



ARIA



AGENZIA PROVINCIALE PER
LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE



PROVINCIA
AUTONOMA
DI TRENTO



a cura di:

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - U.O. informazione, formazione, educazione ambientale e Agenda 2030 (Marco Niro) e U.O. tutela dell'aria e agenti fisici (Luca Forte, Elisa Mallochi, Valentina Miotto e Gabriele Tonidandel)

con la collaborazione di:

Azienda provinciale per i servizi sanitari - Osservatorio epidemiologico (Laura Battisti e Pirous Fateh-Moghadam), per il paragrafo "Qualità dell'aria e salute"

impaginazione e grafica:

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - U.O. informazione, formazione, educazione ambientale e Agenda 2030 (Claudia Zambanini)

Aria	5
1 Il contesto normativo	6
1.1 La normativa italiana ed europea	6
1.2 Le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità.....	7
2 La rete di monitoraggio della qualità dell'aria	8
2.1 La zonizzazione del Trentino ai fini della valutazione della qualità dell'aria	8
2.2 Il Programma di valutazione della qualità dell'aria e la consistenza della rete di monitoraggio provinciale	9
3 I principali inquinanti	12
3.1 Polveri fini e ultrafini (PM10 e PM2,5).....	12
3.2 Biossido di azoto (NO ₂)	14
3.3 Biossido di zolfo (SO ₂)	15
3.4 Monossido di carbonio (CO)	16
3.5 Benzene (C ₆ H ₆)	17
3.6 Ozono (O ₃).....	18
3.7 Metalli (Pb, As, Cd, Ni)	20
3.8 Benzo(a)pirene (B(a)P)	21
4 Le emissioni in atmosfera	22
4.1 Macroinquinanti	23
4.2 Microinquinanti.....	26
4.3 Gas climalteranti	28
5 La qualità dell'aria	31
5.1 Concentrazioni di polveri fini e ultrafini (PM10 e PM2,5)	31
5.2 Concentrazioni di biossido di azoto (NO ₂).....	35
5.3 Concentrazioni di biossido di zolfo (SO ₂)	37
5.4 Concentrazioni di monossido di carbonio (CO)	38
5.5 Concentrazioni di benzene (C ₆ H ₆)	39
5.6 Concentrazioni di ozono (O ₃)	40
5.7 Concentrazioni di metalli (Pb, As, Cd e Ni).....	43
5.8 Concentrazioni di benzo(a)pirene	46
6 Pianificazione: obiettivi previsti, conseguiti e da conseguire.....	59
7 Qualità dell'aria e salute	73

Indicatori

All'interno del capitolo, ogni indicatore è preceduto da un'adeguata presentazione, e le determinazioni territoriali assunte da ciascuno sono presentate sotto forma di grafici, tabelle e cartografie. Dopo la relativa presentazione ed illustrazione tramite grafici, tabelle o cartografie, gli indicatori vengono presentati in apposite "stringhe" riassuntive. Ecco un esempio:

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
Concentrazioni di polveri fini (PM10)	Aria	S	D	😊	↔	P	2005-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

Di seguito si riporta la relativa legenda:

Tipologia	Disponibilità	Situazione	Trend	Disponibilità spaziale	Disponibilità temporale	Goal Agenda 2030
P: pressione	D: disponibile e di qualità	😊 condizioni positive	↗: progressivo miglioramento nel tempo	M = mondiale		
S: stato	DQ: disponibili, da verificare la qualità	😐 condizioni intermedie o incerte	↘: progressivo peggioramento nel tempo	N = nazionale	Il periodo temporale cui si riferiscono i dati presentati	Uno o più dei 17 Goals dell'Agenda 2030 che siano correlabili all'indicatore
R: risposta	PD: parzialmente disponibili e di qualità	😢 condizioni negative	↔: andamento costante nel tempo	P = provinciale		
	PDQ: parzialmente disponibili, da verificare la qualità		↑↓: andamento variabile e oscillante	C = comprensoriale		
	ND: non disponibili		?: non determinabile	c = comunale		
	PS: poco significativi per il Trentino			p = puntuale		

ARIA

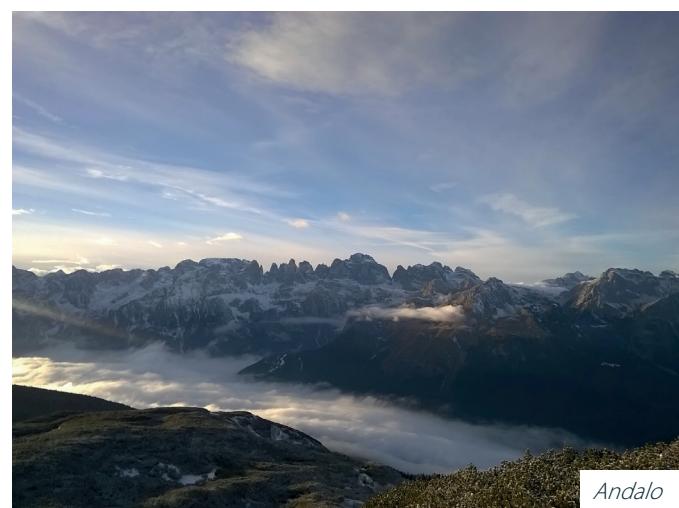
L'aria ambiente è la miscela dei gas che costituiscono l'atmosfera terrestre. La sua composizione naturale può essere alterata dall'immissione di altre sostanze gassose, liquide o solide dando in questo modo origine al fenomeno dell'inquinamento atmosferico.

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.

Dal presente aggiornamento del capitolo Aria del Rapporto sullo stato dell'ambiente del Trentino si evince come, nel biennio 2020-21, gli inquinanti



Andalo

atmosferici presenti in concentrazioni più rilevanti continuano a essere le polveri fini e ultrafini (PM10 e PM2,5), il biossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃) e il benzo(a)pirene, con il superamento dei limiti fissati per la salute umana solo nel caso dell'ozono.

Rispetto alle precedenti edizioni del capitolo, questo aggiornamento si caratterizza per un consistente ampliamento della struttura, con l'aggiunta di approfondimenti relativi a: confronto della qualità dell'aria trentina con quella dei territori confinanti; pianificazione, mediante una correlazione tra la qualità dell'aria e gli obiettivi e i contenuti fissati dai vigenti atti di pianificazione e di programmazione in ambito provinciale; azioni provinciali per il miglioramento della qualità dell'aria; qualità dell'aria e salute, mediante una valutazione dettagliata del rapporto tra le concentrazioni di inquinanti in atmosfera e l'impatto sanitario derivante.

1 IL CONTESTO NORMATIVO

1.1 La normativa italiana ed europea

La normativa di riferimento a livello europeo è la Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Tale Direttiva è stata recepita nell'ordinamento nazionale con il D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Il Decreto citato costituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria, finalizzato a individuare obiettivi di qualità dell'aria al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso; a valutare la qualità dell'aria sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni; a disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria; a mantenere la qualità dell'aria, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

A livello provinciale si fa diretto riferimento alla disciplina nazionale per quanto concerne la tutela della qualità dell'aria. La normativa affida infatti il compito della valutazione e gestione della qualità dell'aria alle Regioni e Province autonome e, nell'ambito delle azioni volte alla verifica e alla pubblicità dell'informazione sulla qualità dell'aria, prevede la comunicazione annuale di informazioni per la valutazione della qualità dell'aria dal livello locale a quello nazionale e a quello europeo. Il D.Lgs. 155/2010 prevede che le Regioni e le Province autonome elaborino i rispettivi inventari delle emissioni. Nell'ambito delle attività finalizzate alla gestione della qualità dell'aria, la predisposizione degli inventari delle emissioni in atmosfera, specificatamente previsti dalla normativa comunitaria e nazionale, 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. Gli inventari delle Regioni e delle Province autonome sono predisposti 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. La sintesi delle informazioni contenute nell'ultimo inventario provinciale delle emissioni in atmosfera, riferito all'anno 2019 e pubblicato nel 2022, è riportata nel paragrafo 4 del presente capitolo.

Secondo il D.Lgs. 155/2010, l'intero territorio nazionale deve essere suddiviso in zone e agglomerati, da classificare ai fini della qualità dell'aria. Ai fini della valutazione della qualità dell'aria, zone e agglomerati sono classificati sulla base di soglie di valutazione, superiori e inferiori, indicate per biossido di azoto, biossido di zolfo, PM10, PM2,5, piombo, monossido di carbonio, benzene, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene, e dell'obiettivo a lungo termine per l'ozono. Per il territorio della Provincia autonoma di Trento sono state definite e approvate, con deliberazione della Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011, la nuova zonizzazione e la relativa classificazione delle zone, ai fini della valutazione della qualità dell'aria in riferimento alla protezione della salute umana. Per la classificazione delle zone è previsto il riesame con cadenza almeno quinquennale. La prima revisione, basata sui dati raccolti nel quinquennio 2011-2015, è stata approvata con deliberazione della Giunta provinciale n. 2338 del 16 dicembre 2016. La seconda revisione, basata sui dati raccolti nel quinquennio 2016-2020, è stata approvata con deliberazione della Giunta provinciale n. 1776 del 29 ottobre 2021.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede che le Regioni e le Province autonome, in conformità alla zonizzazione e alla connessa classificazione, redigano quindi un progetto volto ad adeguare la propria rete di misura e attuino il proprio programma di valutazione della qualità dell'aria. La Provincia autonoma di Trento si è dotata di tali strumenti per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria. Per la descrizione della rete di misura provinciale si rimanda al paragrafo 2 del presente capitolo.

Se vi è superamento dei valori limite, secondo il D.Lgs. 155/2010, Regioni e Province autonome devono adottare un piano che preveda le misure necessarie ad agire sulle principali sorgenti di emissione aventi influenza sulle aree di superamento e a raggiungere i valori limite nei termini prescritti. Per tale ragione, nel 2018 è stato redatto il Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria, approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 1387 del 1 agosto 2018. Per la valutazione del raggiungimento degli obiettivi fissati da tale Piano, si veda il paragrafo 6 del presente capitolo.

1.2 Le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) pubblica sin dal 1987 delle linee guida sulla qualità dell'aria basate su considerazioni di carattere sanitario che non rappresentano una norma giuridicamente vincolante, ma hanno tuttavia l'obiettivo di aiutare governi e società a ridurre l'esposizione umana all'inquinamento atmosferico e i suoi effetti negativi sulla salute.

Le linee guida OMS sulla qualità dell'aria (World Health Organization Air Quality Guidelines - WHO AQG) sono state pubblicate l'ultima volta nel 2006 con il titolo "Linee guida sulla qualità dell'aria - aggiornamento globale 2005. Particolato, ozono, biossido di azoto e anidride solforosa". Grazie ai progressi compiuti nella misurazione dell'inquinamento e nella valutazione dell'esposizione e alla grande base di dati di monitoraggio, negli anni a venire si è assistito a un aumento delle evidenze

degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana. Nuovi studi epidemiologici hanno documentato che, oltre agli effetti negativi sulla salute ad alti livelli di inquinamento, anche Paesi ad alto reddito con aria relativamente pulita hanno riportato effetti avversi a livelli molto più bassi di quelli precedentemente studiati. L'OMS ha quindi pubblicato, il 21 settembre 2021, un aggiornamento delle predette linee guida per la qualità dell'aria (WHO AQG 2021), che riporta raccomandazioni, indicazioni sulle buone pratiche e obiettivi intermedi volti a orientare gli sforzi di riduzione degli inquinanti verso il raggiungimento finale dei livelli di qualità dell'aria aggiornati (livelli AQG).

In Tabella 1 sono evidenziati, oltre ai livelli AQG, anche gli obiettivi intermedi, che presentano livelli di inquinanti più elevati dei livelli AQG, ma che possono essere utilizzati per sviluppare politiche di abbattimento dell'inquinamento raggiungibili in tempi realistici e quindi da considerare come passi interposti verso il raggiungimento finale dei livelli AQG medesimi.

Tabella 1: livelli di qualità dell'aria raccomandati dall'OMS e livelli intermedi

Inquinante	Tempo di media	Obiettivo intermedio				Livello linee guida OMS
		1	2	3	4	
PM _{2,5} , µg/m ³	Annuale	35	25	15	10	5
	24 ore ^a	75	50	37,5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annuale	70	50	30	20	15
	24 ore ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Picco stagionale ^b	100	70	-	-	60
	8 ore ^a	160	120	-	-	100
NO ₂ , µg/m ³	Annuale	40	30	20	-	10
	24 ore ^a	120	50	-	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24 ore ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m ³	24 ore ^a	7	-	-	-	4

a - 99° percentile (ovvero 3-4 giorni di superamento all'anno)

b - Media della concentrazione media giornaliera massima su 8 ore di O₃ nei sei mesi consecutivi con la più alta concentrazione media mobile semestrale di O₃.

[Fonte: Linee guida globali OMS sulla qualità dell'aria - 2021]

Rispetto ai limiti e ai valori obiettivo fissati dalla Direttiva europea 2008/50/CE e recepiti dal D.Lgs. 155/2010 per i vari inquinanti, i livelli raccomandati dall'OMS sono decisamente più ambiziosi. Tale indicazione è parte sostanziale delle valutazioni alla base del processo di

revisione della direttiva europea attualmente in corso e al termine della quale è più che verosimile ritenere che i nuovi limiti imposti in Europa, e conseguentemente anche in Italia, si avvicineranno sensibilmente alle indicazioni dell'OMS.

2 LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 La zonizzazione del Trentino ai fini della valutazione della qualità dell'aria

La zonizzazione del Trentino ai fini della valutazione della qualità dell'aria, propedeutica alla definizione del Programma di valutazione e conseguentemente anche della consistenza della rete di monitoraggio necessaria a descrivere in maniera ottimale l'andamento della qualità dell'aria su tutto il territorio provinciale, prevede per gli inquinanti ossidi di azoto, PM10, PM2,5, monossido di carbonio, ossidi di zolfo, benzene, benzo(a)pirene e metalli la suddivisione del territorio provinciale in due zone, una denominata "Fondovalle", che comprende le aree in cui vi

sono emissioni di inquinanti e presenza di popolazione, e una denominata "Montagna", che corrisponde al territorio in cui emissioni di inquinanti e popolazione sono presenti in modo non significativo. Le due zone sono riportate in figura 1. La linea di separazione è definita in corrispondenza della quota altimetrica pari a 1.500 metri di altitudine, in modo da includere nella prima zona tutti i centri abitati: nella zona denominata "Fondovalle", che copre un'area di circa 3.500 km quadrati, risiede infatti oltre il 99% della popolazione.

Per quanto riguarda invece l'inquinante ozono, il territorio provinciale non presenta caratteristiche tali da poter definire zone a differente criticità: pertanto è stata definita un'unica zona corrispondente ai confini amministrativi provinciali (figura 2).

Figura 1: zonizzazione del Trentino ai fini della valutazione della qualità dell'aria - NO₂, PM10, PM2,5, CO, SO₂, C₆H₆, Pb, B(a)P, As, Cd, Ni

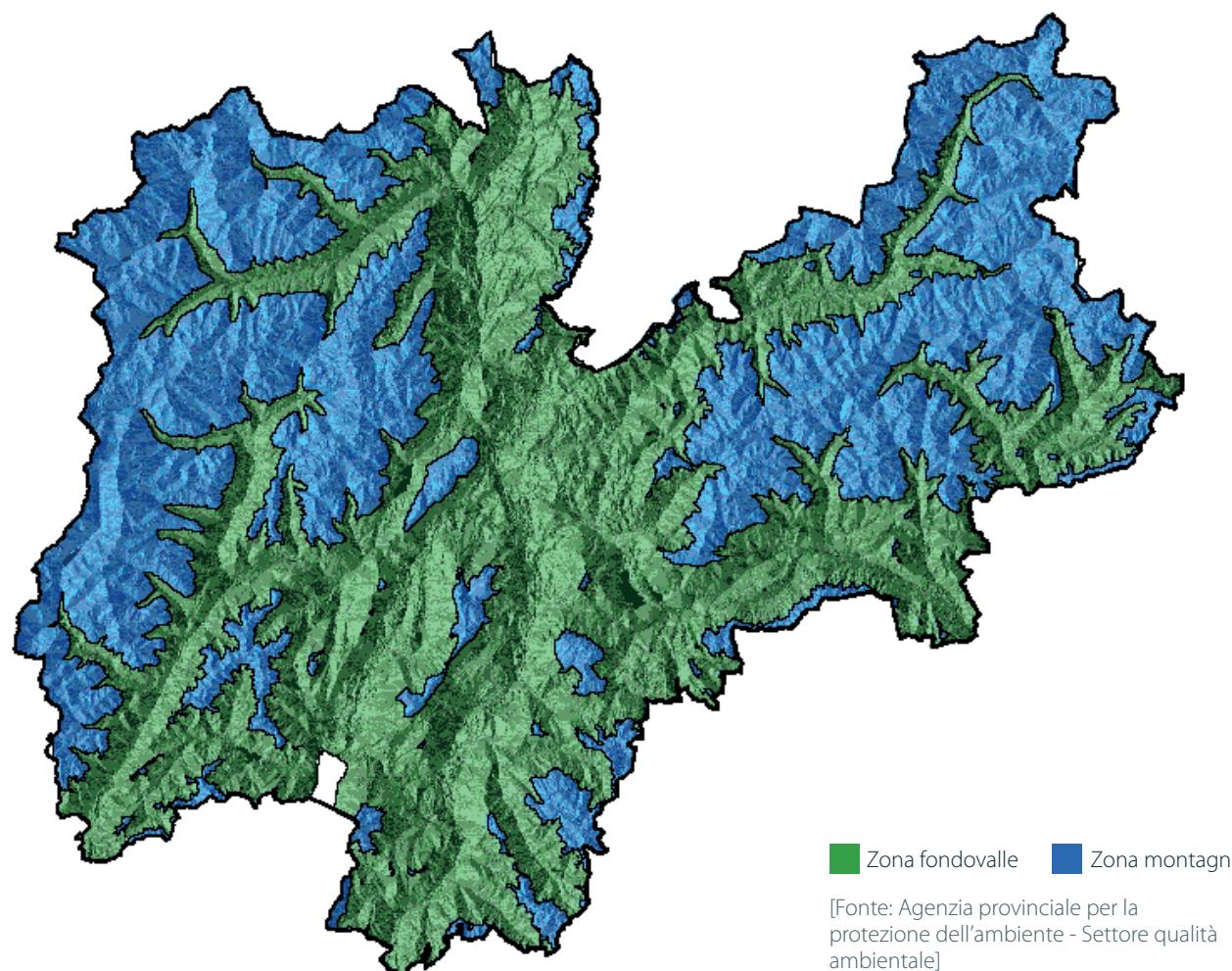


Figura 2: zonizzazione del Trentino ai fini della valutazione della qualità dell'aria – O₃

2.2 Il Programma di valutazione della qualità dell'aria e la consistenza della rete di monitoraggio provinciale

Sulla base della classificazione delle zone è stato redatto nel 2011 e successivamente aggiornato, l'ultima volta nel 2021, il Programma di valutazione, che indica le stazioni della rete da utilizzare per la misurazione in siti fissi, secondo le indicazioni del D.Lgs. 155/2010.

In tale documento è stato determinato il numero minimo di punti fissi di misura per ciascun inquinante (cosiddetti "punti di misura primari"). Inoltre sono stati individuati i seguenti ulteriori punti fissi di misura aggiuntivi:

- nella zona IT0403 "Fondovalle" l'orografia complessa ha reso necessario prevedere due ulteriori punti aggiuntivi di misura in siti fissi per il particolato PM10, uno per il particolato PM2,5 e uno per gli ossidi di azoto;
- per la zona IT0403 "Fondovalle", la più densamente popolata, si è ritenuto necessario disporre di

almeno un punto di misura aggiuntivo anche per gli inquinanti le cui concentrazioni sono classificate inferiori alla soglia di valutazione inferiore (SO₂, CO, Benzene, Pb, Ni);

- per la zona IT0404 "Montagna", dove le concentrazioni di tutti gli inquinanti sono classificate inferiori alla soglia di valutazione inferiore, si è ritenuto necessario disporre di almeno un punto di misura aggiuntivo per i due inquinanti di maggior rilievo (PM10 e ossidi di azoto);
- per la zona IT0405 "Ozono", la necessità di disporre di ulteriori punti di misura rispetto a quelli minimi è da ricondurre alla complessità orografica del territorio. Per tale motivo sono quindi stati individuati tre punti fissi di misura aggiuntivi per la misura dell'ozono.



Stazione di monitoraggio di Borgo Valsugana

Per i casi in cui i dati rilevati da una stazione della rete di misura, anche a causa di fattori esterni, non dovessero risultare conformi, è necessario che il Programma di valutazione preveda l'utilizzo di altre stazioni a "supporto", aventi le stesse caratteristiche in relazione alla zona, oppure l'utilizzo, nello stesso sito fisso di campionamento, di un laboratorio mobile sostitutivo per il periodo di inattività della misura "primaria", al fine di raggiungere la necessaria copertura dei dati. Il Programma di valutazione, sulla base dell'aggiornamento della classificazione del 2021, ha ad oggi trovato piena applicazione e i punti di misura attivi, suddivisi per zona di appartenenza e inquinante monitorato, sono riassunti in tabella 2. La loro localizzazione sul territorio provinciale è riportata in figura 3.

Tabella 2: le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia autonoma di Trento (al 31 dicembre 2022)

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Inquinanti rilevati
Trento Parco S. Chiara	urbana	fondo	SO ₂ , PM10, PM2,5, NO _x , O ₃ , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
Trento via Bolzano	urbana	traffico	CO, PM10, NO _x , C ₆ H ₆
Rovereto	urbana	fondo	PM10, PM2,5, NO _x
Borgo Valsugana	suburbana	fondo	PM10, PM2,5, NO _x , O ₃
Riva del Garda	suburbana	fondo	PM10, NO _x , O ₃
Piana Rotaliana	rurale	fondo	NO _x , O ₃
Monte Gaza	rurale	fondo	PM10, NO _x , O ₃

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Le stazioni di misurazione e i siti fissi di campionamento si distinguono per tipologie. In particolare, per quanto riguarda la rete di monitoraggio provinciale si sono evidenziate come obbligatorie le stazioni di misurazione orientate "al traffico" e quindi ubicate in modo tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico con intensità medio alta. Nello schema della rete tale funzione è assolta dalla stazione di Trento via Bolzano, senza dubbio uno dei punti più trafficati del Trentino.

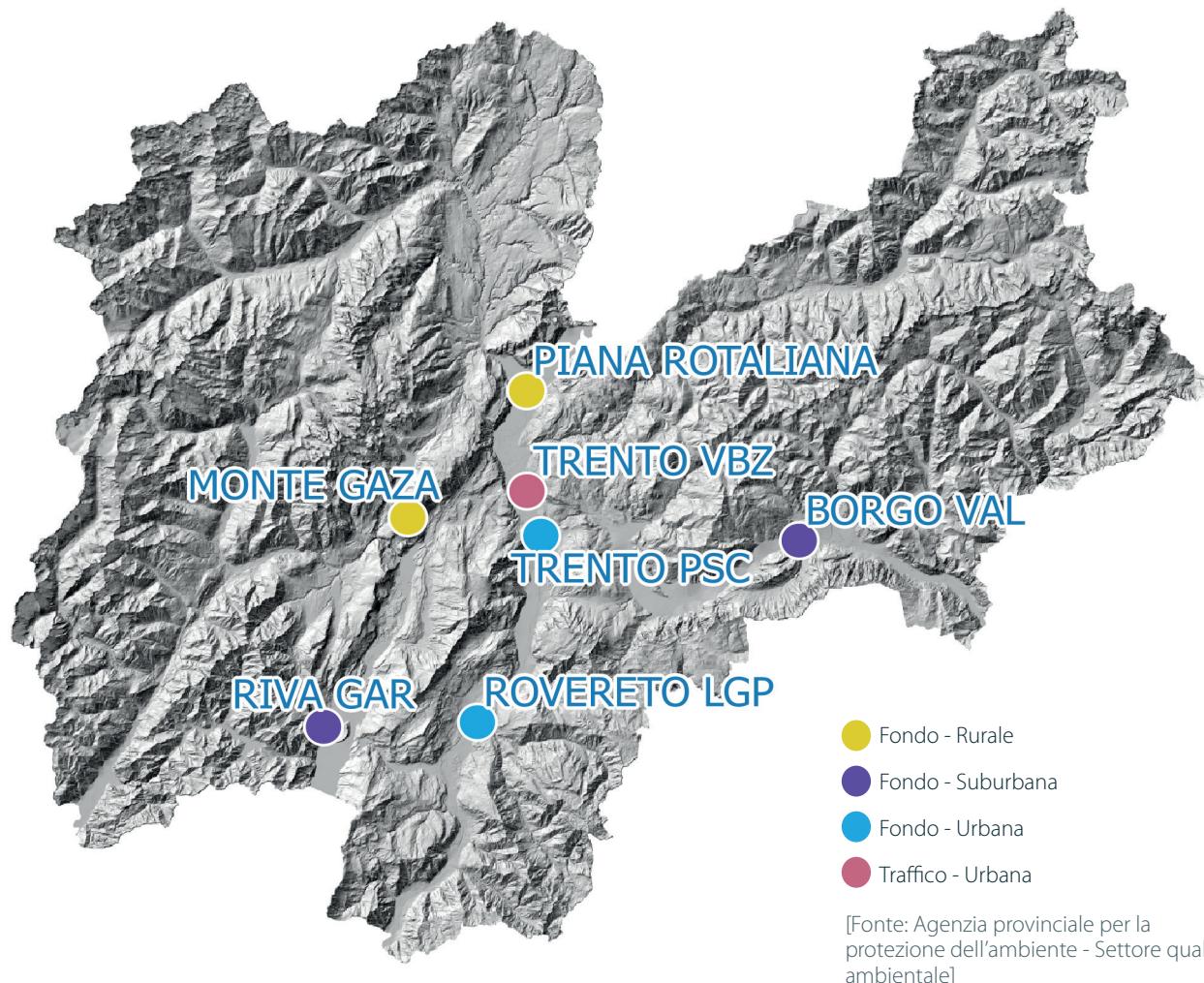
L'altra tipologia di stazione prevista e inserita nella rete è quella "di fondo": si tratta di stazioni collocate in posizioni tali da poter rilevare livelli di inquinamento non influenzati da vicine emissioni provenienti da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal loro contributo integrato. Nello schema della rete tale funzione è assolta da tutte le altre stazioni e quindi dalle stazioni di: Trento Parco Santa Chiara, Rovereto, Borgo Valsugana, Riva del Garda, Piana Rotaliana e Monte Gaza. Le stazioni di "fondo" sono a loro volta distinte in ragione della zona ove sono posizionate.

In presenza di insediamenti rilevanti, le reti di monitoraggio

possono integrare delle stazioni di tipo "industriale" e quindi orientate alla misura di livelli di inquinamento influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe. Per tipologia e dimensioni delle zone e aree industriali presenti in provincia di Trento, non vi sono situazioni che rendano necessario questo tipo di monitoraggio.

Oltre alle stazioni fisse è utilizzato anche un mezzo mobile, strutturalmente e funzionalmente uguale alle stazioni fisse, con l'unica differenza e particolarità che è facilmente ricollocabile sul territorio. Nel programma di valutazione assolve la principale funzione di essere a 'supporto' di tutti i punti di misura della rete fissa, laddove in presenza di temporanee interruzioni nel funzionamento di uno o più sensori della rete, ovvero di intere stazioni, può essere immediatamente impiegato in modo da poter garantire il numero minimo, la qualità e rappresentatività dei dati di qualità dell'aria. È inoltre previsto il suo utilizzo a supporto delle valutazioni di 'stima obiettiva' laddove si rendesse necessario effettuare delle misure strumentali in aree non direttamente coperte o ritenute non sufficientemente rappresentate dalle stazioni fisse della rete di monitoraggio.

Figura 3: le stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia autonoma di Trento (al 31 dicembre 2022)



3 I PRINCIPALI INQUINANTI

Come previsto dalla normativa nazionale (D.Lgs. 155/2010), gli inquinanti misurati dalla rete di monitoraggio provinciale sono biossido di azoto (NO_2), biossido di zolfo (SO_2), polveri fini (PM10), polveri ultrafini (PM2,5), monossido di carbonio (CO), benzene (C_6H_6), piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), benzo(a)pirene e ozono (O_3). Di seguito si forniscono per ciascuno fonti di emissione, effetti su ambiente e salute e limiti normativi, precisando che i dati riferiti al contesto trentino in merito a emissioni, qualità dell'aria e rapporto tra quest'ultima e salute saranno forniti nei paragrafi successivi del presente documento.

3.1 Polveri fini e ultrafini (PM10 e PM2,5)

Con i termini polveri atmosferiche, particolato sospeso, polveri totali sospese (PTS), polveri fini o semplicemente PM (dall'inglese *Particulate Matter*) 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.

Fonti

Le polveri atmosferiche possono essere di origine sia naturale che antropica. Le più importanti sorgenti naturali sono riconducibili a fenomeni di erosione eolica, all'effetto degli agenti atmosferici, agli incendi boschivi, all'attività vulcanica, ecc. Le sorgenti antropiche sono principalmente associate ad attività di combustione. Altri importanti processi di formazione di 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). Oltre alle emissioni dirette (*particolato primario*), le polveri si formano anche per reazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera in presenza dei cosiddetti inquinanti precursori, come ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca, composti organici volatili e ozono, formando così il *particolato secondario*.

Le fonti di emissione di particolato nelle aree urbane sono principalmente il traffico veicolare (in particolare i motori diesel e i ciclomotori) e gli impianti di riscaldamento civili.



Particolarmente critici sono gli impianti di riscaldamento alimentati a combustibili solidi e liquidi, come gasolio, olio combustibile, carbone e, in Trentino, soprattutto legna, il cui utilizzo in piccoli impianti domestici è molto diffuso. Le fonti di inquinamento industriali sono invece da ritenersi di secondaria importanza.

Le condizioni più favorevoli alla persistenza delle polveri nei bassi strati dell'atmosfera avvengono soprattutto nella stagione invernale, in presenza di particolari condizioni meteorologiche (alta pressione, elevata stabilità atmosferica, prolungata inversione termica, assenza di precipitazioni) che inibiscono la dispersione e la diluizione degli inquinanti e ne favoriscono l'accumulo in prossimità del suolo, in particolare nelle aree di fondo valle, anche per più giorni di seguito.

Effetti

In funzione del diametro delle particelle, il particolato atmosferico è suddiviso in:

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

La dimensione delle particelle è strettamente legata all'entità del danno che queste possono arrecare alla salute dell'uomo: tanto più piccole sono le particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nell'apparato respiratorio e causare effetti nocivisi a breve termine (effetti acuti come irritazione dei polmoni, broncocostrizione,

tosse e mancanza di respiro, diminuzione della capacità polmonare, bronchite cronica), sia a lungo termine (effetti cronici, tumori). La nocività 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 metalli tossici (piombo, arsenico, cadmio e nichel) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Il particolato atmosferico ha un impatto significativo anche su ambiente e clima: la sua deposizione sulle foglie delle piante inibisce il processo di fotosintesi, le polveri sospese favoriscono la formazione di nebbie, di nuvole e il potenziale verificarsi di fenomeni di *piogge acide* (per cui gli inquinanti assorbiti nel particolato possono comportare effetti di corrosione dei materiali). Il particolato sospeso riduce inoltre la visibilità, assorbe la radiazione solare diretta e la radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre, alterando l'equilibrio termico dell'atmosfera.

Limiti

Il D.Lgs. 155/2010 stabilisce i valori limite per la concentrazione in atmosfera di PM10 (limite annuale e limite giornaliero con numero di superamenti calcolato su base annuale) e PM2,5 (limite annuale), indicati rispettivamente nelle tabelle 3 e 4.

Tabella 3: valori limite fissati dalla normativa per le polveri fini (PM10)

PM10	
Periodo di mediazione	Valore limite
Giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte all'anno
Anno	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

Tabella 4: valori limite fissati dalla normativa per le polveri ultrafini (PM2,5)

PM2,5		
Periodo di mediazione	Valore limite	
Anno	Fase 1	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Fase 2*	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, del D.Lgs. 155/2010, tenuto conto del valore indicativo di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguitamento del valore obiettivo negli Stati membri.

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

3.2 Biossido di azoto (NO_2)

Fonti

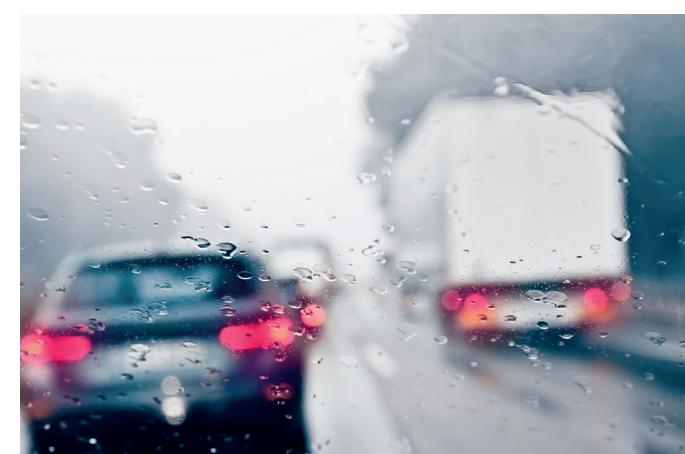
Gli ossidi di azoto NO_x sono generati dai processi di combustione per reazione diretta ad alta temperatura tra l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria. I processi di combustione emettono quale componente primario il monossido di azoto (NO), gas incolore, inodore e insapore. In presenza di ossigeno (O_2) e di radicali ossidanti, l'NO si trasforma in biossido di azoto (NO_2), gas di colore rosso bruno, di odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. L' NO_2 può essere generato anche da altri processi ossidativi, tra i quali è di particolare rilevanza la reazione tra NO e ozono (O_3), presente in elevate concentrazioni nei periodi di maggior irraggiamento solare. L' NO_2 è dunque un inquinante principalmente secondario, sebbene questo gas si possa formare anche durante il processo di combustione stesso, così come durante processi caratterizzati da assenza di combustione (ad esempio nella produzione di acido nitrico e di fertilizzanti azotati) e processi naturali (attività batterica, eruzioni vulcaniche, incendi).

Effetti

In merito agli effetti sulla salute dell'uomo, il monossido di azoto NO agisce sull'emoglobina, fissandosi a essa e interferendo con la normale ossigenazione dei tessuti da parte del sangue, anche se non sono mai stati riscontrati casi di decessi per avvelenamento da NO.

Il biossido di azoto NO_2 è considerato più pericoloso per la salute umana, in quanto ha una tossicità fino a quattro volte maggiore di quella di NO: forte ossidante e 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).

L' NO_2 , in condizioni di forte irraggiamento solare, provoca reazioni fotochimiche secondarie che danno origine ad



altre sostanze inquinanti (*smog fotochimico*). Inoltre, la sua trasformazione in acido nitrico in presenza di umidità è una delle cause della formazione delle cosiddette *piogge acide*, che provocano ingenti danni alle piante e, più in generale, alterano gli equilibri ecologici ambientali.

Limiti

Come sintetizzato in tabella 5, il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto un limite annuale e uno orario (con limite di superamenti calcolato su base annuale). È stabilita anche una soglia di allarme pari a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurati per 3 ore consecutive presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 km^2 .

Tabella 5: valori limite fissati dalla normativa per il biossido di azoto (NO_2)

NO ₂	
Periodo di mediazione	Valore limite
Ora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte all'anno
Anno	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

3.3 Biossido di zolfo (SO_2)

Fonti

Il biossido di zolfo o anidride solforosa (SO_2) è un gas incolore ma dall'odore pungente e irritante. In atmosfera l' SO_2 può trasformarsi in triossido di zolfo (SO_3) mediante processi di ossidazione indotti dall'irraggiamento solare; a sua volta, in combinazione con concentrazioni significative di vapore acqueo, l' SO_3 forma facilmente acido solforico (H_2SO_4), causa primaria delle *piogge acide*. Il tempo di persistenza dell' SO_2 nell'ambiente è tipicamente di circa 4 giorni; in particolari condizioni meteorologiche e in presenza di concentrazioni elevate, tale sostanza può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grande distanza dalla sorgente inquinante.

Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità, oltre che da alcuni particolari processi industriali (settore metallurgico). Una percentuale di biossido di zolfo nell'aria proviene anche dal traffico veicolare, in particolare dai motori diesel. Infine non è indifferente la quota prodotta dalle fonti naturali (vulcani).

Effetti

L' SO_2 è considerato molto pericoloso, a causa dell'ipersensibilità a esso mostrata da alcune fasce di popolazione, come anziani o persone soggette a malattie croniche dell'apparato respiratorio-cardiovascolare. Già a basse concentrazioni è una sostanza irritante per occhi, gola e tratto superiore delle vie respiratorie; a concentrazioni elevate può dar luogo a irritazioni delle mucose nasali, bronchiti e malattie polmonari, mentre un'esposizione prolungata può comportare incremento di faringiti, affaticamento e disturbi a carico dell'apparato sensorio. I suoi effetti risultano amplificati in presenza di nebbia, in quanto esso è facilmente solubile nelle piccole gocce d'acqua. Le gocce più piccole possono arrivare in profondità nell'apparato polmonare, causando broncoconstrizione, irritazione bronchiale e bronchite acuta. È inoltre accertato un effetto irritante sinergico in caso



di esposizione concomitante con il particolato, dovuto probabilmente alla capacità di quest'ultimo di veicolare il biossido di zolfo nelle zone respiratorie del polmone profondo.

Come detto, il biossido di zolfo presente in atmosfera è il principale responsabile delle cosiddette *piogge acide*, in quanto, attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua, tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. Le precipitazioni piovose con una componente acida significativa sono responsabili di danni alla vegetazione causando zone necrotiche sulle foglie che, successivamente, scoloriscono e seccano, e di danni al sistema acquatico con l'acidificazione dei corpi idrici (in particolare quelli a debole ricambio) con conseguente compromissione della vita aquatica. Si evidenzia anche l'effetto dannoso sul patrimonio monumentale delle città a causa dell'azione corrosiva dell'acido solforico su alcuni materiali come metalli e sostanze contenenti carbonati che vengono convertiti a solfati.

Limiti

Come sintetizzato in tabella 6, le soglie per la concentrazione in atmosfera di biossido di zolfo stabilite dal D.Lgs. 155/2010 prevedono: un valore limite orario pari a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte all'anno, un valore limite di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito alla media giornaliera da non superare più di 3 volte all'anno (e una soglia di allarme pari a una media oraria di $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurata per tre ore consecutive).

Tabella 6: valori limite fissati dalla normativa per il biossido di zolfo (SO_2)

SO_2	
Periodo di mediazione	Valore limite
Ora	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte all'anno
Giorno	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte all'anno

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

3.4 Monossido di carbonio (CO)

Fonti

Il monossido di carbonio è un gas incolore, insapore, inodore e poco più leggero dell'aria; rappresenta l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Si forma principalmente a causa della combustione incompleta, in carenza di ossigeno, degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili.

Il CO è un inquinante primario con un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo e con una bassa reattività chimica. Pertanto le concentrazioni maggiori si riscontrano in prossimità delle sorgenti principali e le aree più a rischio sono quelle caratterizzate da ristagno di aria e scarsa diluizione (ad esempio, nel caso di strade strette circondate da edifici alti e contigui che danno *effetto canyon*).

Effetti

La tossicità del CO è dovuta alla sua capacità di legarsi con l'emoglobina del sangue al posto dell'ossigeno, interferendo sul trasporto dell'ossigeno stesso ai tessuti. Il legame tra CO ed emoglobina è 200 volte più intenso di quello tra emoglobina e ossigeno: dunque la presenza di elevate concentrazioni di CO nell'aria inibisce il naturale processo di ossigenazione del sangue. Si verificano conseguenze dannose sul sistema nervoso e cardiovascolare, in particolare nelle persone affette da cardiopatie e nei fumatori. Concentrazioni molto elevate di CO possono condurre alla morte per asfissia, mentre alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti: se l'esposizione al CO viene interrotta, la sua combinazione con l'emoglobina viene spontaneamente rilasciata in poche ore.

Limiti

Come sintetizzato in tabella 7, il D.Lgs. 155/2010 stabilisce il valore limite di CO per la media massima giornaliera calcolata su 8 ore pari a 10 mg/m³.



Tabella 7: valore limite fissato dalla normativa per il monossido di carbonio (CO)

CO	
Periodo di mediazione	Valore limite
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

3.5 Benzene (C_6H_6)

Fonti

Per COV (Composti Organici Volatili) si intende una serie di sostanze in miscele complesse che evaporano facilmente a temperatura ambiente. Il termine organico indica che i composti contengono carbonio. I COV sono oltre 300 e i più noti sono gli idrocarburi alifatici (dal n-esano, al n-esadecano e i metilesani), i terpeni, gli idrocarburi aromatici (benzene e derivati, toluene, o-xilene, stirene), gli idrocarburi clorinati (cloroformio, diclorometano, clorobenzeni), gli alcoli (etanolo, propanolo, butanolo e derivati), gli esteri, i chetoni e le aldeidi (formaldeide).

Il benzene (C_6H_6) è il più semplice degli idrocarburi aromatici. È un liquido incolore, molto volatile, 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 tetrachloruro di carbonio.

Il benzene presente in atmosfera deriva da processi evaporativi (emissioni industriali, uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati) e dalla combustione incompleta sia di natura antropica (veicoli a motore) che naturale (incendi, decomposizione di materia organica). La maggior fonte emissiva è costituita dai gas di scarico dei veicoli a motore alimentati a benzina (principalmente auto e ciclomotori). Il benzene rilasciato dai veicoli deriva dalla frazione di carburante incombusto, da reazioni di trasformazione di altri idrocarburi e, in parte, anche dall'evaporazione che si verifica durante la preparazione, la distribuzione e lo stoccaggio delle benzine, ivi comprese le fasi di marcia e sosta prolungata dei veicoli. Negli ambienti chiusi, il contributo maggiore all'esposizione è attribuibile al fumo di tabacco.



Effetti

Per le sue caratteristiche lipofile, nel corpo umano il benzene si concentra soprattutto nei tessuti più grassi ed è assunto principalmente per inalazione diretta, favorita dalla sua alta volatilità. L'esposizione cronica al benzene provoca danni ematologici (anemie, ecc.) e genetici (alterazioni geniche e cromosomiche).

Limiti

Come sintetizzato in tabella 8, la soglia per la concentrazione in atmosfera di benzene prevista dal D.Lgs. 155/2010 stabilisce un valore limite relativo alla media annuale pari a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Tabella 8: valore limite fissato dalla normativa per il benzene (C_6H_6)

C_6H_6	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]



3.6 Ozono (O_3)

Fonti

L'ozono (O_3) è un gas dall'odore pungente, altamente reattivo, dotato di un elevato potere ossidante e, a elevate concentrazioni, di colore blu/azzurro. In natura è presente negli strati alti dell'atmosfera terrestre (nella stratosfera, a un'altezza compresa fra i 30 e i 50 km dal suolo) e ricopre l'importante funzione di proteggere la superficie terrestre dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che, se non intercettate, risulterebbero dannose per gli 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 precursori, come ossidi di azoto, idrocarburi e composti organici

volatili, che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza con intenso irraggiamento solare ed elevate temperature. Per questo motivo l'ozono viene indicato come inquinante secondario.

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. È importante sottolineare che, in prossimità di sorgenti emissive di monossido di azoto (NO), 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.

Effetti

A causa del suo alto potere ossidante, elevati livelli di ozono danneggiano la salute umana e quella degli animali, hanno effetti nocivi sulla vegetazione (riduzione dell'attività di fotosintesi, formazione delle *piogge acide*, necrosi fogliare), deteriorano i materiali e riducono 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 invece severe irritazioni della mucosa degli occhi, infiammazioni e alterazioni a carico dell'apparato respiratorio e un senso di pressione sul torace. Concentrazioni particolarmente elevate possono portare anche ad alterazioni delle funzioni respiratorie, a un aumento della frequenza degli attacchi asmatici, all'insorgere di malattie dell'apparato respiratorio e al peggioramento di patologie, già in atto, di tipo respiratorio e cardiaco.

I soggetti più sensibili al fenomeno sono i bambini, gli anziani, le donne in gravidanza, chi svolge attività fisica o lavorativa all'aperto. Soggetti a rischio sono anche le persone asmatiche, con patologie polmonari o cardiache.

Limiti

Come sintetizzato nelle tabelle 9 e 10, il D.Lgs. 155/2010 stabilisce per l'ozono un valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 volte all'anno (come media su 3 anni), una *soglia di informazione* e una *soglia di allarme*. Per *soglia di informazione* si intende il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive. Al superamento della soglia di informazione le persone sensibili devono evitare di svolgere attività fisica anche moderata all'aperto (come camminare velocemente), in particolare nelle ore più calde e di maggiore insolazione. Per *soglia di allarme* si intende il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso, il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati. Al superamento della soglia di allarme, in particolare nelle ore più calde e di maggiore insolazione, le persone sensibili devono evitare qualsiasi attività fisica all'aperto e tutta la popolazione deve evitare di svolgere intensa attività fisica all'aperto, come ad esempio correre.

Tabella 9: valore obiettivo fissato dalla normativa per l'ozono (O_3)

O_3	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Media massima giornaliera su 8 ore	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 volte all'anno (come media su 3 anni)

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

Tabella 10: soglie di informazione e di allarme fissate dalla normativa per l'ozono (O_3)

O_3		
Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	Ora	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Allarme	Ora	$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

3.7 Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

Fonti

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura, tra i quali piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), zinco (Zn), rame (Cu) e ferro (Fe). Essi provengono da una molteplice varietà di fonti: processi industriali, processi di combustione, emissioni autoveicolari, erosione dei suoli, ecc. Tra i metalli monitorati, quelli a maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio, l'arsenico e il piombo.

In particolare, il piombo ha provenienza autoveicolare, 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%.

Effetti

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



Limiti

Come sintetizzato in tabella 11, il D.Lgs. 155/2010 stabilisce il valore limite per la concentrazione in atmosfera 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 $20 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Tabella 11: valori limite e valori obiettivo fissati dalla normativa per piombo, arsenico, cadmio e nichel (Pb, As, Cd, Ni)

Pb	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
As	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno	$6,0 \text{ ng}/\text{m}^3$
Cd	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno	$5,0 \text{ ng}/\text{m}^3$
Ni	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno	$20,0 \text{ ng}/\text{m}^3$

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

3.8 Benzo(a)pirene (B(a)P)

Fonti

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 e altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi.

Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene, caratterizzato da una struttura con cinque anelli aromatici condensati. In Trentino la combustione della biomassa legnosa negli impianti di riscaldamento domestici è responsabile di circa il 99% delle emissioni primarie di B(a)P. Gli IPA sono inoltre presenti nelle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli, sia diesel che benzina.

Effetti

L'assorbimento degli IPA può avvenire per inalazione di polveri, aerosol o vapori, essendo presenti come sostanze adsorbite sul particolato, per ingestione di alimenti contaminati o attraverso la cute.

Per quanto riguarda le conseguenze sulla salute, un numero considerevole di IPA presentano attività cancerogena, accertata sia tramite esperimenti di laboratorio che indagini epidemiologiche, mentre non sono stati rilevati casi di effetti tossicologici acuti.

Limiti

Come sintetizzato in tabella 12, l.D.Lgs. 155/2010 stabilisce per la concentrazione in atmosfera di benzo(a)pirene un valore obiettivo relativo alla media annuale pari a 1 ng/m³.



Tabella 12: valore obiettivo fissato dalla normativa per il benzo(a)pirene (B(a)P)

B(a)P	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno	1,0 ng/m ³

[Fonte: D.Lgs. 155/2010]

4 LE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Le sorgenti emissive a livello provinciale vengono individuate e quantificate attraverso la redazione dell'Inventario provinciale delle emissioni in atmosfera. L'inventario delle emissioni costituisce una raccolta coerente dei valori delle emissioni disaggregati per attività, unità territoriale (scala comunale), combustibile utilizzato, inquinante e tipologia di emissione in un'unità spazio-temporale definita.

La redazione e il periodico aggiornamento dell'inventario delle emissioni rientra tra le attività finalizzate alla gestione della qualità dell'aria e rappresenta un passaggio propedeutico alla definizione degli strumenti di pianificazione, nonché all'utilizzo di modelli matematici finalizzati alla valutazione della qualità dell'aria stessa.

La Provincia autonoma di Trento aggiorna l'inventario provinciale 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, in coerenza con quanto previsto nel decreto, e lo armonizza periodicamente con l'inventario nazionale.

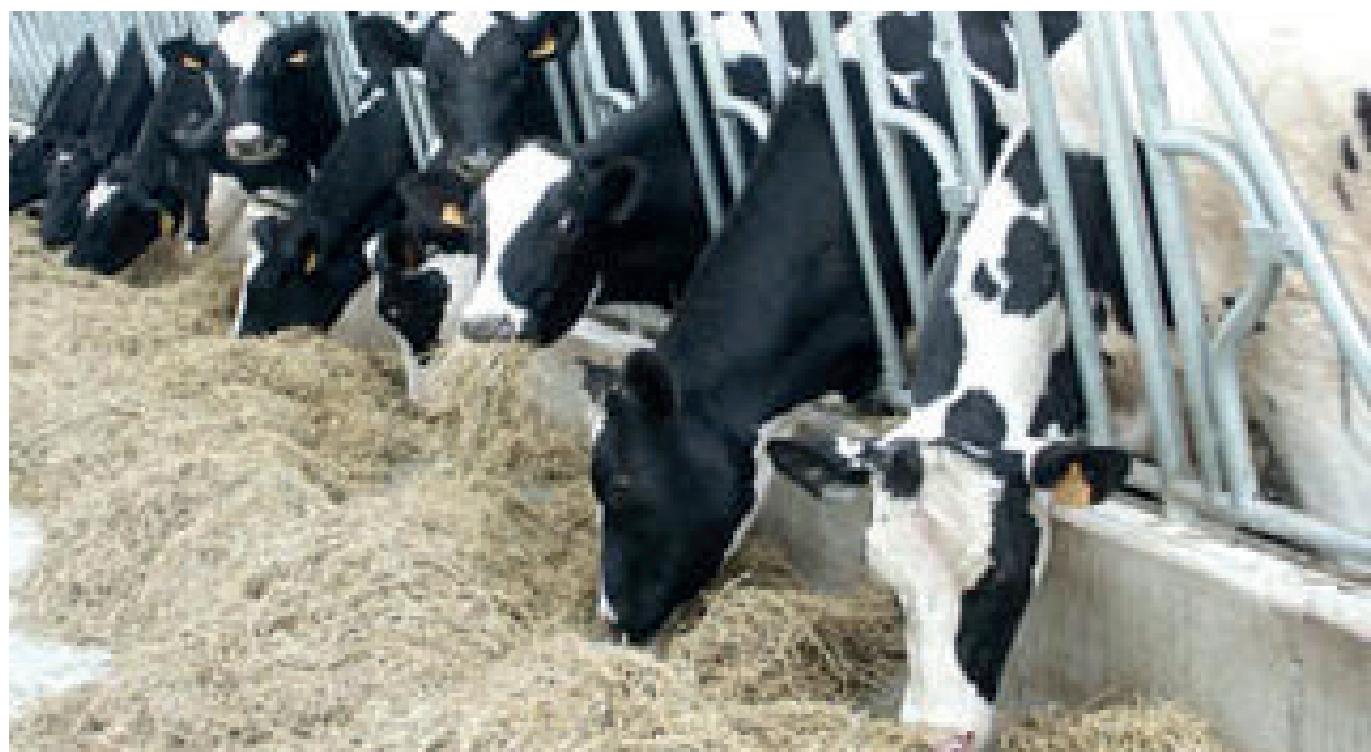
L'inventario è stato elaborato per la prima volta con riferimento all'anno 2004 ed è stato poi aggiornato con riferimento agli anni 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2019.

A partire dall'aggiornamento all'anno 2005 la Provincia autonoma di Trento si avvale del software IN.EM.AR. (INventario EMissioni ARia), un database progettato

per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera che permette di stimare, in particolare, le emissioni dei principali macroinquinanti e gas climalteranti (SO_2 , NO_x , COVNM, CH_4 , CO, CO_2 , N_2O , NH_3 , PM2,5, PM10 e PTS) e microinquinanti, come metalli pesanti (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se e Zn) e composti organo-clorurati (diossine, PCB) per numerosi tipi di attività e combustibili, con disaggregazione a livello comunale. Inizialmente realizzato nel periodo 1999-2000 dalla Regione Lombardia, con una collaborazione della Regione Piemonte, dal 2003 è gestito e sviluppato da ARPA Lombardia. Dal 2006 il suo utilizzo è condiviso fra le Regioni Lombardia, Piemonte, Emilia Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Puglia, Marche e le Province autonome di Trento e di Bolzano.

Le emissioni vengono classificate secondo la codifica CORINAIR (COoRdination Information AIR), con una nomenclatura univoca per le sorgenti emissive denominata SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution), in funzione di macrosettori, settori e attività. Sono inoltre catalogate in base al dettaglio spaziale (emissioni diffuse, puntuali e lineari).

La stima delle emissioni associate alle diverse attività e al combustibile si basa sull'impiego di fattori di emissione caratteristici per ogni inquinante, che rappresentano l'emissione riferita all'unità di attività della sorgente. La scelta dei fattori di emissione costituisce un aspetto





particolarmente critico e soggetto a un processo di aggiornamento e revisione in continua evoluzione; per la scelta dei fattori di emissione si fa principalmente riferimento all'EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook e, quando opportuno, a specifici studi calati sulla realtà nazionale e locale.

L'inventario va quindi considerato come uno strumento dinamico in costante evoluzione, sia dal punto di vista del miglioramento in termini di affidabilità e di livello di dettaglio dei dati, sia dal punto di vista dell'aggiornamento dell'informazione, basata sui dati via via reperibili.

Di seguito si sintetizzano i risultati del più recente aggiornamento dell'inventario provinciale delle emissioni, riferito all'anno 2019¹.

4.1 Macroinquinanti

Nelle tabelle 13 e 14 e nel grafico 1 si riportano, rispettivamente in termini assoluti, percentuali e in forma grafica, le emissioni complessive annue dei principali macroinquinanti suddivise per macrosettore (classificazione CORINAIR – SNAP97).

Tabella 13: emissioni dei principali macroinquinanti in Trentino, per macrosettore (tonnellate) (2019)

Macrosettore	CO	COV	NH ₃	NO _x	PM10	PM2,5	SO ₂
01 - Produzione energia e trasformazione combustibili	112,87	26,99	0,11	469,66	9,93	9,65	10,24
02 - Combustione non industriale	22.216,04	1.852,78	50,26	975,77	2.197,00	2.167,95	195,91
03 - Combustione nell'industria	797,93	169,50	0,83	1.089,16	20,36	18,55	115,03
04 - Processi produttivi	182,91	304,73		73,43	27,23	13,92	115,20
05 - Estrazione e distribuzione combustibili		559,38					
06 - Uso di solventi	0,01	5.244,83	1,19	0,00	11,35	8,83	0,00
07 - Trasporto su strada	4.018,58	824,08	48,05	3.687,97	244,18	168,26	4,97
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari	355,56	103,65	0,21	945,88	49,86	48,52	3,27
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	0,74	0,07	5,04	8,25	0,03	0,02	2,12
10 - Agricoltura		2.364,83	2.013,92	6,22	15,86	6,99	
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	148,46	33.937,77	0,90	5,65	45,88	45,36	1,15
TOTALE	27.833,10	45.388,62	2.120,51	7.261,98	2.621,68	2.488,06	447,90

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

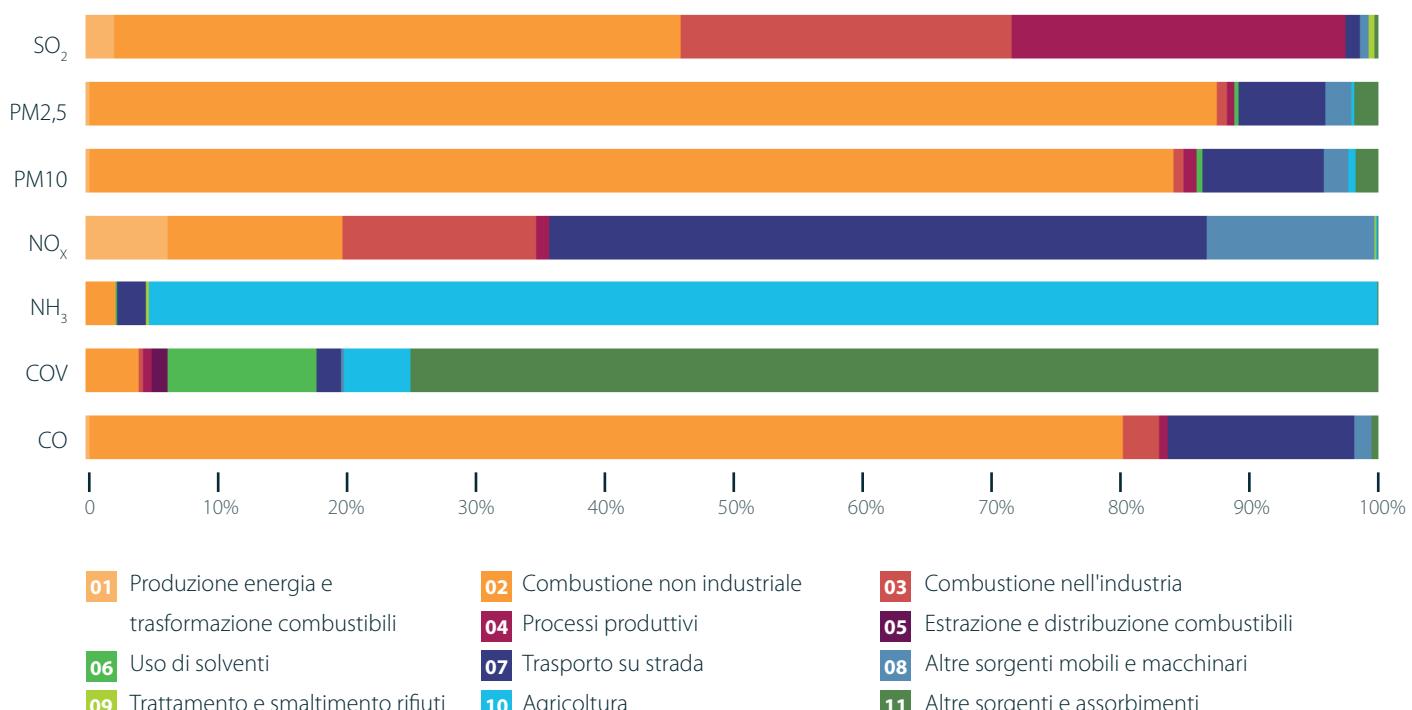
¹ Il documento integrale dell'inventario 2019 è disponibile in formato pdf sul sito web dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente: http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa_restyle/tutela_aria/INVENTARIO_EMISSEONI_TN_2019.1658759054.pdf.

Tabella 14: distribuzione percentuale delle emissioni dei principali macroinquinanti in Trentino, per macrosettore (2019)

Macrosettore	CO	COV	NH ₃	NO _x	PM10	PM2,5	SO ₂
01 - Produzione energia e trasformazione combustibili	0%	0%	0%	6%	0%	0%	2%
02 - Combustione non industriale	80%	4%	2%	13%	84%	87%	44%
03 - Combustione nell'industria	3%	0%	0%	15%	1%	1%	26%
04 - Processi produttivi	1%	1%		1%	1%	1%	26%
05 - Estrazione e distribuzione combustibili		1%					
06 - Uso di solventi	0%	12%	0%	0%	0%	0%	0%
07 - Trasporto su strada	14%	2%	2%	51%	9%	7%	1%
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari	1%	0%	0%	13%	2%	2%	1%
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10 - Agricoltura		5%	95%	0%	1%	0%	
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	1%	75%	0%	0%	2%	2%	0%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 1: distribuzione percentuale delle emissioni dei principali macroinquinanti in Trentino, per macrosettore (2019)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Le emissioni di polveri fini e ultrafini (PM10 e PM2,5) dipendono prevalentemente dalla combustione non industriale, ovvero il riscaldamento civile (84% delle emissioni totali di PM10, 87% di PM2,5) e dal trasporto su strada (9% di PM10, 7% di PM2,5), e sono calate dalle 3.119,23 tonnellate di PM10 rilevate nell'inventario del 2015 e dalle 2.933,28 di PM2,5 a 2.621,68 e 2.488,06 rispettivamente².

Le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) dipendono prevalentemente dal trasporto su strada (51%) e dalla combustione non industriale (13%), e sono calate dalle 9.410,86 tonnellate del 2015 a 7.261,98.

Le emissioni di monossido di carbonio (CO) dipendono principalmente dal riscaldamento civile (80%) e dal trasporto su strada (14%), e sono calate dalle 33.109,01 tonnellate del 2015 a 27.833,10.

Le emissioni di biossido di zolfo (SO_2) derivano dalla combustione non industriale (44%) da processi produttivi (26%) e combustione industriale (26%), e sono calate dalle 804,79 tonnellate del 2015 a 447,90.

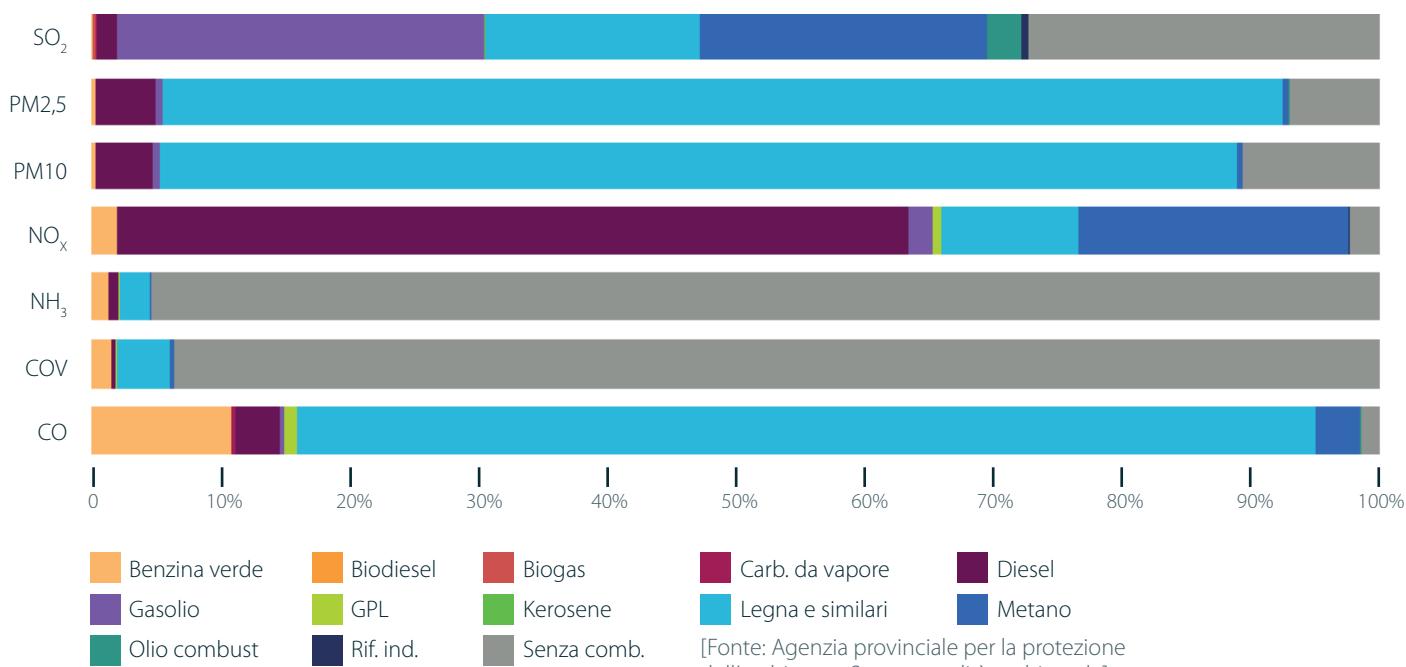
Le emissioni di COV (Compensi Organici Volatili)

dipendono per il 75% dalle foreste, che coprono un'ampia parte del territorio provinciale; i COV sono prodotti e si accumulano in tutti gli organi della pianta, con emissioni che variano secondo la specie di pianta e le condizioni ambientali. In parte minore i COV sono emessi dall'utilizzo di solventi (12%). Sono aumentate dalle 42.224,48 tonnellate del 2015 a 45.388,62.

Le emissioni di ammoniaca (NH_3) sono associate per il 95% ad agricoltura e allevamento, in particolare alla gestione degli effluenti zootecnici. L'ammoniaca è un precursore alla base della formazione del particolato secondario. Sono calate delle 2.354,43 tonnellate del 2015 a 2.120,51.

I dati emissivi possono essere aggregati anche in funzione del tipo di combustibile, come rappresentato nel grafico 2. I combustibili maggiormente rilevanti in termini emissivi sono la biomassa legnosa (cui sono associati il 79% delle emissioni totali di CO e l'84% di PM10) e i combustibili legati al traffico stradale: diesel (61% del totale di NO_x) e benzina verde (11% di CO). Il metano impatta soprattutto in termini di emissioni di NO_x (21%).

Grafico 2: distribuzione percentuale delle emissioni dei principali macroinquinanti in Trentino, per combustibile (2019)



² Si tenga presente che il confronto tra i quantitativi registrati tra un aggiornamento e l'altro dell'inventario delle emissioni risulta piuttosto complesso a causa di modifiche e aggiornamenti alle metodologie di calcolo che sempre intervengono tra un aggiornamento e l'altro e che incidono significativamente sulla quantificazione delle emissioni. In sostanza l'inventario fa una foto a una certa data di quante sostanze vengono emesse e da quale sorgente, data necessariamente postuma di almeno un anno rispetto alla data cui si riferisce (il tempo minimo necessario per raccogliere le informazioni, che non possono e non potranno mai essere raccolte in "tempo reale"). Inoltre questa foto, per restare alla metafora, viene scattata con la macchina fotografica "scientificamente più aggiornata" disponibile in quel momento che, almeno per alcuni particolari più o meno significativi, è sempre diversa da quella utilizzata per fare la fotografia precedente. Per avere maggiore evidenza dei trend occorrerebbe riscattare tutte le foto precedenti con la macchina fotografica utilizzata per fare l'ultima, ma, al di là della grande onerosità che ciò comporterebbe, comunque non sarebbe una fotografia del tutto confrontabile, dato che non tutte le informazioni sono parimenti reperibili nelle diverse fasi storiche.

4.2 Microinquinanti

Nelle tabelle 15 e 16 e nel grafico 3 si riportano, rispettivamente in termini assoluti, percentuali e in forma grafica, le emissioni complessive annue dei microinquinanti per i quali esiste uno standard normativo, ovvero i metalli arsenico, piombo e cadmio, e il benzo(a)pirene, suddivise per macrosettore (classificazione CORINAIR - SNAP97).



Tabella 15: emissioni dei principali microinquinanti in Trentino, per macrosettore (kg) (2019)

Macrosettore	As	Cd	Ni	Pb	B(a)P
01 - Produzione energia e trasformazione combustibili	12,08	2,22	17,81	25,86	1,38
02 - Combustione non industriale	2,12	65,35	10,07	135,77	927,72
03 - Combustione nell'industria	2,62	0,28	19,84	2,19	3,15
04 - Processi produttivi	42,32	16,65	151,21	126,27	0,14
06 - Uso di solventi		0,00		0,00	
07 - Trasporto su strada	4,17	4,68	20,63	301,92	11,11
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari		0,27	1,89	0,83	0,81
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	0,79	0,27	2,27	1,17	0,50
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	0,23	4,25	4,78	32,47	1,90
TOTALE	64,33	93,98	228,49	626,49	946,71

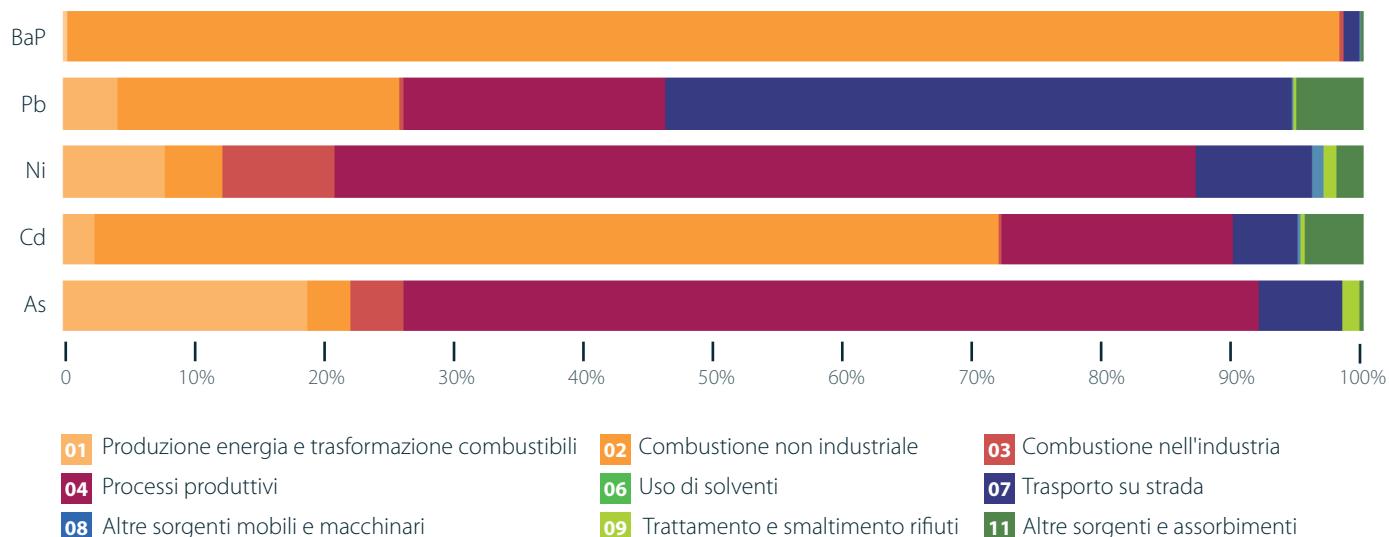
[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Tabella 16: distribuzione percentuale delle emissioni dei principali microinquinanti in Trentino, per macrosettore (2019)

Macrosettore	As	Cd	Ni	Pb	B(a)P
01 - Produzione energia e trasformazione combustibili	19%	2%	8%	4%	0%
02 - Combustione non industriale	3%	70%	4%	22%	98%
03 - Combustione nell'industria	4%	0%	9%	0%	0%
04 - Processi produttivi	66%	18%	66%	20%	0%
06 - Uso di solventi		0%		0%	1%
07 - Trasporto su strada	6%	5%	9%	48%	0%
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari		0%	1%	0%	0%
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	1%	0%	1%	0%	0%
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	0%	5%	2%	5%	0%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 3: distribuzione percentuale delle emissioni dei principali microinquinanti in Trentino, per macrosettore (2019)

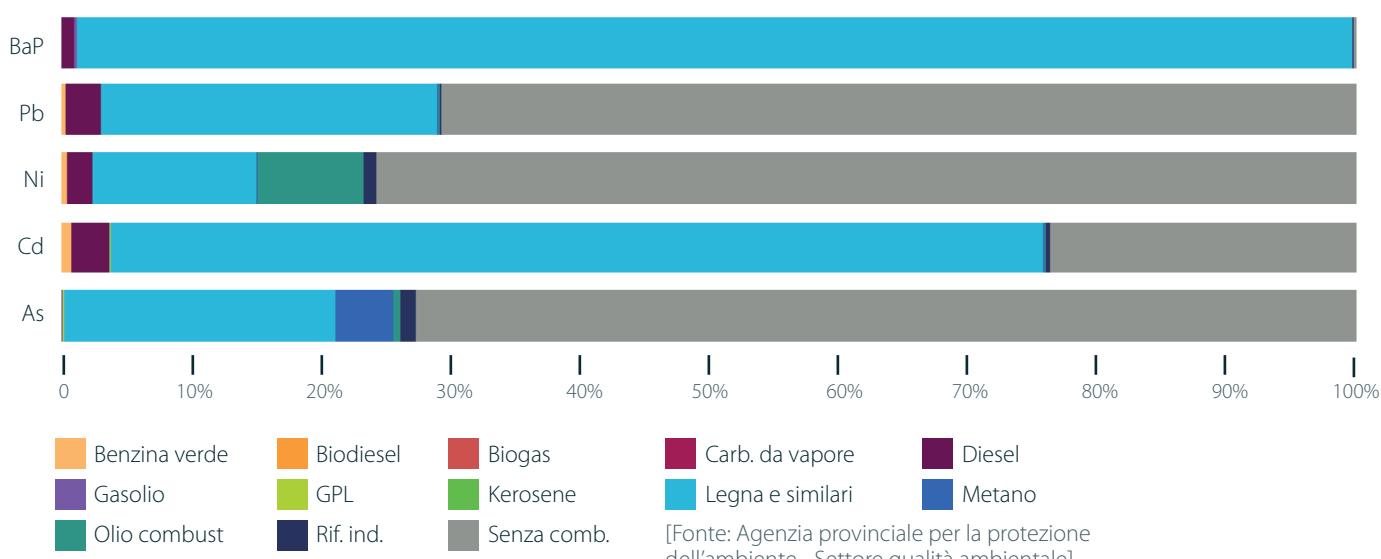


[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

La maggior parte delle emissioni dei microinquinanti considerati è correlata ai processi di combustione (industriale e non) e ai processi produttivi. In particolare, alla combustione non industriale sono associate il 70% delle emissioni di arsenico e il 98% delle emissioni di benzo(a)pirene. I processi produttivi sono responsabili del 66% delle emissioni di arsenico e del 66% delle emissioni di nichel. Il trasporto su strada è invece associato al 48% delle emissioni di piombo.

I dati emissivi possono essere aggregati anche in funzione del tipo di combustibile, come rappresentato nel grafico 4. Il combustibile maggiormente rilevante in termini emissivi è la biomassa legnosa dalla quale derivano il 98% delle emissioni di benzo(a)pirene, il 72% delle emissioni di cadmio, il 26% di piombo e il 21% di arsenico.

Grafico 4: distribuzione percentuale delle emissioni dei principali microinquinanti in Trentino, per combustibile (2019)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

4.3 Gas climalteranti

Con riferimento ai gas climalteranti, nelle tabelle 17 e 18 e nel grafico 5 si riportano, rispettivamente in termini assoluti, percentuali e in forma grafica, le emissioni complessive annue di anidride carbonica (CO_2)³, metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O), nonché dell'indicatore aggregato CO_2 equivalente⁴, suddivise per macrosettore (classificazione CORINAIR – SNAP97).



Tabella 17: emissioni dei gas climalteranti in Trentino, per macrosettore (tonnellate di CH_4 e N_2O , kt di CO_2 e $\text{CO}_{2\text{eq}}$) (2019)

Macrosettore	CH_4	CO_2	N_2O	$\text{CO}_{2\text{eq}}$
01 - Produzione energia e trasformazione combustibili	62,39	103,82	17,73	110,63
02 - Combustione non industriale	1.650,37	732,3	86,02	793,62
03 - Combustione nell'industria	173,41	1.091,64	26,29	1.103,43
04 - Processi produttivi	3,02	39,25	1,51	39,78
05 - Estrazione e distribuzione combustibili	2.977,69			62,53
06 - Uso di solventi				
07 - Trasporto su strada	60,12	1.163,37	41,41	1.177,47
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari	1,68	85,41	4,66	86,89
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	7.872,46	140,25	24,98	313,32
10 - Agricoltura	4.963,13		235,58	177,26
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	377,07		0,08	7,94
TOTALE	18.141,35	3.356,05	438,26	3.872,88

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

³ L'anidride carbonica (CO_2), che è il principale gas a effetto serra, viene calcolata all'interno dell'inventario delle emissioni come CO_2 emessa da fonti non rinnovabili, e quindi corrisponde alla CO_2 netta. Si definisce invece CO_2 linda 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_2 in atmosfera essendo la biomassa un combustibile biogenico, ossia generato per fotosintesi a partire da carbonio già presente in atmosfera. Al contrario, la CO_2 generata da processi industriali di produzione per contatto o da combustione di carburanti fossili immette in atmosfera nuova CO_2 derivante dal carbonio che precedentemente era legato con altri elementi chimici e costituiva, ad esempio, il combustibile stoccati nel sottosuolo o la materia prima da cui ottenere i derivati di lavorazione.

⁴ La CO_2 equivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) è un indicatore aggregato che rappresenta le emissioni totali di gas serra considerando i quantitativi di CO_2 , CH_4 e N_2O emessi annualmente e pesandone il contributo in termini di riscaldamento globale in base al relativo potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP).

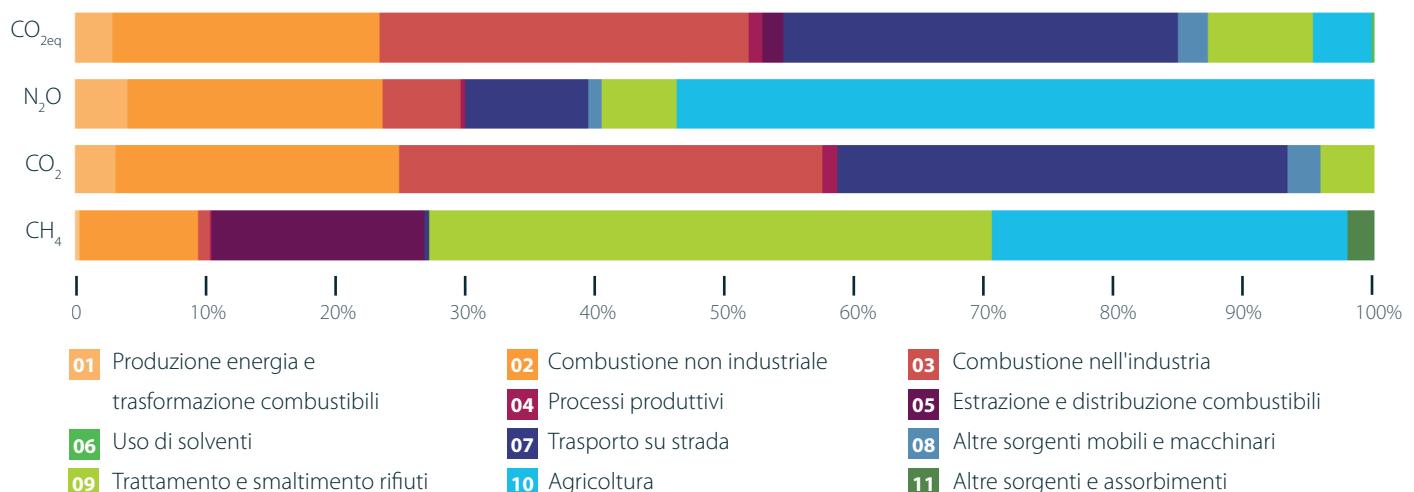


Tabella 18: distribuzione percentuale delle emissioni di gas climalteranti in Trentino, per macrosettore (2019)

Macrosettore	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CO _{2eq}
01 - Produzione energia e trasformazione combustibili	0%	3%	4%	3%
02 - Combustione non industriale	9%	22%	20%	20%
03 - Combustione nell'industria	1%	33%	6%	28%
04 - Processi produttivi	0%	1%	0%	1%
05 - Estrazione e distribuzione combustibili	16%			2%
06 - Uso di solventi				
07 - Trasporto su strada	0%	35%	9%	30%
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari	0%	3%	1%	2%
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	43%	4%	6%	8%
10 - Agricoltura	27%		54%	5%
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	2%		0%	0%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 5: distribuzione percentuale delle emissioni dei gas climalteranti in Trentino, per macrosettore (2019)

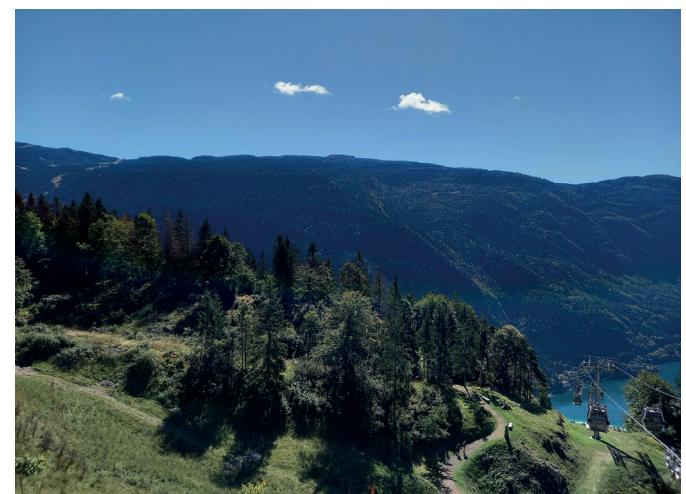
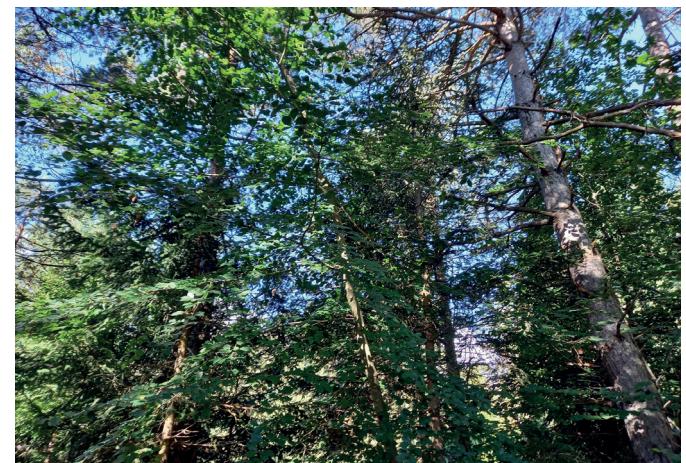


[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Le emissioni di anidride carbonica (CO₂) sono imputabili per il 35% al trasporto su strada, per il 22% alla combustione non industriale e per il 33% alla combustione industriale. Le emissioni di metano (CH₄) sono legate al trattamento e smaltimento dei rifiuti (43% del totale), all'agricoltura/ allevamento (27%), alle attività di estrazione e distribuzione di combustibili (16%).

Le emissioni di protossido di azoto (N₂O) sono imputabili per il 54% delle emissioni totali al settore dell'agricoltura/ allevamento e per il 20% alla combustione non industriale. La CO_{2eq} deriva prevalentemente dai trasporti su strada (30%) e dalla combustione sia industriale (28%) che non industriale (20%). Riguardo ai combustibili responsabili delle emissioni di CO_{2eq}, prevalgono il metano (35%), utilizzato soprattutto per la combustione industriale e non industriale, e il gasolio (26%), utilizzato soprattutto per i trasporti su strada.

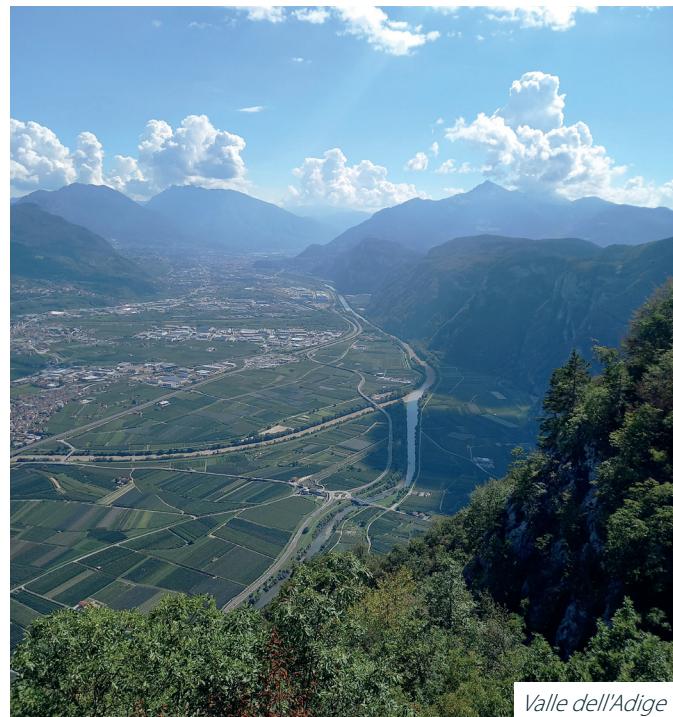
L'inventario delle emissioni stima anche l'assorbimento del carbonio da parte delle foreste, ovvero la CO₂ assorbita dai serbatoi forestali di carbonio (biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa, lettiera e sostanza organica del suolo). L'anidride carbonica assorbita è espressa con valore negativo e il suo valore annuo è pari a 2.178 kt, che, se confrontato con il totale annuo emesso a livello provinciale pari a 3.356 kt, dà una chiara indicazione del rilevante contributo dato dal patrimonio boschivo provinciale.



5 LA QUALITÀ DELL'ARIA

Lo stato di qualità dell'aria in Trentino è legato alle quantità di inquinanti emesse in atmosfera e descritte nel precedente paragrafo; la conoscenza di tali quantità non è tuttavia sufficiente per descrivere in maniera esaustiva la qualità dell'aria di un territorio, in quanto essa è fortemente influenzata da molteplici fattori di tipo meteorologico e orografico che governano i fenomeni di dispersione degli inquinanti in atmosfera e dalle dinamiche di trasporto degli inquinanti stessi da e verso le aree limitrofe.

Di seguito si riportano i trend e le variazioni di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici monitorati nelle stazioni della rete provinciale di monitoraggio, con riferimento ai limiti previsti dalla normativa nazionale e aggiornamento all'anno 2021.



5.1 Concentrazioni di polveri fini e ultrafini (PM10 e PM2,5)

Le concentrazioni medie annuali e il numero di superamenti del limite giornaliero per le polveri fini (PM10) nel 2020 e nel 2021 sono riportati in tabella 19.

Tabella 19: giorni di superamento del limite giornaliero e concentrazione media annua per le polveri fini (PM10) in Trentino (2020-2021)

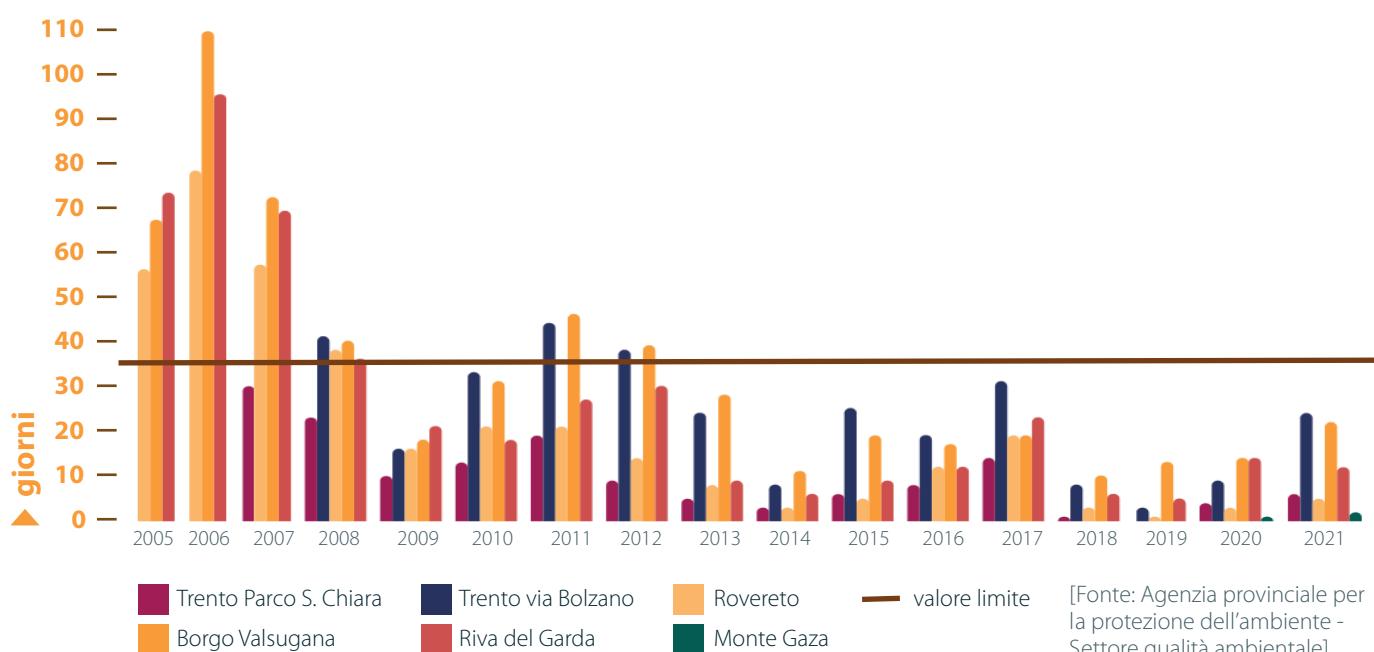
PM10					
Zona	Stazione di monitoraggio	Giorni di superamento del limite media giornaliera 50 µg/m³		Media annua	
		2020	2021	2020	2021
IT0403	Trento Parco S. Chiara	4	6	19 µg/m³	19 µg/m³
	Trento via Bolzano	9	24	21 µg/m³	23 µg/m³
	Rovereto	3	5	17 µg/m³	18 µg/m³
	Borgo Valsugana	14	22	22 µg/m³	24 µg/m³
	Riva del Garda	14	12	19 µg/m³	20 µg/m³
IT0404	Monte Gaza	1	2	10 µg/m³	10 µg/m³
Limite D.Lgs. 155/2010		35	35	40 µg/m³	40 µg/m³

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Il grafico 6 mostra come, a partire dal 2009, e per i siti di Trento via Bolzano e Borgo Valsugana dal 2013, il limite dei 35 superamenti annuali, per quel che riguarda la soglia sul valore limite giornaliero, è rispettato in tutti i siti di misura. L'andamento lievemente irregolare negli anni è principalmente imputabile alla forte correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le condizioni meteoclimatiche invernali più o meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti e caratterizzate da una

marcata variabilità interannuale. Questo rende difficile decretare con certezza se sia stata 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 fondovalle di Trento Parco S. Chiara, Rovereto, Piana Rotaliana e Riva del Garda non rappresentino situazioni di particolare criticità rispetto a tale limite normativo.

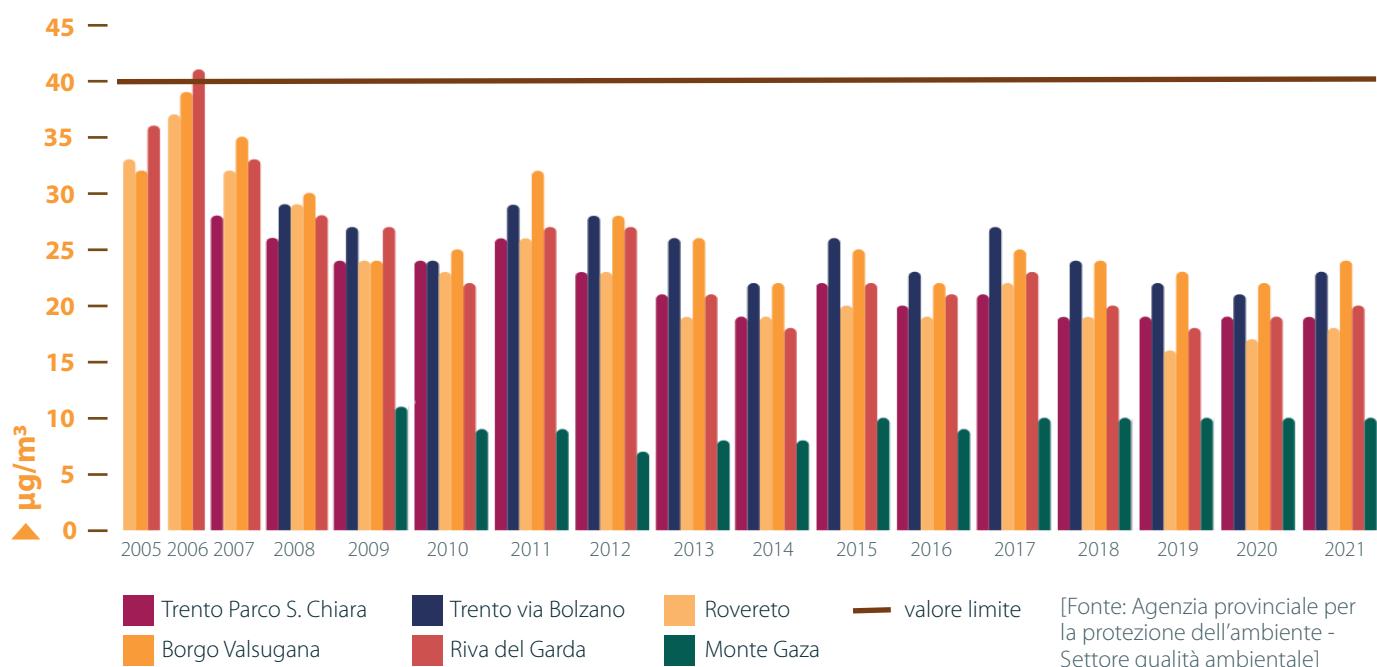
Grafico 6: giorni di superamento del limite giornaliero per le polveri fini (PM10) in Trentino (2005-2021)



Il grafico 7 mostra invece l'andamento della concentrazione media annua di PM10. Diversamente dal limite giornaliero, storicamente il limite annuo previsto è sempre stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni, con l'unica eccezione della stazione di Riva del Garda nell'anno 2006. In particolare, dal 2006 è possibile notare una progressiva riduzione della concentrazione media annua, che risulta attualmente ampiamente inferiore rispetto al valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dalla normativa.



Grafico 7: concentrazione media annua di polveri fini (PM10) in Trentino (2005-2021)



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
1. Concentrazioni di polveri fini (PM10)	Aria	S	D	😊	↔	P	2005-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

La concentrazione di polveri ultrafini (PM2,5) viene misurata nelle stazioni di Trento Parco S. Chiara, Rovereto e Borgo Valsugana. Come mostrato dalla tabella 20 e dal grafico 8, anche per il 2021, al pari degli anni precedenti, la media annuale è risultata in tutte e tre le stazioni inferiore al valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (previsto dal 1 gennaio 2015) e pertanto ne viene confermato

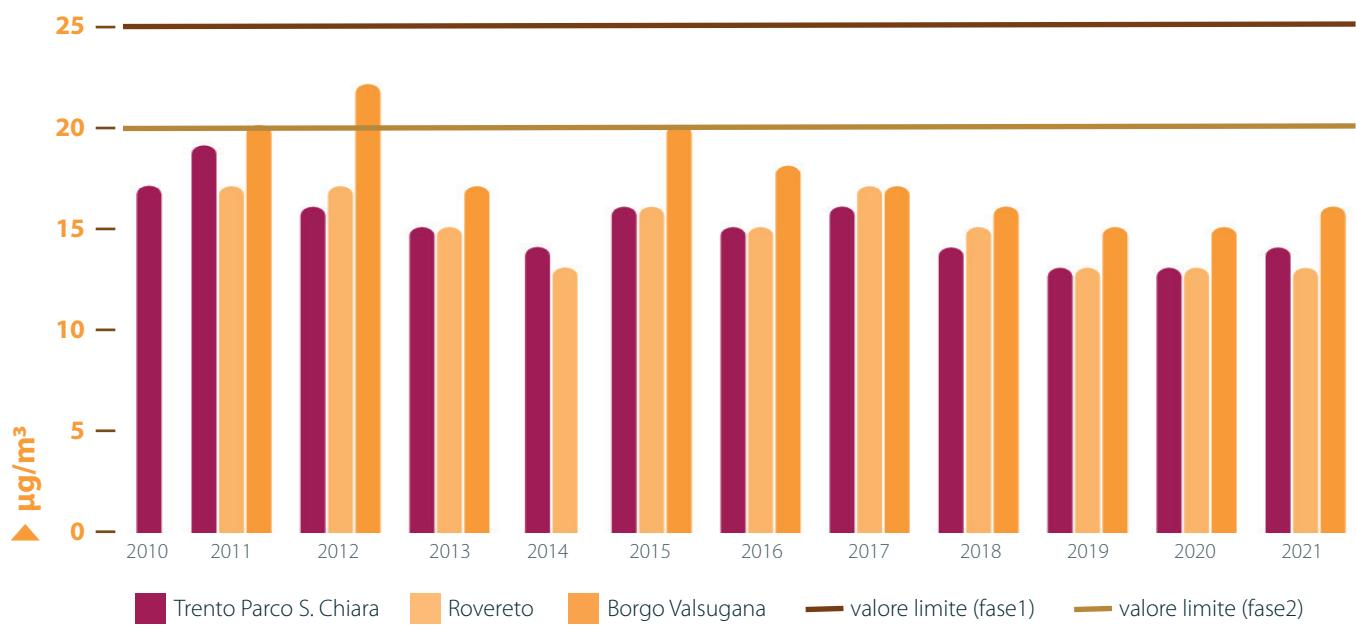
il rispetto, sempre osservato da quando è attivo il monitoraggio di questo inquinante. Dal 2013 in poi le medie annuali risultano inoltre già inferiori al limite più restrittivo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa per la successiva fase 2. I valori misurati nel corso del 2021 risultano analoghi a quelli degli anni 2019 e 2020, tra i più bassi finora registrati.

Tabella 20: concentrazione media annua di polveri ultrafini (PM2,5) in Trentino (2020-2021)

Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua	
		2020	2021
		13 µg/m³	14 µg/m³
Trento Parco S. Chiara		13 µg/m³	14 µg/m³
Rovereto		13 µg/m³	13 µg/m³
Borgo Valsugana		15 µg/m³	16 µg/m³
Limite D.Lgs. 155/2010 - FASE 1		25 µg/m³	25 µg/m³
Limite D.Lgs. 155/2010 - FASE 2		20 µg/m³	20 µg/m³

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 8: concentrazione media annua di polveri ultrafini (PM2,5) in Trentino (2010-2021)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
2. Concentrazioni di polveri ultrafini (PM2,5)	Aria	S	D	😊	↔	P	2010-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

5.2 Concentrazioni di biossido di azoto (NO_2)

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 annue evidenziano differenze rilevanti a seconda della tipologia di sito di rilevamento, che può essere stazione di "traffico" (come Trento via Bolzano) o stazione di "fondo" (come le altre).

Come mostrato nella tabella 21, nel 2021 il limite orario di concentrazione, pari a $200 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, è stato sempre rispettato in tutte le stazioni della rete; in precedenza, tale limite non è mai stato superato in nessuna delle stazioni di rilevamento, a eccezione della stazione di traffico sita a Trento via Bolzano. In ogni caso, nemmeno a Trento via Bolzano è mai stato oltrepassato il limite di 18 superamenti annui del limite orario di concentrazione da quando si effettuano le misurazioni (grafico 9).

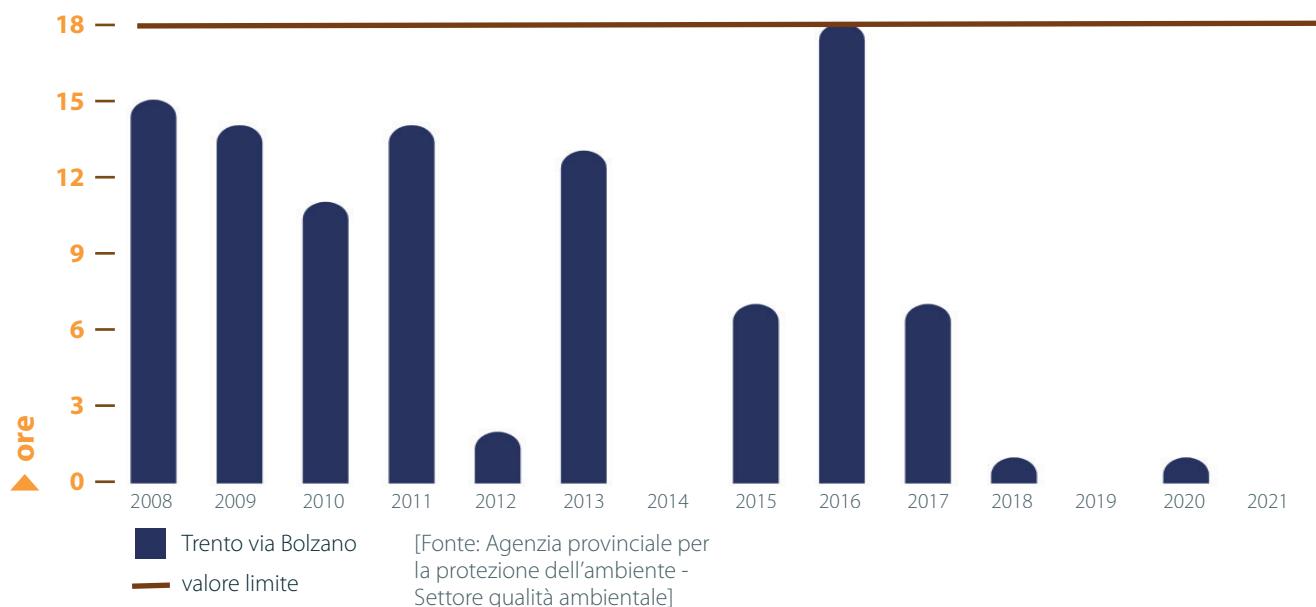
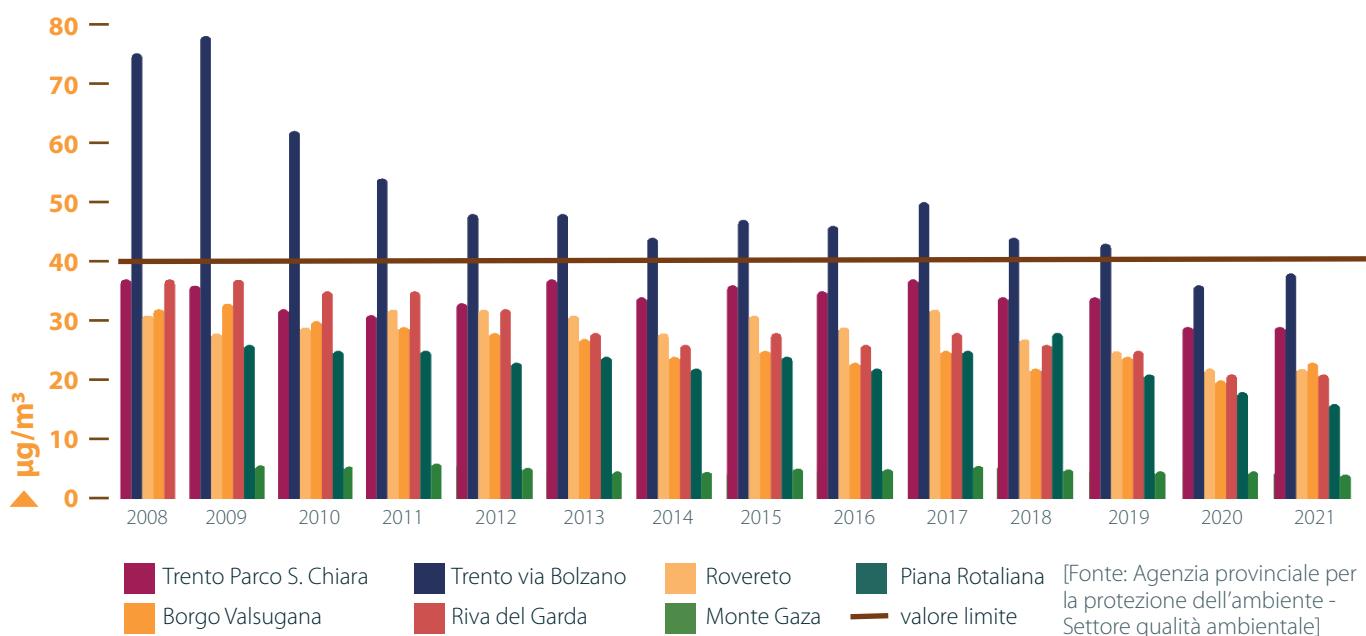
Per quanto riguarda la concentrazione media annua di biossido di azoto, il grafico 10 conferma il trend positivo degli ultimi anni, con concentrazioni in progressiva diminuzione a partire dal 2009. A partire dal 2008 si osserva il rispetto del limite sulla media annua, pari a $40 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, per tutte le stazioni di fondo. A partire dal 2020, complici anche le restrizioni legate alla pandemia di Covid-19, il limite è stato rispettato anche presso la stazione di traffico di Trento via Bolzano.



Tabella 21: ore di superamento del limite orario e concentrazione media annua per il biossido di azoto (NO_2) in Trentino (2020-2021)

Zona	Stazione di monitoraggio	NO_2		Media annua	
		Giorni di superamento del limite media oraria $200 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$		2020	2021
		2020	2021	2020	2021
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0	0	$29 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$29 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Trento via Bolzano	1	0	$36 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$38 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Rovereto	0	0	$22 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$22 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Borgo Valsugana	0	0	$20 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$23 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Riva del Garda	0	0	$18 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$21 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
IT0404	Monte Gaza	0	0	$5 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$4 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
Limite D.Lgs. 155/2010		18	18	$40 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 9: ore di superamento del limite orario per il biossido di azoto (NO_2) a Trento via Bolzano (2008-2021)Grafico 10: concentrazione media annua di biossido di azoto (NO_2) in Trentino (2008-2021)

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
3. Concentrazioni di biossido di azoto (NO_2)	Aria	S	D	:(↗	P	2008-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

5.3 Concentrazioni di biossido di zolfo (SO₂)

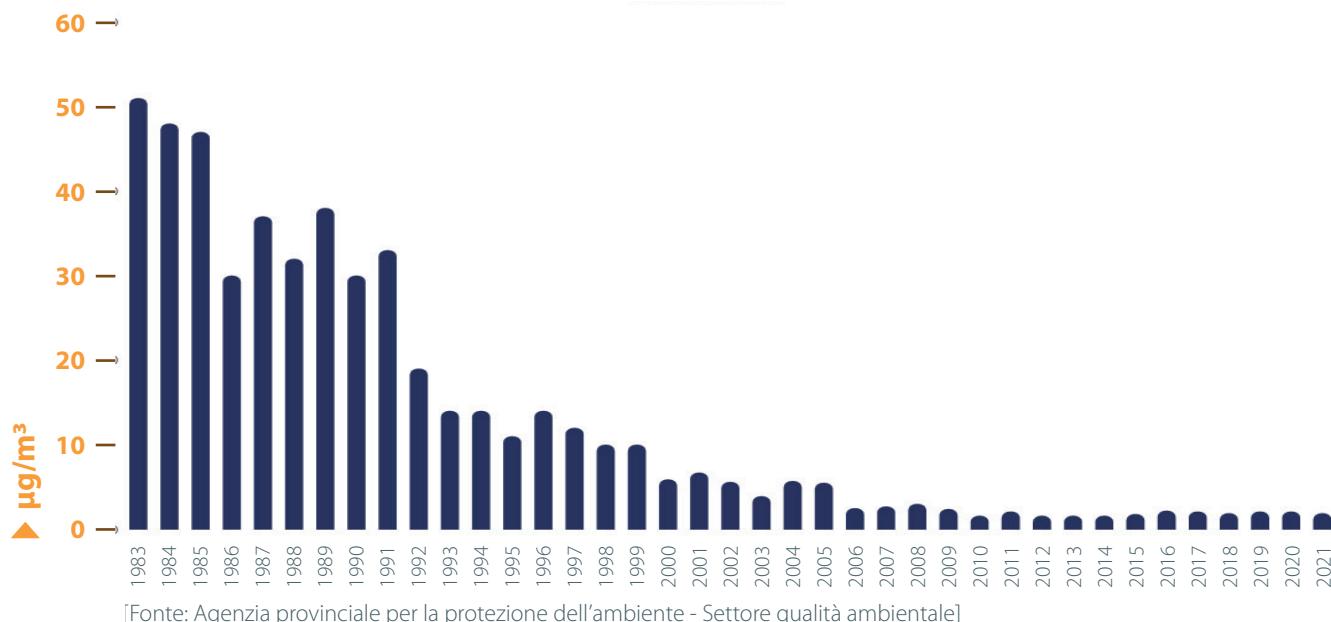
Le concentrazioni di biossido di zolfo, sempre modeste in Trentino, sono sensibilmente diminuite nel tempo per effetto della progressiva riduzione del contenuto di zolfo nei combustibili (in particolare diesel) e per la progressiva conversione degli impianti di riscaldamento domestici da gasolio a metano.

Analizzando nel grafico 11 l'andamento della concentrazione media annua di biossido di zolfo dell'ultimo trentennio si nota, a partire dal 2006, una stabilizzazione della concentrazione su valori inferiori a 3 µg/m³. Analogamente al monossido di carbonio, anche per il biossido di zolfo il numero di punti di monitoraggio in Trentino è stato progressivamente ridotto e attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di Trento Parco S. Chiara.

Coerentemente con l'andamento degli ultimi anni, anche nel 2021 non ci sono stati 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). Il biossido di zolfo rappresenta quindi un inquinante primario non critico per il territorio trentino.



Grafico 11: concentrazione media annua di biossido di zolfo (SO₂) a Trento S. Chiara (1983-2021)



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
4. Concentrazioni di biossido di zolfo (SO ₂)	Aria	S	D			P	1983-2021	

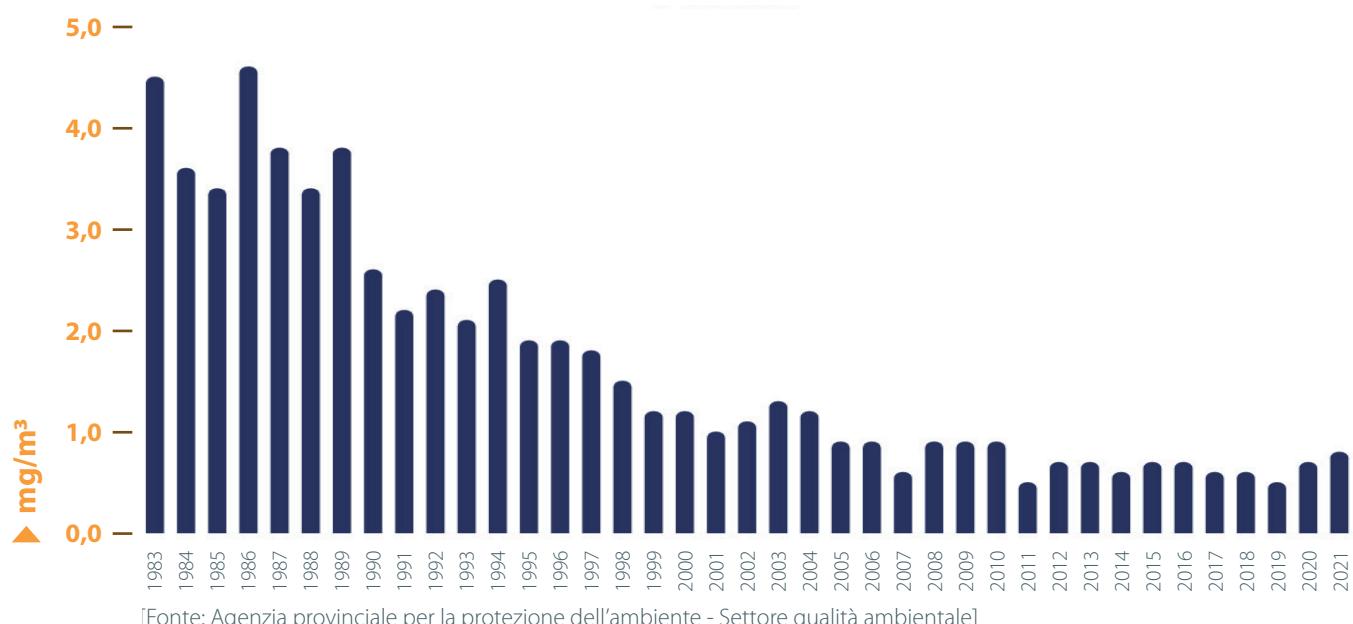
5.4 Concentrazioni di monossido di carbonio (CO)

A seguito della sostanziale riduzione delle concentrazioni di monossido di carbonio registrata negli anni, il numero di punti di monitoraggio in Trentino è stato progressivamente ridotto e attualmente, visto il legame di questo inquinante con le emissioni veicolari, la misura è effettuata nella sola stazione di monitoraggio di traffico di Trento via Bolzano.

Nel 2021, così come negli ultimi anni, è stato rispettato il valore limite imposto dalla normativa (media calcolata su 8 ore inferiore a 10 mg/m³). Vista l'introduzione massiccia e obbligatoria dei sistemi catalitici su tutti i veicoli a motore, dal 2005 la concentrazione media annua di CO si è stabilizzata su valori inferiori a 1 mg/m³ (grafico 12). Il monossido di carbonio di conseguenza rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.



Grafico 12: concentrazione media annua di monossido di carbonio (CO) a Trento via Bolzano (1983-2021)



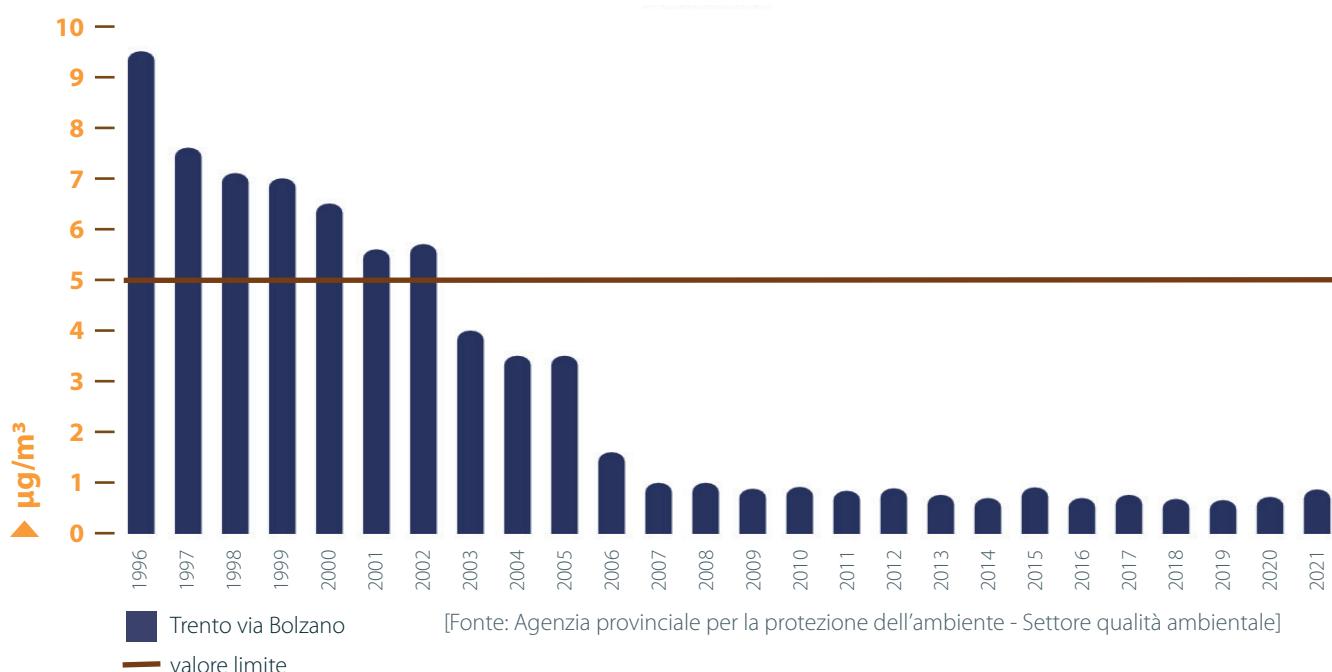
INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
5. Concentrazioni di monossido di carbonio (CO)	Aria	S	D	😊	↔	P	1983-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

5.5 Concentrazioni di benzene (C_6H_6)

La progressiva riduzione del benzene presente nella benzina verde, introdotta negli anni Novanta, e il contestuale incremento della circolazione di automobili diesel (che non emettono questo inquinante) hanno portato a una rapida e vistosa riduzione delle concentrazioni di tale inquinante. A partire dal 2003, le concentrazioni medie annue di benzene risultano abbondantemente inferiori al valore limite di $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e dal 2007 tali concentrazioni hanno raggiunto valori stabilmente inferiori a $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (grafico 13). Attualmente il benzene è misurato esclusivamente presso il sito di Trento via Bolzano e rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.



Grafico 13: concentrazione media annua di benzene (C_6H_6) a Trento via Bolzano (1996-2021)



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
6. Concentrazioni di benzene (C_6H_6)	Aria	S	D	😊	↔	P	1996-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

5.6 Concentrazioni di ozono (O_3)

I valori registrati per l'ozono mostrano una variabilità interannuale piuttosto marcata, strettamente legata alla variabilità meteo-climatica, data la forte dipendenza delle concentrazioni di tale inquinante da variabili meteorologiche quali radiazione solare e temperatura. Sul territorio provinciale le situazioni di maggior criticità si hanno in corrispondenza delle stazioni di Monte Gaza e Riva del Garda, in quanto caratterizzate da un elevato irraggiamento solare durante il periodo estivo, che favorisce le reazioni fotochimiche responsabili della formazione di ozono.

Nel 2021, come negli anni precedenti, si sono verificati alcuni superamenti della soglia di informazione fissata dalla normativa, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$; non è mai stata superata,

invece, la soglia di allarme, pari a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 22 e grafico 14).

Il valore obiettivo fissato dalla normativa, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte l'anno come media su 3 anni e riferito alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore, è stato superato in maniera diffusa su tutto il territorio provinciale nel 2021 come negli anni precedenti, a eccezione della stazione di Borgo Valsugana (tabella 22 e grafici 15 e 16).

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.

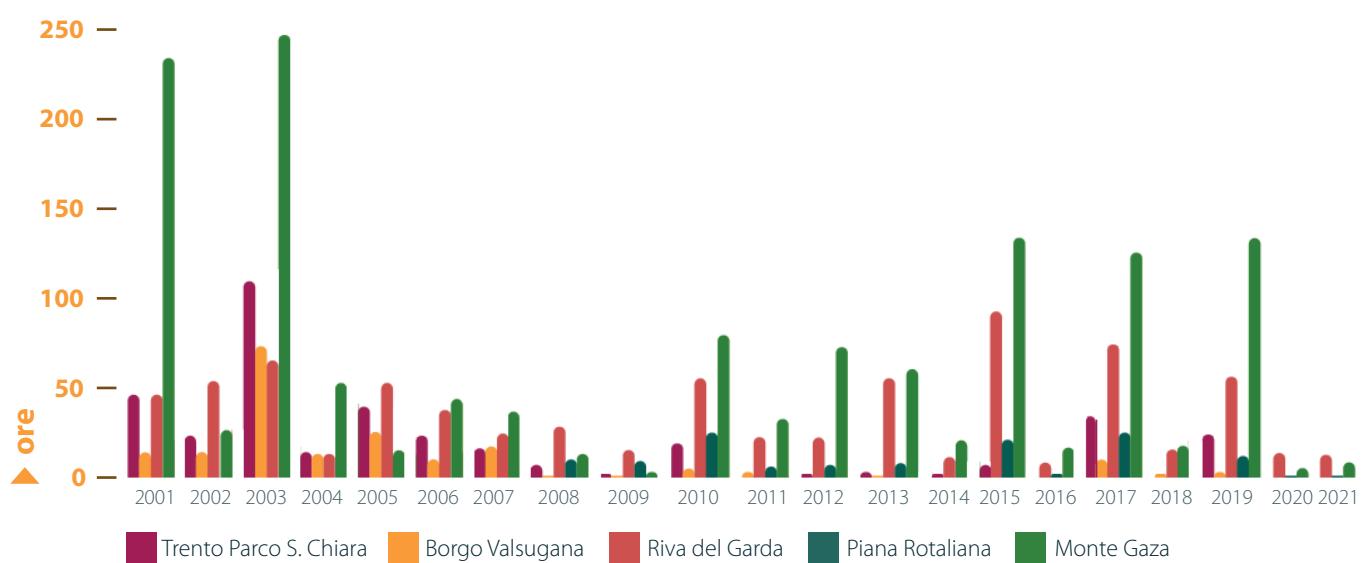
Tabella 22: superamenti del valore obiettivo e delle soglie di informazione e allarme per l'ozono (O_3) in Trentino (2021)

Zona	Stazione di monitoraggio	O_3		Ore di superamento della soglia di informazione	Ore di superamento della soglia di allarme
		2021	Media 2019-2021		
IT0405	Trento Parco S. Chiara	41	42	0	0
	Borgo Valsugana	15	17	0	0
	Riva del Garda	61	61	12	0
	Piana Rotaliana	34	35	1	0
	Monte Gaza	101	102	8	0
Valore obiettivo D.Lgs. 155/2010		/	25	-	-

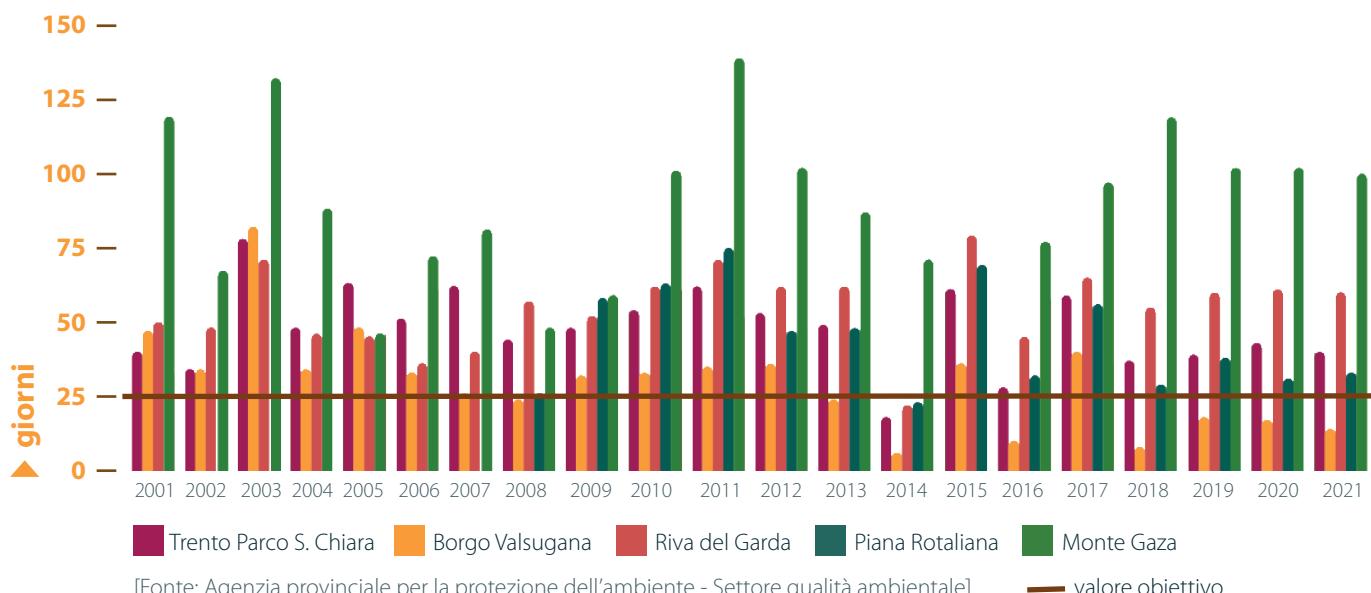
[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]



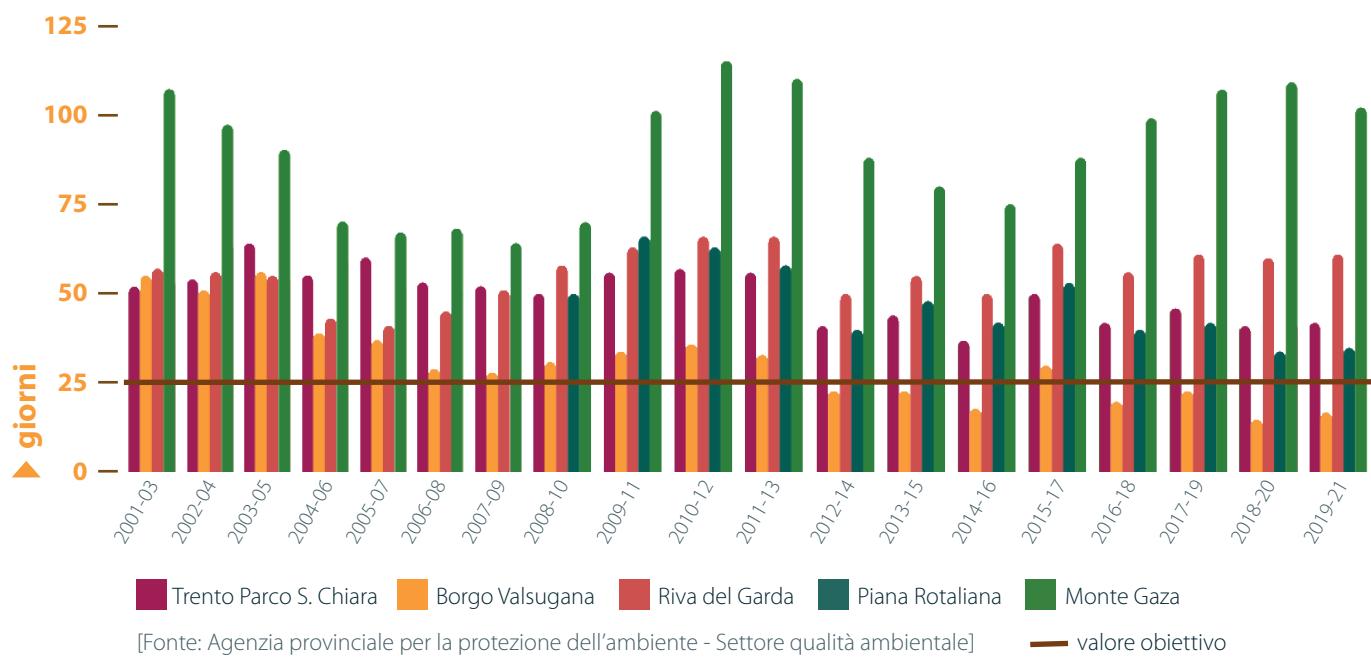
Stazione di Monte Gaze

Grafico 14: superamenti della soglia di informazione per l'ozono (O_3) in Trentino (2001-2021)

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 15: superamenti del valore obiettivo per l'ozono (O_3) in Trentino (annuali) (2001-2021)

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale] —— valore obiettivo

Grafico 16: superamenti del valore obiettivo per l'ozono (O_3) in Trentino (medie su 3 anni) (2001-2021)

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale] —— valore obiettivo

INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
7. Concentrazioni di ozono (O_3)	Aria	S	D	:(↔	P	2001-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

5.7 Concentrazioni di metalli (Pb, As, Cd e Ni)

A differenza di altri inquinanti, la misura delle concentrazioni di metalli non avviene in continuo, ma mediante la raccolta di campioni giornalieri di polveri fini (PM10). Come negli anni precedenti, anche nel 2021 sono stati raccolti campioni di PM10 a giorni alterni presso la stazione di Trento Parco S. Chiara. I campioni sono stati successivamente analizzati per la determinazione dei metalli.

Le concentrazioni di piombo rilevate nel 2021 confermano l'ampio rispetto del limite annuo (concentrazione media inferiore all'1% del valore limite), così come verificatosi negli anni precedenti (tabella 23 e grafico 17).

Per quanto riguarda arsenico, cadmio e nichel, le concentrazioni rilevate sono risultate in linea con gli anni precedenti e notevolmente inferiori ai rispettivi valori obiettivo (tabella 23 e grafici 18, 19 e 20).

Piombo, arsenico, cadmio e nichel rappresentano quindi inquinanti primari non critici per il territorio trentino.

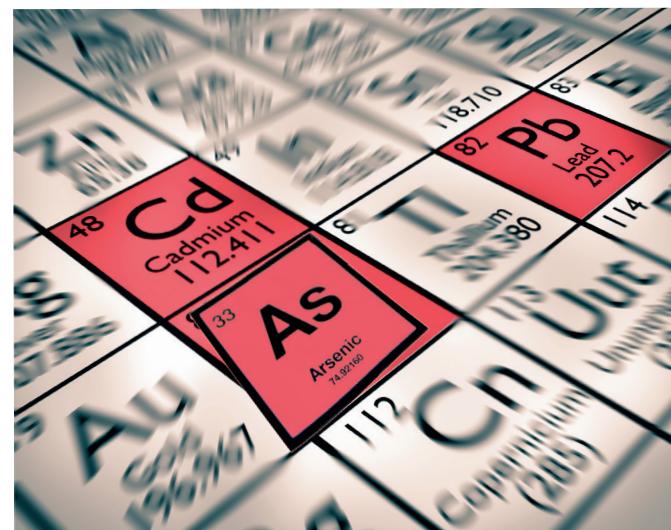
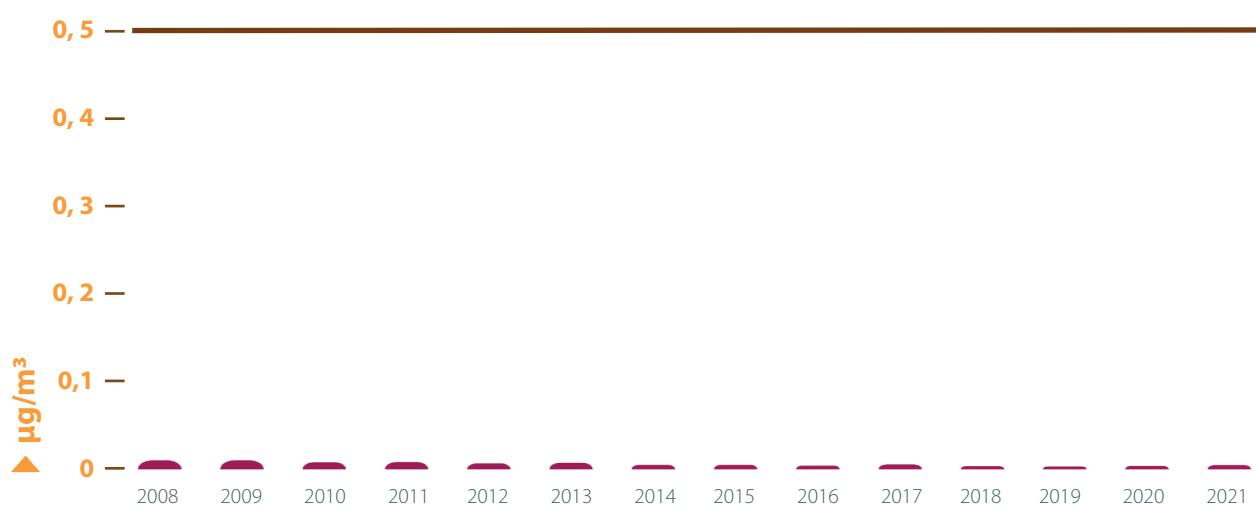


Tabella 23: concentrazione media annua di metalli (piombo, arsenico, cadmio, nichel) a Trento S. Chiara (2021)

Metalli					
Zona	Stazione di monitoraggio	Pb	As	Cd	Ni
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0,0046 µg/m ³	1,5 ng/m ³	1,5 ng/m ³	1,6 ng/m ³
Limite/valore obiettivo D.Lgs. 155/2010		0,5 µg/m ³	6,0 ng/m ³	5,0 ng/m ³	20,0 ng/m ³

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 17: concentrazione media annua di piombo (Pb) a Trento S. Chiara (2008-2021)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 18: concentrazione media annua di arsenico (As) a Trento S. Chiara (2010-2021)

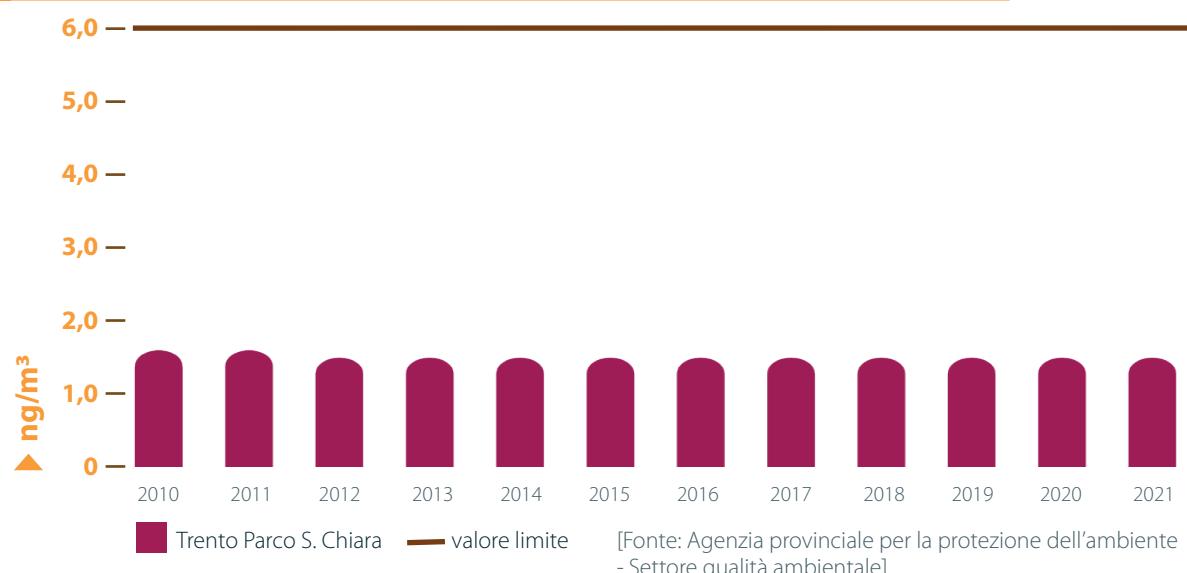


Grafico 19: concentrazione media annua di cadmio (Cd) a Trento S. Chiara (2010-2021)

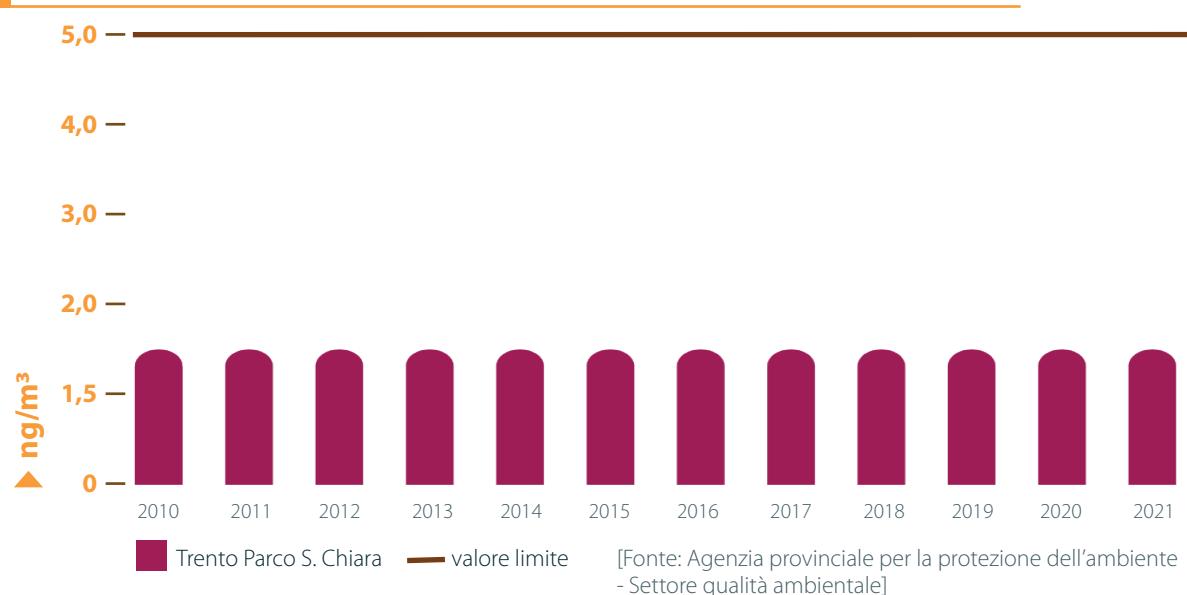
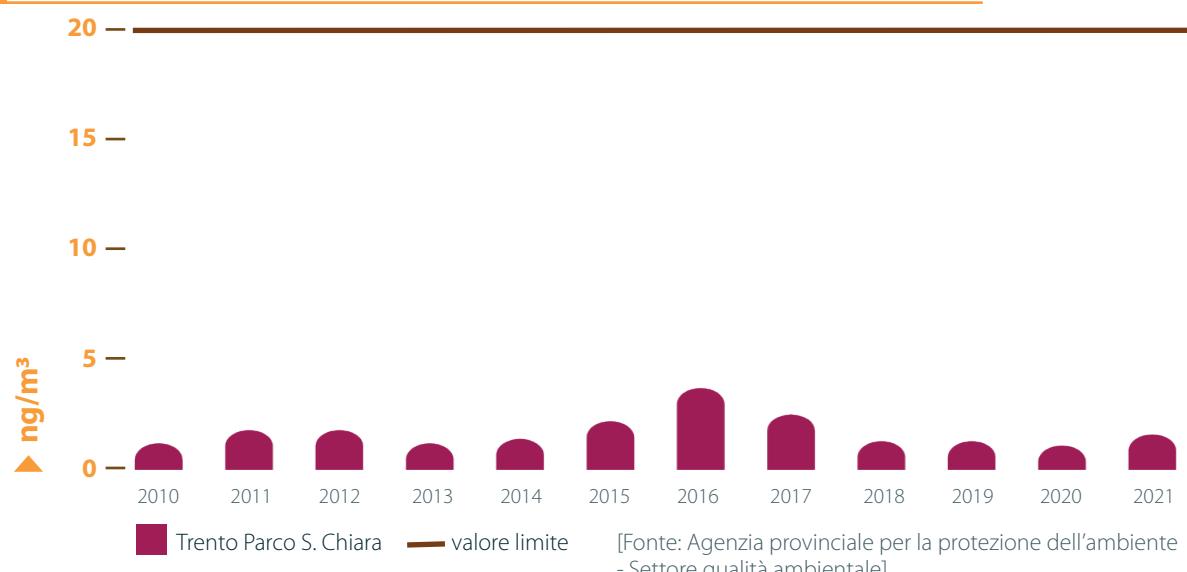


Grafico 20: concentrazione media annua di nichel (Ni) a Trento S. Chiara (2010-2021)



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
8. Concentrazioni di metalli	Aria	S	D			P	2008-2021	



5.8 Concentrazioni di benzo(a)pirene

A differenza di altri inquinanti e in analogia con quanto avviene per i metalli, la misura del benzo(a)pirene non avviene in continuo, ma mediante la raccolta di campioni giornalieri di polveri fini (PM10), che sono disponibili a partire dal 2010.

Nel 2021 sono stati raccolti campioni di PM10 a giorni alterni presso la stazione di Trento Parco S. Chiara. I campioni sono stati successivamente analizzati per la

determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), tra cui in particolare il benzo(a)pirene.

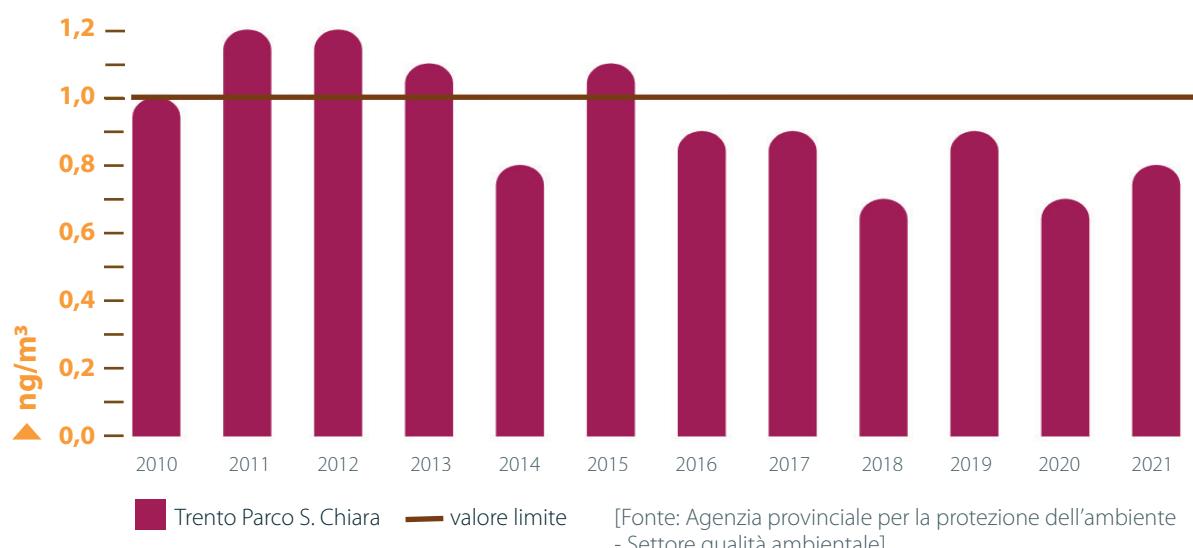
Per il 2021, la concentrazione media annua di benzo(a)pirene, pari a 0,8 ng/m³, rispetta il valore obiettivo fissato dalla normativa, pari a 1,0 ng/m³ (tabella 24). A partire dal 2016 le concentrazioni medie annue di tale inquinante hanno sempre rispettato il valore obiettivo (grafico 21), ma resta sempre concreto il rischio di un suo superamento.

Tabella 24: concentrazione media annua di benzo(a)pirene a Trento S. Chiara (2021)

B(a)P		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0,8 ng/m ³
Limite/valore obiettivo D.Lgs. 155/2010		1 ng/m ³

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 21: concentrazione media annua di benzo(a)pirene a Trento S. Chiara (2010-2021)



INDICATORE	TEMATICA	TIPOLOGIA	DISPONIBILITÀ	SITUAZIONE	TREND	DISPONIBILITÀ SPAZIALE	DISPONIBILITÀ TEMPORALE	GOAL AGENDA 2030
9. Concentrazioni di benzo(a)pirene	Aria	S	D	:(↔	P	2010-2021	11 CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI

Un confronto con i territori confinanti

L'Istat, come gli altri Istituti nazionali di statistica, è chiamato dalla Commissione statistica delle Nazioni Unite a svolgere un ruolo attivo di coordinamento nazionale nella produzione degli indicatori per la misurazione dello sviluppo sostenibile e il monitoraggio dei suoi obiettivi. Periodicamente, quindi, l'Istituto presenta un aggiornamento e un ampliamento delle disaggregazioni delle misure statistiche utili al monitoraggio degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030, pubblicando un rapporto periodico intitolato "Rapporto SDGS. Informazioni statistiche per l'Agenda 2030 in Italia"⁵. Tra gli obiettivi dell'Agenda 2030, il numero 11 "Città e comunità sostenibili" richiede: "Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro-capite delle città, prestando particolare attenzione alla qualità

dell'aria e alla gestione dei rifiuti urbani e di altri rifiuti" (sotto-obiettivo 11.6). Il raggiungimento di tale sotto-obiettivo è monitorato dall'Istat mediante il popolamento di diversi indicatori relativi alla qualità dell'aria, e in particolare alla concentrazione degli inquinanti più problematici (polveri fini e ultrafini, biossido di azoto e ozono). Estratti dalle serie storiche di tali indicatori, che fanno riferimento ai soli Comuni capoluogo di Provincia o Città Metropolitane, sono riportati di seguito i dati relativi a Trento nel quinquennio 2016-2020⁶, mettendoli a confronto con i dati relativi ai capoluoghi di Provincia confinanti (Sondrio, Brescia, Bolzano, Verona, Vicenza, Belluno), allo scopo di allargare la visione in termini spaziali oltre che temporali e di fornire un ulteriore parametro di valutazione della qualità dell'aria in Trentino.



⁵ <https://www.istat.it/it/benessere-e-sostenibilit%C3%A0/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile>

⁶ Si tratta degli ultimi cinque anni per i quali sono risultati disponibili i dati elaborati dall'Istat al momento della chiusura redazionale del presente capitolo.

Polveri fini (PM10)

La tabella 25 e il grafico 22, che riportano il valore più elevato della concentrazione media annua di polveri fini (PM10) rilevato tra tutte le centraline fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria nella città considerata, mostrano come siano le città "di pianura" (Brescia, Verona e Vicenza) a scontare le concentrazioni più elevate, mentre le città "di montagna" (oltre a Trento, anche Sondrio, Bolzano e Belluno) fanno registrare concentrazioni sensibilmente minori.

Tabella 25: concentrazione media annua di polveri fini (PM10) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016-2020)

	2016	2017	2018	2019	2020
Sondrio	23	25	23	21	20
Brescia	33	39	33	33	32
Bolzano	17	21	20	18	18
Verona	30	34	31	33	33
Vicenza	36	40	34	33	33
Belluno	21	24	22	22	20
Trento	23	27	24	22	21

[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Grafico 22: concentrazione media annua di polveri fini (PM10) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016-2020)



[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

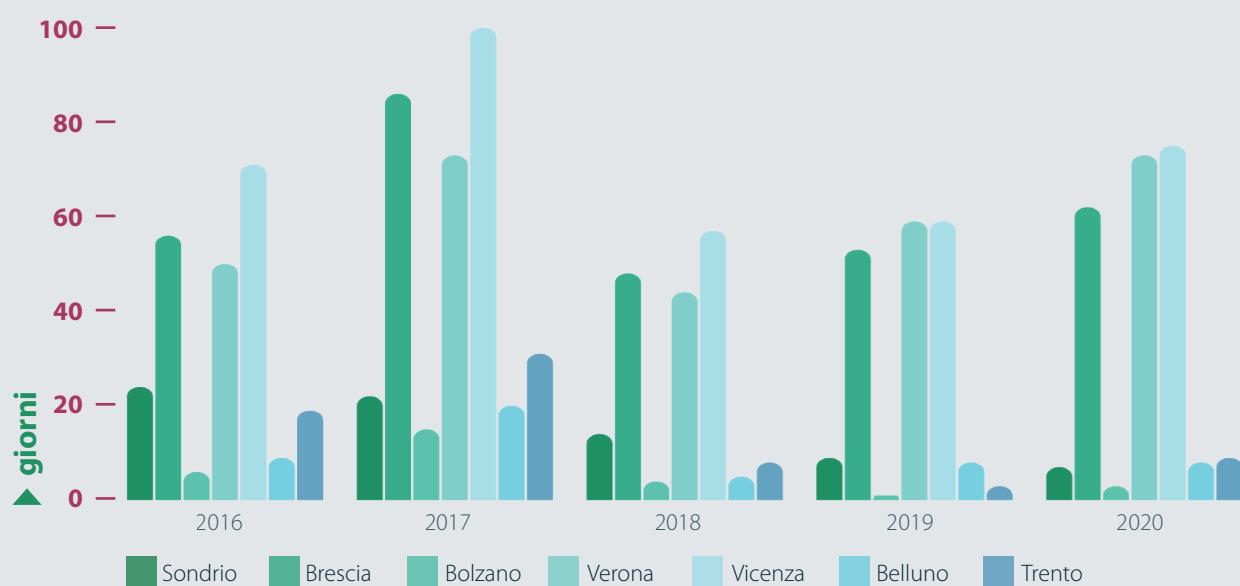
Medesima evidenza si ha dalla tabella 26 e dal grafico 23, che riportano invece i superamenti del valore limite giornaliero previsto per il PM10 nelle città considerate: sono nettamente più numerosi i superamenti nelle città di pianura che in quelle di montagna, tra cui Trento.

Tabella 26: superamenti del valore limite giornaliero previsto per le polveri fini (PM10) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti (numero di giorni) (2016-2020)

	2016	2017	2018	2019	2020
Sondrio	24	22	14	9	7
Brescia	56	86	48	53	62
Bolzano	6	15	4	1	3
Verona	50	73	44	59	73
Vicenza	71	100	57	59	75
Belluno	9	20	5	8	8
Trento	19	31	8	3	9

[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Grafico 23: superamenti del valore limite giornaliero previsto per le polveri fini (PM10) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti (numero di giorni) (2016-2020)



[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Polveri ultrafini (PM2,5)

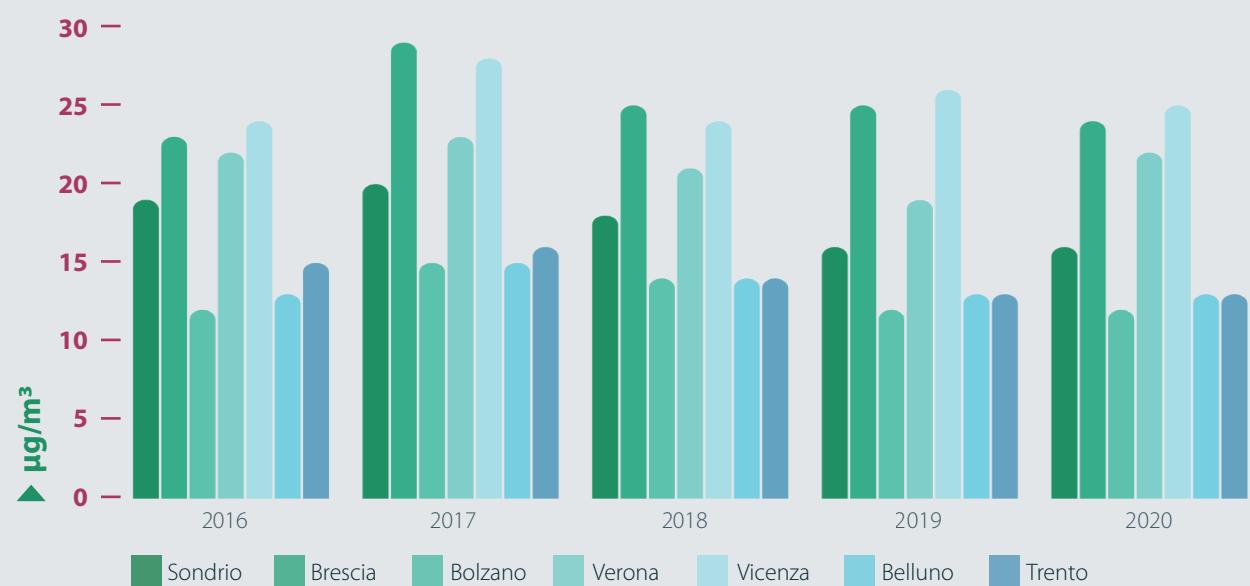
La tabella 27 e il grafico 24, che riportano il valore più elevato della concentrazione media annua di polveri ultrafini (PM2,5) rilevato tra tutte le centraline fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria nella città considerata, mostrano, analogamente con quanto visto per le polveri fini, come siano le città di pianura a scontare le concentrazioni più elevate, mentre le città di montagna, tra cui Trento, fanno registrare concentrazioni sensibilmente minori.

Tabella 27: concentrazione media annua di polveri ultrafini (PM2,5) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016-2020)

	2016	2017	2018	2019	2020
Sondrio	19	20	18	16	16
Brescia	23	29	25	25	24
Bolzano	12	15	14	12	12
Verona	22	23	21	19	22
Vicenza	24	28	24	26	25
Belluno	13	15	14	13	13
Trento	15	16	14	13	13

[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Grafico 24: concentrazione media annua di polveri ultrafini (PM2,5) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016-2020)



[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Biossido di azoto (NO_2)

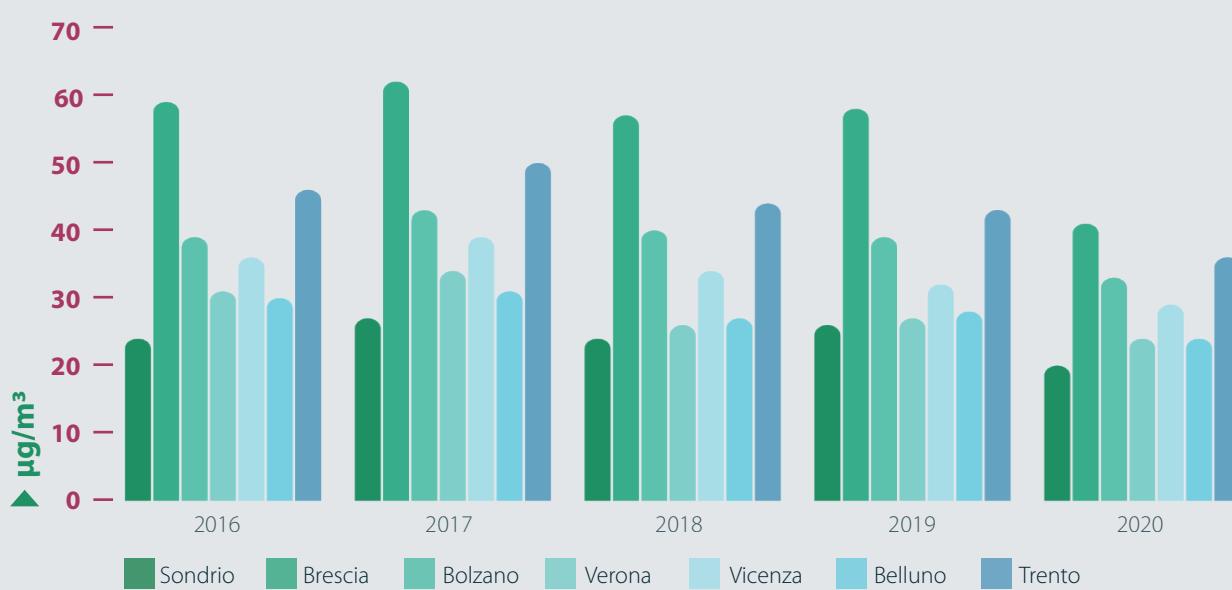
La tabella 28 e il grafico 25, che riportano il valore più elevato della concentrazione media annua di biossido di azoto (NO_2) rilevato tra tutte le centraline fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria nella città considerata, mostrano una situazione diversa da quella vista per le polveri fini e ultrafini: Trento, infatti, fa sempre registrare il valore più elevato dopo Brescia, e questo probabilmente per il fatto che le emissioni di biossido di azoto sono dovute soprattutto al traffico veicolare e che la stazione di monitoraggio al quale il dato di Trento si riferisce si trova in via Bolzano, nei pressi dell'autostrada del Brennero, uno dei punti più trafficati di tutto il Trentino.

Tabella 28: concentrazione media annua di biossido di azoto (NO_2) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016-2020)

	2016	2017	2018	2019	2020
Sondrio	24	27	24	26	20
Brescia	59	62	57	58	41
Bolzano	39	43	40	39	33
Verona	31	34	26	27	24
Vicenza	36	39	34	32	29
Belluno	30	31	27	28	24
Trento	46	50	44	43	36

[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Grafico 25: concentrazione media annua di biossido di azoto (NO_2) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016-2020)



[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Ozono (O_3)

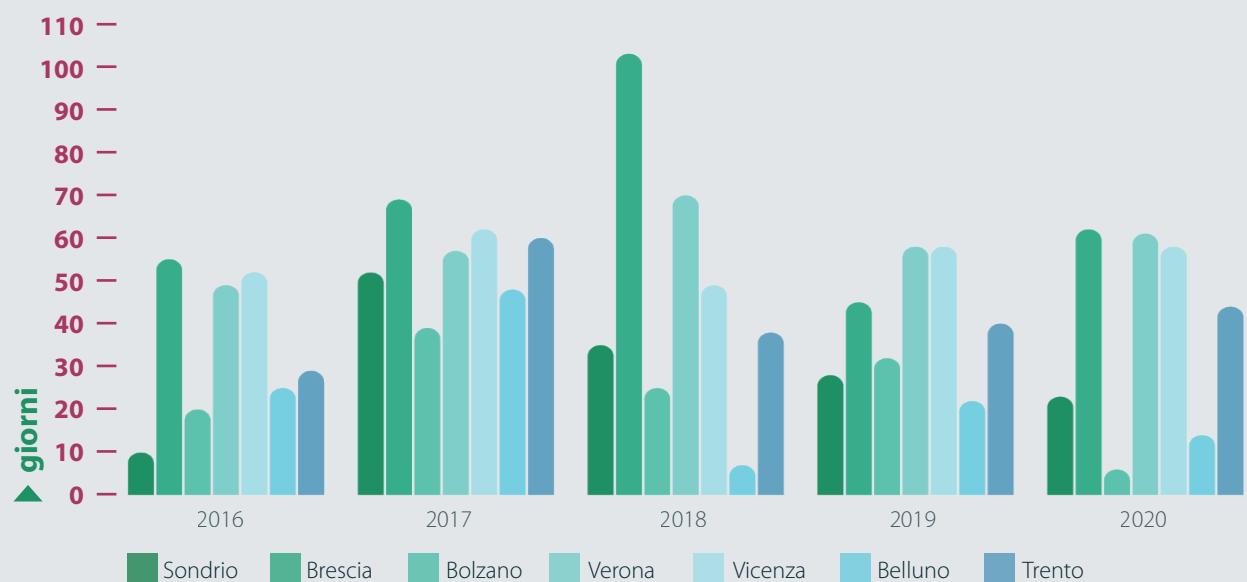
La tabella 29 e il grafico 26, che riportano il numero massimo di superamenti del valore obiettivo a lungo termine per l'ozono (O_3) rilevato tra tutte le centraline fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria nella città considerata, mostrano una situazione meno costante rispetto agli altri inquinanti, dovuta senz'altro al fatto che l'ozono, come detto in precedenza, sia un inquinante su vasta scala, benché si possa affermare che anche in tal caso siano le città di pianura a scontare i valori più elevati, mentre le città di montagna, tra cui Trento (anche se meno delle altre tre), fanno registrare concentrazioni tendenzialmente minori.

Tabella 29: superamenti del valore obiettivo previsto per l'ozono (O_3) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti (numero di giorni) (2016-2020)

	2016	2017	2018	2019	2020
Sondrio	10	52	35	28	23
Brescia	55	69	103	45	62
Bolzano	20	39	25	32	6
Verona	49	57	70	58	61
Vicenza	52	62	49	58	58
Belluno	25	48	7	22	14
Trento	29	60	38	40	44

[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

Grafico 26: superamenti del valore obiettivo previsto per l'ozono (O_3) a Trento e capoluoghi di Provincia confinanti (numero di giorni) (2016-2020)

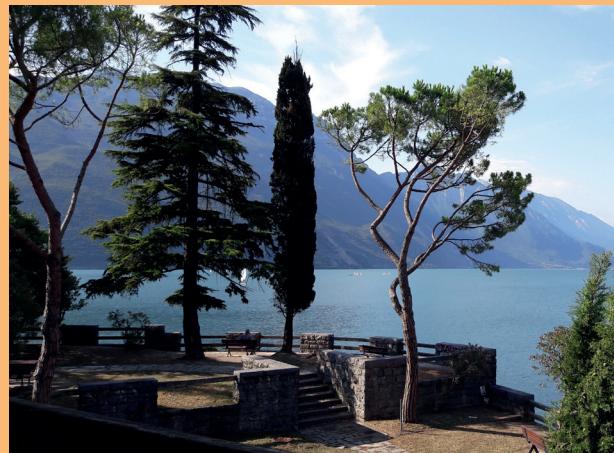


[Fonte: Istat - Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile]

La qualità dell'aria in Trentino durante l'emergenza Covid-19

In Italia le prime misure di contrasto alla diffusione del Covid-19 sono state adottate a fine febbraio 2020, per poi arrivare a un sostanziale lockdown, valido su tutto il territorio nazionale, a partire dal 9 marzo 2020 fino al 3 maggio 2020. Questo ha comportato una drastica diminuzione di molte attività responsabili di buona parte delle emissioni in atmosfera, e in particolare del traffico veicolare.

Si riportano di seguito le valutazioni effettuate sulle variazioni delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera rilevate durante il lockdown dalla rete di monitoraggio provinciale (biossalido di azoto NO₂ e polveri fini PM10) e nell'ambito del progetto LIFE BrennerLEC (NO₂ e black carbon). 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 le concentrazioni misurate nel 2020 e quelle mediamente misurate negli anni immediatamente precedenti, che si assumono come "clima" atteso per quel periodo.



I dati della rete di monitoraggio provinciale

L'effetto più eclatante sulla qualità dell'aria registrato in conseguenza delle consistenti restrizioni alla mobilità e quindi al traffico veicolare è rappresentato dalla rilevante diminuzione delle concentrazioni di NO₂, con massimi di circa il 47% nella stazione di traffico di Trento via Bolzano e di circa il 37% per la stazione di Trento Parco S. Chiara (grafico 27). La riduzione è messa in evidenza con più dettaglio dai grafici 28 (Trento Parco S. Chiara) e 29 (Trento via Bolzano).



Grafico 27: variazione della concentrazione media mensile di biossalido di azoto (NO₂) a Trento S. Chiara e a Trento via Bolzano (mar-dic 2020 rispetto a mar-dic 2016-2019)



 Trento Parco S. Chiara

 Trento via Bolzano

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 28: concentrazione media giornaliera di biossido di azoto (NO_2) a Trento Santa Chiara (mar-mag 2020 rispetto a mar-mag 2016-2019)

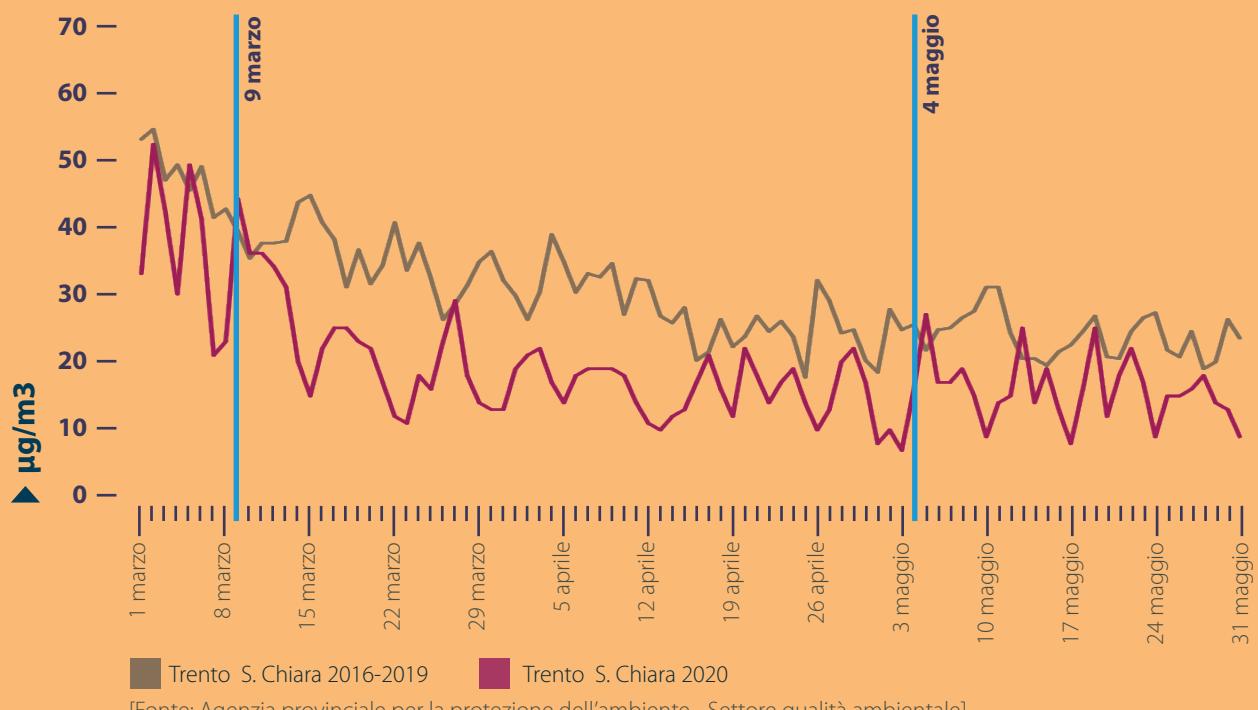
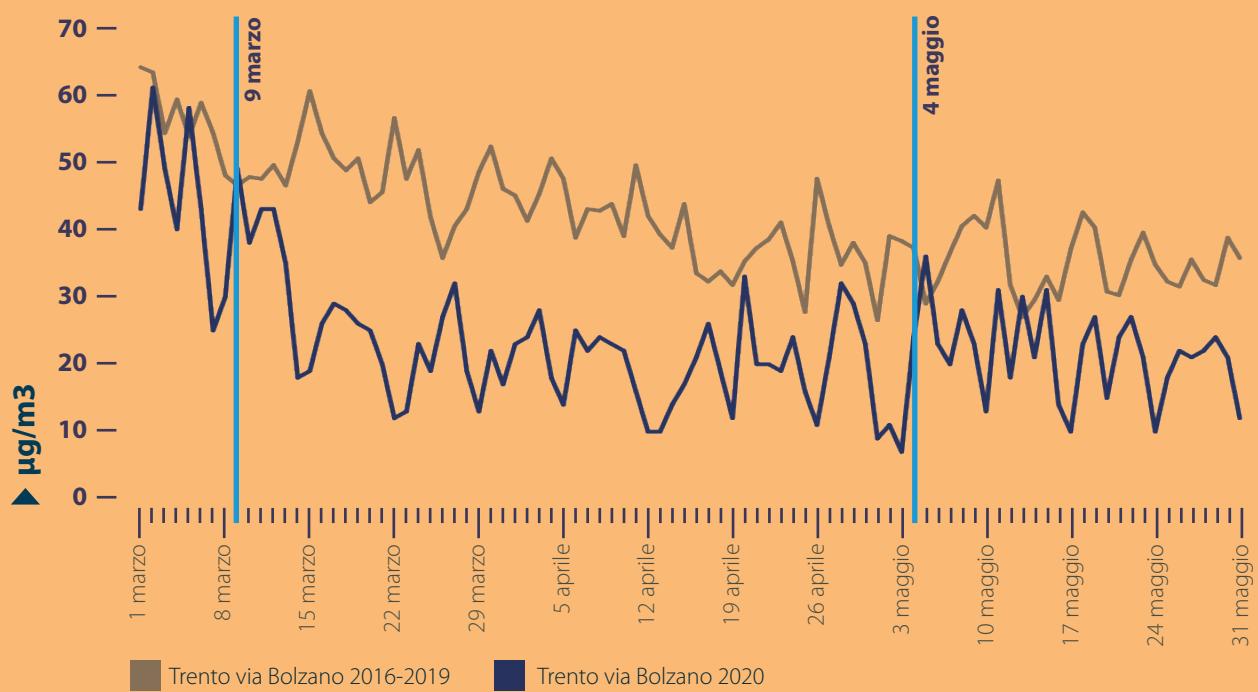


Grafico 29: concentrazione media giornaliera di biossido di azoto (NO_2) a Trento via Bolzano (mar-mag 2020 rispetto a mar-mag 2016-2019)

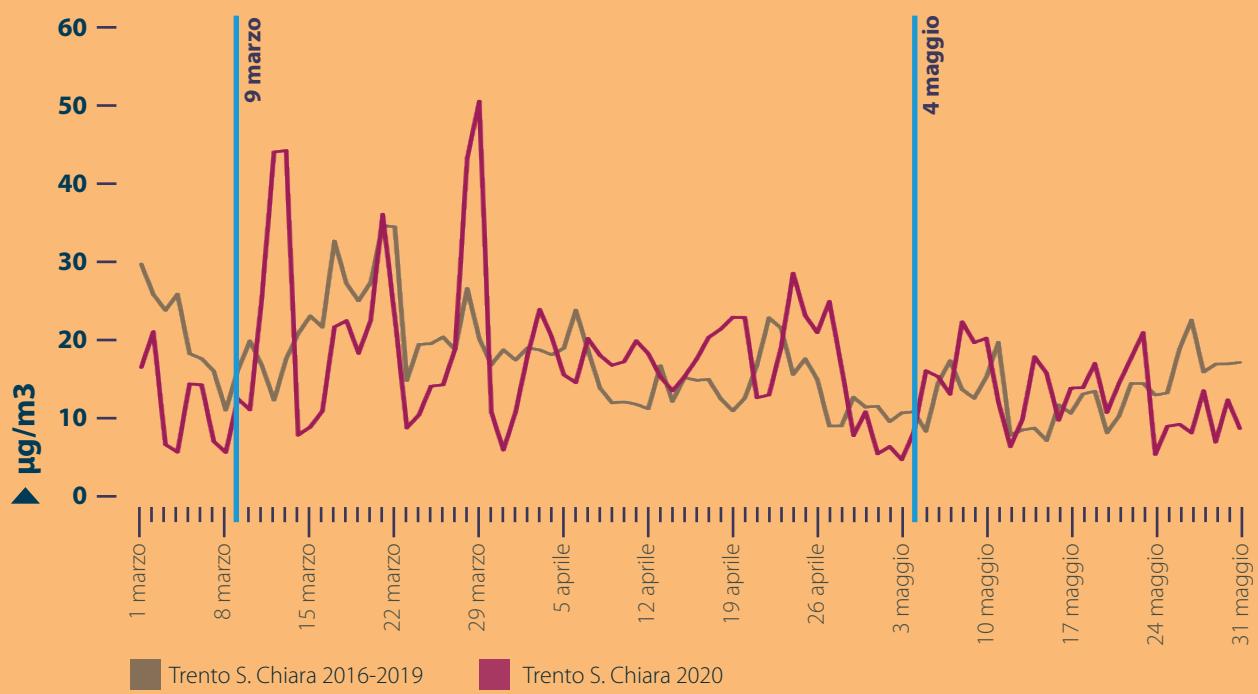




Per quanto riguarda le polveri fini (PM10), i valori misurati durante il periodo del *lockdown* hanno invece evidenziato una riduzione poco rilevante, di molto inferiore a quella osservata per il biossido di azoto (come evidenziato dal grafico 30 per la stazione di Trento Parco S. Chiara e dal grafico 31 per quella di Trento via Bolzano). Ciò si spiega in quanto le restrizioni alla mobilità hanno influito molto limitatamente sulla principale sorgente del PM10 in Trentino, rappresentata dalla combustione domestica della biomassa. Inoltre, per le polveri fini si devono considerare altri due sostanziali fattori che hanno senz'altro agito anche durante il *lockdown*, ovvero la loro 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 il 28 e il 29 marzo 2020, 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.

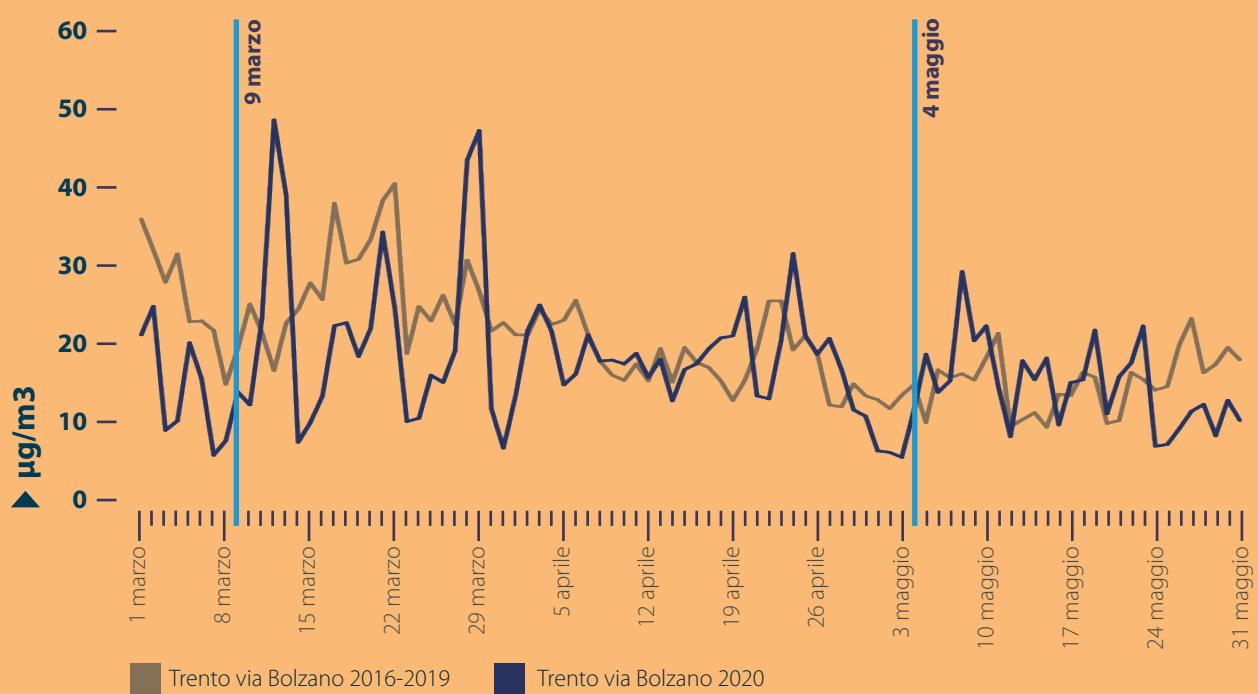


Grafico 30: concentrazione media giornaliera di polveri fini (PM10) a Trento S. Chiara (mar-mag 2020 rispetto a mar-mag 2016-2019)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 31: concentrazione media giornaliera di polveri fini (PM10) a Trento via Bolzano (mar-mag 2020 rispetto a mar-mag 2016-2019)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]



BRENNER LEC
lower emissions corridor

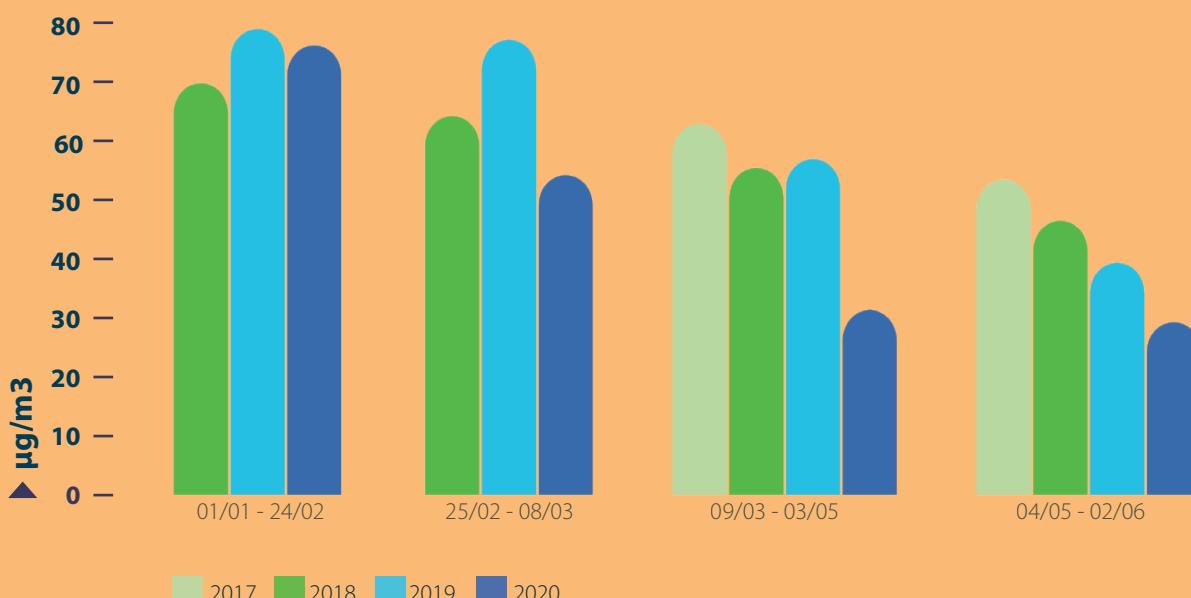
I dati dal progetto Life BrennerLEC

Contestualmente alle misure di qualità dell'aria effettuate presso la rete provinciale di monitoraggio, sempre durante questo particolare periodo vi è stata la possibilità di raccogliere informazioni anche nell'ambito del progetto europeo Life BrennerLEC (Brenner Lower Emissions Corridor). In questo contesto i dati sono stati raccolti lungo l'autostrada del Brennero (A22), che in alcuni periodi ha risentito in maniera pesante dei provvedimenti di limitazione alla mobilità e circolazione dei veicoli, con una riduzione del traffico sulla A22 misurato in circa il 92% di veicoli leggeri e il 42% di veicoli pesanti.

Prendendo come riferimento la stazione di monitoraggio gestita dall'Agenzia provinciale

per la protezione dell'ambiente nell'ambito del progetto e situata a bordo autostrada nei pressi del casello di Rovereto sud al km 164 dell'A22, è stato possibile effettuare un confronto, in termini assoluti e percentuali, fra i valori di concentrazione di NO₂ misurati nel 2020 con i valori medi dei tre anni precedenti, prendendo come riferimento alcuni periodi caratterizzati da diverse intensità di traffico. Dal confronto rappresentato nel grafico 32 si evince come nei primi mesi del 2020 i valori siano stati in linea con gli anni precedenti: le variazioni sono dell'ordine di pochi punti percentuali in positivo o in negativo; invece nel periodo di lockdown, da marzo a maggio 2020, si è osservata una riduzione media del 46% della concentrazione di NO₂ rispetto allo stesso periodo del triennio precedente.

Grafico 32: concentrazione media di biossido di azoto (NO₂) a Rovereto A22 (1 gen-2 giu 2017-2020)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Sempre nell'ambito del progetto BrennerLEC è stato possibile effettuare anche delle misure di concentrazione di black carbon, inquinante primario costituito da particelle di carbonio che derivano dalla combustione incompleta di combustibili fossili e di biomassa, distinguendo tra la componente connessa al traffico veicolare e quella legata alla combustione di biomassa tipica dei riscaldamenti domestici. Analogamente a quanto osservato per l' NO_2 , anche per le concentrazioni di black carbon si osserva un importante calo in corrispondenza del lockdown rispetto allo stesso periodo del triennio precedente, come riassunto dalla tabella 30 e dal grafico 33. Le concentrazioni di black carbon totale hanno fatto registrare un calo

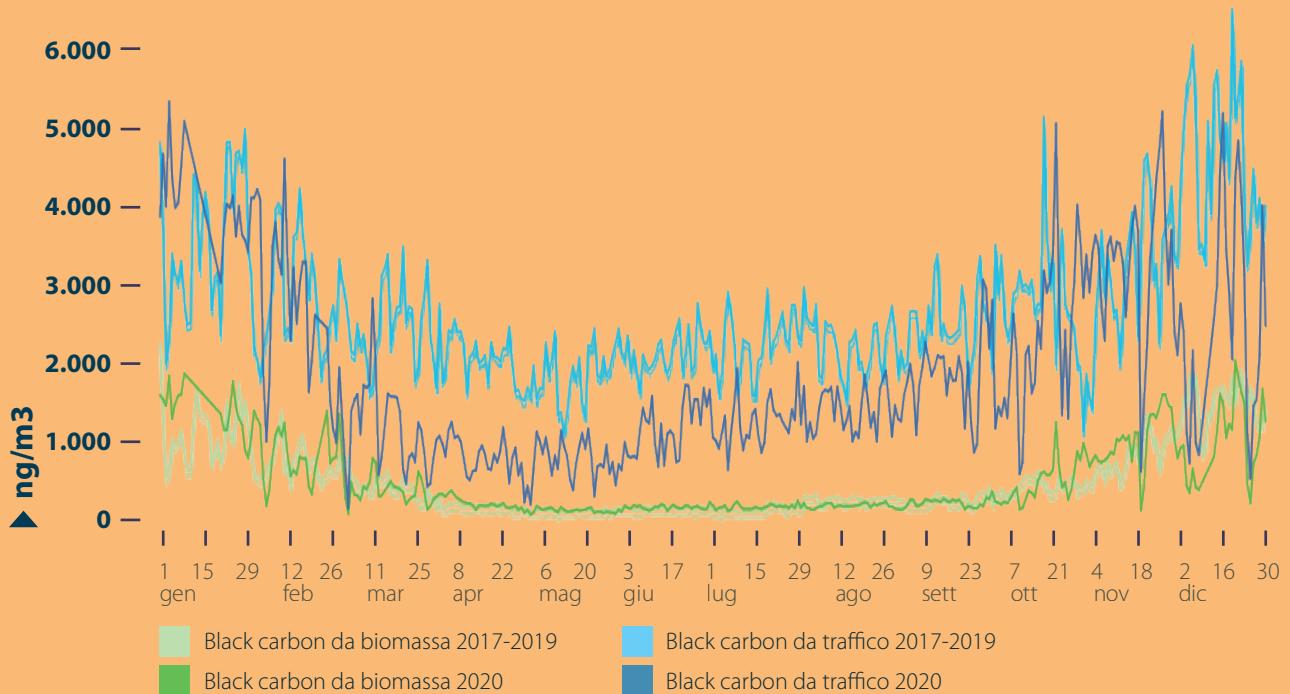
del 52%, ma la cosa più interessante è osservare il comportamento delle due componenti di tale inquinante. A causa del forte calo dei transiti veicolari e a conferma della correlazione anche di questo inquinante con il traffico, la componente di black carbon derivante da combustibili fossili ha registrato una riduzione del 57%. Al contrario, la componente del black carbon legata alla combustione della biomassa ha fatto registrare un aumento del 5% rispetto al triennio precedente, dato verosimilmente da correlare al maggior uso dei riscaldamenti domestici per effetto della limitazione delle attività lavorative e della maggior permanenza di cittadini e lavoratori in smart working nelle proprie abitazioni.

Tabella 30: variazione della concentrazione media di black carbon a Rovereto A22 (1 gen-3 mag 2020 rispetto a 1 gen-3 mag 2017-2019)

Periodo	Black Carbon totale	Black Carbon combustibili fossili	Black Carbon combustione biomassa
01/01 – 24/02	9%	7%	12%
09/03 – 03/05	-52%	-57%	5%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 33: variazione della concentrazione media di black carbon a Rovereto A22 (1 gen-3 mag 2020 rispetto a 1 gen-3 mag 2017-2019)



[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

6 PIANIFICAZIONE: OBIETTIVI PREVISTI, CONSEGUITI E DA CONSEGUIRE

Il Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria è lo strumento di cui si è dotata la Provincia autonoma di Trento per pianificare le misure necessarie ad agire sulle principali sorgenti di emissione aventi influenza sulla qualità dell'aria, con il duplice obiettivo di rispettare i valori limite stabiliti dalla normativa di settore nei termini prescritti, e di preservare la qualità dell'aria ove già buona. L'ultima versione del Piano attualmente vigente è stata approvata nel 2018 ed è stata redatta ai sensi del D. Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Nell'elaborazione del documento, la Provincia autonoma di Trento ha inteso assicurare un elevato livello di tutela dell'ambiente e della salute umana attenendosi agli obiettivi e principi di seguito elencati:

- migliorare in maniera generalizzata l'ambiente e la qualità della vita, evitando il trasferimento dell'inquinamento tra i diversi settori ambientali;
- integrare le esigenze ambientali nelle politiche settoriali, al fine di assicurare uno sviluppo sociale ed economico sostenibile;
- razionalizzare la programmazione in materia di gestione della qualità dell'aria e in materia di riduzione delle emissioni di gas serra;
- modificare i modelli di produzione e di consumo, pubblico e privato, che incidono negativamente sulla qualità dell'aria;
- utilizzare congiuntamente misure di carattere prescrittivo, economico e di mercato, anche attraverso la promozione di sistemi di ecogestione e audit ambientale;
- favorire la partecipazione e il coinvolgimento delle parti sociali e del pubblico;
- adeguare le procedure di autorizzazione, ispezione e monitoraggio, al fine di assicurare la migliore applicazione delle misure individuate.

In tale contesto, tutte le misure individuate dal Piano sono state accompagnate dall'indicazione delle modalità di monitoraggio delle singole fasi di attuazione e dei relativi risultati, anche al fine di modificare o di integrare le misure individuate, ove necessario per il raggiungimento degli obiettivi.

Per sua natura la tematica della tutela della qualità dell'aria è trasversale, essendo legata ai numerosi settori antropici che causano emissioni significative e che quindi impattano sulla qualità dell'aria. Da ciò deriva che le azioni individuate dal Piano di tutela della qualità dell'aria fanno necessariamente riferimento a molteplici settori e relative normative di riferimento e atti pianificatori la cui responsabilità di implementazione e aggiornamento è suddivisa fra molti soggetti. Tale complessità è analizzata nel Rapporto Ambientale della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) quale parte integrante del Piano, che nello specifico include anche un piano di monitoraggio composto da un elenco di indicatori, suddivisi in indicatori di contesto e di processo, che permettono sia di prendere atto dell'evoluzione dello stato dell'ambiente per intercettare l'andamento o la manifestazione di fenomeni di criticità nel periodo di attuazione del Piano, sia di definire gli effetti ambientali che le azioni individuate e intraprese determinano. Dall'elenco proposto in sede di VAS sono quindi stati estrapolati gli indicatori di monitoraggio elencati nelle tabelle 31-35 e aggiornati al 2021.



Tabella 31: monitoraggio dell'attuazione delle azioni previste dal Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria nel settore civile-energetico (2018-2021)

Settore Civile - Energetico							
Strategie	Misura		Indicatore di risultato	2018	2019	2020	2021
Migliorare le prestazioni energetiche ed emissive degli edifici e degli impianti termici	CIV1	Promozione del risparmio energetico e della riqualificazione energetica degli edifici	Numero di iniziative di sensibilizzazione rivolte alla cittadinanza sul risparmio energetico promosse dalla Provincia	1	5	0	1
	CIV2	Rinnovo dei generatori di calore domestici a legna	Numero di nuovi generatori di calore domestici a biomassa installati, classificati secondo le prestazioni energetiche ed emissive (classificazione ambientale)	68	76	108	154
	CIV3	Sensibilizzazione della popolazione su buone pratiche di combustione della legna	Numero di eventi e campagne di informazione per promuovere il rinnovo dei generatori di calore domestici a biomassa legnosa	1	2	0	0
	CIV4	Rafforzamento del ruolo professionale di fumisti e spazzacamini e dei meccanismi di controllo sull'adozione di pratiche corrette	Numero di spazzacamini e fumisti coinvolti in corsi di formazione e aggiornamento	5	5	4	2

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Tabella 32: monitoraggio dell'attuazione delle azioni previste dal Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria nel settore trasporti e mobilità sostenibile (2018-2021)

Settore Trasporti e mobilità sostenibile							
Strategie	Misura		Indicatore di risultato	2018	2019	2020	2021
Ridurre l'impatto sulla qualità dell'aria del trasporto privato su strada	MOB1	Promozione dell'utilizzo di veicoli elettrici e l'uso di carburanti a basse emissioni	Veicoli privati elettrici in circolazione (sul totale circolante)	0,35%	0,65%	1,34%	2,35%
			Veicoli privati alimentati con carburanti a basse emissioni (metano, GPL, ecc) in circolazione (sul totale circolante)	4,98%	5,19%	5,21%	9,95%
			Numero di nuove stazioni di ricarica per veicoli elettrici finanziate con incentivi provinciali	10	73	91	72
			Numero di nuove stazioni di rifornimento metano, GPL o biometano installate nel territorio provinciale	0	1	0	0
Promuovere forme di mobilità sostenibile	MOB2	Implementazione della gestione dinamica dei limiti di velocità in autostrada	Concentrazione media annua di NO ₂ misurata presso le stazione di monitoraggio "BrennerLEC" lungo l'asse autostradale A22	59 µg/m ³	55 µg/m ³	45 µg/m ³	44 µg/m ³
			Numero di nuovi autobus urbani e extraurbani del trasporto pubblico locale alimentati con carburanti a basse emissioni	8	0	0	7
	MOB3	Miglioramento del servizio di trasporto pubblico locale	Numero di utenti che utilizzano il trasporto pubblico locale	13.123.821	13.611.190	6.766.301	8.462.094
			Kilometri di percorsi ciclopedenonali	354.050 km	360.211 km	368.701 km	443.410 km
			Numero di biciclette elettriche acquistate con incentivi provinciali per favorire lo spostamento casa – lavoro	44	173	28	46
Ottimizzare la gestione del trasporto merci	MOB4	Promozione di modalità di spostamento a minor impatto ambientale	Utenti delle biciclette a pedalata assistita del progetto E-motion (numero di prelievi)	99.463	90.533	62.441	53.136
			Percentuale di merci viaggianti su rotaia	27%	26%	27%	27%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Tabella 33: monitoraggio dell'attuazione delle azioni previste dal Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria nel settore produttivo e industriale (2018-2021)

Settore Produttivo e Industriale							
Strategie	Misura		Indicatore di risultato	2018	2019	2020	2021
Migliorare i cicli produttivi e promuovere l'applicazione delle BAT	IND1	Promozione delle Migliori tecniche disponibili (BAT) e tempestivo aggiornamento delle autorizzazioni ambientali in occasione dell'introduzione di nuove BAT nei diversi settori produttivi	Numero di autorizzazioni riesaminate in occasione dell'introduzione di nuove BAT	2	0	4	4

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Tabella 34: monitoraggio dell'attuazione delle azioni previste dal Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria nel settore agricoltura e allevamento (2018-2021)

Settore Agricoltura e Allevamento							
Strategie	Misura		Indicatore di risultato	2018	2019	2020	2021
Ridurre il contributo emissivo del comparto agro-zootecnico	AGR1	Promozione e supporto di buone pratiche gestionali nel settore dell'allevamento su ricoveri del bestiame, su metodi di stoccaggio e spandimento delle deiezioni	Numero di interventi in campo agricolo rivolto alla riduzione delle emissioni di NH3	13	2	5	9

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Tabella 35: monitoraggio dell'attuazione delle azioni previste dal Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria nel settore informazione, comunicazione, formazione ed educazione ambientale (2018-2021)

Settore Comunicazione, informazione, formazione ed educazione ambientale							
Strategie	Misura		Indicatore di risultato	2018	2019	2020	2021
Migliorare la comunicazione pubblica amministrazione-cittadino su temi legati alla qualità dell'aria	EDU1	Fornire informazioni aggiornate e dettagliate sulla qualità dell'aria e sui rischi per la salute umana	Numero di accessi al portale APPA – sezione qualità dell'aria	32.353	35.233	53.044	38.291
	EDU2	Promuovere campagne di sensibilizzazione rivolte alla cittadinanza	Numero di eventi e campagne di sensibilizzazione rivolte alla cittadinanza sul tema della qualità dell'aria	0	5	0	0
Formare ed educare all'adozione di buone pratiche ambientali	EDU3	Attivare progetti formativi ed educativi sulle buone pratiche per la cittadinanza attraverso il mondo scolastico, il mondo del lavoro, il terzo settore	Numero di studenti raggiunti da attività di educazione ambientale sulle tematiche dell'inquinamento atmosferico	436	674	0	426

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

L'emergenza sanitaria da Covid-19 che ha caratterizzato in particolare il 2020 e parte del 2021 ha influito anche sulla possibilità di attivare e implementare pienamente le misure previste dal Piano, ma complessivamente tutti o quasi gli indicatori evidenziano un trend positivo e sostanzialmente coerente con gli obiettivi fissati. In particolare, la progressiva implementazione di tutte le azioni ha indubbiamente contribuito a migliorare ulteriormente quelli che sono gli indicatori di qualità dell'aria più importanti, ovvero le concentrazioni degli inquinanti presenti nella nostra atmosfera (come descritto nel paragrafo 5 del presente capitolo). Il dato più evidente in proposito è il rispetto di tutti i valori limite relativi agli inquinati atmosferici emessi dalle sorgenti presenti in Trentino (escluso quindi l'ozono⁷), compreso il valore di media annuale del biossido di azoto che a partire dal 2020, e per la prima volta da quando sono attivi i monitoraggi, ha anch'esso rispettato il valore limite di riferimento fissato dalla normativa.

In prospettiva si potrà e dovrà continuare il percorso tracciato cercando di dare piena attuazione alle azioni pianificate, con maggiore attenzione, laddove possibile, nei confronti di quelle che sono rimaste parzialmente inattuate. Tale percorso troverà peraltro a breve un momento di più approfondita analisi e aggiornamento in ragione dell'imminente revisione della direttiva comunitaria sulla qualità dell'aria che verosimilmente ridurrà, in maniera anche molto consistente, i valori limite di qualità dell'aria per la quasi totalità degli inquinanti avvicinandoli ai valori di riferimento fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità e descritti nel paragrafo 1 del presente capitolo.

In particolare, l'introduzione di limiti più stringenti renderà sicuramente necessaria la riclassificazione dell'intero territorio provinciale e con essa la ridefinizione del programma di valutazione, ovvero anche delle modalità e consistenza della rete di monitoraggio, ma soprattutto la necessità di aggiornare sostanzialmente le previsioni pianificatorie per consentire il rispetto dei nuovi limiti entro le date stabilite.

Atteso che il quadro emissivo tracciato anche nel presente capitolo non muterà quantomeno per gli aspetti più rilevanti, ciò significherà non solo o non tanto individuare nuove azioni di risanamento, quanto piuttosto potenziare e investire ulteriormente in quelle che già l'attuale Piano di tutela ha avviato e che, seppure ancora con qualche incertezza, hanno dato e stanno dando esiti incoraggianti.

Per quanto riguarda le modalità con le quali dovrà essere definito il nuovo documento di Piano, così come previsto dall'attuale normativa, anche la nuova ne indicherà tutti i criteri e passaggi e, fra questi, uno degli aspetti cui viene data particolare importanza è e sarà il coinvolgimento nella sua scrittura di tutti i soggetti portatori di interesse.

Al momento della chiusura redazionale del presente capitolo del Rapporto sullo stato dell'ambiente del Trentino, i tempi di approvazione e conseguente recepimento nazionale della nuova direttiva comunitaria sulla qualità dell'aria non sono ancora definiti con precisione, ma è verosimile che tutto l'iter si concluda entro la fine del 2024. In questa prospettiva, il documento di Piano provinciale potrà e dovrà essere aggiornato entro il 2025.

⁷ L'ozono, come detto in precedenza, è un inquinante esclusivamente secondario, pertanto non ne esistono emissioni dirette ed esso non è riconducibile, se non in misura residuale e non quantificabile, alle emissioni locali degli altri inquinanti (che possono fungere da precursori). Per via di queste caratteristiche, che rendono l'ozono un inquinante che si manifesta solo su vasta scala, non è sostanzialmente possibile pianificare alcuna azione locale per ridurre la sua concentrazione in atmosfera.



lago di Molveno

Azioni di sensibilizzazione per il miglioramento della qualità dell'aria

La tutela della qualità dell'aria richiede, per propria natura, un'ampia integrazione tra numerosi settori e diversi livelli (livello politico, amministrativo, locale, del singolo, della collettività, ecc). Considerando come le emissioni in atmosfera derivino per la maggior parte da attività antropiche, il singolo individuo produce un impatto e pertanto può svolgere la propria parte nel ridurre il contributo emissivo collettivo. In quest'ottica, le attività di comunicazione, informazione, formazione ed educazione alla sostenibilità ambientale assumono un ruolo centrale e necessario nella pianificazione ambientale che vuole mettere il singolo cittadino



al centro delle misure di intervento, diffondendo una sempre più ampia coscienza ambientale e la concreta attuazione di buone pratiche operando in sinergia con tutti gli altri settori.

A titolo di esempio, per il settore civile ed energetico ci si concentra in modo particolare sulla sensibilizzazione della popolazione per l'adozione di buone pratiche di combustione della legna, per il settore dei trasporti sulla promozione dell'utilizzo di sistemi di trasporto condivisi e alimentati da combustibili a basse emissioni e di uno stile di guida consapevole, per l'agricoltura e l'allevamento sulla promozione e il supporto di buone pratiche gestionali su scala aziendale. Contrariamente alla gran parte delle altre misure, per questo tipo di iniziative risulta evidentemente molto difficile elaborare degli scenari correlati di riduzione delle emissioni in quanto la loro quantificazione risulta soggetta a un margine troppo alto di errore per essere calcolabile in modo realistico e affidabile, ma è altresì indubbio

come un cambiamento comportamentale e l'adozione di buone pratiche abbia un sicuro impatto nella riduzione dell'inquinamento.

Il progetto europeo Life PREPAIR - Po

Regions Engaged to Policies of AIR

L'idea progettuale alla base del progetto LIFE PREPAIR, di cui la Provincia autonoma di Trento è partner, è nato dalla necessità di adottare misure specifiche coordinate e congiunte su grande scala, nello specifico del Bacino Padano allargato anche alla nostra provincia e alla Slovenia, per rispettare gli standard fissati dalla normativa e più in generale per consentire un progressivo continuo miglioramento della qualità dell'aria.

Il progetto, avviato nel 2017 e tuttora in corso,



LIFE 15 IPE IT 013



si è posto quali obiettivi principali quelli di contribuire a implementare le misure incluse nei Piani di tutela della qualità dell'aria regionali e provinciali, di attuare azioni sinergiche e coordinate, di aumentare know-how e capacity building di enti pubblici e privati, di sviluppare e applicare strumenti e modelli comuni a scala di Bacino Padano, di aumentare la consapevolezza dei cittadini sulla qualità dell'aria e il suo impatto su salute umana e ambiente e di istituire una rete durevole tra istituzioni, dal livello locale a quello nazionale, attori socio-economici, centri di ricerca, ecc.

Nel dettaglio, il progetto PREPAIR ha quindi previsto azioni mirate nei settori cui sono imputabili i maggiori contributi in termini di emissioni in atmosfera e considerati pertanto prioritari:

- combustione della biomassa legnosa in impianti domestici;
- trasporto;
- agricoltura e allevamento;
- efficienza energetica.

La Provincia autonoma di Trento, con il supporto dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente e dell'Agenzia provinciale per le

risorse idriche e l'energia, ha concentrato il proprio operato sulle azioni riguardanti in particolare il settore della combustione domestica della biomassa legnosa (attività di formazione tecnica, di valorizzazione professionale e di sensibilizzazione della cittadinanza sulle buone pratiche) e il settore dell'efficienza energetica (riqualificazione energetica di edifici privati e pubblici, supporto alle amministrazioni locali e alle imprese per la messa in atto di iniziative di risparmio energetico).

L'impegno si è esteso anche al supporto alla diffusione della mobilità elettrica, alla promozione degli Acquisti Verdi Pubblici, all'educazione nelle scuole sui temi di tutela della qualità dell'aria e di sostenibilità ambientale, alla creazione di database e strumenti di valutazione e monitoraggio della qualità dell'aria comuni ed innovativi.

Per maggiori informazioni:
<https://www.lifeprepair.eu>

Sensibilizzazione della popolazione all'adozione di buone pratiche di combustione della legna

La combustione della legna, soprattutto se mal condotta, produce una consistente quantità di emissioni di sostanze inquinanti. Come descritto nel paragrafo 4 del presente capitolo, la combustione nel settore civile è di gran lunga la principale responsabile delle emissioni provinciali delle polveri fini PM10 (84%) e ultrafini PM2,5 (87%). Atteso che la combustione domestica della legna è una pratica molto diffusa su tutto il territorio, unitamente ad altri interventi di carattere generale è quindi di fondamentale importanza l'adozione più capillare possibile di buone pratiche in grado di renderla, a parità di calore prodotto, molto meno inquinante.

Per questo motivo, nel contesto del progetto europeo Life PREPAIR sono state attivate molte iniziative formative e informative rivolte ai cittadini. Fra queste la più importante, attiva ormai da qualche anno, è stata la campagna denominata "Brucia bene la legna. Non bruciarti la salute". Oltre alle azioni e attività nell'ambito del progetto PREPAIR, hanno assunto e continuano ad avere un ruolo di grande rilievo gli incontri pubblici



proposti dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente a favore della popolazione, spesso per il tramite e l'interessamento di tante amministrazioni comunali.

Queste iniziative normalmente vedono la partecipazione numerosa e interessata di molti cittadini, favorita talvolta anche dal contestuale coinvolgimento di medici invitati a esporre le interazioni fra qualità dell'aria e salute e di vigili del fuoco, dal momento che la combustione domestica della legna può avere significativi impatti pure sulla sicurezza degli edifici.





Valorizzazione del ruolo di "spazzacamino qualificato" per il controllo e la manutenzione degli impianti domestici a biomassa

La figura dello spazzacamino assume un ruolo di grande significato nel garantire il corretto utilizzo e la sicurezza degli impianti domestici alimentati a legna/pellet e delle canne fumarie. Il suo ruolo è molto importante anche nel creare condizioni favorevoli per la riduzione delle emissioni attraverso una corretta manutenzione degli impianti e, soprattutto, sensibilizzare gli utilizzatori di questi impianti, che devono essere educati sulla corretta scelta dei combustibili e sull'importanza della manutenzione periodica. Proprio per questo motivo, la volontà di valorizzare quanto più possibile la figura dello spazzacamino trova evidenza in una delle azioni previste dal Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria. E, partendo da questi presupposti, all'interno del citato progetto Life PREPAIR è stata strutturata e poi attuata una specifica azione volta alla valorizzazione della figura professionale di "spazzacamino qualificato".





L'azione, che ha visto la Provincia autonoma di Trento e in particolare l'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente come partner di riferimento all'interno del progetto, è partita da un'approfondita indagine volta a quantificare l'effettiva offerta (spazzacamini esistenti) e la domanda potenziale, unitamente a una valutazione delle loro attuali modalità di intervento. Parallelamente è stata fatta un'indagine sul quadro normativo operante nei vari territori relativamente alla gestione, manutenzione e controllo degli impianti di riscaldamento.

Dopo una preliminare attività di analisi delle buone pratiche già in atto nei territori limitrofi al Trentino (a cominciare dalla Provincia autonoma di Bolzano, che vanta una lunga tradizione di formazione e riconoscimento della figura dello spazzacamino), un fondamentale prodotto del progetto è stata la definizione di uno specifico e nuovo profilo professionale di operatore qualificato per la pulizia dei sistemi di evacuazione dei fumi prodotti dalla combustione della biomassa.

Il nuovo profilo ha trovato riconoscimento formale in Trentino con la delibera della Giunta Provinciale n. 672 del 1 luglio 2021, che ne ha sancito l'inserimento nel Repertorio provinciale dei titoli di istruzione e formazione e delle qualificazioni professionali. In tale ambito si è attivato anche l'iter che consentirà di accedere a un percorso di certificazione delle competenze il cui esito finale consente l'iscrizione nell'elenco provinciale degli "spazzacamini qualificati".

Per dare concretezza a questa parte del progetto si è poi strutturato uno specifico format didattico e sono stati organizzati sia corsi di formazione di base destinati a persone interessate a diventare

spazzacamino, sia corsi di aggiornamento delle competenze rivolti a chi già opera. Ciò ha consentito sia di creare nuove figure sia di migliorare le professionalità già esistenti, anche nell'ottica di supportare concretamente il percorso di certificazione delle competenze propedeutico all'inserimento nell'elenco provinciale degli spazzacamini. Seppure con alcune criticità dovute alla "novità" quasi assoluta di questo tipo di formazione sia teorica che pratica, ma soprattutto per la complessità e durata del percorso (che prevede 164 ore complessive di formazione per il corso base e 34 ore per il corso di aggiornamento), la richiesta formativa è stata molto superiore alle attese, con più di 80 domande di partecipazione, che hanno reso necessario mettere a calendario quattro diverse edizioni dei corsi. Il primo corso, con i primi 20 iscritti, è così iniziato a maggio 2022 e si è concluso a settembre, il secondo è iniziato a settembre e si è concluso a dicembre, il terzo è partito a gennaio 2023 e si concluderà a maggio 2023, mentre il quarto, inizialmente non previsto e poi aggiunto stante l'elevato numero di richieste, è previsto cominciare a inizio estate 2023.

Il rinnovo dei generatori di calore a biomassa per il riscaldamento domestico

Secondo le stime condotte per l'elaborazione dell'Inventario provinciale delle emissioni in atmosfera 2019 (v. paragrafo 4 del presente capitolo), le emissioni generate dal riscaldamento domestico in Trentino costituiscono l'84% delle emissioni di polveri fini e ultrafini e il 98% delle emissioni di benzo(a)pirene, quasi totalmente generate dalla combustione della legna in piccoli



impianti di combustione a biomassa di potenza termica inferiore a 19 kW.

Il Piano provinciale di tutela della qualità dell'aria approvato nel 2018 prevede per il settore civile-energetico il miglioramento delle prestazioni emissive degli edifici e degli impianti termici attraverso varie misure, tra cui il rinnovo dei generatori di calore domestici a legna (v. paragrafo 6 del presente capitolo).

Grazie a un redigendo accordo con il Ministero per la transizione ecologica e la sicurezza energetica, che metterà a disposizione risorse finanziarie fino a un massimo di 5 milioni di euro, la Provincia autonoma di Trento prevede nell'immediato futuro una misura di decisa incentivazione alla sostituzione di dispositivi obsoleti alimentati a biomassa, da attuare a partire dal 2023 e concludere entro il 2028.

In particolare, si prevede la concessione di un cofinanziamento in una percentuale aggiuntiva rispetto a quella rilasciata dal Gestore Servizi Energetici (GSE) nell'ambito del cosiddetto "Conto Termico", nonché alle detrazioni fiscali per l'efficientamento energetico degli edifici e per le ristrutturazioni (cosiddetti Ecobonus e Bonus casa), per interventi di sostituzione di dispositivi alimentati a biomassa costruiti prima del 2010, non più in grado di garantire una combustione ottimale della legna e privi di certificazione ambientale, con dispositivi di ultima generazione (pompe di calore e solare termico, caldaie e stufe a pellets o biomassa 4 e 5 stelle e impianti ibridi a pompa di calore), in grado di ridurre sensibilmente la quantità di polveri e composti organici volatili emessi in fase di funzionamento.



Il progetto europeo Life BrennerLEC (Brenner Lower Emissions Corridor)

Il traffico veicolare, soprattutto quello legato ai veicoli alimentati a diesel, produce un'elevata quantità di ossidi di azoto (NO_x). Come descritto nel paragrafo 4 del presente capitolo, il trasporto su strada è il principale responsabile delle emissioni di ossidi di azoto (51%).

Accanto alla promozione e all'incentivazione di una mobilità sostenibile e all'utilizzo di veicoli a ridotte emissioni in ambito urbano, è di fondamentale importanza agire sulla riduzione delle emissioni dei numerosi veicoli ad oggi circolanti sull'autostrada del Brennero (A22).

Con questo obiettivo, nel contesto del progetto europeo Life BrennerLEC, di cui la Provincia autonoma di Trento è partner, è attiva ormai da qualche anno la riduzione dinamica della velocità rivolta ai veicoli leggeri, e una gestione dinamica del traffico autostradale in presenza di flusso intenso, al fine di tutelare il contesto sensibile delle Alpi con la creazione di un "corridoio a emissioni ridotte" (Lower Emissions Corridor) lungo l'autostrada del Brennero. Il progetto è partito nel 2016 e si è concluso nel 2021. Gli anni di sperimentazione hanno permesso di ottenere benefici per la qualità dell'aria e la protezione del clima, favorendo al contempo un traffico più fluido e una riduzione dei tempi di percorrenza.

Il focus della misura di riduzione dinamica della velocità riguarda i veicoli leggeri che, riducendo la

loro velocità da 130 km/h a 100 km/h, possono diminuire le emissioni di ossidi di azoto di quasi il 40% e le emissioni di gas climalteranti come la CO₂ di circa il 15%. Anche il consumo di carburante non dipende dal tempo, ma dalla velocità: passando da 130 km/h a 100 km/h si riduce il consumo di circa il 20%. Riducendo e uniformando la velocità si ottiene un traffico più fluido, si evitano fenomeni di stop&go e si riducono i tempi di percorrenza, con una maggior sicurezza per l'automobilista.

Nonostante i finanziamenti europei per il progetto siano ormai esauriti, i partner hanno rinnovato il loro impegno a proseguire nelle attività in maniera stabile, in coerenza con quanto previsto dal Piano di tutela della qualità dell'aria. Nel gennaio 2022 hanno siglato un accordo d'intesa che prevede l'estensione delle tratte sensibili in cui si andranno ad applicare le misure di riduzione dinamica della velocità a fini ambientali ai maggiori centri abitati trentini. Accanto agli aspetti di monitoraggio e di gestione del traffico, si effettuano azioni di sensibilizzazione dei cittadini e di condivisione delle politiche di gestione del traffico e della velocità con gli stakeholder locali e nazionali. Attraverso comunicati, sito web, brevi "video



pillole" e altri abituali canali di comunicazione al pubblico, si promuovono azioni di sensibilizzazione della popolazione per incentivare comportamenti virtuosi in favore della qualità dell'aria.

Per raggiungere e sensibilizzare la parte più giovane della cittadinanza, è stato realizzato un gioco educativo da tavolo denominato "BrennerLEC-THE GAME", che con le sembianze di un "gioco dell'oca" simula il percorso di un automobilista nel traffico autostradale, con una logica premiante per gli automobilisti più virtuosi e rispettosi dell'ambiente.

Per maggiori informazioni:
<https://brennerlec.life>



7 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 2021 oltre un terzo degli italiani considera l'inquinamento dell'aria come uno dei principali problemi ambientali, soprattutto in ambito urbano⁸.

Aspetti generali

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che la grande maggioranza della popolazione mondiale vive in un luogo nel quale le proprie linee guida per la qualità dell'aria non sono rispettate⁹. L'OMS stima inoltre che l'inquinamento atmosferico, sia nelle città sia nelle zone rurali del mondo, ha 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 atmosferico non è omogenea per la 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 altri rischi ambientali (si pensi alla collocazione di industrie insalubri, di discariche per rifiuti tossici o di inceneritori, che difficilmente si trovano in vicinanza di costosi quartieri residenziali). Riguardo invece ai singoli Paesi, è vero che l'inquinamento atmosferico colpisce in maniera omogenea la popolazione residente in una vasta area, per esempio gli abitanti di una intera città, ma d'altra parte 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.



Alto Garda

Tra gli inquinanti atmosferici, le polveri fini sospese nell'aria (chiamate anche particolato atmosferico, *particulate matter, PM*) hanno l'effetto maggiore sulla salute umana. Le polveri fini 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 fini sono irritanti, genotossiche, mutagene e cancerogene.

Le polveri fini PM10 (particelle di diametro inferiore a 10 micrometri¹⁰) e ultrafini PM2,5 (particelle di diametro inferiore a 2,5 micrometri) sono abbastanza piccole da 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 letteratura¹¹ 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.

⁸ <https://noi-italia.istat.it/pagina.php?id=3&categoria=2&action=show&l=0> (consultato il 14.9.2022)

⁹ [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)

¹⁰ 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 micrometri.

¹¹ https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf.

¹² Paolo Vineis, Luca Carra, Roberto Cingolani, Prevenire – Manifesto per una tecnopolitica, Torino, Einaudi, 2020, pagina 31.

L'OMS stima che la mortalità per tutte le cause aumenti di 0,2-0,6% per ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2,5.

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

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 cellulare¹².

La situazione in Trentino

L'OMS ha implementato un programma (AIRQ+¹³) che permette di valutare gli effetti sulla salute a

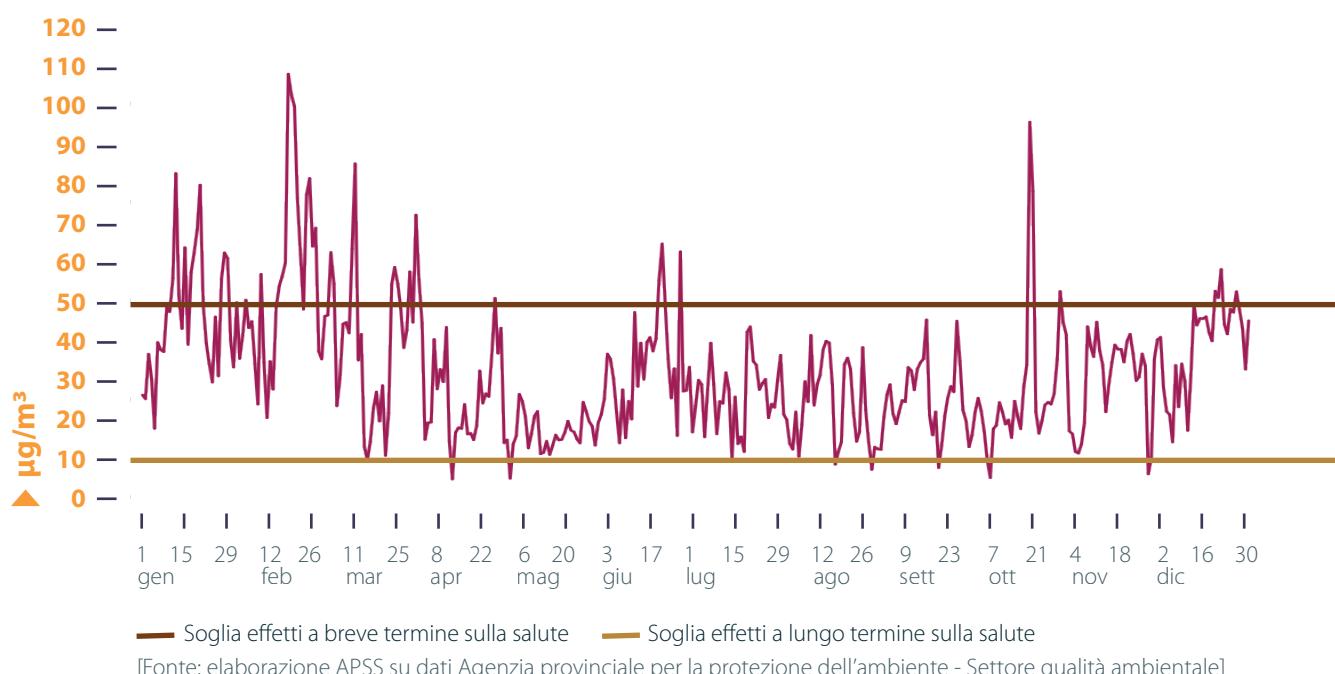
breve e lungo termine attribuibili a una determinata esposizione di inquinante (PM10 o PM2,5).

Nel caso del Trentino la valutazione di impatto è stata calcolata considerando sia i massimi giornalieri di polveri fini registrati in provincia nel corso del 2021¹⁴ 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: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM2,5 e $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM10;
- per gli effetti a lungo termine: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sia per il PM2,5 che per il PM10.

Per quanto riguarda il PM10, la situazione registrata nel 2021 presso la stazione di Trento Parco S. Chiara è mostrata dal grafico 34 (con riferimento alle concentrazioni massime giornaliere) e dal grafico 35 (con riferimento alle concentrazioni medie giornaliere). Come riassunto dalla tabella 36, la soglia per gli effetti a lungo termine è superata molto di frequente (nel 97% dei casi con riferimento alle concentrazioni massime giornaliere, nell'81% dei casi con riferimento alle concentrazioni medie giornaliere), mentre quella per gli effetti a breve termine è superata con bassa frequenza (nel 13% dei casi con riferimento alle concentrazioni massime giornaliere, nel 2% dei casi con riferimento alle concentrazioni medie giornaliere).

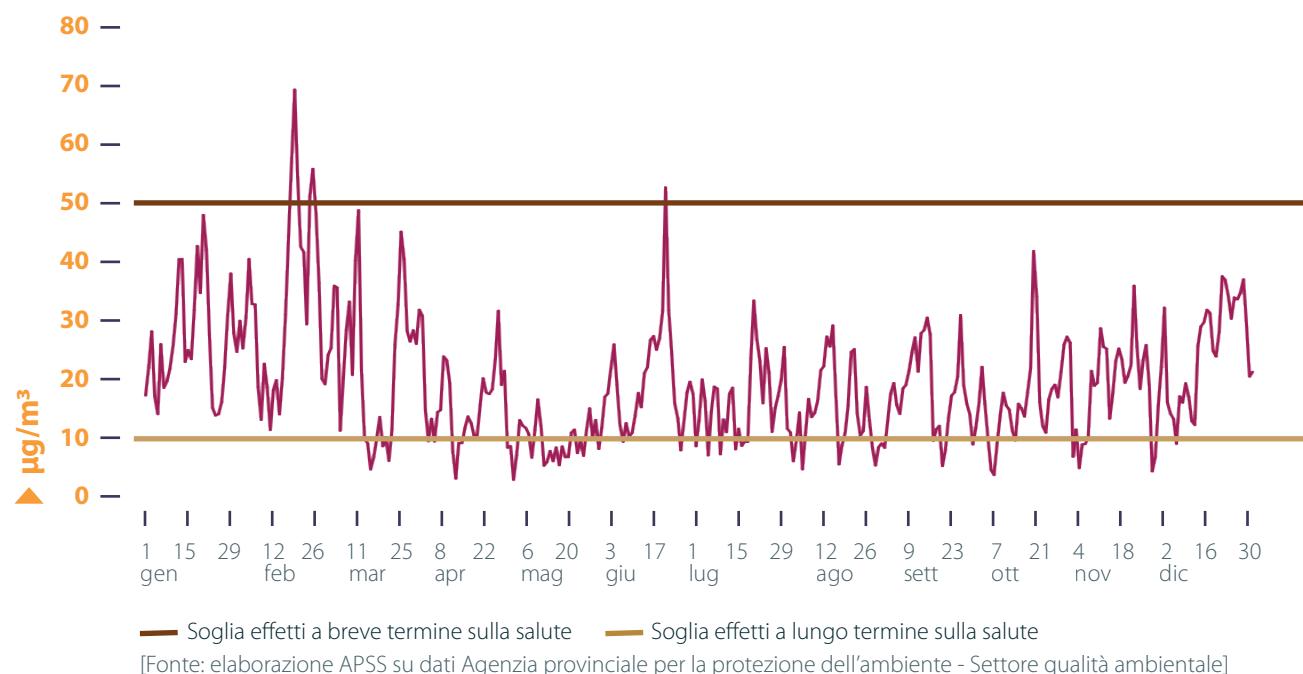
Grafico 34: concentrazione massima giornaliera di polveri fini (PM10) a Trento S. Chiara, con riferimento alle soglie per gli effetti a breve e lungo termine sulla salute (2021)



¹³ <https://www.who.int/europe/tools-and-toolkits/airq--software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>

¹⁴ <https://bollettino.appa.tn.it/aria/scarica>

Grafico 35: concentrazione media giornaliera di polveri fini (PM10) a Trento S. Chiara, con riferimento alle soglie per gli effetti a breve e lungo termine sulla salute (2021)



[Fonte: elaborazione APSS su dati Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

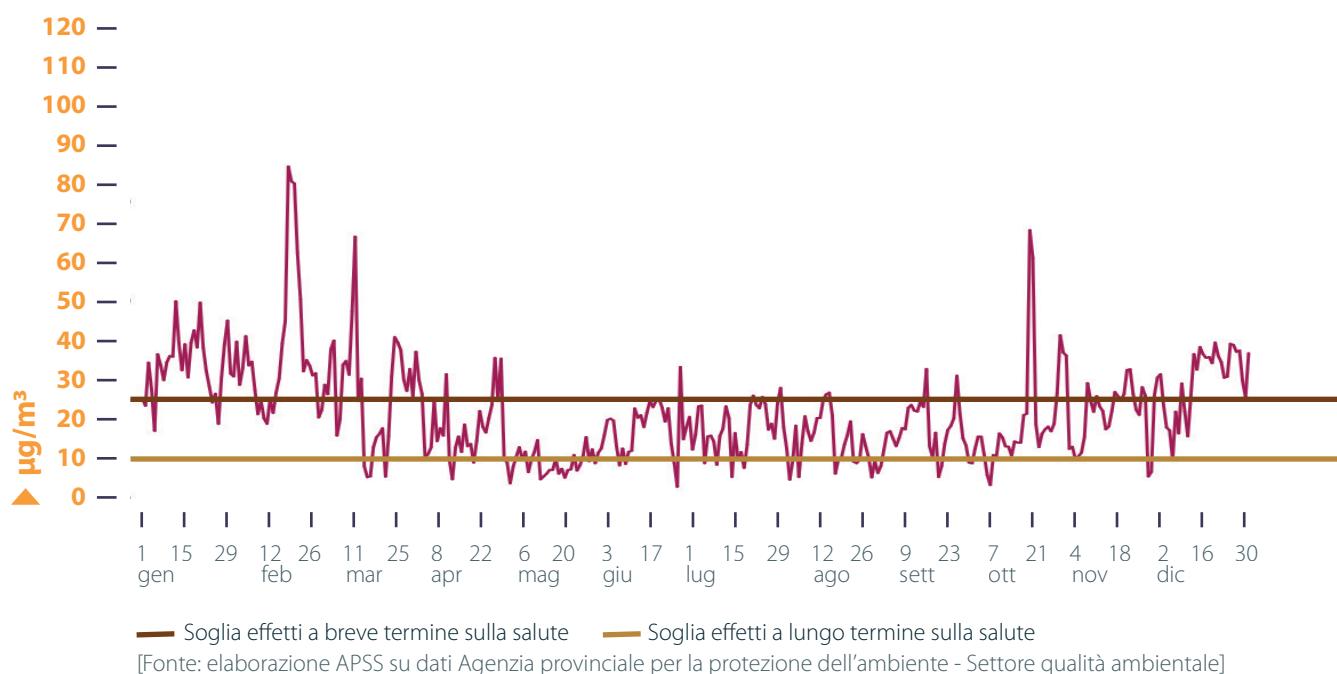
Tabella 36: giorni di superamento delle soglie per gli effetti a breve e lungo termine sulla salute, con riferimento alla concentrazione massima e media giornaliera di polveri fini (PM10) a Trento S. Chiara (2021)

PM10				
	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a breve termine sulla salute (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a breve termine sulla salute (in percentuale)	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a lungo termine sulla salute (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a lungo termine sulla salute (in percentuale)
Concentrazione massima giornaliera	46	13%	355	97%
Concentrazione media giornaliera	6	2%	294	81%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Per quanto riguarda il PM2,5, la situazione registrata nel 2021 presso la stazione di Trento Parco S. Chiara è mostrata dal grafico 36 (con riferimento alle concentrazioni massime giornaliere) e dal grafico 37 (con riferimento alle concentrazioni medie giornaliere). Come riassunto dalla tabella 37, la soglia per gli effetti a lungo termine è superata di frequente (nell'84% dei casi con riferimento alle concentrazioni massime giornaliere, nel 63% dei casi con riferimento alle concentrazioni medie giornaliere), mentre quella per gli effetti a breve termine è superata con minore frequenza (nel 33% dei casi con riferimento alle concentrazioni massime giornaliere, nel 9% dei casi con riferimento alle concentrazioni medie giornaliere).

Grafico 36: concentrazione massima giornaliera di polveri ultrafini (PM2,5) a Trento S. Chiara, con riferimento alle soglie per gli effetti a breve e lungo termine sulla salute (2021)



— Soglia effetti a breve termine sulla salute — Soglia effetti a lungo termine sulla salute

[Fonte: elaborazione APSS su dati Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Grafico 37: concentrazione media giornaliera di polveri ultrafini (PM2,5) a Trento S. Chiara, con riferimento alle soglie per gli effetti a breve e lungo termine sulla salute (2021)



— Soglia effetti a breve termine sulla salute — Soglia effetti a lungo termine sulla salute

[Fonte: elaborazione APSS su dati Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

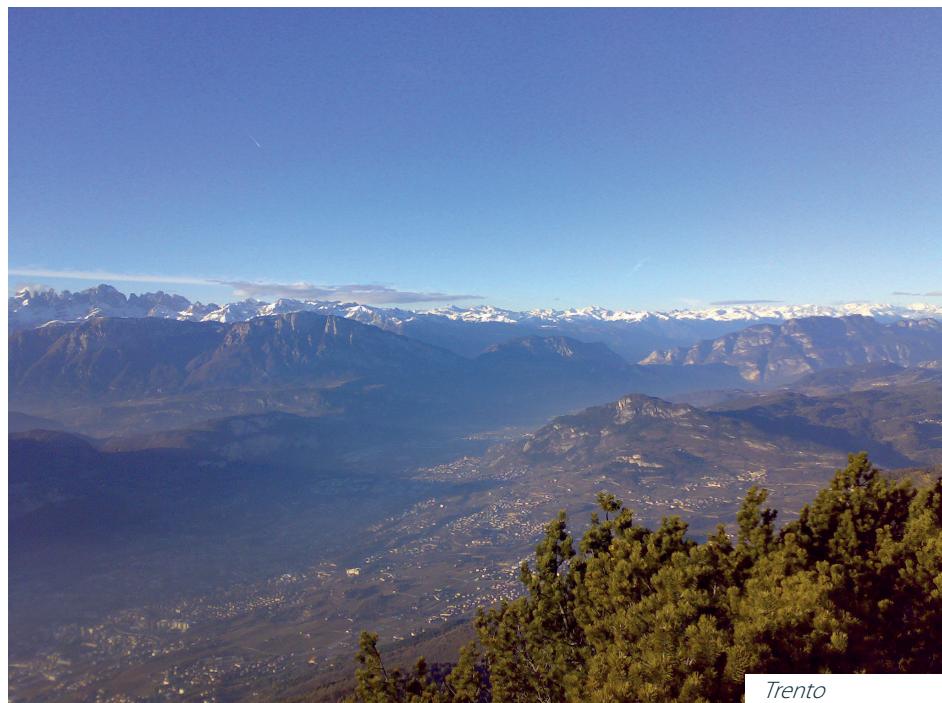
Tabella 37: giorni di superamento delle soglie per gli effetti a breve e lungo termine sulla salute, con riferimento alla concentrazione massima e media giornaliera di polveri ultrafini (PM2,5) a Trento S. Chiara (2021)

PM2,5				
	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a breve termine sulla salute (25 µg/m ³)	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a breve termine sulla salute (in percentuale)	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a lungo termine sulla salute (10 µg/m ³)	Giorni di superamento della soglia per gli effetti a lungo termine sulla salute (in percentuale)
Concentrazione massima giornaliera	122	33%	308	84%
Concentrazione media giornaliera	32	9%	230	63%

[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Sulla base del citato programma dell'OMS, si stima che un'esposizione a lungo termine a inquinamento da polveri fini e ultrafini sui sopraesposti livelli di concentrazione massima giornaliera registrati nel 2021 presso la stazione di Trento Parco S. Chiara, causerebbe tra gli adulti trentini 153 morti in un anno (circa il 4% della mortalità adulta), di cui 9 per cancro del polmone (5% della mortalità per cancro del polmone). Inoltre si aggiungerebbero 17 nuovi casi di cancro del polmone (6% dell'incidenza di cancro del polmone) e oltre 3.600 casi di bronchite cronica (17% dei casi totali). Nel breve termine, invece, le conseguenze comporterebbero annualmente 20 ricoveri per malattie respiratorie (0,35% dei ricoveri per cause respiratorie) e altrettanti per malattie cardiovascolari (0,17% dei ricoveri)¹⁵.

La stima OMS calcolata invece sulle sopraesposte concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2,5 registrate nel 2021 presso la stazione di Trento Parco S. Chiara, indica che a causa degli effetti a lungo termine l'inquinamento avrebbe provocato 84 morti (2% della mortalità adulta), di cui 5 per cancro del polmone (3% dei



Trento

morti per cancro del polmone), 10 nuovi casi di cancro del polmone (3% dell'incidenza di cancro del polmone) e quasi 1.900 casi di bronchite cronica (pari al 9% dei casi totali). Sempre nel 2021 i ricoveri per cause respiratorie sarebbero stati 7 (0,1% dei ricoveri), mentre sarebbero stati 6 quelli per cause cardiovascolari (0,05% dei ricoveri).

¹⁵ Per i dati epidemiologici necessari al calcolo delle stime è stato fatto riferimento a:

- mortalità generale, mortalità per cancro ai polmoni e mortalità infantile: Istat – Mortalità per territorio di residenza- Quozienti di mortalità (dati aggiornati al 2019) <http://dati.istat.it/>
- incidenza di cancro del polmone: APSS – Registro tumori di popolazione (dati aggiornati al 2013-2016)
- prevalenza di bronchite cronica: stime sorveglianza PASSI (dati 2017-2021)
- 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-Aggiorramento-2019>
- popolazione residente e nati vivi: Demolstat <https://demo.istat.it/index.php>

La percezione del rapporto tra ambiente e salute da parte dei trentini

In Trentino la percezione del rapporto tra ambiente e salute è indagata dal sistema di sorveglianza PASSI¹⁶ e risulta generalmente buona: il 56% delle persone interpellate nel periodo 2019-2021 pensa che l'ambiente influenzi la propria salute positivamente, l'8% negativamente e il 36% che non la influenzi affatto. L'aria è ritenuta buona (o molto buona) dal 93% delle persone e solamente il 9% dichiara di vivere in una zona a traffico intenso (o molto intenso). Il 17% 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.



¹⁶ La sorveglianza PASSI (Progressi delle Aziende Sanitarie per la Salute in Italia) è stata avviata nel 2006 con l'obiettivo di effettuare un monitoraggio a 360 gradi sullo stato di salute della popolazione adulta italiana (<https://www.epicentro.iss.it/passi/>).

Monitoraggio dei prodotti fitosanitari e studi sui relativi impatti ambientali e sanitari in Trentino

Il tema della possibile correlazione tra utilizzo di prodotti fitosanitari e impatto sulla salute della popolazione riveste particolare interesse soprattutto nelle zone a maggiore vocazione agricola del Trentino.

La specificità di questa potenziale contaminazione, le modalità e periodicità di utilizzo di questi prodotti, le caratteristiche delle aree all'interno delle quali vengono utilizzati, richiedono l'individuazione di specifiche modalità d'indagine sia per quanto riguarda l'attività di monitoraggio, sia per la stima dei potenziali impatti sulla salute delle persone oltre che sull'ambiente.

Il monitoraggio sanitario

Nel corso degli anni l'Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari (APSS) ha dedicato particolare attenzione a questa tematica, svolgendo specifici approfondimenti.

In particolare, si è indagata l'esposizione ambientale cui è sottoposta la popolazione residente in prossimità di aree a forte vocazione agricola (2009). Tramite la ricerca dei metaboliti urinari di un prodotto tracciante usato all'epoca in frutticoltura (clorpirifos) nei residenti in prossimità dei campi coltivati a meleto e dello stesso prodotto tal quale nell'ambiente domestico.

Successivamente è stato predisposto uno studio epidemiologico ecologico (2012) per verificare la possibile correlazione tra residenza in Comuni a vocazione agricola e incidenza di patologie e condizioni che riconoscono l'esposizione a prodotti fitosanitari quale potenziale fattore di rischio (in particolare: malattie neoplastiche, malattie neurologiche, malattie allergiche).

Entrambi gli studi sono stati condotti in Val di Non, essendo questo il territorio provinciale nel quale l'agricoltura rappresenta il settore economico principale e pertanto maggiormente rappresentativo del rischio espositivo.

Il biomonitoraggio sulla popolazione ha reso evidenza di un aumento dei metaboliti urinari nei residenti in concomitanza dei trattamenti fitosanitari; ciò indica la possibilità di una

esposizione aggiuntiva, sia pure a livelli che allo stato attuale delle conoscenze non rappresentano motivo di preoccupazione. Anche i riscontri della contaminazione indoor sono risultati molto bassi e tali da non costituire un rischio sotto il profilo sanitario.

Analogamente, le analisi epidemiologiche condotte attestano che nell'area studiata non si registrano elementi di significativa preoccupazione per quanto riguarda il possibile impatto dei prodotti fitosanitari sulla salute della popolazione.

Nonostante le indagini finora eseguite non abbiano evidenziato particolari situazioni di rischio, il tema, ancora oggi, è comunque percepito dalla popolazione come altamente critico.

Il monitoraggio ambientale

Relativamente all'attività di monitoraggio ambientale, se il rilevamento della potenziale contaminazione delle matrici suolo e acqua è relativamente semplice e comunque già collaudato e normalmente praticato (si rimanda ai capitoli Agricoltura e Acqua del Rapporto sullo stato dell'ambiente del Trentino per maggiori approfondimenti), per la matrice aria vi sono molteplici variabili da dover considerare e criticità non sempre risolvibili facilmente.

Per queste ragioni, l'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente (APPA) si è impegnata ad attivare una specifica e aggiuntiva attività di monitoraggio volta a raccogliere con la necessaria frequenza e costanza informazioni riguardanti anche la potenziale contaminazione dell'aria riconducibile all'uso di fitofarmaci in agricoltura.

La programmazione prevede l'esecuzione da parte di APPA di campionamenti e analisi dei principi attivi utilizzati soprattutto in frutticoltura e viticoltura, da realizzarsi annualmente nei periodi di applicazione dei fitofarmaci, indicativamente da marzo ad ottobre, e prioritariamente nei territori dei Comuni a forte vocazione agricola.

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 della popolazione, soprattutto cardiovascolare e respiratoria. 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, provoca 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 denaro e di creare nuovi posti di lavoro¹⁷.

Il Piano per la salute del Trentino 2015-2025¹⁸ 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.



¹⁷ WHO - UNECE - UNEP, Riding towards the green economy: cycling and green jobs.

¹⁸ <https://www.trentinosalute.net/content/view/full/3930>.