

Rapporto qualità dell'aria 2022



AGENZIA PROVINCIALE PER
LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE (APPA)



PROVINCIA
AUTONOMA
DI TRENTO



Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Settore qualità ambientale

U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici

Via Lidorno, 1 – 38123 Trento

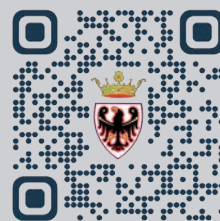
T +39 0461 494796

F +39 0461 497759

pec sqa.appa@pec.provincia.tn.it

@ ariaagf.appa@provincia.tn.it

web www.appa.provincia.tn.it



In copertina:
la centralina dell'aria in località Monte Gaza

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Settore qualità ambientale

U.O. tutela dell'aria ed agenti fisici

Autori

Luca Forte

Elisa Malloci

Valentina Miotto

Gabriele Tonidandel

Impaginazione grafica

U.O. in materia di informazione, formazione, educazione ambientale e Agenda 2030

Claudia Zambanini

Editore

Provincia autonoma di Trento, APPA - maggio 2023

Questo lavoro può essere liberamente utilizzato senza omissioni o aggiunte. Per eventuali riproduzioni, ristampe o utilizzo di estratti, deve essere richiesta l'autorizzazione all'A.P.P.A.

In coerenza con gli obiettivi di conservazione delle risorse e tutela ambientale, il presente Rapporto non è stato stampato, ma pubblicato esclusivamente sul sito web www.appa.provincia.tn.it.



Indice

1	Sintesi	pag. 4
2	Introduzione	pag. 5
3	Zonizzazione e classificazione delle zone	pag. 6
4	La rete di monitoraggio	pag. 12
5	Dati di monitoraggio dell'anno 2022	pag. 16
5.1	Biossido di azoto NO ₂	pag. 18
5.2	Particolato atmosferico (PM10 e PM2,5)	pag. 21
5.3	Monossido di carbonio CO	pag. 28
5.4	Biossido di zolfo SO ₂	pag. 31
5.5	Benzene C ₆ H ₆	pag. 34
5.6	Metalli	pag. 36
5.7	Benzo(a)pirene – B(a)P	pag. 40
5.8	Ozono O ₃	pag. 42
6	Focus sulle polveri sottili: sabbie desertiche e altre fonti	pag. 48
7	Conclusioni	pag. 54

1 Sintesi

Lo stato della qualità dell'aria ambiente della Provincia autonoma di Trento che emerge dalle attività di monitoraggio effettuate nel corso dell'anno 2022 e sulla base del confronto effettuato con i dati rilevati negli anni precedenti, indica una situazione nel complesso positiva, con qualche criticità che permane per alcuni inquinanti come l'ozono.

Sono sintetizzati di seguito i dati rilevati nel 2022 per ogni inquinante per il quale la normativa vigente fissa un limite di concentrazione.

- **NO₂ (biossido di azoto)** per il terzo anno consecutivo il valore limite per la media annuale di 40 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio, così come già avveniva da anni per il limite previsto per la media oraria (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile);
- **PM₁₀ (particolato atmosferico)** il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato presso tutti i siti di misura, così come il limite di 40 µg/m³ per la media annuale;
- **PM_{2,5} (particolato atmosferico)** si conferma il rispetto del limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale, già osservato a partire da quando è attivo il monitoraggio di questo inquinante presso tutte le stazioni in cui è rilevato. Risulta inoltre rispettato, già dal 2013, su tutte le stazioni della rete di monitoraggio, anche il limite più restrittivo previsto dalla normativa per una successiva fase 2 di 20 µg/m³;
- **CO (monossido di carbonio) SO₂ (biossido di zolfo) e C₆H₆ (benzene)** per questi inquinanti le concentrazioni registrate evidenziano da molti anni il pieno rispetto dei limiti;
- **Metalli pesanti** è confermato il pieno rispetto dei valori limite per il piombo (Pb) e dei valori obiettivo per arsenico (As), nichel (Ni) e cadmio (Cd);
- **B(a)P (benzo(a)pirene)** la concentrazione media annua nella zona di Fondovalle è stata pari a 0,7 ng/m³, del tutto in linea con quanto misurato negli ultimi anni ed inferiore al valore obiettivo posto a 1,0 ng/m³;
- **O₃ (ozono)** si conferma la criticità per questo parametro, con il valore obiettivo di 120 µg/m³ (calcolato come media su tre anni e riferito alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore, da non superare più di 25 volte per anno civile) che viene ancora superato in maniera diffusa su tutto il territorio provinciale, ad eccezione della stazione di Borgo Valsugana, dove la media per il triennio di riferimento 2020-2022 rispetta il valore obiettivo, nonostante i 37 superamenti registrati nel 2022.

2 Introduzione

Ai sensi del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante *l'Attuazione della direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*, le regioni e le province autonome elaborano e mettono a disposizione del pubblico delle relazioni annuali aventi ad oggetto tutti gli inquinanti disciplinati dal decreto stesso e contenenti una sintetica illustrazione circa i superamenti dei valori limite, dei valori obiettivo, degli obiettivi a lungo termine, delle soglie di informazione e delle soglie di allarme con riferimento ai periodi di mediazione previsti.

Sono di seguito riassunti i valori rilevati nel corso dell'anno 2022 dalla rete di monitoraggio provinciale, evidenziando i casi di mancato rispetto dei limiti previsti.

Si riporta, inoltre, il confronto con i dati degli anni precedenti, al fine di evidenziare i trend in atto per i diversi inquinanti.

La morfologia e le caratteristiche meteo-climatiche del Trentino sono tali da determinare condizioni di dispersione e diluizione degli inquinanti che nella stagione invernale sono spesso sfavorevoli: la scarsità di vento e precipitazioni, nonché la frequenza di situazioni di stabilità atmosferica e forte inversione termica, contribuiscono a determinare condizioni di accumulo degli

inquinanti in prossimità del suolo che tendono a persistere anche per giorni.

Le situazioni di ristagno portano, inoltre, all'aumento delle concentrazioni degli inquinanti cosiddetti secondari (come il particolato atmosferico secondario) che si formano a partire da inquinanti primari per effetto di processi chimico-fisici oppure di reazioni foto-chimiche e che si sommano ulteriormente al contributo dato dagli inquinanti primari. **Ne consegue che la naturale variabilità interannuale delle condizioni meteo-climatiche influenza in maniera significativa lo stato di qualità dell'aria medio annuale.**

Un accenno a parte merita l'ozono, un inquinante prevalentemente secondario le cui concentrazioni aumentano in particolare nella stagione estiva, a causa degli elevati apporti di radiazione solare che ne promuove la formazione, preferenzialmente nelle aree non intensamente urbanizzate, come le aree di alta montagna.

Dopo l'anomalia causata dalle restrizioni imposte dalla pandemia da COVID-19 durante gli anni 2020 e 2021, nel 2022 tutte le attività antropiche sono tornate ai regimi pre-pandemia con il loro relativo effetto sulla qualità dell'aria e sui livelli di inquinamento.

3 Zonizzazione e classificazione delle zone



Panoramica dal Monte Giza

3 Zonizzazione e classificazione delle zone

Ai sensi dell'art. 3 del D.Lgs. 155/2010 è stata definita ed approvata, con deliberazione della Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011, la nuova zonizzazione del territorio della Provincia Autonoma di Trento.

Il territorio della Provincia di Trento presenta un'estensione di circa 6.200 km² ed una densità abitativa pari a circa 85 abitanti/km², un valore piuttosto basso che riflette la morfologia prevalentemente montuosa della regione. La popolazione e le attività produttive si concentrano nei principali centri abitati, che si localizzano soprattutto nei fondovalle del territorio. Di conseguenza le emissioni in aria di inquinanti primari (quegli inquinanti che sono emessi direttamente), che in Trentino derivano principalmente dai riscaldamento civili e dal traffico, avvengono preferenzialmente nelle aree di fondovalle. Di conseguenza per gli inquinanti ossidi di azoto, PM10, PM2,5, monossido di carbonio, ossidi di zolfo, benzo(a)pirene e metalli sono state individuate due zone (Fig. 3.1):

- **Fondovalle** comprende le aree in cui si concentrano sia la presenza di popolazione che le emissioni di inquinanti;

- **Montagna** corrisponde al territorio in cui emissioni di inquinanti e popolazione sono presenti in modo non significativo.

La linea di separazione fra le due zone è stata fissata in corrispondenza della quota altimetrica pari a 1500 m s.l.m., in modo da includere nella prima zona tutti i centri abitati. Nella zona di fondovalle, che copre un'area di circa 3500 km², risiede infatti oltre il 99% della popolazione (Tab. 3.1).

Per l'ozono, un inquinante prevalentemente secondario, le cui concentrazioni aumentano in particolare nella stagione estiva a causa degli elevati apporti di radiazione solare che ne promuovono la formazione, il territorio provinciale non presenta invece caratteristiche tali da poter definire zone a differente criticità. Per tali motivi si è definita un'unica zona corrispondente ai confini amministrativi provinciali (Fig. 3.2).

Tabella 3.1: Zone

NOME ZONA	CODICE	ESTENSIONE	POPOLAZIONE	INQUINANTI
Fondovalle	IT0403	3.520 km ²	523.682	NO ₂ , PM10, PM2,5, CO, SO ₂ , C ₆ H ₆ , Pb, B(a)P, As, Cd, Ni
Montagna	IT0404	2.689 km ²	1.144	NO ₂ , PM10, PM2,5, CO, SO ₂ , C ₆ H ₆ , Pb, B(a)P, As, Cd, Ni
Zona ozono	IT0405	6.209 km ²	524.826	O ₃

Figura 3.1: Zonizzazione per la tutela della salute umana - NO₂, PM10, PM2,5, CO, SO₂, C₆H₆, Pb, B(a)P, As, Cd, Ni

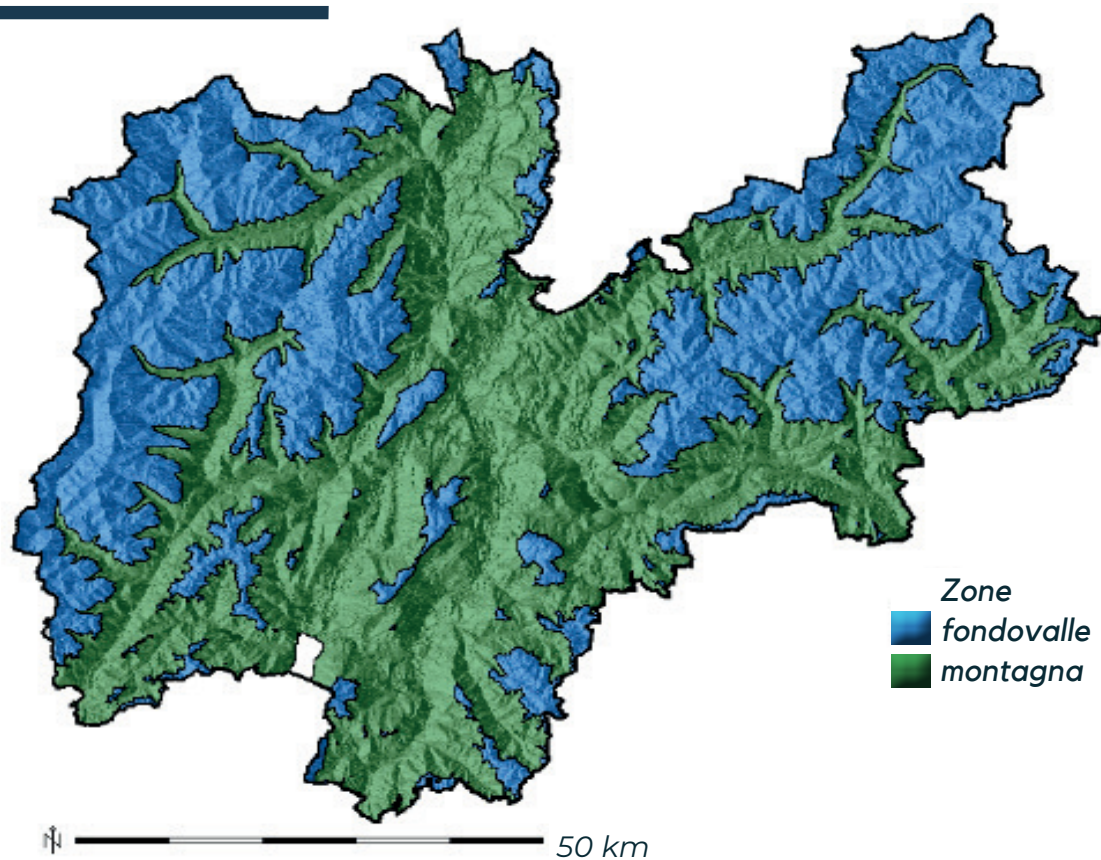
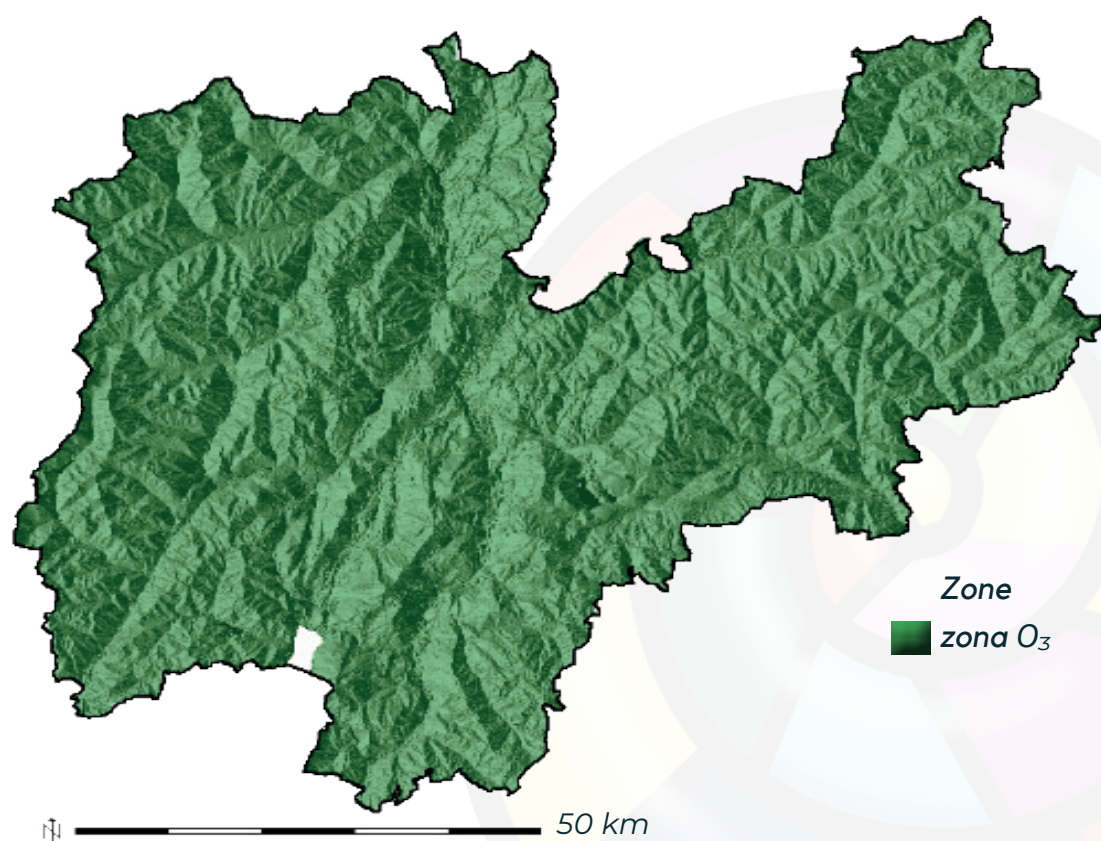


Figura 3.2: Zonizzazione per la tutela della salute umana - O₃



La classificazione delle zone è effettuata per ciascun inquinante sulla base delle soglie di valutazione superiori e inferiori previste dell'Allegato II al D.Lgs. 155/2010 e sulla base dei dati raccolti nel quinquennio precedente.

La soglia di valutazione superiore è definita come il livello al di sotto del quale le misurazioni in siti fissi possono essere combinate con misurazioni indicative o tecniche di modellizzazione e, per l'arsenico, il cadmio, il nichel ed il benzo(a)pirene, livello al di sotto del quale le misurazioni in siti fissi o indicative possono essere combinate con tecniche di modellizzazione.

La soglia di valutazione inferiore è definita come il livello al di sotto del quale è previsto, anche in via esclusiva, l'utilizzo di tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva.

In Provincia di Trento, ai sensi del D.Lgs. 155/2010, la classificazione delle zone è stata effettuata nel corso del 2011 contestualmente alla definizione della nuova zonizzazione, sulla base dei dati raccolti nel quinquennio 2005-2009 (approvata con deliberazione della Giunta provinciale n. 1036 del 20 maggio 2011). La classificazione delle zone è riesaminata almeno ogni cinque anni,

ed è quindi stata successivamente aggiornata con deliberazione della Giunta provinciale n. 2338 del 16 dicembre 2016 in base ai dati raccolti nel quinquennio 2011-2015, e infine con deliberazione della Giunta provinciale n. 1776 del 29 ottobre 2021 in base dei dati raccolti nel quinquennio 2016-2020. La classificazione aggiornata delle zone, sulla quale si basa il programma di valutazione vigente è in vigore in maniera operativa dal 1° gennaio 2022 ed è riportata in Tab. 3.2.

La classificazione è utilizzata per stabilire quali metodi di valutazione della qualità dell'aria vadano implementati, secondo questi principi:

- le misurazioni in siti fissi sono obbligatorie quando i livelli degli inquinanti sono superiori alla soglia di valutazione superiore (UAT), compresi tra soglia di valutazione inferiore e rispettiva soglia di valutazione superiore (UAT-LAT) o superiori all'obiettivo a lungo termine nel caso dell'ozono (LTO_U);
- le misurazioni in siti fissi non sono obbligatorie e possono essere utilizzate, anche in via esclusiva, tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva quando i livelli degli inquinanti sono inferiori alla soglia di valutazione inferiore (LAT / LAT_SA).

Tabella 3.2: Classificazione delle zone al 31 dicembre 2022

	ZONA IT0403 FONDOVALLE	ZONA IT0404 MONTAGNA	ZONA IT0405 ZONA OZONO
SO ₂	LAT	LAT_SA	
NO ₂ (1 h)	UAT	LAT	
NO ₂ (1 y)	UAT	LAT	
PM10 (24 h)	UAT	LAT	
PM10 (1 y)	UAT-LAT	LAT	
PM2,5	UAT-LAT	LAT_SA	
CO	LAT	LAT_SA	
C ₆ H ₆	LAT	LAT_SA	

	ZONA IT0403 FONDOVALLE	ZONA IT0404 MONTAGNA	ZONA IT0405 ZONA OZONO
B(a)P	UAT	LAT_SA	
As	LAT	LAT_SA	
Cd	LAT	LAT_SA	
Ni	LAT	LAT_SA	
Pb	LAT	LAT_SA	
O ₃			LTO_U

Legenda

- "LAT": minore della soglia di valutazione inferiore (dati su 5 anni)
- "UAT": maggiore della soglia di valutazione superiore (dati su 5 anni)
- "UAT-LAT": compreso tra la soglia di valutazione superiore e la soglia di valutazione inferiore (dati su 5 anni)
- "LAT_SA": minore della soglia di valutazione inferiore (non disponibili dati su 5 anni, valutazione supplementare con campagne mobili e tecniche di modellizzazione)
- "LTO_U": superiore all'obiettivo a lungo termine dell'ozono (Allegato VII) (dati su 5 anni)



4 La rete di monitoraggio



Stazione di Borgo Valsugana

4 La rete di monitoraggio

Sulla base della classificazione delle zone approvata nel 2011, è stato redatto 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. Il *Programma di valutazione*, approvato nel 2014 e rivisto sulla base degli aggiornamenti della classificazione del 2016 e del 2021, ha ad oggi trovato piena applicazione (Tab. 4.1).

Le stazioni di monitoraggio incluse nel Programma di Valutazione sono sette (Tab. 4.1). La stazione di Trento via Bolzano è una stazione di misurazione cosiddetta di *traffico*, ubicata in modo tale che il livello di inquinamento rilevato venga influenzato prevalentemente dalle emissioni provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta. Le altre sei sono stazioni di misurazione di *fondo* (urbano, suburbano o rurale a seconda della localizzazione), posizionate in maniera tale

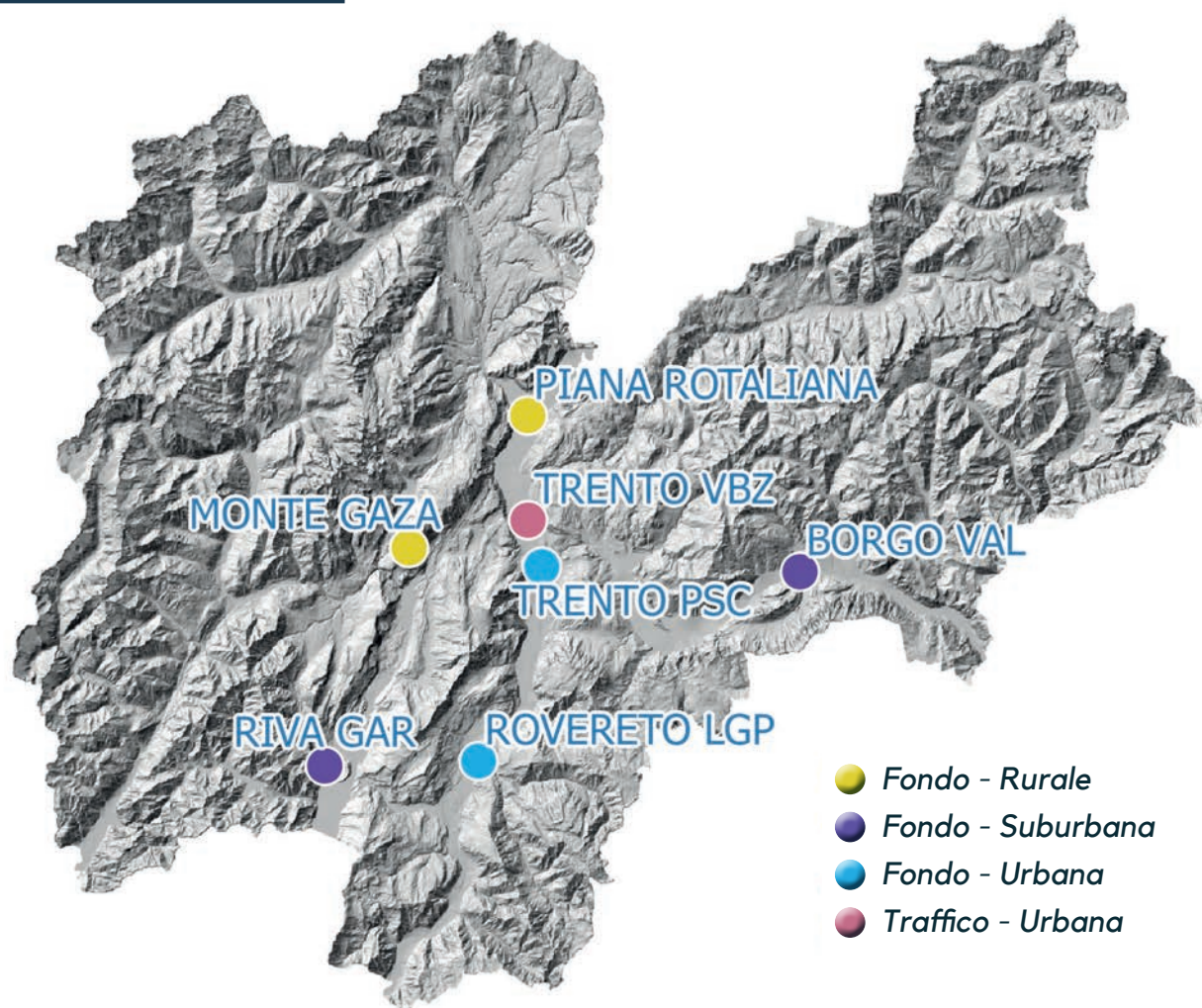
che il livello di inquinamento non sia influenzato in maniera prevalente da specifiche emissioni di un'unica fonte (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

La localizzazione delle stazioni di monitoraggio nel territorio provinciale è rappresentata in Fig. 4.1.

Tabella 4.1: Punti di misura secondo il programma di valutazione al 31 dicembre 2022

STAZIONE		TIPO DI ZONA	TIPO DI STAZIONE	INQUINANTI
IT1037A	Trento Parco S. Chiara	urbana	fondo	SO ₂ , PM10, PM2,5, NO _x , O ₃ , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
IT1859A	Trento via Bolzano	urbana	traffico	CO, PM10, NO _x , C ₆ H ₆
IT0591A	Rovereto	urbana	fondo	PM10, PM2,5, NO _x
IT0703A	Borgo Valsugana	suburbana	fondo	PM10, PM2,5, NO _x , O ₃
IT0753A	Riva del Garda	suburbana	fondo	PM10, NO _x , O ₃
IT1930A	Piana Rotaliana	rurale	fondo	NO _x , O ₃
IT1191A	Monte Gaza	rurale	fondo	PM10, NO _x , O ₃

Figura 3.1: Localizzazione delle stazioni della rete di monitoraggio



5 Dati di monitoraggio dell'anno 2022



Stazione mobile

5 Dati di monitoraggio dell'anno 2022

Per tutti i punti di misura individuati nel Programma di Valutazione è stata assicurata la raccolta minima dei dati come indicato dal D.Lgs. 155/2010.

Per la zona *IT0403 Fondovalle* sono presenti punti di misura per tutti gli inquinanti normati. All'interno della zona *IT0404 Montagna* non sono presenti punti di misura per gli inquinanti PM_{2,5}, CO, SO₂, C₆H₆, As, Cd, Ni, Pb e B(a)P. La stima delle concentrazioni di questi inquinanti viene effettuata, ai sensi del D.Lgs. 155/2010, con tecniche di stima obiettiva.

Si riportano di seguito i valori misurati presso le stazioni di monitoraggio ed il relativo confronto con i limiti normativi per ciascun inquinante. I casi di superamento dei valori limite/obiettivo sono evidenziati in **rosso**; in particolare, nel 2022 i valori evidenziati sono relativi al superamento del valore obiettivo previsto per l'inquinante ozono nella zona *IT0405 Zona ozono* relativa a tutto il territorio provinciale.

5.1 Biossido di azoto NO₂

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 ed insapore. In presenza di ossigeno (O₂) e di radicali ossidanti, l'NO si trasforma in biossido di azoto (NO₂), gas di colore rosso bruno, di odore forte e pungente, altamente tossico ed irritante. L'NO₂ può essere generato anche da altri processi ossidativi, tra i quali è di particolare rilevanza la reazione tra NO e ozono (O₃), presente in elevate concentrazioni nei periodi di maggior irraggiamento solare. L'NO₂ 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).

In merito agli effetti sulla salute dell'uomo, il monossido di azoto NO agisce sull'emoglobina, fissandosi ad essa ed 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 NO₂ è considerato più pericoloso per la salute umana, in quanto ha una tossicità fino a quattro volte maggiore di quella di NO: forte ossidante ed irritante, esercita il suo effetto tossico principalmente sugli occhi, sulle mucose e sui polmoni e può essere responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni, edemi polmonari che possono portare anche al decesso).

L'NO₂, 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. Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto un limite annuale ed uno orario (con limite di superamenti calcolato su base annuale) (Tab. 5.1). È stabilita anche una soglia di allarme pari a 400 µg/m³ misurati per 3 ore consecutive presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 km².

Tabella 5.1: Valore limite

NO ₂	
Periodo di mediazione	Valore limite
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Anno civile	40 µg/m ³



Nel corso del 2022 il valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni della rete. Negli ultimi anni, su tutto il territorio provinciale non è mai stato superato il numero massimo di 18 superamenti annui previsto dalla normativa; inoltre, ad eccezione della stazione di traffico sita a Trento via Bolzano (Fig. 5.1), in tutte le altre stazioni della rete di monitoraggio il limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è mai stato superato nemmeno in passato.

Per quanto riguarda la media annua, è confermato il trend positivo degli ultimi anni con concentrazioni medie annue in progressiva diminuzione a partire dal 2009. Per tutte le stazioni di fondo, a partire dal 2008, si osserva il rispetto del limite sulla media annuale (Fig. 5.2). Per il terzo anno consecutivo, anche presso il sito di traffico di Trento via Bolzano, è stato rispettato il limite sulla media annua di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con il valore registrato più basso di sempre pari a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 5.2: Punti di misura secondo il programma di valutazione al 31 dicembre 2022

NO ₂			
Zona	Stazione di monitoraggio	Ore di superamento del limite media oraria $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0	$26 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Trento via Bolzano	0	$35 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Rovereto	0	$21 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Borgo Valsugana	0	$22 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Riva del Garda	0	$22 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Piana Rotaliana	0	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
IT0404	Monte Gaza	0	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Limite		18	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figura 5.1: NO₂ – superamenti del valore limite orario

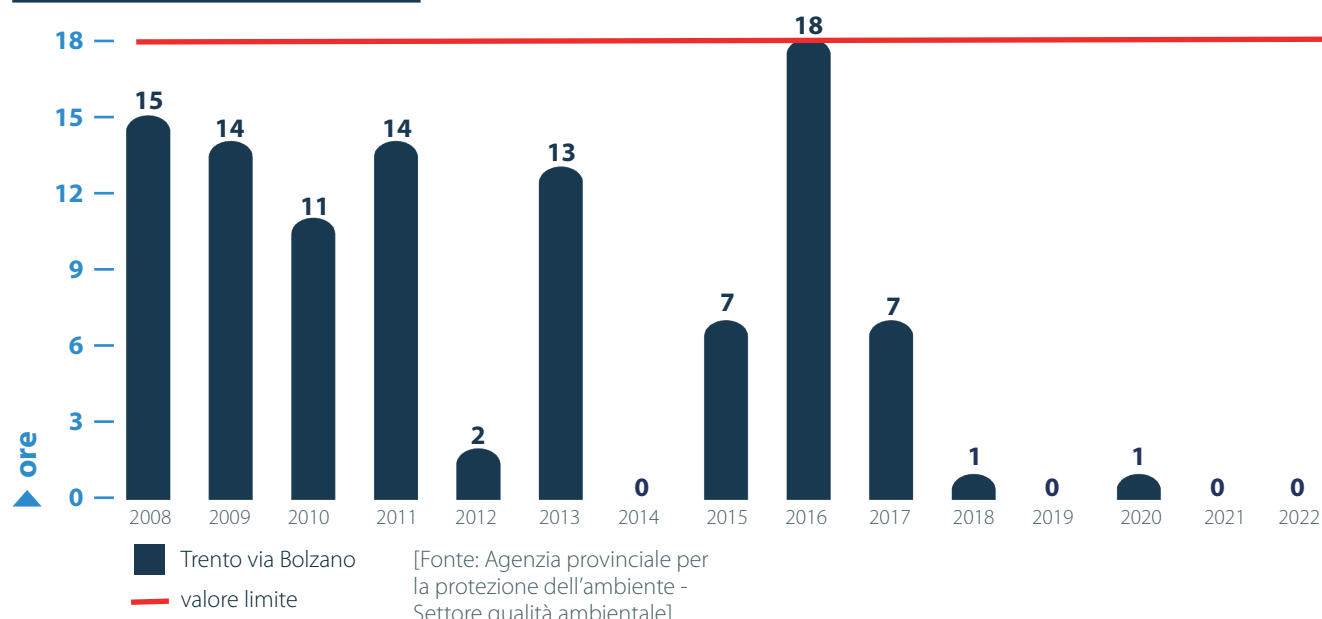
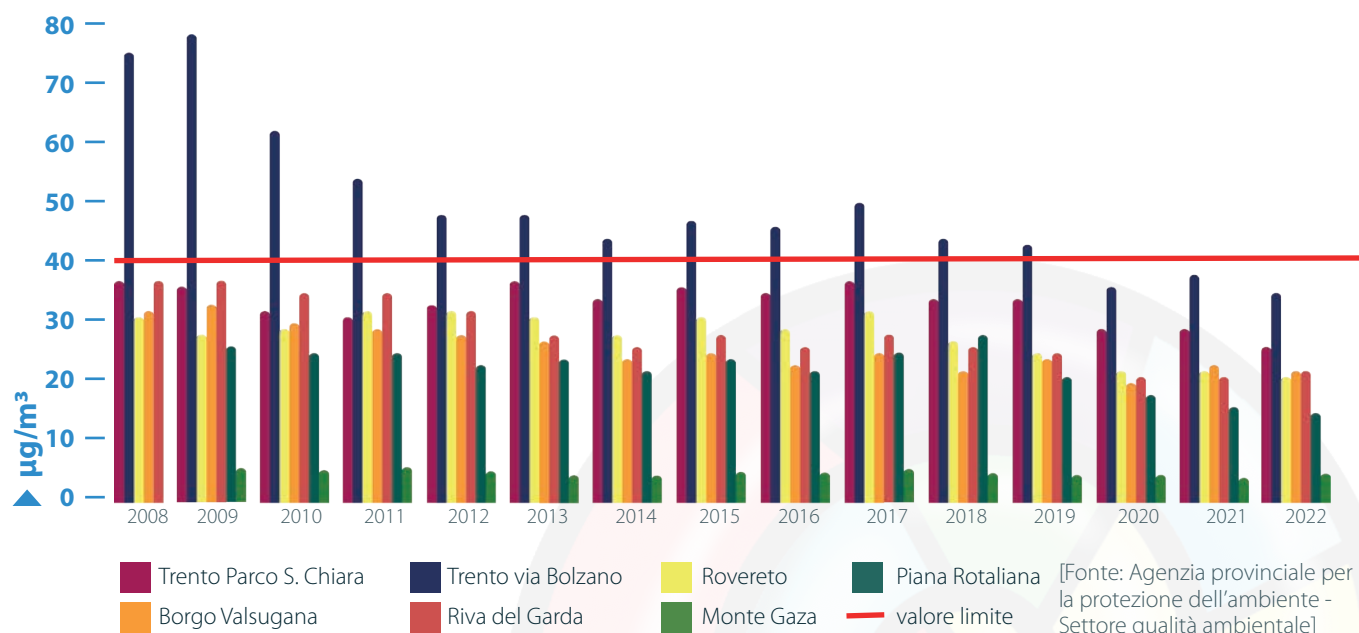


Figura 5.2: NO₂ – media annua





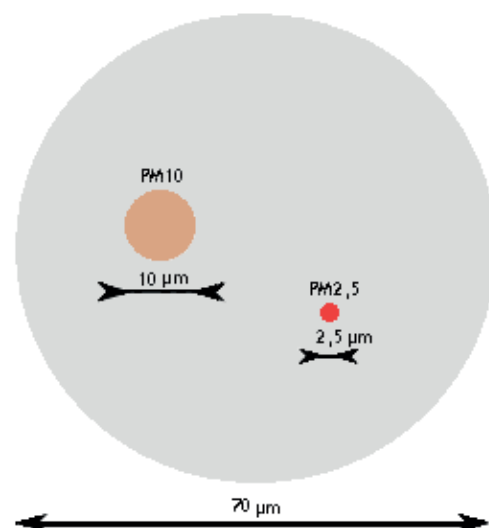
5.2 Particolato atmosferico (PM10 e PM2,5)

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.

Le polveri atmosferiche sono sia di origine naturale che antropica. Le più importanti sorgenti naturali sono riconducibili a fenomeni di erosione eolica, all'effetto degli agenti atmosferici, ad 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).

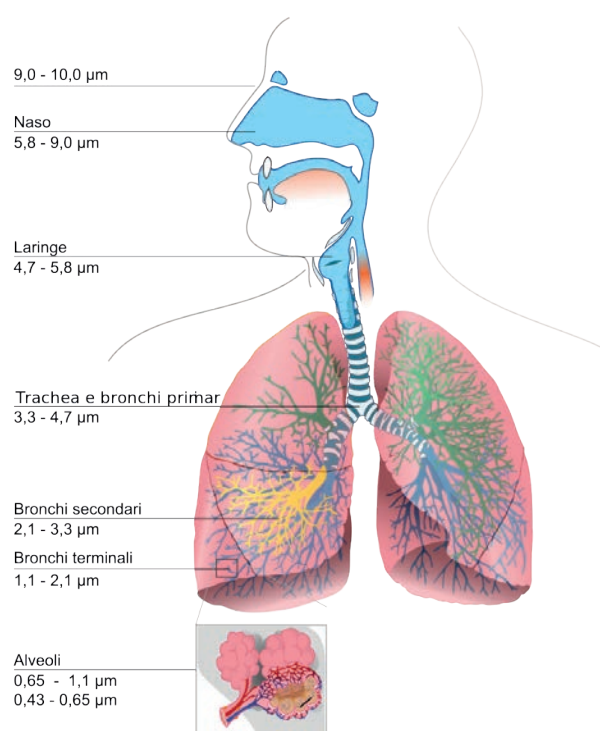
Oltre alle emissioni dirette (*particolato primario*), le polveri si formano anche per reazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera in presenza dei cosiddetti inquinanti precursori, come ossidi

di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca, composti organici volatili e ozono, formando così il *particolato secondario*.



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 nocivi sia 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.

Le fonti di emissione di particolato nelle aree urbane sono principalmente il traffico veicolare (in particolare i motori diesel ed 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 la legna, il cui utilizzo in piccoli impianti domestici è molto diffuso. Le fonti di inquinamento industriali sono invece da ritenersi secondarie.

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 fondovalle, anche per più giorni di seguito.



Il D.Lgs. 155/2010 stabilisce i valori limite per la concentrazione in aria ambiente di particolato PM10 (limite annuale e limite giornaliero con numero di superamenti calcolato su base annuale) Tab. 5.3) e PM2,5 (limite annuale) (Tab. 5.4).

Tabella 5.3: PM10 – valore limite

PM10	
Periodo di mediazione	Valore limite
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 5.4: PM2,5 – valore limite

PM2,5		
Periodo di mediazione	Valore limite	
Anno civile	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 perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

5.2.1 PM10



Le concentrazioni medie annuali ed il numero di superamenti per il **PM10** sono riportati in Tab. 5.5.

A partire dal 2009 e, per 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 (Fig. 5.3).

L'andamento irregolare è da imputare principalmente alla forte correlazione tra le concentrazioni di PM10 e le condizioni meteorologiche invernali più o meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti e caratterizzate da una marcata variabilità interannuale. Questo rende difficile confermare con certezza se si sia raggiunta una stabilizzazione del numero di superamenti annuali su valori inferiori alla soglia prevista dalla normativa di riferimento, sebbene si possa affermare con discreta sicurezza che le stazioni di fondovalle di Trento Parco S. Chiara, Rovereto e Riva del Garda non rappresentino situazioni di particolare criticità rispetto a tale limite normativo, riportando una situazione tendenzialmente stabile rispetto agli ultimi anni.

In Fig. 5.4 è mostrato l'andamento della concentrazione media annua. Diversamente dal limite giornaliero, 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, è possibile notare una progressiva riduzione della concentrazione media annua, che risulta attualmente in linea con gli anni precedenti e ampiamente inferiore rispetto al valore limite di 40 µg/m³ imposto dalla normativa.

Tabella 5.5: PM10 – dati 2022

PM10			
Zona	Stazione di monitoraggio	Ore di superamento del limite media oraria 200 µg/m ³	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	7	21 µg/m ³
	Trento via Bolzano	15	24 µg/m ³
	Rovereto	4	19 µg/m ³
	Borgo Valsugana	5	22 µg/m ³
	Riva del Garda	13	21 µg/m ³
IT0404	Monte Gaza	1	11 µg/m ³
Limite		35	40 µg/m³

Figura 5.3: PM10 – numero di superamenti del valore limite giornaliero

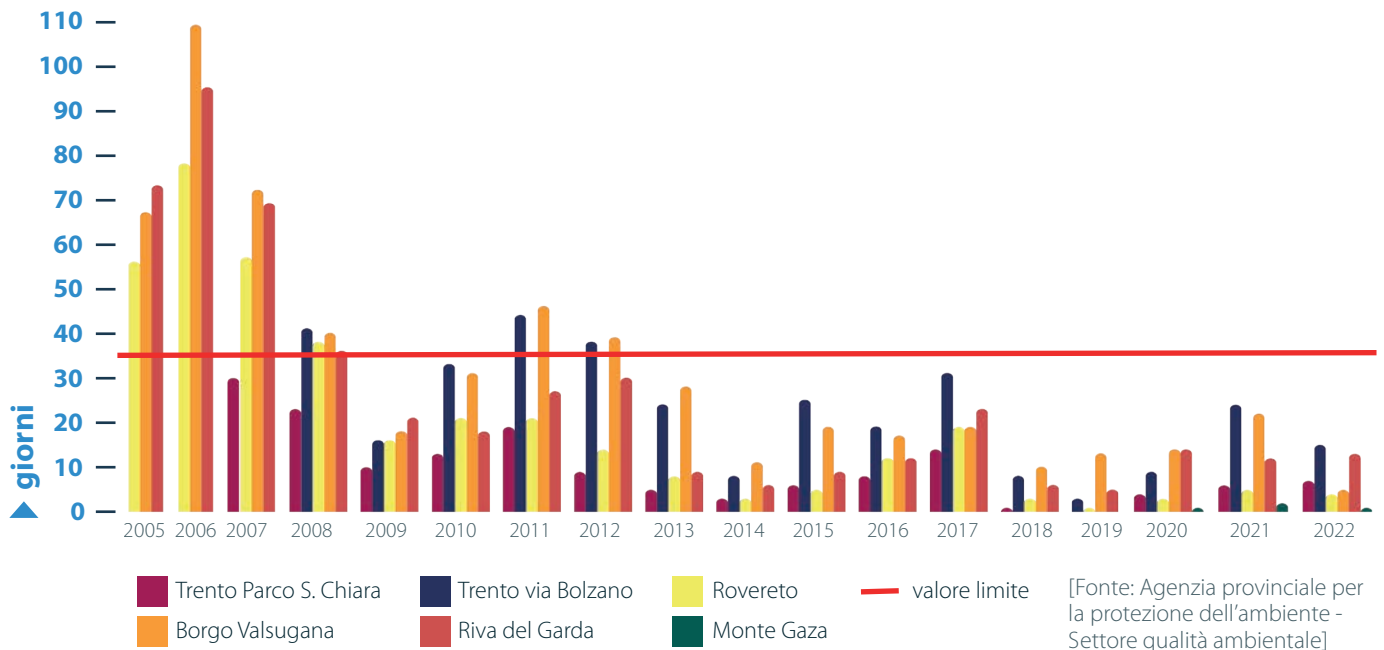
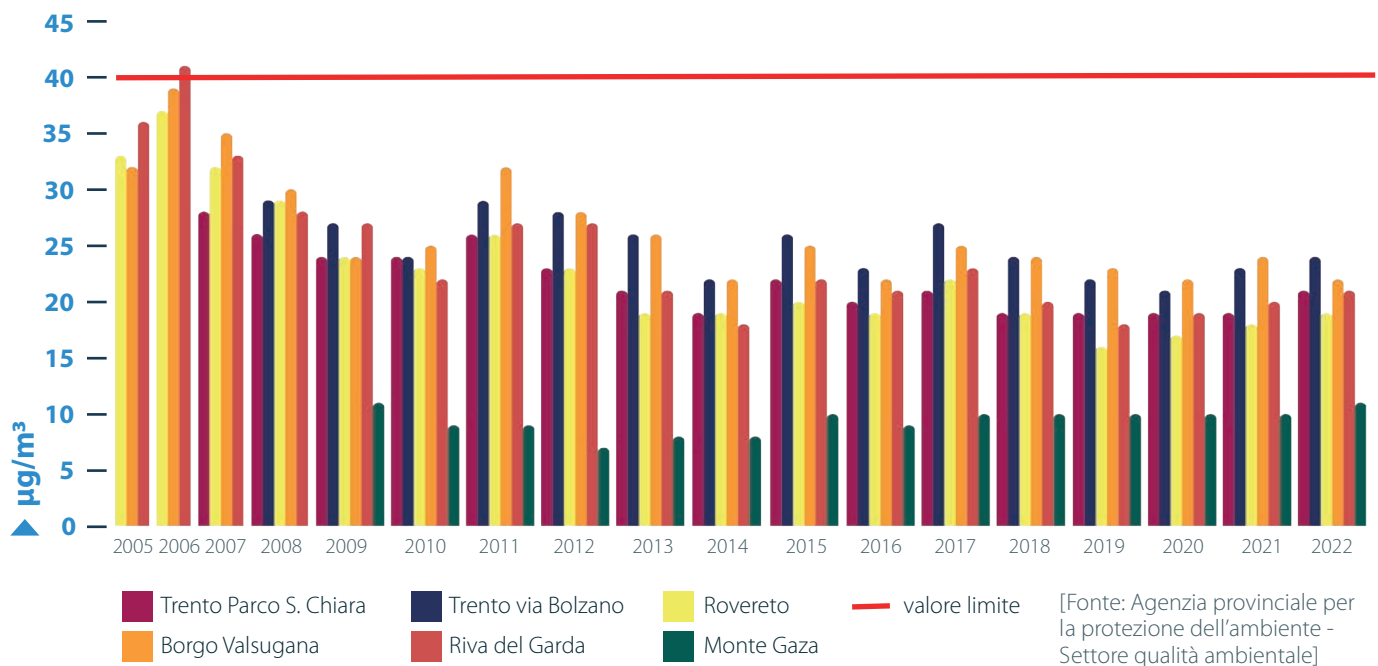


Figura 5.4: PM10 – media annua



5.2.2 PM_{2,5}



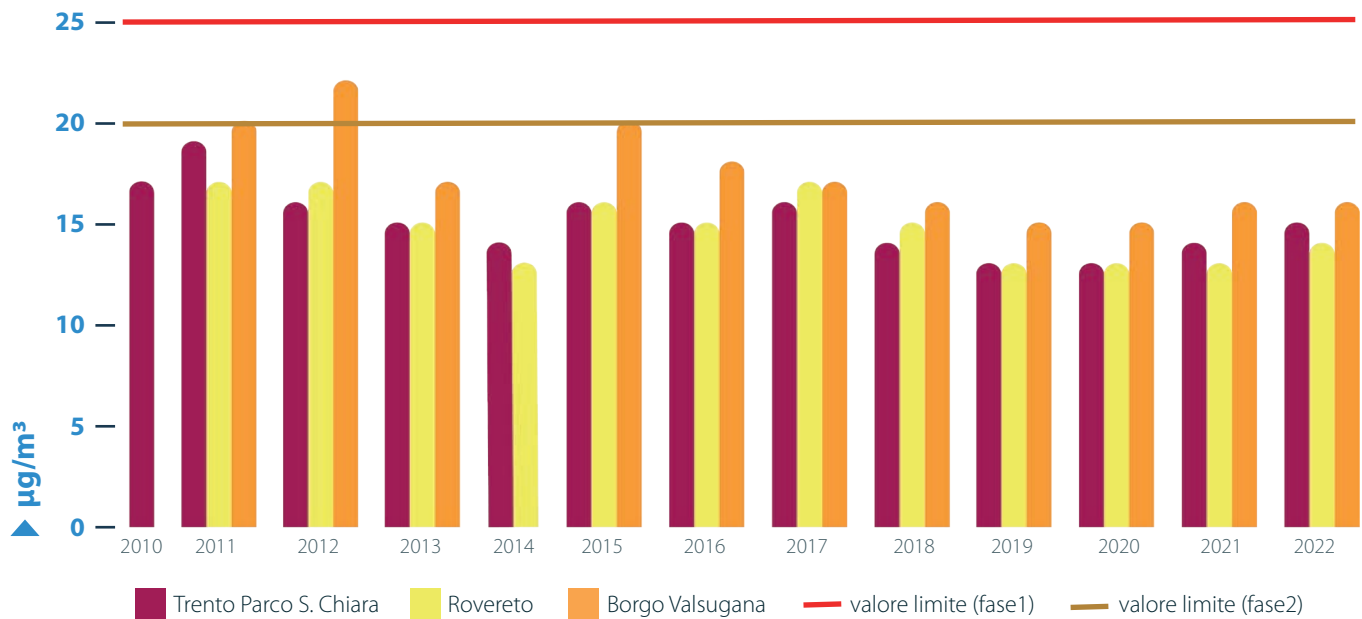
Il **PM_{2,5}** viene misurato nelle stazioni di Trento Parco S. Chiara, Rovereto e Borgo Valsugana.

Come negli anni precedenti, anche per il 2022 in tutte le stazioni della rete la media annuale è risultata inferiore al valore limite (previsto dal 1° gennaio 2015) e pertanto viene confermato il suo rispetto, osservato già a partire da quando è attivo il monitoraggio di questo inquinante (Tab. 5.6 e Fig. 5.15). Dal 2013 in poi le medie annuali risultano inoltre già inferiori al limite più restrittivo di 20 µg/m³ previsto dalla normativa per la successiva fase 2. I valori misurati nel corso del 2022 risultano in linea con quelli dell'ultimo quinquennio.

Tabella 5.6: PM_{2,5} – dati 2022

PM _{2,5}		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento Parco S. Chiara	15 µg/m ³
	Rovereto	14 µg/m ³
	Borgo Valsugana	16 µg/m ³
IT0404	(stima obiettiva)	3 µg/m ³
Limite Fase 1		25 µg/m ³
Limite Fase 2		20 µg/m ³

Figura 5.5: PM_{2,5} – media annua



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

5.3 Monossido di carbonio CO



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*).

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 l'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.



A seguito della sostanziale riduzione delle concentrazioni di monossido di carbonio registrata negli anni, il numero di punti di monitoraggio in Provincia di Trento è stato progressivamente ridotto ed attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di monitoraggio di traffico di Trento via Bolzano.

Nel 2022, così come negli ultimi anni, è stato rispettato il valore limite imposto dalla normativa (media calcolata su 8 ore inferiore a 10 mg/m^3). Dal 2005 la concentrazione media annua di CO si è stabilizzata su valori inferiori a 1 mg/m^3 (Fig. 5.6). Il monossido di carbonio rappresenta, di conseguenza, un inquinante primario non critico per il territorio trentino.

Tabella 5.7: CO – valore limite

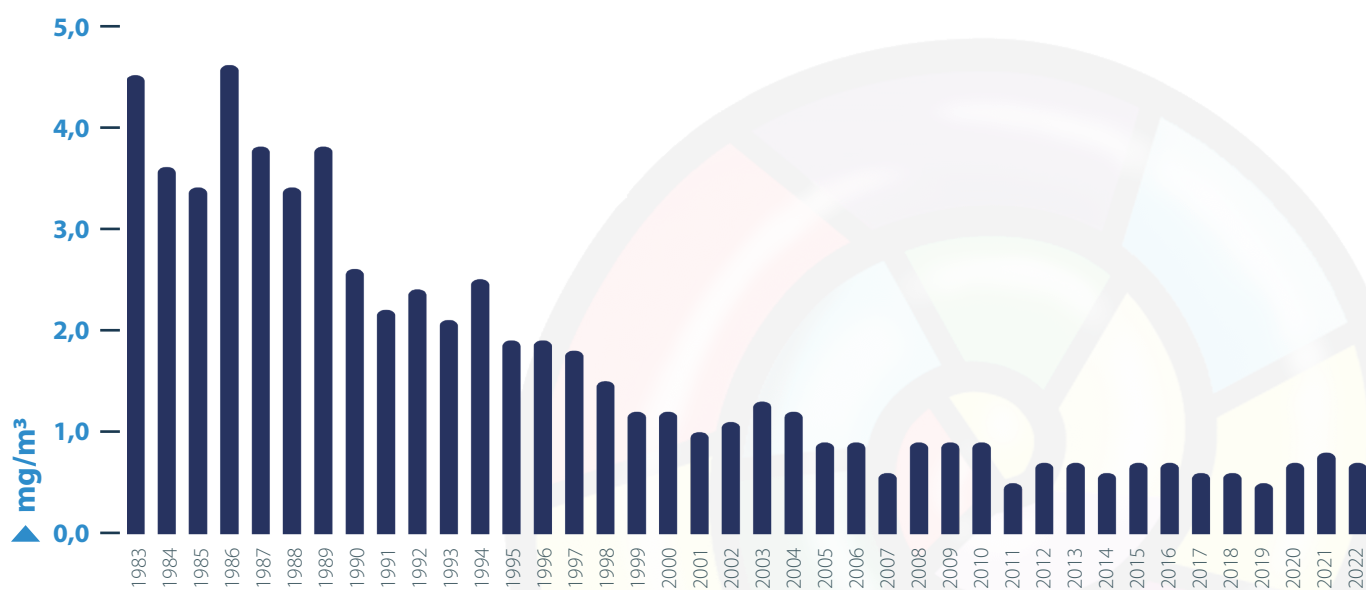
CO	
Periodo di mediazione	Valore limite
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m^3

Tabella 5.8: CO – dati 2022

CO		
Zona	Stazione di monitoraggio	Giorni di superamento del limite media su 8 h 10 mg/m^3
IT0403	Trento via Bolzano	0
IT0404	(stima obiettiva)	0
Limite		0



Figura 5.6: CO – media annua



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

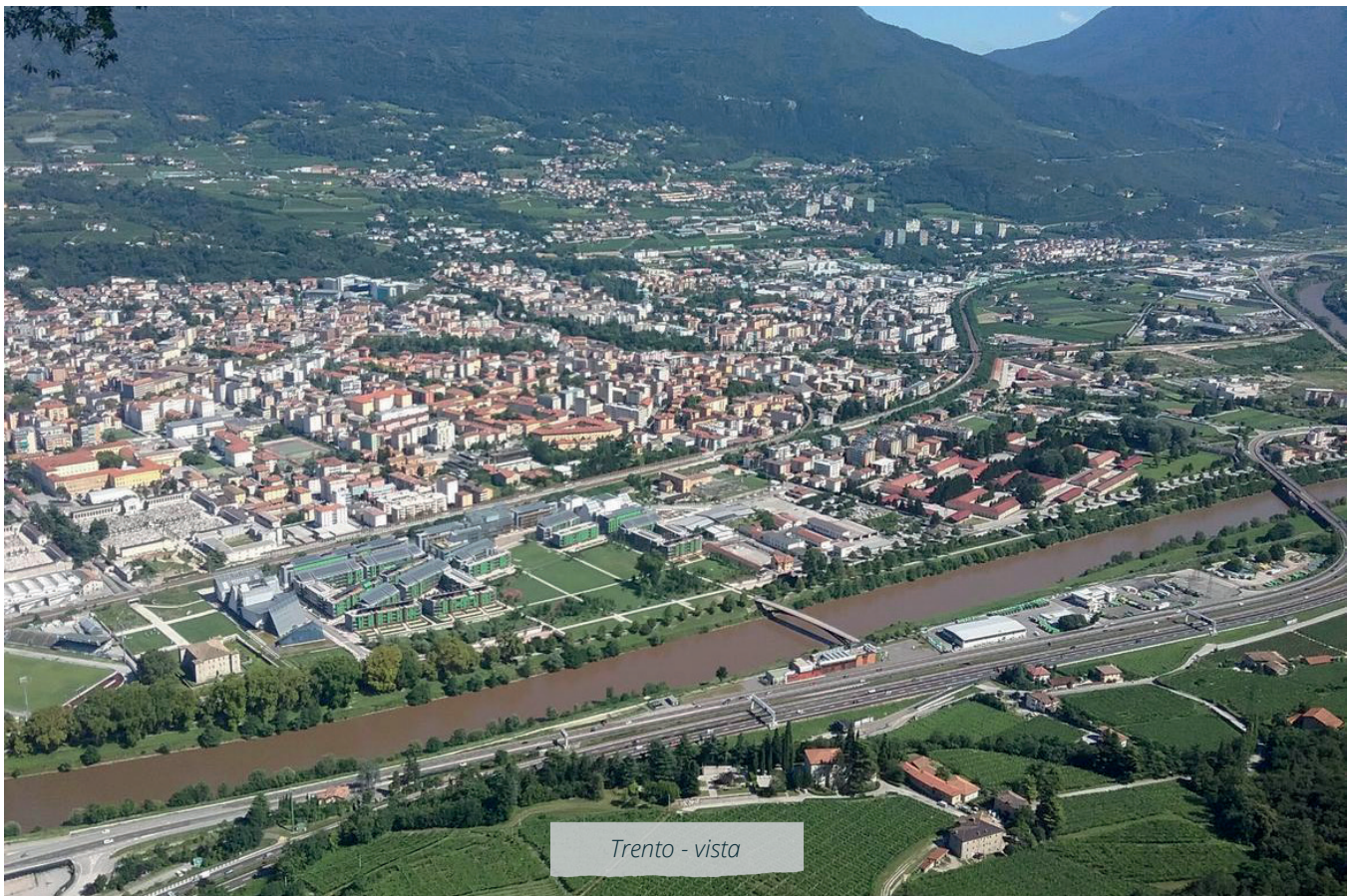
5.4 Biossido di zolfo SO₂

Il biossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂) è un gas incolore ma dall'odore pungente ed irritante. In atmosfera l'SO₂ può trasformarsi in triossido di zolfo (SO₃) mediante processi di ossidazione indotti dall'irraggiamento solare; a sua volta, in combinazione con concentrazioni significative di vapore acqueo, l'SO₃ forma facilmente acido solforico (H₂SO₄), causa primaria delle *piogge acide*. Il tempo di persistenza dell'SO₂ nell'ambiente è tipicamente di circa 4 giorni; in particolari condizioni meteorologiche e in presenza di concentrazioni elevate, tale sostanza può diffondersi nell'atmosfera ed 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).

L'SO₂ è considerato molto pericoloso, a causa dell'ipersensibilità ad 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 ad 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 bronco-



Trento - vista

costrizione, 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 anticipato, 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 acquatica. 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.

Analizzando l'andamento della concentrazione media annua di SO_2 dell'ultimo trentennio, si nota a partire dal 2006 una stabilizzazione della concentrazione su valori inferiori a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 5.7). Analogamente al monossido di carbonio, anche per il biossido di zolfo il numero di punti di monitoraggio in Provincia di Trento è stato progressivamente ridotto ed attualmente la misura è effettuata nella sola stazione di Trento Parco S. Chiara.



Coerentemente con l'andamento degli ultimi anni, anche nel 2022 non ci sono stati superamenti del valore limite orario ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), del valore limite giornaliero ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), né della soglia di allarme ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 3 ore consecutive). Il biossido di zolfo rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.

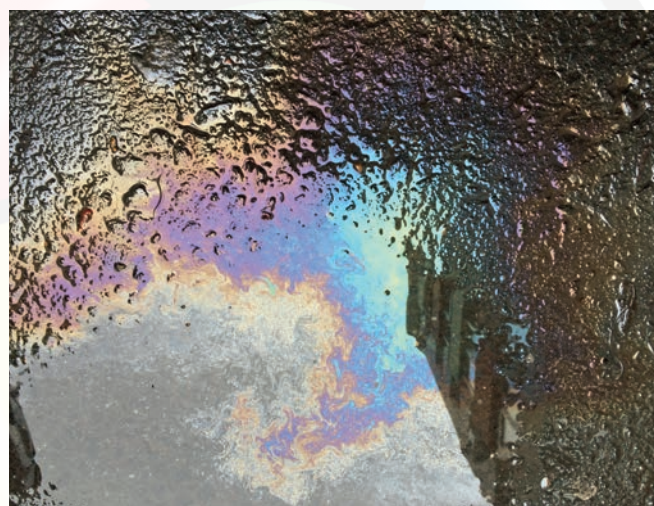
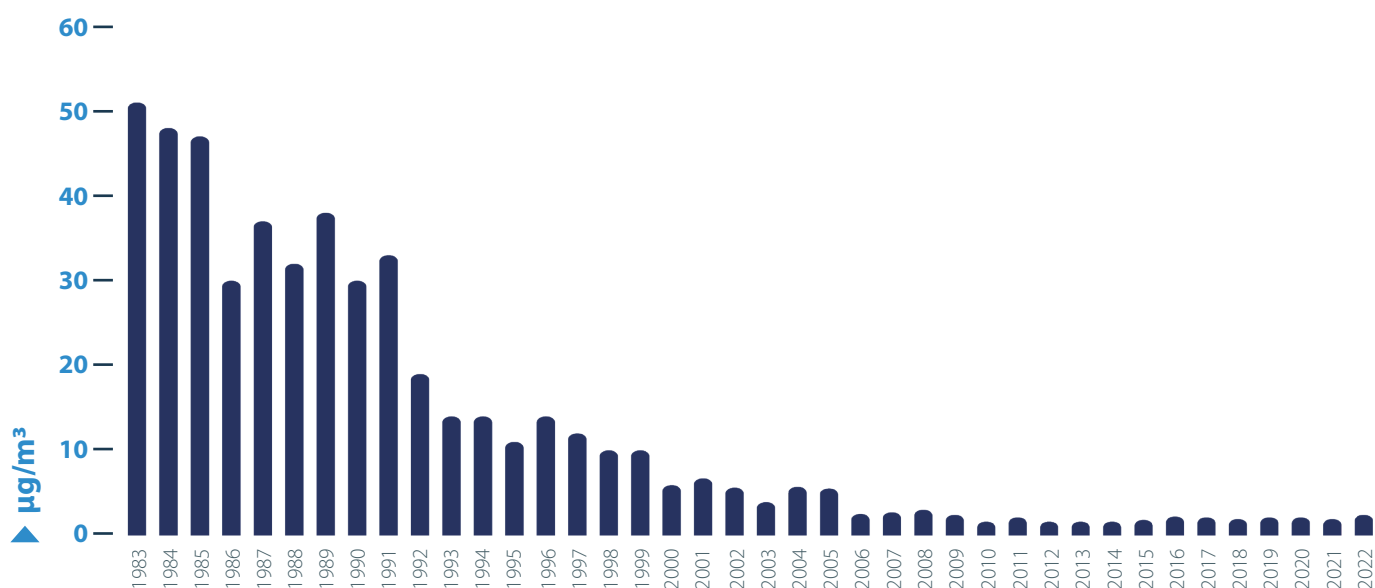


Tabella 5.9: SO₂ – valore limite

SO ₂	
Periodo di mediazione	Valore limite
1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
1 giorno	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Tabella 5.10: SO₂ – dati 2022

SO ₂			
Zona	Stazione di monitoraggio	Ore di superamento del limite media giornaliera 125 µg/m ³	Ore di superamento del limite media oraria 350 µg/m ³
IT0403	Trento Parco S. Chiara	0	0
IT0404	(stima obiettiva)	0	0
Limite		3	24

Figura 5.7: SO₂ – media annua

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

5.5 Benzene C₆H₆

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 (C₆H₆) 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 tetracloruro 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.

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).



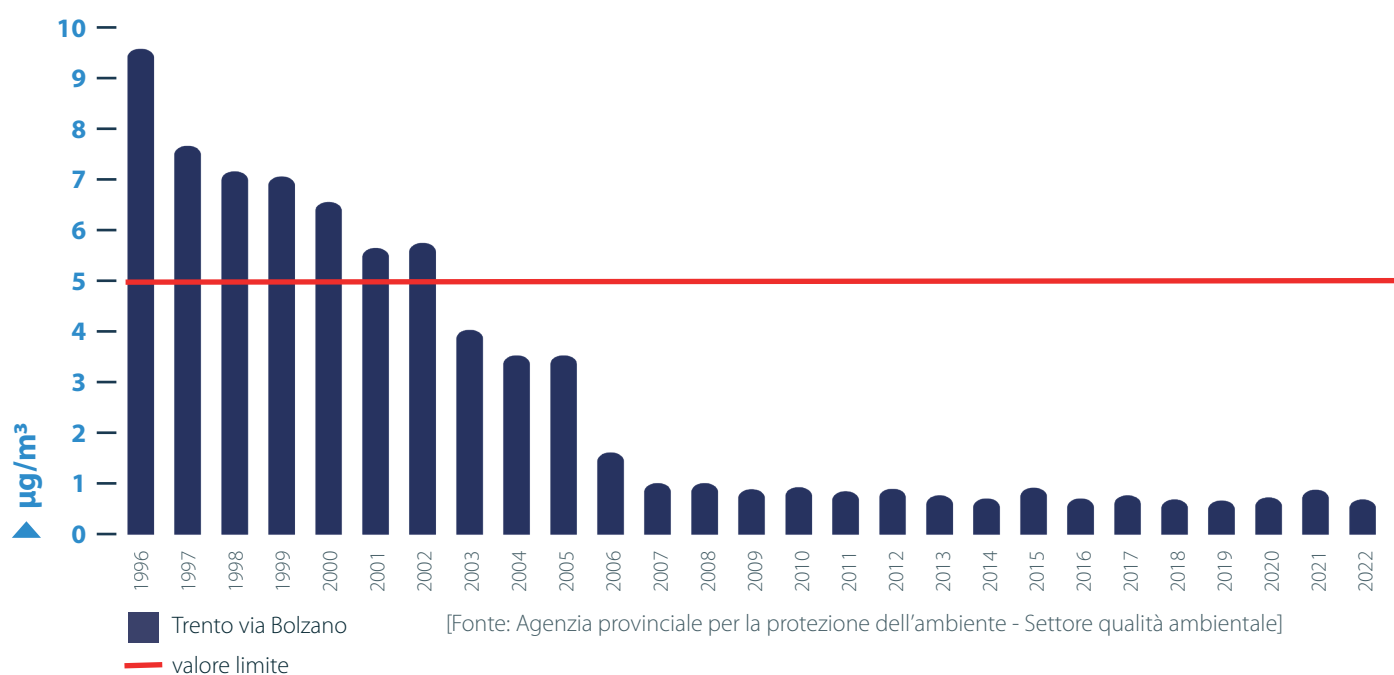
A partire dal 2003, le concentrazioni medie annue di benzene risultano abbondantemente inferiori al valore limite di 5,0 µg/m³ e dal 2007 tali concentrazioni hanno raggiunto valori stabilmente inferiori a 1,0 µg/m³. Attualmente il benzene è misurato esclusivamente presso il sito di Trento via Bolzano e rappresenta un inquinante primario non critico per il territorio trentino.

Tabella 5.11: C₆H₆ – valore limite

C ₆ H ₆	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno civile	5,0 µg/m ³

Tabella 5.12: C₆H₆ – dati 2022

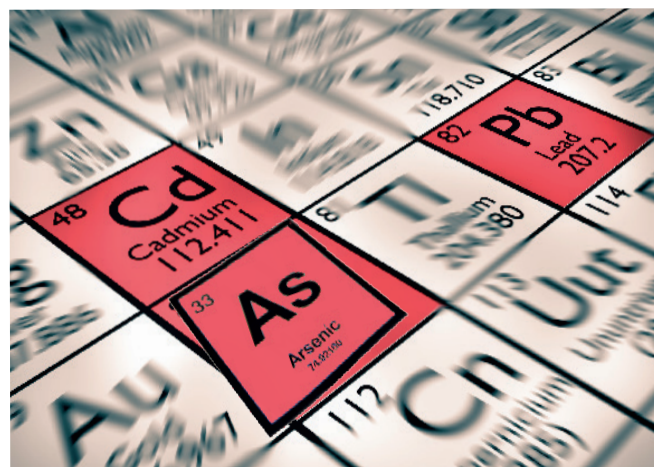
C ₆ H ₆		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento via Bolzano	0,7 µg/m ³
IT0404	(stima obiettiva)	0,1 µg/m ³
Limite		5,0 µg/m ³

Figura 5.8: C₆H₆ – media annua

5.6 Metalli

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 ed il piombo.

A differenza di altri inquinanti, la misura delle concentrazioni di metalli non avviene in continuo, ma mediante la raccolta di campioni giornalieri di PM10. Come per gli anni precedenti, anche nel corso del 2022 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 2022 confermano l'ampio rispetto del limite annuo (concentrazione media inferiore all'1% del valore limite), così come verificatosi negli anni precedenti (Tab. 5.14 e Fig. 5.9).



Stazione di Trento, Parco Santa Chiara

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 (Tab. 5.14, Fig. 5.10, Fig. 5.11 e Fig. 5.12).

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

Tabella 5.13: Metalli – valore limite/obiettivo

Pb	
Periodo di mediazione	Valore limite
Anno civile	0,5 µg/m ³
As	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	6,0 ng/m ³
Cd	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	5,0 ng/m ³
Ni	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Anno civile	20,0 ng/m ³

Tabella 5.14: Metalli – dati 2022

Metalli - medie annuali					
Zona	Stazione di monitoraggio	Pb	As	Cd	Ni
IT0403	Trento Parco Santa Chiara	0,0048 µg/m ³	1,5 ng/m ³	1,5 ng/m ³	1,6 ng/m ³
IT0404	(stima obiettivo)	0,0010 µg/m ³	3,32 ng/m ³	0,32 ng/m ³	0,34 ng/m ³
Limite / valore obiettivo		0,5 µg/m³	6,0 ng/m³	5,0 ng/m³	20,0 ng/m³

Figura 5.9: Pb – media annua

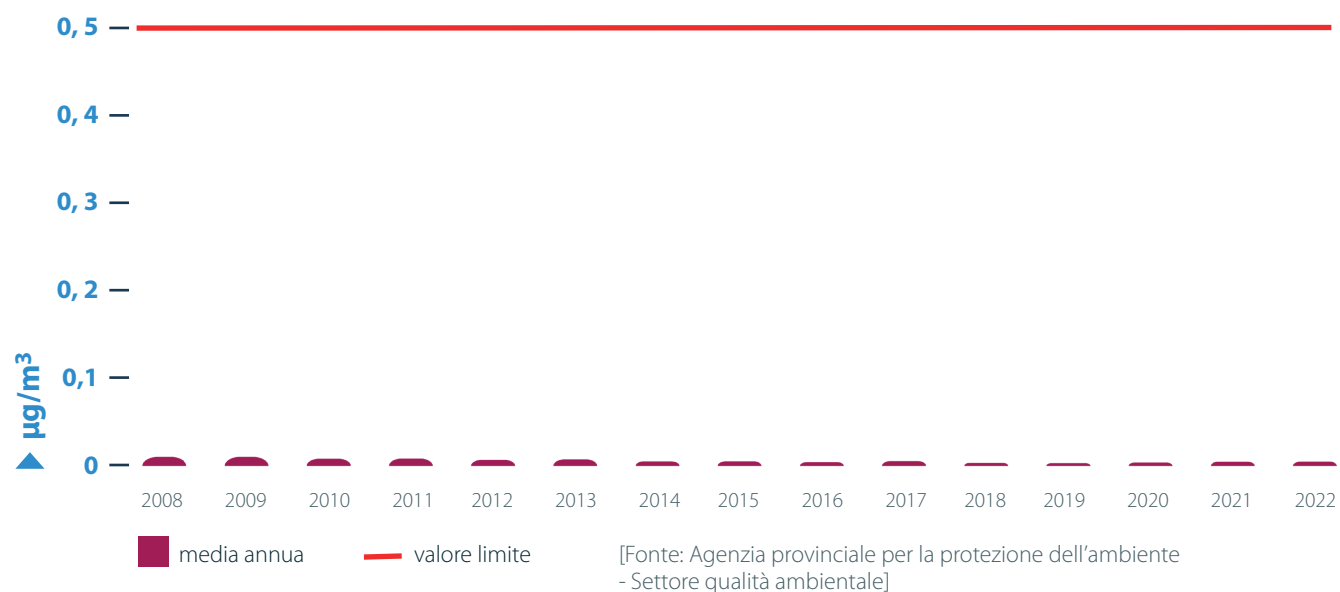


Figura 5.10: As – media annua

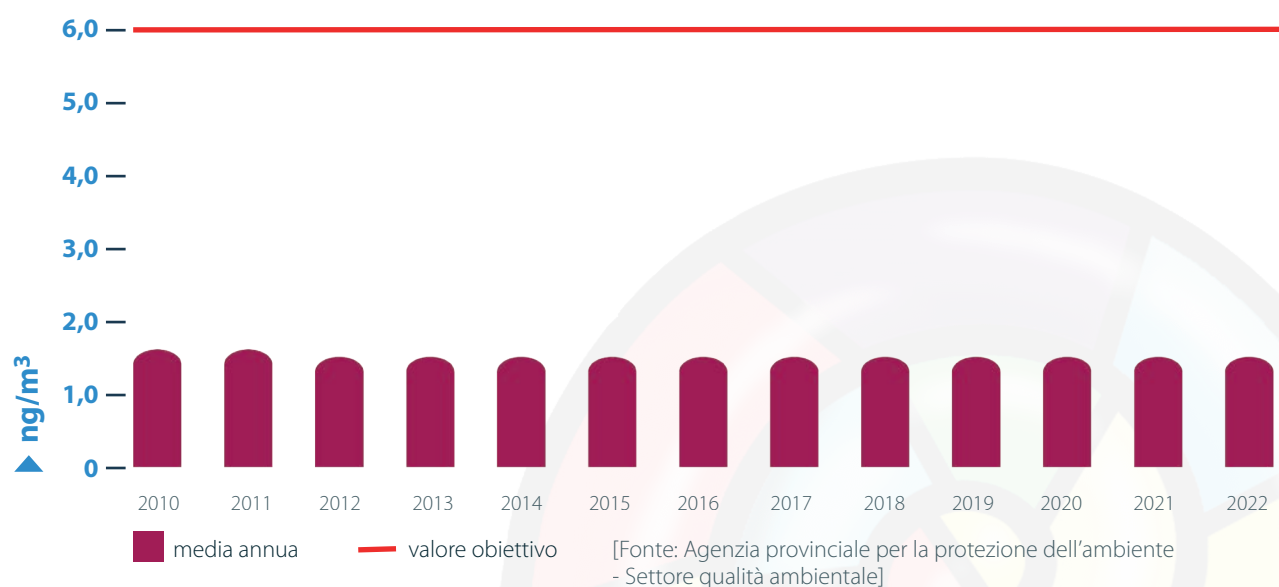


Figura 5.11: Cd – media annua

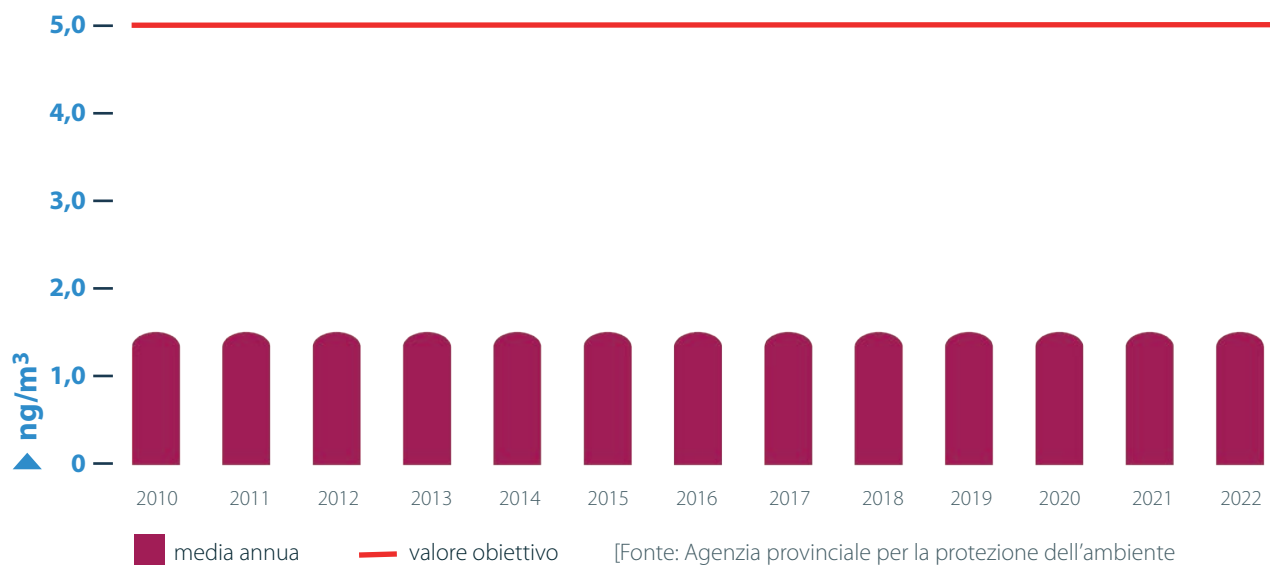
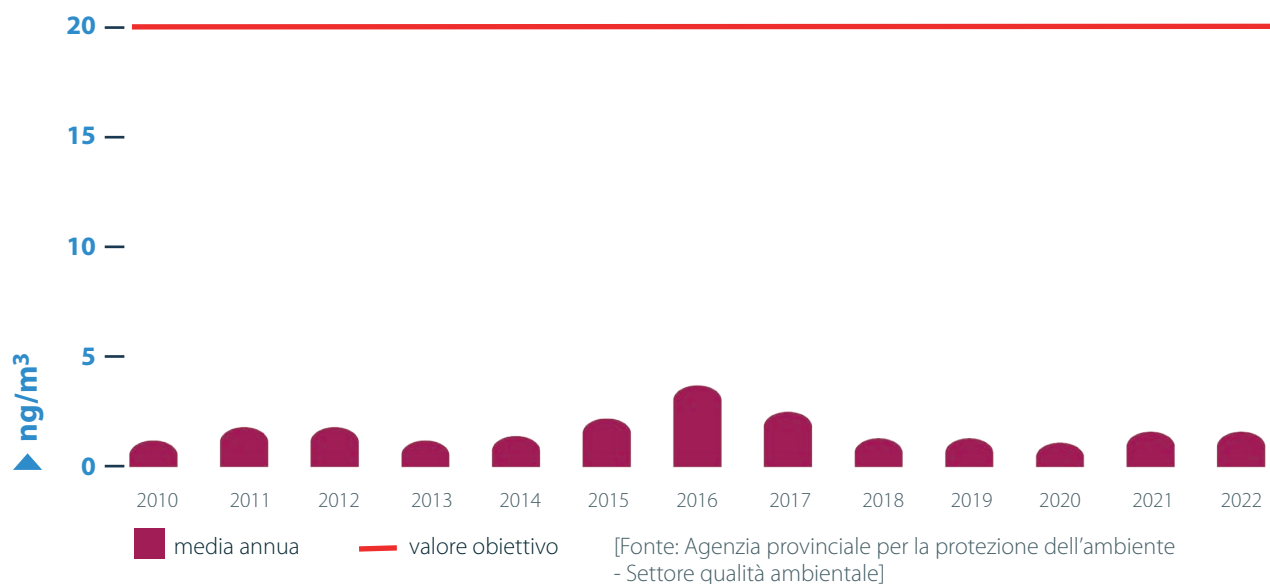


Figura 5.12: Ni – media annua



5.7 Benzo(a)pirene – B(a)P

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono composti organici con due o più anelli aromatici fusi, formati interamente da carbonio e idrogeno. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi.

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.

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.

A differenza di altri inquinanti, la misura del benzo(a)pirene non avviene in continuo, ma mediante la raccolta di campioni giornalieri di PM10 in analogia con quanto avviene per i metalli. Nel corso del 2022 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 2022, il valore medio annuo di benzo(a)pirene, pari a $0,7 \text{ ng/m}^3$, rispetta il valore



obiettivo (Fig. 5.13). Negli ultimi anni si osserva il rispetto del valore obiettivo ma resta in ogni caso consistente il rischio di superamento della soglia prevista per questo inquinante.

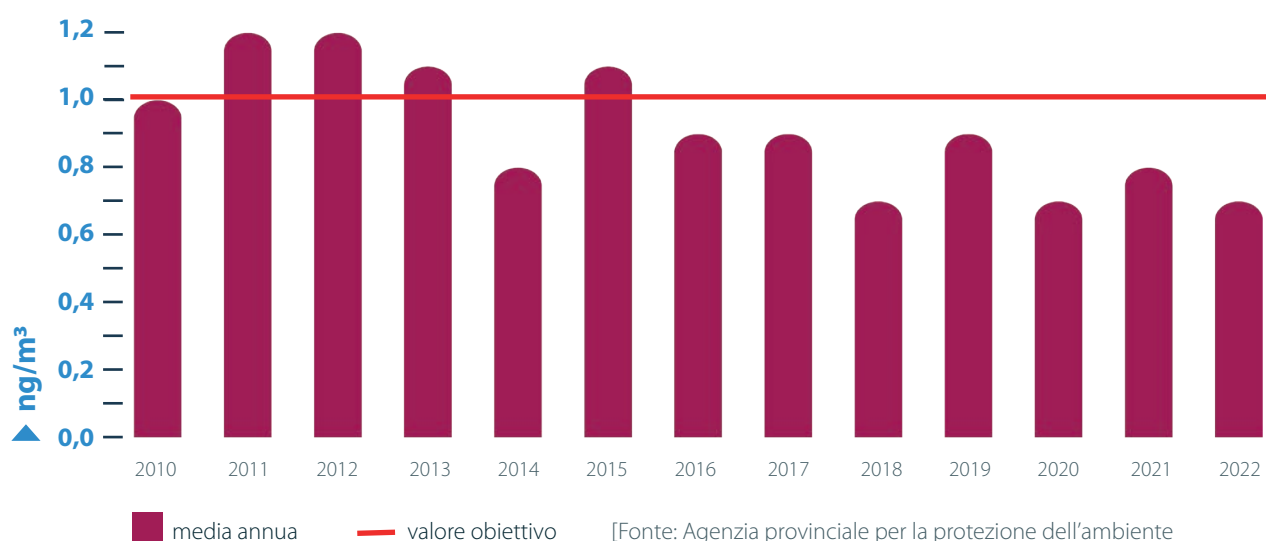
Tabella 5.15: B(a)P – valore obiettivo

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

Tabella 5.16: B(a)P – dati 2022

B(a)P		
Zona	Stazione di monitoraggio	Media annua
IT0403	Trento Parco Santa Chiara	0,7 ng/m ³
IT0404	(stima obiettiva)	0,15 ng/m ³
Valore obiettivo		1,0 ng/m ³

Figura 5.13: B(a)P – media annua





5.8 Ozono O₃

L'ozono O₃ è un gas dall'odore pungente, altamente reattivo, dotato di un elevato potere ossidante e, ad elevate concentrazioni, di colore blu/azzurro. In natura è presente negli strati alti dell'atmosfera terrestre (nella stratosfera, ad un'altezza compresa fra i 30 ed 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'O₃ 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 $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$. Di conseguenza i valori più elevati di questo inquinante si raggiungono normalmente nelle zone meno interessate dalle attività umane.

Negli ambienti interni la concentrazione di O₃ 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.

A causa del suo alto potere ossidante, elevati livelli di O₃ 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 ed alterazioni a carico dell'apparato respiratorio ed un senso di pressione sul torace. Concentrazioni particolarmente elevate possono portare anche ad alterazioni delle funzioni respiratorie, ad un aumento della frequenza degli attacchi asmatici, all'insorgere di malattie dell'apparato respiratorio 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. I soggetti a rischio sono le persone asmatiche, con patologie polmonari o cardiache.

Il D.Lgs. 155/2010 stabilisce per l'ozono un valore obiettivo (Tab. 5.18), una *soglia di allarme* ed una

soglia di informazione (Tab. 5.17).

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 5.17: O₃ – soglie di informazione e di allarme

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

Tabella 5.18: O₃ – valore obiettivo

O ₃	
Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 volte per anno civile (come media su 3 anni)

I valori registrati per questo inquinante mostrano una variabilità interannuale piuttosto marcata, strettamente legata alla variabilità meteo-climatica, data la forte dipendenza delle concentrazioni di ozono dalle variabili meteorologiche quali radiazione solare e temperatura.

Nel corso del 2022, come atteso viste le condizioni meteorologiche di prolungato bel tempo estivo accompagnato da elevate temperature, si sono verificati alcuni superamenti della soglia di informazione (Tab.

5.19), ma non è mai stata superata la soglia di allarme.

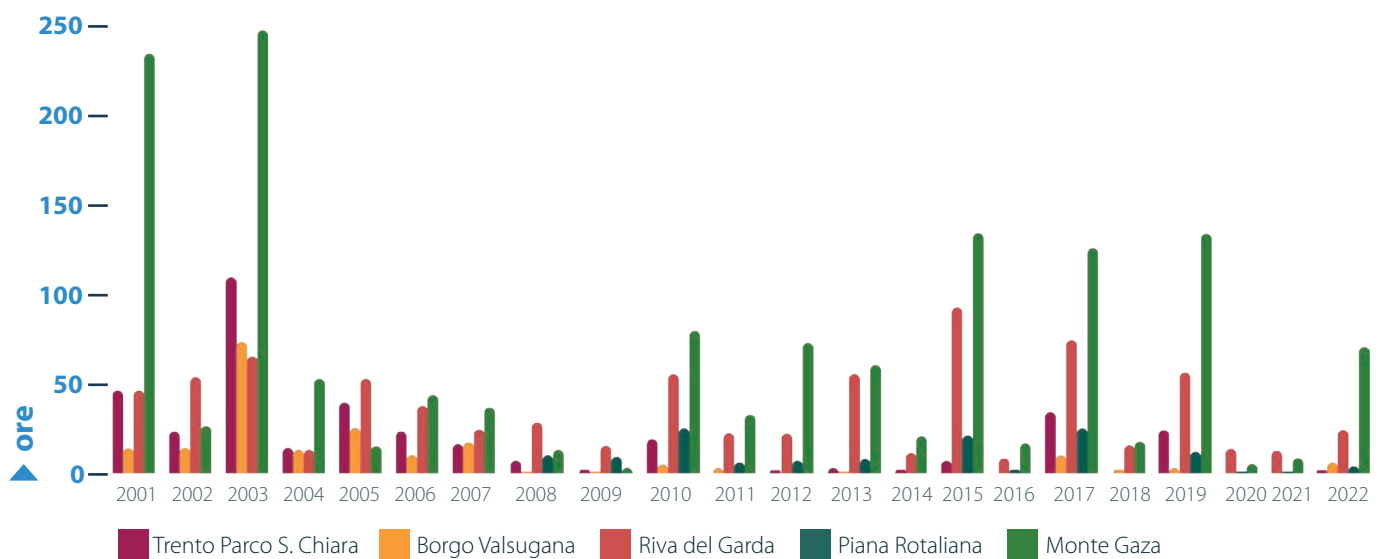
Il valore obiettivo, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni e riferito alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore, continua ad essere superato in maniera diffusa su tutto il territorio provinciale, ad eccezione della stazione di Borgo Valsugana, per la quale nel 2022 si registrano 37 superamenti, ma la media per il triennio di riferimento 2020-2022 risulta invece rispettare il valore obiettivo (Tab. 5.19 e Fig. 5.16).

Tabella 5.19: O₃ – dati 2022

O ₃					
Zona	Stazione di monitoraggio	Ore di superamento valore obiettivo media su 8 h $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Ore di superamento delle soglie	
		2022	Media 2020-2022	Informazione	Allarme
IT0405	Trento Parco S. Chiara	55	47	2	0
	Borgo Valsugana	37	23	6	0
	Riva del Garda	75	66	24	0
	Piana Rotaliana	64	43	4	0
	Monte Gaza	103	102	70	0
Limite obiettivo			25	-	-



Figura 5.14: O₃ – superamenti della soglia di informazione



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

Figura 5.15: O₃ – superamenti del valore obiettivo

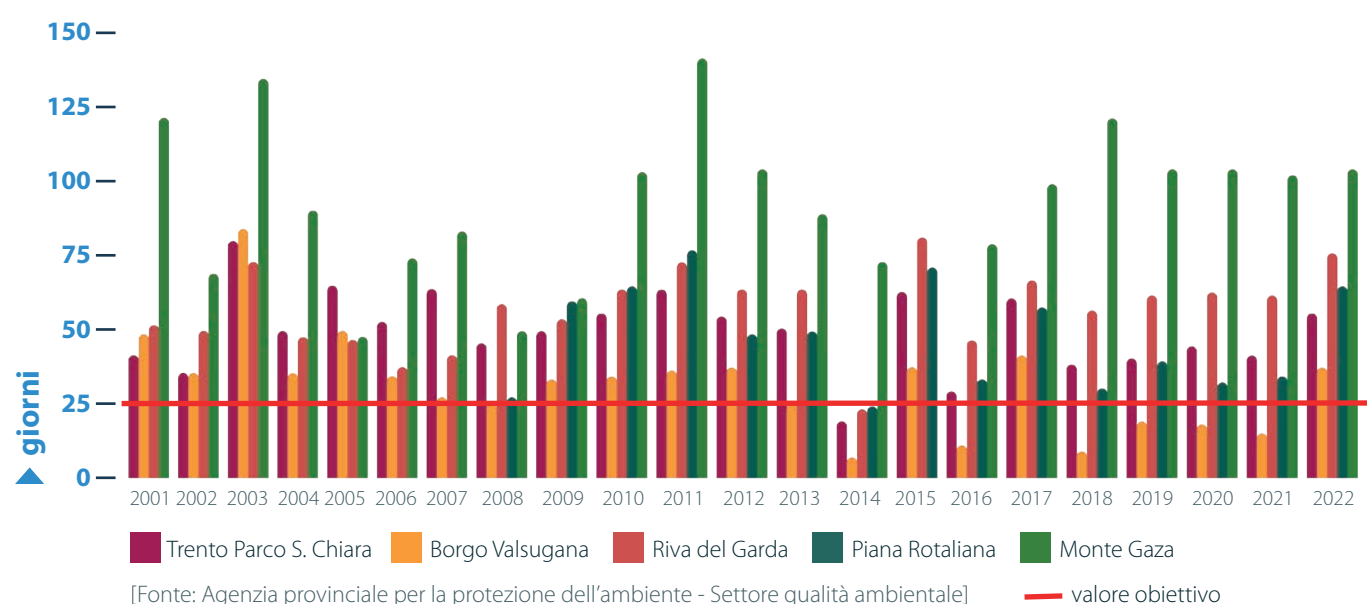
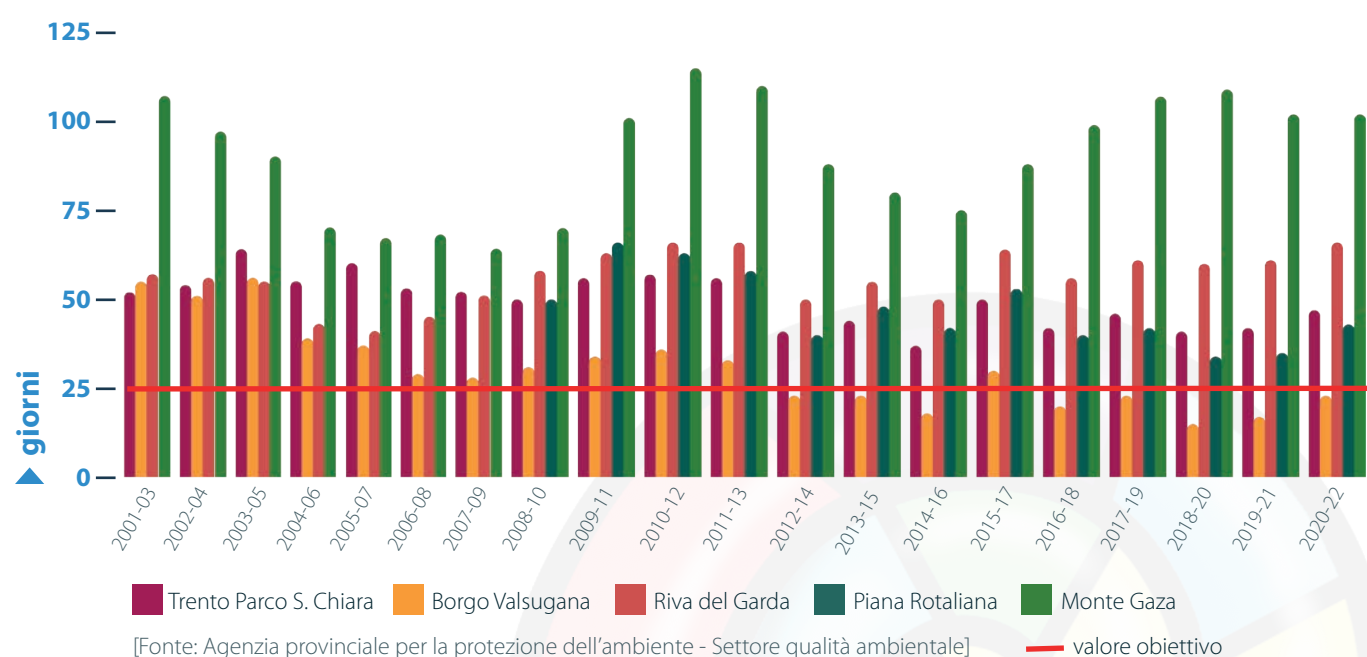


Figura 5.16: O₃ – superamenti del valore obiettivo, media su 3 anni



6 Focus sulle polveri sottili: sabbie desertiche e altre fonti



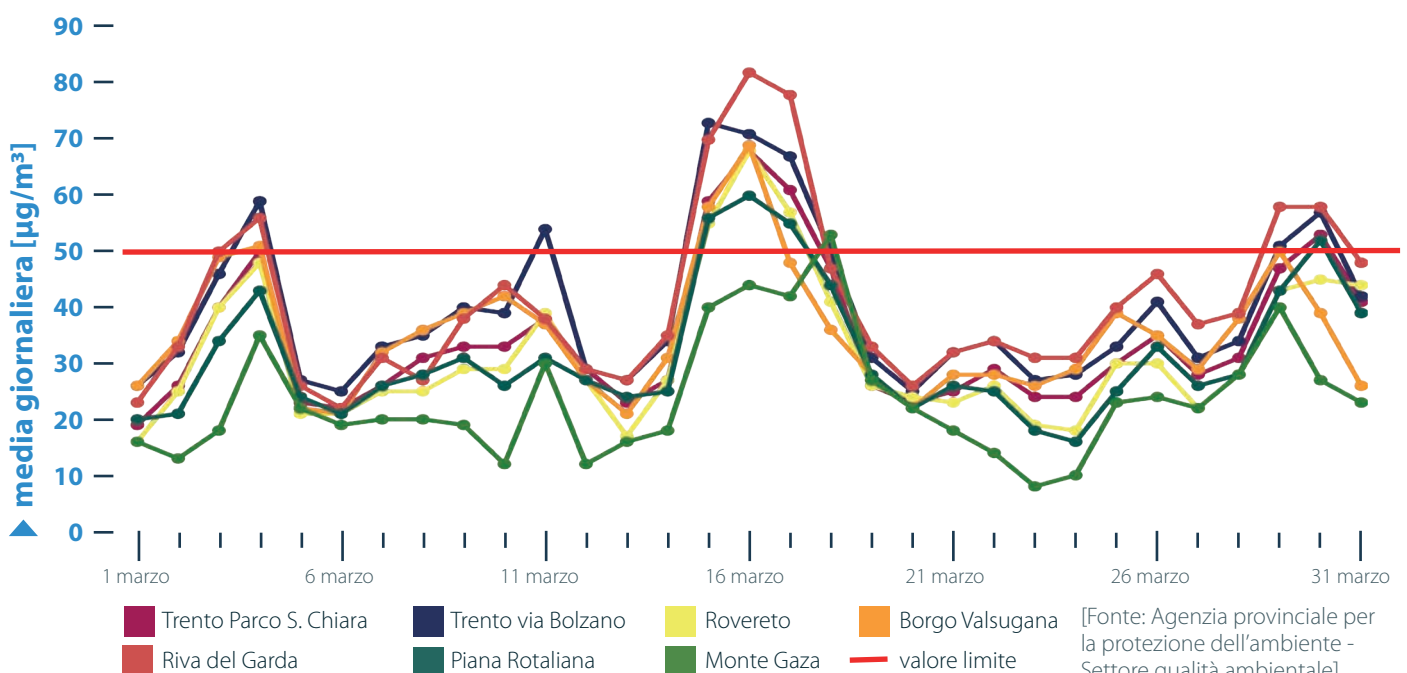
6 Focus sulle polveri sottili: sabbie desertiche e altre fonti

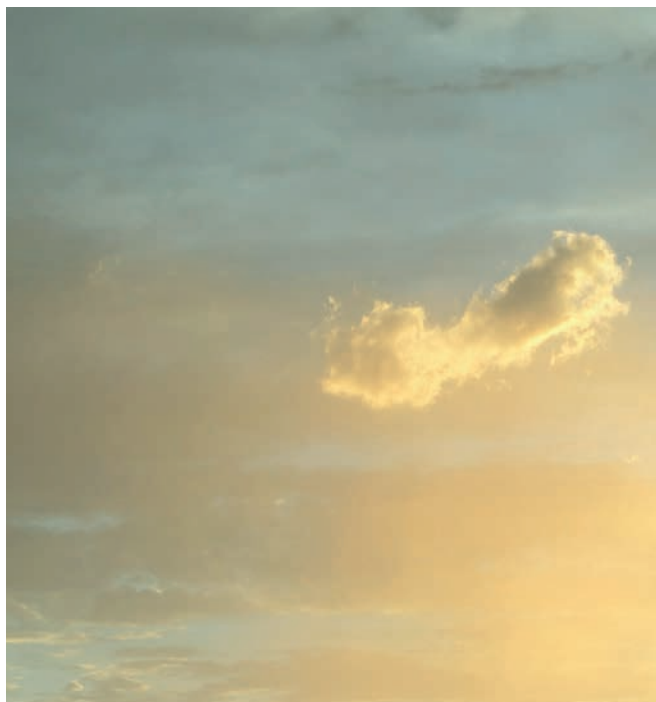
L'inquinamento atmosferico non dipende solamente da fattori antropici, come il traffico veicolare e la combustione civile e industriale, ma anche da eventi naturali legati alle condizioni meteorologiche quali il trasporto delle polveri sottili provenienti da zone esterne al Trentino e all'Italia. Come spesso accade, infatti, correnti che attingono alle zone sahariane, risalendo verso nord, trasportano masse di aria cariche di polveri desertiche che, sorvolando l'Italia, arrivano fino al territorio provinciale.

Nel mese di marzo 2022 un afflusso eccezionale di polveri naturali ha contribuito a determinare un particolare incremento delle concentrazioni di PM₁₀. Come mostrato in Fig. 6.1, attorno alla metà del mese di marzo 2022 si è verificato un fenomeno di trasporto di polveri desertiche, che ha interessato larga parte del territorio italiano ed i cui effetti sono stati visibili per alcuni giorni anche in Trentino. In particolare, tra il 15 e il 18 marzo le concentrazioni di PM₁₀ hanno superato il limite previsto per la media giornaliera in tutte le stazioni

della rete provinciale di monitoraggio, compresa quella posta in quota sul Monte Gaza, lontana dalle principali fonti emissive. Questo fenomeno, non frequente ma nemmeno raro, è ben testimoniato dai valori misurati a Riva del Garda, la stazione che più delle altre è in grado di intercettare le masse d'aria provenienti da sud. Le polveri hanno raggiunto valori medi giornalieri particolarmente elevati nella stazione di Riva del Garda, dove il 16 marzo si è evidenziato un picco che ha fatto registrare una media giornaliera pari a 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 6.1: Concentrazioni di PM₁₀ nel mese di marzo 2022





Come spesso accade in questo periodo dell'anno, nel mese di marzo 2022, si è venuta a creare una condizione meteorologica sfavorevole alla dispersione degli inquinanti nei fondovalle e

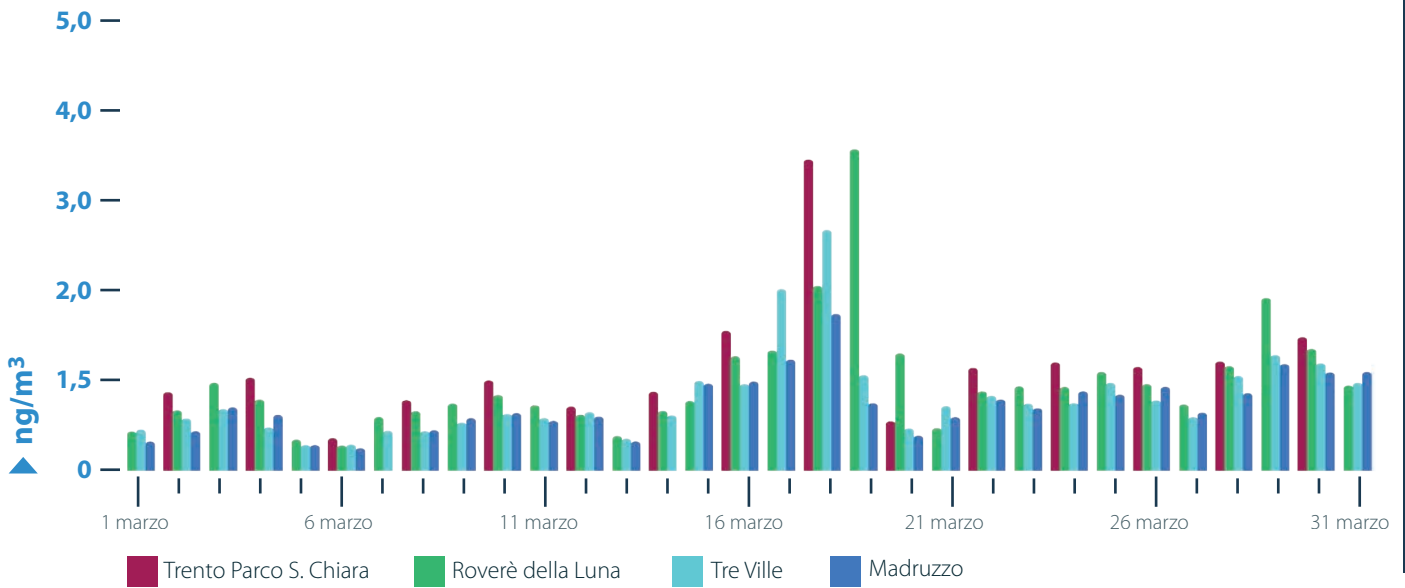
favorevole al ristagno delle masse d'aria. All'indubbio contributo delle emissioni locali, si è poi sommato il trasporto di inquinanti provenienti da sud, precedentemente accumulati nella zona del Bacino Padano.

La natura e la provenienza del particolato misurato durante questo episodio di marzo, viene confermato dalle analisi chimiche effettuate sui filtri di PM10 campionati nella stazione di monitoraggio di Trento Parco S. Chiara e presso altri siti oggetto di campagne di monitoraggio nei comuni di Roverè della Luna, Tre Ville e Madruzzo.

All'interno delle polveri sottili analizzate si osserva infatti la presenza di elementi caratteristici del materiale crostale quali silicio, titanio, alluminio ed altri elementi che, in concentrazioni maggiori rispetto alla media del periodo, identificano la componente relativa alla sabbia desertica. Non sono state invece riscontrate concentrazioni particolarmente elevate di benzo(a)pirene B(a)P, idrocarburo policiclico aromatico, che deriva dalla combustione della biomassa ed è quindi identificativo della combustione domestica tipica del periodo invernale.

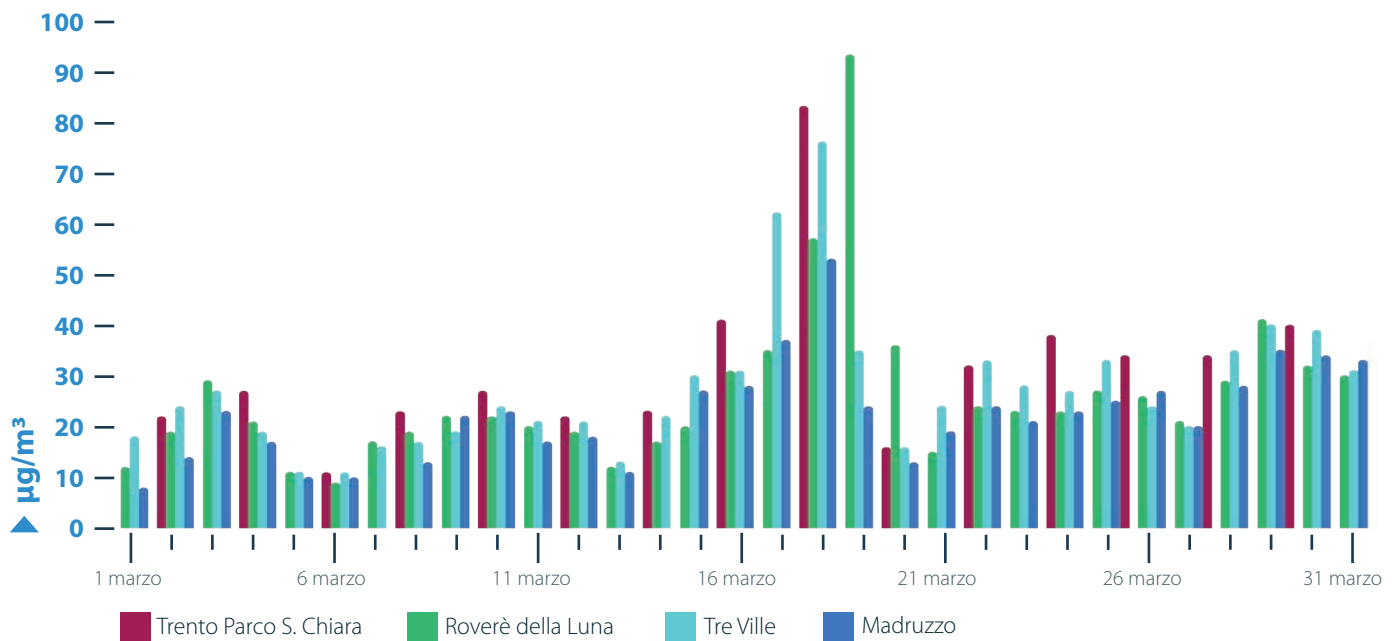


Figura 6.2: Concentrazioni di Silicio



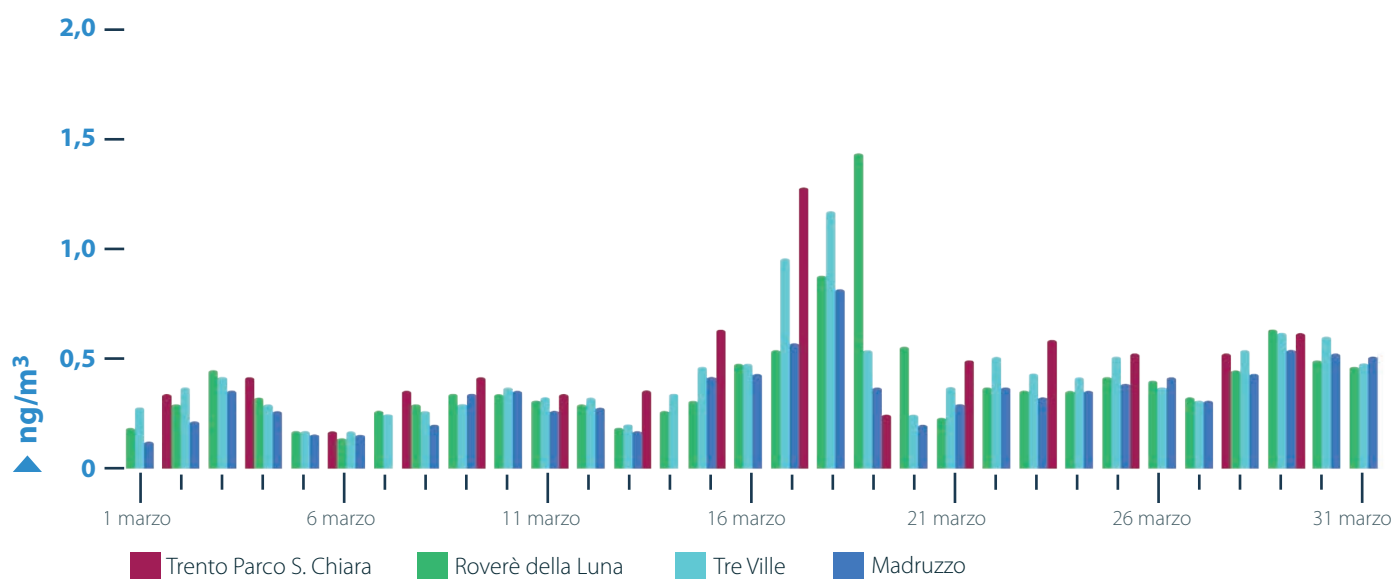
[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Figura 6.3: Concentrazioni di Titanio



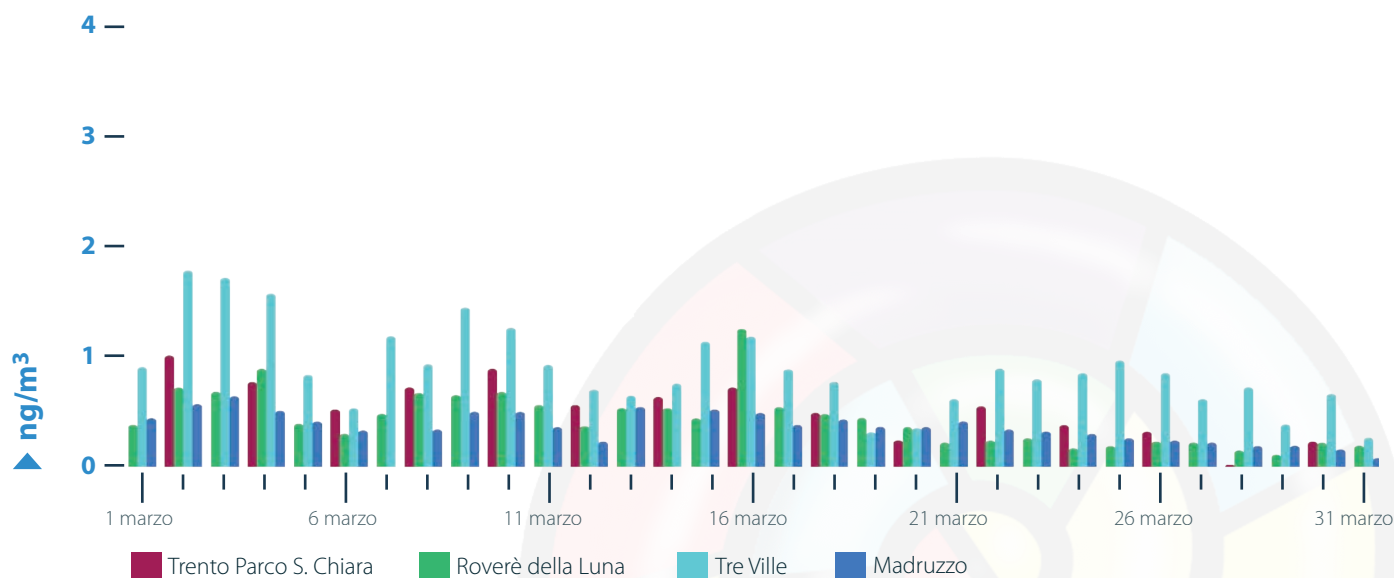
[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Figura 6.4: Concentrazioni di alluminio



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

Figura 6.5: Concentrazioni di benzo(a)pirene

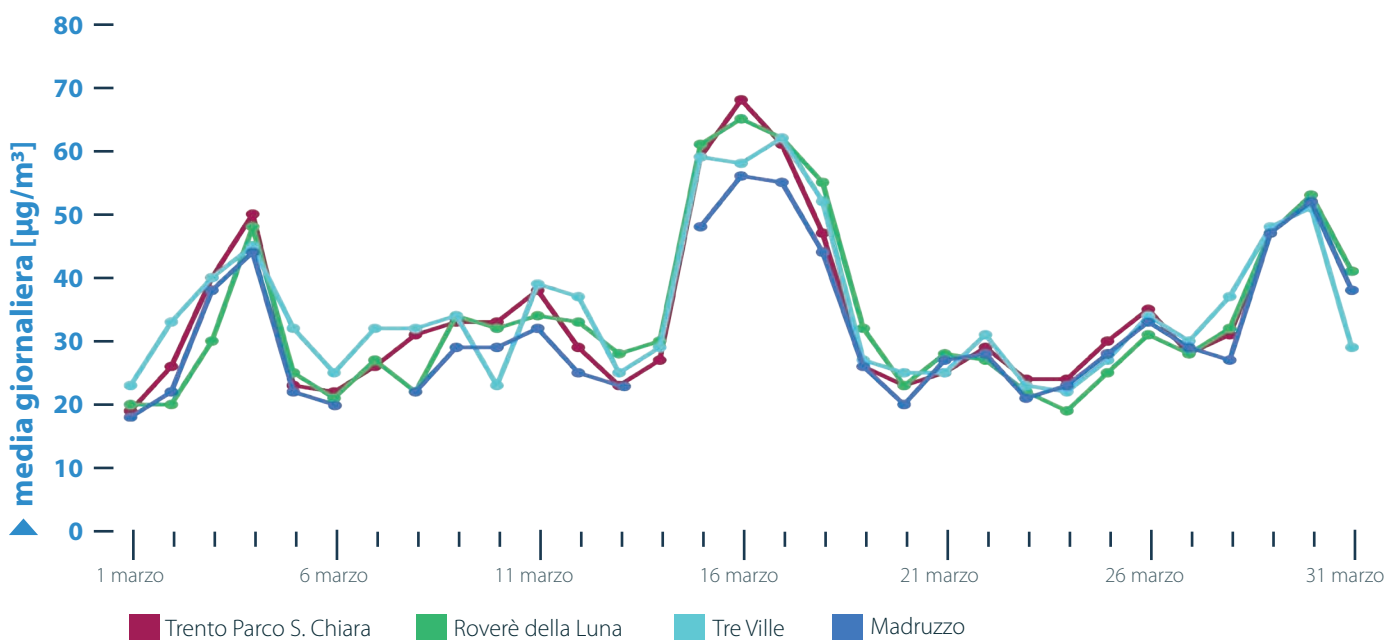


[Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Settore qualità ambientale]

Come riportato in Fig. 6.6 l'andamento delle concentrazioni di PM10 presso i diversi siti di misura oggetto delle campagne di monitoraggio non si discosta molto rispetto a quanto misurato presso la stazione di fondo urbano di Trento Parco S.Chiera.

Si ritrovano, infatti, gli stessi picchi di concentrazione legati ai fenomeni meteorologici che favoriscono il ristagno del particolato e ai fenomeni di trasporto di polveri desertiche, con le relative specifiche componenti cristalli come evidenziato nelle figure precedenti.

Figura 6.6: Andamento delle concentrazioni di PM10 presso la stazione di monitoraggio di Trento Parco S.Chiera e negli altri siti posizionati nei comuni di Roverè della Luna, Tre Ville e Madruzzo



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

L'episodio di marzo non è l'unico osservato sul territorio trentino. Altri fenomeni con caratteristiche analoghe si sono verificati nel corso dell'anno.

È opportuno ricordare che, ai sensi del D.Lgs. 155/2010, il contributo di fonti naturali, quali ad esempio le polveri desertiche, può essere scorporato dal totale del PM10 misurato in sede di valutazione e validazione annuale ai fini del rispetto dei limiti previsti.

7 Conclusioni



7 Conclusioni

Per quanto concerne lo stato della qualità dell'aria ambiente della Provincia autonoma di Trento la situazione è complessivamente positiva. I dati di qualità dell'aria dell'intero anno 2022 confermano il trend di miglioramento in atto nell'ultimo decennio.

Analogamente a quanto è avvenuto nel 2021, la rete di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da APPA, composta dalle sette stazioni fisse di misura dislocate a Trento - Parco S. Chiara, Trento - via Bolzano, Piana Rotaliana, Borgo

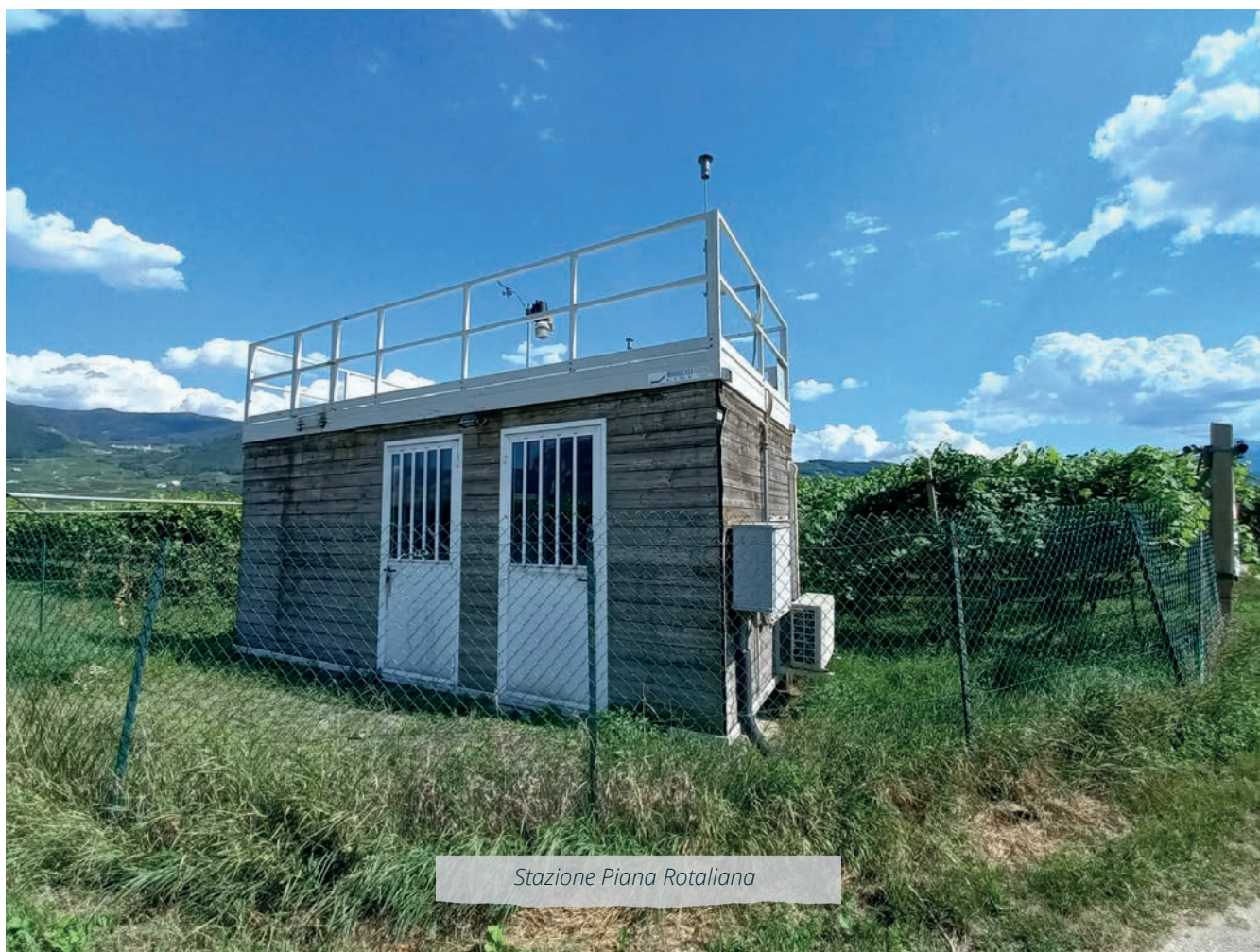
Valsugana, Rovereto, Riva del Garda e Monte Gaza ha registrato, per l'anno 2022, un sostanziale rispetto dei valori limite di legge imposti dal D.Lgs. 155/2010 per la maggior parte degli inquinanti presenti in aria.

Le concentrazioni medie di **biossido di azoto NO₂** (Fig. 7.2) hanno registrato una riduzione rispetto agli anni precedenti, garantendo il rispetto del limite previsto per la media annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in tutte le stazioni della rete provinciale di monitoraggio; in particolare, per il terzo anno consecutivo tale limite è rispettato anche nel sito di traffico di Trento - via Bolzano che, con $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media annuale, ha evidenziato la più bassa concentrazione di sempre. Coerentemente con la diminuzione del dato medio annuale, nel 2022 non è stato registrato nemmeno alcun superamento del limite previsto per la media oraria ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Per il decimo anno consecutivo si conferma

anche il rispetto dei limiti previsti per l'inquinante **polveri sottili PM₁₀** (Fig. 7.1), sia per quel che riguarda la media annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sia per quel che riguarda il numero massimo consentito di superamenti del limite previsto per la media giornaliera che è stato esaustivamente rispettato in tutte le stazioni di misura del territorio.

Per quanto riguarda l'inquinante **benzo(a)pirene** che, insieme alle polveri sottili, viene principalmente prodotto dalla combustione della legna ed è significativamente presente nelle nostre valli e in alcune situazioni è ancora potenzialmente critico, il valore misurato a Trento nel 2022 si è confermato positivo, posizionandosi al di sotto del valore obiettivo.



Stazione Piana Rotaliana



Monte Gaza: vista lago di Molveno

Permane la criticità rappresentata dalle concentrazioni dell'inquinante **ozono O₃** che anche nel 2022, come per gli anni precedenti, ha superato il valore obiettivo e ha fatto registrare il superamento della *soglia di informazione* per diversi giorni durante i mesi estivi che sono stati caratterizzati dal perdurare di situazioni di bel tempo ed elevato irraggiamento. Tuttavia, a causa della sua natura esclusivamente secondaria, dell'influenza delle condizioni meteorologiche estive sull'innalzamento della sua concentrazione, nonché del contributo dovuto non solo alle sorgenti locali degli inquinanti cosiddetti precursori, ma anche al trasporto su lunga distanza, l'ozono rappresenta

un problema di complessa soluzione. Per ridurre gli elevati livelli di concentrazione, rilevati in estate non solo in Italia ma in tutta l'Europa centro-meridionale, sono necessarie pertanto misure di ampio respiro, su una scala territoriale più estesa di quella provinciale o regionale. Un ruolo primario è rappresentato, infatti, dalla variabilità meteorologica interannuale in termini di radiazione solare e temperatura nella stagione estiva.

Per gli altri inquinanti, **polveri sottili PM_{2,5}, biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzene e metalli**, si conferma, come avviene di fatto da molti anni, il rispetto dei limiti e dei valori obiettivo sull'intero territorio provinciale.

Figura 7.1: Andamento delle concentrazioni medie annue di PM10 negli ultimi anni presso le stazioni della rete di monitoraggio

Concentrazione polveri sottili PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]							
Sito/ anno	Trento PSC	Trento VBZ	Rovereto LGP	Borgo Valsugana	Riva del Garda	Piana Rotaliana	Monte Gaza
2003			30		28		
2004			28	33	34		
2005			33	32	36		
2006			37	39	41		
2007	28		32	35	33		
2008	26	29	29	30	28		
2009	24	27	24	24	27	24	11
2010	24	24	23	25	22	22	9
2011	26	29	26	32	27	25	9
2012	23	28	23	28	27	22	7
2013	21	26	19	26	21	18	8
2014	19	22	19	22	18	17	8
2015	22	26	20	25	22	20	10
2016	20	23	19	22	21	18	9
2017	21	27	22	25	23	19	10
2018	19	24	19	24	20	17	10
2019	19	22	16	23	18	16	10
2020	19	21	17	22	19	16	10
2021	19	23	18	24	20	16	10
2022	21	24	19	22	21	18	11

Figura 7.2: Andamento delle concentrazioni medie annue di NO₂ negli ultimi anni presso le stazioni della rete di monitoraggio

Concentrazione biossido di azoto NO ₂ [µg/m ³]							
NO	Trento PSC	Trento VBZ	Rovereto LGP	Borgo Valsugana	Riva del Garda	Piana Rotaliana	Monte Gaza
2000	41		40	33	42		
2001	40		37	32	31		
2002	45		38	35	28		
2003	42		37	41	27		
2004	53		33	37	41		
2005	47		33	35	39		
2006	41		37	32	38		
2007	39		37	34	44		
2008	37	75	31	32	37		
2009	36	78	28	33	37	26	6
2010	32	62	29	30	35	25	6
2011	31	54	32	29	35	25	6
2012	33	48	32	28	32	23	5
2013	37	48	31	27	28	24	5
2014	34	44	28	24	26	22	5
2015	36	47	31	25	28	24	5
2016	35	46	29	23	26	22	5
2017	37	50	32	25	28	25	6
2018	34	44	27	22	26	28	5
2019	34	43	25	24	25	21	5
2020	29	36	22	20	21	18	5
2021	29	38	22	23	21	16	4
2022	26	35	21	22	22	15	5