



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
Settore qualità ambientale
U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici
Via Lidorno, 1 – 38123 Trento
T +39 0461 494795
F +39 0461 497759
pec sqa.appa@pec.provincia.tn.it
@ ariaagf.appa@provincia.tn.it
web www.appa.provincia.tn.it



INDAGINE AMBIENTALE

TIONE DI TRENTO

01/08/2024 - 01/08/2025



Questo lavoro può essere liberamente utilizzato senza omissioni o aggiunte. Per eventuali riproduzioni, ristampe o utilizzo di estratti, deve essere richiesta l'autorizzazione all'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente.

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

Esecuzione campagna di monitoraggio e misure:

Luca Forte

Angela Martini

Elisa Mallocci

Gabriele Tonidandel

Elaborazione dati e redazione:

Luca Forte

Raffaella Canepel

Analisi chimiche:

Settore Laboratorio APPA

Trento, dicembre 2025

Indice

1 Introduzione.....	1
2 Elementi noti sullo stato di qualità dell'aria nella zona.....	1
3 Individuazione e descrizione del sito di campionamento.....	4
4 Configurazione della stazione di misura e parametri rilevati.....	5
5 Risultati del rilevamento.....	7
6 Ossido di Carbonio – CO.....	10
7 Biossido di azoto - NO ₂	11
8 Ozono - O ₃	13
9 Polveri sottili - PM10.....	15
10 Metalli nel particolato PM10.....	19
11 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nel particolato PM10.....	21
Approfondimento sulle concentrazioni di Black-Carbon.....	23
12 Valutazioni finali e conclusioni.....	25
13 Allegato 1: Normativa di riferimento.....	27
14 Allegato 2: Descrizione dei parametri rilevati.....	28
15 Allegato 3: Riferimenti bibliografici.....	31

1 Introduzione

Il presente elaborato descrive i risultati dell'indagine sulla qualità dell'aria condotta a Tione di Trento nel periodo 1 agosto 2024 – 1 agosto 2025.

Quest'attività è stata svolta contemporaneamente alla valutazione del disturbo olfattivo eseguito nel periodo luglio- ottobre 2024 all'interno dello stesso comune.

La misura delle concentrazioni di questi inquinanti è stata effettuata allo scopo di verificare, oltre al rispetto dei limiti fissati dalla normativa per gli indicatori di qualità dell'aria, la presenza di eventuali significativi impatti conseguenti dall'attività produttiva dell'azienda Novurania S.p.a. specializzata nella produzione di tessuti gommati spalmati, presente nel abitato di Tione di Trento.

I rilievi, l'elaborazione dei dati e la valutazione dei risultati sono stati eseguiti secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 recante "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

2 Elementi noti sullo stato di qualità dell'aria nella zona

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria, tutto il territorio trentino (così come quello statale ed europeo) è suddiviso in zone. La zonizzazione (deliberazione della Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011) suddivide il territorio trentino, per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ozono, in due zone, *zona di fondovalle* e *zona di montagna*, divise dalla quota altimetrica di 1500 m s.l.m.; nella *zona di fondovalle* risiede oltre il 99% della popolazione. Per l'inquinante ozono, è stata definita invece un'unica zona corrispondente ai confini amministrativi provinciali.

Ogni zona è classificata in modo differente a seconda dell'inquinante considerato: l'ultimo aggiornamento è stato approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 1776 del 29 ottobre 2021.

Sulla base della suddetta zonizzazione, è stato redatto il *Programma di Valutazione*, che indica sia le stazioni della rete necessarie per la misurazione in siti fissi, sia gli altri elementi che possono/devono concorrere alla valutazione della qualità dell'aria nelle aree non direttamente interessate dalla presenza di una stazione fissa di monitoraggio. Fra questi ultimi è previsto rientrano sia le valutazioni effettuate in base alla modellistica, sia l'eventuale utilizzo di stazioni mobili di monitoraggio da posizionare per periodi più o meno lunghi e comunque necessari e sufficienti a descrivere eventuali e potenziali situazioni puntuali di impatto.

Nell'area oggetto della presente campagna di monitoraggio non è presente alcuna stazione fissa di monitoraggio e pertanto per ottenere dei valori indicativi di concentrazione dei principali inquinanti è stato considerato uno studio modellistico effettuato nel 2017 dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, basato sia sui dati dell'inventario provinciale delle emissioni sia considerando le puntuali emissioni in atmosfera (riferimento dati anno 2013). La simulazione non riscontra criticità significative per gli inquinanti PM10, PM2,5 e NO₂, come riportato nelle figure sottostanti.

Nelle sottostanti *Fig. 2.1*, *Fig. 2.2* e *Fig. 2.3* sono rappresentati i valori di media annua derivanti dalla simulazione modellistica, riferita all'anno 2013, di PM10, PM2,5 e NO₂ sull'intero territorio provinciale (in rosso evidenziato il comune di Tione di Trento).

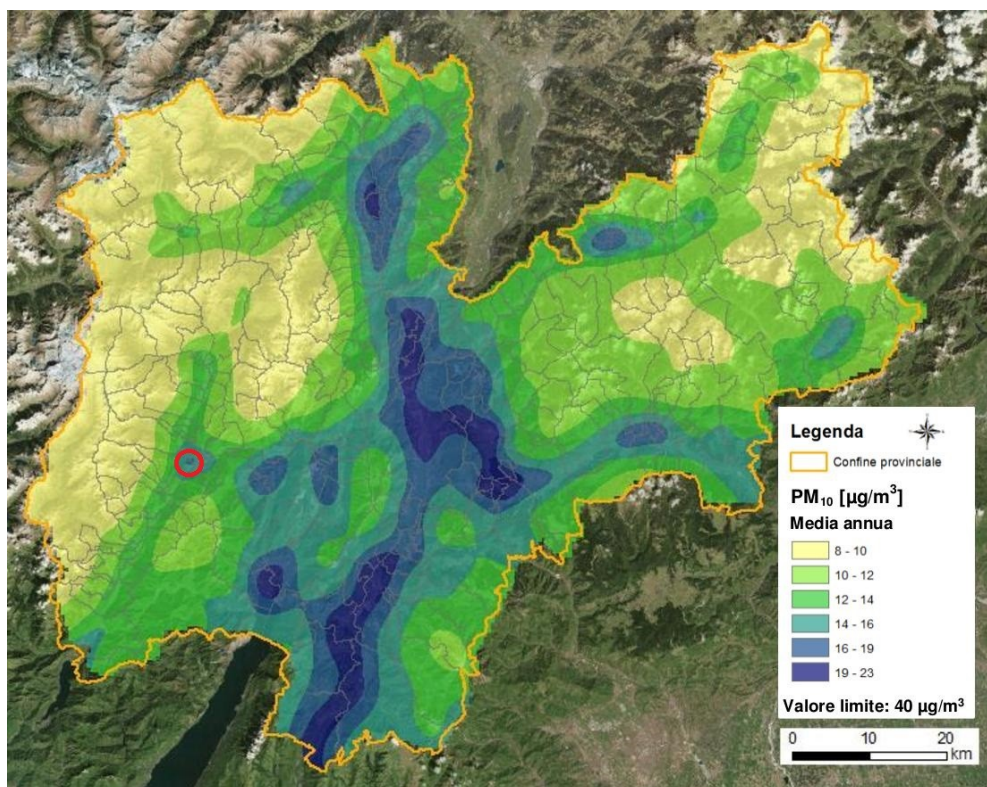


Fig. 2.1: Concentrazione media annuale al suolo PM10 (simulazione modellistica 2017)

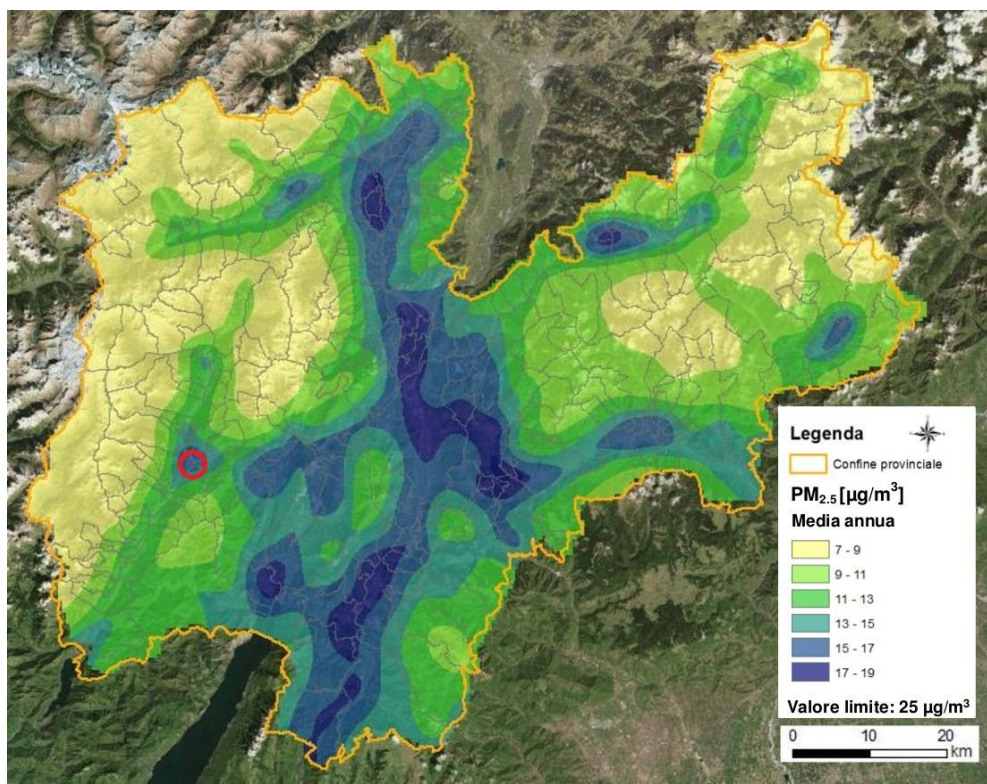


Fig.2.2: Concentrazione media annuale al suolo PM2,5 (simulazione modellistica 2017)

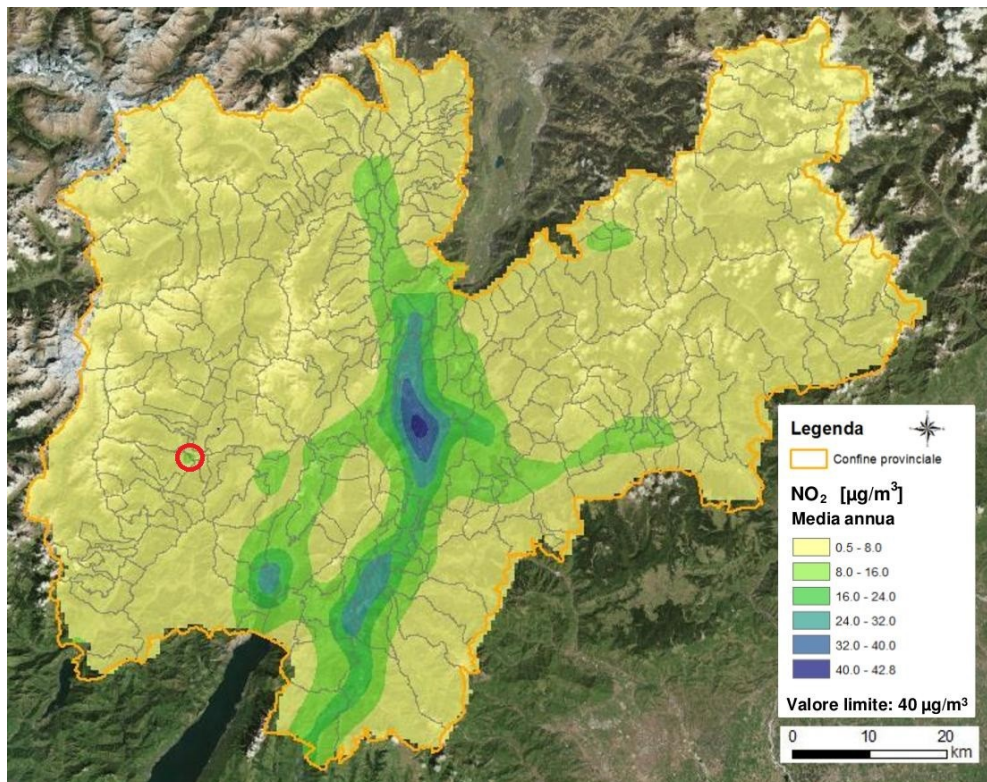


Fig. 2.3: Concentrazione media annuale al suolo NO₂ (simulazione modellistica 2017)

3 Individuazione e descrizione del sito di campionamento

La stazione di monitoraggio della qualità dell'aria è stata posizionata nel centro dell'abitato di Tione di Trento, lungo via circonvallazione, precisamente a *latitudine 633678 E e longitudine 5099931 N (sistema ETRS89)* (Fig. 3.1). Tale punto è stato considerato rappresentativo ai fini della valutazione della qualità dell'aria poiché prossimo a fonti puntuali di inquinamento, come impianti di riscaldamento civili, in particolare a biomassa, emissioni da traffico e vicinanza all'impianto industriale dell'azienda Novurania S.p.a.

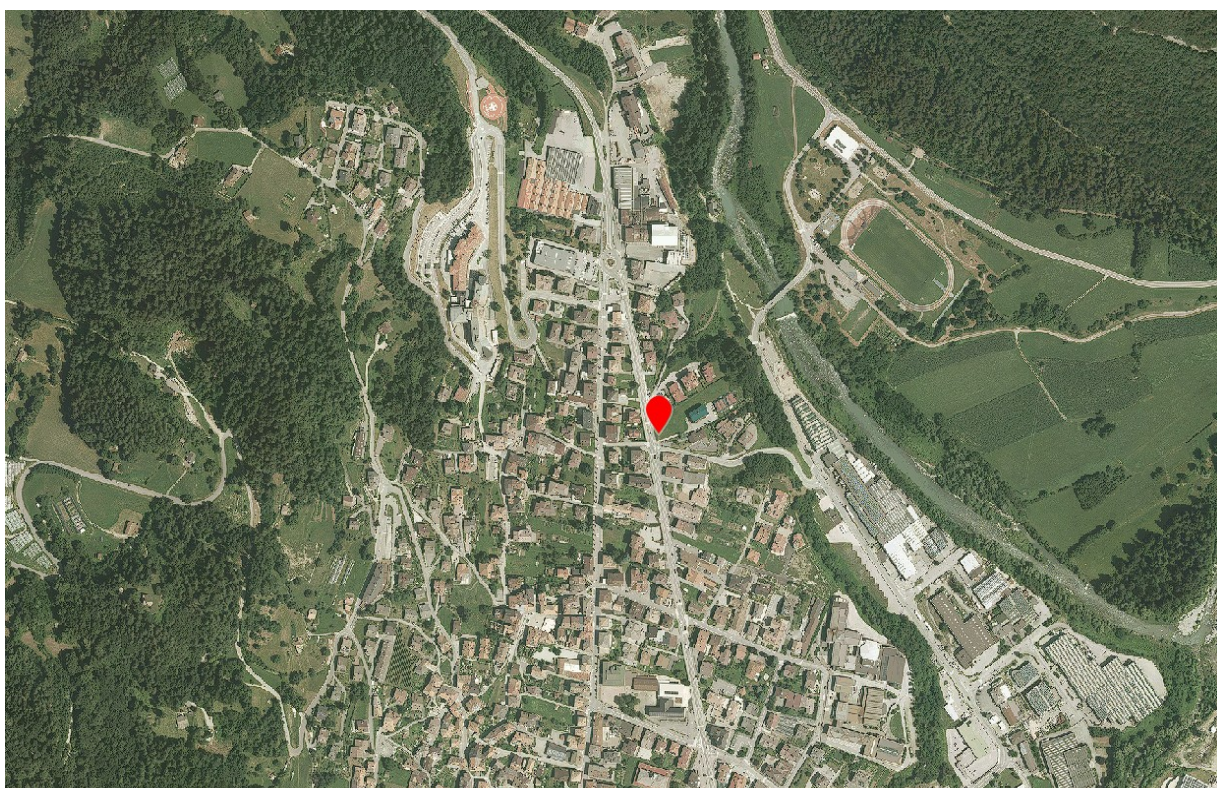


Fig. 3.1: Localizzazione stazione mobile di monitoraggio

4 Configurazione della stazione di misura e parametri rilevati

Dal punto di vista operativo e strumentale, la stazione mobile di monitoraggio utilizzata da APPA (Fig. 4.1), è strutturata in tutto e per tutto in modo analogo alle stazioni fisse che costituiscono la rete provinciale di monitoraggio. Considerando il contesto e le informazioni già disponibili, al fine di poter apprezzare eventuali impatti sulla qualità dell'aria riconducibili alle emissioni in atmosfera della Ditta, si è svolta una campagna di monitoraggio per rilevare le concentrazioni degli inquinanti presenti in zona ed in particolare si sono monitorati i seguenti composti:

COMPOSTI MISURATI	
<i>ossidi di azoto</i>	<i>NO + NO₂</i>
<i>monossido di carbonio</i>	<i>CO</i>
<i>particolato sottile</i>	<i>PM10, PM2,5</i>
<i>metalli</i>	<i>Al, As, Cd, Ca, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, K, Cu, Si, Ti, Zn, S</i>
<i>idrocarburi policiclici aromatici (IPA)</i>	<i>Benzo(A)Antracene, Benzo(A)Pirene, Benzo(B)Fluorantene, Benzo(G,H,I)Perilene, Benzo(K)Fluorantene, Crisene, Dibenzo(A,H)Antracene, Indeno(1,2,3-C,D) Pirene, Perilene, Pirene</i>
<i>Black Carbon</i>	<i>BC</i>
<i>Ozono</i>	<i>O₃</i>

Oltre ai dati chimici sono stati registrati contemporaneamente anche tutti i principali parametri meteorologici.

Le misure per ciascuno dei parametri analizzati sono state realizzate con strumentazione automatica e con le modalità codificate dalle specifiche tecniche previste dalla normativa.



Fig. 4.1 Stazione mobile di monitoraggio

5 Risultati del rilevamento

Nei paragrafi successivi è descritto l'andamento delle concentrazioni dei singoli inquinanti rilevati. In *(Tab 5.1)* i risultati sono confrontati con i valori limite previsti per biossido di azoto NO₂, PM10, PM2,5, monossido di carbonio CO, piombo, mentre in *(Tab 5.2)* sono riassunti i risultati relativi all'inquinante secondario ozono O₃.

In *(Tab 5.3)* sono infine posti in evidenza i valori registrati per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene confrontati con i rispettivi valori obiettivo.

Al fine di facilitarne la comprensione, oltre alla valutazione dei dati raccolti a Tione di Trento ed al loro confronto con i relativi limiti, viene proposto il confronto anche con i dati più significativi raccolti nello stesso periodo presso le stazioni della rete fissa di monitoraggio dislocate nei maggiori centri del Trentino.

Tab. 5.1: Confronto dei risultati della campagna con i limiti imposti dal D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Parametro	Massimo/Media campagna	Valore Limite (D. Lgs. 155/2010)
Biossido di azoto NO₂ (µg/m³)	Massimo media oraria	92	200
	Superamenti limite media oraria	0	18 ⁽¹⁾
	<i>Media della campagna</i>	17	40 ⁽¹⁾
Polveri sottili PM10 (µg/m³) (metodo gravimetrico)	Superamenti limite media giornaliera	7	35 ⁽¹⁾
	<i>Media della campagna</i>	19	40 ⁽¹⁾
Polveri sottili PM2,5 (µg/m³)	<i>Media della campagna</i> ⁽²⁾	12	25
Monossido di carbonio CO (mg/m³)	Massimo media di 8 h consecutive	1,9	10 ⁽¹⁾
	<i>Media della campagna</i>	0,65	-
Piombo Pb (ng/m³)	<i>Media della campagna</i>	3,2	500 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Il limite è previsto come *media annuale* o *numero annuale* di superamenti di medie orarie/giornaliere

⁽²⁾ media giornaliera con strumento automatico con esclusione del periodo 02/01/25-19/03/25

Tab. 5.2: Confronto dei risultati della campagna con le soglie di informazione e allarme con il valore obiettivo per O₃ (D. Lgs. 155/2010).

Inquinante	Parametro	Campagna	Valore di riferimento
Ozono O₃ (µg/m³)	Massimo Media oraria	187	180 (soglia di informazione)
			240 (soglia di allarme)
	Media di 8 h consecutive	165	120 (valore obiettivo) ⁽¹⁾
	Giorni di superamento del limite su 8 h	35	25 (valore obiettivo) ⁽¹⁾

⁽¹⁾ 120 µg/m³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni.

Tab. 5.3: Confronto dei risultati della campagna con i valori obiettivo imposti dal D. Lgs. 155/2010.

Inquinante (ng/m ³)	Media campagna	Valore obiettivo ⁽¹⁾
Arsenico	< 3	6,0
Cadmio	< 3	5,0
Nichel	1,1	20,0
Benzo(a)pirene - B(a)P	2,6	1,0

⁽¹⁾ Il valore obiettivo è previsto come media annuale

6 Ossido di Carbonio – CO

Per quanto riguarda l'ossido di carbonio, inquinante tracciante del traffico, i valori misurati si sono rivelati molto contenuti, con un valore massimo sulle 8 h pari a 1,9 mg/m³ a fronte di un limite normativo di 10 mg/m³ (Fig. 6.1).

Il valore medio dell'intera campagna è risultato molto contenuto e pari a 0,65 mg/m³.

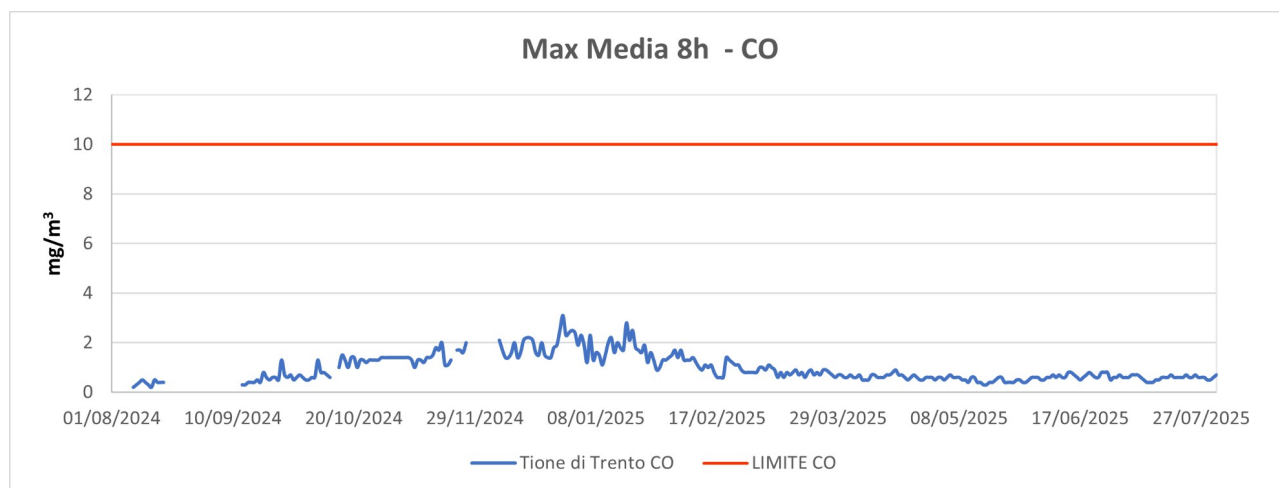


Fig.6.1: CO – Massimo giornaliero media 8h Tione di Trento

7 Biossido di azoto - NO₂

Il biossido di azoto è risultato presente in concentrazioni molto contenute, con un valore massimo sulla media oraria in tutta la campagna pari a 92 µg/m³, quindi di molto inferiore al limite orario imposto dalla normativa, pari a 200 µg/m³ (Fig. 7.1)



Fig.7.1: NO₂ – Andamento media/massimo giornaliero media oraria Tione di Trento

Tab. 7.1: Media concentrazioni NO₂

Inquinante	Parametro	Tione di Trento	Riva del Garda	Trento Parco S. Chiara	Limite annuale
NO ₂	Media intera campagna	17 µg/m ³	19 µg/m ³	24 µg/m ³	40 µg/m ³

Il valore medio di NO₂ riferito all'intera campagna, pari a 17 µg/m³, è molto al di sotto del limite imposto dalla normativa e inferiore a quanto contemporaneamente registrato presso le stazioni di Riva del Garda (la più vicina geograficamente) e di Trento Parco S. Chiara (Tab 7.1).

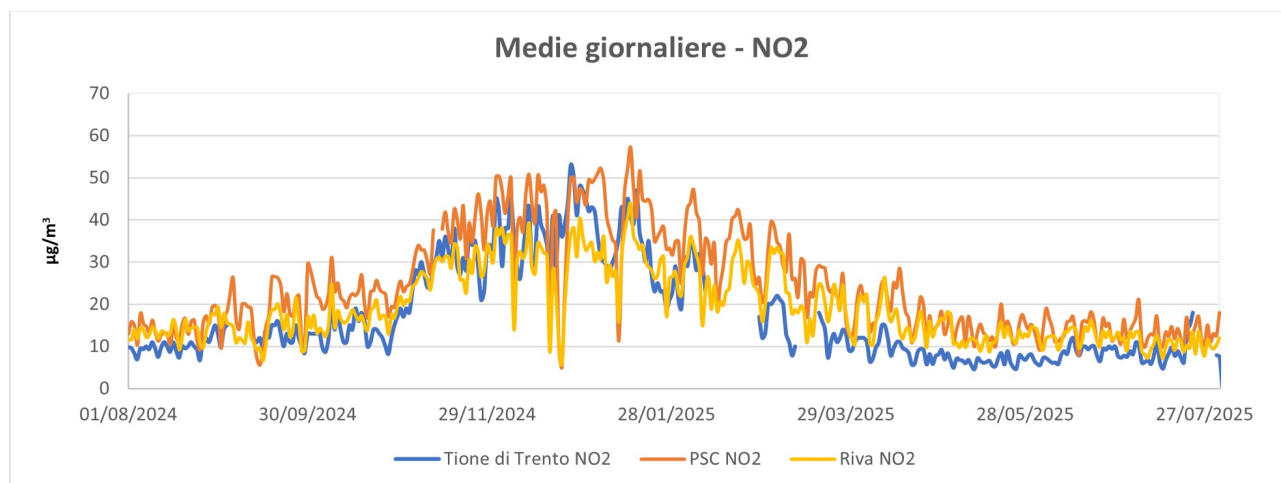


Fig.7.2: NO₂ – Andamento media giornaliera Tione di Trento, Trento Parco S. Chiara e Riva del Garda

8 Ozono - O₃

L'andamento medio giornaliero della concentrazione di ozono rispecchia la particolarità di questo inquinante, esclusivamente "secondario" cioè non direttamente emesso in atmosfera da fonti presenti localmente, rispetto a tutti gli altri parametri misurati. In particolare la sua presenza si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza con l'intenso irraggiamento solare ed elevate temperature che favoriscono le reazioni fotochimiche responsabili della sua formazione. La concentrazione media oraria di ozono nel periodo estivo è risultata essere superiore alla soglia di informazione (180 µg/m³) solo 4 volte nel corso dell'estate 2025 (con un picco massimo orario pari a 187 µg/m³ misurato il giorno 12/06/2025) e in nessuna occasione durante l'estate 2024. Si evidenzia che il valore di ozono non ha mai superato la soglia di allarme durante il corso dell'intera campagna (240 µg/m³) (Fig. 8.1).

Complessivamente sono stati inoltre registrati 9 superamenti giornalieri del valore obiettivo (120 µg/m³ calcolato come media su 8 h) durante l'estate 2024 e 26 durante l'estate 2025 (Fig. 8.2).

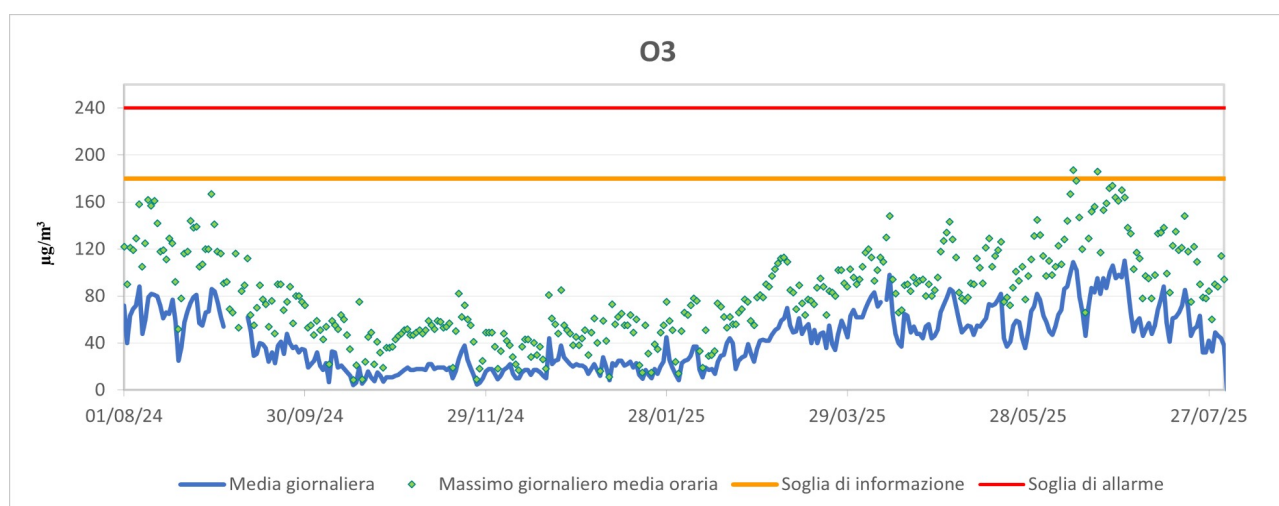


Fig.8.1: O₃ – Andamento media giornaliera e massimo giornaliero Tione di Trento

L'andamento di questo inquinante è risultato analogo a quanto misurato presso tutte le altre stazioni della rete provinciale di monitoraggio, ivi compresa la stazione di Riva del Garda, la più vicina geograficamente (Fig. 8.2).

Le ancorché limitate differenze tra le due estati rispecchiano le peculiarità di questo inquinante e sono riconducibili alla normale variabilità meteorologica che contraddistingue le diverse stagioni.

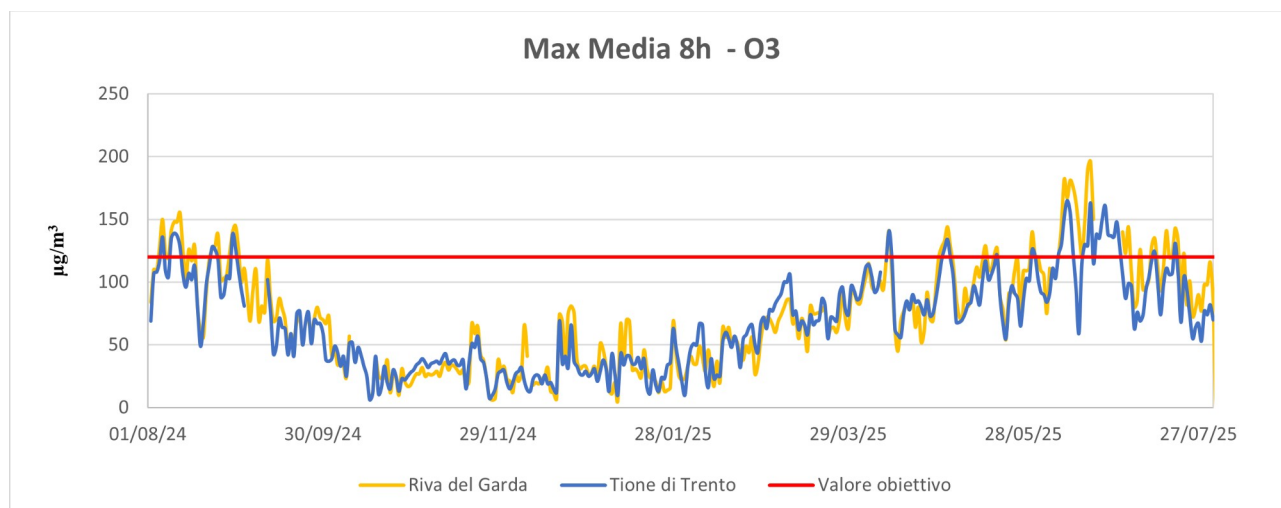


Fig.8.2: O_3 – Andamento massimo giornaliero 8h Tione di Trento e Riva del Garda

9 Polveri sottili - PM10

Le polveri sottili PM10 costituiscono uno dei parametri più importanti fra quelli controllati. Per questo inquinante esistono infatti anche in Trentino evidenze del superamento, o del rischio di superamento, delle concentrazioni massime consentite ai fini della tutela della salute delle persone.

La distribuzione delle concentrazioni del particolato all'interno di una stessa valle o di uno stesso bacino aereologico presenta caratteristiche spesso omogenee, anche se è comunque possibile riscontrare la presenza di "hot spot", ovvero zone di dimensioni circoscritte con concentrazioni più elevate di particolato rispetto alle medie attese.

La valutazione delle concentrazioni di particolato fine PM10 prevede il confronto con due limiti: uno di media annuale ed uno di media giornaliera, ma con un conteggio complessivo anch'esso su base annuale.

Oltre alla valutazione dei dati raccolti a Tione di Trento ed al loro confronto con i relativi limiti normativi, una maggiore comprensione dei fenomeni è resa possibile anche dal confronto dei valori misurati e degli andamenti con quelli contemporaneamente registrati nelle stazioni della rete provinciale fissa di monitoraggio (stazioni di "fondo") ed in particolare con la stazione di Riva del Garda.

Tab. 9.1: Media concentrazioni PM10

Inquinante	Parametro	Tione di Trento	Riva del Garda	Rete PAT
Particelle sospese PM10	<i>Media intera campagna</i>	19 µg/m ³	18 µg/m ³	18 µg/m ³
	<i>Massimo valore giornaliero intera campagna</i>	63 µg/m ³	97 µg/m ³	80 µg/m ³
	<i>Superamenti limite media giornaliera</i>	7	5	4

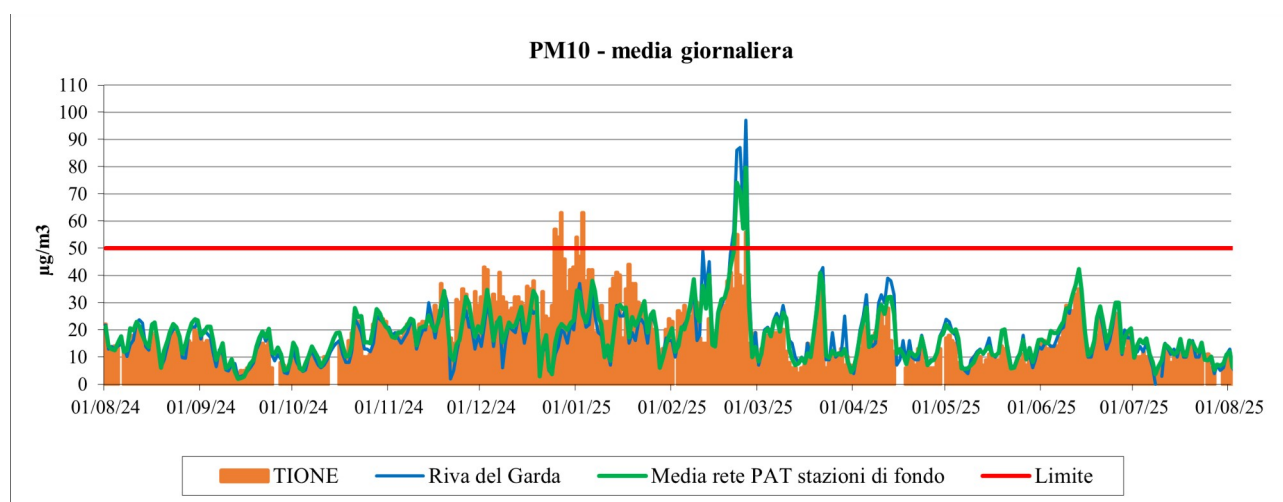


Fig.9.1: PM10 – Andamento medie giornaliere Tione di Trento, Riva del Garda e media rete PAT (stazioni di fondo)

Considerando l'intera campagna di misura, si evidenzia il rispetto di tutti i limiti normativi per gli indicatori di qualità dell'aria fissati per il PM10.

In particolare, il valore medio dell'intero periodo è risultato pari a $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a fronte di un limite normativo fissato pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale), mentre il limite di media giornaliera, fissato a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 35 giornate durante un anno, è stato superato in sole 7 occasioni nell'arco dell'intera campagna di misura.

Il grafico in (Fig. 9.1) descrive l'andamento delle concentrazioni rilevate durante l'intera campagna di misura, che permette di elaborare alcune importanti considerazioni.

In particolare, per la gran parte dell'anno, nello specifico per tutto il periodo primaverile, estivo e inizio autunno, i valori di concentrazione rilevati a Tione di Trento hanno evidenziato andamenti molto sovrapponibili con i valori misurati presso la stazione di Riva del Garda e tutte le altre stazioni della rete provinciale.

Nel semestre invernale invece, in particolare nei mesi di dicembre e gennaio, risulta evidente come le concentrazioni misurate a Tione di Trento siano risultate significativamente più elevate rispetto agli altri siti di misura provinciali presi a confronto.

Va sottolineato come le condizioni meteorologiche tipiche della stagione invernale favoriscono maggiormente il ristagno nei fondovalle degli inquinanti, e quindi, è normale riscontrare valori più alti in inverno piuttosto che in estate. Tale differenza è testimonianza del fatto che l'abitato di Tione di Trento è caratterizzato, oltre che meteo climatico ed orografico, anche da un diverso contesto emissivo.

In particolare, così come emerge dall'analisi delle concentrazioni di alcuni composti presenti nel particolato, descritti nei prossimi paragrafi, la sorgente che ha maggiormente contribuito all'innalzamento delle concentrazioni di PM10 nel periodo invernale è indubbiamente rappresentata dal consistente utilizzo della legna e più in generale della biomassa, quale combustibile principale

per il riscaldamento civile, ivi compreso l'utilizzo della legna nei piccoli apparecchi domestici (c.d. "fornaséle").

Conferma di questa evidenza si evince considerando il coefficiente di determinazione R^2 , che risulta essere poco significativo e pari a 0,59 tra la stazione di Tione di Trento e le altre stazioni di fondo della rete provinciale, durante l'intero periodo di misura (Fig. 9.4). Stagionalmente invece si nota come nel periodo invernale il coefficiente R^2 risulti essere ancora meno significativo con un valore di appena 0,25 (Fig. 9.2). A differenza nel periodo estivo il coefficiente tende a crescere raggiungendo un valore pari a 0,50 (Fig. 9.3) ma in modo poco significativo, indice del fatto che il diverso contesto emissivo, oltre che meteo climatico ed orografico, ha influenzato la concentrazione delle polveri.

Un ultimo commento relativamente alle concentrazioni di PM10, merita l'episodio accaduto nella seconda metà del mese di febbraio 2025, dove al contributo delle emissioni locali si è sommato un consistente episodio di trasporto di polveri proveniente dal Bacino Padano, durante il quale si sono misurati valori significativamente superiori al limite di media giornaliera su tutto il territorio provinciale, ivi compreso l'abitato di Tione di Trento. Risulta interessante precisare come l'orografia del luogo ha consentito l'attenuarsi del fenomeno poiché si sono misurati valori di concentrazione anche di molto inferiori rispetto al resto del territorio provinciale.

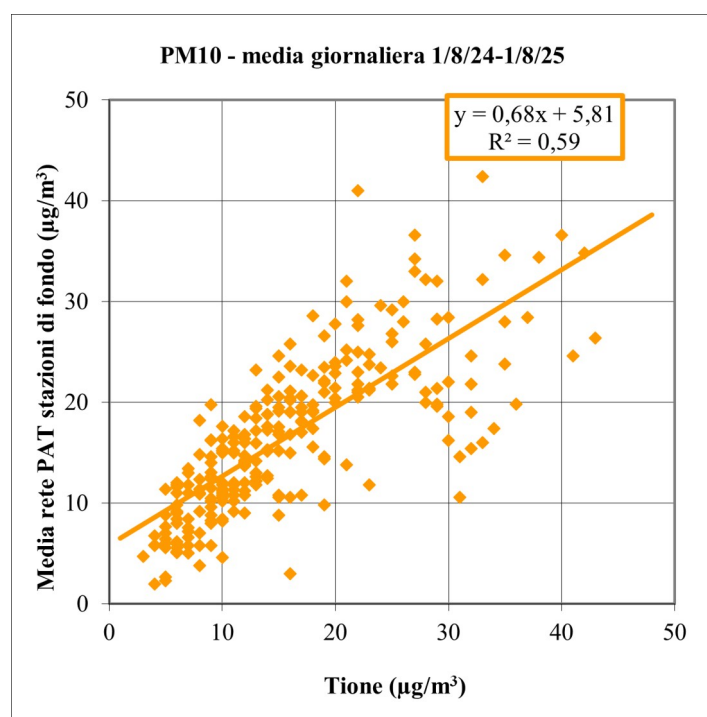


Fig. 9.4: PM10 – Retta di correlazione giornaliera Tione di Trento-media rete PAT (stazioni di fondo)

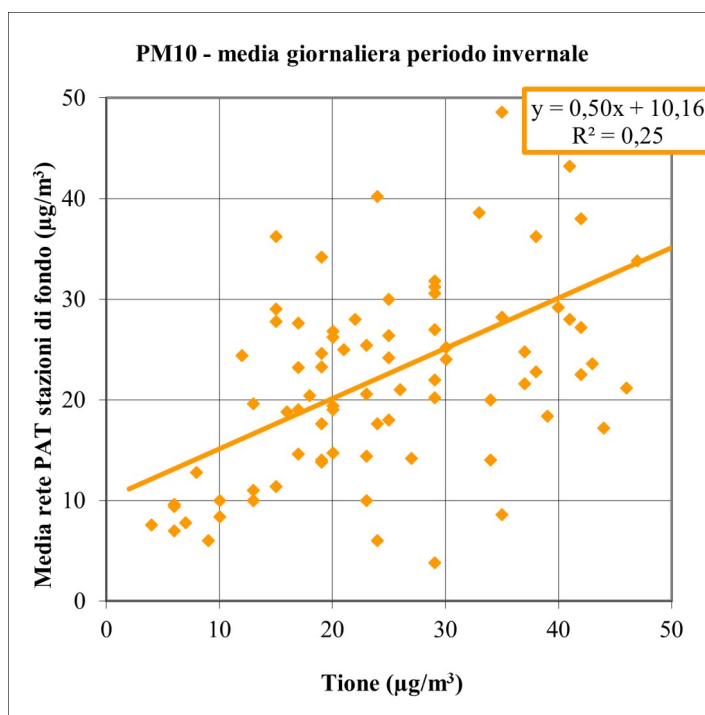


Fig. 9.2: PM10 – Retta di correlazione giornaliera Tione di Trento-media rete PAT (stazioni di fondo)

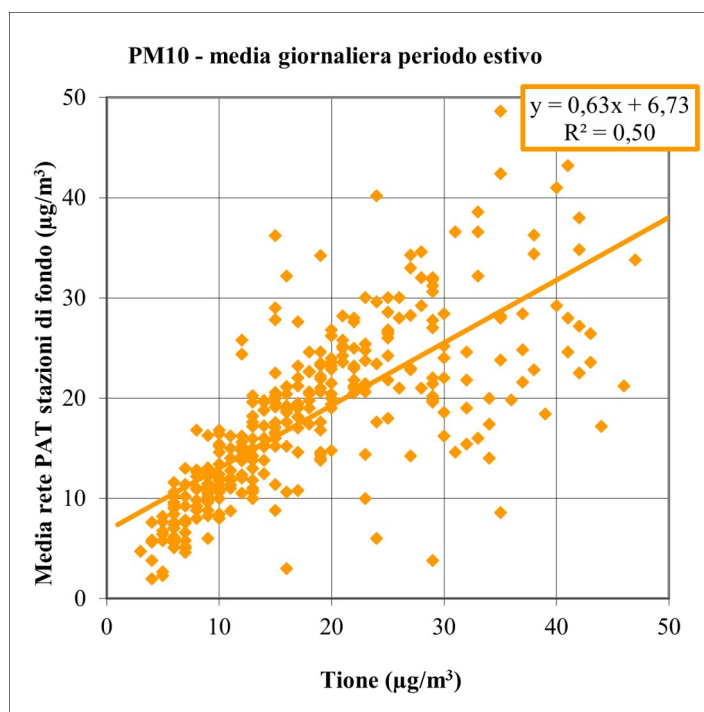


Fig. 9.3: PM10 – Retta di correlazione giornaliera Tione di Trento-media rete PAT (stazioni di fondo)

10 Metalli nel particolato PM10

I campioni di PM10 sono stati analizzati sia con il metodo gravimetrico, al fine di determinare la concentrazione di particolato, sia in laboratorio al fine di quantificare il contenuto dei principali metalli.

A questo proposito, il D. Lgs. 155/2010 stabilisce per alcuni di loro, in particolare per il piombo, arsenico, cadmio e nichel, dei valori limite e/o obiettivo.

Nella tabella seguente (Tab. 10.1) si riportano le medie della concentrazione dei metalli misurate durante l'intera campagna.

I valori di Trento Parco S. Chiara sono riportati a margine, quale termine di confronto in quanto presi a riferimento dal programma di valutazione della qualità dell'aria per la provincia di Trento.

Tab. 10.1: Metalli – valori medi della campagna e limite/obiettivo

Metalli (ng/m ³)	Media intera campagna		Valore limite /obiettivo (ng/m ³)
	Tione di Trento	Parco S. Chiara	
ALLUMINIO (Al) (ng/m ³)	143,2		-
ARSENICO (As) (ng/m³)	< 3	< 3	6 (VO)
CADMIO (Cd) (ng/m³)	< 3	< 3	5 (VO)
CALCIO (Ca) (ng/m ³)	640,9		-
CROMO (Cr) (ng/m ³)	2,4		-
FERRO (Fe) (ng/m ³)	330,4		-
MAGNESIO (Mg) (ng/m ³)	107,1		-
MANGANESE (Mn) (ng/m ³)	7,0		-
NICHEL (Ni) (ng/m³)	1,1	1,6	20 (VO)
PIOMBO (Pb) (ng/m³)	3,2	3,4	500 (VL)
POTASSIO (K) (ng/m ³)	489,1		-
RAME (Cu) (ng/m ³)	13,0		-
SILICIO (Si) (ng/m ³)	380,8		-
TITANIO (Ti) (ng/m ³)	15,2		-
ZINCO (Zn) (ng/m ³)	41,3		-
ZOLFO (S) (ng/m ³)	418,2		-

In relazione ad arsenico e cadmio, i campioni raccolti presentano tutti concentrazioni inferiori al limite di rivelabilità strumentale (3 ng/m^3) in analogia peraltro con quanto contemporaneamente rilevato presso il sito di riferimento provinciale per l'analisi dei metalli di Trento Parco Santa Chiara.

Per il parametro nichel, la concentrazione media dell'intera campagna è risultata anch'essa molto bassa e pari ad $1,1 \text{ ng/m}^3$, ampiamente al di sotto rispetto al valore obiettivo e inferiore del 31% anche rispetto a quanto contemporaneamente rilevato presso la stazione di Trento Parco Santa Chiara ($1,6 \text{ ng/m}^3$).

Molto contenuta è risultata essere anche la concentrazione del piombo, pari a $3,2 \text{ ng/m}^3$, largamente inferiore al limite previsto per questo inquinante (500 ng/m^3) ed inferiore di circa il 6% rispetto a quanto contemporaneamente registrato presso il sito fisso di riferimento di Trento Parco Santa Chiara ($3,4 \text{ ng/m}^3$).

11 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nel particolato PM10

I campioni di PM10 raccolti sono stati inoltre analizzati in laboratorio al fine di quantificare anche il contenuto dei principali Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Per la quasi totalità di questi composti non sono fissati limiti per la qualità dell'aria. Solamente per il Benzo(a)Pirene – B(a)P -, un idrocarburo policiclico aromatico originato in molti processi di combustione e classificato dalla IARC (Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro) nel gruppo 2A - probabile cancerogeno per l'uomo -, è fissato un *valore obiettivo* (non un *valore limite*) pari ad 1 ng/m^3 come media annuale.

Le concentrazioni di questo inquinante risultano essere generalmente prossime allo zero nel periodo estivo ed aumentano generalmente con l'approssimarsi della stagione più fredda (*Fig. 11.1*), laddove la presenza del particolato è maggiormente correlata alle emissioni riconducibili all'utilizzo della legna, ivi compresa quella utilizzata nei piccoli apparecchi domestici, quale principale sorgente emissiva di questi composti (è stimata essere più del 97% del totale degli IPA emessi in Trentino).

Il valore medio misurato nell'intera campagna a Tione di Trento è risultato pari a $2,6 \text{ ng/m}^3$, superiore rispetto al valore obiettivo fissato dalla normativa (1 ng/m^3).

Nello stesso periodo presso la stazione di Trento Parco S. Chiara, sito di riferimento provinciale anche per l'analisi degli IPA, il valore medio è risultato pari a $0,6 \text{ ng/m}^3$.

Tab. 11.1: Media concentrazioni B(a)P Tione di Trento e Parco S. Chiara

IPA	Parametro	Tione di Trento	Parco S. Chiara
benzo(a)pirene	Media periodo 2024	$3,3 \text{ ng/m}^3$ ⁽¹⁾	$0,6 \text{ ng/m}^3$ ⁽³⁾
	Media periodo 2025	$2,1 \text{ ng/m}^3$ ⁽²⁾	$0,5 \text{ ng/m}^3$ ⁽⁴⁾
	Media intera campagna	$2,6 \text{ ng/m}^3$	$0,6 \text{ ng/m}^3$

(1) dal 1/08/24 al 31/12/24 con 147 giorni campionati (3) dal 1/08/24 al 31/12/24 con 76 giorni campionati

(2) dal 1/01/25 al 01/08/25 con 206 giorni campionati (4) dal 1/01/25 al 01/08/25 con 107 giorni campionati

L'andamento fra i due siti di misura confrontati è analogo (*Fig. 11.1*), ovvero con valori più elevati nei mesi freddi, e concentrazioni che invece si sovrappongono, di fatto quasi si azzerano, nei mesi caldi.

In tutto il periodo invernale le concentrazioni a Tione di Trento sono risultate superiori rispetto a quelle misurate nel sito di riferimento di Trento Parco S. Chiara.

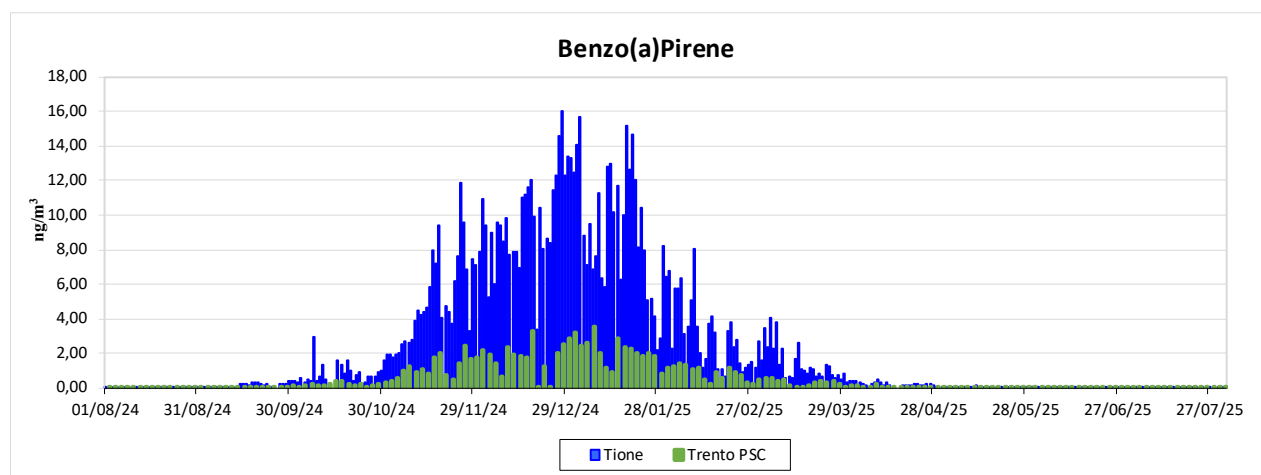


Fig.11.1: Benzo(a)Pirene – Media giornaliera intera campagna a Tione di Trento e Trento Parco S. Chiara

Oltre alla determinazione del *B(a)P*, sui campioni gravimetrici di PM10 raccolti durante la campagna, sono stati quantificati anche altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA). In particolare i risultati sono riassunti in (Tab. 11.2).

Tab. 11.2: IPA– valori medi della campagna

IPA (ng/m^3)	Media intera campagna Tione di Trento
Benzo(A)Antracene	1,2
Benzo(B)Fluorantene	2,2
Benzo(G,H,I)Perilene	1,9
Benzo(K)Fluorantene	1,0
Crisene	1,4
Dibenzo(A,H)Antracene	0,1
Indeno(1,2,3-C,D)Pirene	1,5
Perilene	0,5
Pirene	0,4

Per questi IPA non sono fissati dalla normativa valori di riferimento, ma i valori rilevati e gli andamenti stagionali ricalcano comunque quanto evidenziato per il *B(a)P*. In particolare, le concentrazioni sono risultate più elevate nei mesi freddi e del tutto o quasi nulle nei mesi caldi.

11.1 Approfondimento sulle concentrazioni di Black-Carbon

Il black carbon (BC) è un'inquinante primario emesso prevalentemente dalla combustione incompleta di combustibili fossili e dalla combustione della biomassa.

Questo inquinante, nelle aree urbane, consente di individuare e stimare la fonte di produzione delle polveri misurate, distinguendole tra quelle derivanti da traffico veicolare (*fossil fuel*) o prodotte dalla combustione della biomassa (*biomass burning*).

Il grafico di (Fig. 11.11) evidenzia come a Tione di Trento sia presente una percentuale di *biomass burning* (*bb*) maggiore nei mesi invernali e inferiore nei mesi estivi, durante i quali la combustione della biomassa non è prevalente, con un incremento invece della componente *fossil fuel* (*ff*) dovuta al traffico veicolare. Interessante sottolineare è la corrispondenza tra l'aumento della componente *biomass burning* e delle polveri PM10 e l'abbassamento della temperatura esterna con valori che raggiungono i -3 °C nel mese di gennaio 2025.

Un'ultima considerazione va fatta nel periodo estivo tra l'8 giugno 2025 e il 12 giugno 2025 in cui si nota un aumento sia del valore delle polveri PM10 sia della componente della *biomass burning*, con valori anomali per la stagione, dovuti al fenomeno di trasporto delle polveri causate dagli incendi del Canada, che hanno caratterizzato il mese di giugno con valori di concentrazione più elevati in tutto il territorio provinciale.

L'andamento della componente *biomass burning* è risultata perfettamente sovrapponibile con l'andamento del B(a)P (Fig.11.12), come confermato anche dall'indice di determinazione R² significativo e pari a 0,94 (Fig.11.13).

Questa ulteriore evidenza, al pari di quanto osservato per il B(a)P, conferma come il particolato PM10 presente a Tione di Trento nel periodo invernale sia indubbiamente, e per la gran parte, riconducibile alle emissioni prodotte dalla combustione della legna.

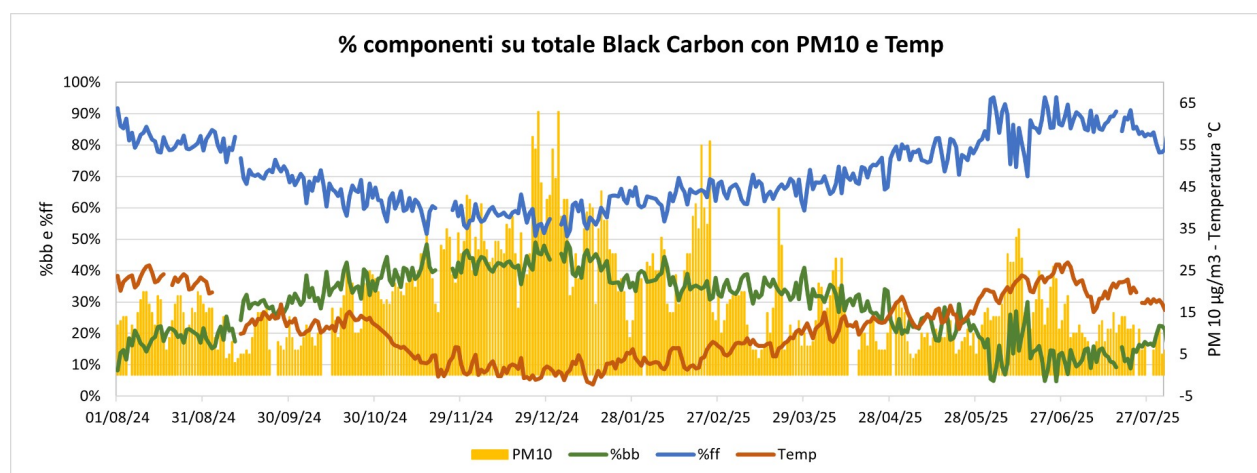


Fig.11.11: % componenti su totale di Black Carbon

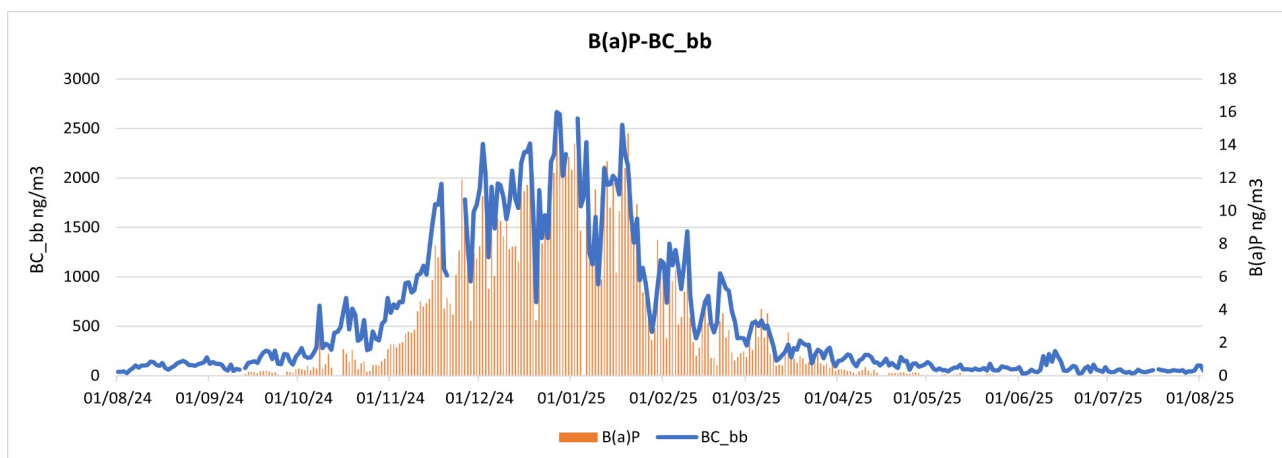


Fig.11.12: Confronto B(a)P - BC_bb

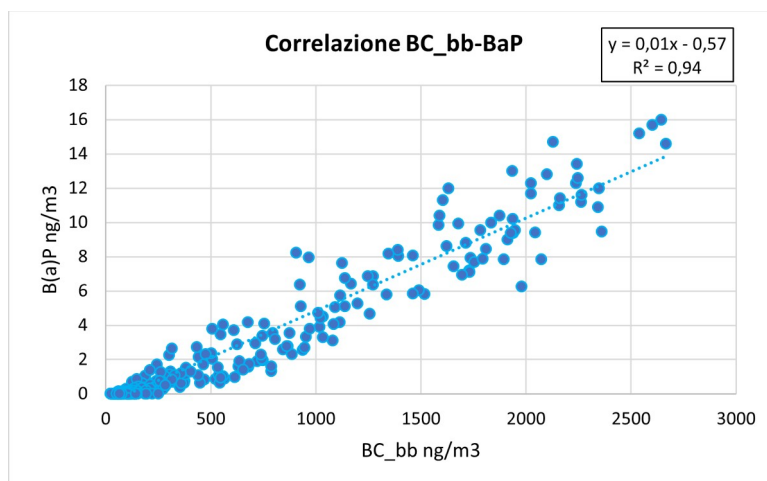


Fig.11.13: Correlazione B(a)P - BC_bb

12 Valutazioni finali e conclusioni

La campagna di monitoraggio ha consentito di valutare la qualità dell'aria nell'abitato di Tione di Trento, relativamente agli inquinanti CO, NO₂, O₃, particolato sottile PM10, metalli, IPA e Black Carbon.

I valori registrati per l' **ossido di carbonio CO** sono risultati sempre e per tutti gli indicatori *abbondantemente inferiori* ai limiti normativi.

Per il **biossido di azoto NO₂**, le concentrazioni misurate, oltre a rispettare tutti i limiti normativi, sono risultate anche significativamente *inferiori* rispetto a quanto contemporaneamente misurato nelle stazioni fisse di Trento Parco S. Chiara (-29%) e Riva del Garda (-11%). Non sono mai stati registrati sforamenti del limite relativo alla media oraria, ed il valore massimo raggiunto è risultato pari a 92 µg/m³.

Per quanto riguarda l'**ozono O₃** inquinante tipico dei mesi primaverili ed estivi, la concentrazione media oraria nel periodo estivo è risultata in alcune occasioni sopra alla soglia di informazione (180 µg/m³) e solo durante l'estate 2025, con soli 4 superamenti, con un picco massimo orario registrato pari a 187 µg/m³, è risultato superiore alla soglia di informazione ma sempre inferiore alla soglia di allarme (240 µg/m³).

Sono stati registrati 9 superamenti giornalieri del valore obiettivo (120 µg/m³ calcolato come media su 8 h) durante l'estate 2024 e 26 durante l'estate 2025. Le differenze tra le due estati rispecchiano le peculiarità di questo inquinante, fortemente legato alle condizioni meteorologiche.

I risultati delle misurazioni dell'intero periodo hanno confermato per il parametro **polveri sottili PM10** sia il rispetto del limite di media annuale con un valore misurato pari a 19 µg/m³ (limite 40 µg/m³), sia del numero di superamenti del limite di media giornaliera con 7 episodi di superamento a fronte del limite fissato in 35 sforamenti.

La concentrazione media di **polveri sottili PM10** dell'intero periodo a Tione di Trento è risultata 19 µg/m³, superiore del 6% rispetto alla media di tutte le stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio (18 µg/m³) e superiore sempre del 6% con quanto contemporaneamente misurato a Riva del Garda (18 µg/m³), la stazione della rete provinciale più vicina a Tione di Trento.

Le concentrazioni dei quattro metalli normati (**arsenico, cadmio, nichel e piombo**) sono risultate ben inferiori ai valori limite/obiettivo previsti dalla normativa e sono risultate inferiori anche a quanto misurato presso il sito di riferimento per il Trentino di Trento Parco Santa Chiara.

Relativamente al **benzo(a)pirene**, la concentrazione media dell'intera campagna di misura è risultata essere pari a 2,6 ng/m³, superiore sia al valore misurato presso la stazione di riferimento Trento Parco S. Chiara (0,6 ng/m³) sia al valore obiettivo fissato dalla normativa (1 ng/m³). In merito a questo preme evidenziare come per questo inquinante in particolare nel periodo invernale, si abbia quale principale e di gran lunga preponderante origine il diffuso utilizzo della legna e più in

generale della biomassa quale combustibile per il riscaldamento, ivi compreso l'utilizzo della legna nei piccoli apparecchi domestici (c.d. "fornaséle").

In definitiva quindi, durante l'anno di monitoraggio tutti gli indicatori di qualità dell'aria controllati hanno evidenziato concentrazioni ampiamente inferiori sia ai valori limite fissati dal D.Lgs. 155/2010, sia ai valori obiettivo, fatta eccezione per l'inquinante *benzo(a)pirene* e per l'inquinante secondario ozono.

Risulta interessante infine rilevare come i valori misurati abbiano sostanzialmente confermato anche quanto emerso dallo studio solo modellistico realizzato dall'APPA nel 2017 riferito ai dati dell'anno 2013.

Le valutazioni qui esposte hanno valenza principalmente ambientale, ancorché i limiti previsti per i vari inquinanti monitorati siano fissati soprattutto a tutela della salute delle persone. Si rimanda tuttavia alla competenza sanitaria la formulazione di eventuali altre specifiche valutazioni riguardanti aspetti più strettamente tossicologici ed epidemiologici.

13 Allegato 1: Normativa di riferimento

Il quadro normativo di riferimento per la misura della qualità dell'aria ambiente è costituito dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*.

L'allegato XI stabilisce valori limite e livelli critici per SO₂, NO₂, NO_x, CO, Pb e PM10.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
Biossido di zolfo	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
	1 giorno	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di azoto	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m ³
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³
Piombo	Anno civile	0,5 µg/m ³
PM10	1 giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m ³

Inquinante	Livello critico annuale (anno civile)	Livello critico invernale (1° ottobre-31 marzo)
Biossido di zolfo	20 µg/m ³	20 µg/m ³
Ossidi di azoto	30 µg/m ³ NO _x	

L'allegato XII stabilisce le soglie di allarme per SO₂ ed NO₂ (misurate per tre ore consecutive).

Inquinante	Soglia di allarme
Biossido di zolfo	500 µg/m ³
Biossido di azoto	400 µg/m ³

L'allegato XII stabilisce inoltre le soglie di informazione e di allarme per O₃.

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 µg/m ³
Allarme	1 ora	240 µg/m ³

L'allegato XIII stabilisce i valori obiettivo per As, Cd, Ni, B(a)P.

Inquinante	Valore obiettivo
Arsenico	6,0 ng/m ³
Cadmio	5,0 ng/m ³
Nichel	20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene	1,0 ng/m ³

14 Allegato 2: Descrizione dei parametri rilevati

PARAMETRI CHIMICI

PARAMETRO	SIMBOLOGIA	UNITÀ DI MISURA
monossido di carbonio	CO	mg/m ³
polveri PM10	PM10	µg/m ³
monossido di azoto	NO	µg/m ³
biossido di azoto	NO ₂	µg/m ³
ossidi di azoto totali	NO _x	µg/m ³
biossido di zolfo	SO ₂	µg/m ³
ozono	O ₃	µg/m ³
IPA	Benzo(a)Pirene ed altri...	ng/m ³
metalli	As, Cd, Ni , Pb ed altri	ng/m ³
levoglucosano	LG	µg/m ³

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, insapore, inodore ed è un po' più leggero dell'aria. Esso rappresenta l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il monossido di carbonio si forma principalmente dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili. Quando la combustione avviene in condizioni ideali si forma esclusivamente anidride carbonica (CO₂), mentre quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente, si forma anche CO.

La principale sorgente di questa sostanza è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% della produzione complessiva; in ambito urbano anche fino al 90–95%), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente correlata alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore a bassi regimi ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato. Altre sorgenti sono gli impianti termici e alcuni processi industriali, come ad esempio la produzione di acciaio.

OSSIDI D'AZOTO - NO_x, NO, NO₂

Il biossido di azoto è un gas di colore rosso-bruno, di odore forte e pungente, altamente tossico ed irritante. In generale gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂ ed altri) sono generati da i processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato, per reazione diretta tra l'azoto e l'ossigeno dell'aria ad alta temperatura (>1.200°C).

I processi di combustione (centrali termoelettriche, riscaldamento, motori a combustione interna) emettono quale componente principale monossido di azoto (NO) che, nelle emissioni di un motore a combustione interna, rappresenta circa il 98% delle emissioni totali di ossidi di azoto. Successivamente il monossido di azoto (NO) in presenza di ozono si trasforma in biossido di azoto. La formazione diretta di NO₂ dai processi di combustione è strettamente correlata agli elevati valori di pressione e temperatura che si realizzano all'interno delle camere di combustione dei motori.

I fumi di scarico degli autoveicoli contribuiscono enormemente all'inquinamento da NO; la quantità di emissioni dipende dalle caratteristiche del motore e dalla modalità del suo utilizzo (velocità, accelerazione, ecc.). In generale, la presenza di NO aumenta quando il motore lavora ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade, ...).

Il biossido di azoto può essere originato anche da processi produttivi senza combustione, come ad esempio la produzione di acido nitrico, fertilizzanti azotati, ..., ed anche da sorgenti naturali (attività batterica, eruzioni vulcaniche, incendi).

POLVERI SOTTILI - PM10

Con il termine polveri atmosferiche, o materiale particellare, si intende un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria. Le singole particelle sono anche molto diverse tra loro per dimensione, forma, composizione chimica e processo di formazione. L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è definito come particolato sospeso P.T.S. (Polveri Totali Sospese) o P.M. (dall'inglese "Particulate Matter", materiale particellare).

Generalmente tali particelle sono costituite da una miscela di elementi quali: Carbonio (organico ed inorganico), fibre, silice, metalli (Ferro, Rame, Piombo, Nichel, Cadmio, ...), nitrati, solfati, composti organici (idrocarburi, acidi organici, I.P.A., ...), materiale inerte (frammenti di suolo, spore, pollini, ...), particelle liquide. Tale composizione dipende essenzialmente dal processo di formazione delle stesse particelle e dalle sostanze con cui sono giunte a contatto nella loro permanenza in atmosfera (ad esempio possono fungere da veicolanti di metalli pesanti).

Il diametro è compreso tra 0,005 μm e 150 μm (lo spessore di un capello umano è di circa 100 μm); all'interno di questo intervallo le polveri atmosferiche sono suddivise in:

- particelle grossolane: con diametro superiore ai 10 μm ;
- particelle fini (PM10): con diametro inferiore a 10 μm ;
- particelle finissime (PM2,5): con diametro inferiore ai 2,5 μm .

OZONO - O₃

L'ozono è un gas formato da tre atomi di ossigeno (O₃) di odore pungente, altamente reattivo, dotato di un elevato potere ossidante e ad elevate concentrazioni di colore blu/azzurro.

In natura è presente negli strati alti dell'atmosfera terrestre, in particolare in una porzione della stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 km dal suolo, detta anche ozonosfera, ed ha la funzione importante di proteggere la superficie terrestre dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero dannose per la vita degli esseri viventi. L'ozono è dunque indispensabile alla vita sulla Terra perché impedisce il passaggio dei raggi pericolosi per la nostra salute. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono".

Negli strati bassi dell'atmosfera invece, la cosiddetta "troposfera" (al di sotto dei 10-15 km di altezza dal suolo), esso è presente naturalmente in basse concentrazioni, per effetto del naturale scambio con la stratosfera. Tale concentrazione può però aumentare in alcune aree a causa del cosiddetto "smog fotochimico", che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

Se dunque il "buco dell'ozono" si riferisce all'assottigliamento dello strato di ozono di cui abbiamo bisogno per proteggerci dalle radiazioni ultraviolette, l'inquinamento da ozono si riferisce all'aumento della sua presenza nell'aria che respiriamo, soprattutto nei periodi estivi, e che può avere effetti dannosi sulla salute dell'uomo e sull'ambiente.

BIOSSIDO DI ZOLFO - SO₂

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante. In atmosfera la presenza di biossido di zolfo è accompagnata da quella del triossido di zolfo (SO₃); infatti il biossido (SO₂) può essere trasformato in triossido (SO₃) mediante processi indotti dall'irraggiamento solare.

In atmosfera la presenza di SO₃ come tale è a sua volta condizionata dalla concentrazione di vapore acqueo; in combinazione con questo essa forma infatti facilmente acido solforico (H₂SO₄).

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI – IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, sostanze scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi. Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene che ha una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli olii combustibili). Essi vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile) e nelle caldaie (soprattutto quelle alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti); inoltre sono presenti nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel che benzina). In generale l'emissione di I.P.A. nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione.

La presenza di questi composti nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per piro-sintesi ha origine durante il processo di combustione.

METALLI

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura. I principali sono Cadmio, Zinco, Rame, Nichel, Piombo e Ferro.

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio e lo zinco sono originati prevalentemente da processi industriali, il rame ed il nichel provengono dalla combustione, il piombo dalle emissioni autoveicolari. Il ferro proviene dall'erosione dei suoli, dall'utilizzo di combustibili fossili e dalla produzione di leghe ferrose.

In particolare, il piombo di provenienza autoveicolare è emesso quasi esclusivamente da motori a benzina in cui è contenuto sotto forma di piombo tetraetile e/o tetrametile con funzioni di antidetonante. Negli agglomerati urbani tale sorgente rappresenta pressoché la totalità delle emissioni di piombo e la granulometria dell'aerosol che lo contiene si colloca quasi integralmente nella frazione respirabile (PM10). L'adozione generalizzata della benzina "verde" (0,013 g/l di Pb) dal 1° gennaio 2002, ha portato una riduzione delle emissioni di Piombo del 97%; in conseguenza di ciò è praticamente eliminato il contributo della circolazione autoveicolare alla concentrazione in aria di questo metallo.

15 Allegato 3: Riferimenti bibliografici

APPA Trento (2011), *Zonizzazione della provincia di Trento e classificazione delle zone*, deliberazione di Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011

APPA Trento (2018), *Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria*, deliberazione della Giunta provinciale n. 1387 del 1 agosto 2018

APPA Trento (2021), *Classificazione delle zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente - aggiornamento 2021*, deliberazione della Giunta provinciale n. 1776 del 29 ottobre 2021

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