



# 13. Aria



“Nel periodo 2015-2019, gli inquinanti atmosferici presenti in concentrazioni più elevate, ancorché in tendenziale diminuzione, continuano a essere le polveri sottili (PM10), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e l’ozono (O<sub>3</sub>), con superamento dei limiti fissati per la salute umana nel caso degli ultimi due”

a cura di:

Elisa Malloci – Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Gabriele Tonidandel – Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

con la collaborazione tecnico-scientifica di:

Pirous Fateh-Moghadam - Dipartimento salute e politiche sociali PAT

Laura Battisti - Dipartimento salute e politiche sociali PAT

Elisa Pieratti - Settore informazione, formazione ed educazione ambientale APPA

Marco Niro – Settore informazione, formazione ed educazione ambientale APPA

# Contenuti

## 13. Aria

13.1	La rete di monitoraggio della qualità dell'aria .....	338
13.2	Descrizione dei principali inquinanti .....	339
13.2.1	Particolato (PM10 e PM2.5) .....	339
13.2.2	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) .....	341
13.2.3	Biossidi di zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	343
13.2.4	Monossido di carbonio (CO) .....	343
13.2.5	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	344
13.2.6	Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	344
13.2.7	Metalli (Pb, As, Cd, Ni) .....	346
13.2.8	Benzo(a)Pirene (B(a)P) .....	346
13.3	Le emissioni in atmosfera .....	347
13.3.1	Analisi dei macroinquinanti per macrosettore .....	348
13.3.2	Emissioni di biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	349
13.3.3	Emissioni di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) .....	350
13.3.4	Emissioni di monossido di carbonio (CO) .....	351
13.3.5	Emissioni di polveri sottili (PM10) .....	352
13.3.6	Emissioni di polveri sottili (PM2.5) .....	353
13.3.7	Emissioni di anidride carbonica .....	354
13.4	La qualità dell'aria .....	355
13.4.1	Concentrazioni di particolato (PM10 e PM2.5) .....	355
13.4.2	Concentrazioni di biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) .....	358
13.4.3	Concentrazioni di biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	359
13.4.4	Concentrazioni di monossido di carbonio (CO) .....	360
13.4.5	Concentrazioni di benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	361
13.4.6	Concentrazioni di ozono (O <sub>3</sub> ) .....	362
13.4.7	Concentrazioni di metalli (Pb, As, Cd e Ni) .....	364
13.4.8	Concentrazioni di benzo(a)pirene .....	366
13.5	Qualità dell'aria e salute .....	369



## ARIA

L'aria ambiente è la miscela dei gas che costituiscono l'atmosfera terrestre. La sua composizione naturale può essere alterata dall'immissione di altre sostanze gassose, liquide o solide dando in questo modo origine al fenomeno dell'inquinamento atmosferico.

Queste sostanze, indicate come inquinanti atmosferici, possono raggiungere livelli di concentrazione tali da provocare effetti nocivi sulla salute delle persone e, più in generale, sull'intero ecosistema.

L'inquinamento atmosferico nelle aree urbane può avere diversi effetti: rischi per la salute associati principalmente all'inalazione di gas e particelle, l'accelerazione del deterioramento degli edifici (inclusi i monumenti), e i danni a vegetazione ed ecosistemi.

Il traffico veicolare e le combustioni non industriali costituiscono le principali cause dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane del Trentino, soprattutto quando al traffico e alle combustioni corrispondono condizioni meteorologiche poco favorevoli alla loro dispersione in atmosfera. Queste situazioni, oltre a poter avere effetti negativi sulla salute delle persone che permangono in tali zone per periodi di tempo significativi, hanno anche un impatto sugli ecosistemi e sulla vegetazione circostante, nonché su eventuali altri recettori presenti.

La Provincia autonoma di Trento ha approvato nel 2018 il nuovo Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria <https://pianoaria.provincia.tn.it/> che propone una serie di misure per ridurre le emissioni di inquinanti, migliorare la qualità dell'aria ove ci siano situazioni di criticità e mantenerla buona ove sia già tale. Il Piano interviene su cinque settori: nel settore civile ed energetico con misure per il risparmio energetico e per la riqualificazione energetica degli edifici, per la diffusione di stufe

e caldaie a legna più efficienti e meno inquinanti; nel settore dei trasporti con misure sul trasporto pubblico, privato e merci, supportando la mobilità sostenibile e l'intermodalità; nel settore produttivo-industriale con misure inerenti una tempestiva applicazione delle migliori tecniche disponibili per raggiungere un elevato indice di protezione dell'ambiente; nel comparto agro-zootecnico, con la diffusione di buone pratiche in ambito zootecnico e con formazione tecnica per le aziende; nel settore della comunicazione, con campagne di sensibilizzazione rivolte alla cittadinanza ed interventi di educazione nelle scuole.



## 13.1 LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia autonoma di Trento si è strutturata nel tempo in conformità alle diverse disposizioni e direttive europee che si sono succedute a partire dalla Direttiva 96/62/CE, a loro volta recepite in ambito nazionale da vari atti fra i quali il D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351, il D.M. 2 aprile 2002, n. 60 ed il D.Lgs. 21 maggio 2004, n. 183.

La Direttiva 2008/50/CE e il relativo atto di recepimento costituito dal D.Lgs. 155/2010 hanno ripreso molte delle indicazioni contenute nella normativa abrogata, introducendo però ulteriori elementi atti a migliorare la valutazione della qualità dell'aria ambiente negli Stati membri sulla base di metodi e criteri comuni, così come espressamente previsto dall'art. 1 della stessa Direttiva.

I dati che vengono presentati in questo Rapporto sono riferiti alla rete di monitoraggio che si è andata nel tempo strutturando e modificando fino ad assumere la configurazione riassunta in Tabella 13.1 e Figura 13.1. In particolare, la rete di monitoraggio è attualmente



Trento – via Bolzano

composta da:

- 1 stazione di misura di "traffico" (Trento – via Bolzano);
- 6 stazioni di misura di "fondo", 4 delle quali localizzate in siti urbani o suburbani (Trento – Parco S. Chiara, Rovereto, Riva del Garda, Borgo Valsugana) e 2 in siti rurali (Piana Rotaliana e Monte Gaza);
- 2 stazioni mobili che possono essere utilizzate per campagne di misura temporanee.

Tabella 13.1: le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia autonoma di Trento (al 31 dicembre 2019)

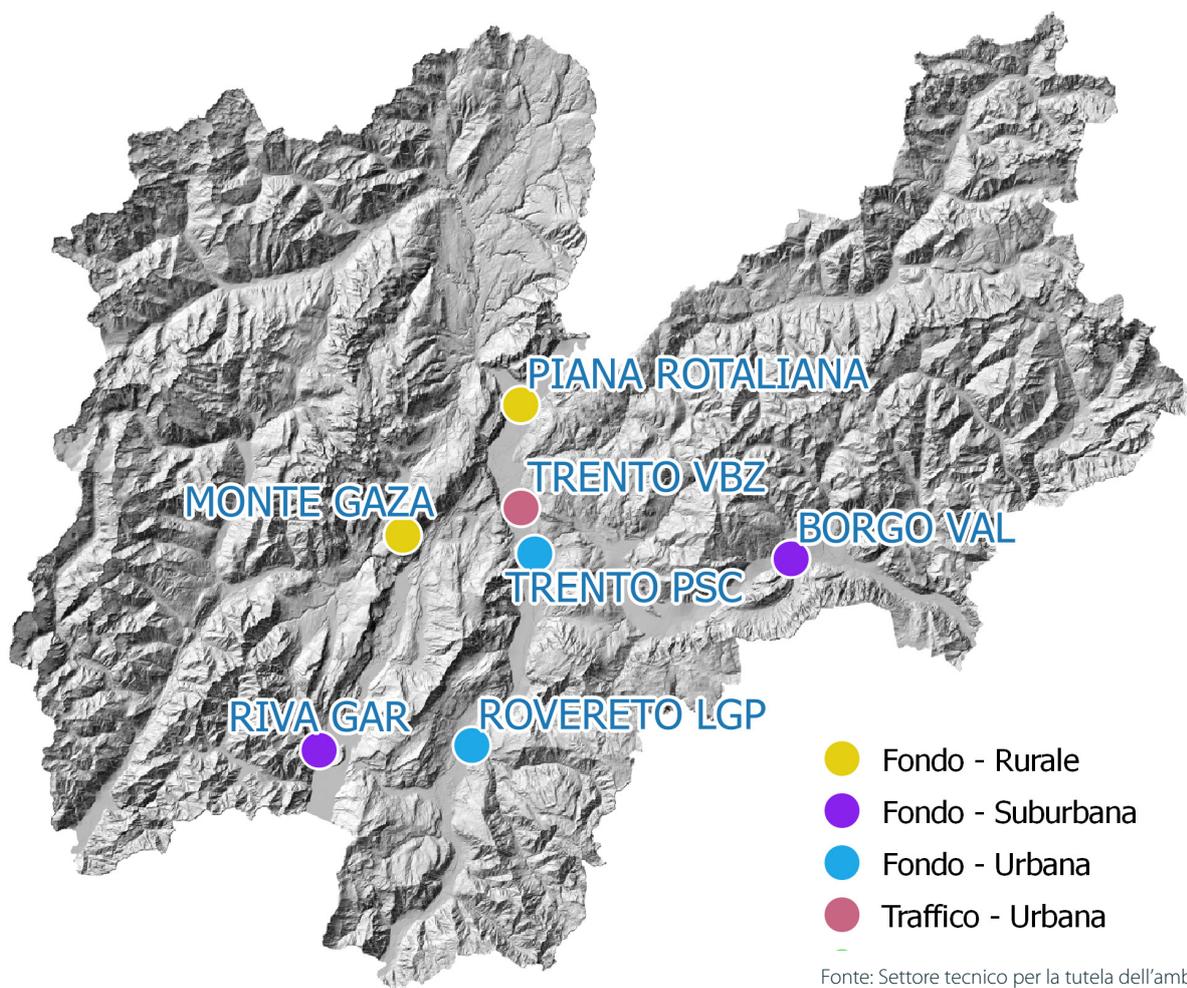
Località	Tipo zona <sup>1</sup>	Tipo stazione <sup>2</sup>	Inquinanti analizzati
Borgo Valsugana	S	F	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10 e PM2,5, Meteo
Riva del Garda	S	F	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10, Meteo
Rovereto	U	F	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10 e PM2,5, Meteo
Trento – via Bolzano	U	T	Ossido di carbonio (CO), Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Particolato sottile PM10, Benzene, Meteo
Trento – Parco S. Chiara	U	F	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ), Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10 e, PM 2,5, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Metalli, Meteo
Piana Rotaliana	R	F	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10, Meteo
Monte Gaza	R	F	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10, Meteo
Stazione mobile 1	-	-	Ossido di carbonio (CO), Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ), Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Metalli, Meteo
Stazione mobile 2	-	-	Ossido di carbonio (CO), Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ), Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), Ozono (O <sub>3</sub> ), Particolato sottile PM10, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Metalli, Meteo

Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

<sup>1</sup> R=rurale; S=suburbana; U=urbana

<sup>2</sup> F=Fondo; T=Traffico

Figura 13.1: le stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia autonoma di Trento (al 31 dicembre 2019)



Riguardo alla valutazione della qualità dell'aria ambiente è importante porre in evidenza come la nuova direttiva, peraltro in continuità con le norme precedenti, preveda di affiancare, integrare ed in alcune situazioni anche sostituire il monitoraggio in siti fissi (rete di centraline) con altri tipi di misure definite "indicative", o più semplicemente con "tecniche di modellizzazione" o di "stima obiettiva". In questo ambito è in fase di aggiornamento la modellistica

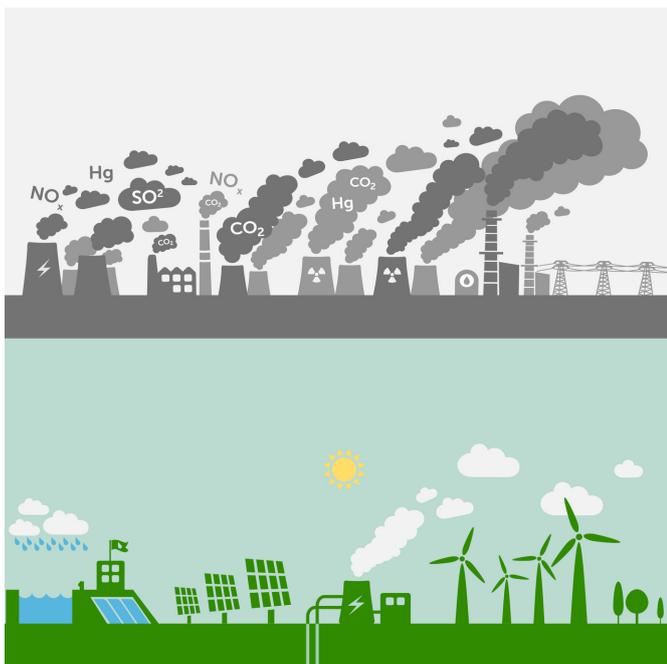
di dispersione degli inquinanti a scala provinciale con risoluzione spaziale di 500 metri, con riferimento ad un anno rappresentativo da un punto vista meteorologico (anno 2013). I risultati della modellazione costituiranno una delle basi conoscitive per la redazione del nuovo piano di qualità dell'aria e permetteranno di migliorare la conoscenza sull'effettivo grado di esposizione della popolazione ai vari inquinati atmosferici

## 13.2 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI INQUINANTI

### 13.2.1 Particolato (PM10 e PM2.5)

Con i termini polveri atmosferiche, particolato sospeso, polveri totali sospese (PTS), polveri fini o semplicemente PM (dall'inglese "Particulate Matter", materiale particellare) si indica un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria. Le singole particelle sono molto

diverse tra loro per dimensione, forma, composizione chimica e processo di formazione. Il risultato è una miscela complessa di molteplici elementi (quali ad esempio carbonio, silice, metalli, nitrati, solfati, composti organici, materiale inerte, particelle liquide ecc.), la cui composizione e le cui caratteristiche fisico-chimiche sono assai variabili in quanto fortemente dipendenti dai processi di formazione delle particelle stesse e dalle caratteristiche dell'ambiente esterno.



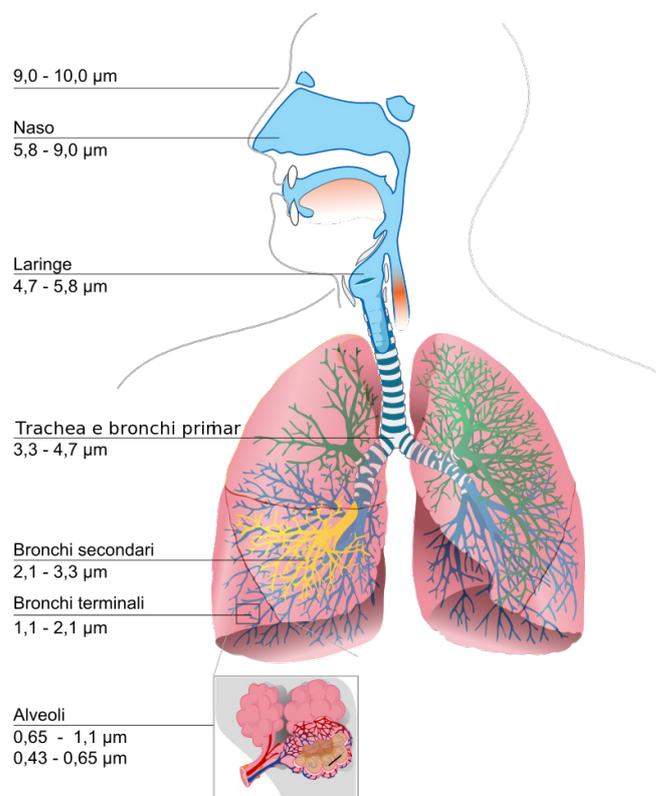
Le polveri atmosferiche possono essere di origine naturale o antropica. Le più importanti sorgenti naturali sono riconducibili a fenomeni di erosione eolica ed in generale all'effetto degli agenti atmosferici, nonché a processi di combustione di fonti naturali dovute ad incendi boschivi ed attività vulcanica. Le sorgenti antropiche più rilevanti sono costituite dalle attività di combustione riconducibili a processi industriali, al settore dei trasporti, agli impianti di riscaldamento domestico, ma anche, tanto più in ambiente rurale, alla combustione incontrollata di residui agricoli. Altri importanti processi di formazione del particolato atmosferico sono l'erosione della pavimentazione stradale e del suolo, l'usura di freni e pneumatici dei veicoli, l'aerosol marino, i flussi di polveri desertiche, e, con cadenza stagionale, l'aerosol biogenico (spore e pollini).

Con particolare riferimento alle aree urbane, le fonti di emissione di polveri sono principalmente due: traffico veicolare e impianti di riscaldamento civili. Oltre alle emissioni dirette (particelle primarie), le polveri possono formarsi anche per reazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera in presenza di ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca, composti organici volatili e ozono (particelle secondarie). Un terzo livello di formazione del particolato (particelle terziarie) è quello imputabile al risollevarimento delle polveri depositata sul suolo per effetto del vento e del transito di veicoli.

Il diametro del particolato atmosferico è compreso tra 0,005 e 150 µm (lo spessore di un capello umano è di circa 100 µm). All'interno di tale intervallo le polveri atmosferiche sono suddivise in:

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

La dimensione delle particelle è strettamente legata all'entità dell'effetto dannoso che queste possono arrecare alla salute dell'uomo. Come dimostrato in numerosi studi epidemiologici, infatti, tanto più piccole sono le particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nell'apparato respiratorio e causare effetti dannosi sia a breve (effetti acuti) sia a lungo termine (effetti cronici). La dannosità del particolato è imputabile sia alla tossicità propria dei costituenti delle polveri, sia a quella delle sostanze eventualmente assorbite dalle polveri stesse, quali ad esempio alcuni metalli tossici (piombo, cadmio e nichel) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). Oltre agli effetti negativi sulla salute dell'uomo e degli animali, il particolato atmosferico può avere un impatto significativo anche sull'ambiente e sul clima: le deposizioni di particolato sulle foglie delle piante inibisce il processo di fotosintesi, le polveri sospese favoriscono la formazione di nebbie e nuvole e il conseguente verificarsi di fenomeni di piogge acide, gli inquinanti assorbiti nel particolato possono comportare effetti di erosione e corrosione dei materiali e dei metalli, il particolato sospeso riduce la visibilità, assorbe la radiazione solare diretta e la radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre alterando l'equilibrio termico dell'atmosfera.



Le soglie di concentrazione in aria delle polveri fini PM10 e finissime PM2.5 sono stabilite dal D.Lgs. 155/2010, recepimento della direttiva europea 2008/50/CE. Per quanto riguarda le PM10 la normativa prevede due soglie per la protezione della salute umana: un valore limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  riferito alla concentrazione media annua, ed un valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte all'anno. Per le PM2.5 attualmente è fissato un valore limite annuale pari a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ed un valore obiettivo pari a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  medi annui da raggiungere entro il 1° gennaio 2020.



### 13.2.2 Ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ )

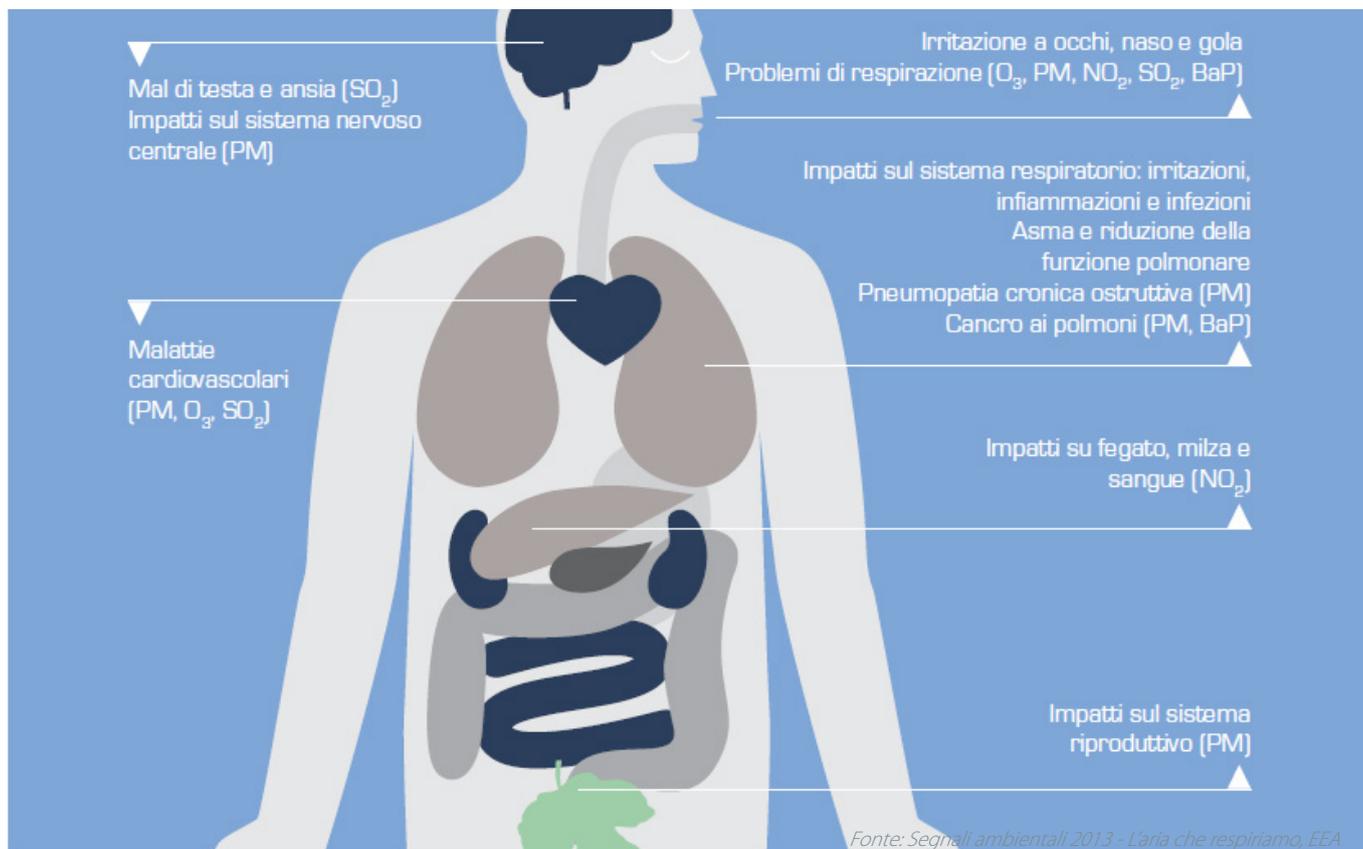
Gli ossidi di azoto ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$  ed altri, indicati in generale come  $\text{NO}_x$ ) sono generati dai processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato, per reazione diretta ad alta temperatura (generalmente maggiore di  $1200^\circ\text{C}$ ) tra l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria. I processi di combustione (centrali termoelettriche, impianti di riscaldamento domestico, motori a combustione interna) emettono quale componente primario monossido di azoto ( $\text{NO}$ ), gas incolore, inodore ed insapore. In ambiente urbano, il traffico è una delle principali sorgenti di inquinamento da  $\text{NO}$ , la cui quantità di emissioni dipende dalle caratteristiche del motore degli autoveicoli e dalla modalità del loro utilizzo (velocità, accelerazione, ecc.). In generale, la presenza di  $\text{NO}$  aumenta quando il motore lavora ad elevato numero di giri, come generalmente accade lungo le autostrade e le arterie urbane a scorrimento veloce. In presenza di ossigeno ( $\text{O}_2$ ) e di radicali ossidanti, il monossido di azoto si trasforma in biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), gas di colore rosso bruno, di odore forte e pungente, altamente tossico ed irritante. Il biossido di azoto può essere generato anche da altri processi ossidativi, tra i quali è di particolare rilevanza la reazione tra il monossido di azoto e l'ozono ( $\text{O}_3$ ), presente in elevate concentrazioni nei periodi di maggior irraggiamento solare. Il biossido di azoto è dunque principalmente un inquinante secondario, sebbene questo gas si possa formare anche durante il processo di combustione stesso, durante processi caratterizzati da assenza di combustione (come ad esempio nel caso della produzione di acido nitrico e di fertilizzanti azotati), e durante processi naturali (attività batterica, eruzioni vulcaniche, incendi).



In merito agli effetti sulla salute dell'uomo, il monossido di azoto e, in maniera maggiore, il biossido di azoto possono avere effetti potenzialmente dannosi. In particolare il monossido di azoto, analogamente al monossido di carbonio, agisce sull'emoglobina, fissandosi ad essa con formazione di metamoglobina e nitrosometemoglobina. Questo processo interferisce con la normale ossigenazione dei tessuti da parte del sangue ma, nonostante ciò, non sono mai stati riscontrati casi di decessi per avvelenamento da NO. Il biossido di azoto è più pericoloso per la salute umana, con una tossicità fino a quattro volte maggiore di quella del monossido di azoto. Forte ossidante ed irritante, esercita il suo effetto tossico principalmente sugli occhi, sulle mucose e sui polmoni, e può essere responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni, edemi polmonari che possono portare anche al decesso).

Il biossido di azoto può essere ritenuto uno degli inquinanti atmosferici più pericolosi, non solo per gli effetti dannosi sulla salute dell'uomo, ma anche perché, in condizioni di forte irraggiamento solare, provoca delle reazioni fotochimiche secondarie che creano altre sostanze inquinanti ("smog fotochimico"). Inoltre, trasformandosi in presenza di umidità in acido nitrico, esso è una delle cause della formazione delle cosiddette "piogge acide", che provocano ingenti danni alle piante e più in generale alterazioni agli equilibri ecologici ambientali.

Le soglie per la concentrazione in aria ambiente di biossido di azoto sono stabilite dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155, che prevede: un valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup> riferito alla concentrazione media annua, ed un valore limite giornaliero di 200 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 18 volte all'anno. È stabilita inoltre una soglia di allarme pari a 400 µg/m<sup>3</sup> misurata per 3 ore consecutive.



### 13.2.3 Biossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Il biossido di zolfo o anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) è un gas incolore, dall'odore pungente ed irritante.

Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile, in cui lo zolfo è presente come impurità. Si riscontra che la concentrazione in atmosfera di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici. Una percentuale minore di SO<sub>2</sub> proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. Non è inoltre indifferente il contributo legato all'attività vulcanica, sebbene la distribuzione uniforme e l'alta quota cui ha luogo l'emissione fanno sì che questa sorgente abbia effetti poco rilevanti.

### 13.2.4 Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, insapore, inodore e poco 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, che avviene in carenza di ossigeno. La principale sorgente di questa sostanza è rappresentata dal traffico veicolare, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. 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 domestici ed alcuni processi industriali come ad esempio la produzione di acciaio.

Il monossido di carbonio è un inquinante primario con un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo e con una bassa reattività chimica. Pertanto le concentrazioni maggiori di questo inquinante si riscontrano in prossimità delle sorgenti principali, quali ad esempio le aree urbane con traffico veicolare intenso. La concentrazione spaziale su piccola scala è fortemente influenzata dall'interazione

tra le condizioni micrometeorologiche e la struttura morfologica delle strade: le aree più a rischio sono quelle caratterizzate da ristagno di aria e scarsa diluizione a causa della presenza di strade strette circondate da edifici alti e contigui ("effetto canyon").

La tossicità del monossido di carbonio è dovuta alla sua capacità di legarsi con l'emoglobina del sangue in concorrenza con l'ossigeno, formando carbossiemoglobina, interferendo così sul trasporto di ossigeno ai tessuti. Il legame tra Monossido di carbonio ed emoglobina è duecento volte più intenso di quello tra l'emoglobina e ossigeno: dunque la presenza di elevate concentrazioni di monossido di carbonio nell'aria inibisce il naturale processo di ossigenazione del sangue. La concentrazione di carbossiemoglobina nel sangue cresce molto rapidamente soprattutto nelle arterie coronarie e cerebrali, con conseguenze dannose sul sistema nervoso e cardiovascolare, in particolare nelle persone affette da cardiopatie e nei fumatori. Concentrazioni molto elevate di monossido di carbonio possono anche condurre alla morte per asfissia, ma alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti: infatti se l'esposizione al monossido di carbonio viene interrotta, il monossido di carbonio combinato con l'emoglobina viene spontaneamente rilasciato in poche ore.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 stabilisce pari a 10 mg/m<sup>3</sup> il valore limite di CO per la media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 stabilisce pari a 350 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 34 volte per anno civile, un valore limite di 125 µg/m<sup>3</sup> riferito alla media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile, e una soglia di allarme pari ad una media oraria di 500 µg/m<sup>3</sup> misurata per tre ore consecutive.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 stabilisce pari a 10 mg/m<sup>3</sup> il valore limite di CO per la media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

### 13.2.5 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è il più semplice degli idrocarburi aromatici ed è uno dei composti organici più utilizzati. È un liquido incolore, molto volatile, poco stabile in acqua e presenta un caratteristico odore aromatico pungente, che diventa irritante a concentrazioni elevate. A temperatura ambiente è volatile, scarsamente solubile in acqua e miscibile invece con composti organici come alcool, cloroformio e tetracloruro di carbonio.

Il benzene presente in atmosfera deriva da processi evaporativi e da processi di combustione incompleta sia di origine antropica (veicoli a motore), sia di origine naturale (incendi). La maggior fonte emissiva è costituita dai gas di scarico dei veicoli a motore alimentati a benzina. La presenza di benzene in atmosfera è un problema particolarmente rilevante nelle aree urbane, dove insistono densità abitative elevate e notevoli flussi di traffico veicolare.

Per le sue caratteristiche lipofile, nel corpo umano il benzene si concentra soprattutto nei tessuti più grassi. Questo inquinante è assunto principalmente per inalazione diretta, favorita dalla sua alta volatilità, anche se non sono da sottovalutare altre modalità di assunzione come l'alimentazione e l'assunzione di liquidi. L'esposizione cronica al benzene provoca danni ematologici (anemie, ecc.) e genetici (alterazioni geniche e cromosomiche). Inoltre, il benzene è una sostanza cancerogena per l'uomo ed è classificato dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (I.A.R.C.) tra i cancerogeni certi. Il traffico veicolare è la sorgente di emissione prevalente, sebbene essa contribuisca solo in parte all'esposizione, che sembra essere sostanzialmente legata al fumo di sigaretta e alle attività individuali, soprattutto quelle condotte in ambito domestico.

Le soglie per la concentrazione in aria ambiente prevista dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 stabilisce un valore limite relativo alla media annuale pari a 5 µg/m<sup>3</sup>.



### 13.2.6 Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono (O<sub>3</sub>) è un gas 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 (nella stratosfera, ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 km dal suolo), 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. Negli strati bassi dell'atmosfera (nella troposfera, al di sotto dei 10-15 km di altezza dal suolo), l'ozono 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", causato da un ciclo di reazioni di inquinanti primari (detti anche precursori: ossidi di azoto, idrocarburi e composti organici volatili) che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di intenso irraggiamento solare ed elevate temperature. Per questo motivo l'ozono viene indicato come un inquinante "secondario".

La presenza dell'ozono è variabile nell'arco della giornata e dell'anno. Il periodo critico per tale inquinante è tipicamente quello estivo, quando le particolari condizioni di alta pressione, bassa umidità, elevate temperature e scarsa ventilazione favoriscono il ristagno e l'accumulo degli inquinanti. Se tali condizioni occorrono in presenza di forte irraggiamento solare, facilmente vengono innescate le reazioni fotochimiche responsabili della formazione di O<sub>3</sub>.

e, più in generale, dello smog fotochimico. Normalmente i valori massimi della concentrazione di ozono sono raggiunti nelle ore più calde della giornata, dalle 12 alle 18, per poi scendere durante le ore notturne. Nel periodo invernale si registrano le concentrazioni più basse di  $O_3$ , soprattutto a causa del limitato irraggiamento solare.

La capacità dell'ozono di spostarsi con le masse d'aria anche a diversi chilometri dalla fonte comporta la presenza di concentrazioni elevate fino a grandi distanze dalle sorgenti (decine o centinaia di km), determinando il rischio di esposizioni significative in gruppi di popolazione relativamente distanti dalle fonti principali di inquinanti precursori. In generale, è importante sottolineare che, in prossimità di fonti produttrici di monossido di azoto (NO), emesso principalmente dai veicoli a motore e dagli impianti di combustione, l'ozono viene significativamente consumato dalla reazione  $NO + O_3 = NO_2 + O_2$ . Di conseguenza i valori più elevati di questo inquinante si raggiungono normalmente nelle zone meno interessate dalle attività umane. Negli ambienti interni la concentrazione di ozono è notevolmente inferiore, poiché la sua grande reattività ne consente la rapida distruzione. Per questo motivo in situazioni di allarme è consigliabile che le persone a maggior rischio rimangano in casa.

La presenza di elevati livelli di ozono, a causa del suo alto potere ossidante, danneggia la salute umana e quella degli animali, ha effetti dannosi sulla vegetazione (riduzione dell'attività di fotosintesi, formazione delle piogge acide, necrosi fogliare), deteriora i materiali e riduce la visibilità. Per quanto riguarda gli effetti sulla salute dell'uomo, non sono ancora ben note le conseguenze "croniche" derivanti

da una lunga esposizione a basse concentrazioni di ozono. Gli effetti "acuti" più evidenti sono la forte azione irritante alla mucosa degli occhi, infiammazioni ed alterazioni a carico dell'apparato respiratorio ed un senso di pressione sul torace. Concentrazioni particolarmente elevate possono portare anche ad alterazioni delle funzioni respiratorie, ad un aumento della frequenza degli attacchi asmatici, all'insorgere di malattie dell'apparato respiratorio ed al peggioramento di patologie, già in atto, di tipo respiratorio e cardiaco. Le più recenti indagini mostrano che lo smog estivo ed il forte inquinamento atmosferico possono portare ad una maggiore predisposizione ad allergie delle vie respiratorie. In generale occorre ricordare che gli effetti dell'ozono sono contraddistinti da grandi differenze individuali e gli eventuali disturbi sanitari non hanno carattere cumulabile, ma tendono a cessare con l'esaurirsi del fenomeno di concentrazione acuta di ozono. I soggetti più sensibili al fenomeno sono i bambini, gli anziani, le donne in gravidanza, chi svolge attività fisica o lavorativa all'aperto. I soggetti a rischio sono le persone asmatiche, con patologie polmonari o cardiache.

Per quanto riguarda l'esposizione della popolazione, i principali riferimenti normativi sono costituiti dalle soglie di "informazione" e di "allarme". In particolare, il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 fissa la soglia di "informazione" in  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria e la soglia di "allarme" in  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anche in questo caso come media oraria. Esiste inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana pari a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e valutato come media massima giornaliera calcolata su otto ore, da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni.

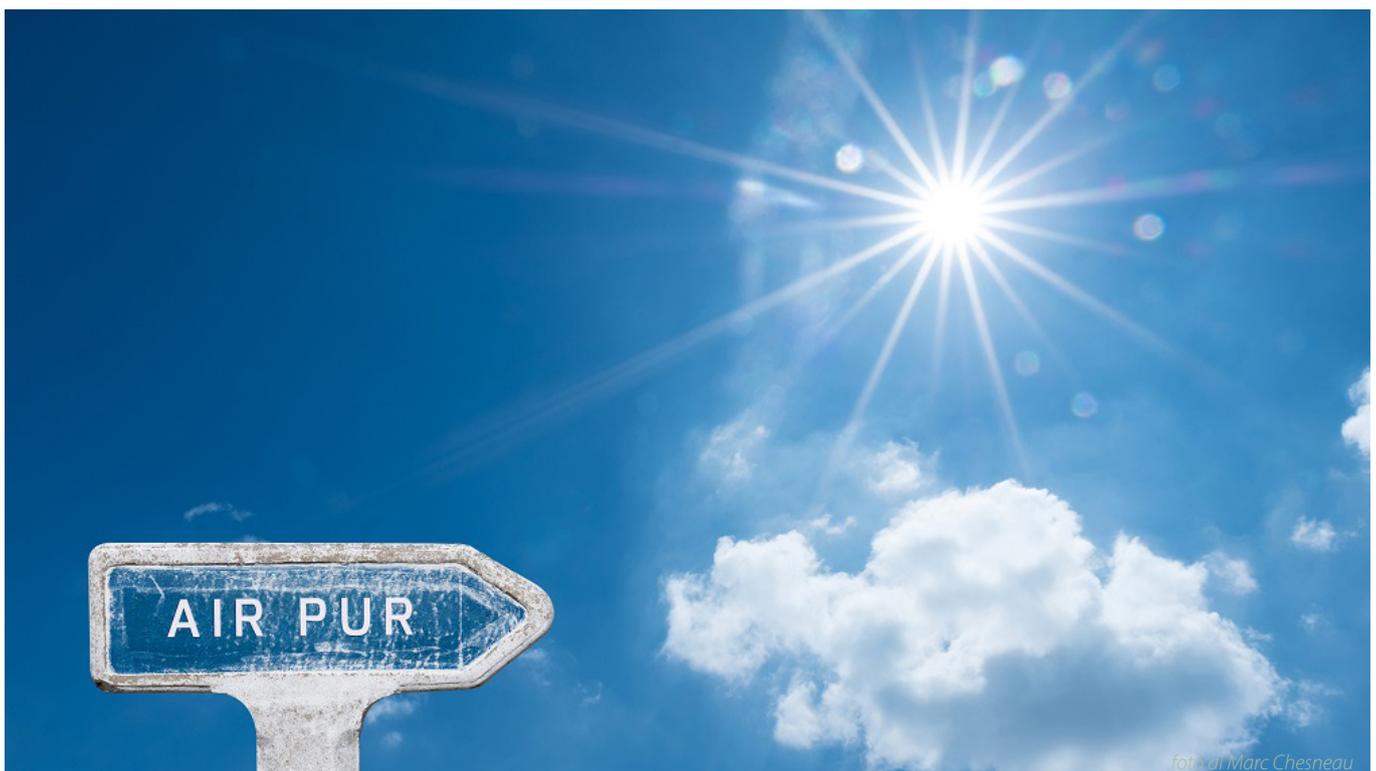


foto di Marc Chesneau

### 13.2.7 Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura, tra cui i principali sono piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), Zinco (Zn), Rame (Cu) e Ferro (Fe). Essi provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio e lo zinco sono originati prevalentemente da processi industriali, il rame ed il nichel provengono dai processi di 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%.

I metalli monitorati a maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio ed il piombo. In particolare, i composti del nichel e del cadmio sono classificati come cancerogeni per l'uomo.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 stabilisce il valore limite per la concentrazione in aria ambiente di piombo pari a  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come valore medio annuo. Per quanto riguarda invece arsenico, cadmio e nichel, sono stabiliti dei valori obiettivo pari rispettivamente a  $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ ,  $5 \text{ ng}/\text{m}^3$  e  $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ .



### 13.2.8 Benzo(a)Pirene (B(a)P)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono composti organici con due o più anelli aromatici fusi, formati interamente da carbonio e idrogeno. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, 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 (in particolare nel gasolio e negli olii combustibili). 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 sia benzina). In generale l'emissione di IPA nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione. Gli IPA sono per la maggior parte adsorbiti e trasportati da particelle carboniose (fuliggine) emesse dalle stesse fonti che li hanno originati.

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 stabilisce per la concentrazione nell'aria ambiente di benzo(a)pirene un valore obiettivo relativo alla media annuale pari a  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

## 13.3 LE EMISSIONI IN ATMOSFERA

L'individuazione delle sorgenti emissive provinciali e la conseguente quantificazione delle emissioni viene svolta attraverso la redazione dell'Inventario provinciale delle emissioni in atmosfera (consultabile sul sito dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente [www.appa.provincia.tn.it](http://www.appa.provincia.tn.it)).

L'inventario viene redatto ai sensi dell'Art. 22, comma 3, del D. Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, dove si prevede che Regioni e Province autonome predispongano i rispettivi inventari delle emissioni con cadenza almeno triennale e, comunque, con riferimento a tutti gli anni per i quali lo Stato provvede a scalare l'inventario nazionale su base provinciale.

Tra le attività finalizzate alla gestione della qualità dell'aria, la predisposizione degli inventari delle emissioni rappresenta un passaggio propedeutico alla definizione degli strumenti di pianificazione nonché all'utilizzo di modelli matematici finalizzati alla valutazione della qualità dell'aria stessa.

Gli inventari delle emissioni costituiscono una raccolta coerente dei valori delle emissioni disaggregati per attività, unità territoriale, combustibile utilizzato, inquinante e tipologia di emissione in un'unità spazio-temporale definita.

Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame si possono ottenere:

- tramite misure dirette, campionarie o continue;
- tramite stima, applicando opportuni fattori di emissione, caratteristici di ogni inquinante, che rappresentano l'emissione riferita all'unità di attività della sorgente.

I macrosettori di cui vengono calcolate le emissioni sono quelli considerati rilevanti ai fini dell'inquinamento atmosferico, ovvero, riprendendo la classificazione adottata a livello europeo, i seguenti:

1. produzione energia e trasformazione combustibili
2. combustione non industriale
3. combustione nell'industria
4. processi produttivi
5. estrazione e distribuzione combustibili
6. uso di solventi
7. trasporto su strada
8. altre sorgenti mobili e macchinari
9. trattamento e smaltimento rifiuti
10. agricoltura
11. altre sorgenti e assorbimenti

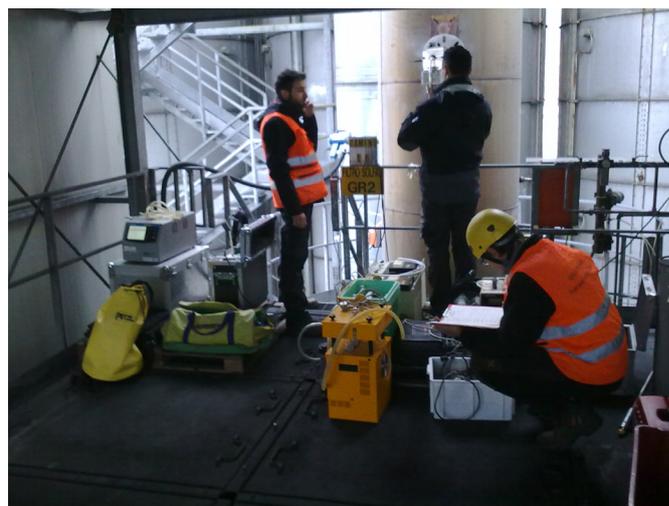
In questo capitolo si riporta la sintesi dei principali indicatori relativi all'anno di riferimento 2015, aggiornati allo stato dell'arte delle attuali conoscenze, e più rilevanti ai fini della qualità dell'aria in provincia di Trento (il documento completo dell'inventario 2015 è disponibile al link [http://www.appa.provincia.tn.it/pianificazione/Piano\\_tutela\\_aria-Inventario\\_emissioni\\_atmosfera%20](http://www.appa.provincia.tn.it/pianificazione/Piano_tutela_aria-Inventario_emissioni_atmosfera%20)).

Per la redazione degli inventari, la Provincia autonoma di Trento adotta il sistema di calcolo INEMAR (INventario delle Emissioni in ARia), sviluppato inizialmente dalla Regione Lombardia e condiviso con altre otto amministrazioni (Provincia autonoma di Bolzano, Lombardia, Piemonte,



Emilia Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Marche e Puglia). INEMAR è un sistema di archiviazione dei dati, il cui obiettivo è la stima delle emissioni a livello comunale dei diversi inquinanti. In particolare il sistema INEMAR permette di stimare le emissioni dei principali macroinquinanti ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , COVNM,  $\text{CH}_4$ , CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , PM2.5, PM10 e PTS) e degli inquinanti aggregati (CO<sub>2</sub>eq, precursori dell'ozono e sostanze acidificanti) per numerosi tipi di attività e combustibili.

L'aggiornamento più recente dell'Inventario delle emissioni della Provincia autonoma di Trento si riferisce all'anno 2015: esso si colloca a valle di quattro precedenti aggiornamenti eseguiti per gli anni 2005, 2007, 2010 e 2013, sempre con la metodologia INEMAR. Il confronto tra i vari anni risulta piuttosto complesso a causa di modifiche e aggiornamenti alle metodologie di calcolo tra un aggiornamento e l'altro che incidono significativamente sui valori di emissione. In generale i trend risultano comunque in diminuzione per tutti gli inquinanti.



### 13.3.1 Analisi dei macroinquinanti per macrosettore

I risultati relativi all'inventario delle emissioni dell'anno 2015 per i macroinquinanti suddivisi per macrosettori sono riportati nel grafico 13.1.

Tra i macrosettori più rilevanti per il Trentino c'è la combustione non industriale (macrosettore 02) responsabile per il 78% delle emissioni di CO, il 24% di CO<sub>2</sub>, l'84% di PM10 e il 40% di SO<sub>2</sub>. La combustione nell'industria (macrosettore 03) causa il 28% delle emissioni di CO<sub>2</sub>, l'11% delle emissioni di NO<sub>x</sub> e il 42% di SO<sub>2</sub>. Al macrosettore 04 - Processi produttivi sono imputabili contributi rilevanti solo per le emissioni di SO<sub>2</sub> (10% del totale). Alle emissioni mobili (macrosettore 07 - Trasporto su strada) sono imputabili il 61% delle emissioni di NO<sub>x</sub>, il 18% di CO, poco meno del 40% di CO<sub>2</sub> e il 10% di PM10.

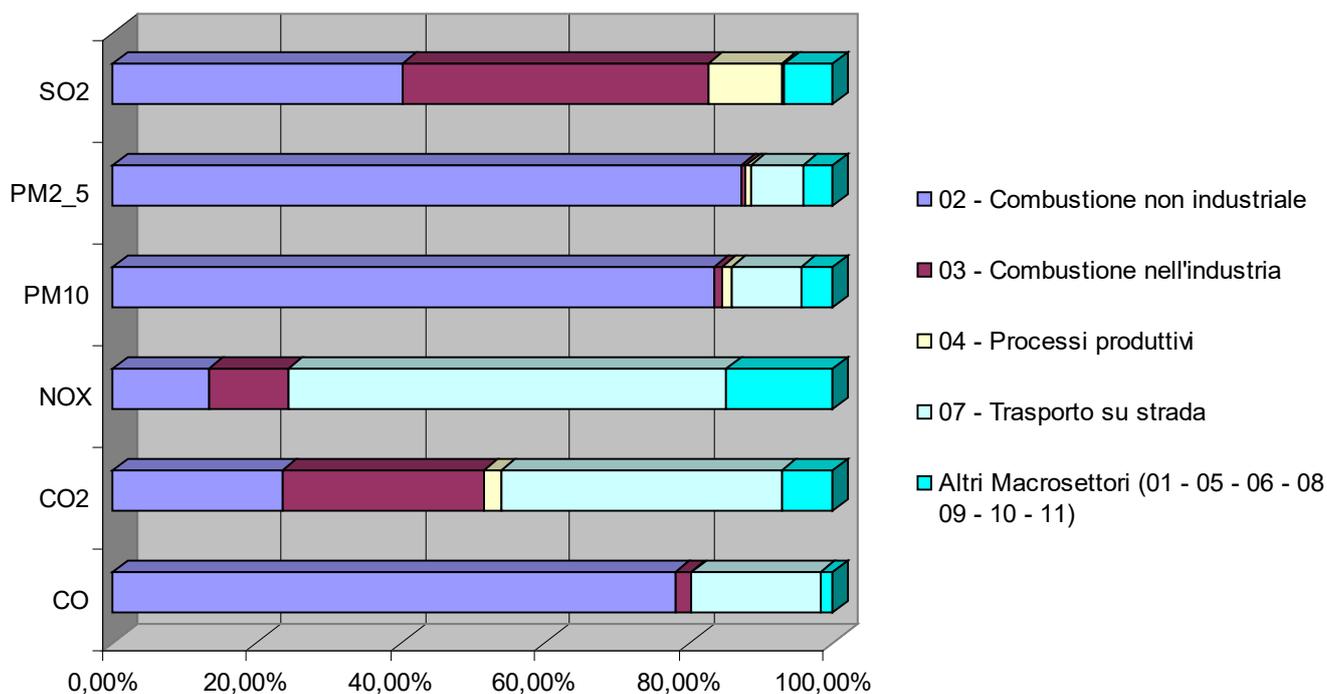


Pozza di Fassa

Per quanto riguarda gli inquinanti di maggior interesse ambientale, si nota come le emissioni di PM10 dipendano prevalentemente dalla combustione non industriale (84%) e, in misura minore, dal traffico stradale (10%), così come, a ruoli invertiti, le emissioni di NO<sub>x</sub> (13% dalla combustione non industriale e 61% dal trasporto su

strada). Le emissioni di CO<sub>2</sub> dipendono per il 39% dal traffico stradale, per il 24% dal riscaldamento terziario e residenziale e per il 28% dalla combustione industriale. Le emissioni di CO dipendono invece per il 78% dalla combustione non industriale e per il 18% dal trasporto su strada.

Grafico 13.1: Distribuzione percentuale delle emissioni dei principali macroinquinanti per macrosettore (2015)



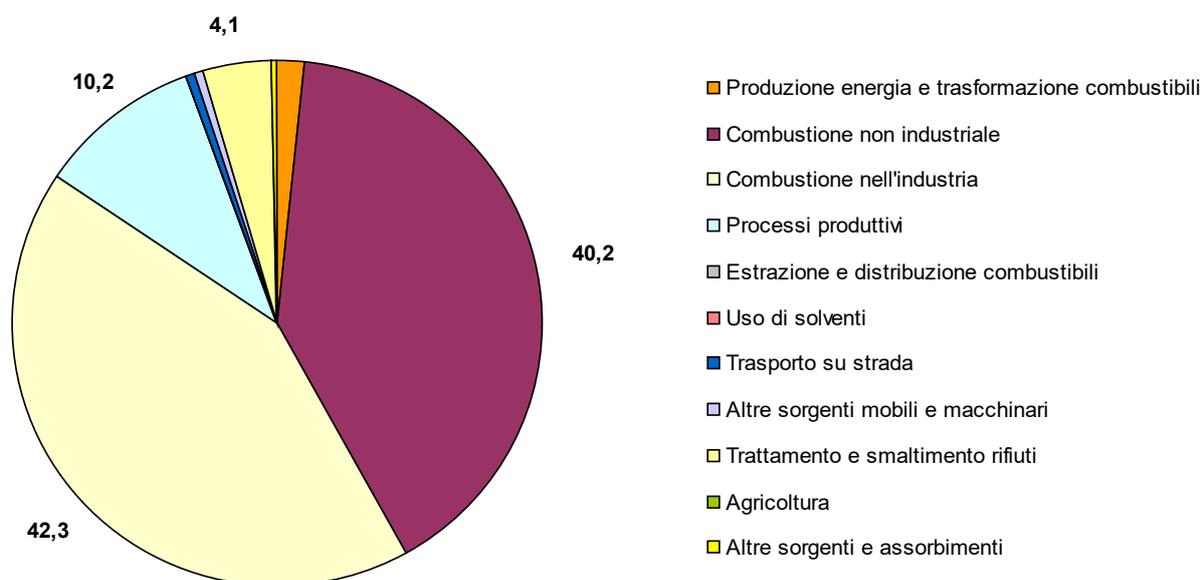
Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

### 13.3.2 Emissioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Nel 2015 le emissioni di biossido di zolfo sono risultate pari a 462 t e sono attribuite per il 42,3% agli impianti di combustione industriale, per il 40,2% agli impianti di combustione non industriale (ovvero gli impianti commerciali, istituzionali e residenziali) e per il 10% ai processi produttivi.

Marginale l'apporto dalle altre fonti, con il macrosettore "trasporto su strada" che per questo inquinante incide per meno dell'1%.

Grafico 13.2: Emissioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) suddivise per macrosettore (2015)



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

Negli anni le emissioni di biossido di zolfo sono calate in modo sostanziale al punto da non rappresentare più un reale problema per la qualità dell'aria e quindi per la tutela della salute umana. La forte riduzione è da ricondurre in modo particolare alla diffusione del metano e alla riduzione del tenore di zolfo nei combustibili, sia quelli destinati all'autotrazione, sia quelli utilizzati per la combustione industriale e non industriale.

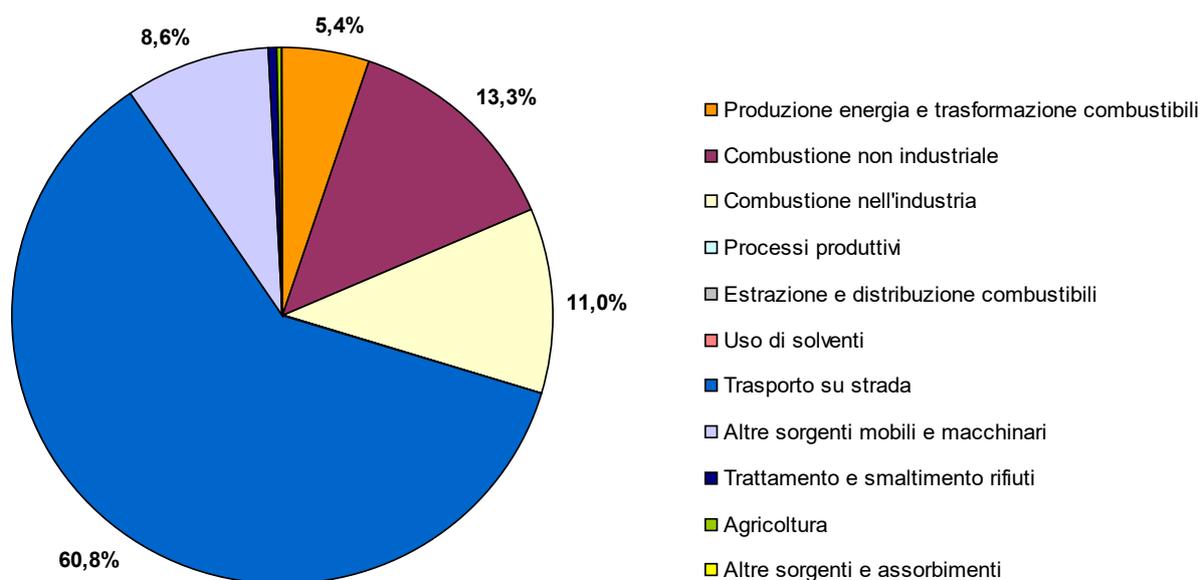
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.1. Emissioni di biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Aria	P	D	😊	↗	P	2005-2015	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.3.3 Emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Su un totale di 7568 t/anno, le emissioni di ossidi di azoto conteggiate dall'inventario del 2015 sono dovute principalmente all'utilizzo di combustibili per la movimentazione dei mezzi di trasporto: circa il 61% è associato infatti ai trasporti su strada e per il 9% ad altre sorgenti mobili e macchinari (riconducibili principalmente ai mezzi utilizzati in agricoltura). Altri contributi rilevanti derivano dai processi di combustione industriale (11%) e non industriale (13%).



Grafico 13.3: Emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) suddivise per macrosettore (2015)



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

Sulla base dei dati di emissione dell'inventario nazionale ISPRA, a partire in particolare dagli anni '90 si è registrata una progressiva e consistente diminuzione delle emissioni di ossidi di azoto, riconducibile in gran parte al miglioramento nel settore dei trasporti, con il rinnovo del parco circolante e l'introduzione di mezzi sempre meno inquinanti. Tale riduzione è tuttavia risultata essere inferiore rispetto alle attese, ma grazie all'introduzione di ulteriori e più stringenti vincoli emissivi, in particolare per i veicoli diesel, si prevede un'ulteriore consistente riduzione nei prossimi anni.

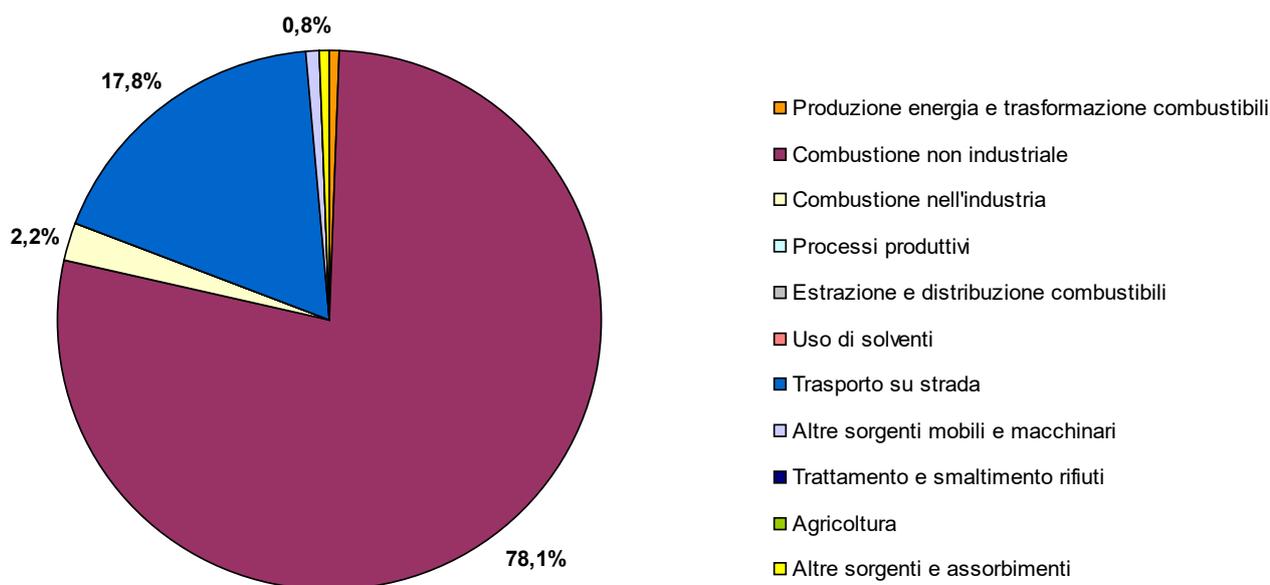


INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.2. Emissioni di ossidi di azoto (NOx)	Aria	P	D	😊	↗	P	2005-2015	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.3.4 Emissioni di monossido di carbonio (CO)

Le emissioni di monossido di carbonio nel 2015 ammontano a 31.910 t, di cui il 78% circa è ascrivibile all'utilizzo di impianti di combustione nel settore non industriale (commerciale, istituzionale e residenziale) e il 18% ai trasporti su strada. Il settore industriale, invece, incide in maniera poco significativa con un contributo pari a circa il 2%.

Grafico 13.4: Emissioni di monossido di carbonio (CO) suddivise per macrosettore (2015)



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

Così come per gli altri inquinanti, anche per il monossido di carbonio il trend delle emissioni ormai da molti anni è in deciso calo soprattutto per il sempre minore contributo del settore dei trasporti.

Anche questo inquinante, come il biossido di zolfo, non rappresenta più una forte criticità in termini di qualità dell'aria.

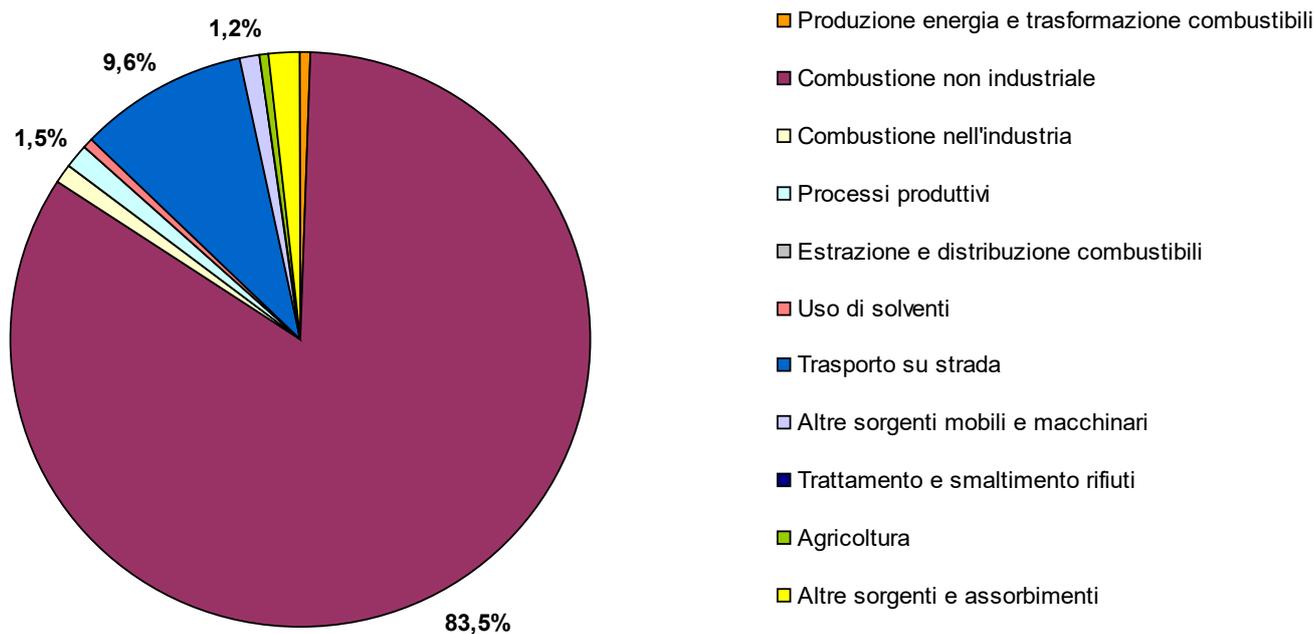
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.3. Emissioni di monossido di carbonio (CO)	Aria	P	D	😊	↗	P	2005-2015	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.3.5 Emissioni di polveri sottili (PM10)

Nel 2015 le emissioni complessive di PM10 primario sono stimate pari a 2.909 t, con un contributo preponderante dato sempre dal settore della combustione non industriale (84%), riconducibile in particolare all'utilizzo della biomassa legnosa negli impianti domestici. Tra gli altri settori, l'unico che contribuisce in maniera relativamente consistente è quello dei trasporti su strada con un'incidenza del 10% circa.



Grafico 13.5: Emissioni di polveri sottili (PM10) suddivise per macrosettore (2015)



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.4. Emissioni di polveri sottili (PM10)	Aria	P	D	☹️	↗️	P	2005-2015	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

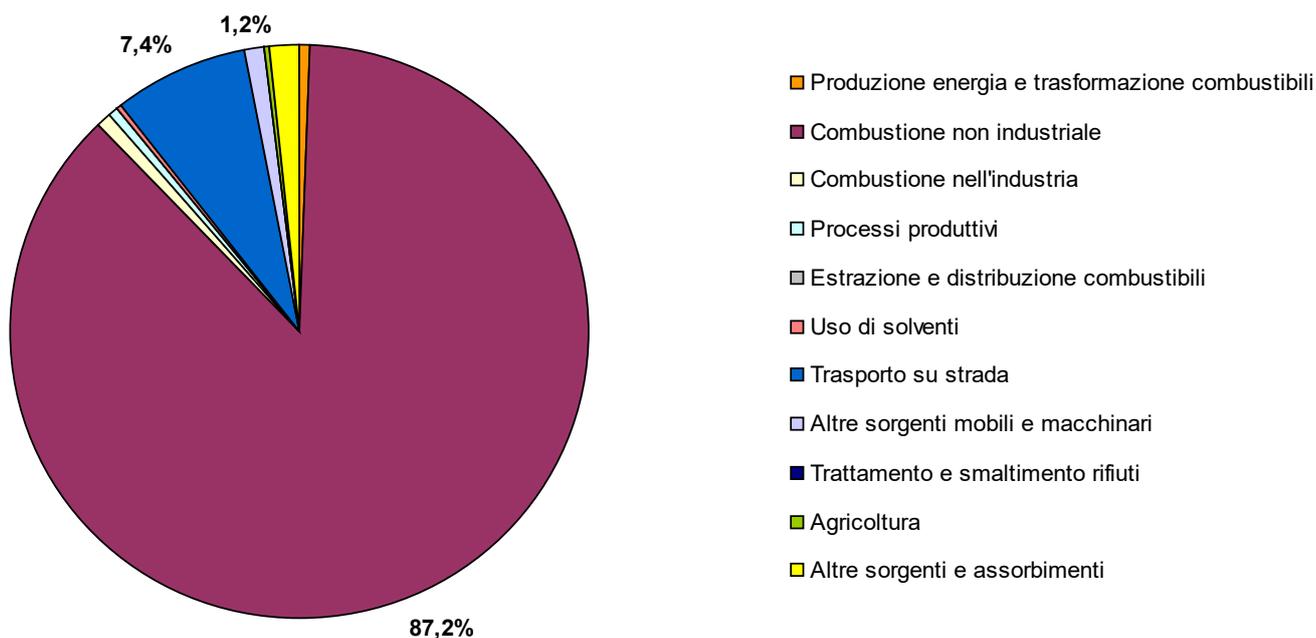
### 13.3.6 Emissioni di polveri sottili (PM2.5)

Il contributo percentuale delle diverse sorgenti di emissione di PM2,5 primario risulta molto simile a quello evidenziato per il PM10, con un peso leggermente più elevato del settore della combustione residenziale (87% circa) e uno leggermente inferiore del settore dei trasporti (7% circa). Complessivamente le emissioni di PM2,5 sono stimate in circa 2.398 t.

Al riguardo si sottolinea la maggiore incertezza che caratterizza la stima delle emissioni di PM2,5, rispetto alle emissioni di PM10, a causa di una minore disponibilità di studi specifici.



Grafico 13.6: Emissioni di polveri sottili (PM2,5) suddivise per macrosettore (2015)



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.5. Emissioni di polveri sottili (PM2,5)	Aria	P	D	😊	↗	P	2005-2015	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.3.7 Emissioni di anidride carbonica

# CO<sub>2</sub>

Rinviando al capitolo "Clima" del presente Rapporto l'approfondimento sul tema del riscaldamento climatico, si riporta la situazione in Trentino delle emissioni di anidride carbonica,

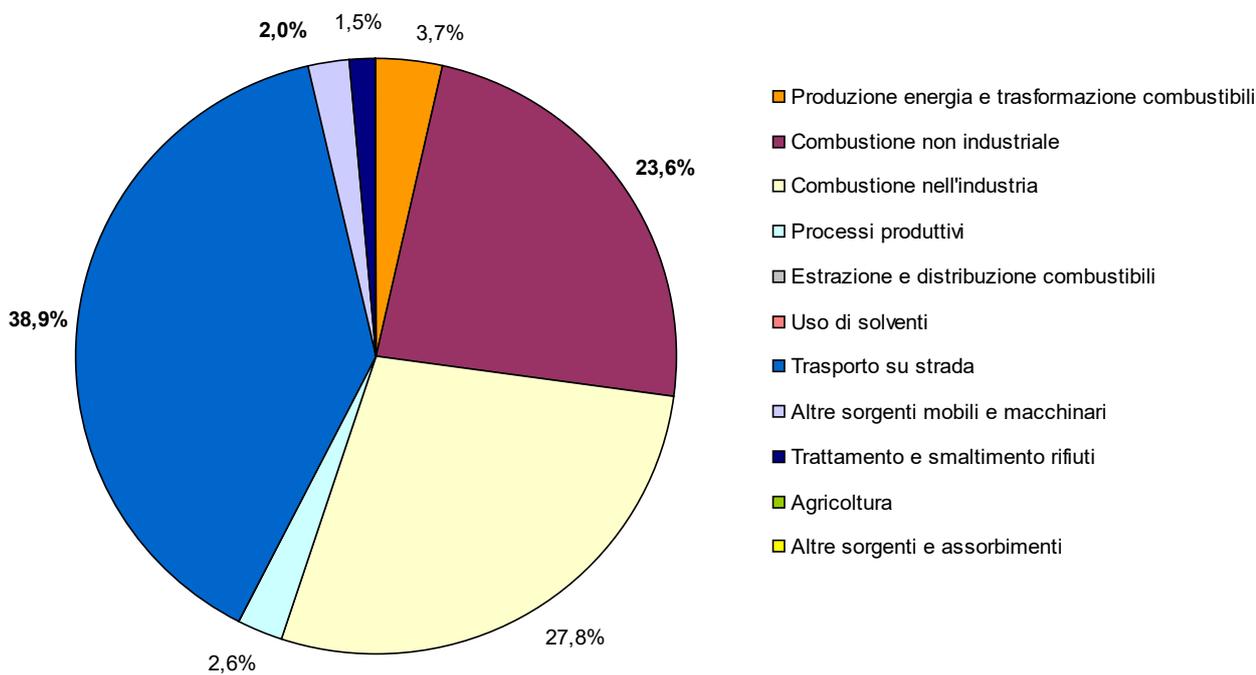
ovvero del principale gas ad effetto serra, calcolata come CO<sub>2</sub> emessa da fonti non rinnovabili (CO<sub>2</sub> **netta**), quindi nuova CO<sub>2</sub> derivante dal carbonio che precedentemente era legato con altri elementi chimici e costituiva, ad esempio, il combustibile stoccato nel sottosuolo o la materia prima da cui ottenere i derivati di lavorazione (come il processo di decarbonatazione del cemento).

Si definisce invece CO<sub>2</sub> **lorda** quella prodotta da qualsiasi processo e quindi comprendente anche la combustione

di fonti energetiche rinnovabili come la legna, il cippato o l'etanolo. Questa distinzione viene adottata in quanto la combustione delle biomasse non comporta emissioni aggiuntive di CO<sub>2</sub> in atmosfera essendo la biomassa un combustibile biogenico, ossia generato per fotosintesi a partire da carbonio già presente in atmosfera.

Il risultato della stima delle emissioni di CO<sub>2</sub> netta in Trentino al 2015 individua il macrosettore del trasporto su strada quale principale sorgente, con un contributo pari a circa il 39%. Seguono, per circa il 28%, le emissioni dovute alla combustione industriale, mentre la combustione non industriale, riconducibile quasi interamente ai riscaldamenti domestici (metano in particolare), contribuisce per il 23,6%. Molto minori e quasi marginali gli apporti da parte degli altri macrosettori.

Grafico 13.7: Emissioni di anidride carbonica CO<sub>2</sub> netta suddivise per macrosettore (2015)



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento

Seppur con le incertezze che caratterizzano il confronto diretto con precedenti inventari, rispetto ai dati stimati al 2013 l'emissione netta di CO<sub>2</sub> in Trentino è diminuita complessivamente di circa il 10%, passando dalle 3.280 kt del 2013 alle 2.945 del 2015, a conferma di un trend in diminuzione legato sia al progressivo aumento delle quote di energia prodotta da fonti rinnovabili, sia da processi, tecnologie e azioni di efficientamento energetico trasversali a tutti i macrosettori emissivi.

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.6 Emissioni di anidride carbonica (netta)	Aria	P	D	😊	↗	P	2005-2015	

## 13.4 LA QUALITÀ DELL'ARIA

La qualità dell'aria evidenziata in Trentino è principalmente diretta conseguenza delle quantità di inquinanti emesse in atmosfera e descritte nel precedente paragrafo.

La conoscenza di tali quantità non è tuttavia sufficiente per descrivere la qualità dell'aria presente sul territorio in quanto essa è la risultante fra questo fattore predominante di pressione e le modalità con le quali si realizza la dispersione degli inquinanti nell'atmosfera. Tali modalità sono molto influenzate da molteplici fattori principalmente di tipo meteorologico ed orografico.

Di seguito si descrivono le variazioni di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici monitorati nelle stazioni di monitoraggio dislocate sul suolo del Trentino ed il numero di superamenti dei valori massimi di accettabilità per la salute umana e per gli ecosistemi.

Ad oggi, le concentrazioni più elevate nel raffronto con i limiti di qualità dell'aria, ancorché in tendenziale diminuzione, continuano a riferirsi alle polveri sottili (PM10), al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), all'ozono (O<sub>3</sub>) e al



benzo(a)pirene. Per gli altri inquinanti monitorati (SO<sub>2</sub>, CO, Benzene, Piombo e altri metalli), le concentrazioni si confermano invece inferiori ai limiti ed evidenziano quindi il raggiungimento degli obiettivi di qualità senza la necessità di dover intraprendere ulteriori specifiche misure di contenimento.

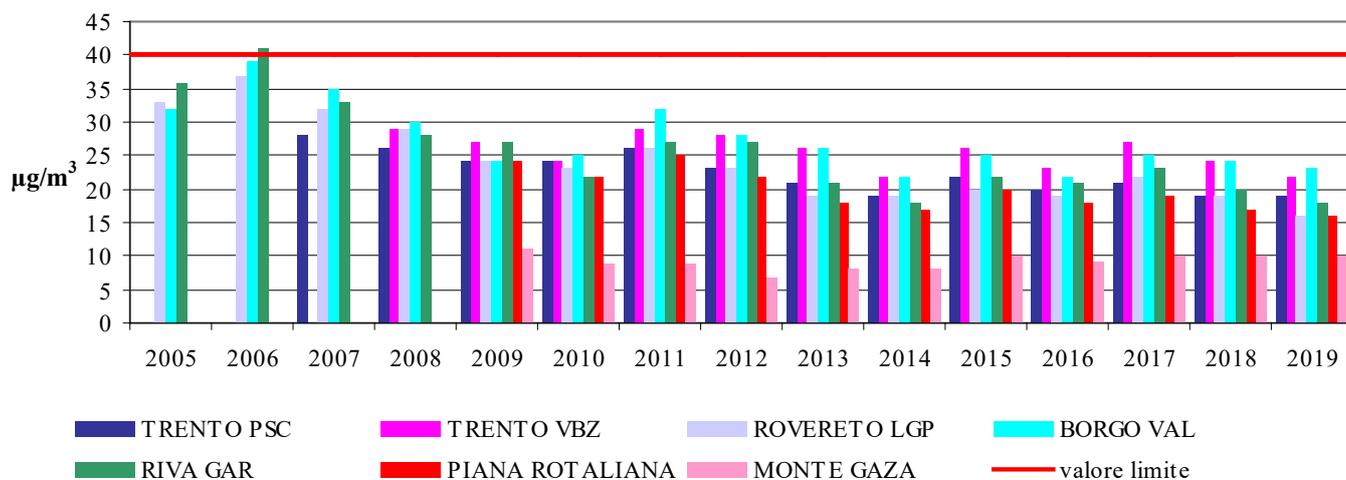
### 13.4.1 Concentrazioni di particolato (PM10 e PM2.5)

Il grafico 13.8 mostra, nel periodo 2005-2019, il rispetto del limite previsto per la media annuale di PM10 (40 µg/m<sup>3</sup>) in tutte le stazioni di misura, con l'unica eccezione della stazione di Riva del Garda nell'anno 2006. In particolare, dopo una progressiva riduzione a partire dal 2006, la concentrazione media in tutte le stazioni è oggi ampiamente inferiore al valore limite imposto dalla normativa.

Per quanto riguarda la soglia sul valore limite giornaliero, a partire dal 2013 e dopo un periodo caratterizzato da spiccata variabilità, il limite sulla media giornaliera (50 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 35 volte per anno solare) è rispettato in tutti i siti di misura (grafico 13.9). Si nota che, a esclusione dei siti di Trento – via Bolzano e Borgo Valsugana, per le restanti stazioni

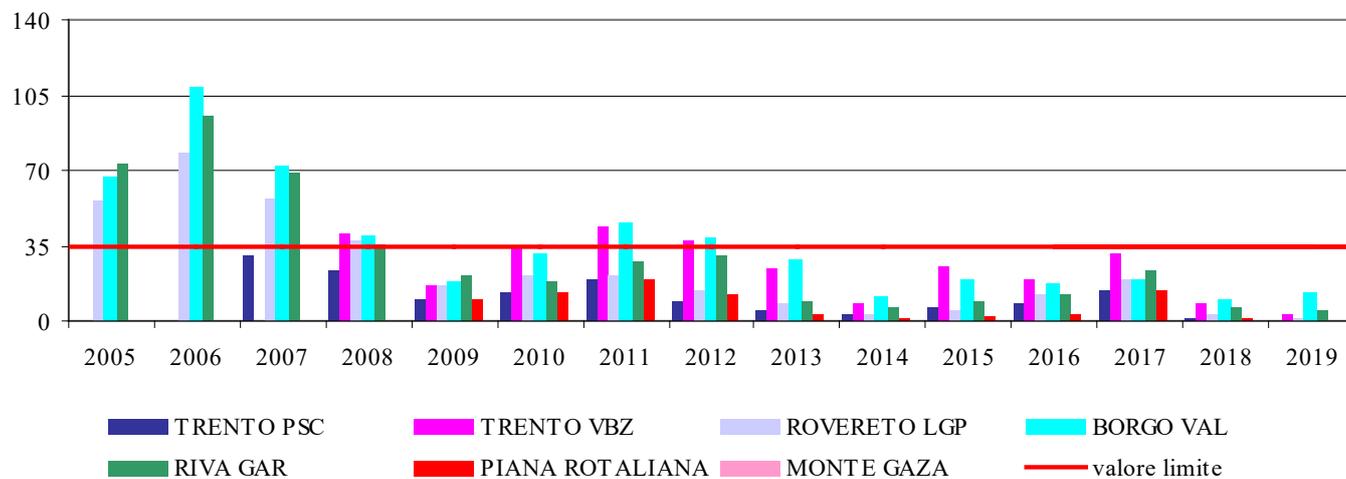
tale condizione è presente già a partire dal 2009. La presenza di un andamento pluriennale relativamente irregolare (visibile soprattutto nel grafico 13.9 ma, in misura minore, anche nel grafico 13.8) è principalmente imputabile alla forte correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le condizioni meteo-climatiche invernali più o meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Questo rende difficile decretare con certezza se si sia raggiunta una stabilizzazione del numero di superamenti annuali su valori inferiori alla soglia prevista dalla normativa di riferimento, sebbene si possa affermare con ragionevole sicurezza che le stazioni di Trento Parco S. Chiara, Rovereto e Riva del Garda non rappresentino situazioni di particolare criticità rispetto a tale limite normativo.

Grafico 13.8: concentrazione media annuale di PM10 nel periodo 2005-2019 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 40 µg/m³)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Grafico 13.9: superamenti del limite giornaliero per PM10 nel periodo 2005-2019 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media giornaliera 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno solare)



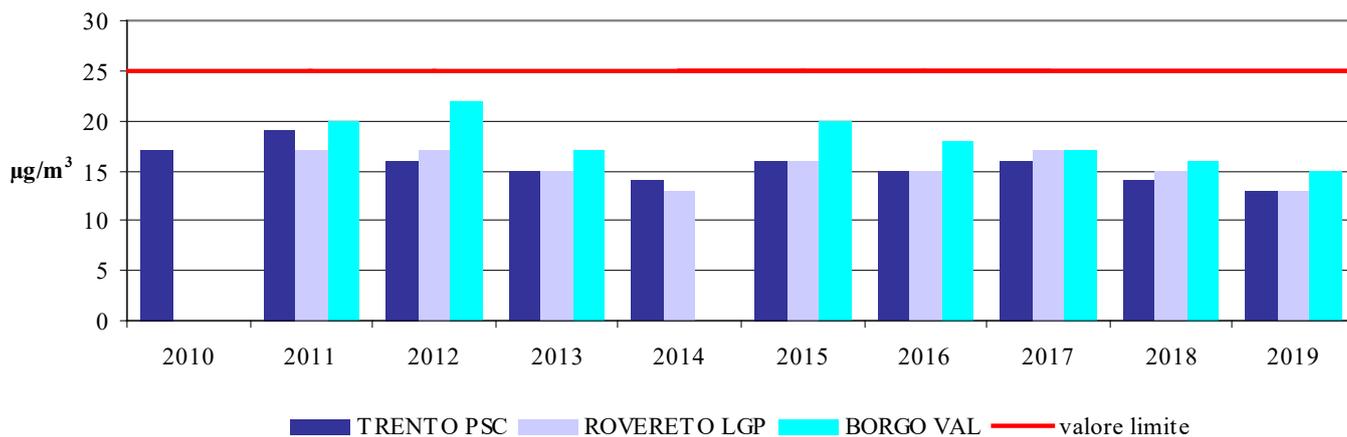
Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.7 Concentrazioni di polveri fini (PM10)	Aria	S	D	😊	↗	P	2005-2019	11 CITTÀ COMUNITÀ SOSTENIBILI

L'andamento delle concentrazioni medie annue di PM<sub>2,5</sub> è mostrato nel grafico 13.10 a partire dal 2010. Nonostante la serie storica di dati sia relativamente breve e per alcune le stazioni non completa, è possibile formulare alcune considerazioni. Durante l'intero periodo, per tutte le stazioni di misura, la

concentrazione media annua è sempre risultata inferiore al valore limite di 25 µg/m<sup>3</sup>. È inoltre possibile notare come, a eccezione del dato 2012 di Borgo Valsugana, le concentrazioni si attestino su valori inferiori anche al valore obiettivo pari a 20 µg/m<sup>3</sup>, il cui raggiungimento è previsto per il 2020.

Grafico 13.10: concentrazione media annuale di PM<sub>2,5</sub> nel periodo 2010-2019 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 25 µg/m<sup>3</sup>)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.8 Concentrazioni di polveri fini (PM <sub>2.5</sub> )	Aria	S	D	😊	↕	P	2010-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

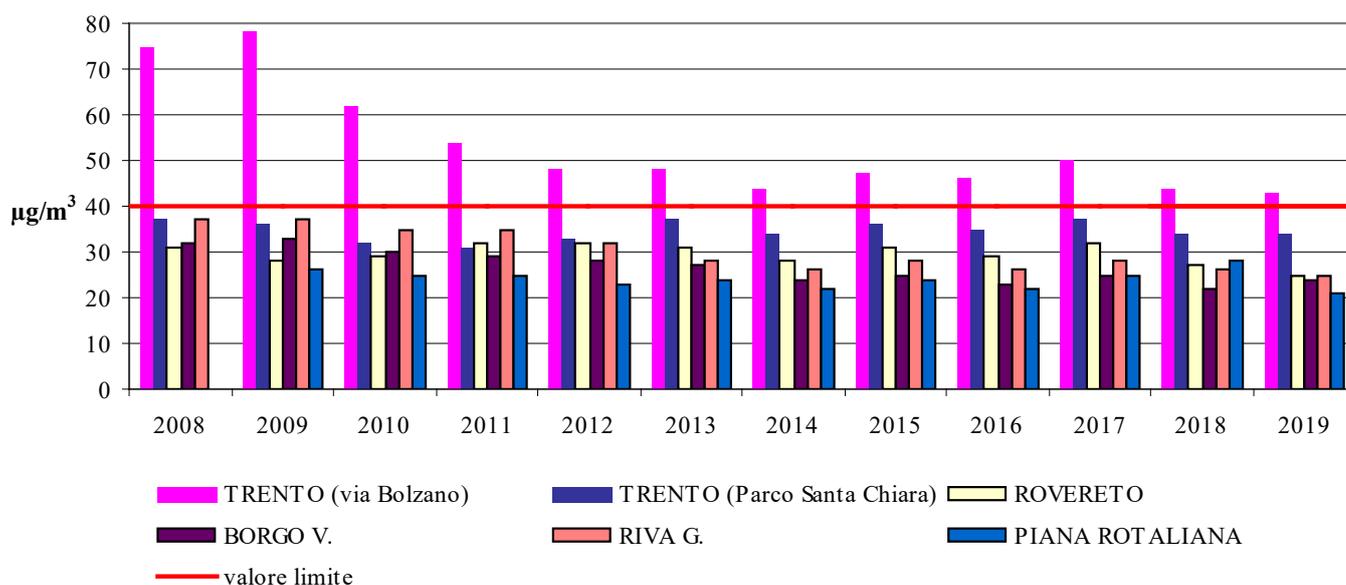
### 13.4.2 Concentrazioni di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Tipicamente il biossido di azoto presenta una distribuzione spaziale relativamente disomogenea e fortemente dipendente dalla localizzazione rispetto alle sorgenti. Per questo motivo, i valori delle medie annuali evidenziano differenze rilevanti a seconda della tipologia di sito di rilevamento considerato: stazione di "traffico" (Trento – via Bolzano) o stazione di "fondo" urbano (tutte le altre). In particolare la situazione riferita al "fondo urbano" è relativamente omogenea e, fatti salvi alcuni episodi antecedenti al 2007, si osserva il rispetto del limite di media annuale posto a tutela e protezione della salute umana in tutte le stazioni dislocate sul territorio trentino (grafico 13.11). Diversa la considerazione per i siti

di "traffico", ovvero per la stazione di Trento – via Bolzano, dove tale limite non viene rispettato. Per tale stazione l'Unione Europea aveva concesso di derogare il rispetto del valore limite del biossido di azoto al 1° gennaio 2015. Nonostante a partire dal 2009 sia riconoscibile un certo trend decrescente, il valore limite continua a non essere rispettato.

Per quanto riguarda gli altri limiti previsti per questo inquinante, nel periodo analizzato nessuna stazione ha oltrepassato i 18 superamenti annuali del valore limite giornaliero pari a 200 µg/m<sup>3</sup>, e non vi sono altresì stati casi di superamento della soglia di allarme di 400 µg/m<sup>3</sup>.

Grafico 13.11: concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> nel periodo 2008-2019 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 40 µg/m<sup>3</sup>)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.9 Concentrazioni di biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	Aria	S	D	☹️	⬆️⬆️	P	2008-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.4.3 Concentrazioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Le concentrazioni di biossido di zolfo, sempre modeste in Trentino, sono sensibilmente diminuite nel tempo per effetto del progressivo uso di combustibili con contenuto di zolfo minore rispetto al passato (in particolare nei combustibili diesel). Inoltre, ha avuto un ruolo fondamentale la progressiva conversione degli impianti di riscaldamento domestici da gasolio a metano. In particolare (grafico 13.12), a partire dal 2006 si nota la stabilizzazione della concentrazione media annua di SO<sub>2</sub> su valori inferiori a 3 µg/m<sup>3</sup>. Negli ultimi anni non si sono mai riscontrati superamenti del valore limite orario (350 µg/m<sup>3</sup>), del valore limite giornaliero (125 µg/m<sup>3</sup>), né della soglia di allarme (500 µg/m<sup>3</sup> per 3 ore consecutive)

previsti dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155. Il biossido di zolfo è quindi un inquinante primario non critico per il territorio provinciale.

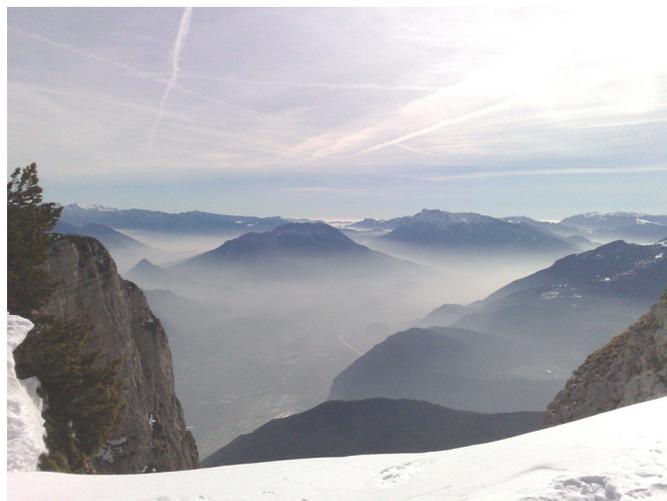
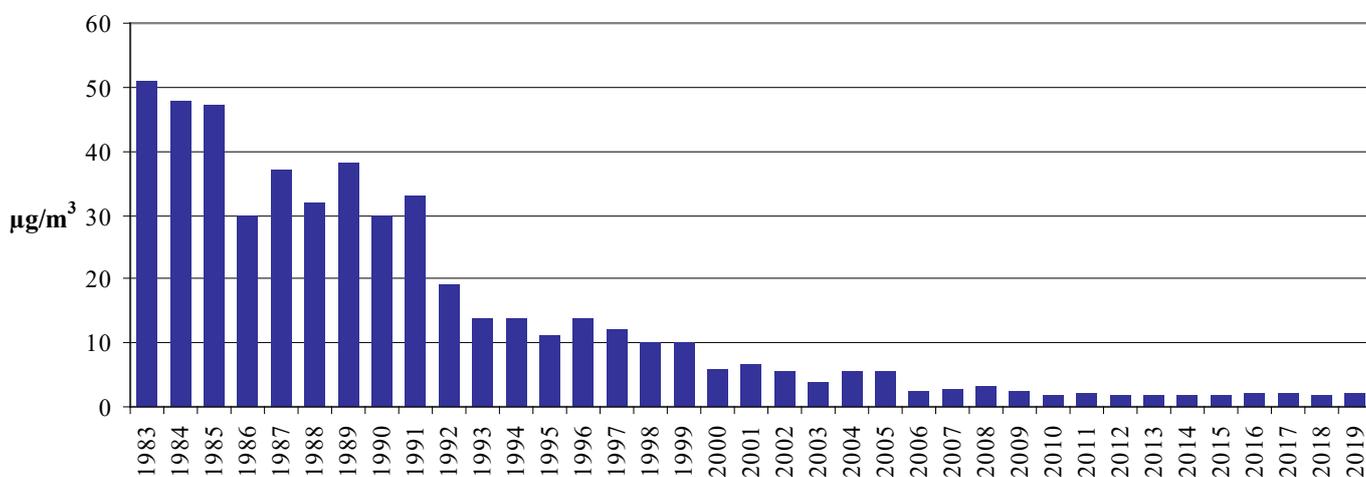


Grafico 13. 12: concentrazione media annuale di SO<sub>2</sub> nel periodo 1983-2019



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.10 Concentrazioni di biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Aria	S	D	😊	↗	P	1983-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.4.4 Concentrazioni di monossido di carbonio (CO)

In considerazione delle significative riduzioni dei valori di CO misurati nel corso degli ultimi anni, è stato progressivamente ridotto il numero di punti di monitoraggio di questo inquinante. Attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di "traffico" presente nella rete di monitoraggio provinciale, Trento – via Bolzano. La fonte di gran lunga predominante di questo inquinante è infatti da ricondurre alle emissioni veicolari e quindi la sua misura ha significato principalmente in questo tipo di stazioni.

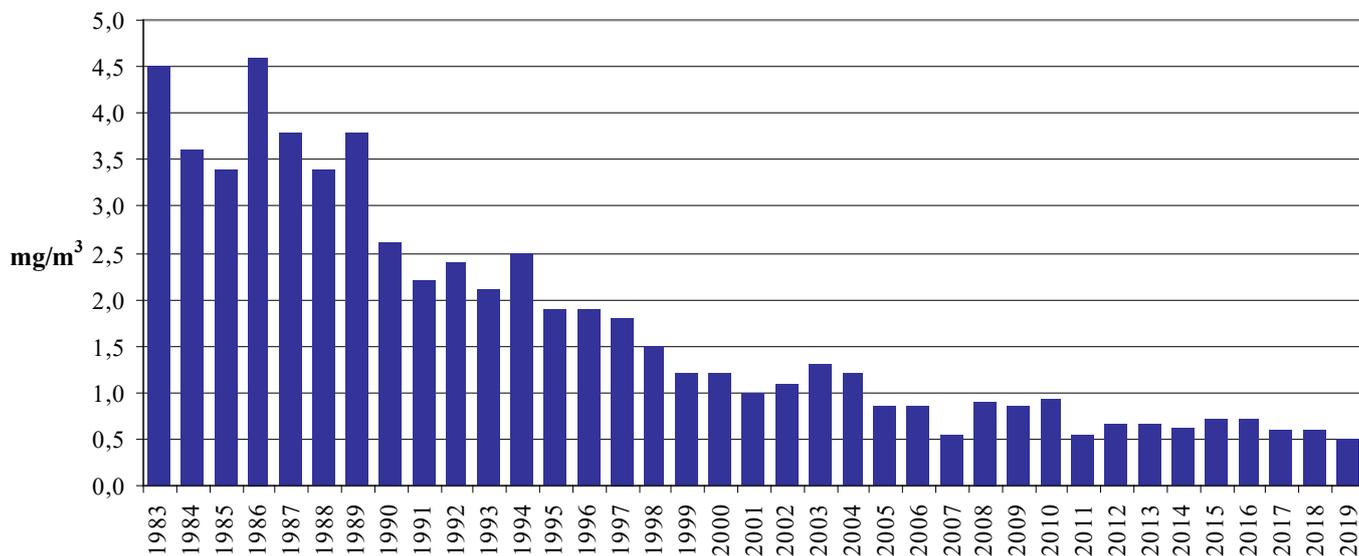
L'introduzione massiccia e obbligatoria dei sistemi catalitici su tutti i veicoli a motore ha consentito una progressiva e risolutiva decrescita delle concentrazioni di CO in aria ambiente, come è ben evidenziata dal grafico 13.13. In particolare, a partire dal 2005 la concentrazione media annua di CO si è stabilizzata su valori inferiori a 1 mg/m<sup>3</sup>, e negli ultimi anni è sempre stato rispettato il valore limite imposto dalla normativa (10 mg/m<sup>3</sup> come media

su 8 h). Come il biossido di zolfo, anche il monossido di carbonio rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.



Stazione di Trento - Via Bolzano

Grafico 13.13: concentrazione media annuale di CO in mg/m<sup>3</sup> nel periodo 1983-2019



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.11 Concentrazioni di monossido di carbonio	Aria	S	D	😊	↗	P	1983-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

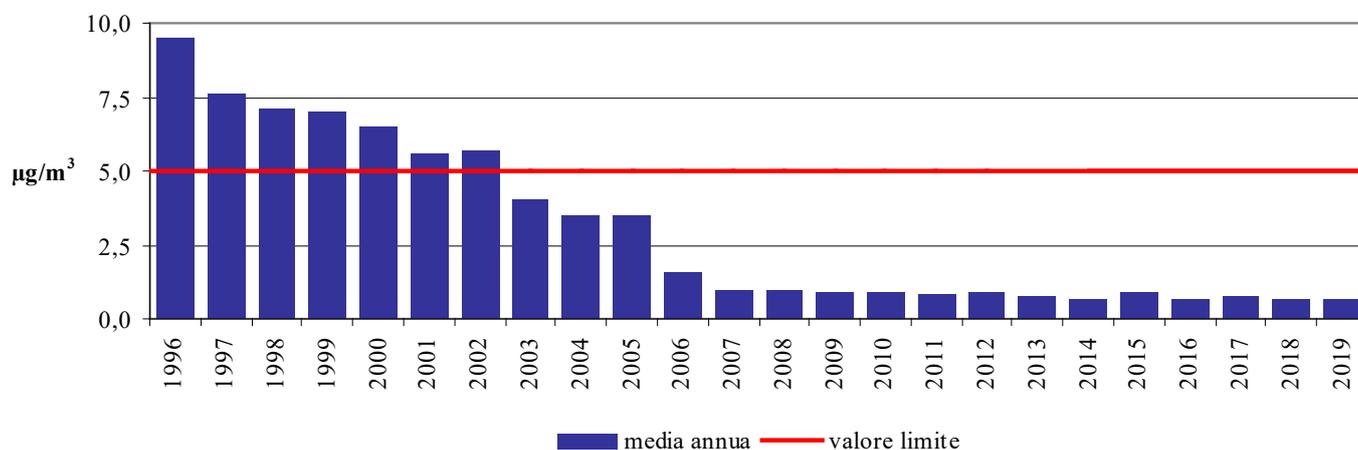
### 13.4.5 Concentrazioni di benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

La massiccia introduzione del benzene è legata al passaggio, avvenuto negli anni '90, dalla benzina super (benzina rossa) alla benzina senza piombo (benzina verde). Inizialmente la quantità di benzene presente nel combustibile era relativamente elevata e quindi anche nell'aria ambiente le concentrazioni erano maggiori di quelle odierne. La progressiva riduzione del benzene presente nella benzina verde e il contestuale incremento della circolazione di automobili diesel (che non emettono questo inquinante) hanno portato ad una rapida e vistosa riduzione delle concentrazioni di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Tale progressiva riduzione é apprezzabile nel grafico 13.14: a partire dal 2003, le concentrazioni medie annue di benzene risultano inferiori al valore limite di 5,0 µg/m<sup>3</sup>

stabilito dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155, e dal 2007 tali concentrazioni hanno raggiunto valori stabilmente inferiori a 1,0 µg/m<sup>3</sup>.



Grafico 13.14: concentrazione media annuale di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> nel periodo 1996-2019 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 5,0 µg/m<sup>3</sup>)



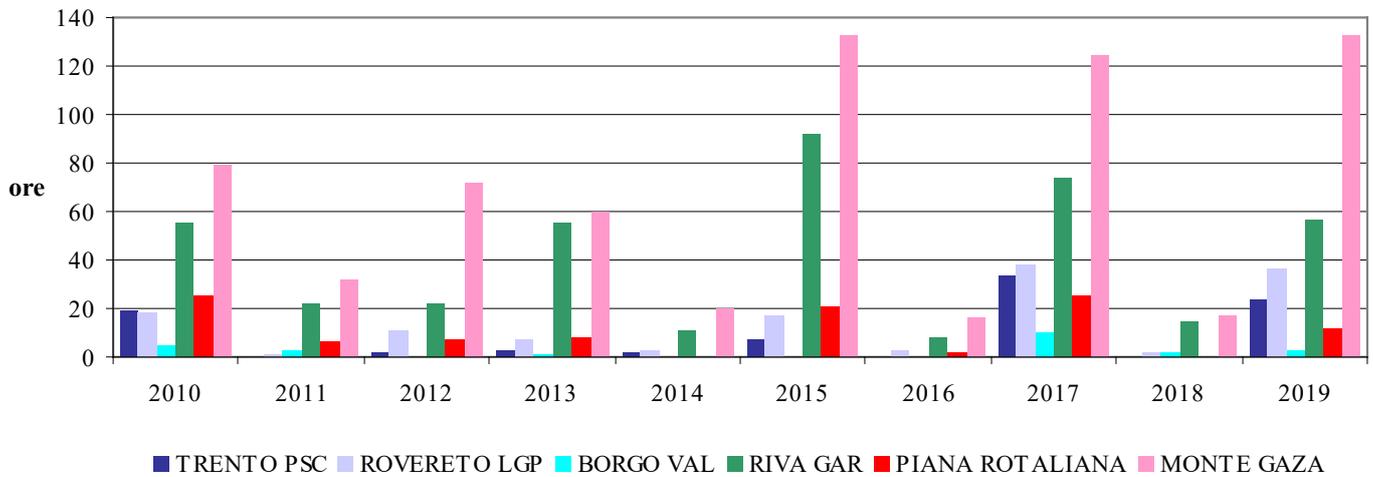
Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.12 Concentrazioni di benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Aria	S	D	😊	↗	P	1996-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.4.6 Concentrazioni di ozono (O<sub>3</sub>)

Nel grafico 13.15 è presentato l'andamento del numero di superamenti annui della soglia di informazione (media oraria pari a 180 µg/m<sup>3</sup>). Dal grafico è possibile apprezzare come le situazioni di maggior criticità si abbiano in corrispondenza delle stazioni di Monte Gaza e Riva del Garda. Queste stazioni sono caratterizzate da un elevato irraggiamento solare durante il periodo estivo, che favorisce le reazioni fotochimiche responsabili della formazione di O<sub>3</sub>. Si osserva un andamento fortemente irregolare, legato alle diverse condizioni meteorologiche delle ultime estati.

Grafico 13.15: superamenti della soglia di informazione per l'O<sub>3</sub> nel periodo 2010-2019 (soglia di informazione per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media oraria 180 µg/m<sup>3</sup>)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA



Stazione di Monte Gaza

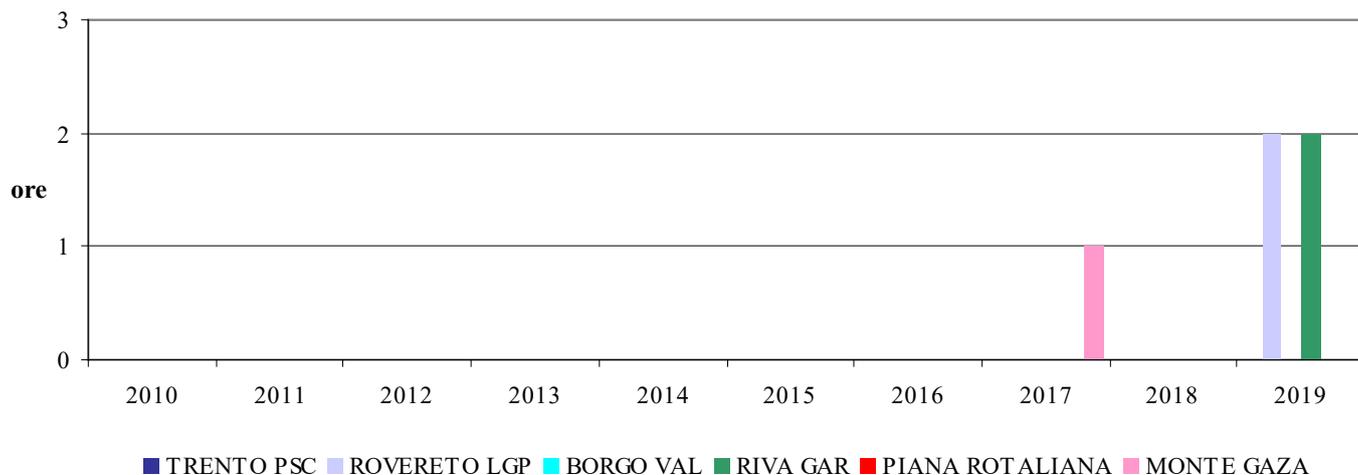


Stazione di Riva del Garda

Per quanto riguarda la soglia di allarme (media oraria maggiore di 240 µg/m<sup>3</sup>), nel 2017 è stata registrata un'unica ora con concentrazione superiore alla soglia presso la stazione di Monte Gaza, e nel 2019 si sono verificate 2 ore di superamento a Riva del Garda e Rovereto.

Si segnala che a causa di un guasto alla stazione di Monte Gaza, non sono disponibili le misure di O<sub>3</sub> durante gran parte del mese di agosto 2015, pertanto, limitatamente a questa stazione, i risultati presentati sono certamente da considerarsi sottostimati.

Grafico 13.16: superamenti della soglia di allarme per l'O<sub>3</sub> nel periodo 2010-2019 (soglia di allarme per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media oraria 240 µg/m<sup>3</sup>)

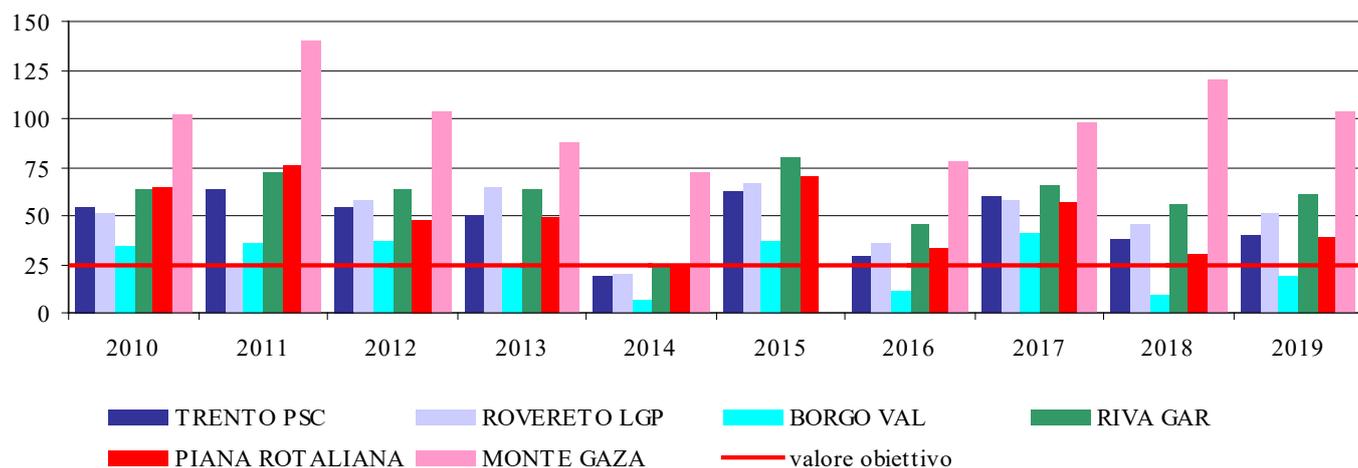


Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Per quanto riguarda la situazione relativa al valore obiettivo per la protezione della salute, le medie triennali del numero di giornate di superamento della media

massima giornaliera su 8 ore eccede diffusamente e costantemente il riferimento di 25 giorni annuali. Il grafico 13.17 riporta i superamenti annui registrati.

Grafico 13.17: superamenti annui del valore obiettivo per l'O<sub>3</sub> nel periodo 2010-2019 (massimo giornaliero della media su 8 h, 120 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno solare, il rispetto del valore obiettivo è calcolato come media su 3 anni)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Come già sottolineato l'ozono è inquinante secondario le cui dinamiche di formazione e diffusione si concretizzano su scala sovra-regionale e più spesso anche sovra-nazionale. In ragione di ciò le politiche di riduzione e contenimento non possono che essere di lungo periodo e su vasta scala.

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.13 Concentrazioni di ozono (O3)	Aria	S	D	☹️	↔️	P	2010-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

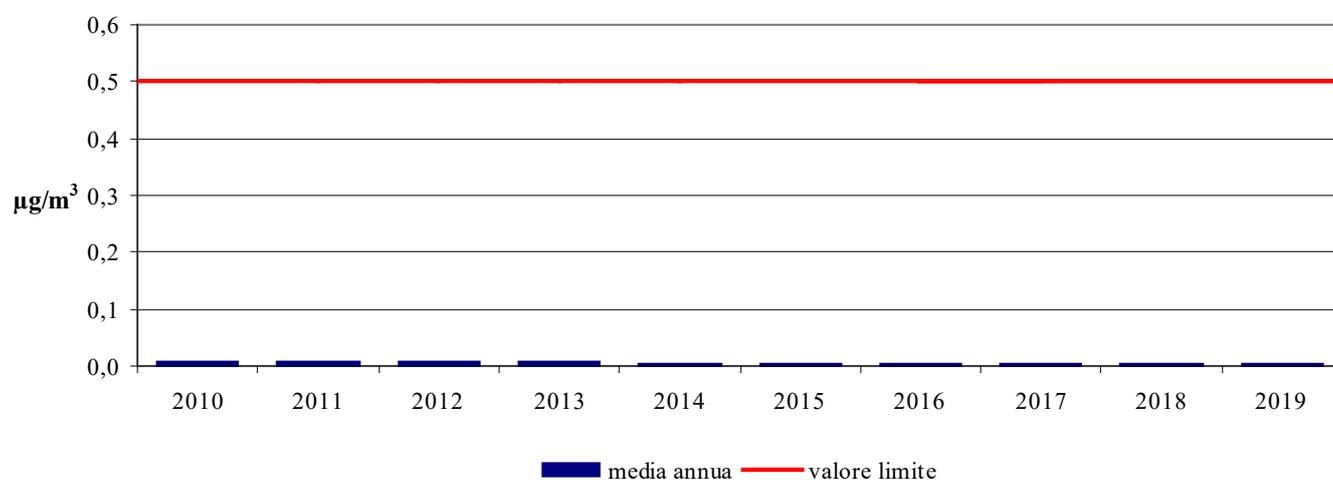
### 13.4.7 Concentrazioni di metalli (Pb, As, Cd e Ni)

Le analisi effettuate sui campioni di particolato raccolti presso la stazione di Trento – Parco S. Chiara a partire dal 2010 mostrano il rispetto con ampio margine del valore limite (per il Pb) e dei valori obiettivo (per As, Cd e Ni) previsti dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155..



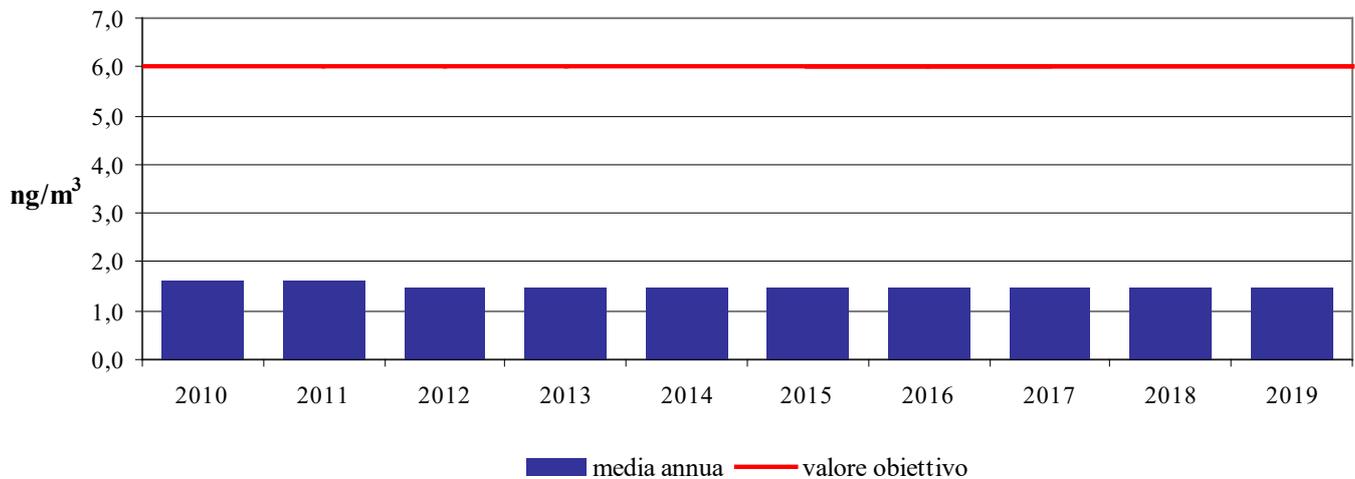
Stazione di Trento Santa Chiara

Grafico 13.18: concentrazione media annuale di Pb nel periodo 2010-2019 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 0,5 µg/m³)



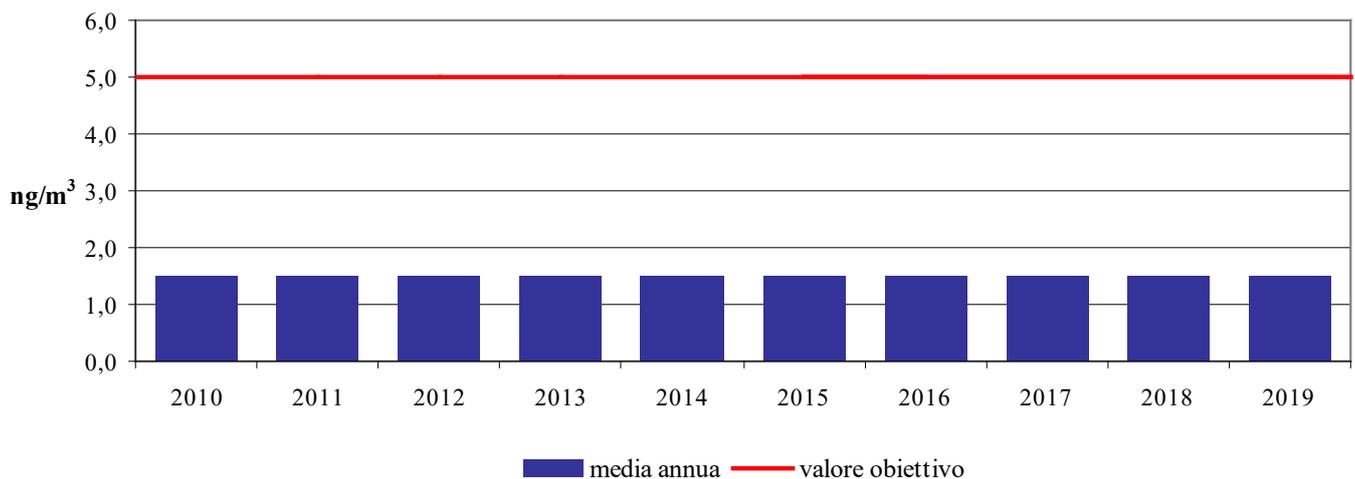
Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Grafico 13.19: concentrazione media annuale di As nel periodo 2010-2019 (valore obiettivo per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 6,0 ng/m<sup>3</sup>)



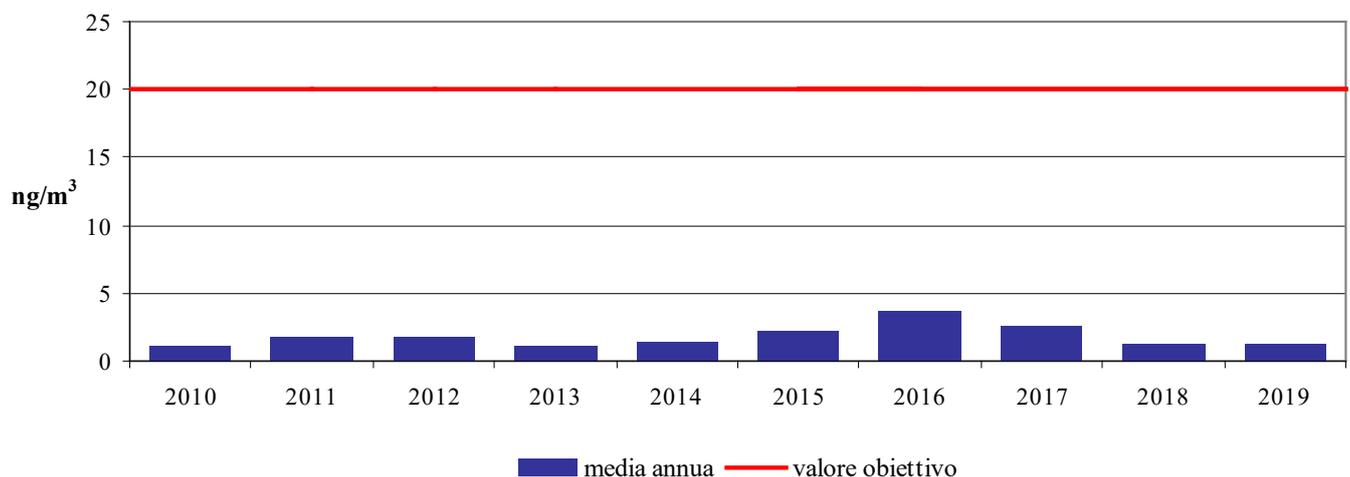
Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Grafico 13.20: concentrazione media annuale di Cd nel periodo 2010-2019 (valore obiettivo per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 5,0 ng/m<sup>3</sup>)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Grafico 13.21: concentrazione media annuale di Ni nel periodo 2010-2019 (valore obiettivo per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 20,0 ng/m<sup>3</sup>)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

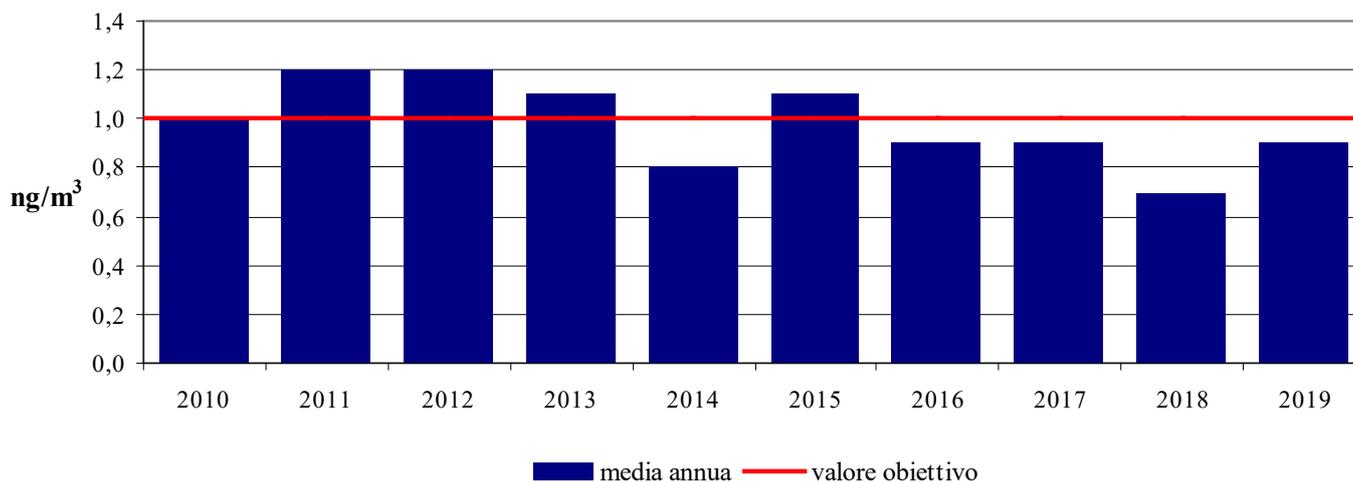
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13.14 Metalli in tracce	Aria	S	D	😊	↔	P	2010-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

### 13.4.8 Benzo(a)pirene

Come per i metalli, anche per il caso del benzo(a)pirene le misure sono riferite alla stazione di Trento – Parco S. Chiara e sono disponibili a partire dal 2010. Nel grafico 13.22, i dati raccolti mostrano il rispetto del valore obiettivo negli ultimi 4 anni, ma sempre con valori prossimi alla soglia prevista. Tale inquinante resta quindi da includere tra quelli per i quali resta concreto il rischio di superamento dei valori di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente.



Grafico 13.22: concentrazione media annuale di benzo(a)pirene nel periodo 2010-2019 (valore obiettivo D.Lgs. 155/2010: media annuale 1,0 ng/m<sup>3</sup>)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
13. 15 Benzo(a)pirene	Aria	S	D	😞	↔	P	2010-2019	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

## La qualità dell'aria in Trentino al tempo del Coronavirus

In Italia le prime misure di contrasto alla diffusione del Covid-19 sono state adottate a fine febbraio per poi arrivare al sostanziale "lockdown", valido su tutto il territorio nazionale, sancito dal DPCM dell'11 marzo e poi prorogato, con alcuni aggiustamenti, fino al 3 maggio 2020.

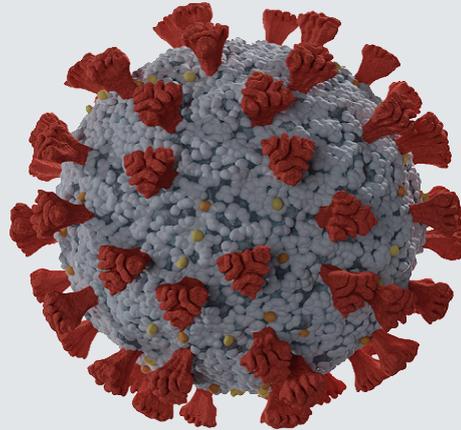
Questo susseguirsi di provvedimenti ha comportato una drastica diminuzione, fino quasi all'azzeramento, di molte attività responsabili di buona parte delle emissioni in atmosfera, e in particolare del traffico veicolare.

Alla quantità delle emissioni è associato l'impatto che queste generano sulla qualità dell'aria e sulle conseguenti concentrazioni di questi inquinanti in atmosfera. La correlazione fra emissione e immissione non è sempre, anzi quasi mai, lineare in quanto nel processo di diluizione intervengono molte variabili e fra queste le principali sono quelle meteorologiche e orografiche.

Per ridurre l'incertezza nella lettura dei dati misurati in questo periodo, dovuta in particolare alla variabilità delle condizioni meteorologiche, è stato fatto un confronto tra la concentrazione di monossido e biossido di azoto misurate nei mesi di marzo e aprile 2020 e quella mediamente misurata nello stesso bimestre nell'ultimo quinquennio 2015-2019 e che si assumono come "clima" atteso per questo periodo.

Sono quindi stati utilizzati i dati raccolti da tutte le stazioni della rete di monitoraggio provinciale orientate direttamente al traffico, nello specifico le stazioni di Trento via Bolzano e di Avio sulla A22, e quelle posizionate per la valutazione della qualità dell'aria in ambito urbano (definite "stazioni di fondo") che risentono in maniera diffusa di tutte le sorgenti, posizionate a Trento Parco S. Chiara, Rovereto, Borgo Valsugana e Riva del Garda.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, la diminuzione delle concentrazioni nel periodo rispetto al clima atteso sono risultate essere mediamente del 38% per le stazioni di fondo urbano (con una punta massima del 51% nella settimana 13-19 aprile) e del 45% per le stazioni



orientate al traffico (con una punta massima del 62% sempre nella settimana 13-19 aprile). Dello stesso ordine di grandezza anche la diminuzione delle concentrazioni del monossido d'azoto. Una diminuzione quindi molto rilevante, riscontrata sia in ambito urbano, sia lungo le strade maggiormente trafficate.

Oltre al dato delle emissioni dirette, per le polveri sottili si devono considerare altri due fattori d'influenza, che hanno senz'altro agito anche durante il lockdown, ovvero la sua importante e in certi momenti preponderante componente "secondaria" (il particolato che si forma da altri composti gassosi e non proveniente da fonti dirette primarie) e i fenomeni di trasporto aereo dell'inquinante (a questo proposito è stato esemplare quanto successo in particolare nelle giornate del 28 e 29 marzo quando una consistente massa d'aria carica di particolato proveniente dalle zone desertiche del Caucaso ha determinato, pur in pieno lockdown, il superamento dei limiti di media giornaliera per il PM10 su larga parte dell'Italia del nord, Trentino compreso).

La diminuzione media nel periodo rispetto al clima atteso è risultata essere mediamente, nelle stazioni di fondo urbano, dell'8%, ma con concentrazioni che di fatto, per tutto il mese di aprile, sono risultate uguali o anche superiori a quelle misurate nello stesso mese durante il quinquennio 2015-2019. La stessa considerazione, seppure con una diminuzione media complessiva superiore, pari al 20%, può essere fatta per le stazioni orientate direttamente al traffico, Trento via Bolzano e Avio A22.

A conclusione di questa breve analisi degli impatti sulla qualità dell'aria dovuti ai provvedimenti di sospensione parziale delle attività durante l'epidemia di Covid-19, si possono individuare già indicazioni piuttosto chiare circa il rilevante impatto del traffico veicolare sulle concentrazioni degli ossidi di azoto, e con esse la conferma delle valutazioni e misure contenute anche nel Piano

di tutela della qualità dell'aria vigente in Trentino, volte a contrastare progressivamente le emissioni da traffico di questo inquinante. Si ricava altresì conferma che, per quanto riguarda invece le polveri sottili (PM10, ma anche PM2,5), il traffico veicolare ha sì una sua rilevanza, ma le azioni di contrasto alle emissioni da adottare in futuro dovranno considerare principalmente altri fattori.



## 13.5 QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE

Tra i fattori ambientali che condizionano la salute, l'inquinamento dell'aria rappresenta uno dei maggiori rischi e la riduzione dell'inquinamento atmosferico è una misura efficace per diminuire morbosità e mortalità per ictus, malattie del cuore, tumori polmonari e malattie respiratorie acute e croniche, compresa l'asma. Il rischio dell'inquinamento dell'aria è percepito anche dalla popolazione italiana: nel 2019 oltre un terzo degli italiani considera l'inquinamento dell'aria come uno dei principali problemi ambientali, soprattutto in ambito urbano<sup>1</sup>.



### Aspetti generali

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che la grande maggioranza della popolazione mondiale viva in un luogo nel quale le linee guida per la qualità dell'aria non sono rispettate. L'OMS<sup>2</sup> stima inoltre che l'inquinamento atmosferico, sia nelle città sia nelle zone rurali del mondo, abbia provocato complessivamente 4,2 milioni di morti premature nel 2016. Come avviene per la maggioranza dei fattori di rischio per la salute, l'esposizione all'inquinamento non è distribuita in maniera omogenea nella popolazione. La grande maggioranza delle morti premature per la cattiva qualità dell'aria si verifica infatti nei Paesi a reddito basso o medio, evidenziando l'esistenza di una forte disuguaglianza ecologica su scala globale. Disuguaglianze analoghe si trovano anche all'interno dei singoli Paesi per diversi rischi ambientali (si pensi alla collocazione di industrie insalubri, di discariche per rifiuti tossici o di inceneritori, che difficilmente si trovano nei pressi di costosi quartieri residenziali). L'inquinamento atmosferico invece colpisce in maniera omogenea la popolazione residente in una vasta area, per esempio gli abitanti di una intera città. La disuguaglianza permane a livello globale come differenziale tra Paesi. Inoltre, all'interno dei singoli Paesi, le persone appartenenti alle classi sociali svantaggiate, anche a parità di esposizione, risentono comunque maggiormente delle conseguenze dell'inquinamento atmosferico sulla salute, a causa delle molteplicità dei rischi a cui sono esposte.

Tra le componenti inquinanti atmosferiche, le polveri sottili sospese nell'aria (chiamate anche particolato atmosferico,

particulate matter, PM) hanno l'effetto maggiore sulla salute umana. Le polveri sottili si producono durante il processo di combustione che avviene nelle automobili, nelle industrie, nelle centrali elettriche e nelle abitazioni per il riscaldamento. Dal punto di vista tossicologico le polveri sottili sono irritanti, genotossiche, mutagene e cancerogene.

Le particelle PM10 (particelle di diametro inferiore a 10 micrometri<sup>3</sup>) e PM2.5 (particelle di diametro inferiore a 2,5 micrometri) sono abbastanza piccole per poter essere inalate e raggiungere la regione toracica dell'apparato respiratorio, dove possono provocare effetti acuti (che si verificano nel giro di ore o giorni) e a lungo termine (dopo mesi o anni). Le conseguenze sulla salute di queste particelle sono ben documentate in letteratura<sup>4</sup> e includono:

- malattie dell'apparato respiratorio e di quello cardiovascolare e l'aumento conseguente di ricoveri in ospedale (per esempio per aggravamento di asma bronchiale);
- decessi a causa di malattie cardiovascolari e respiratorie e per tumore del polmone.

L'OMS stima che la mortalità per tutte le cause aumenti di 0,2-0,6% per ogni incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10. L'esposizione a lungo termine a PM2.5 risulta associato all'aumento del rischio di morire per cause cardio-polmonari del 6-13% per 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2.5.

A livello globale l'OMS stima che le polveri sottili siano la causa di circa il 9% dei casi di cancro del polmone e il 5% delle morti per cause cardio-polmonari.

<sup>1</sup> <http://noi-italia.istat.it/pagina.php?id=3&categoria=2&action=show> (consultato il 21.7.2020).

<sup>2</sup> [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (consultato il 21.7.2020).

<sup>3</sup> Un micrometro (o micron) corrisponde a un millesimo di millimetro. Per avere un'idea dell'ordine di grandezza di questa misura, si consideri che il diametro di un globulo rosso è pari a 8 µm.

<sup>4</sup> [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf).

Gruppi particolarmente a rischio includono persone con malattie polmonari o cardiache pre-esistenti, persone anziane e bambini. Il PM10 è associato a una ridotta crescita fetale e a un basso peso alla nascita e ha conseguenze sullo sviluppo polmonare nei bambini, compresi deficit irreversibili nella funzionalità e crescita polmonare. Uno studio di epigenomica sul sangue del cordone ombelicale di circa 1.300 bambini, ripetuto poi (negli stessi bambini) all'età di 7 e 15 anni, ha rilevato che l'esposizione a PM10 induce cambiamenti epigenetici in percorsi molecolari coinvolti nel funzionamento del sistema nervoso e nella cancerogenesi, inclusi i geni che costituiscono importanti crocevia per il funzionamento cellulare<sup>5</sup>.

### La situazione in Trentino

L'OMS ha implementato un programma (AIRQ+<sup>6</sup>) che permette di valutare gli effetti di salute a breve e lungo termine attribuibili a una determinata esposizione di inquinante (PM10 o PM2.5).

Nel caso del Trentino la valutazione di impatto è stata calcolata considerando sia i massimi giornalieri di polveri sottili registrati sul territorio provinciale nel corso del 2019, sia la media giornaliera, e fissando come valori soglia al di sotto dei quali non sono quantificabili effetti sulla salute:

- per gli effetti a breve termine 25 µg/m<sup>3</sup> per il PM2.5 50 µg/m<sup>3</sup> per il PM10;
- per gli effetti a lungo termine 10 µg/m<sup>3</sup> sia per il per il PM2.5 che per il PM10.

Si stima che un'esposizione a lungo termine a inquinamento da polveri sottili sui livelli del massimo giornaliero del 2019<sup>7</sup> in un anno causerebbe agli adulti trentini 135 morti (circa il 4% della mortalità adulta), di cui 10 per cancro del polmone (5% dei morti per cancro del polmone). Inoltre si aggiungerebbero 31 nuovi casi di cancro del polmone (5% dell'incidenza di cancro del polmone) e poco meno di 4.000 casi di bronchite cronica

(pari al 15% dei casi totali). Nel breve termine, invece, le conseguenze comporterebbero annualmente 14 ricoveri per malattie respiratorie (0,25% dei ricoveri per cause respiratorie) e altrettanti per malattie cardiovascolari (0,12% dei ricoveri)<sup>8</sup>.

La stima OMS calcolata invece sulle medie giornaliere di PM10 e PM2.5, indica che a causa degli effetti a lungo termine l'inquinamento registrato nel 2019 avrebbe provocato 73 morti (2% della mortalità adulta), di cui 5 per cancro del polmone (2% dei morti per cancro del polmone), 17 nuovi casi di cancro del polmone (3% dell'incidenza di cancro del polmone) e quasi 2.000 casi di bronchite cronica (pari al 8% dei casi totali). Sempre nel 2019 i ricoveri per cause respiratorie sarebbero stati 6 (0,1% dei ricoveri), così come 6 sarebbero stati quelli per cause cardiovascolari (0,05% dei ricoveri).

In Trentino la percezione della qualità dell'ambiente è indagata dal sistema di sorveglianza PASSI e risulta generalmente buona: il 53% delle persone interpellate pensa che l'ambiente influenzi la propria salute positivamente, l'11% negativamente e il 36% che non la influenzi affatto. La visione negativa dell'impatto esercitato dall'ambiente sullo stato di salute è più diffusa tra le donne (13% vs 9% tra gli uomini) e tra i cittadini italiani (11% vs 7% tra gli stranieri); si accentua all'aumentare dell'età (9% tra i 18-34enni vs 11% 35-49enni vs 13% 50-69enni), del livello di istruzione (8% tra chi ha il titolo elementare vs 10% media inferiore vs 11% media superiore vs 13% laurea) e delle difficoltà economiche (10% tra chi non ha difficoltà vs 12% tra chi ha qualche difficoltà vs 14% tra chi ne ha molte). L'aria è ritenuta buona (o molto buona) dall'89% delle persone e solamente il 13% dichiara di vivere in una zona a traffico intenso (o molto intenso). Il 21% della popolazione ritiene comunque che nella zona dove vive siano presenti aspetti ambientali pericolosi per la salute. Tra questi il più diffuso è l'inquinamento dell'aria a causa del traffico veicolare e dei pesticidi.

<sup>5</sup> Paolo Vineis, Luca Carra, Roberto Cingolani, *Prevenire – Manifesto per una tecnopolitica*, Torino, Einaudi, 2020, pagina 31. <sup>6</sup> <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>

<sup>7</sup> <https://bollettino.appa.tn.it/aria/scarica88>

<sup>8</sup> Per i dati epidemiologici necessari al calcolo delle stime è stato fatto riferimento a:

– mortalità generale e mortalità per cancro ai polmoni: Istat – Mortalità per territorio di residenza- Quozienti di mortalità (dati aggiornati al 2017) <http://dati.istat.it/#>

– incidenza di cancro del polmone: APSS – Registro tumori di popolazione (dati aggiornati al 2011-2012)

[https://www.apss.tn.it/documents/10180/329722//Report+Registro+Tumori+in+Provincia+di+Trento+2011\\_2012](https://www.apss.tn.it/documents/10180/329722//Report+Registro+Tumori+in+Provincia+di+Trento+2011_2012)

– prevalenza di bronchite cronica e ospedalizzazione per cause respiratorie e cardiovascolari: PAT - Osservatorio per la salute – Profilo di salute della popolazione di Trento (aggiornamento al 2019) <https://www.trentinosalute.net/Pubblicazioni/Profilo-di-salute-della-provincia-di-Trento-Aggiornamento-2019>

### Interventi di contrasto all'inquinamento dell'aria

Politiche e investimenti a favore di forme di trasporto più ecologiche (interventi a favore del trasporto pubblico, della ciclabilità e pedonabilità), di efficientamento energetico delle abitazioni, delle centrali elettriche, delle industrie e dello smaltimento dei rifiuti sono elementi chiave per la riduzione generalizzata ed equa dell'inquinamento atmosferico. Dato che non esiste un livello di inquinamento al di sotto il quale il rischio risulti azzerato, quanto più basso viene mantenuto il livello di inquinamento, tanto meglio è per la salute, soprattutto cardiovascolare e respiratoria della popolazione. Inoltre i benefici di questo tipo di interventi non si producono solo sulla qualità dell'aria, ma anche in numerosi altri ambiti (si parla di co-benefici). Si pensi ad esempio ai numerosi co-benefici dell'uso della bicicletta in sostituzione dell'automobile: oltre alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, determina un aumento dell'attività fisica (con un impatto notevole sulla salute pubblica essendo la sedentarietà uno dei fattori di rischio maggiori per le malattie cronico-degenerative), comporta la riduzione dell'inquinamento acustico e del consumo di energia fossile, permette di risparmiare soldi e di creare nuovi posti di lavoro<sup>9</sup>.

Il Piano per la salute del Trentino 2015-2025<sup>10</sup> fornisce numerosi spunti per agire a favore di ambiente e salute (pagina 35), sulla salute urbana (pagina 37) e a favore di una mobilità sostenibile (pagina 38) enumerando diversi obiettivi specifici. Obiettivo generale è aumentare la consapevolezza dell'impatto delle attività umane sull'ambiente e sfruttare maggiormente il binomio ambiente-salute nelle attività di promozione degli stili di vita sani ed ecologicamente sostenibili.



<sup>9</sup> WHO - UNECE - UNEP Riding towards the green economy: cycling and green jobs.

<sup>10</sup> <https://www.trentinosalute.net/content/view/full/3930>.



## Aria e Agenda 2030

### Goal 11 Città e comunità sostenibili

Le città hanno un'impronta ecologica enorme: occupano solamente circa il tre per cento della superficie terrestre, ma consumano tre quarti delle risorse globali e sono responsabili del 75 per cento delle emissioni. Tuttavia l'analisi dell'EEA (Agenzia Europea per l'Ambiente) evidenzia una situazione, in Europa, di scarsa qualità dell'aria, che riguarda soprattutto i centri urbani, con una stima, nei 28 Paesi dell'Unione Europea, di 374.000 morti premature (dati 2016) dovute all'esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico. Gli impatti dell'inquinamento atmosferico si ripercuotono anche sull'ecosistema e sul sistema economico e sociale (costi sanitari, ore lavoro perse ecc.). Nelle aree urbane, in particolare, le concentrazioni di particolato atmosferico, biossido di azoto e ozono a livello del suolo causano i danni maggiori per la salute della popolazione. L'Italia detiene il record negativo in Europa per morti premature da biossido di azoto con circa 14.600 vittime l'anno e ha il numero maggiore di decessi per ozono (3.000) e il secondo per PM<sub>2,5</sub> (58.600) (rapporto EEA: Air quality in Europe 2019).

Le sfide poste dall'ambiente urbano includono quindi diminuzione del traffico, accessibilità ai servizi di base, alloggi e infrastrutture adeguate, risparmio energetico, miglioramento della qualità dell'aria e degli spazi verdi.

Il tema della qualità dell'aria viene affrontato principalmente nel goal 11 "Città e comunità sostenibili". Principali obiettivi sono: la riduzione dell'inquinamento pro capite prodotto dalle città, in particolare per quanto concerne la qualità dell'aria e la gestione dei rifiuti; lo sviluppo urbano che dovrà essere più inclusivo e sostenibile, grazie anche a una pianificazione degli insediamenti partecipativa, integrata e sostenibile; l'accesso di tutti a superfici verdi e spazi pubblici sicuri e inclusivi, soprattutto per donne e bambini, anziani e persone con disabilità.

Nel dettaglio i target specifici relativi a tale obiettivo e connessi al tema qualità dell'aria sono:

- 11.3 entro il 2030, potenziare un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificare e gestire in tutti i Paesi un insediamento umano che sia partecipativo, integrato e sostenibile;
- 11.4 potenziare gli sforzi per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo;
- 11.5 entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all'acqua, con particolare riguardo alla protezione dei



- poveri e delle persone più vulnerabili;
- 11.6 entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro capite delle città, in particolare riguardo alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti;
- 11.7 entro il 2030, fornire accesso universale a spazi verdi e pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, in particolare per donne, bambini, anziani e disabili;
- 11.a Supportare i positivi legami economici, sociali e ambientali tra aree urbane, periurbane e rurali rafforzando la pianificazione dello sviluppo nazionale e regionale;
- 11.b Entro il 2020, aumentare notevolmente il numero di città e di insediamenti umani che adottino e attuino politiche e piani integrati verso l'inclusione, l'efficienza delle risorse, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, la resilienza ai disastri, lo sviluppo e l'implementazione, in linea con il "Quadro di Sendai per la Riduzione del Rischio di Disastri 2015-2030", la gestione complessiva del rischio di catastrofe a tutti i livelli;
- 11.c Sostenere i Paesi meno sviluppati, anche attraverso l'assistenza tecnica e finanziaria, nella costruzione di edifici sostenibili e resilienti che utilizzino materiali locali.

Il tema della qualità dell'aria, vista la sua forte trasversalità, viene affrontato, oltre che nel goal 11, anche in numerosi altri goal quali:

- goal 7 "Energia pulita e accessibile", dove si punta a ridurre l'uso di combustibili fossili e di conseguenza le emissioni;
  - goal 9 "Imprese, innovazione e infrastrutture", che tra gli obiettivi include l'ammodernamento delle industrie (infrastrutture, impianti, materie prime) affinché siano più efficienti e adottino tecnologie pulite e contemporaneamente sostiene la ricerca scientifica per favorire lo sviluppo di sistemi e tecnologie a basso impatto ambientale;
  - goal 12 "Consumo e produzione responsabili", che pone come obiettivi la riduzione di tutte le sostanze chimiche dannose (sia in campo industriale che agricolo), la gestione ecocompatibile di tutti i rifiuti e la razionalizzazione dei sussidi che favoriscono l'uso dei combustibili fossili;
  - goal 13 "Lotta contro il cambiamento climatico", dove rientrano tutte le strategie per la riduzione del surriscaldamento globale dovuto all'inquinamento e all'effetto serra.
- Nel dettaglio i target specifici relativi a tali obiettivi e connessi al tema qualità dell'aria sono:
- 7.2 Entro il 2030, aumentare notevolmente la quota di energie rinnovabili nel mix energetico globale;
  - 7.3 Entro il 2030, raddoppiare il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica;
  - 9.3 Aumentare l'accesso dei piccoli industriali e di altre imprese, in particolare nei Paesi in via di sviluppo, ai servizi finanziari, compreso il credito a prezzi accessibili, e la loro integrazione nelle catene e nei mercati di valore;
  - 9.4 Entro il 2030, aggiornare le infrastrutture e ammodernare le industrie per renderle sostenibili, con maggiore efficienza delle risorse da utilizzare e una maggiore adozione di tecnologie pulite e rispettose dell'ambiente e dei processi industriali, in modo che tutti i Paesi intraprendano azioni in accordo con le loro rispettive capacità;
  - 9.5 Potenziare la ricerca scientifica, promuovere le capacità tecnologiche dei settori industriali in tutti i Paesi, in particolare nei Paesi in via di sviluppo, anche incoraggiando, entro il 2030, l'innovazione e aumentando in modo sostanziale il numero dei lavoratori dei settori ricerca e sviluppo ogni milione di persone e la spesa pubblica e privata per ricerca e sviluppo;
  - 12.4 Entro il 2020, ottenere la gestione ecocompatibile di sostanze chimiche e di tutti i rifiuti in tutto il loro ciclo di vita, in accordo con i quadri internazionali concordati, e ridurre significativamente il loro rilascio in aria, acqua e suolo, al fine di minimizzare i loro effetti negativi sulla salute umana e l'ambiente;
  - 12.c Razionalizzare i sussidi ai combustibili fossili inefficienti che incoraggiano lo spreco, eliminando le distorsioni del mercato, a seconda delle circostanze nazionali, anche attraverso la ristrutturazione fiscale e la graduale eliminazione di quelle sovvenzioni dannose, ove esistenti, in modo da riflettere il loro impatto ambientale, tenendo pienamente conto delle esigenze specifiche e delle condizioni dei paesi in via di sviluppo e riducendo al minimo i possibili effetti negativi sul loro sviluppo in un modo che protegga le comunità povere e quelle colpite;
  - 13.1 Rafforzare la resilienza e la capacità

- di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali in tutti i Paesi;
- 13.2 Integrare nelle politiche, nelle strategie e nei piani nazionali le misure di contrasto ai cambiamenti climatici;
- 13.3 Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale riguardo ai cambiamenti climatici in materia di mitigazione, adattamento, riduzione dell'impatto e di allerta precoce.

### Processo partecipativo Agenda 2030

All'interno del percorso partecipativo previsto dal progetto Agenda 2030 in Trentino, il tema relativo alla qualità dell'aria è stato affrontato in modo trasversale all'interno dei tavoli "Agricoltura" e "Lotta contro i cambiamenti climatici". Si rimanda quindi ai relativi capitoli del presente Rapporto per ulteriori dettagli.

