

13. Aria



“L’aria è la miscela dei gas che costituiscono l’atmosfera. La sua composizione naturale può essere alterata all’immissione di altre sostanze dando in questo modo origine al fenomeno dell’inquinamento atmosferico”

a cura di:

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

Laura Pretto - Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Sebastiano Piccolroaz - Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Elisa Mallocci - Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

con la collaborazione di:

Jacopo Mantoan - Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

impaginazione e grafica:

Isabella Barozzi - Direzione APPA

Contenuti

13. Aria

13.1	La rete di monitoraggio della qualità dell'aria	6
13.2	Descrizione dei principali inquinanti	7
13.2.1	Materiale particolare (PM10 e PM2.5)	7
13.2.2	Ossidi di azoto (NO _x)	8
13.2.3	Biossidi di zolfo (SO ₂)	9
13.2.4	Monossido di carbonio (CO)	10
13.2.5	Benzene (C ₆ H ₆)	10
13.2.6	Ozono (O ₃)	11
13.2.7	Metalli (Pb, As, Cd, Ni)	12
13.2.8	Benzo(a)Pirene (B(a)P).....	12
13.3	Le emissioni in atmosfera	13
13.3.1	Emissioni di biossido di zolfo (SO ₂)	14
13.3.2	Emissioni di ossidi di azoto (NO _x).....	15
13.3.3	Emissioni di monossido di carbonio (CO)	16
13.3.4	Emissioni di polveri sottili (PM10).....	10
13.3.5	Emissioni di polveri sottili (PM2.5).....	17
13.4	La qualità dell'aria	19
13.4.1	Concentrazioni di polveri fini (PM10 e PM2.5)	19
13.4.2	Concentrazioni di biossido di azoto (NO ₂).....	21
13.4.3	Concentrazioni di biossido di zolfo (SO ₂)	22
13.4.4	Concentrazioni di monossido di carbonio (CO).....	23
13.4.5	Concentrazioni di benzene (C ₆ H ₆)	24
13.4.6	Concentrazioni di ozono (O ₃)	25
13.4.7	Metalli	27
13.4.8	Benzo(a)pirene	27

ARIA - AGGIORNAMENTO 2016

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.

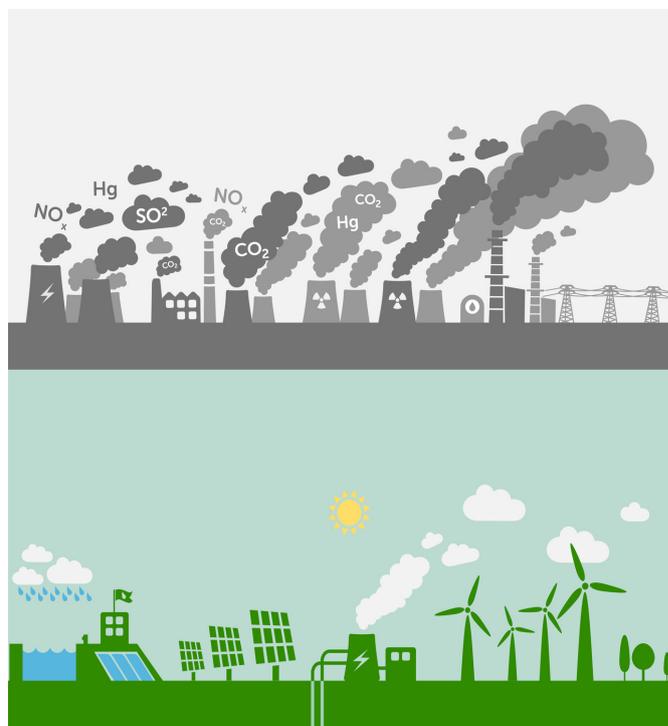
Queste sostanze, indicate come inquinanti atmosferici, possono raggiungere livelli di concentrazione tali da provocare effetti nocivi sulla salute delle persone e, più in generale, sull'intero ecosistema.

La presenza degli inquinanti atmosferici può avere effetti a diverse scale. A livello globale l'effetto più conosciuto è l'aumento nella temperatura provocato dalle emissioni antropiche e dal conseguente accumulo di gas cosiddetti "serra", in particolare l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4) e il protossido di azoto (N_2O). Questi tre gas, che sono naturalmente presenti in atmosfera in concentrazioni molto basse, negli ultimi decenni hanno registrato un sensibile aumento (per un maggior dettaglio sull'effetto serra in Trentino, si rinvia al capitolo "Clima" del presente Rapporto).

Oltre alle alterazioni provocate dall'inquinamento atmosferico a scala globale, se ne devono considerare anche altre su scala più piccola, ma non per questo meno importanti. Passando da una visione globale e transfrontaliera ad una "locale" si arriva quindi al tema della "qualità dell'aria". 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. Durante gli ultimi decenni il quadro emissivo è profondamente mutato. In particolare, si è passati dalle emissioni dovute all'utilizzo di derivati del petrolio e di carbone ad alto contenuto di zolfo (caratterizzate quindi da elevate concentrazioni di biossido di

zolfo e di particolato, oltre che di ossidi di azoto e monossido di carbonio), alle emissioni causate dalla combustione del gas naturale e dal traffico veicolare (caratterizzate da piccole quantità di biossido di zolfo, emissioni di particolato quantitativamente e qualitativamente differenti, e significative emissioni di ossidi di azoto).

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.



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 nuova Direttiva 2008/50/CE ed 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 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 di Trento al 31 dicembre 2015

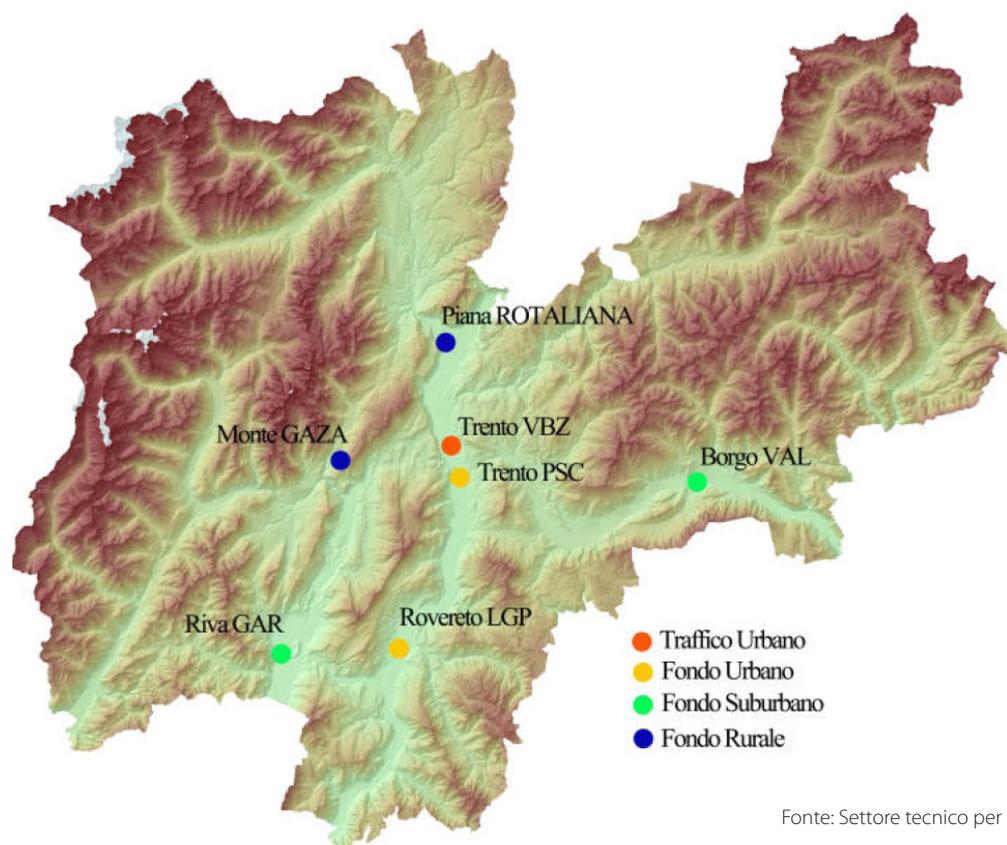
Località	Tipo zona ¹	Tipo stazione ²	Inquinanti analizzati
Borgo Valsugana	S	F	Ossidi di azoto (NO _x), Ozono (O ₃), Particolato sottile PM10 e PM2.5, Meteo
Riva del Garda	S	F	Ossidi di azoto (NO _x), Ozono (O ₃), Particolato sottile PM10, Meteo
Rovereto	U	F	Ossidi di azoto (NO _x), Ozono (O ₃), Particolato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

Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

¹ R=rurale; S=suburbana; U=urbana

² F=stazione di fondo; T=stazione di traffico

Figura 13.1: le stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Trento al 31 dicembre 2015



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

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 Materiale 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 particolato) 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, ammoniaci, 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.

13.2.2 Ossidi di azoto (NO_x)

Gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂ ed altri, indicati in generale come NO_x) sono generati dai processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato, per reazione diretta ad alta temperatura (generalmente maggiore di 1200°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 (NO), gas incolore, inodore ed insapore. In ambiente urbano, il traffico è una delle principali sorgenti di inquinamento da 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 NO aumenta quando il motore lavora ad elevato numero di giri, come

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 µg/m³ riferito alla concentrazione media annua, ed un valore limite giornaliero di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte all'anno. Per le PM2.5 attualmente è fissato un valore limite annuale pari a 25 µg/m³, ed un valore obiettivo pari a 20 µg/m³ medi annui da raggiungere entro il 1° gennaio 2020.



generalmente accade lungo le autostrade e le arterie urbane a scorrimento veloce. In presenza di ossigeno (O_2) e di radicali ossidanti, il monossido di azoto si trasforma in biossido di azoto (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 (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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito alla concentrazione media annua, ed un valore limite giornaliero di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte all'anno. È stabilita inoltre una soglia di allarme pari a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurata per 3 ore consecutive.

13.2.3 Biossidi di zolfo (SO_2)

Il biossido di zolfo o anidride solforosa (SO_2) 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_2 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.

In atmosfera il biossido di zolfo (SO_2) può essere trasformato in triossido di zolfo (SO_3) mediante processi di ossidazione indotti dall'irraggiamento solare. La presenza di SO_3 è fortemente condizionata dalla concentrazione di vapore acqueo, in combinazione con il quale SO_3 forma facilmente acido solforico (H_2SO_4), causa primaria delle piogge acide.

Le soglie per la concentrazione in aria ambiente di biossido di zolfo stabilite dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155 prevedono: un valore limite orario pari a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 34 volte per anno civile, un valore limite di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurata per tre ore consecutive.



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/m³ il valore limite di CO per la media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

13.2.5 Benzene (C₆H₆)

Il benzene (C₆H₆) 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 natura antropica (veicoli a motore), sia di natura 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 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

13.2.6 Ozono (O_3)

L'ozono (O_3) 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_3 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 $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$. 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.

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" ($0,013 \text{ g/l}$ 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).

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 su 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

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 (SO_2 , NO_x , COVNM, CH_4 , CO, CO_2 , N_2O , NH_3 , PM2.5, PM10 e PTS) e degli inquinanti aggregati ($\text{CO}_{2\text{eq}}$, 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 2013: esso si colloca a valle di tre precedenti aggiornamenti eseguiti per gli anni 2005, 2007 e 2010, sempre con la metodologia INEMAR. Allo stato attuale delle conoscenze il confronto tra i vari anni risulta piuttosto complesso a causa di modifiche migliorative alle metodologie di calcolo, tra un aggiornamento e l'altro, che incidono significativamente sui valori di emissione. In questo capitolo, dunque, si riportano i valori numerici relativi all'anno 2013, tratti dal suddetto inventario provinciale, mentre per la valutazione del trend degli ultimi anni ci si avvale della più ampia serie 1990-2010 dell'inventario nazionale ISPRA disaggregato a scala provinciale con frequenza quinquennale (consultabile sul sito ISPRA della Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale: www.sinanet.isprambiente.it).

Di seguito si focalizza l'attenzione sulle emissioni degli inquinanti più rilevanti ai fini della qualità dell'aria in provincia di Trento.



13.3.1 Emissioni di biossido di zolfo (SO₂)

Nel 2013 le emissioni di biossido di zolfo sono risultate pari a 805 t e sono attribuite per il 52,5% agli impianti di combustione industriale, per circa il 32% 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 poco più dell'1%.

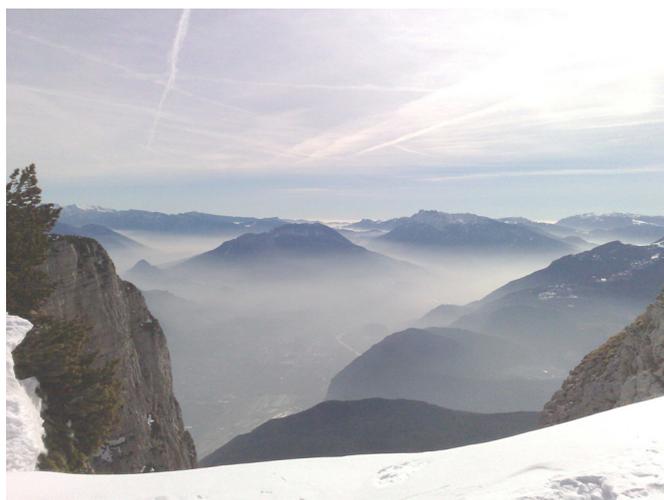
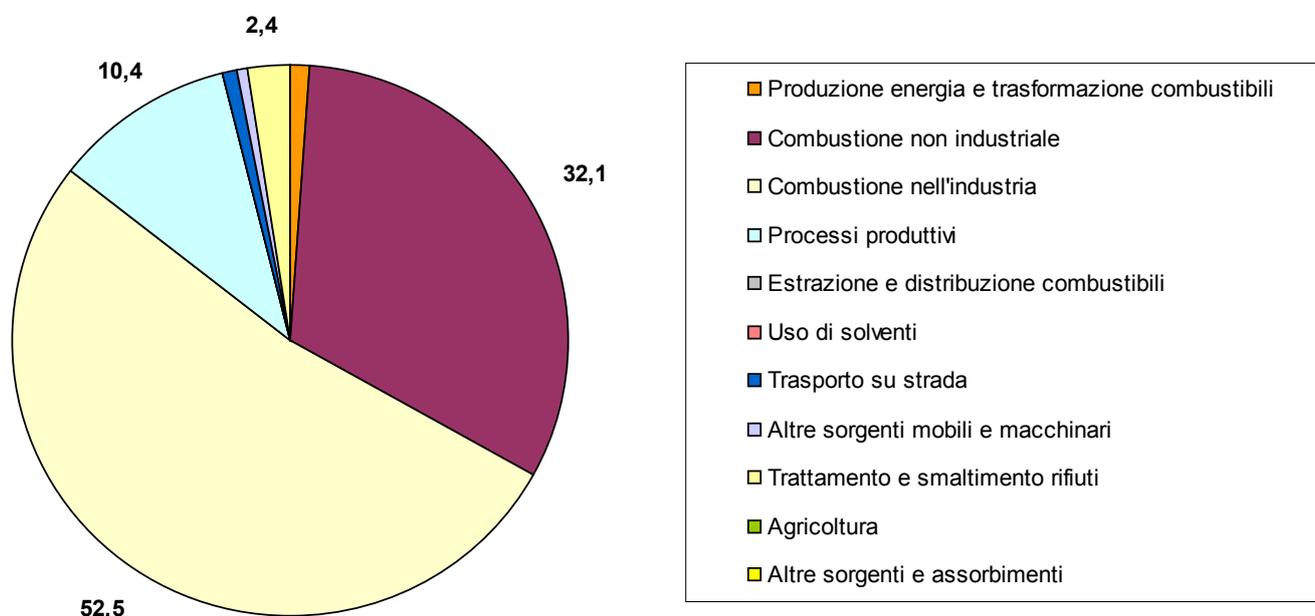


Grafico 13.1: Emissioni di biossido di zolfo (SO₂) suddivise per macrosettore



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento – anno 2013

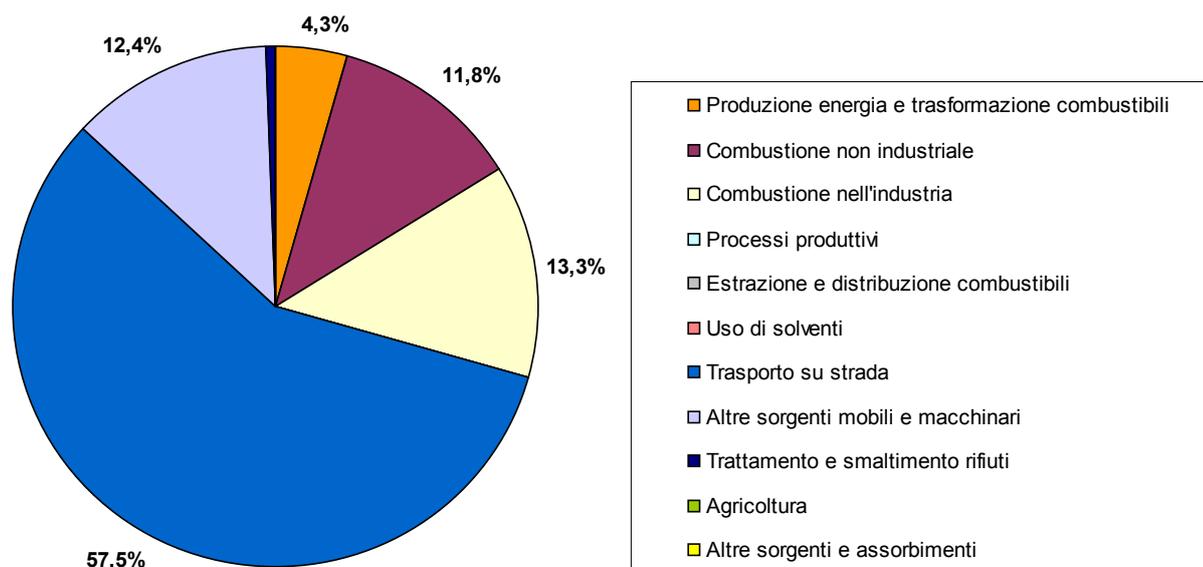
Negli anni le emissioni di biossido di zolfo sono calate in modo significativo, arrivando a non rappresentare più una problematica per la qualità dell'aria e quindi per la tutela della salute umana. Tale forte riduzione è imputabile soprattutto grazie alla diffusione del metano e alla riduzione del tenore 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
1. Emissioni di biossido di zolfo (SO ₂)	Aria	P	D	😊	↗	P	1990-2013

13.3.2 Emissioni di ossidi di azoto (NO_x)

Su un totale di 9411 t/anno, le emissioni di ossidi di azoto conteggiate dall'inventario del 2013 sono dovute principalmente all'utilizzo di combustibili per la movimentazione dei mezzi di trasporto: circa il 58% è associato infatti ai trasporti su strada ed il 12% ad altre sorgenti mobili e macchinari (riconducibili principalmente ai mezzi utilizzati in agricoltura). Altri contributi rilevanti derivano dai processi di combustione industriale (13%) e non industriale (12%).

Grafico 13.2: Emissioni di ossidi di azoto (NO_x) suddivise per macrosettore



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento – anno 2013

Sulla base dei dati di emissione dell'inventario nazionale ISPRA disaggregato a scala provinciale, tra il 1990 e il 2010 si è registrata una diminuzione delle emissioni di ossidi di azoto pari al 37% circa, riconducibile in gran parte al miglioramento nel settore dei trasporti, con il rinnovo del parco circolante e l'introduzione di mezzi via via meno inquinanti, anche se con effetti minori rispetto alle attese. Negli anni più recenti, la tendenza alla riduzione delle emissioni è stata rafforzata dalla concomitanza con la crisi economica.

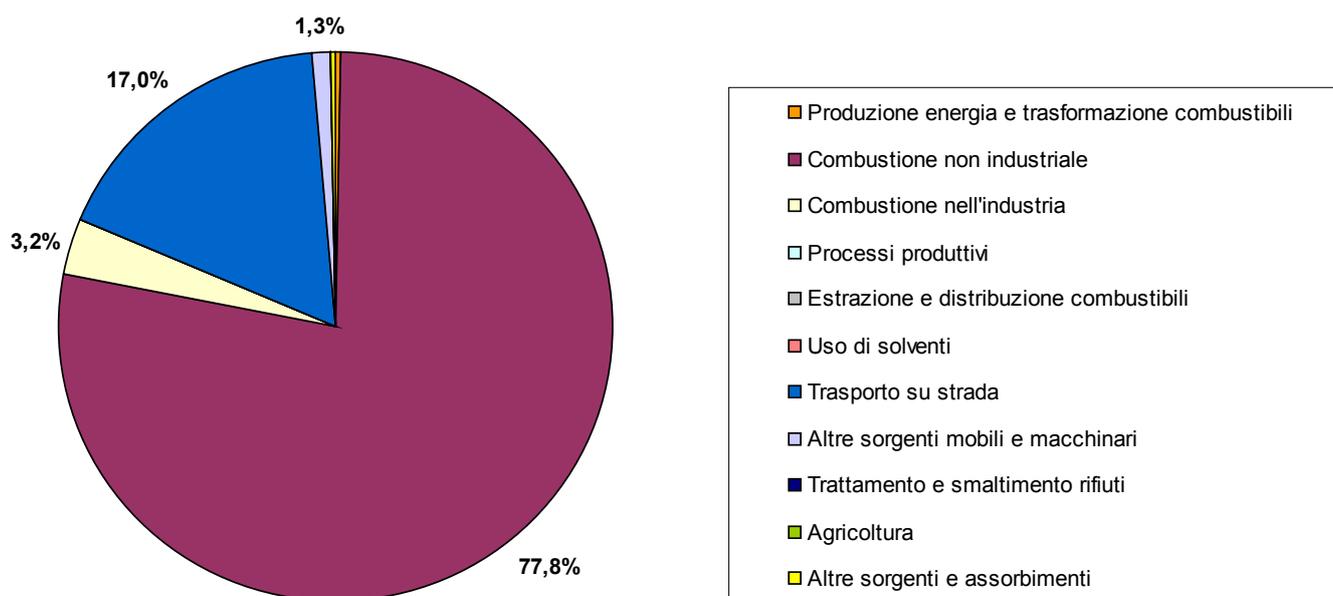


INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
2. Emissioni di ossidi di azoto (NO _x)	Aria	P	D	😊	↗	P	1990-2013

13.3.3 Emissioni di monossido di carbonio (CO)

Le emissioni di monossido di carbonio nel 2013 ammontano a 33.109 t, di cui il 78% circa è ascrivibile all'utilizzo di impianti di combustione nel settore non industriale (commerciale, istituzionale e residenziale) ed il 17% ai trasporti su strada. Il settore industriale, invece, incide in maniera poco significativa con un contributo inferiore al 3,5%.

Grafico 13.3: Emissioni di monossido di carbonio (CO) suddivise per macrosettore



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento – anno 2013

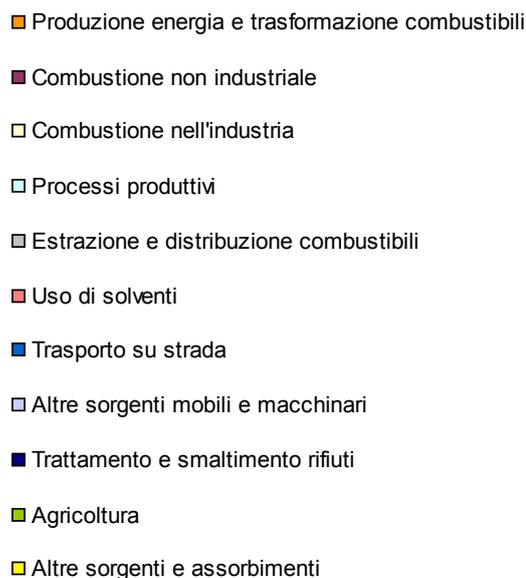
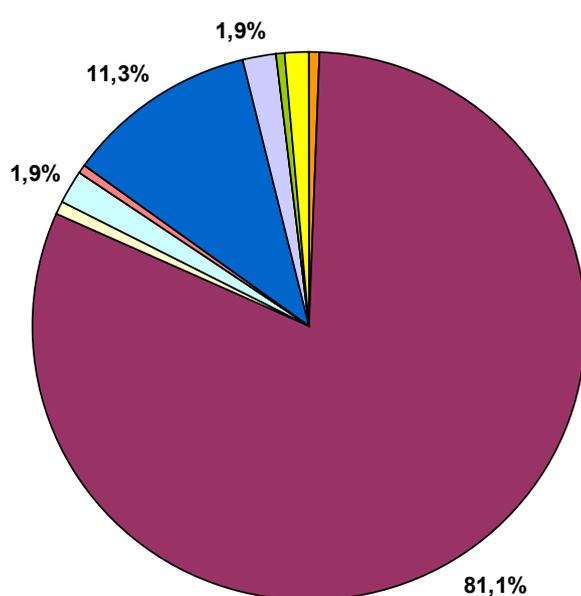
Anche per questo inquinante il trend delle emissioni negli ultimi anni è in deciso calo soprattutto in riferimento al settore dei trasporti grazie all'introduzione di sistemi di riduzione delle emissioni con interventi sia sui motori che sui sistemi di trattamento dei gas di scarico. In particolare, sulla base dei dati di emissione dell'inventario nazionale ISPRA disaggregato a scala provinciale, tra il 1990 e il 2010 si è registrata una diminuzione delle emissioni pari al 64% circa. 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
3. Emissioni di monossido di carbonio (CO)	Aria	P	D	😊	↗	P	1990-2013

13.3.4 Emissioni di polveri sottili (PM10)

Nel 2013 le emissioni complessive di PM10 sono stimate pari a 3.119 t, con un contributo preponderante dato dal settore della combustione non industriale (81%), in particolare dall'utilizzo della biomassa legnosa negli impianti domestici. Tra gli altri settori emerge quello dei trasporti su strada con un'incidenza del 11% circa.

Grafico 13.4: Emissioni di polveri sottili (PM10) suddivise per macrosettore



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento – anno 2013

Sulla base dei dati di emissione dell'inventario nazionale ISPRA disaggregato a scala provinciale, tra il 1990 e il 2010 si è registrato complessivamente un calo delle emissioni di PM10 pari al 21% circa, dovuto principalmente ai miglioramenti tecnologici introdotti nel settore del trasporto su strada. Negli anni più recenti si nota una leggera tendenza all'incremento, soprattutto imputabile alla diffusione dell'uso di biomassa legnosa negli impianti residenziali.

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
4. Emissioni di polveri sottili (PM10)	Aria	P	D	☹️	↗️	P	1990-2013

13.3.5 Emissioni di polveri sottili (PM2.5)

Il contributo percentuale delle diverse sorgenti di emissione di PM2.5 risulta molto simile a quello evidenziato per il PM10, con un peso leggermente più elevato del settore della combustione residenziale (85% circa) ed uno leggermente inferiore del settore dei trasporti (9% circa). Complessivamente le emissioni di PM2.5 sono stimate in circa 2.933t. 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.

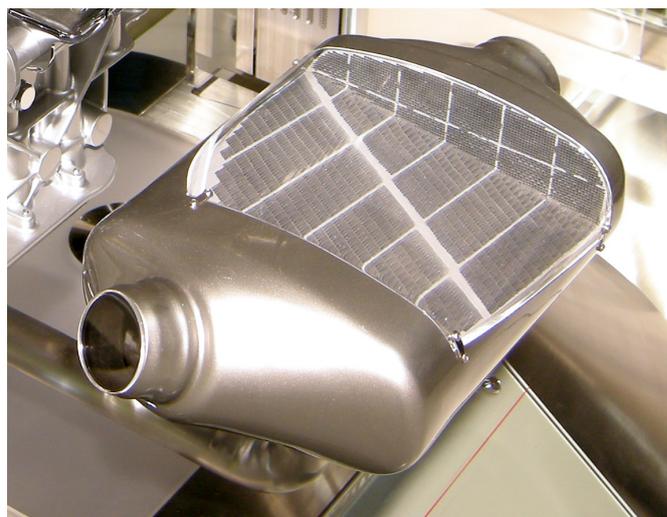
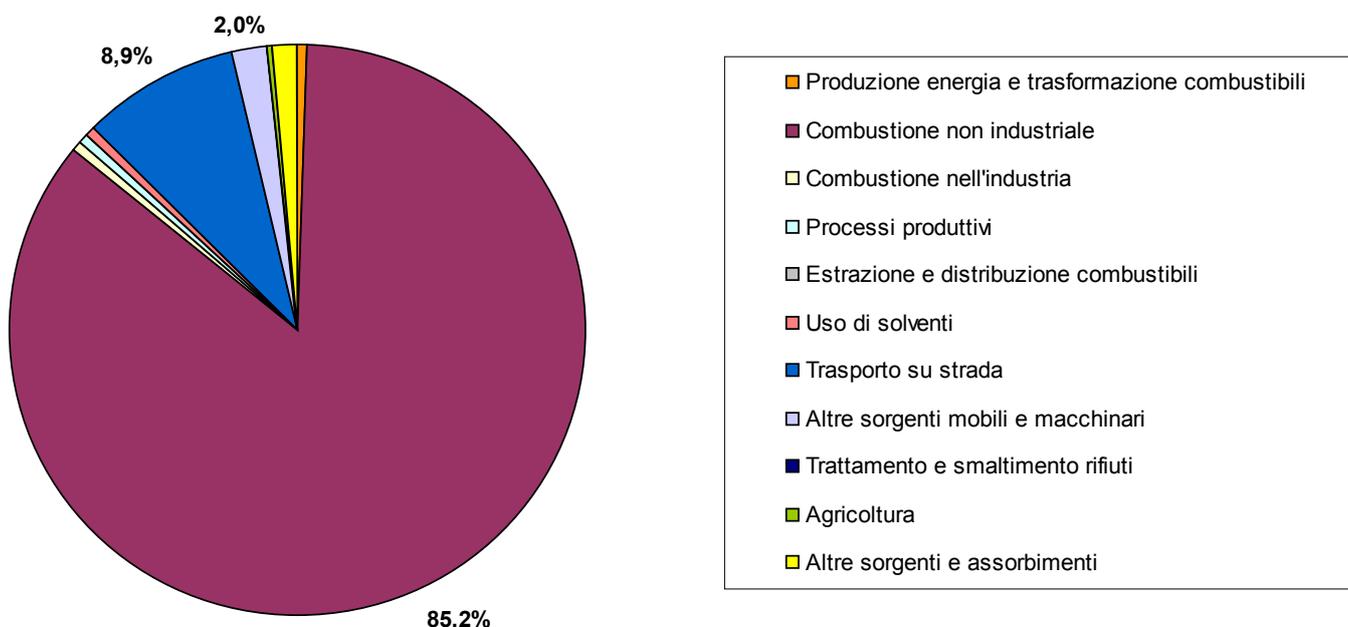


Grafico 13.5: di polveri sottili (PM2.5) suddivise per macrosettore



Fonte: Inventario delle emissioni della Provincia di Trento – anno 2013

Come per le emissioni di PM10, anche l'andamento storico delle emissioni di PM2.5 risulta in diminuzione, con un calo del 23% tra il 1990 e il 2010 secondo i dati dell'inventario nazionale ISPRA disaggregato a scala provinciale. Negli ultimi anni si riscontra però un leggero aumento, associato alla diffusione della combustione di biomassa legnosa a livello domestico.

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
5. Emissioni di polveri sottili (PM2.5)	Aria	P	D	☹️	↗️	P	1990-2013

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 (NO₂) e all'ozono (O₃). Per tutti

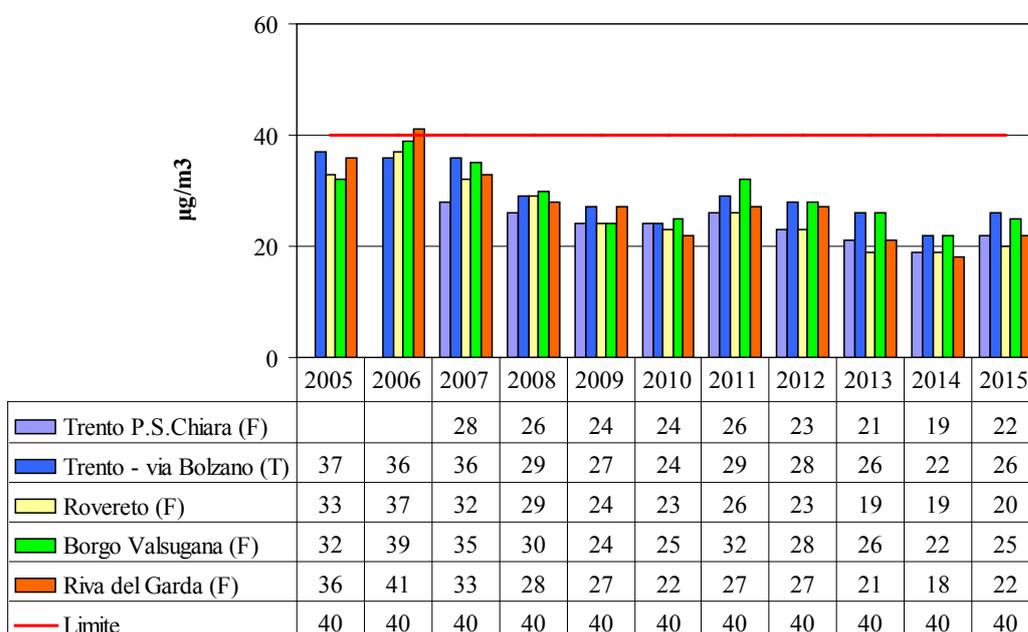


gli altri inquinanti monitorati (SO₂, CO, Benzene, Piombo e altri metalli), le concentrazioni si confermano invece inferiori ai limiti ed evidenziano quindi il raggiungimento degli obiettivi di qualità senza la necessità di dover intraprendere ulteriori specifiche misure di contenimento.

13.4.1 Concentrazioni di polveri fini (PM10 e PM2.5)

Nel Grafico in figura 13.6 viene mostrato come nel periodo 2005-2015 il limite sulla media annua di PM10 (40 µg/m³) è rispettato in tutte le stazioni di misura, con l'unica eccezione della stazione di Riva del Garda nell'anno 2006. In particolare, tra il 2006 e il 2010 è possibile notare una progressiva riduzione della concentrazione media annua, fino al raggiungimento di un valore medio pari a circa 24 µg/m³ (valutato sul periodo 2010-2015 e considerando tutte le stazioni di misura), ampiamente inferiore rispetto al valore limite imposto dalla normativa.

Grafico 13.6: concentrazione media annuale di PM10 in µg/m³ nel periodo 2005-2015 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 40 µg/m³)

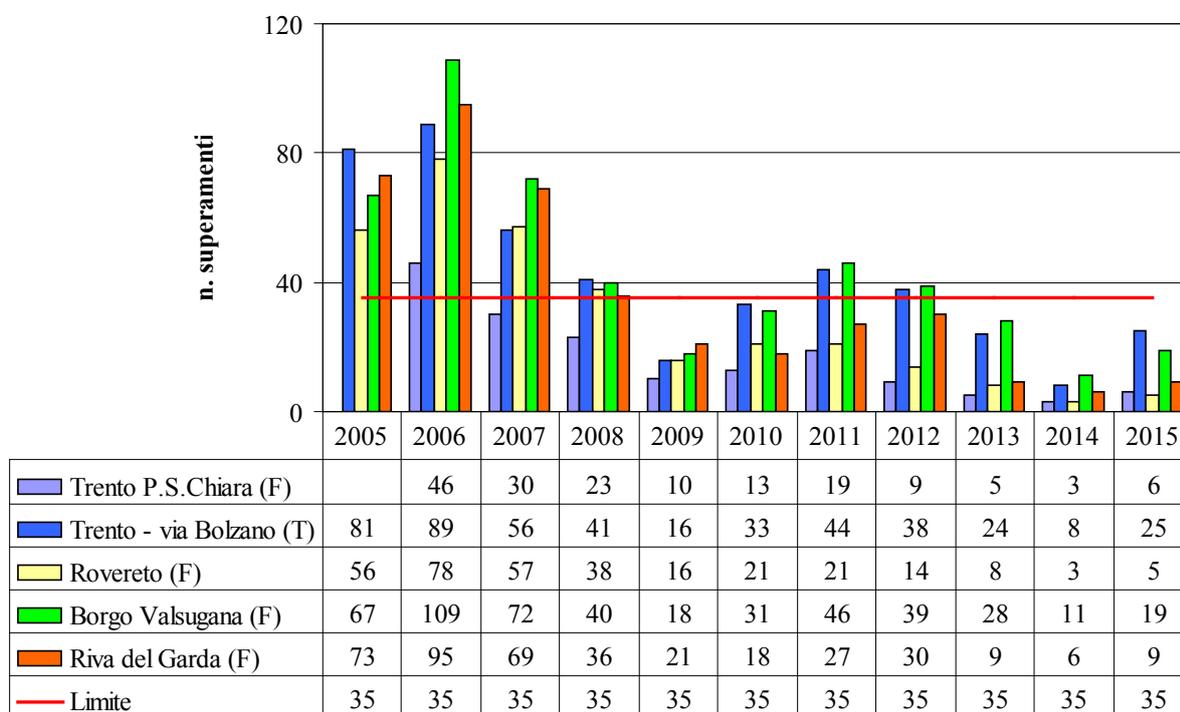


Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Per quanto riguarda la soglia sul valore limite giornaliero, a partire dal 2013 e dopo un periodo caratterizzato da spiccata variabilità, il limite dei 35 superamenti della media giornaliera pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è rispettato in tutti i siti di misura (Grafico 13.7). Si nota che, ad esclusione dei siti di Trento – via Bolzano e Borgo Valsugana, per le restanti stazioni tale condizione è verificata già a partire dal 2009. La presenza di un andamento pluriennale relativamente irregolare (visibile soprattutto nel Grafico 13.7 ma, in misura minore, anche nel Grafico 13.6) è principalmente

imputabile alla forte correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le condizioni meteorologiche invernali più o meno favorevoli alla loro dispersione. 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 13.7: superamenti delle soglie di legge per PM10 nel periodo 2005-2015 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: 35 superamenti annuali della media giornaliera pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



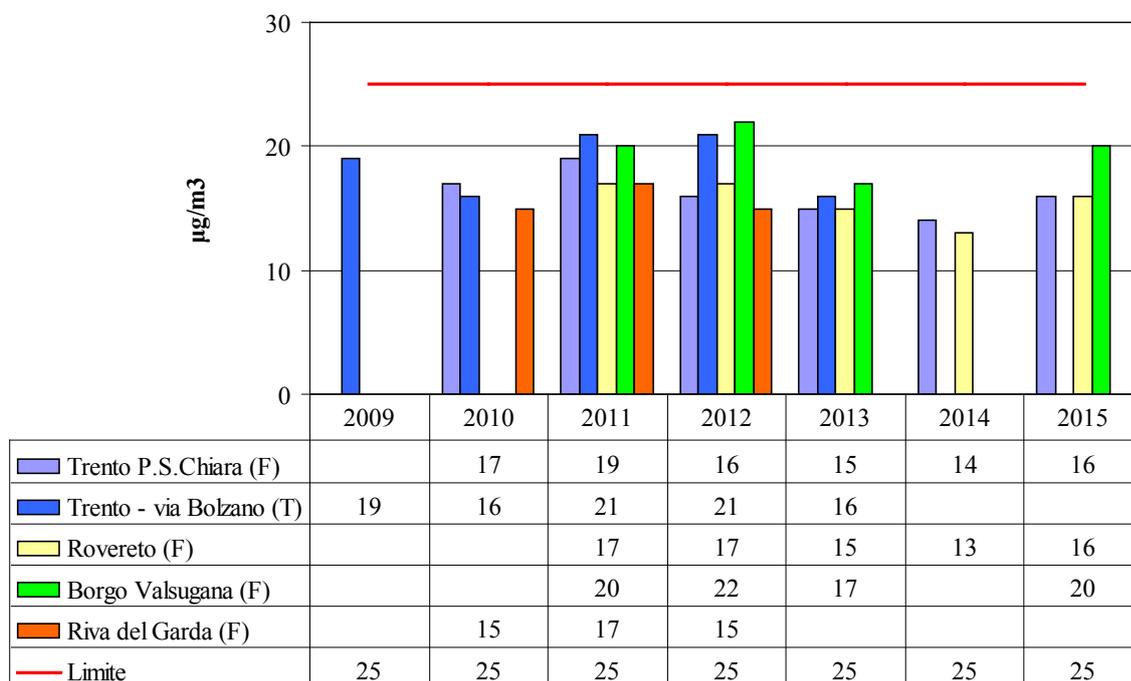
Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
6. Concentrazioni di polveri fini (PM10)	Aria	S	D	😊	↗	P	2005-2015

L'andamento delle concentrazioni medie annue di PM2.5, è mostrato nel Grafico 13.8, a partire dal 2009, anno a decorrere dal quale è attivo il monitoraggio di questo inquinante. 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 e per tutte le stazioni di misura, la

concentrazione media annua è sempre risultata inferiore al valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. È inoltre possibile notare come, ad eccezione di occasionali e modesti superamenti (limitatamente alle stazioni di Trento – via Bolzano e Borgo Valsugana), le concentrazioni mediamente si attestino su valori inferiori anche al valore obiettivo pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il cui raggiungimento è previsto per il 2020.

Grafico 13.8: concentrazione media annuale di PM2.5 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo 2009-2015 (valore limite per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media annuale 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

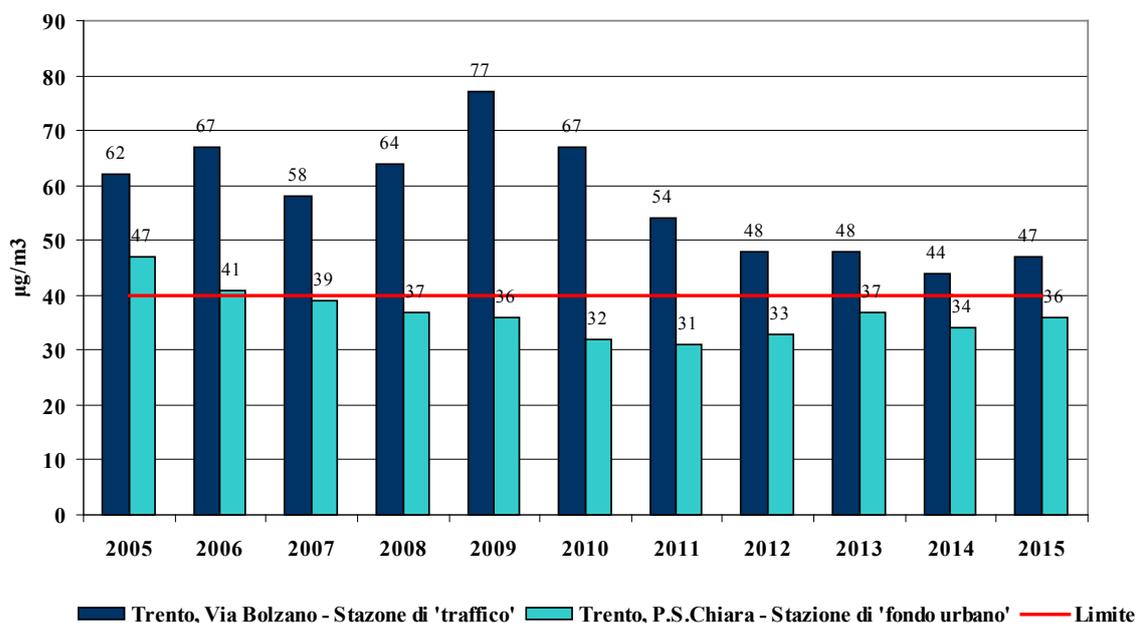
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
7. Concentrazioni di polveri fini (PM2.5)	Aria	S	D	😊	↕	P	2009-2015

13.4.2 Concentrazioni di biossido di azoto (NO2)

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 (nel Grafico 13.9 è riportata la situazione della stazione di Trento Parco S.Chiera, ma la situazione è analoga, e mediamente migliore, in tutte le altre stazioni di misura di "fondo urbano").

Grafico 13.9: concentrazione media annuale di NO₂ in µg/m³ nel periodo 1995-2015 (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

Diversa la considerazione per i siti di "traffico" (Grafico 13.9 è rappresentato il caso di Trento – via Bolzano), dove tale limite non viene rispettato. Per la stazione di Trento – via Bolzano 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, nel 2015 il valore limite non è

stato rispettato suggerendo che in questo sito alcuni aspetti sono ancora da migliorare.

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/m³, e non vi sono altresì stati casi di superamento della soglia di allarme di 400 µg/m³.

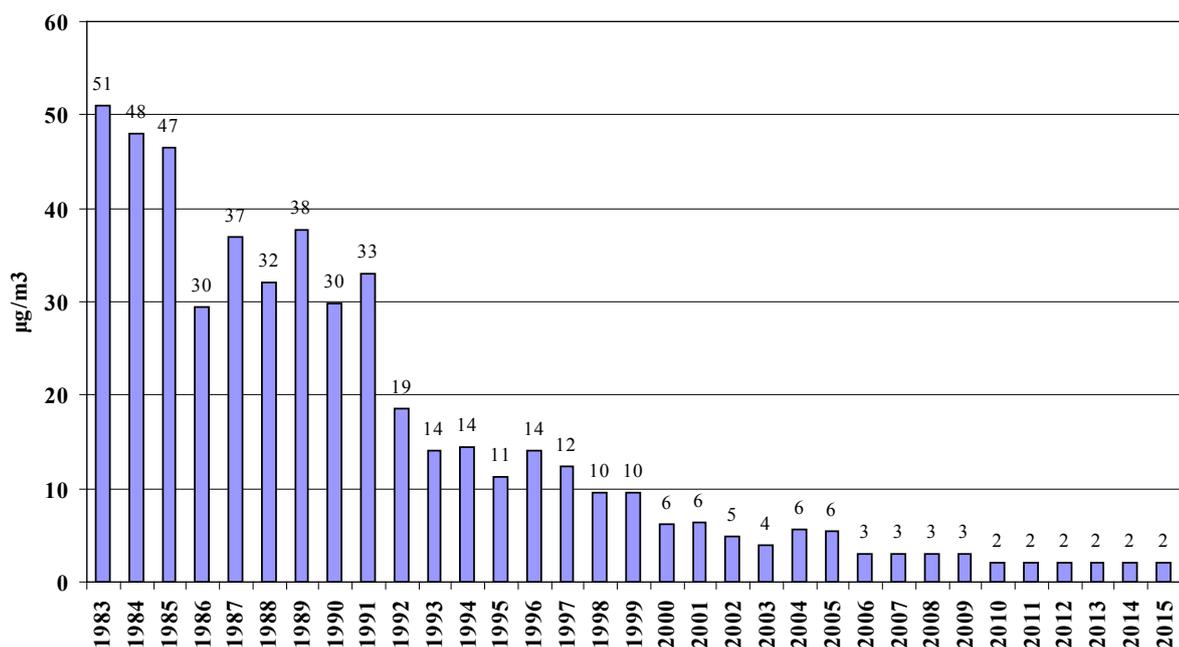
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
8. Concentrazioni di biossido di azoto (NO ₂)	Aria	S	D	☹️	↕️	P	2005-2015

13.4.3 Concentrazioni di biossido di zolfo (SO₂)

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 13.10), a partire dal 2006 si nota la stabilizzazione della concentrazione media annua di SO₂ attorno a valori inferiori a 3 µg/m³. Negli ultimi anni, non si sono riscontrati superamenti del valore limite orario (350 µg/m³), del valore limite giornaliero (125 µg/m³), né della soglia di allarme (500 µg/m³ per 3 ore consecutive) previsti

dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155, facendo del biossido di zolfo un inquinante primario non critico.



Grafico 13.10: media annuale di SO₂ in µg/m³ nel periodo 1983-2015

Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
9. Concentrazioni di biossido di zolfo (SO ₂)	Aria	S	D	😊	↗	P	1983-2015

13.4.4 Concentrazioni di monossido di carbonio (CO)

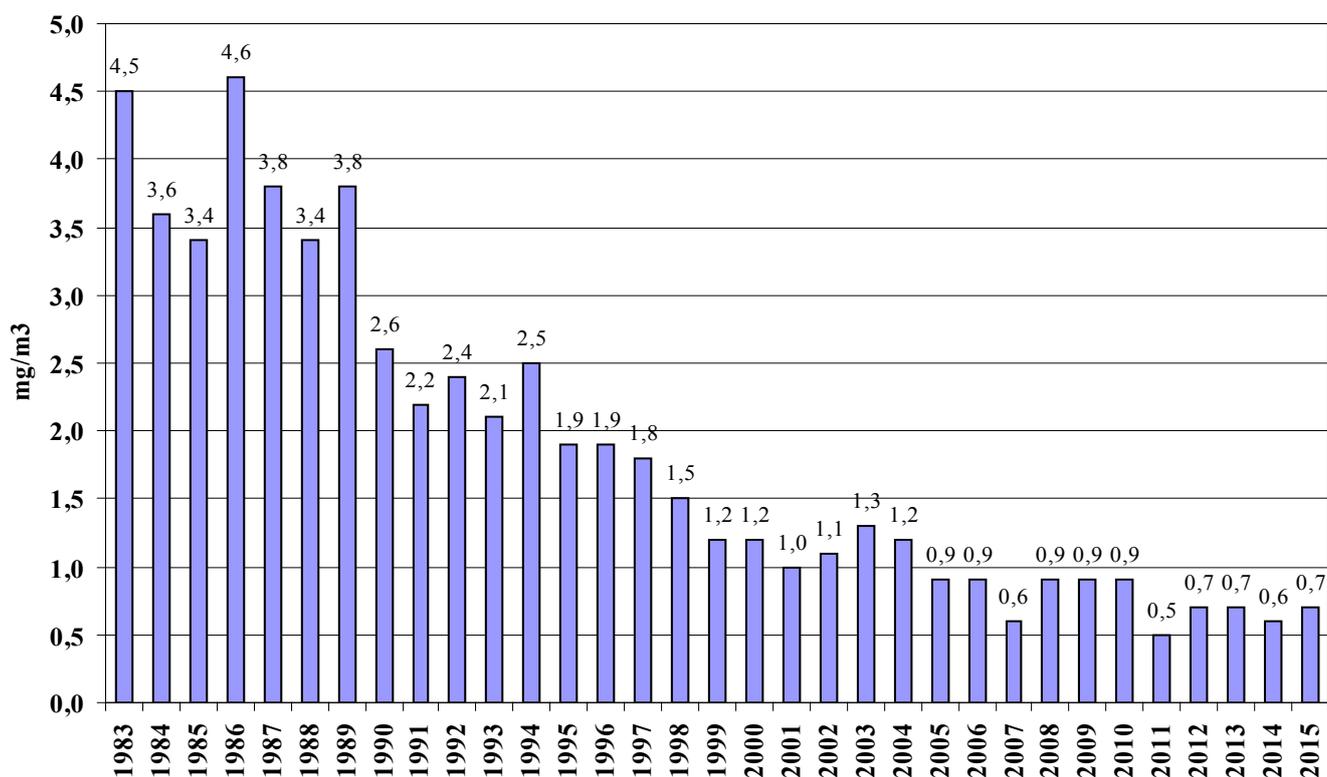
In considerazione delle significative riduzioni dei valori di CO misurati nel corso degli ultimi anni, è stato progressivamente ridotto il numero di punti di monitoraggio di questo inquinante. Attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di "traffico" presente nella rete di monitoraggio provinciale: 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 ed obbligatoria dei sistemi catalitici su tutti i veicoli a motore ha consentito una progressiva e risolutiva decrescita delle concentrazioni di CO in ambiente, come è ben evidenziata dal Grafico 13.11. In particolare, a partire dal 2005 la concentrazione media annua di CO si è stabilizzata su valori inferiori a 1 mg/m³, e negli ultimi anni è sempre stato rispettato il valore limite imposto dalla normativa. Così come per il biossido

di zolfo, anche il monossido di carbonio rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.



Grafico 13.11: concentrazione media annuale di CO in mg/m³ nel periodo 1996-2015



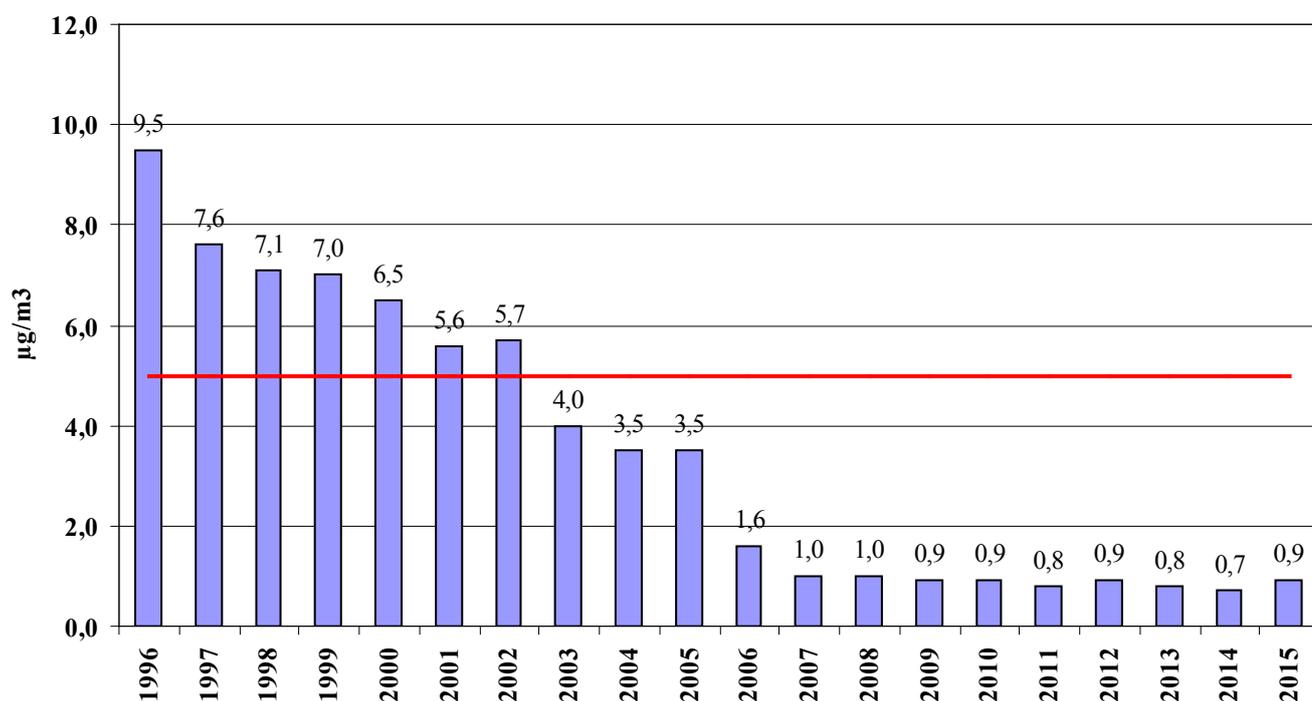
Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
10. Concentrazioni di monossido di carbonio (CO)	Aria	S	D	😊	↗	P	1983-2015

13.4.5 Concentrazioni di benzene (C₆H₆)

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 contestualmente incremento della circolazione di automobili diesel (che

non emettono questo inquinante) hanno portato ad una rapida e vistosa riduzione delle concentrazioni di C₆H₆. Tale progressiva riduzione é apprezzabile in Grafico 13.12, a partire dal 2003, le concentrazioni medie annue di benzene risultano inferiori al valore limite di 5 µg/m³ stabilito dal Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155, e dal 2007 tali concentrazioni hanno raggiunto valori stabilmente inferiori a 1 µg/m³.

Grafico 13.12: concentrazione media annuale di C₆H₆ in µg/m³ nel periodo 1996-2015

Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
11. Concentrazioni di benzene (C ₆ H ₆)	Aria	S	D	😊	↗	P	1996-2015

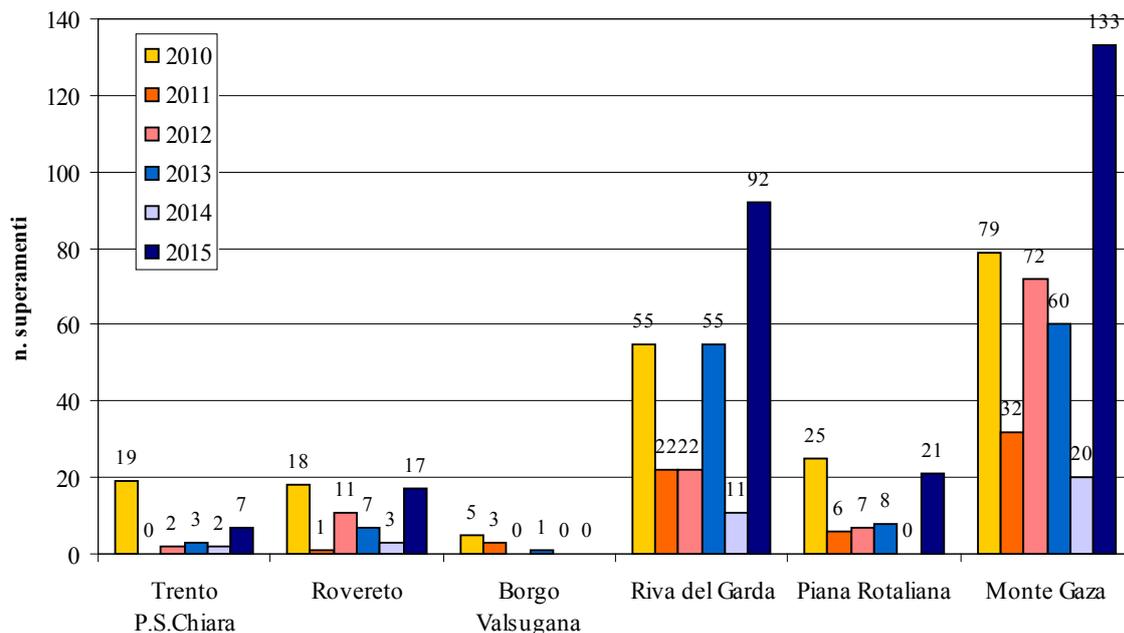
13.4.6 Concentrazioni di ozono (O₃)

In Grafico 13.13 è presentato l'andamento del numero di superamenti annui della soglia di informazione (media oraria pari a 180 µg/m³). Dal Grafico è possibile apprezzare come le situazioni di maggior criticità si abbiano in corrispondenza delle stazioni di Monte Gaza, Riva del Garda e, in misura minore, Piana Rotaliana. Queste stazioni sono caratterizzate da un elevato irraggiamento solare durante il periodo estivo, che favorisce le reazioni fotochimiche responsabili della formazione di O₃. L'estate del 2015 è stata particolarmente critica soprattutto nel mese di luglio, caratterizzato da un'ondata di caldo

eccezionalmente intensa.

Se si considerano gli ultimi 15 anni, in termini di numero di superamenti della soglia di informazione il 2015 risulta secondo solo al 2003, anno in cui l'intera Europa è stata colpita da una massiccia ondata di caldo tra i mesi di giugno e agosto. Per quanto riguarda la soglia di allarme (media oraria maggiore di 240 µg/m³), nel periodo 2010-2015 non sono stati registrati superamenti (al contrario, in occasione dell'ondata di caldo eccezionale del 2003 la soglia di allarme fu superata a Riva del Garda, Monte Gaza e Borgo Valsugana).

Grafico 13.13: numero di superamenti della soglia di informazione per l'O₃ nel periodo 2010-15 (soglia di informazione per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: media oraria 180 µg/m³)

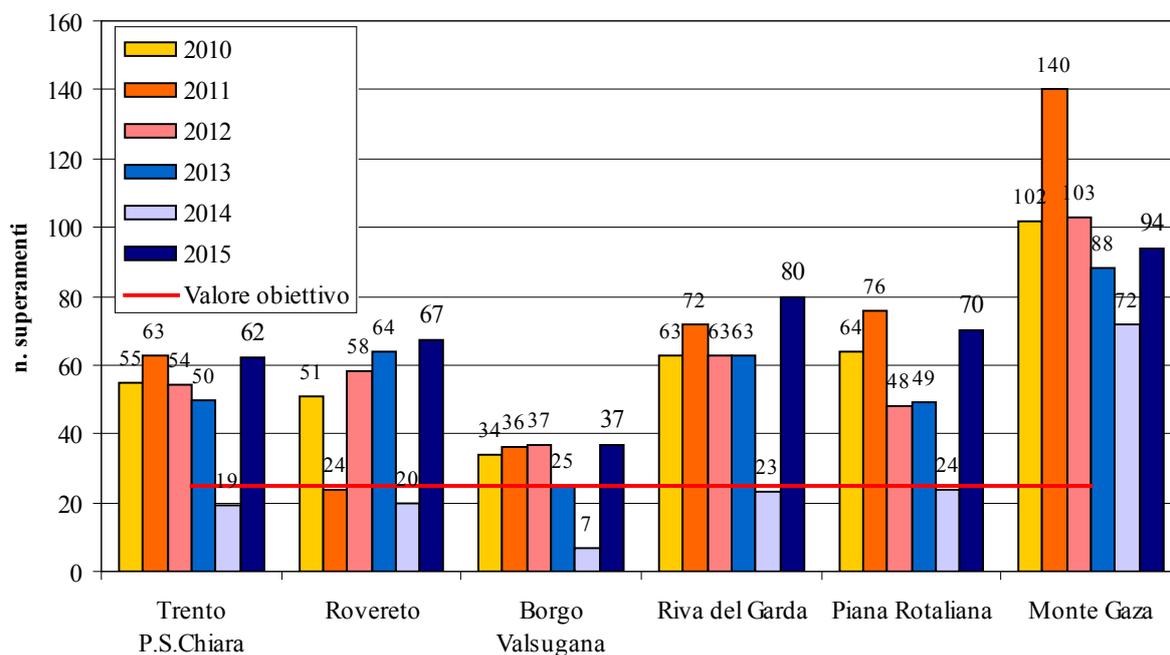


Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

Meno positiva la situazione relativa al valore obiettivo per la protezione della salute umana (che tuttavia non è valore limite), laddove 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 per anno civile (Grafico 13.14).

Si segnala infine, che a causa di un guasto alla stazione di Monte Gaza, non sono disponibili le misure di O₃ durante gran parte del mese di agosto 2015, pertanto, limitatamente a questa stazione, i risultati presentati nei Grafici 13.13 e 13.14 sono certamente da considerarsi sottostimati.

Grafico 13.14: numero superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per l'O₃ nel periodo 2010-15 (soglia di informazione per la protezione della salute umana D.Lgs. 155/2010: 25 superamenti per anno civile della media massima giornaliera calcolata su 8 ore pari a 120 µg/m³)



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. A questo scopo anche l'atto di recepimento della nuova direttiva prevede, per questo inquinante, non più "zone" regionali ma macrozone nazionali (ad esempio, l'intero nord Italia).

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
12. Concentrazioni di ozono (O ₃)	Aria	S	D	☹️	↔️	P	2010-2015

13.4.7 Metalli

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. In particolare, mediamente le concentrazioni di piombo risultano pari a circa l'1% del valore limite (0,007 µg/m³), quelle di arsenico e cadmio pari al 25% del valore obiettivo (1,5 ng/m³ in entrambi i casi) e quelle di nichel pari all'8% del valore obiettivo (1,6 ng/m³).

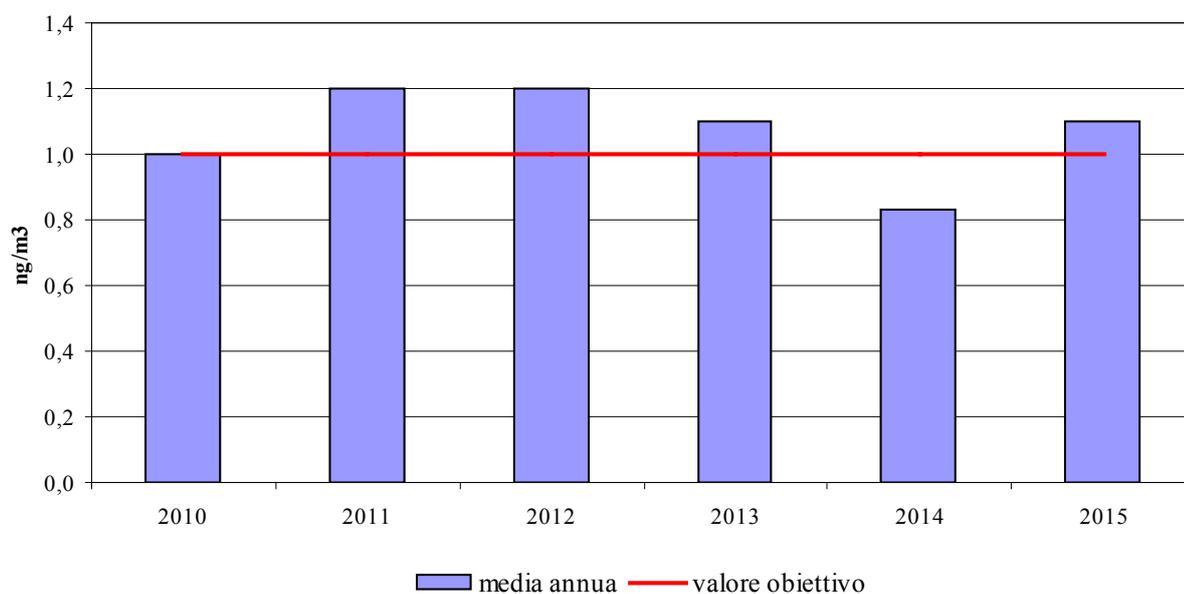
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
13. Metalli in tracce	Aria	S	D	😊	↔️	P	2010-2015

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. I risultati dell'analisi mostrano (Grafico 13.15) che la concentrazione media annuale ha rispettato il valore obiettivo solo nel 2010 e nel 2014. Mediamente, nel periodo considerato la concentrazione di B(a)P è risultata essere il 7% superiore rispetto al valore obiettivo di riferimento, suggerendo che tale inquinante sia da includere tra quelli per i quali resta concreto il rischio di superamento dei valori di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente.



Grafico 13.15: concentrazione media annuale di benzo(a)pirene in ng/m³ nel periodo 2010-2015 (valore obiettivo D.Lgs. 155/2010: media annuale 1 ng/m³)



Fonte: Settore tecnico per la tutela dell'ambiente APPA

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE
14. Benzo(a)pirene	Aria	S	D	☹	↔	P	2010-2015