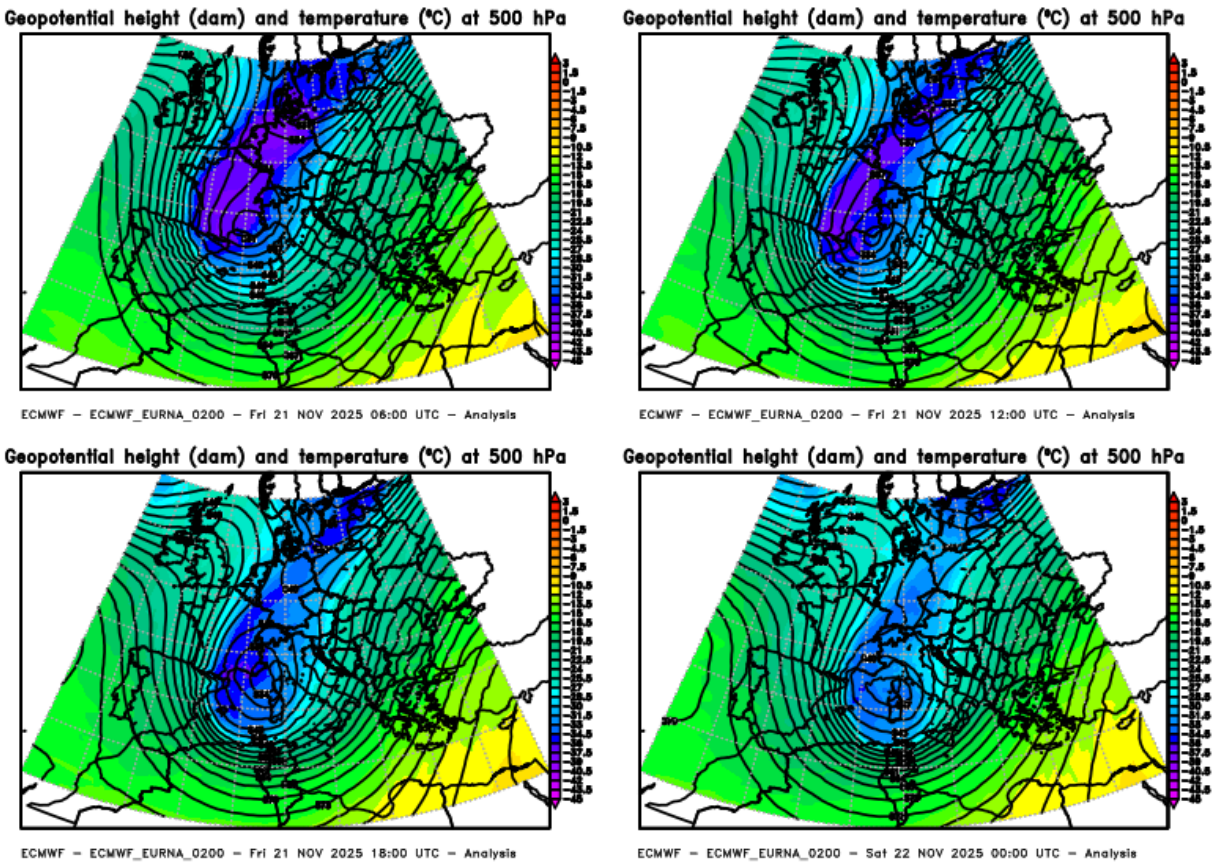



FIGURA 69: Evoluzione di temperatura (°C, colorii) e altezza di geopotenziale (dam, isolinee) a 500 hPa tra le ore 06 UTC del 21 novembre 2025 e 00 UTC del 22 novembre 2025, intervallate ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Nei due giorni successivi la depressione si è allontanata verso nordest permettendo un miglioramento del tempo sul Piemonte. Nella FIGURA 70 possiamo vedere la copertura nevosa sul Piemonte alla mattina del 22 novembre 2025 nell'immagine satellitare delle ore 09:45 UTC acquisita da MODIS Terra (NASA Worldview).

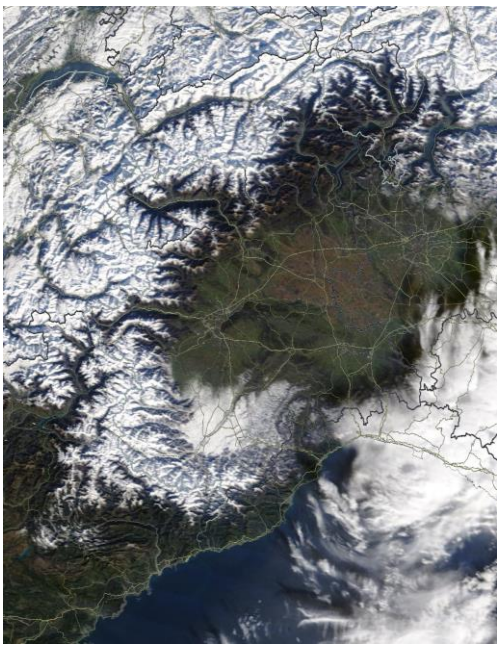


FIGURA 70: Immagine satellitare del 22/11/2025 ore 09:45 UTC - acquisita da MODIS Terra (NASA Worldview).

### Dicembre

In Piemonte dicembre 2025 ha registrato una temperatura media di quasi 4,1°C, valore superiore di 2,2°C rispetto alla norma climatica del periodo 1991-2020, risultando il terzo mese di dicembre più caldo degli ultimi 68 anni dopo il 2015 e il 2023.

Inoltre, dicembre 2025 ha avuto una precipitazione media di 110,5 mm, con un surplus pluviometrico di 53,1 mm (pari a +93%) rispetto alla norma degli anni 1991-2020, e si pone all' 11° posto tra i corrispondenti mesi più ricchi di precipitazione degli ultimi 68 anni.

È stato un mese di dicembre mite e piovoso, con caratteristiche più tardo-autunnali che invernali.

## I DATI METEO MISURATI NEL 2025

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2025, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2015-2024.

Per l'analisi statistica è stata scelta una stazione appartenente alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte, rappresentativa per l'area urbana di Torino.

I parametri ritenuti caratterizzanti, dal punto di vista meteorologico, ai fini di un confronto su scala pluriennale, sono la temperatura e le precipitazioni atmosferiche.

La temperatura media dell'anno 2025 per la stazione risulta pari a 14.7 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione di Torino-Giardini Reali (14,3 °C), sia a quella calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1991-2020 (13,6°C).

L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio del decennio 2015-2024 FIGURA 71. Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di giugno (+2,7°C) e dicembre (+1,8°C). Le differenze negative più significative rispetto alle relative medie del decennio precedente si riscontrano nei mesi di luglio (-0,9°C), di settembre e di novembre (-0,5°C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di gennaio, pari a 4,7 °C nel 2025 mentre a 3,8°C nel decennio di riferimento. Nel 2025 il valore massimo è stato registrato nel mese di giugno (25,4°C), invece nel decennio climatologico 2015-2024 il picco termico è nel mese di luglio (25,6°C).

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2025 (FIGURA 72) un totale di precipitazioni di 787 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 91. Quindi il 2025 risulta meno piovoso rispetto alla media 2015-2024 in termini di precipitazioni totali (787 mm contro 927 mm di media), mentre il numero di giorni piovosi è superiore nel 2025 rispetto alla media 2015-2024 (91 giorni nel 2025 contro 78 giorni di media).

Il 2025 si colloca tra gli anni meno piovosi dell'ultimo decennio (nono posto).

Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2024 (14.6 mm pioggia/giorno), nel 2016 (14,1 mm pioggia/giorno) e nel 2015 (13,5 mm pioggia/giorno), mentre il valore più basso è stato registrato nel 2022 (6,6 mm pioggia/giorno). Nel 2025 l'intensità giornaliera media è risultata inferiore a quella del decennio di riferimento (8,6 mm pioggia/giorno contro una media di 11,5 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte [22], l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

- regime pluviometrico prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;

[22] "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

- regime pluviometrico sublitoraneo: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico continentale alpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in estate;
- regime pluviometrico subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996) [23].

Nel grafico illustrato in FIGURA 73 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2025 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2015-2024. Il decennio di riferimento rientra nel regime pluviometrico "continentale alpino" per il minimo principale a gennaio (31,7 mm), per il massimo principale a maggio (132,9 mm) e per il massimo secondario in estate a giugno (115,2 mm).

Il 2025 si discosta dal "regime pluviometrico continentale alpino" in quanto il massimo principale si registra ad aprile (138,4 mm), mentre il massimo secondario si registra a dicembre (138 mm) e non in estate, ed il minimo principale a novembre (6,4 mm) e non in inverno.

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 74 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni, e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che nel 2025 le precipitazioni sono inferiori alla media climatologica in tutti i trimestri tranne che nel primo.

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2025 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2015-2024) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata alla città metropolitana.

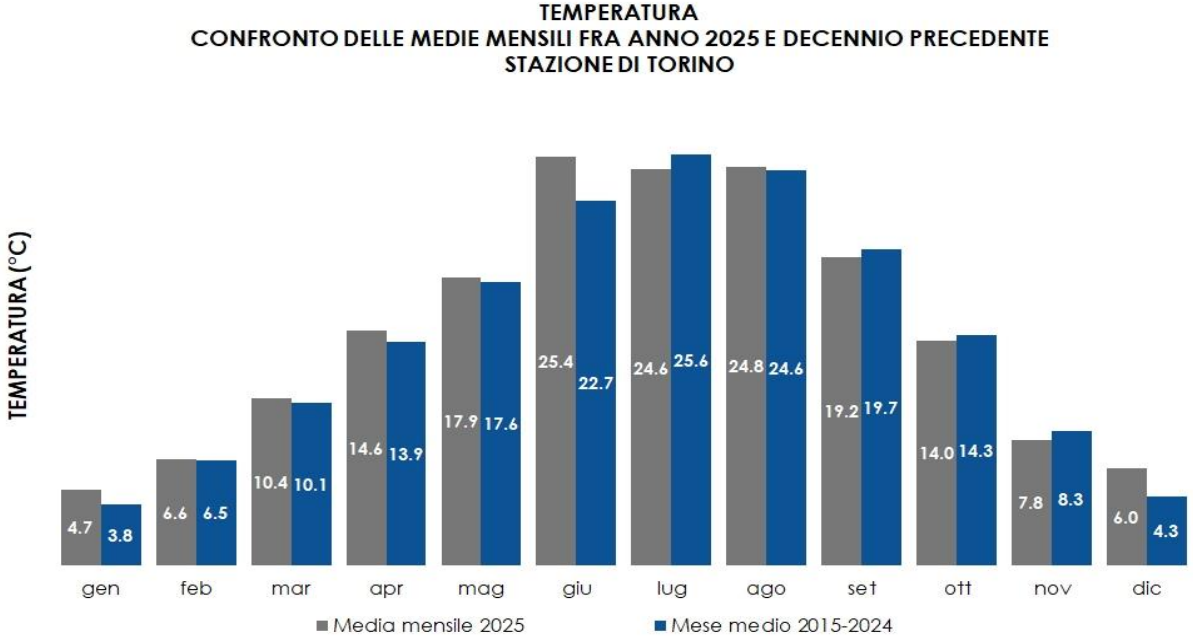



FIGURA 71: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2025 e per il decennio 2015÷2024 per la stazione di Torino.

[23] Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.
Biancotti A. (1996) - Corso di geografia fisica - Geomorfologia strutturale. Le misure in geografia fisica. Ed. Litocoop Srl Tortona, 2, 126 p.

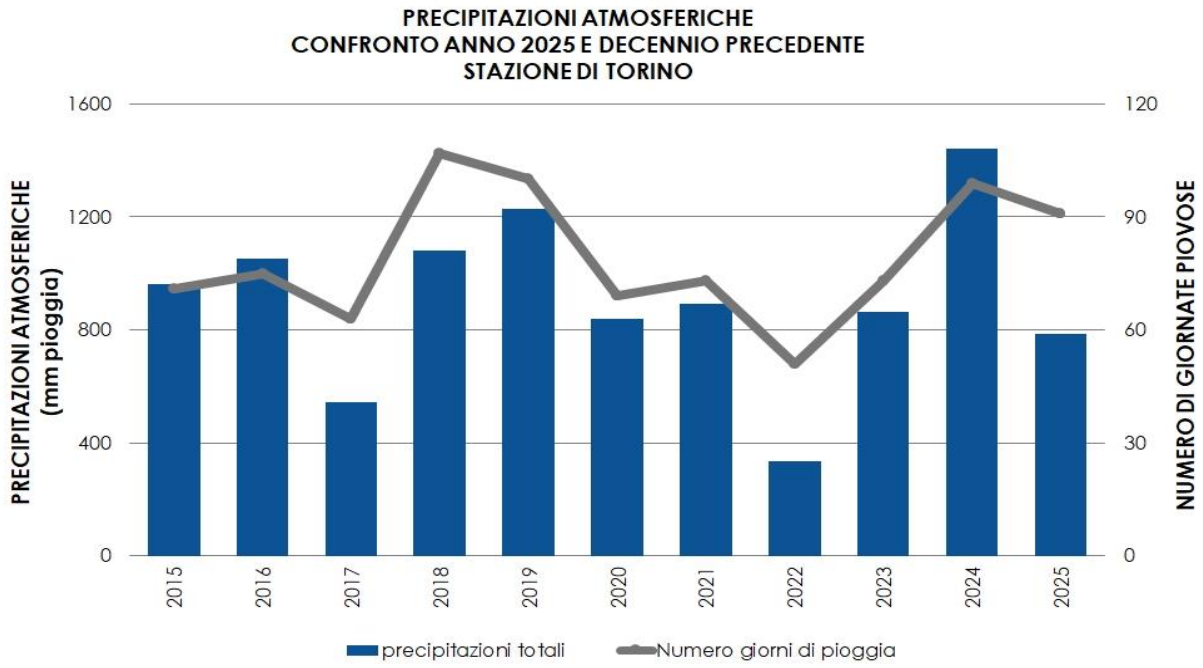



FIGURA 72: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

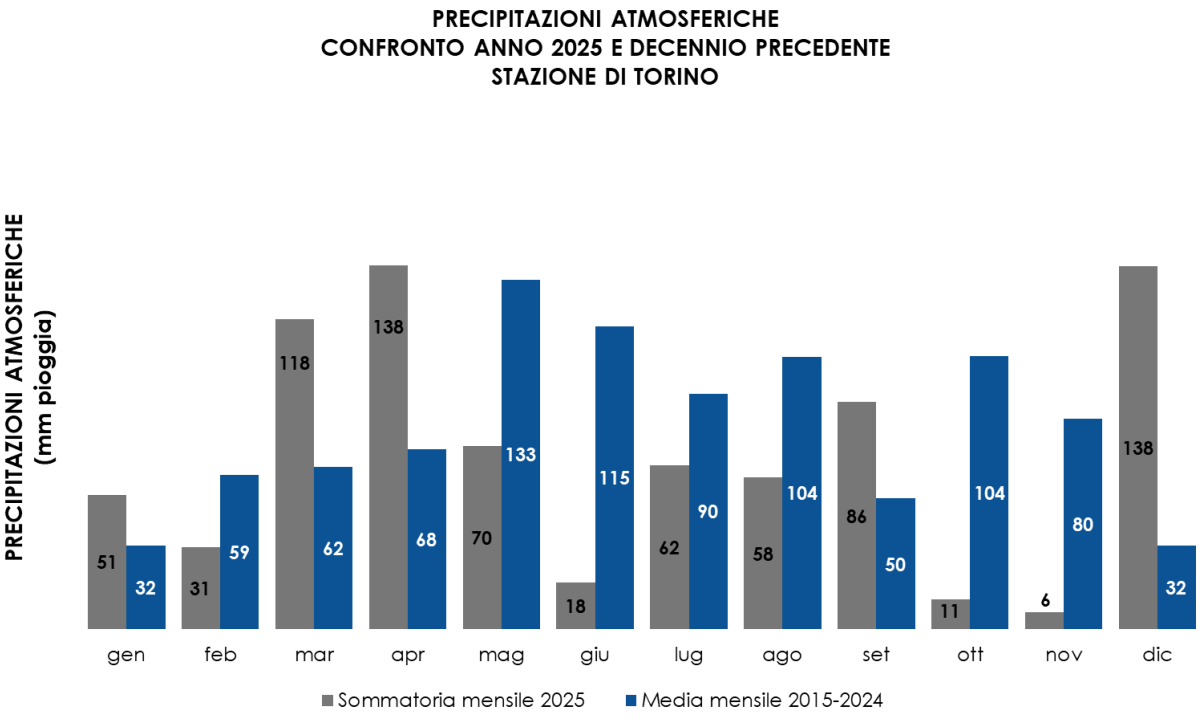



FIGURA 73: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2025 (barre grigie) e medie mensili (barre blu) relative al decennio 2015÷2024 per la stazione di Torino.

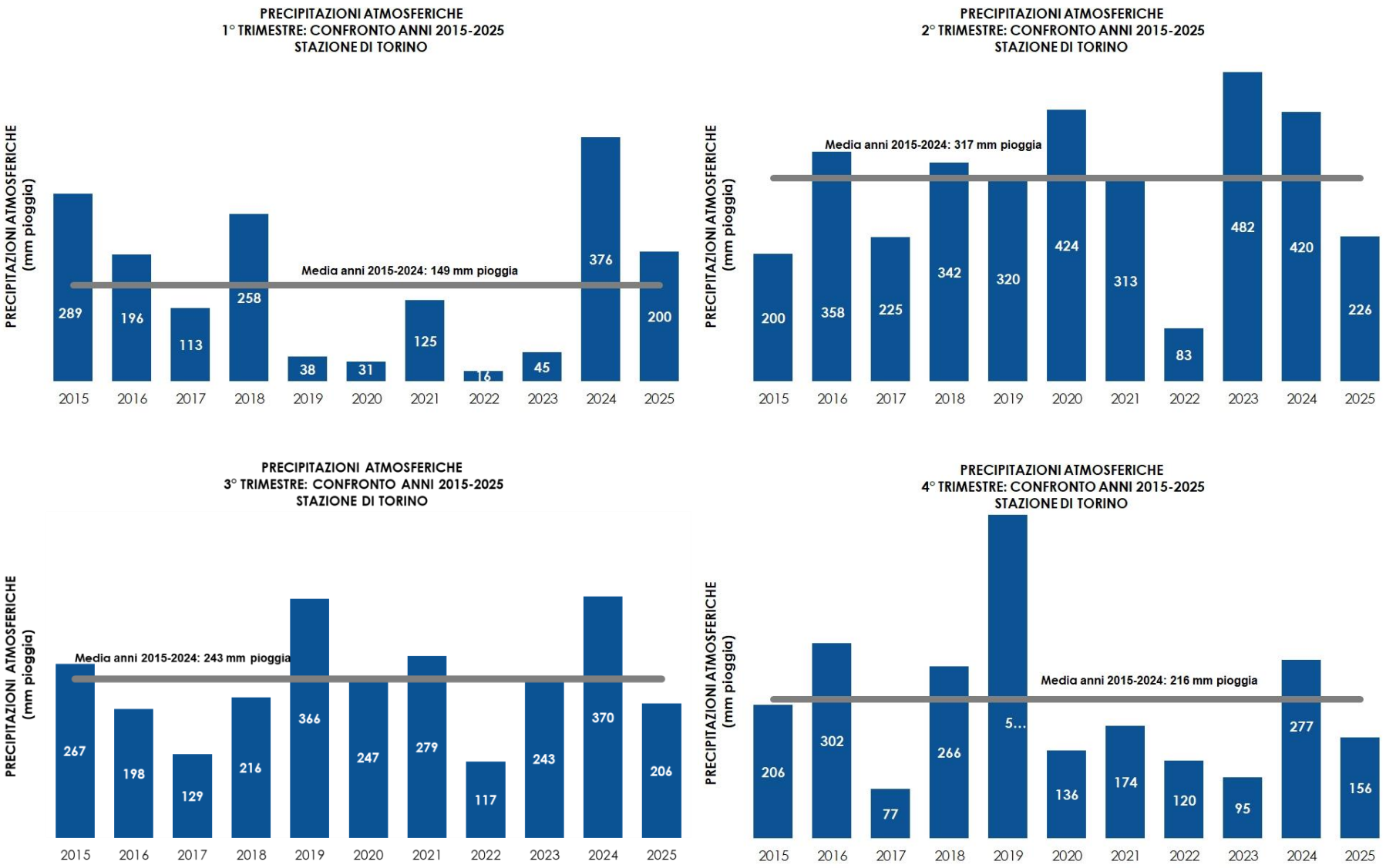



FIGURA 74: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2015÷2025 per la stazione di Torino.

## L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10"

Le condizioni meteorologiche esercitano un'influenza significativa sulle concentrazioni degli inquinanti atmosferici. Nell'interpretazione dei dati di monitoraggio, in particolare nelle analisi di breve e medio periodo, è pertanto essenziale tenere conto di tale variabilità. A questo scopo è stato elaborato un indice basato sul numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10, rappresentativo del livello di criticità dell'agglomerato torinese.

Nel 2025 si sono registrate condizioni meteorologiche caratterizzate da temperature mediamente più elevate e da precipitazioni complessivamente inferiori rispetto alla media del decennio precedente. Tuttavia, il numero di giorni piovosi risulta superiore alla media degli ultimi dieci anni; in particolare, i mesi di gennaio, marzo, aprile e dicembre presentano una frequenza di giorni di pioggia sensibilmente più elevata rispetto ai valori medi.

Il valore dell'indice nel 2025 si attesta a 102, configurandosi come il terzo valore più basso dell'intera serie storica. Tale risultato è attribuibile in larga misura alle condizioni meteorologiche registrate nel mese di dicembre, risultate particolarmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Ai fini del confronto con gli anni precedenti, la valutazione dell'andamento delle concentrazioni e degli indicatori normativi dovrebbe fare principalmente riferimento al 2023 (106 giorni), che rappresenta l'anno cronologicamente più vicino con condizioni dispersive analoghe.

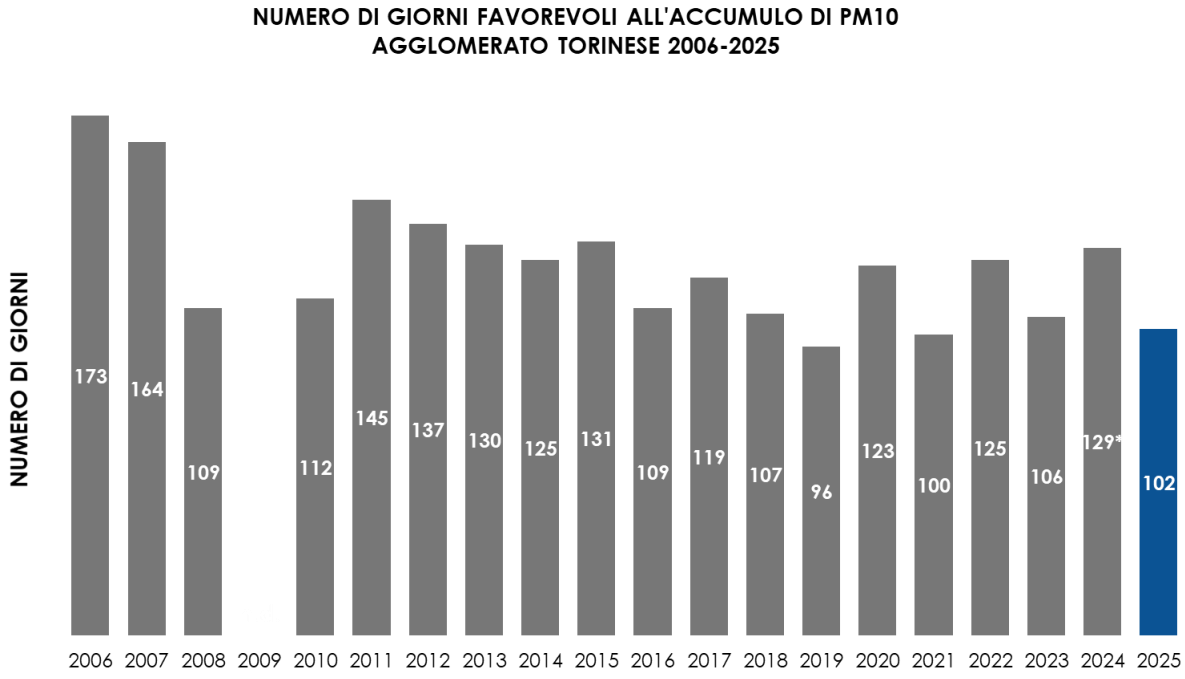



FIGURA 75: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto su base annuale tra gli anni 2006-2024 (in grigio) e l' anno 2025 (in blu).

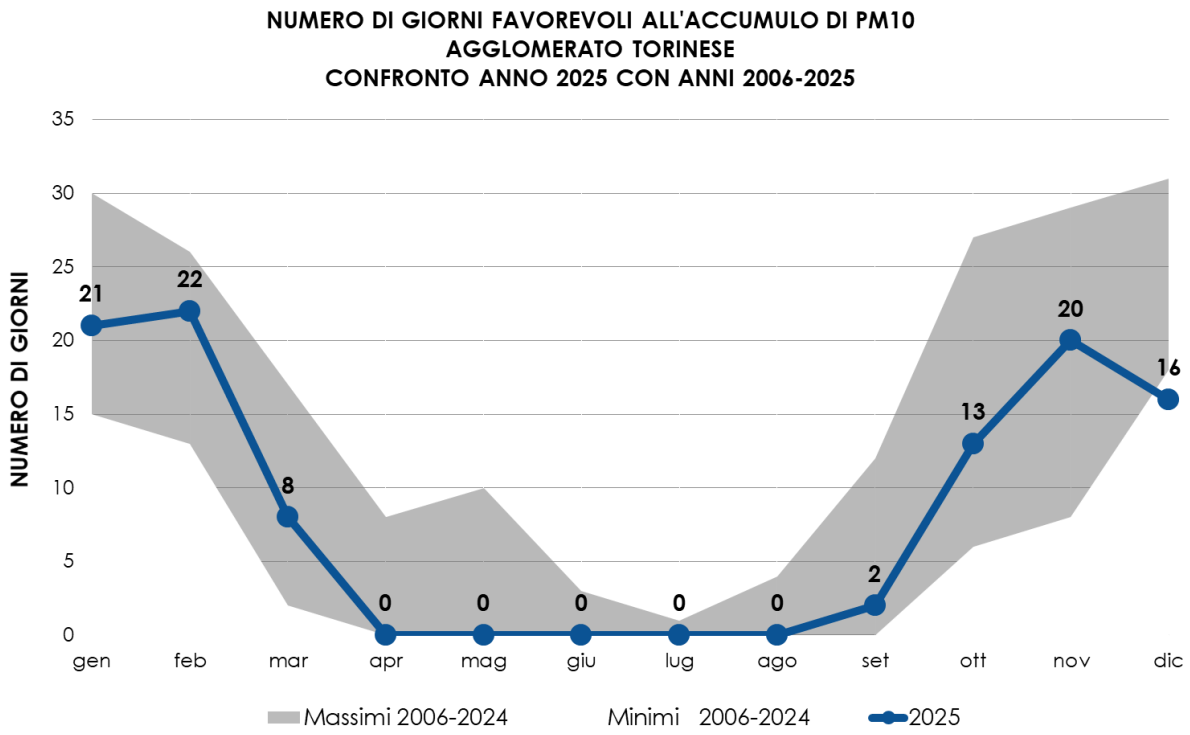



FIGURA 76: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto tra l'andamento mensile del 2025 (linea blu) ed i valori massimi e minimi mensili del periodo 2006-2024 (banda grigia).

# EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***A. Bertello, Città metropolitana di Torino.***

## I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

Il trasporto su strada è tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, l'inventario delle emissioni relativo all'anno 2019 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il macrosettore trasporto su strada nell'intero territorio della città metropolitana di Torino sia responsabile del 33,9% delle emissioni complessive di particolato primario (PM10) e del 62,5% delle emissioni complessive di ossidi di azoto ($NO_x$).

Poiché il problema è comune a tutti i territori densamente antropizzati, le Direttive Europee hanno affrontato la questione imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli.

Si riporta di seguito una tabella che riassume il quadro delle emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali. I valori sono stabiliti dalle Direttive Europee per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, e dal Regolamento 715/2007 relativamente ai requisiti per i veicoli Euro 5 e Euro 6.

| DIRETTIVA DI RIFERIMENTO | CO (g/km) | | $NO_x$ (g/km) | | HC+$NO_x$ (g/km) | | HC (g/km) | PM10 (g/km) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | benz. | diesel | benz. | diesel | benz. | diesel | benz. | diesel |
| Direttiva 70/220 (1971-1974) | 21,5 | | | | 7,3 | | | |
| Direttiva 74/290 (1975-1976) | 18 | | | | 6,5 | | | |
| Direttiva 77/102 (1977-1978) | 18 | | | | 6,5 | | | |
| Direttiva 78/665 (1979-1983) | 14,2 | | | | 5,7 | | | |
| Direttiva 83/351 (1984-1992) | 12 | | | | 4,2 | | | |
| Direttiva 88/436 (1988-1992) | | | | | | 1,6 | | 0,27 |
| Euro 1 (1993-1996) Dir. 91/441 | 2,72 | 2,72 | - | - | 0,97 | 0,97/1,36* | - | 0,14/0,19* |
| Euro 2 (1997-2000) Dir. 94/12 | 2,2 | 1 | - | - | 0,5 | 0,7/0,9* | - | 0,08/0,1* |
| Euro 3 (2001-2005) Dir. 98/69 | 2,3 | 0,64 | 0,15 | 0,5 | - | 0,56 | 0,2 | 0,05 |
| Euro 4 (2006-2010) Dir. 98/69 | 1 | 0,5 | 0,08 | 0,25 | - | 0,3 | 0,1 | 0,025 |
| Euro 5 (2011-09/2015) *** Reg. 715/07 | 1 | 0,5 | 0,06 | 0,18 | - | 0,23 | 0,1 | 0,005** |
| Euro 6 (09/2015-….) *** Reg. 715/07 | 1 | 0,5 | 0,06 | 0,08 | - | 0,17 | 0,1 | 0,005** |

(*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta

(**)Il limite si applica anche a motori a benzina a iniezione diretta che operano sia in condizione magra che stechiometrica

(***)I limiti previsti per i veicoli a benzina dal reg. 715/2007 si applicano anche ai veicoli alimentati a GPL e Metano

La categoria Euro 6 è suddivisa in diverse sottocategorie che introducono controlli sempre più severi sulle emissioni:

- Euro 6a e 6b: mantengono sostanzialmente gli stessi limiti emissivi della Euro 6, con lievi affinamenti sul particolato.
- Euro 6c (dal 2017): introduce il ciclo di prova WLTP, più rappresentativo dell'uso reale, e riduce drasticamente il numero di particelle emesse dai motori benzina a iniezione diretta. Il test su strada (RDE) è inizialmente solo di monitoraggio.
- Euro 6d-TEMP (dal 2018): rende obbligatori i test RDE in condizioni reali, consentendo per gli NOx uno scostamento massimo del 110% rispetto ai limiti di laboratorio.
- Euro 6d (dal 2020-2021): mantiene i test RDE ma riduce lo scostamento ammesso al 50%, rendendo i valori misurati su strada molto più vicini a quelli di omologazione.

In sintesi, il passaggio da Euro 6c a Euro 6d rappresenta soprattutto il passaggio da emissioni verificate prevalentemente in laboratorio a emissioni controllate e limitate anche nelle reali condizioni di utilizzo del veicolo.

TABELLA 50:limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova Direttiva ha definito dei limiti inferiori mediamente di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente e nell'arco di 22 anni – il tempo intercorso fra l'entrata in vigore della direttiva euro 1 (1993) e euro 6 (2015), - i limiti per le emissioni di particolato dai motori diesel sono diminuiti di 54 volte mentre quelli per il parametro HC+$NO_x$ di 9 volte.

Per comprendere il contributo specifico alle emissioni in atmosfera è utile riportare un confronto tra i limiti definiti per diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori, motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in FIGURA 77: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo. i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto ($NO_x$), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello caratterizzato dai minori limiti emissivi. Per gli autoveicoli sono infatti

molto avanzate le tecnologie del controllo della combustione e del catalizzatore, che invece risultano di complessa applicazione sui ciclomotori e motocicli di piccola cilindrata.

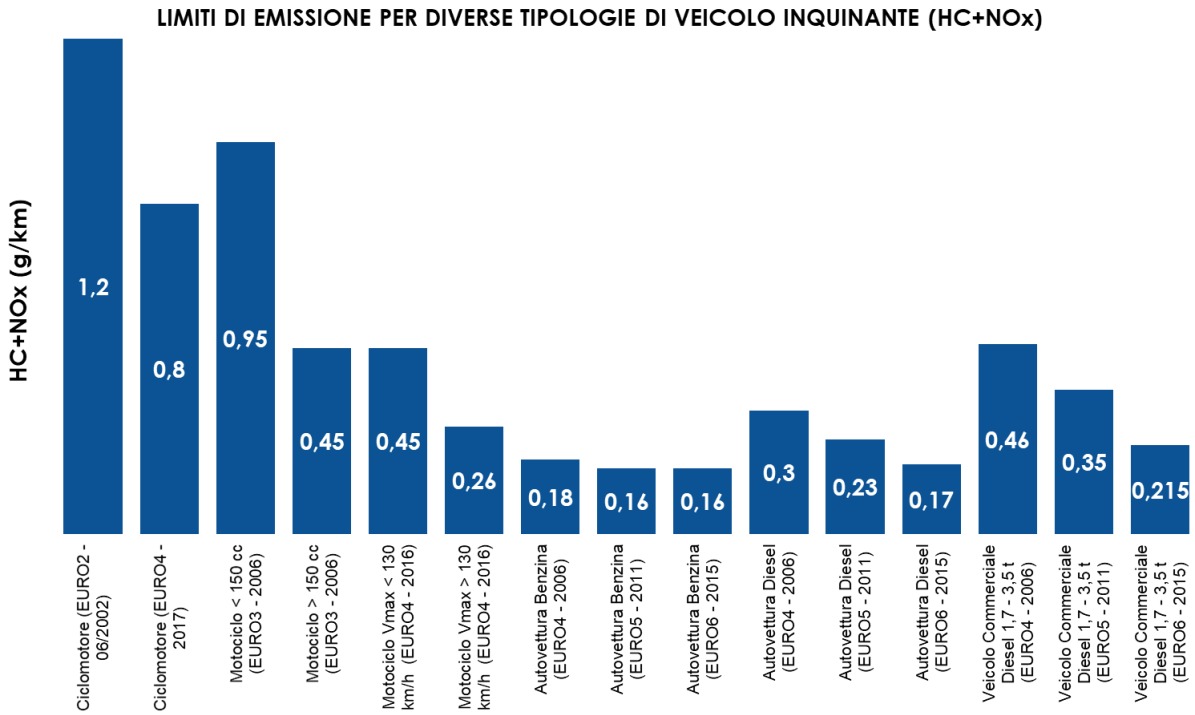



FIGURA 77: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

Il 24 aprile 2024 è stato adottato il Regolamento (UE) 2024/1257 (Euro 7), che introduce nuove disposizioni in materia di emissioni dei veicoli stradali e durabilità delle batterie. Il regolamento amplia il campo di applicazione delle precedenti normative Euro 6 ed Euro VI disciplinando non solo le emissioni allo scarico, ma anche le emissioni non derivanti dalla combustione, quali quelle prodotte dall'usura di freni e pneumatici. Per le autovetture e i veicoli commerciali leggeri (categorie M1 e N1) vengono mantenuti i limiti di emissione allo scarico già previsti dalla normativa Euro 6, mentre sono introdotti requisiti più severi per il numero di particelle emesse e nuovi obblighi relativi alla durata delle prestazioni emissive e delle batterie dei veicoli elettrici. Per autobus e veicoli pesanti vengono invece introdotti limiti più stringenti per diversi inquinanti, inclusi alcuni finora non regolamentati, come il protossido di azoto ($N_2O$). L'applicazione del regolamento avverrà progressivamente: dal 29 novembre 2026 per i nuovi tipi di autovetture e furgoni e dal 29 maggio 2028 per i nuovi tipi di veicoli pesanti.

## IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Si riportano di seguito i dati resi disponibili dal settore studi e ricerche dell'ACI, relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato sul territorio della Città metropolitana di Torino. Si avvisa che non essendo più disponibile il dato fornito dal settore tributi di Regione Piemonte si è ricostruita la serie storica sulla base dei dati messi a disposizione dall'ACI[24] le elaborazioni pertanto differiscono parzialmente rispetto a quelli pubblicati negli anni passati.

Si osserva:

- un costante aumento del numero di autoveicoli (+ 19% rispetto al 2005) e di autocarri < 3,5 t (+77% rispetto al 2005);
- una contrazione percentuale degli autoveicoli diesel controbilanciata da un aumento percentuale dei veicoli a benzina e GPL-CH4, nel 2017 gli autoveicoli diesel arrivarono ad essere il 40% del totale nel 2025 sono il 27%;
- gli autocarri <3,5t ante Euro5 senza filtro antiparticolato sono ancora il 41%;
- gli autoveicoli elettrici sono 17.377 nel 2025 erano 12.004 nel 2024, 8.332 nel 2023 e 5.850 nel 2022

[24] https://aci.gov.it/attivita-e-progetti/studi-e-ricerche/autoritratto/

Il parco veicolare della Città Metropolitana di Torino presenta un tasso di motorizzazione estremamente elevato, pari a circa 975 veicoli ogni 1.000 abitanti, ottenuto considerando complessivamente 1.649.645 autovetture, 213.532 autocarri leggeri, 22.222 autocarri pesanti, 5.305 trattori stradali, 255.966 motocicli e 2.868 autobus, per un totale di 2.149.538 veicoli a fronte di 2.205.096 residenti.

Tale valore evidenzia una forte dipendenza dalla mobilità su gomma e conferma come il trasporto stradale rappresenti uno dei principali fattori da considerare nelle politiche di qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni in ambito metropolitano

| | ALIMENTAZIONE | EURO 0 | EURO 1 | EURO 2 | EURO 3 | EURO 4 | EURO 5 | EURO 6 | Non contemplato | Non definito | Totale | % sul totale complessivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Autoveicoli** | BENZINA | 84.872 | 15.915 | 46.588 | 58.612 | 146.405 | 80.116 | 301.178 | | 586 | 734.272 | 44,5% |
| | BENZINA E GAS LIQUIDO | 5.334 | 1.401 | 4.077 | 3.852 | 44.830 | 33.693 | 114.238 | | 4 | 207.429 | 12,6% |
| | BENZINA E METANO | 160 | 42 | 98 | 334 | 9.172 | 3.659 | 2.893 | | 1 | 16.359 | 1,0% |
| | ELETTRICITA | | | | | | | | 17.377 | | 17.377 | 1,1% |
| | GASOLIO | 12.650 | 3.232 | 12.300 | 35.378 | 77.162 | 90.132 | 200.711 | | 3 | 431.568 | 26,2% |
| | GASOLIO E GAS | | | | 3 | 1 | 2 | | | | 6 | 0,0% |
| | IBRIDO BENZINA | 34 | | | | 161 | 1.309 | 226.230 | | | 227.734 | 13,8% |
| | IBRIDO BENZINA GAS LIQUIDO | | | | | 1 | 7 | 85 | | | 93 | 0,0% |
| | IBRIDO GASOLIO | | | | 2 | 6 | 64 | 12.663 | | | 12.735 | 0,8% |
| | METANO | 7 | 2 | 3 | 8 | 160 | 402 | 1.422 | | | 2.004 | 0,1% |
| | ALTRE | 31 | | | 1 | | 1 | 2 | | | 35 | 0,0% |
| | NON DEFINITO | 20 | | | | | | 9 | | 4 | 33 | 0,0% |
| | Totale | 103.108 | 20.592 | 63.066 | 98.190 | 277.898 | 209.385 | 859.431 | 17.377 | 598 | **1.649.645** | |
| | % sul totale complessivo | 6,3% | 1,2% | 3,8% | 6,0% | 16,8% | 12,7% | 52,1% | 1,1% | 0,0% | | |
| **Autocarri <3,5 t** | BENZINA | 2.216 | 708 | 876 | 844 | 890 | 436 | 4.187 | | 47 | 10.204 | 4,8% |
| | BENZINA E GAS LIQUIDO | 380 | 122 | 110 | 111 | 637 | 317 | 2.169 | | 2 | 3.848 | 1,8% |
| | BENZINA E METANO | 13 | 2 | 39 | 71 | 446 | 573 | 1.772 | | | 2.916 | 1,4% |
| | ELETTRICITA | | | | | | | | 2.497 | | 2.497 | 1,2% |
| | GASOLIO | 13.254 | 6.988 | 13.373 | 21.451 | 23.147 | 17.998 | 91.231 | | 15 | 187.457 | 87,8% |
| | GASOLIO E GAS | | | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | | | 9 | 0,0% |
| | IBRIDO BENZINA | | | | | | 1 | 4.663 | | | 4.664 | 2,2% |
| | IBRIDO BENZINA GAS LIQUIDO | | | | | | | 1 | | | 1 | 0,0% |
| | IBRIDO GASOLIO | | | | | 1 | 3 | 1.304 | | | 1.308 | 0,6% |
| | METANO | 2 | 1 | | 5 | 62 | 101 | 453 | | | 624 | 0,3% |
| | NON DEFINITO | 3 | | | 1 | | | | | | 4 | 0,0% |
| | Totale | 15.868 | 7.821 | 14.399 | 22.486 | 25.184 | 19.431 | 105.782 | 2.497 | 64 | **213.532** | |
| | % sul totale complessivo | 7,4% | 3,7% | 6,7% | 10,5% | 11,8% | 9,1% | 49,5% | 1,2% | 0,0% | | |
| **Autocarri >3,5 t** | BENZINA | 91 | 1 | 3 | 6 | 2 | | 1 | | 2 | 106 | 0,5% |
| | BENZINAEGASLIQUIDO | 7 | 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | | | | 23 | 0,1% |
| | BENZINAEMETANO | 1 | | | | 5 | | 1 | | | 7 | 0,0% |
| | GASOLIO | 5.272 | 916 | 2.305 | 3.288 | 862 | 2.877 | 6.275 | | 38 | 21.833 | 98,2% |
| | GASOLIOEGAS | | | | | | 1 | | | | 1 | 0,0% |
| | IBRIDOGASOLIO | | | | | | | 9 | | | 9 | 0,0% |
| | METANO | | | | 1 | 2 | 12 | 228 | | | 243 | 1,1% |
| | Totale | 5.371 | 919 | 2.310 | 3.300 | 876 | 2.892 | 6.514 | | 40 | **22.222** | |
| | % sul totale complessivo | 24,2% | 4,1% | 10,4% | 14,9% | 3,9% | 13,0% | 29,3% | 0,0% | 0,2% | | |

TABELLA 51: autoveicoli e autocarri immatricolati nella città metropolitana di Torino nel 2025, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

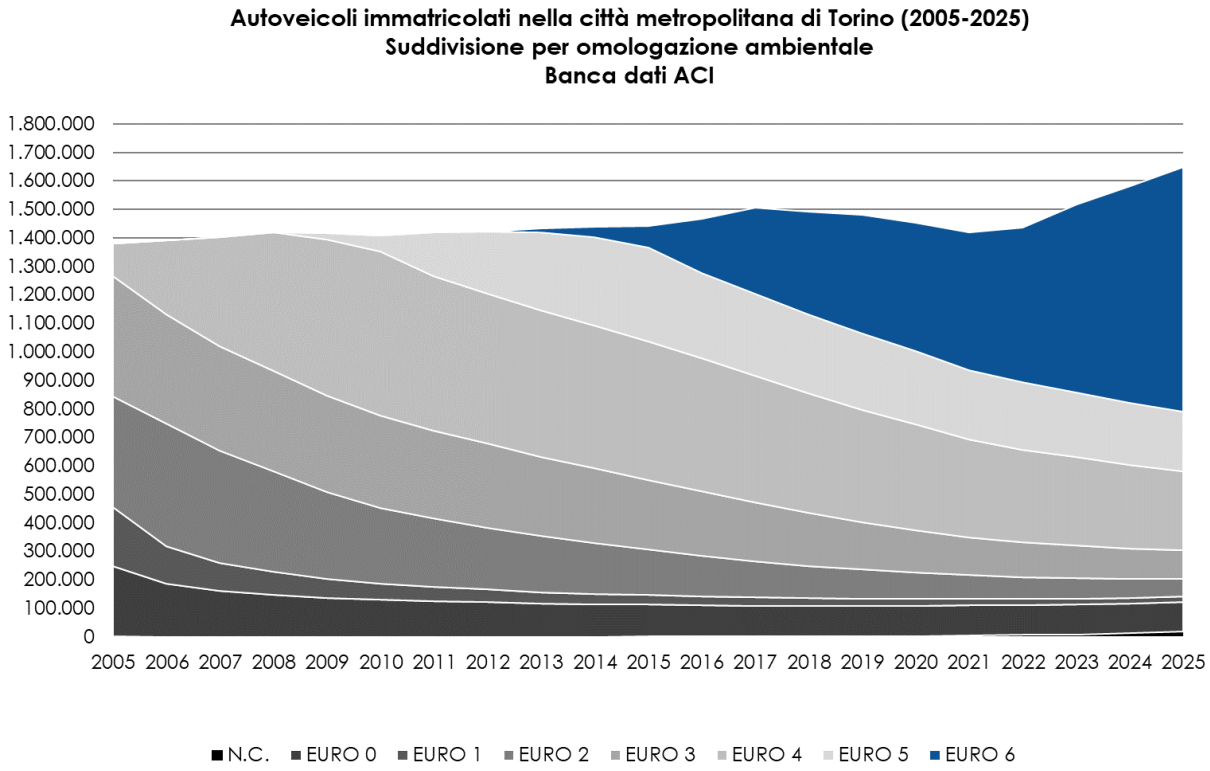



FIGURA 78: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2005 al 2025, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati ACI).

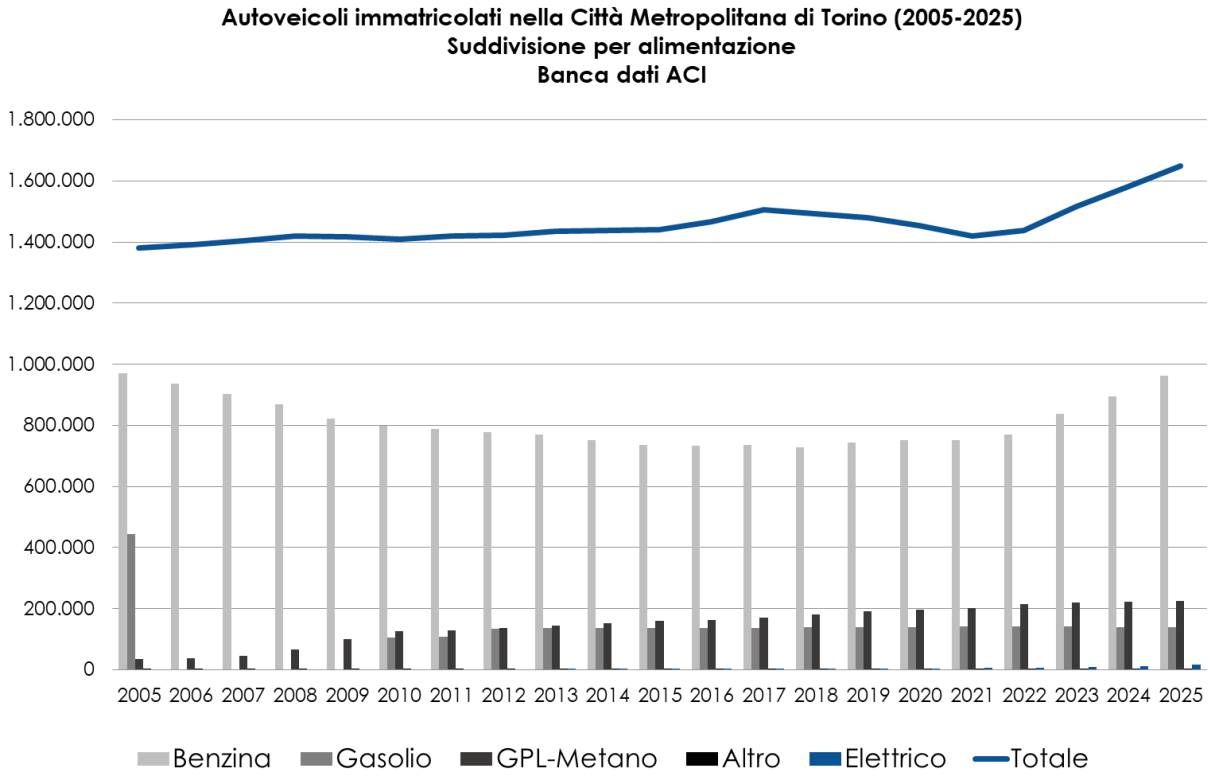



FIGURA 79: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2005 al 2025, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati ACI).

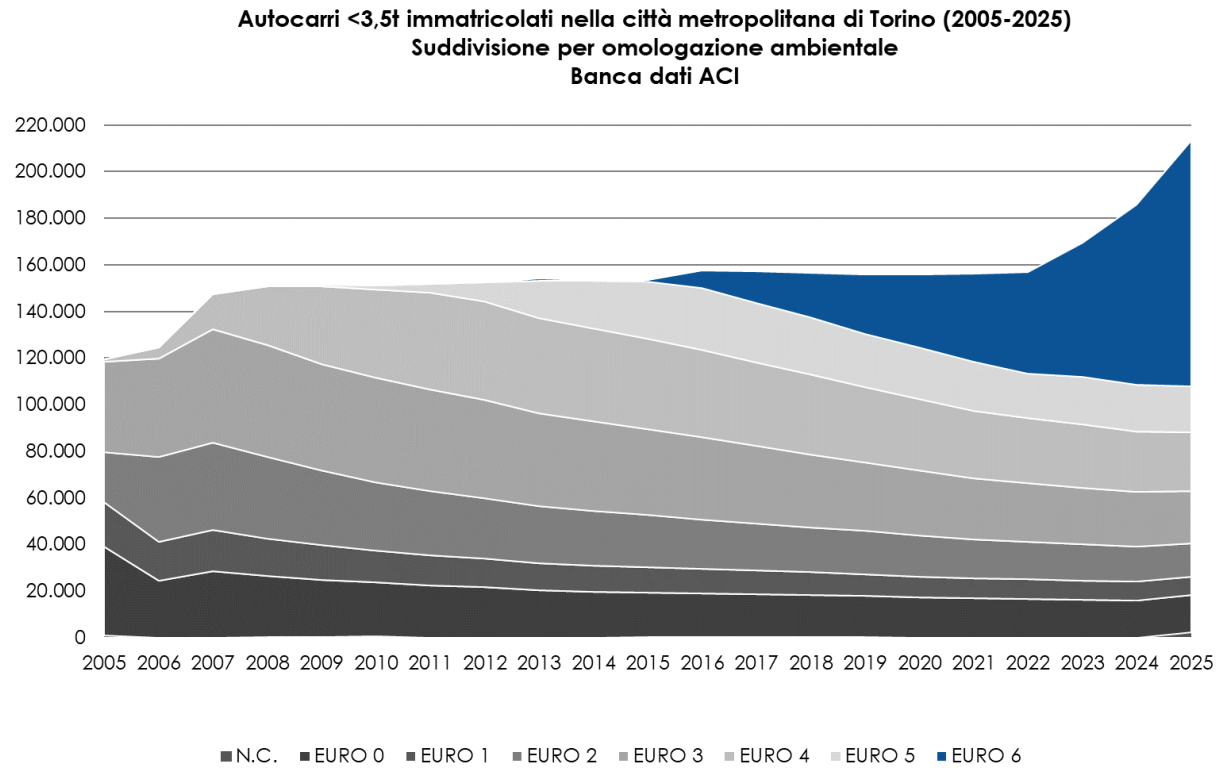



FIGURA 80: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2005 al 2025, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati ACI).

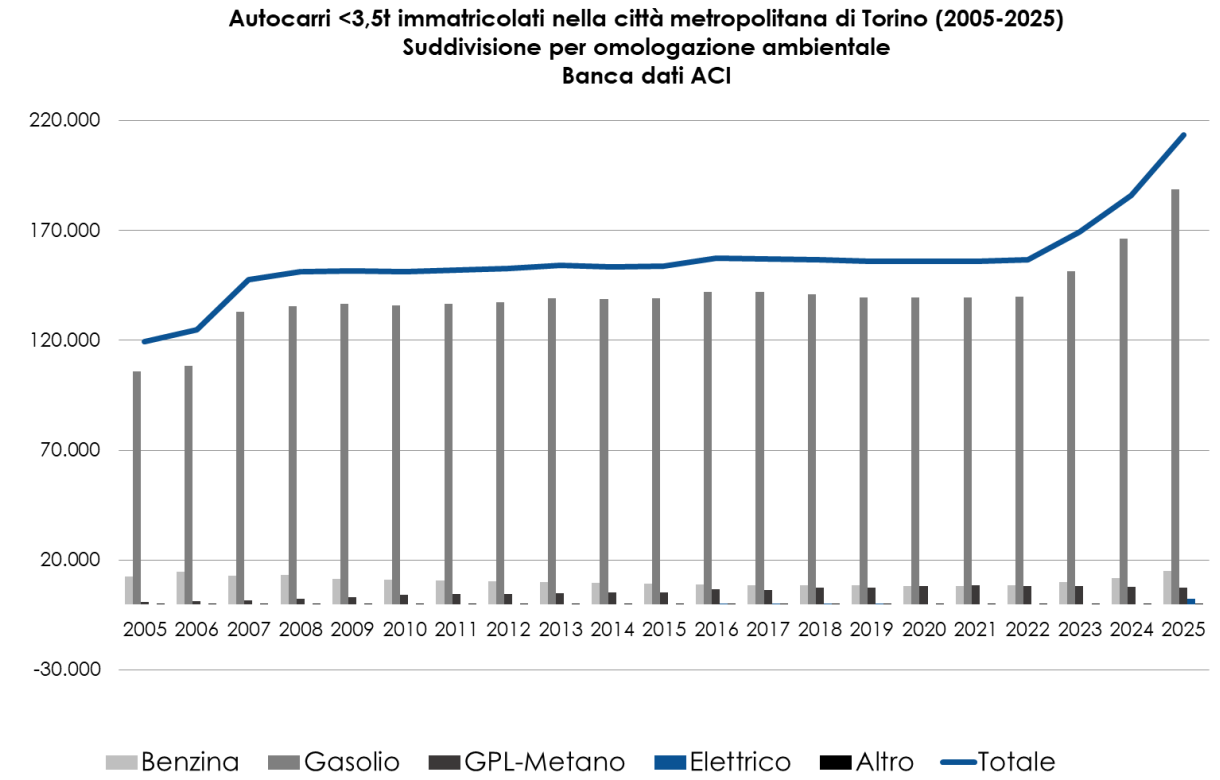



FIGURA 81: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2005 al 2025, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati ACI).

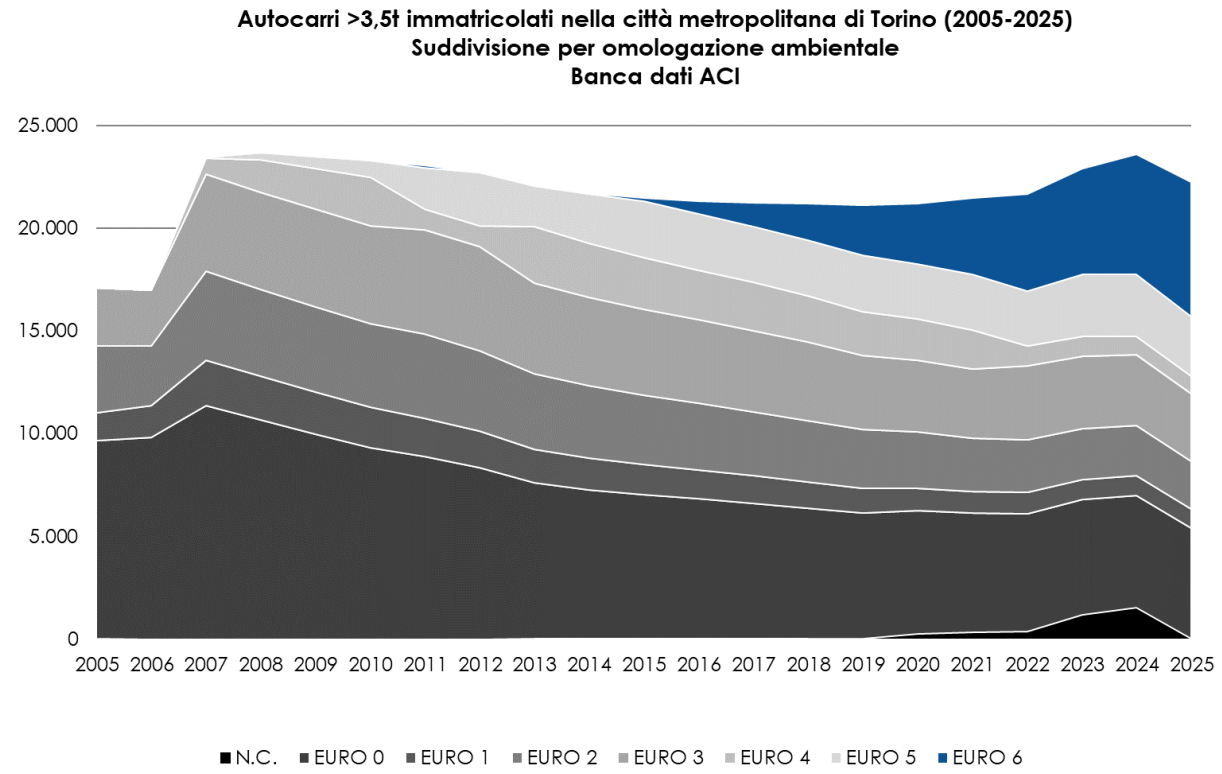



FIGURA 82: veicoli commerciali pesanti (> 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2005 al 2025, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati ACI).

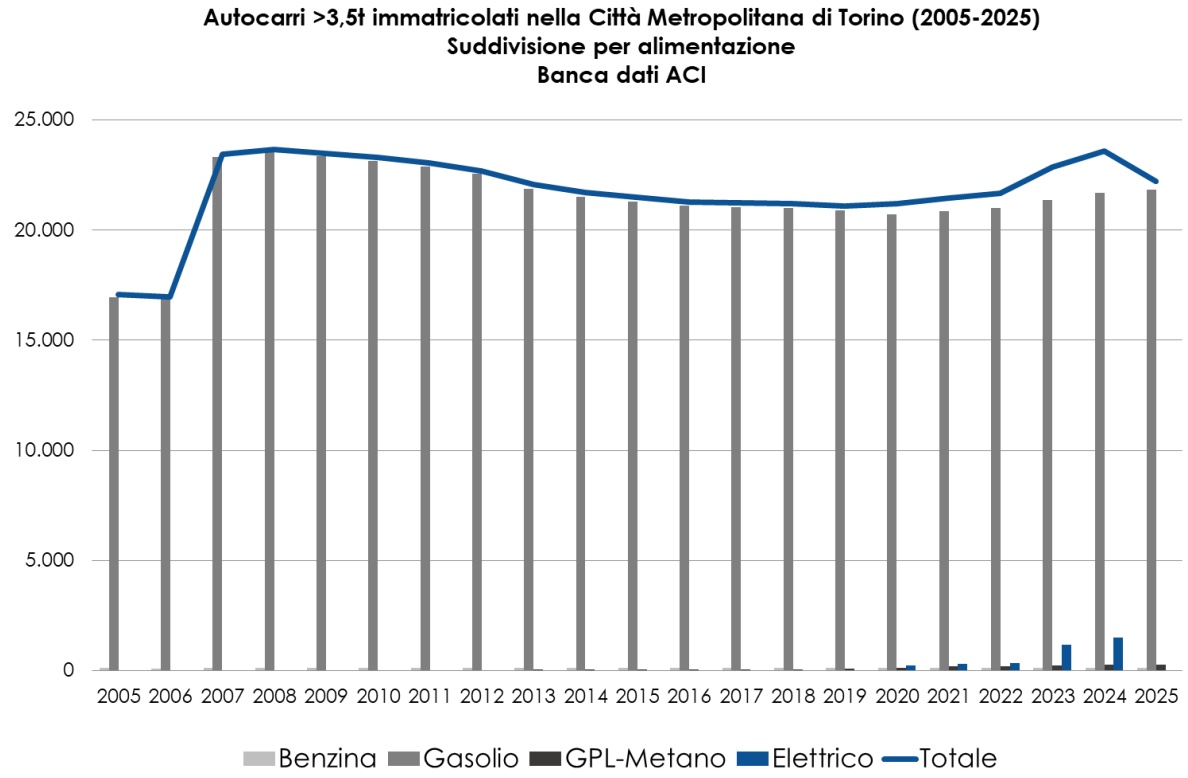



FIGURA 83: veicoli commerciali leggeri (> 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2008 al 2024, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati ACI).

Si riporta in conclusione in FIGURA 84 la serie storica delle vendite di combustibile per autotrazione (gasolio, benzina e GPL) nel territorio della Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2024. Si osserva una sostanziale stabilità della quantità di carburanti venduti con una decrescita del gasolio e contestuale aumento di benzina e gpl nel corso degli ultimi 3 anni. Questo dato è in linea con la variazione del parco veicolare precedentemente descritta[25]

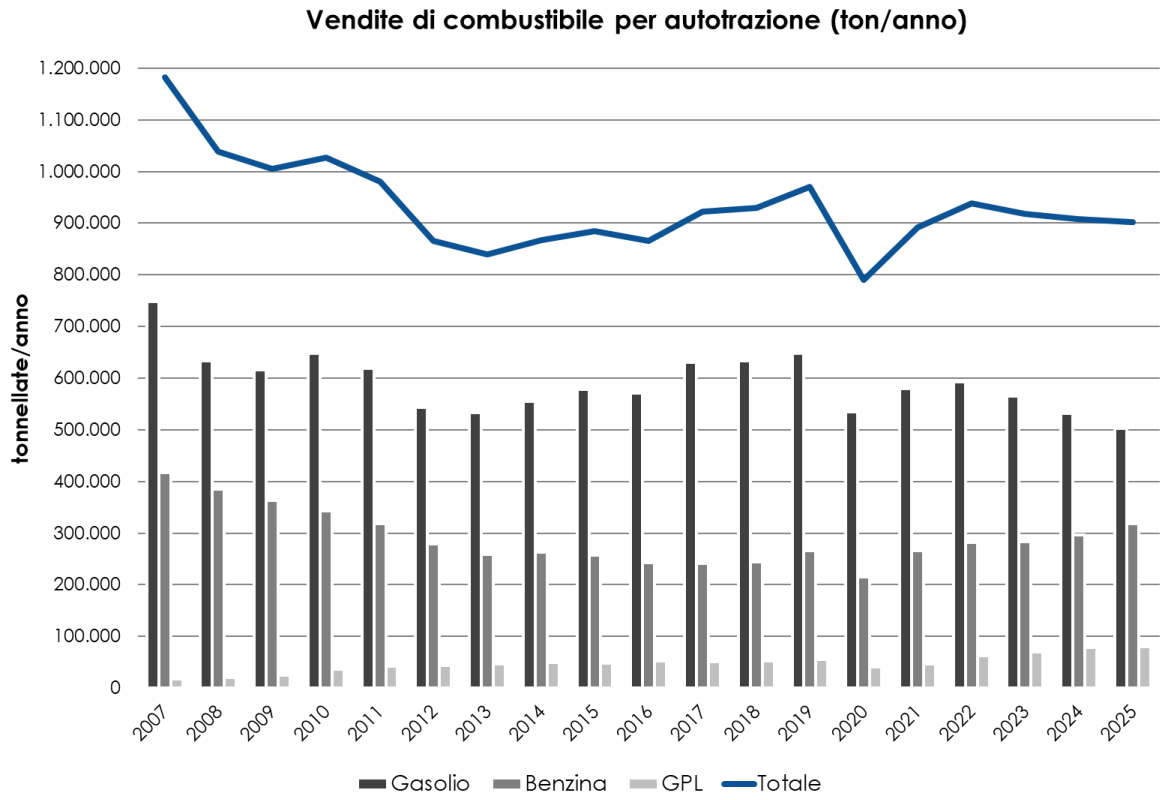



FIGURA 84: vendite di combustibile per autotrazione in città metropolitana di Torino

[25] Bollettino petrolifero - Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica - Statistiche energetiche e minerarie https://sisen.mase.gov.it/dgsaie/bollettino-petrolifero?anno=2024

# IL PROTOCOLLO ANTISMOG NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

***Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:***

***A. Bertello, Città metropolitana di Torino; S. Bande, ARPA Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali.***

## I PROVVEDIMENTI ADOTTATI NELL'INVERNO 2025-2026

Dal 01/03/2021 è attivo il nuovo protocollo antismog, introdotto da Regione Piemonte con la Deliberazione della Giunta Regionale (D.G.R) n. 9-2916 del 26 febbraio 2021, ad integrazione e potenziamento delle misure di limitazione delle emissioni, strutturali e temporanee, già in vigore. Il criterio di attivazione del semaforo antismog è guidato dai dati prodotti dal sistema modellistico previsionale della qualità dell'aria predisposto da ARPA Piemonte e comporta l'adozione preventiva dei provvedimenti di limitazione delle emissioni.

La D.G.R n. 9-2916 del 26 febbraio 2021 individua le aree di applicazione per tutti i comuni (FIGURA 85) localizzati in tre delle cinque zone in cui è ripartito il territorio regionale ai fini della qualità dell'aria così come aggiornate dalla Deliberazione della Giunta Regionale 22 dicembre 2025, n. 31-2068.

Tutti i comuni dell'agglomerato di Torino (zona IT0118) e i comuni localizzati nelle zone di gestione della qualità dell'aria denominate Pianura (zona IT0119) e Collina (zona IT0120) con popolazione superiore a 10.000 abitanti sono chiamati ad adottare l'intero pacchetto di misure [26]. Gli altri comuni delle zone di pianura e collina con popolazione inferiore ai 10.000 abitanti non sono tenuti ad adottare le limitazioni del traffico veicolare ma solo quelle legate agli impianti termici, alle combustioni all'aperto e alle pratiche agricole.

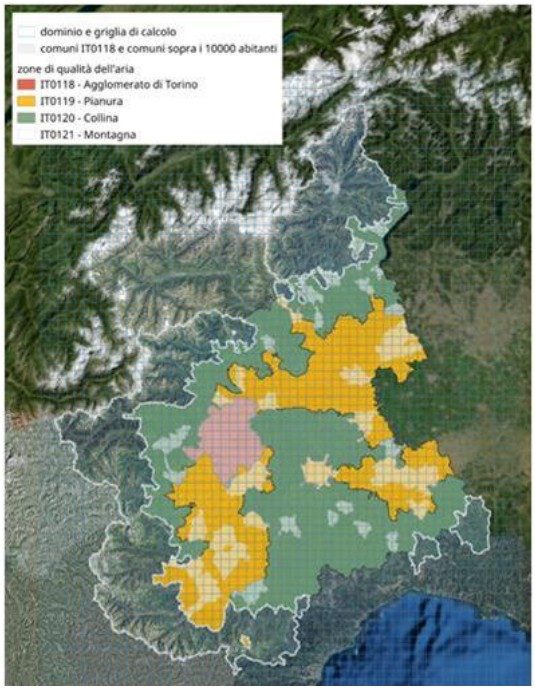



FIGURA 85: comuni interessati dall'applicazione del semaforo antismog.

Il semaforo del protocollo antismog prevede, oltre al livello verde di nessuna criticità, due livelli di criticità la cui attivazione avviene in base ai criteri dettagliati nell'allegato della Determina Dirigenziale 706/A1602C/2025 del 25/09/2025 del Settore Qualità dell'aria e innovazione tecnologica per l'ambiente della Direzione Ambiente, Energia e Territorio della Regione Piemonte.

Sulla base delle valutazioni effettuate nei quattro inverni di operatività del protocollo così come stabilito dalla Deliberazione della Giunta Regionale n. 9-2916 del 26 febbraio 2021, nel settembre 2025 è stato aggiornato l'algoritmo alla base delle modalità di attivazione del semaforo, al fine di aumentare la capacità di prevenire situazioni di accumulo di particolato atmosferico sul territorio regionale e quindi limitare, per quanto possibile in relazione alla natura temporanea ed emergenziale dello strumento, i giorni di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m$^3$.

[26] Alpignano, Avigliana, Baldissero Torinese, Beinasco, Borgaro Torinese, Cambiano, Candiolo, Carignano, Carmagnola, Caselle Torinese, Chieri, Chivasso, Ciriè, Collegno, Druento, Giaveno, Grugliasco, Ivrea, La Loggia, Leini, Mappano, Moncalieri, Nichelino, Orbassano, Pecetto Torinese, Pianezza, Pinerolo, Pino Torinese, Piobesi Torinese, Piossasco, Poirino, Rivalta di Torino, Rivarolo Canavese, Rivoli, San Maurizio Canavese, San Mauro Torinese, Santena, Settimo Torinese, Torino, Trofarello, Venaria Reale, Vinovo, Volpiano

In sintesi, l'attivazione del livello su ogni zona avviene sempre sulla base dei valori di concentrazione media giornaliera previsti su ciascuna delle tre zone interessate dai provvedimenti ma ora tenendo anche in conto la popolazione esposta al potenziale superamento del limite:

- il livello arancione si attiva quando la previsione della concentrazione media giornaliera di PM10 nella zona supera il valore di 50 µg/m³ e interessa almeno il 10% della popolazione residente nella zona, per almeno due giorni, anche non consecutivi, a partire dal giorno di controllo;
- il livello rosso si attiva quando la previsione della concentrazione media giornaliera di PM10 nella zona supera il valore di 50 µg/m³ e interessa almeno il 90% della popolazione residente nella zona, per almeno due giorni, anche non consecutivi, a partire dal giorno di controllo.

Il rientro da una situazione di allerta avviene in ogni zona nel caso in cui, nel giorno di controllo, si abbia una previsione per i due giorni successivi sotto il valore limite di 50 µg/m³. La valutazione dell'attivazione/rientro dei livelli del semaforo è effettuata da ARPA Piemonte, nei giorni stabiliti di controllo settimanale (lunedì, mercoledì e venerdì).

L'attivazione dei diversi livelli di allerta è stata valutata sull'intero periodo 15 settembre 2025 – 15 aprile 2026, per un totale di 213 giorni. La TABELLA 52 riassume per ogni zona la frequenza di attivazione dei livelli nell'inverno 2025-2026, la TABELLA 53: tabella riassuntiva a livello mensile dei risultati dell'applicazione del protocollo antismog per l'inverno 2025/2026; dal 15 settembre 2025 al 15 aprile 2026.presenta il dettaglio mensile.

| Comune/Area | LIVELLO 0 | | LIVELLO 1 | | LIVELLO 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n° giorni | % | n° giorni | % | n° giorni | % |
| IT0118 Agglomerato di Torino | 171 | 80 | 27 | 13 | 15 | 7 |
| IT0119 Pianura | 174 | 82 | 39 | 18 | 0 | 0 |
| IT0120 Collina | 203 | 95 | 10 | 5 | 0 | 0 |

TABELLA 52: tabella riassuntiva sui risultati dell'applicazione del protocollo antismog per l'inverno 2025/2026, dal 15 settembre 2025 al 15 aprile 2026.

| Mese | Livello 0 n° giorni | Livello 0 % | Livello 1 n° giorni | Livello 1 % | Livello 2 n° giorni | Livello 2 % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **IT0118 Agglomerato di Torino** | | | | | | |
| settembre 2025 | 16 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ottobre 2025 | 28 | 90 | 3 | 10 | 0 | 0 |
| novembre 2025 | 23 | 77 | 7 | 23 | 0 | 0 |
| dicembre 2025 | 20 | 65 | 6 | 19 | 5 | 16 |
| gennaio 2026 | 20 | 65 | 9 | 29 | 2 | 6 |
| febbraio 2026 | 23 | 82 | 2 | 7 | 3 | 11 |
| marzo 2026 | 26 | 84 | 0 | 0 | 5 | 16 |
| aprile 2026 | 15 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **IT0119 Pianura** | | | | | | |
| settembre 2025 | 16 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ottobre 2025 | 24 | 77 | 7 | 23 | 0 | 0 |
| novembre 2025 | 23 | 77 | 7 | 23 | 0 | 0 |
| dicembre 2025 | 23 | 74 | 8 | 26 | 0 | 0 |
| gennaio 2026 | 24 | 77 | 7 | 23 | 0 | 0 |
| febbraio 2026 | 25 | 89 | 3 | 11 | 0 | 0 |
| marzo 2026 | 24 | 77 | 7 | 23 | 0 | 0 |
| aprile 2026 | 15 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **IT0120 Collina** | | | | | | |
| settembre 2025 | 16 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ottobre 2025 | 31 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| novembre 2025 | 25 | 83 | 5 | 17 | 0 | 0 |
| dicembre 2025 | 31 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| gennaio 2026 | 29 | 94 | 2 | 6 | 0 | 0 |
| febbraio 2026 | 28 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| marzo 2026 | 28 | 90 | 3 | 10 | 0 | 0 |
| aprile 2026 | 15 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABELLA 53: tabella riassuntiva a livello mensile dei risultati dell'applicazione del protocollo antismog per l'inverno 2025/2026; dal 15 settembre 2025 al 15 aprile 2026.

La Città metropolitana di Torino per garantire una corretta informazione ha attivato la pagina web https://www.cittametropolitana.torino.it/ambiente/aria-agenti-fisici-e-rischio-industriale/qualita-dellaria/blocchi-del-traffico dove sono disponibili le seguenti informazioni:

- livello del semaforo;
- schema riassuntivo delle misure di limitazione delle emissioni;
- mappa dei Comuni interessati dalle limitazioni alle emissioni;
- elenco comuni interessati dal blocco del traffico e relative ordinanze;
- elenco comuni interessati dalle sole misure su agricoltura e riscaldamento;
- blocco del traffico: orari ed esenzioni;
- blocco del traffico: schema ordinanza tipo;
- limitazione emissioni senza blocco del traffico: schema ordinanza tipo.

Lo schema riassuntivo dei provvedimenti attivi nell'inverno 2025-2026 è riportato in FIGURA 86.

| | | |
|---|---|---|
| **LIMITAZIONI STRUTTURALI VALIDE TUTTO L'ANNO** | | |
|  | Diesel Euro 0, 1 e 2<br>Benzina Euro 0, 1 e 2<br>GPL e Metano Euro 0 e 1 | Tutti i giorni<br>dalle 0 alle 24 |
| **LIMITAZIONI STRUTTURALI VALIDE DAL 15/9 al 15/4** | | |
|  | Diesel Euro 3 e 4 | Nei giorni feriali dal lunedì al venerdì<br>dalle 8 alle 19 |
|  | Euro 0 e 1 | Tutti i giorni<br>dalle 0 alle 24 |
|  | Obbligo di utilizzare **pellets certificato A1** | |
|  | Divieto di **abbruciamento** di materiale vegetale | |
| **LIMITAZIONI TEMPORANEE VALIDE DAL 15/9 al 15/4 – LIVELLO ARANCIO e ROSSO** | | |
|  | Diesel Euro 3, 4 e 5 | Tutti giorni, sabato e festivi compresi, con semaforo arancione o rosso acceso<br>dalle 8 alle 19 |
|  | Divieto di utilizzo di stufe e caminetti a legna che non sono in grado di rispettare i valori emissivi previsti per la **classe 5 stelle** | |
|  | Divieto assoluto di **combustioni all'aperto** | |
|  | Introduzione del **limite a 18°C** per le temperature negli edifici | |
|  | Divieto di **spandimento dei liquami** zootecnici, dei letami e dei materiali ad essi assimilati | |
|  | Divieto di **distribuzione di fertilizzanti,** ammendanti e correttivi contenenti azoto | |

FIGURA 86: schema riassuntivo delle limitazioni 2024-2025.

# Per saperne di più

## PROTOCOLLO OPERATIVO PER L'ATTUAZIONE DI MISURE URGENTI ANTISMOG

Semaforo del protocollo operativo antismog - Arpa Piemonte
Blocchi del traffico - CMT

## DATI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Qualità dell'aria in Piemonte
I dati della qualità dell'aria - ARPA Piemonte

## PREVISIONI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Stime comunali - ARPA Piemonte
Indice Previsionale di Qualità dell'Aria (IPQA) - CMT

## RELAZIONI ANNUALI CON INFORMAZIONI APPROFONDITE

Uno sguardo all'aria - CMT
Pubblicazioni aria — ARPA Piemonte

## BOLLETTINI INFORMATIVI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Bollettini - ARPA Piemonte

TORINO METROPOLI
Città metropolitana di Torino

**http://www.cittametropolitana.torino.it**

PIEMONTE Arpa Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

**Il sistema di gestione qualità è certificato UNI EN ISO 9001:2015 da GCERTI**

**http://www.arpa.piemonte.it**