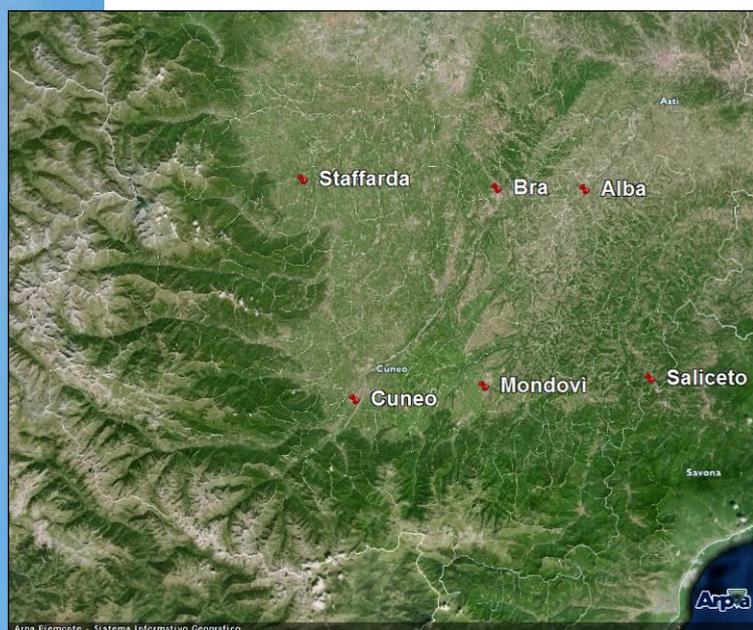


DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD OVEST



MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

ANNO 2018

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

SUL

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

ANNO 2018

ARPA Piemonte Dipartimento Territoriale di Cuneo

Responsabile Renzo Barberis

Testi ed elaborazioni a cura di:

Luisella Bardi, Sara Martini

Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:

Ivo Riccardi, Luisella Bardi, Enrico Brizio, Flavio Corino, Sara Martini, Luca Pascucci, Aurelio Pellutiè, Marco Tosco

Le determinazioni analitiche dei metalli e degli IPA sono state realizzate da:

Laboratorio del Dipartimento Provinciale Arpa di Torino - Sede di Grugliasco

Le analisi meteo climatiche relative alla regione Piemonte, i dati della rete meteorologica regionale e il coordinamento della Rete Regionale della Qualità dell'Aria e del Sistema regionale di monitoraggio meteorologico sono a cura della:

Struttura complessa Sistemi Previsionali

Luglio 2019

Indice

PREFAZIONE	1
LA RETE DI MONITORAGGIO	3
CONDIZIONI METEOCLIMATICHE DELL'ANNO 2018.....	6
GLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002 ÷ 2018	10
MATERIALE PARTICOLATO	10
PM ₁₀	10
PM _{2.5}	32
BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂	38
OZONO – O ₃	50
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂	57
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO	58
I METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL.....	59
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI - BENZO(A)PIRENE	62
RIEPILOGO CONFRONTI NORMATIVI - ANNO 2018	67
CONCLUSIONI	68
 ALLEGATO - INQUINANTI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E LIMITI NORMATIVI.....	1

Prefazione

Nel 2002 è stato attivato in Piemonte il *Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria*; a partire da allora, annualmente, il Dipartimento territoriale ARPA di Cuneo fornisce un'analisi dei risultati prodotti dalle stazioni della rete provinciale.

Sono stati analizzati i dati dell'ultima annualità completa, il 2018, relativamente agli indicatori previsti dalla normativa, eseguendo i confronti con i valori limite e aggiornando il confronto con gli anni precedenti. Per alcune elaborazioni, realizzate per valutare le evoluzioni nel tempo degli inquinanti, sono stati utilizzati anche i dati disponibili delle concentrazioni degli inquinanti dei primi mesi del 2019, sebbene preliminari e non ancora sottoposti a tutte le fasi di validazione e certificazione.

Questo documento è articolato in quattro parti. Nel primo capitolo si descrive la rete di monitoraggio provinciale e la dotazione strumentale. Il secondo capitolo, il cui contenuto è stato estratto dal lavoro della Struttura Sistemi Previsionali dell'Arpa Piemonte, è stato inserito per illustrare le principali condizioni meteo climatiche dell'anno 2018 che possono aver influenzato i livelli degli inquinanti. Il terzo capitolo riporta l'analisi dei risultati ottenuti dalla rete della qualità dell'aria: presentate sotto forma di grafici le risultanze acquisite nell'ultimo anno vengono confrontate con quelle degli anni precedenti; particolari approfondimenti sono dedicati agli inquinanti per i quali permangono criticità nel rispetto dei limiti normativi.

Gli inquinanti considerati sono stati:

- Materiale Particolato - PM₁₀ e PM_{2.5}
- Biossido di azoto - NO₂
- Ozono – O₃
- Biossido di zolfo – SO₂
- Benzene e Monossido di carbonio – CO
- Metalli pesanti: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel
- Benzo(a)pirene e IPA totali

Nell'ultimo capitolo sono state riassunte le principali conclusioni estratte dalle analisi condotte e descritte nel documento.

In allegato sono illustrate, sotto forma di schede, le principali informazioni relative agli inquinanti della qualità dell'aria, insieme ai riferimenti normativi in vigore.

La serie storica dei dati misurati dalla rete evidenzia in modo indiscutibile come, partendo da situazioni di criticità, con superamenti dei limiti normativi per diversi parametri, si sia complessivamente verificato nel corso degli anni un netto miglioramento della "qualità dell'aria" che respiriamo. Le elaborazioni presentate nel documento indicano infatti riduzioni significative delle concentrazioni di quegli inquinanti che per la loro natura possono determinare danni alla salute umana o all'ambiente nel suo complesso. Tuttavia, questi miglioramenti non sono ancora sufficienti per alcuni parametri, come il materiale particolato, il benzo(a)pirene e l'ozono, che rimangono vicini e, a volte, superiori ai limiti di legge. Nel valutare gli andamenti pluriennali, occorre sempre tenere presente che le condizioni meteorologiche condizionano in modo significativo la variabilità interannuale dei livelli di concentrazione degli inquinanti.

A differenza dell'anno precedente, in cui le condizioni meteorologiche avevano determinato un aumento dei livelli di inquinamento della qualità dell'aria, in particolare a causa dei lunghi periodi di siccità nei mesi invernali e autunnali, il 2018 è stato caratterizzato da abbondanti e frequenti precipitazioni, che hanno determinato la periodica rimozione degli inquinanti e

impedito il verificarsi di lunghi periodi di accumulo. In tali condizioni meteorologiche, si sono potuti apprezzare, su tutto il territorio della provincia, i risultati degli sforzi intrapresi nel tempo nella riduzione delle emissioni in atmosfera degli inquinanti: il 2018 è stato il primo anno in cui entrambi i limiti stabiliti dalla normativa vigente per il PM₁₀ sono stati rispettati su tutto il territorio della provincia di Cuneo.

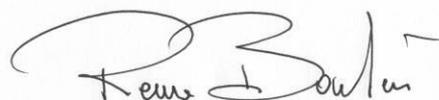
In presenza di effetti sempre più importanti dei cambiamenti climatici in atto, diventa sempre più evidente quanto essi condizionino anche i livelli degli inquinanti dannosi per la salute, di cui la qualità dell'aria si occupa. Oltre ai periodi di siccità estrema, come quelli che hanno determinato l'aumento delle polveri sottili nel 2017, basti pensare alle ondate di calore, come quella a cui abbiamo appena assistito negli ultimi giorni di giugno 2019, che ha nuovamente portato al superamento della soglia di informazione per l'ozono nella nostra provincia e, in alcune zone vicine, al superamento della soglia di allarme.

Purtroppo, nonostante le medesime sorgenti antropiche determinino l'emissione sia di inquinanti dannosi per la salute che di inquinanti clima-alteranti, finora queste due emergenze ambientali sono state considerate in modo separato sia dalla comunità scientifica che dai responsabili delle politiche ambientali. E non tutte le misure di riduzione delle emissioni agiscono in modo positivo su entrambe le problematiche. Esempi possono essere dati dall'incentivazione della combustione delle biomasse, misura che tende alla mitigazione del riscaldamento climatico, ma che influisce negativamente sulla qualità dell'aria e la salute umana; oppure dalla desolforizzazione dei carburanti, misura molto positiva per la qualità dell'aria, ma negativa per il riscaldamento climatico, per l'effetto "raffreddante" sul clima esercitato dal particolato.

Esistono però azioni virtuose, come l'efficienza energetica, l'utilizzo di veicolo ibridi/elettrici, una efficiente gestione dei composti dell'azoto, che offrono la possibilità di migliorare la qualità dell'aria e, allo stesso tempo, mitigare il riscaldamento climatico; esse costituiscono la strategia migliore in termini di costi economici e sociali¹.

Per pervenire ad un rispetto dei limiti stabiliti per tutti gli inquinanti della qualità dell'aria, e per far sì che esso sia duraturo, ovvero meno in balia delle peculiarità meteorologiche di ciascun anno, occorrerà continuare a perseguire la riduzione delle emissioni in atmosfera già messa in atto, ma intraprendendo sempre più azioni integrate che tengano conto delle retroazioni qualità dell'aria/clima. Solo coniugando in modo opportuno misure tecnologiche di abbattimento, cambiamenti strutturali e comportamentali sarà possibile raggiungere gli obiettivi di limitazione dell'inquinamento atmosferico e del riscaldamento climatico.

Dipartimento territoriale di Cuneo (Piemonte Sud Ovest)
Il Dirigente Responsabile
Dott. Renzo Barberis



¹ "Qualità dell'aria e cambiamenti climatici: due facce della stessa medaglia" Maria Cristina Facchini, Sandro Fuzzi ISAC CNR, Ingegneria dell'Ambiente Vol. 4 n. 4/2017

La rete di monitoraggio

Il monitoraggio degli inquinanti nell'aria ambiente è individuato, a livello comunitario, come strumento di conoscenza e sorveglianza della qualità dell'aria, al fine della prevenzione dell'inquinamento atmosferico a tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso. Esso risulta indispensabile strumento conoscitivo utile all'individuazione degli interventi prioritariamente necessari per il risanamento, nonché quale mezzo per monitorare gli effetti delle azioni di miglioramento intraprese dalle amministrazioni.

La Regione Piemonte con la L.R 43/2000, indicante le disposizioni "finalizzate al controllo della qualità dell'aria, per il miglioramento della qualità della vita, per la salvaguardia dell'ambiente e delle forme di vita in esso contenute sul territorio regionale", ha disposto l'istituzione del "sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria" a cui appartengono le stazioni di monitoraggio site nel nostro territorio provinciale.

La collocazione territoriale delle stazioni di misura e la tipologia di parametri monitorati in ognuna di esse discende dai criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie, finalizzati ad ottenere informazioni sufficienti e rilevanti, ma non ridondanti, tali da garantire la rappresentatività dei dati rilevati in ordine alle diverse condizioni di qualità dell'aria riscontrabili sull'intero territorio monitorato.

Per illustrare le caratteristiche specifiche delle stazioni e dei siti monitorati sul territorio della provincia di Cuneo, di seguito sono fornite alcune definizioni riportate nell'allegato III del Decreto legislativo n.155 del 2010:

- a) **stazioni di misurazione di traffico:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta
- b) **stazioni di misurazione di fondo:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravvento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito
- c) **stazioni di misurazione industriali:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe
- d) **siti fissi di campionamento urbani:** siti fissi inseriti in aree edificate in continuo o almeno in modo predominante
- e) **siti fissi di campionamento suburbani:** siti fissi inseriti in aree largamente edificate in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate
- f) **siti fissi di campionamento rurali:** siti fissi inseriti in tutte le aree diverse da quelle di cui alle lettere d) ed e). Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione

Nella tabella 1 della pagina seguente sono elencate le stazioni della rete provinciale di rilevamento, nella configurazione attiva nel 2018, e ne sono indicate le caratteristiche di rappresentatività.

Comune	Tipologia stazione	Caratteristiche zona di campionamento	Tipo emissioni	località	
Alba	fondo	urbana	residenziale commerciale industriale	Via Tanaro (nei pressi del mercato ortofrutticolo)	
Bra	traffico	urbana	industriale residenziale	Viale Madonna dei Fiori	
Cuneo	fondo	urbana	residenziale commerciale	Piazza Il Reggimento Alpini	
Mondovì	traffico	urbana	industriale residenziale	Via di Borgo Aragno angolo Via Torino	
Saliceto	fondo	rurale	residenziale	Via Monsignor G. Moizo	
Revello	fondo	rurale	agricola	Staffarda Via Cascinetta	

Tabella 1) Le stazioni di monitoraggio della rete fissa provinciale della qualità dell'aria

Le misure degli inquinanti sono prodotte da strumentazioni a funzionamento continuo basate su principi chimico-fisici, interfacciate con sistemi di acquisizione, elaborazione e trasmissione dati, che consentono una disponibilità del dato in "tempo reale".

Ciò ad esclusione delle misure di materiale particolato, IPA e metalli. Infatti, la determinazione del materiale particolato effettuata, ai fini delle valutazioni previste dalla norma, con tecnica gravimetrica, viene eseguita in laboratorio sui filtri campionati giornalmente in modo automatico presso le stazioni; sugli stessi filtri, analisi successive consentono la quantificazione delle concentrazioni dei metalli pesanti (piombo, nichel, arsenico e cadmio) e degli Idrocarburi Policiclici Aromatici, tra cui il benzo(a)pirene. Questa metodologia, richiesta dalla norma, non permette l'emissione dei dati in tempo reale.

Nella stazione di Cuneo la presenza aggiuntiva di uno strumento automatico a sorgente beta per la determinazione delle concentrazioni orarie del PM₁₀ e del PM_{2.5} garantisce la disponibilità in tempo reale dei dati, utile ai fini modellistici.

Per la stazione di Staffarda la misura giornaliera della frazione PM_{2.5} è realizzata con campionatore automatico a raggi beta.

I parametri monitorati nelle stazioni, durante l'anno 2018, sono stati i seguenti:

	Ozono O ₃	Ossidi di Azoto NO _x	Monossido di Carbonio CO	Biossido di Zolfo SO ₂	Benzene Toluene Xileni BTX	Materiale particolato PM ₁₀	Materiale particolato PM _{2.5}	IPA e Metalli	Biossido di Carbonio CO ₂
Alba	X	X			X	X		X	
Bra		X				X		X	
Cuneo	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mondovì		X	X		X	X	X	X	
Saliceto	X	X				X		X	
Revello- Staffarda	X	X					X		

Tabella 2) Gli inquinanti misurati dalla rete fissa provinciale della qualità dell'aria

I dati rilevati sul territorio provinciale confluiscono insieme a quelli di tutte le stazioni fisse del Piemonte ad un centro unico di raccolta denominato Centro Operativo Regionale (C.O.R.); dopo essere stati sottoposti a procedure di validazione di diverso livello vengono storicizzati. L'accesso al pubblico di tali informazioni è possibile sui seguenti siti internet:

<http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa>

<http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/>

Tutte le relazioni tecniche relative alla qualità dell'aria, curate dal Dipartimento territoriale di Cuneo, sono scaricabili via internet all'indirizzo:

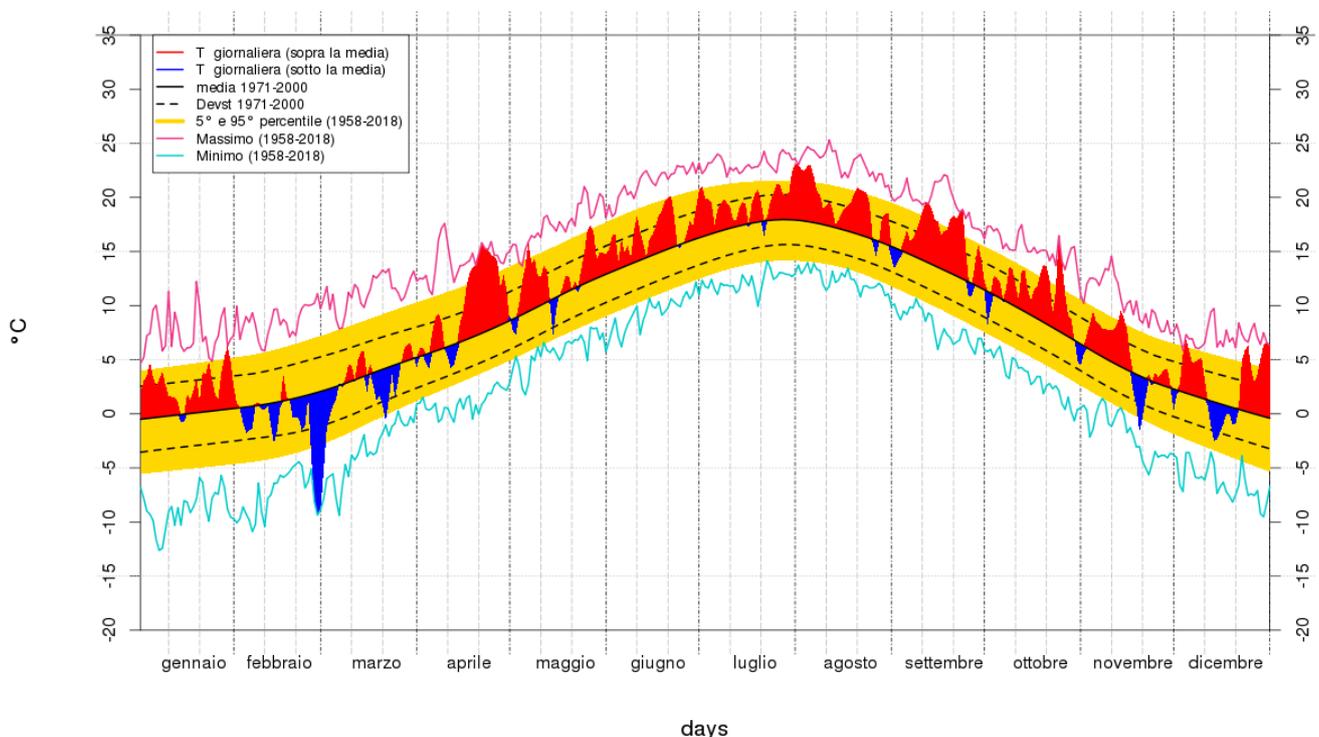
<https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria>

Condizioni meteoclimatiche dell'anno 2018²

L'anno 2018 in Piemonte è stato il 2° più caldo degli ultimi 61 anni, con un'anomalia media di circa +1.6°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. L'analisi dell'andamento giornaliero della temperatura (figura 1) evidenzia come l'anomalia termica positiva abbia caratterizzato costantemente quasi tutta l'annata, a parte il mese di febbraio, buona parte di marzo e brevi periodi di una decina di giorni a novembre e dicembre. Nel trimestre giugno-agosto si è toccato il periodo più lungo con temperatura sempre sopra la media, perché si sono registrate solo 8 giornate con anomalia termica giornaliera negativa. Le temperature comunque non hanno mai raggiunto picchi massimi considerevoli, se si esclude una breve ondata di calore in pianura, osservata tra la fine luglio e l'inizio di agosto. Il mese più caldo è stato luglio con 20.6°C medi, che ha superato di poco agosto (20.4°C); mentre febbraio è risultato nettamente il mese più freddo dell'anno ed è l'unico con valore di temperatura media negativo. È stato l'anno in cui si sono osservate, mediamente, le temperature minime più calde dell'intera serie storica, nonostante il contributo molto negativo del mese di febbraio, quando le minime hanno toccato valori da primato. Nonostante la marcata anomalia termica positiva, si è registrato un solo primato di temperatura massima annuale, a Diga del Chiotas (CN), località situata a circa 2000 m di quota sulle Alpi Marittime, con 24.9°C il giorno 5 agosto; mentre il picco termico annuale si è registrato il 4 agosto a Villanova Solaro con 38°C. Invece il 31 luglio è risultato il giorno mediamente più caldo dell'anno.

Il numero di giorni estivi (T massima >30°C) nei mesi da maggio a settembre è stato superiore alle medie.

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2018



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 13 March 2019 - ore 09:25

Figura 1) Andamento della temperatura media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2018 (valori riferiti ad un punto medio ideale posto a 900 m di quota)

² Estratto da "Il clima in Piemonte – Anno 2018" Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Gennaio 2019

Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile, novembre e dicembre ci sono stati fino a 94 giorni di gelo ($T_{\text{minima}} \leq 0^{\circ}\text{C}$) a Boves (CN). Il valore minimo tra i capoluoghi di provincia è stato registrato il 28 febbraio a Boves (riferimento di temperatura per Cuneo) con -14.1°C .

Importante è stato l'apporto delle precipitazioni che, con circa 1400 mm medi sulla regione, posizionano il 2018 come il 5° anno più piovoso degli ultimi 61, con un surplus pluviometrico del 32% rispetto alla norma 1971-2000, decisamente all'opposto rispetto all'anno precedente (-33% nel 2017).

Sul valore della precipitazione totale annuale, l'analisi dell'andamento nei singoli mesi evidenzia il ruolo importante esercitato da gennaio (l'8 gennaio è risultato il giorno più piovoso dei trimestri invernali dal 1958 ad oggi), ottobre e novembre (in particolare con il contributo del prolungato maltempo dei giorni 27 ottobre - 7 novembre 2018, quando precipitazioni molto forti hanno interessato soprattutto il Piemonte settentrionale e nordoccidentale); buono il contributo dei tre mesi primaverili (soprattutto maggio), mentre dicembre con soli 21 mm medi è risultato il mese più secco dell'annata.

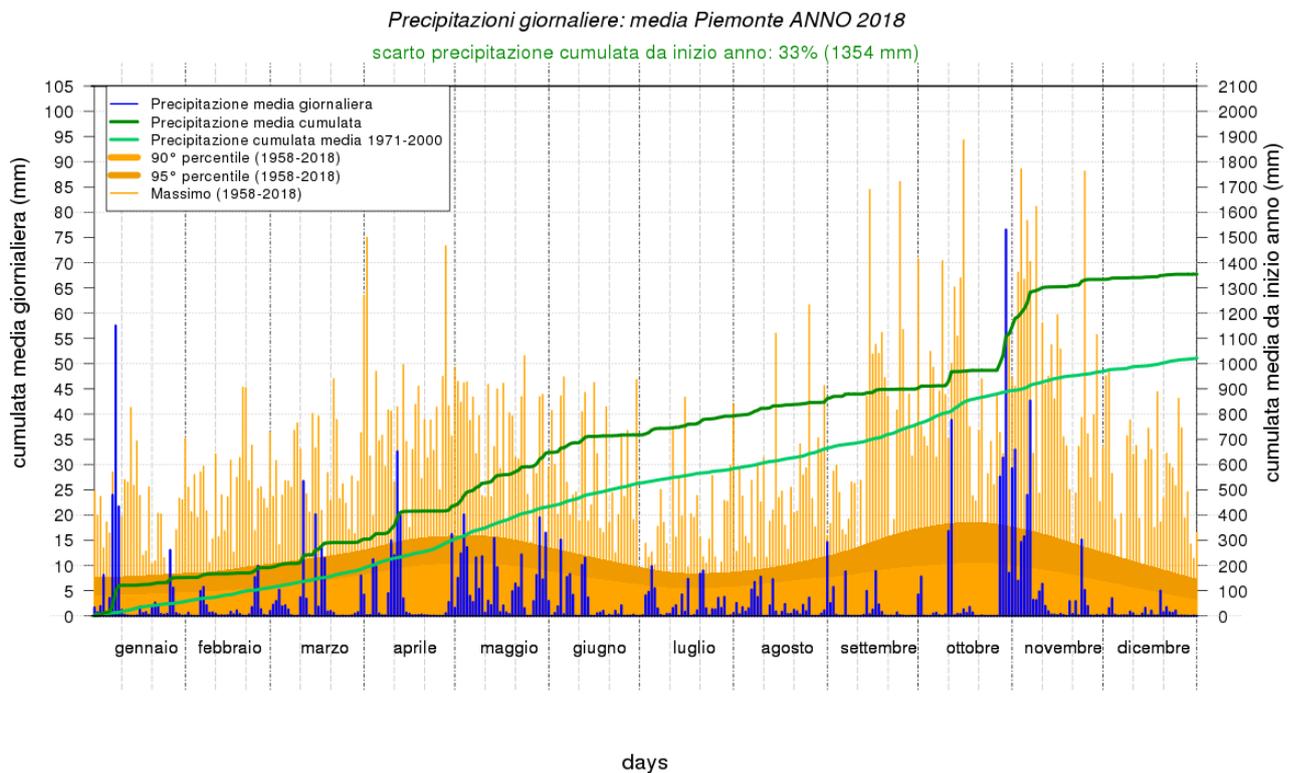


Figura 2) Andamento della precipitazione cumulata giornaliera media sul Piemonte per l'anno 2018 (valori riferiti ad un punto medio posto a 900 m di quota)

La figura 3 evidenzia la precipitazione totale nell'anno 2018 in Piemonte; le zone che hanno ricevuto la maggiore quantità di pioggia annua sono il Verbano ed i settori settentrionali delle province di Biella, Vercelli e Torino, mentre le pianure e le Alpi Cozie hanno avuto precipitazioni inferiori. La distribuzione spaziale delle anomalie annuali di precipitazione è rappresentata nella mappa di figura 4.

In tutti i capoluoghi il numero di giorni piovosi nel 2018 è stato superiore alla media del periodo 1991-2015.

Precipitazione annuale (mm) – anno 2018

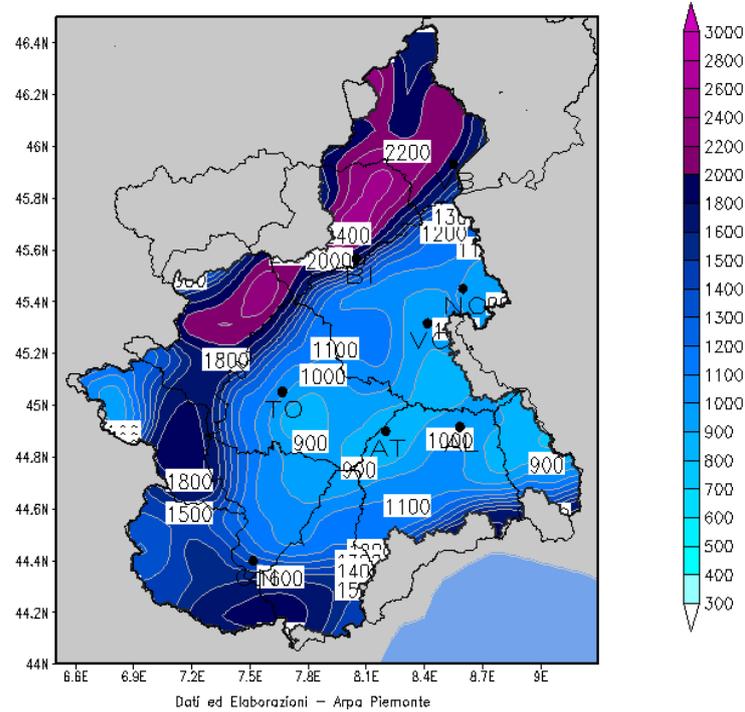


Figura 3) Valore cumulato annuo della precipitazione sul Piemonte nel 2018

Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2018

Periodo di riferimento 1971–2000

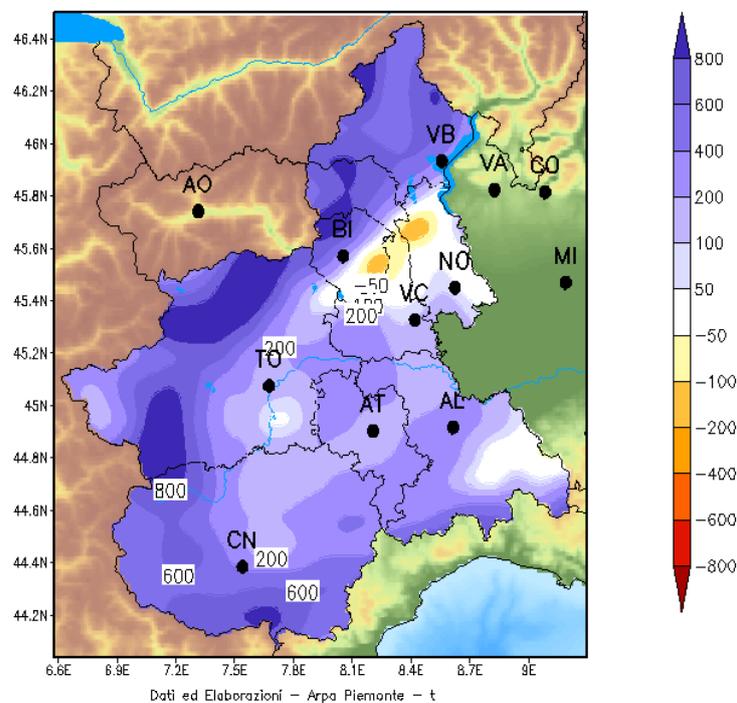


Figura 4) Anomalia percentuale di precipitazione per l'anno 2018 rispetto alla norma 1971-2000

Nel 2018 si sono avuti, complessivamente sulla regione, 44 giorni di foehn, molto inferiori ai 66 giorni medi attesi.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
2018	11	3	6	2	0	0	1	3	1	1	2	14
Media 2000-2015	9	7	8	4	5	3	5	4	5	4	5	7

Tabella 3) Numero di giorni di foehn per mese

L'anno 2018 è risultato deficitario dal punto di vista dei fenomeni nebbiosi, in particolare per gli episodi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m): infatti si sono verificati solo 6 episodi, circa un quarto rispetto ai 23 attesi dalla climatologia recente del periodo 2004-2017. Si tratta del valore più basso da quando è attiva la rete dei visibilimetri ARPA (dal 2004). Invece i giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) sono risultati 105, rispetto ai 125 attesi, con un deficit del 16%.

Gli inquinanti nel periodo 2002 ÷ 2018

Materiale particolato

PM₁₀

La normativa vigente per la qualità dell'aria stabilisce per le polveri sottili (PM₁₀) un limite sulla concentrazione giornaliera, pari a 50 µg/m³, da non superare più di 35 volte per anno civile e un limite sulla media annua pari a 40 µg/m³. Nel grafico di figura 5 la banda grigia rappresenta l'evoluzione nel tempo dell'intervallo di valori all'interno del quale si trovano le concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni attive a partire dal 2003 (ovvero quelle di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto); per le peculiarità delle centraline considerate, tale range si può considerare rappresentativo delle concentrazioni di PM₁₀ incidenti mediamente su tutto il territorio provinciale.

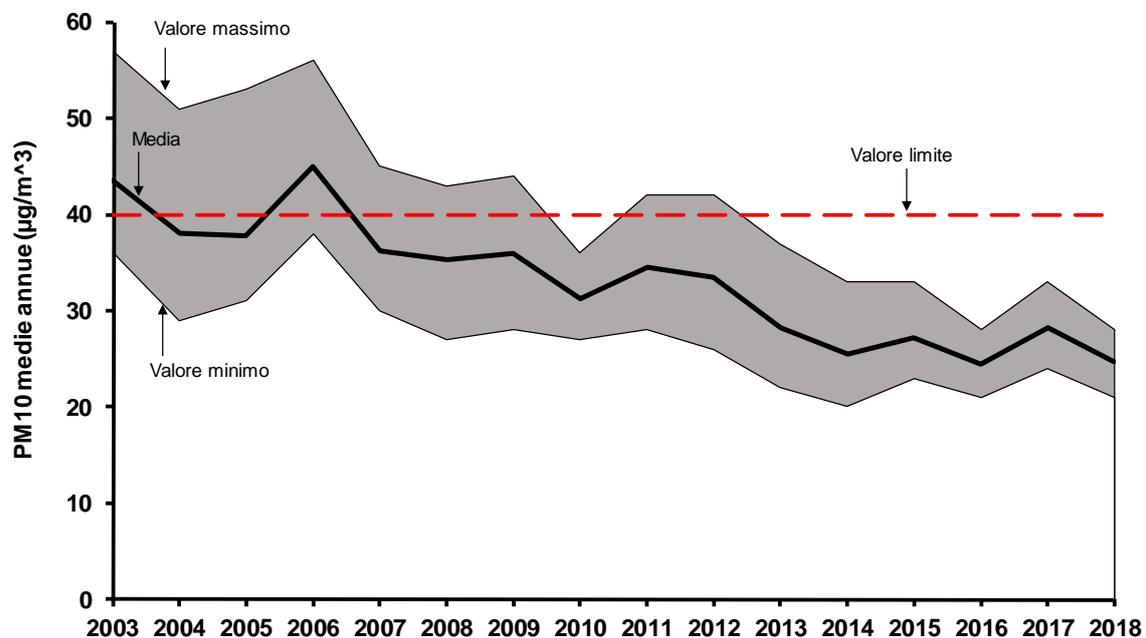


Figura 5) PM₁₀: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

Come si può osservare da tale figura, nonostante le oscillazioni dovute principalmente alle differenze meteorologiche tra i diversi anni, la situazione dell'inquinamento da polveri sottili è complessivamente migliorata nel tempo ed il limite sulla media annua, a partire dal 2013, è costantemente rispettato su tutto il territorio della nostra provincia. Dopo la crescita delle concentrazioni che si era verificato nel 2017, che aveva riportato il valore medio e minimo ai livelli del 2013, nel 2018 la situazione è tornata ai valori minimi registrati nel 2016.

La figura 6, che rappresenta i numeri di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ registrati dalle stazioni della provincia di Cuneo, dimostra come per questo indicatore si sia verificato nel tempo un forte miglioramento. La situazione riscontrata nei primi anni di misura era critica, con numeri di superamenti molto elevati su tutto il territorio provinciale (nel 2003 il numero di superamenti era compreso tra i 75 misurati a Saliceto ed i 170 misurati nella città di Bra, a fronte dei 35 consentiti per anno civile). La progressiva riduzione dei livelli di

inquinamento ha consentito, dal 2013, il rispetto del limite dei 35 superamenti a partire dalla zona sud della provincia. Condizioni di criticità sono state invece ancora riscontrate presso le stazioni di Alba e Bra fino al 2017, anno in cui la siccità dei mesi invernali ed autunnali ha nuovamente favorito la crescita dei livelli di inquinamento in tutta la regione ed i numeri di giorni di superamento sono arrivati rispettivamente a 57 ad Alba e 65 a Bra. Il 2018 è stato il primo anno in cui il limite stabilito per la protezione della salute sulle concentrazioni giornaliere è stato rispettato in tutto il territorio provinciale.

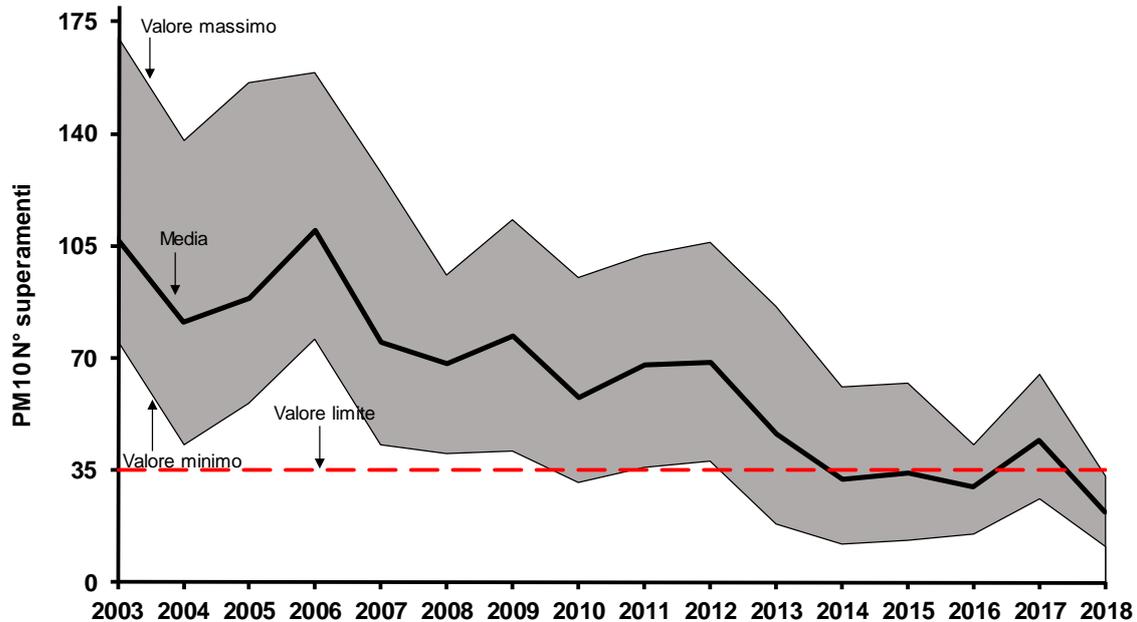


Figura 6) PM_{10} : Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevati dalle stazioni della provincia.

Complessivamente, sul numero medio provinciale³ di superamenti per anno dal 2003 al 2018 (figura 7), il calcolo del trend, eseguito con il metodo di Theil-Sen, conferma una tendenza decrescente statisticamente significativa ($p < 0.001$) con una variazione annua media provinciale stimata in -4.9 superamenti/anno ed un intervallo di confidenza al 95% compreso tra -6.1 e -3.9 superamenti/anno.

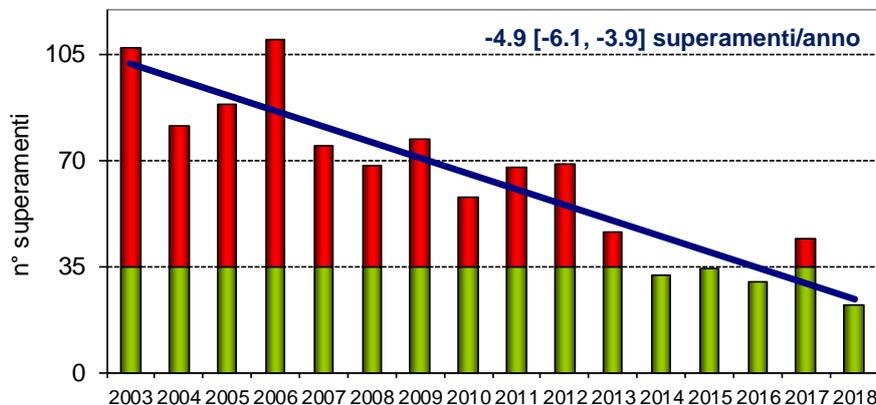


Figura 7) PM_{10} : numero medio di superamenti del limite giornaliero delle stazioni della provincia con misura attiva dal 2003 (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

³ I dati della stazione di Mondovì sono esclusi anche da tali valutazioni in quanto la misura del PM_{10} è stata attivata dal 2014

L'inquinamento da polveri sottili nella provincia di Cuneo è generalmente caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti a emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona di pianura della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano, soprattutto per quanto riguarda inquinanti cosiddetti "ubiquitari" come le polveri sottili. Monitoraggi condotti con il laboratorio mobile della qualità dell'aria hanno confermato la stazione urbana di Bra Madonna dei Fiori come stazione fissa di riferimento rappresentativa dell'inquinamento medio delle postazioni urbane per tutto il territorio di pianura della zona Nord della provincia di Cuneo⁴.

Per scendere nel dettaglio della situazione riscontrata da ogni stazione della rete provinciale, nei grafici delle figure 8 e 9 sono rappresentati i confronti delle concentrazioni medie annue e dei numeri di superamenti del limite giornaliero di PM₁₀ registrati presso le stazioni attive nel 2018 a partire, ove disponibili, dai dati del 2002. Per ogni stazione è anche indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata (TU=Traffico Urbana, FU=Fondo Urbana, FR= Fondo Rurale), informazioni importanti per le valutazioni, in quanto indicative di pressioni differenti.

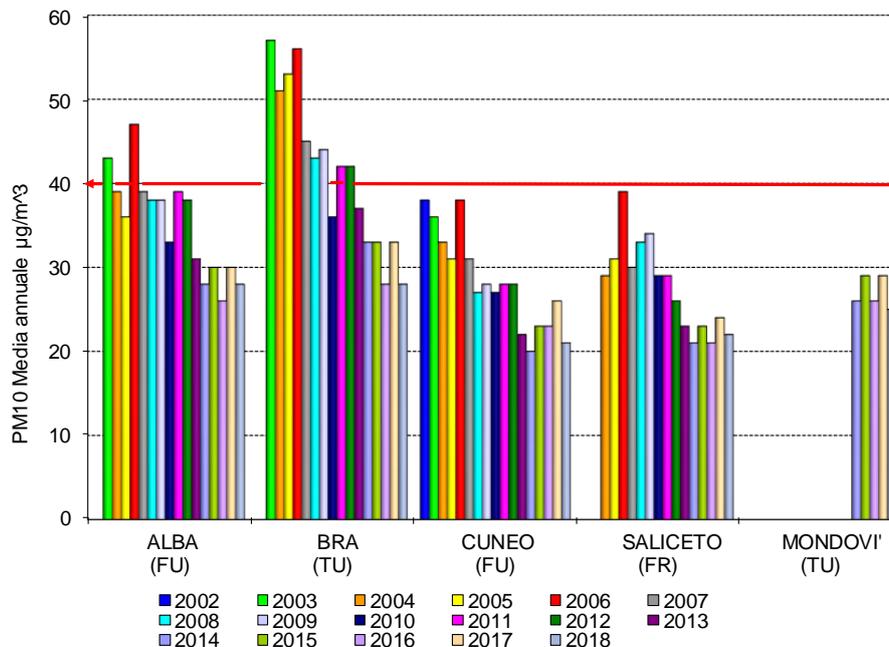


Figura 8) PM₁₀: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%)

Nella figura 8 si osserva come in tutte le stazioni della provincia la situazione delle concentrazioni medie annue, già al di sotto del limite nel 2013, confermi nel 2018 valori simili a quelli dei quattro anni precedenti.

⁴ Studio sulla qualità dell'aria nel territorio del quadrante Nord Ovest della provincia di Cuneo - Luglio 2013 ÷ maggio 2014 – Arpa Piemonte, Dipartimento di Cuneo
<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneQuadranteNordOvest2014.pdf>

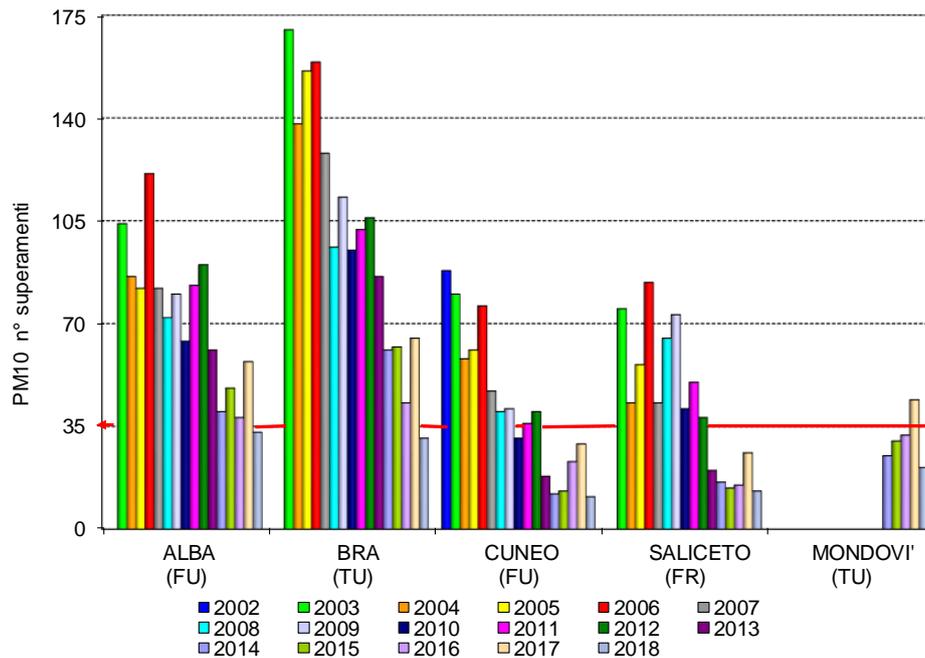


Figura 9) PM₁₀: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati >=90%).

Il grafico di figura 9 dimostra invece come, nelle stazioni della zona nord della provincia, che per la loro posizione geografica risentono maggiormente delle situazioni di accumulo e dell'inquinamento diffuso che caratterizza il bacino padano e per le quali si era sempre superato il limite stabilito per le concentrazioni giornaliere di PM₁₀, il numero di superamenti del limite giornaliero nel 2018 sia ulteriormente diminuito rispetto ai valori minimi registrati nel 2016 arrivando a valori inferiori ai 35 consentiti dalla normativa (rispettivamente 33 ad Alba e 31 a Bra).

A Mondovì, dove la misura del PM₁₀ è iniziata solo dal 2014 con lo spostamento della stazione in via Torino, nel 2017 si era sfiorato per la prima volta il limite stabilito per le concentrazioni giornaliere (44 superamenti contro i 35 concessi). Nel 2018 il numero di superamenti, dimezzandosi rispetto all'anno precedente, è tornato a rispettare ampiamente il limite normativo. I dati dei diversi anni di misura confermano per tale sito una situazione intermedia tra i livelli provinciali più elevati, misurati dalle stazioni di Alba e Bra, e quelli più contenuti delle stazioni di Cuneo e Saliceto. Sebbene la stazione di Mondovì sia caratterizzata dalle concentrazioni di fondo limitate tipiche della zona pedemontana, risente fortemente delle emissioni locali del traffico veicolare a causa della posizione a ridosso di una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante.

Anche per le stazioni di Cuneo e Saliceto il numero di superamenti ha raggiunto il minimo nel 2018 (rispettivamente 11 e 13 superamenti), tuttavia il valore è molto simile a quanto si era verificato nei due siti nel 2014 e nel 2015.

Nella tabella della pagina seguente per ogni anno di misura è riportata la data in cui è stato riscontrato il 36° superamento del limite giornaliero di 50 µg/m³. In rosso è evidenziato il 2006, "anno peggiore" per l'inquinamento da polveri sottili dall'inizio dei monitoraggi, in cui il 36° superamento si registrò già nella prima metà di febbraio sia ad Alba che Bra.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ALBA	24 feb	27 feb	03 mar	12 feb	25 feb	09 mar	25 feb	08 apr	22 ago	19 feb	21 ott	12 dic	03 dic	16 dic	25 ott	-
BRA	20 feb	23 feb	12 feb	09 feb	20 feb	18 feb	18 feb	15 feb	23 feb	19 feb	13 mar	09 ott	21 mar	10 dic	19 ott	-
MONDOVI'												-	-	-	4 nov	-

Tabella 4) Data del 36° superamento del limite sulla concentrazione giornaliera di PM₁₀ per le stazioni di fondo urbano di Alba Tanaro e di traffico urbano di Bra e Mondovì per ogni anno di misura (in rosso l'anno in cui il superamento si è verificato prima ed in verde il 2018 – primo anno di rispetto del limite).

La situazione regionale nel 2018

Per poter comprendere la situazione provinciale è bene avere una visione della situazione delle polveri sottili su una scala spaziale più ampia. Nei due grafici che seguono sono raffigurate in ordine decrescente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dell'anno 2018 per le stazioni della rete della regione Piemonte che hanno raggiunto una percentuale di dati validi superiore al 90%. Vicino al nome di ciascuna stazione è indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata e, tra parentesi, i corrispondenti valori relativi agli anni 2016 e 2017, ove disponibili.

Dalle informazioni contenute in tali grafici emerge come, nel 2018, in tutte le stazioni della rete regionale la situazione sia migliorata rispetto all'anno precedente, che aveva registrato un generale peggioramento dovuto in particolare ai lunghi periodi di siccità che si erano verificati.

Il 2018 è il primo anno in cui il limite della media annuale (figura 10) è stato rispettato in tutto il Piemonte, raggiungendo valori che, nella maggior parte dei casi, sono inferiori anche alle medie del 2016.

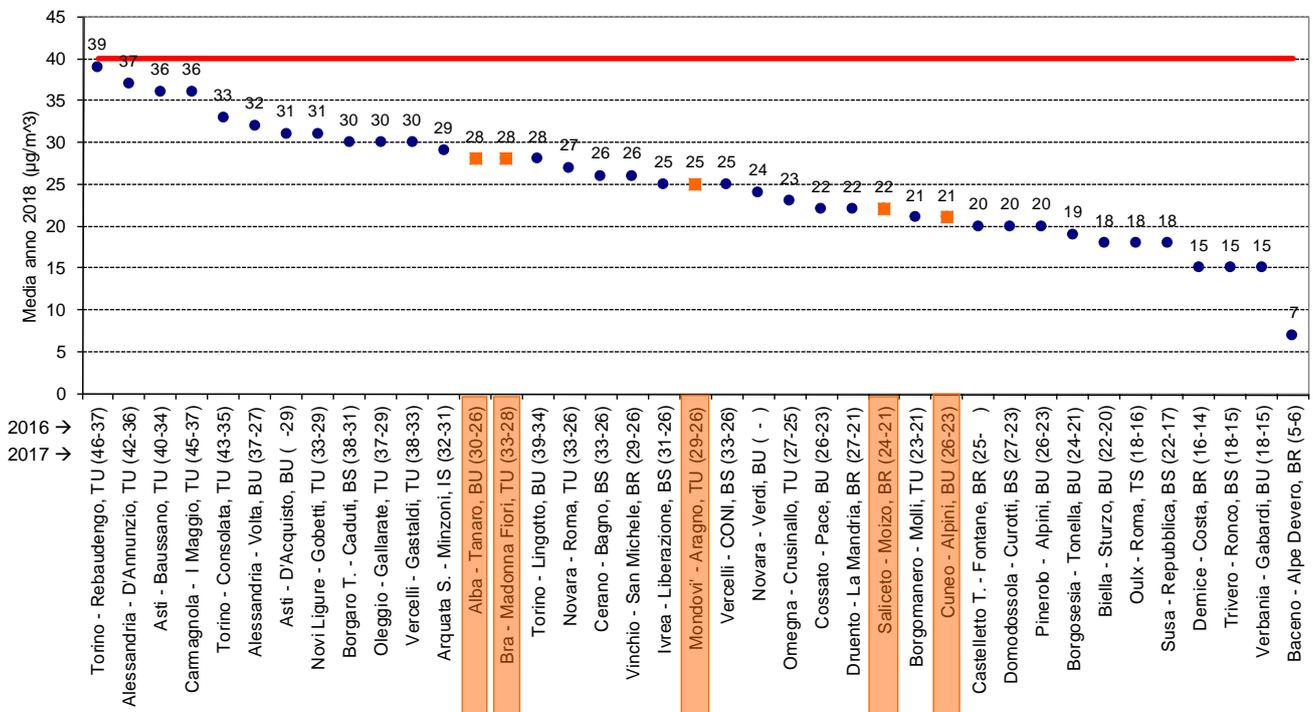


Figura 10) PM_{10} : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2018 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2017 e del 2016; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Nel 2018 il numero di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 11) è stato superiore ai 35 consentiti per anno civile in 10 stazioni, che corrispondono al 26% delle stazioni della rete regionale. Nel 2017 lo sfioramento del limite giornaliero era stato riscontrato nel 70% delle stazioni, mentre nel 2016 nel 58%.

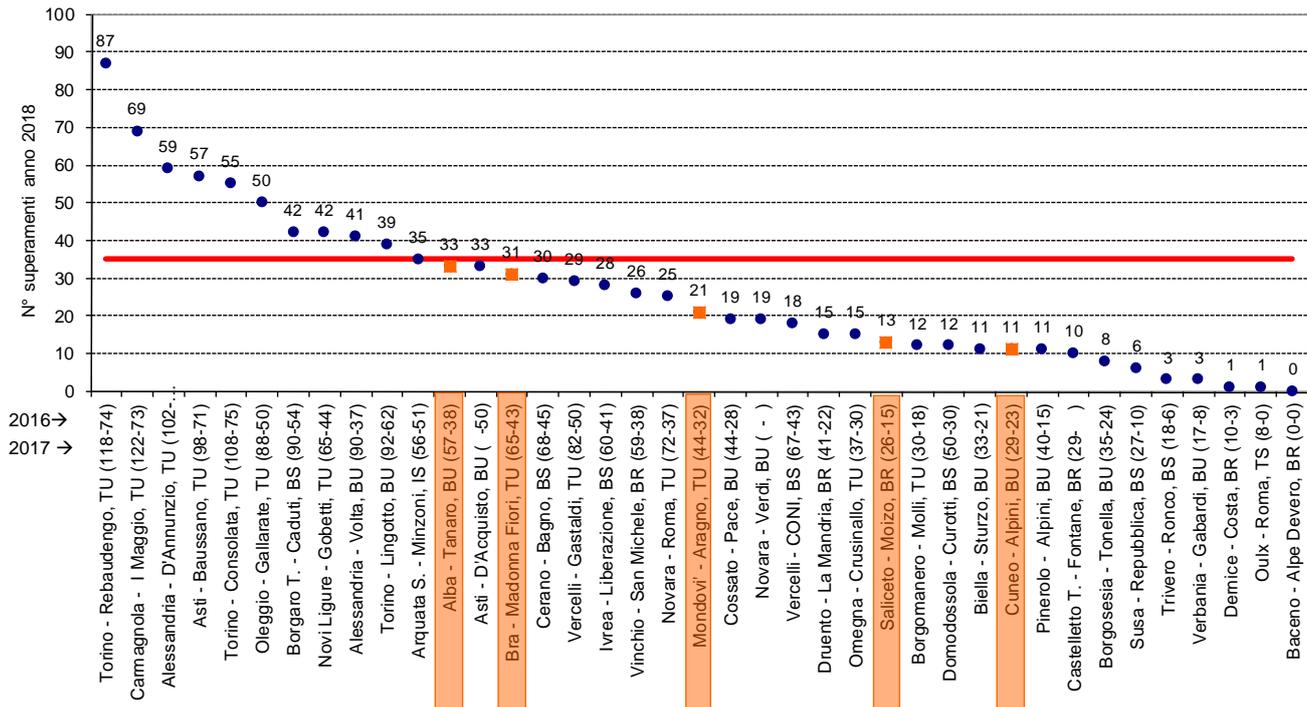


Figura 11) PM₁₀: numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2018 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2017 e del 2016; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Una situazione di miglioramento dell'inquinamento da polveri è stata riscontrata nel 2018 non solo in Piemonte, ma anche nelle altre regioni del bacino padano; l'Arpa Emilia Romagna, ad esempio, evidenzia⁵ come nella loro regione le concentrazioni di polveri siano state inferiori a quelle osservate nel 2017, in linea con quelle misurate nel 2016 e tra le più basse di tutta la serie storica.

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ sono rappresentate sulla mappa regionale nelle figure 12 e 13 con scale di colore. Le stazioni con percentuale di dati validi superiore al 90% sono state suddivise per tipologia: a sinistra le stazioni di fondo e a destra quelle da traffico.

Come già visto per gli anni precedenti, le maggiori concentrazioni medie ed i numeri di superamenti del limite giornaliero più elevati si continuano a verificare presso le stazioni da traffico urbane del capoluogo regionale e delle città poste nella zona centrale, di pianura, della regione. Tali stazioni, oltre ad essere influenzate dalle emissioni locali del traffico, per la loro ubicazione risentono maggiormente del fenomeno di accumulo degli inquinanti, che nel bacino padano è favorito dalla conformazione orografica, e si verifica in particolare per gli inquinanti che hanno lunghi tempi di permanenza in atmosfera, come il materiale particolato.

⁵ Fonte: Arpa Emilia Romagna – *La qualità dell'aria in Emilia-Romagna nel 2018*
https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/aria/2018/Report_tecnico_qualita_dellaria_2018.pdf

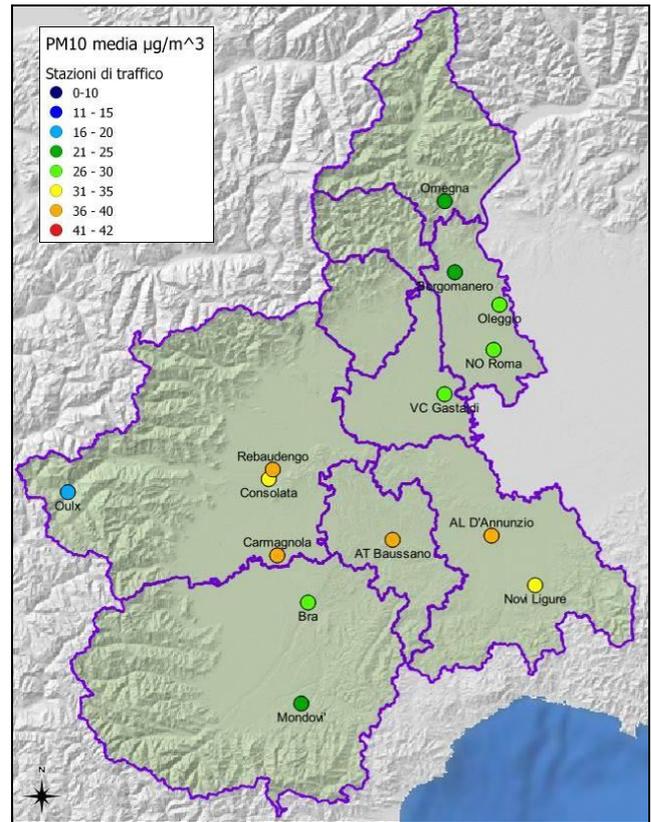
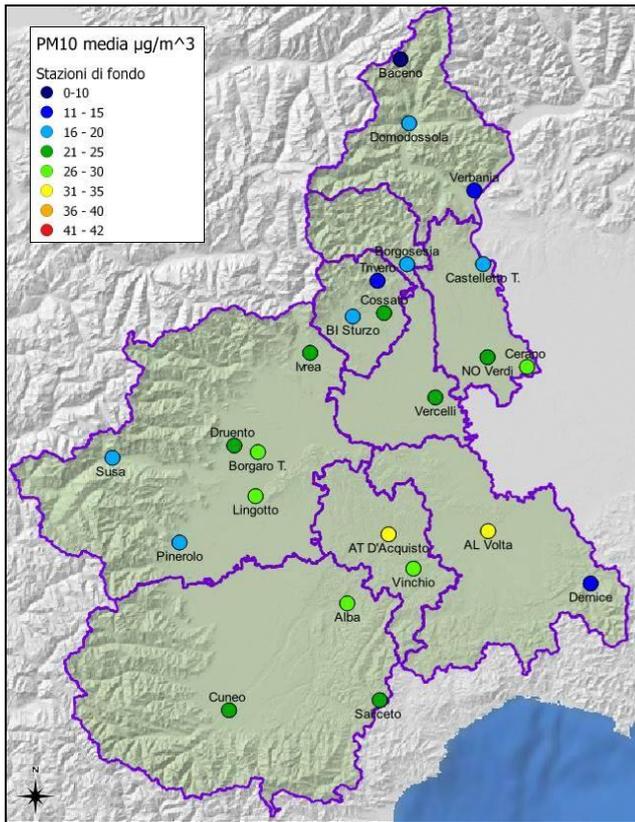


Figura 12) PM_{10} : concentrazioni medie dell'anno 2018 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

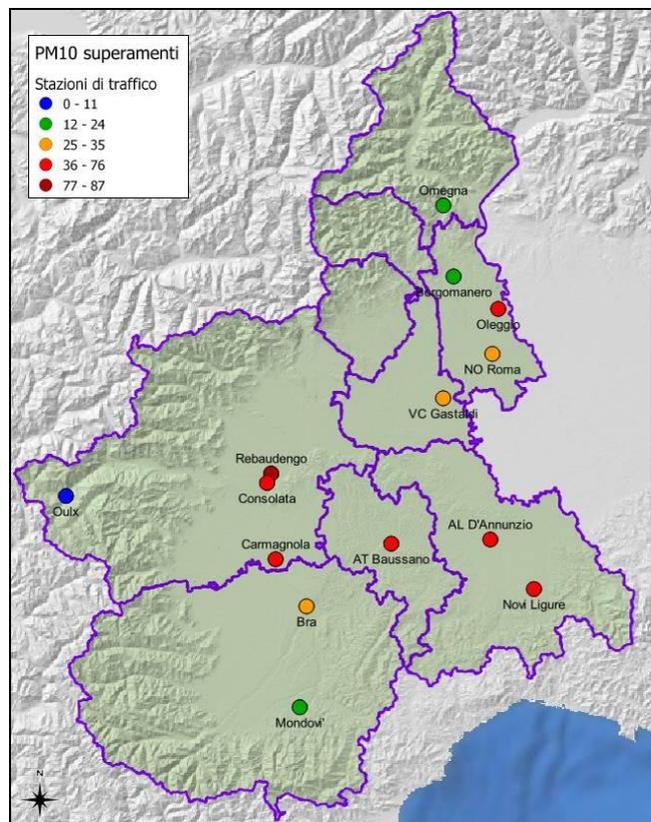
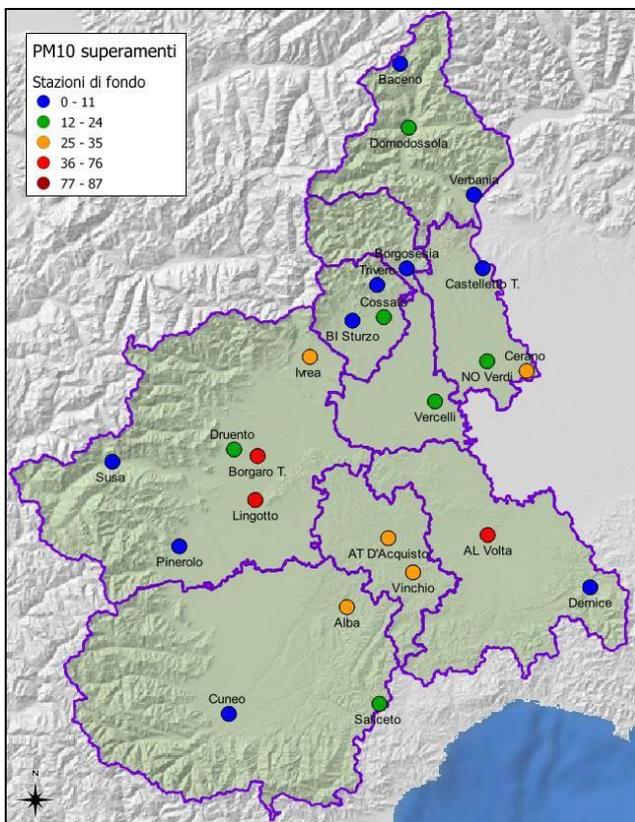


Figura 13) PM_{10} : numero di superamenti della concentrazione giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'anno 2018 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

Le concentrazioni del 2018 e l'influenza delle condizioni meteorologiche

La differenza delle condizioni meteorologiche da un anno all'altro condiziona fortemente la variabilità interannuale dei livelli di concentrazione degli inquinanti.

Le interazioni della meteorologia con il trasporto, la formazione, le trasformazioni chimiche, la dispersione del PM₁₀ sono molteplici e complesse; nel seguito sono riportate alcune considerazioni ed elaborazioni relative all'influenza di alcuni parametri meteorologici sui livelli dell'inquinamento da polveri sottili registrati nella provincia di Cuneo.

Una prima analisi considera i dati delle precipitazioni annuali della provincia di Cuneo (media delle stazioni meteorologiche di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto – figura 14). Esaminando la serie dal 2003 al 2018 si osserva come, dopo un 2017 con precipitazioni molto limitate, nel 2018 esse siano state decisamente abbondanti, sia in termini di quantitativi cumulati che di numero di giorni con precipitazioni⁶, confrontabili con il 2014. Nello stesso grafico sono rappresentati anche il numero medio di superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ registrati dalle stazioni della provincia attive per tutto il periodo di analisi (Alba, Bra, Cuneo e Saliceto). Nonostante il trend di riduzione nel tempo dei superamenti che complessivamente è visibile anche da questo grafico, osservando le variazioni tra anni consecutivi è piuttosto evidente come le precipitazioni atmosferiche contribuiscano a determinare le oscillazioni inter-annuali del numero di superamenti.

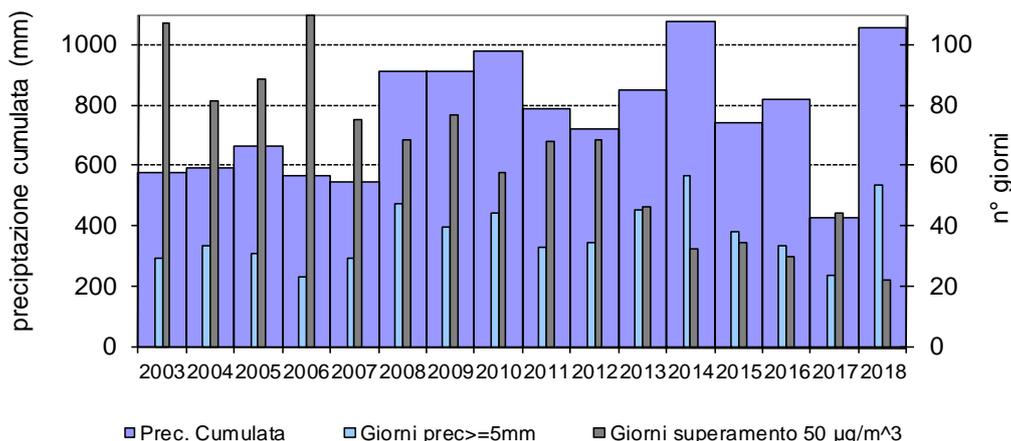


Figura 14) Medie provinciali della precipitazione cumulata, del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM₁₀ (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto).

Analizzando le relazioni tra tali grandezze vengono a definirsi due gruppi di dati: quello degli anni fino al 2014, e quello degli anni dal 2015 in poi (rispettivamente in blu e in verde nei due grafici di figura 15). Per entrambi i periodi, all'aumentare dei giorni con precipitazioni, diminuiscono in modo lineare sia la media annua del PM₁₀ che il numero di giorni di superamento⁷, ma le pendenze delle rette di correlazione dimostrano come la dipendenza dal numero di giorni di pioggia fosse molto più forte nel periodo 2003÷2014 rispetto agli ultimi anni. Negli anni più recenti, quindi, si riescono a mantenere valori contenuti di superamenti e di concentrazioni medie anche nelle annate in cui il numero di giorni di

⁶ Nel seguito si farà riferimento ai giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm, in quanto tale valore è stato individuato come soglia al di sopra della quale i fenomeni di rimozione dovuti alle precipitazioni sono, con buona probabilità, efficaci.

⁷ Correlazioni statisticamente significative, ad esclusione di quella tra Media PM₁₀ e Giorni precipitazioni del periodo 2015-2018.

pioggia sono limitati. Questo è sicuramente indice di una sostanziale riduzione dei quantitativi di inquinanti emessi in atmosfera che si è verificata nel tempo.

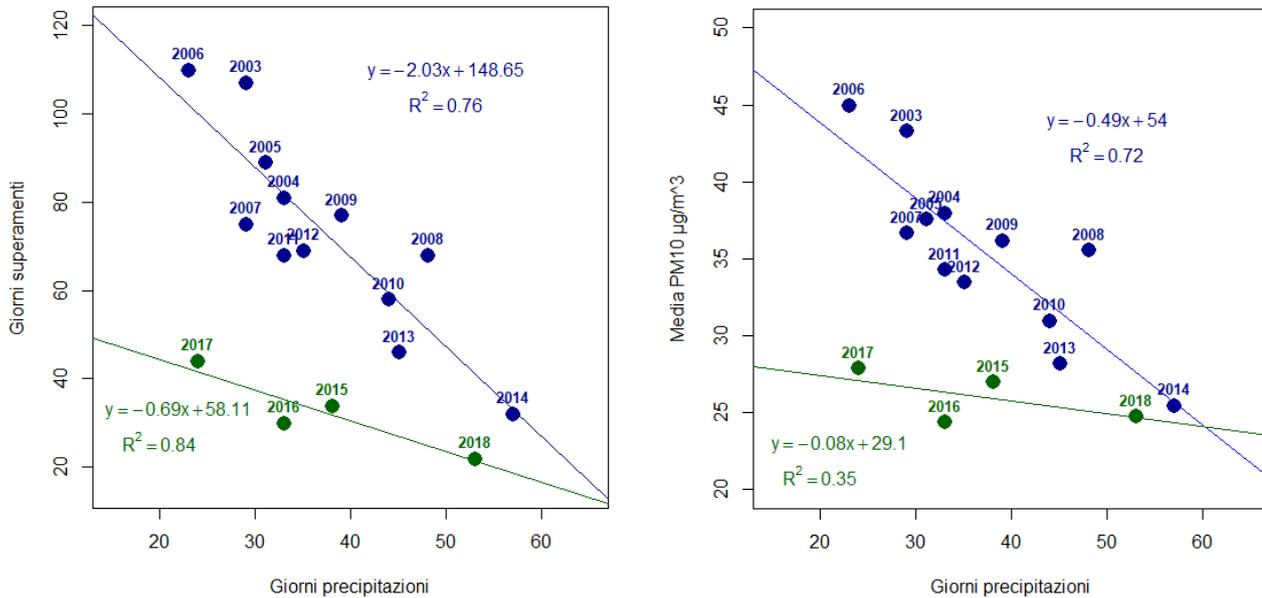


Figura 15) Numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM₁₀ (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto) in funzione del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) a sinistra. Concentrazioni medie annue di PM₁₀ (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto) in funzione del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) a destra.

Per passare al dettaglio giornaliero delle concentrazioni di PM₁₀ misurate dalle diverse stazioni della provincia di Cuneo nell'anno 2018, nella figura 16 ne sono rappresentate le serie temporali. Nel grafico sono riportati anche i valori delle precipitazioni giornaliere registrate presso la stazione meteo di Fossano, scelta poiché in posizione centrale nella provincia e, in azzurro, un indicatore di presenza di condizioni di foehn in regione. Precipitazioni atmosferiche e vento sono infatti i principali fenomeni che favoriscono la rimozione delle polveri.

Si può osservare l'ottimo accordo tra gli andamenti delle concentrazioni nei diversi siti, dovuto al lungo tempo di permanenza nell'aria delle polveri sottili che conferisce loro carattere ubiquitario e fa sì che le oscillazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate dai fattori meteoroclimatici. Proprio per questo motivo gli andamenti registrati nella provincia di Cuneo sono risultati in accordo anche con quanto rilevato dalle stazioni delle altre province e regioni del bacino Padano, ed i superamenti del limite giornaliero sono stati registrati all'interno dei periodi di accumulo rilevati dalle stazioni di Torino e del capoluogo lombardo con cui sono stati confrontati.

Come si può osservare dal grafico, nel 2018 le condizioni meteorologiche sono state particolarmente favorevoli alla qualità dell'aria. Le precipitazioni atmosferiche sono state molto frequenti e distribuite su tutto l'anno, ed hanno così garantito la periodica rimozione degli inquinanti. I periodi più lunghi con assenza di precipitazioni si sono verificati nella seconda decade di gennaio e nel mese di dicembre. In questi periodi tuttavia si sono verificati diversi episodi di foehn che hanno favorito il rimescolamento dell'aria ed evitato la crescita delle concentrazioni a livelli particolarmente elevati. L'episodio più critico dell'anno per le polveri sottili si è verificato tra il 22 ed il 26 gennaio, all'interno di un periodo di tempo stabile sul Piemonte, dovuto alla presenza di un promontorio anticiclonico sul Mediterraneo,

che ha determinato l'accumulo degli inquinanti ed il raggiungimento, presso le stazioni di Alba e Bra, di livelli di concentrazioni di PM₁₀ intorno ai 110 µg/m³ nella giornata del 25 gennaio.

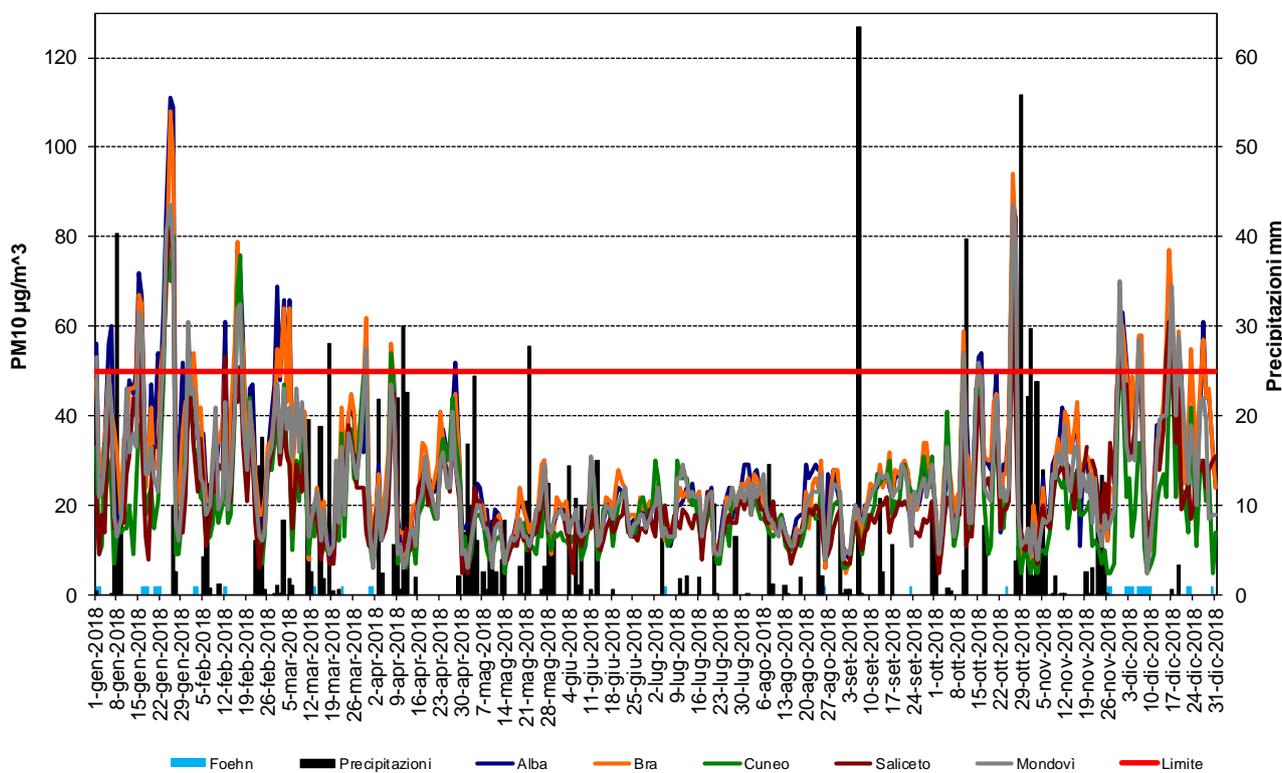


Figura 16) PM₁₀: concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2018.

Dal grafico di sinistra di figura 17 si può osservare come nel 2018 i giorni di pioggia siano stati superiori alla media del periodo 2003÷2016 in tutti i mesi generalmente interessati dall'inquinamento da polveri sottili ad esclusione del mese di dicembre, quando però i giorni di foehn che si sono verificati sul territorio piemontese sono stati più numerosi della media del periodo (figura di destra).

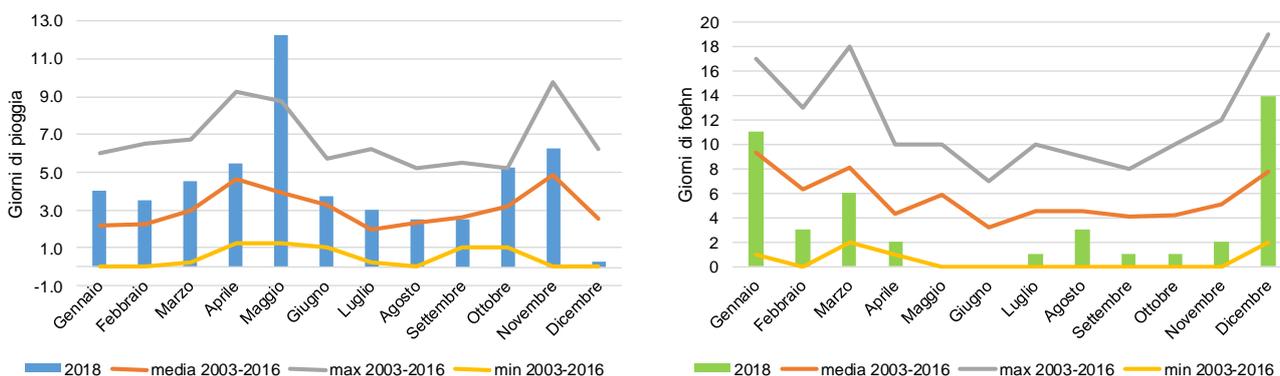
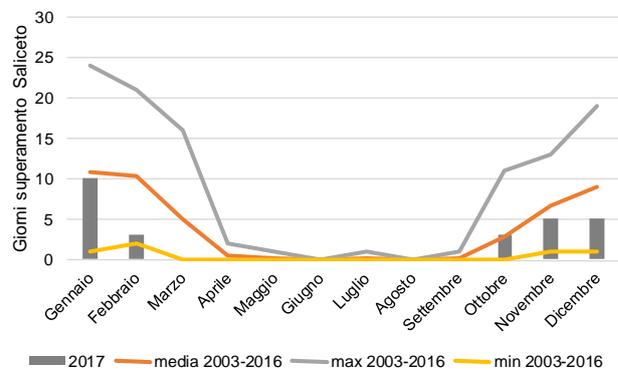
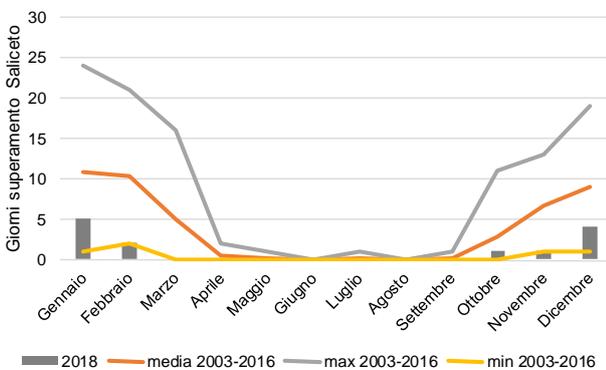
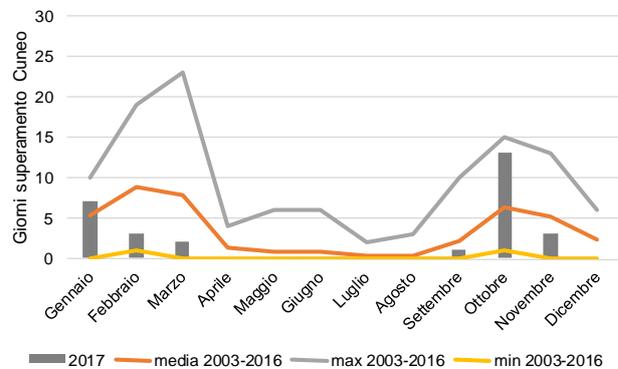
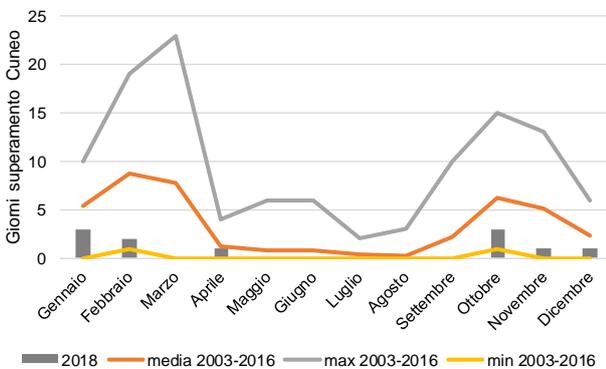
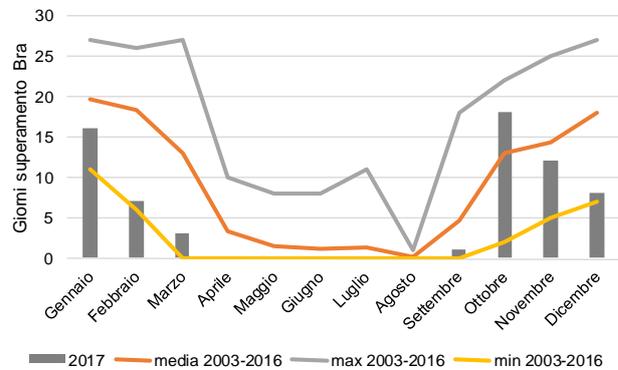
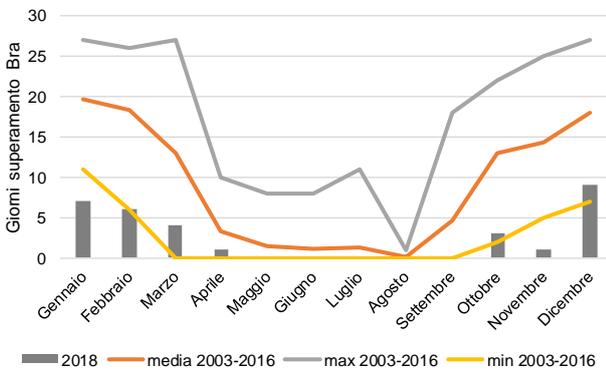
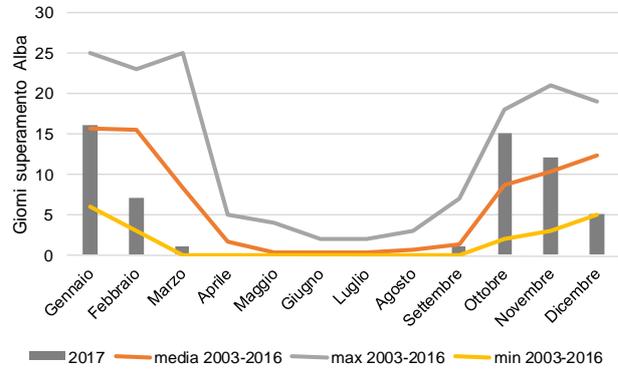
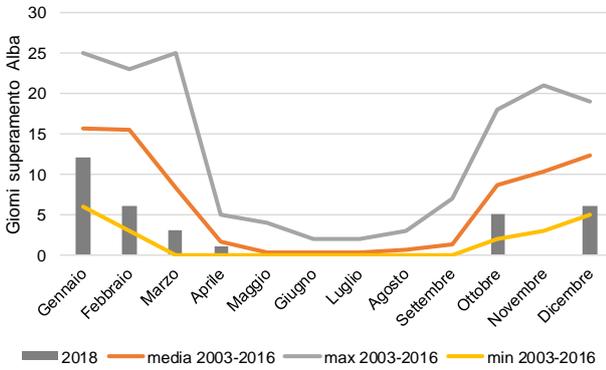


Figura 17) Numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto - grafico di sinistra). Numero di giorni con condizioni di foehn in regione (grafico di destra).

Ad esclusione della stazione di Mondovì dove la misura del PM₁₀ è iniziata solamente nel 2014, i grafici della figura seguente, con i superamenti mensili delle diverse stazioni di misura, evidenziano come in tutti i mesi dello scorso anno i superamenti siano stati inferiori

alla media e in taluni casi anche inferiori al minimo del periodo 2003÷2016. Nei grafici di destra sono rappresentati, per confronto, i superamenti del 2017, l'anno più critico degli ultimi quattro, in cui le precipitazioni erano state totalmente assenti nei mesi di gennaio ed ottobre.



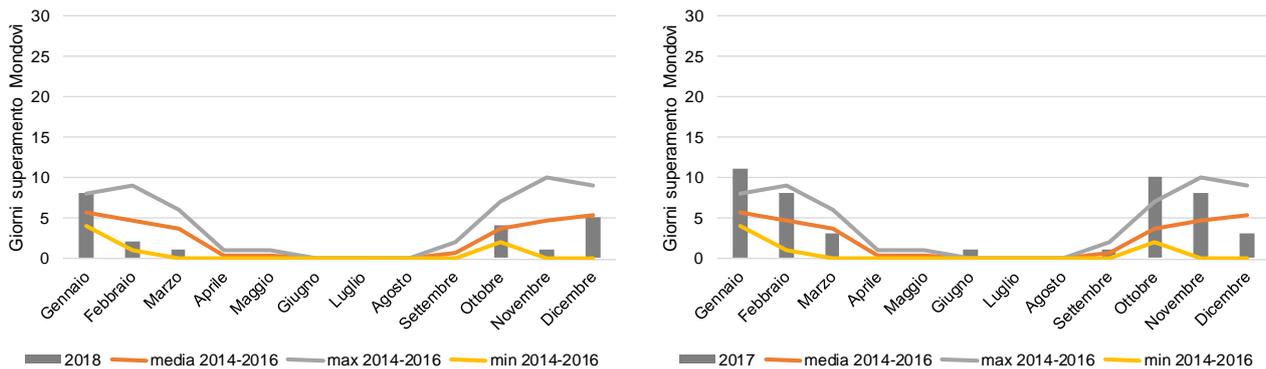


Figura 18) Numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM₁₀ per le diverse stazioni della provincia di Cuneo nei mesi del 2018 (a sinistra) e del 2017 (a destra).

Sempre dai grafici di figura 18 si può anche osservare come i superamenti che si riscontrano presso le stazioni della zona nord della provincia di Cuneo (Alba e Bra) continuano ad essere più numerosi di quelli registrati dalle stazioni della zona sud. Le differenze tra i numeri di giorni di pioggia delle due zone (rappresentati nei grafici di figura 19) risultano tuttavia molto contenute o comunque non tali da spiegare le differenze nei superamenti del limite giornaliero.

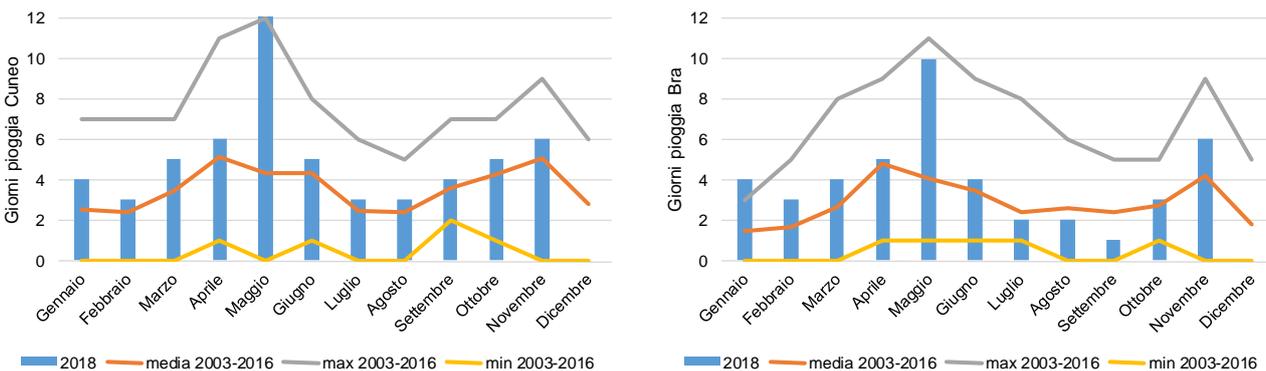


Figura 19) Numero di giorni con precipitazioni >= 5 mm registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Cascina vecchia (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

Se la variabilità spaziale tra le due zone considerate è limitata per le precipitazioni atmosferiche, risulta invece essere molto elevata per la ventosità: i giorni con velocità del vento superiore a 1.5 m/s sono molto più numerosi nella zona sud della provincia rispetto alla zona nord (figura 20).

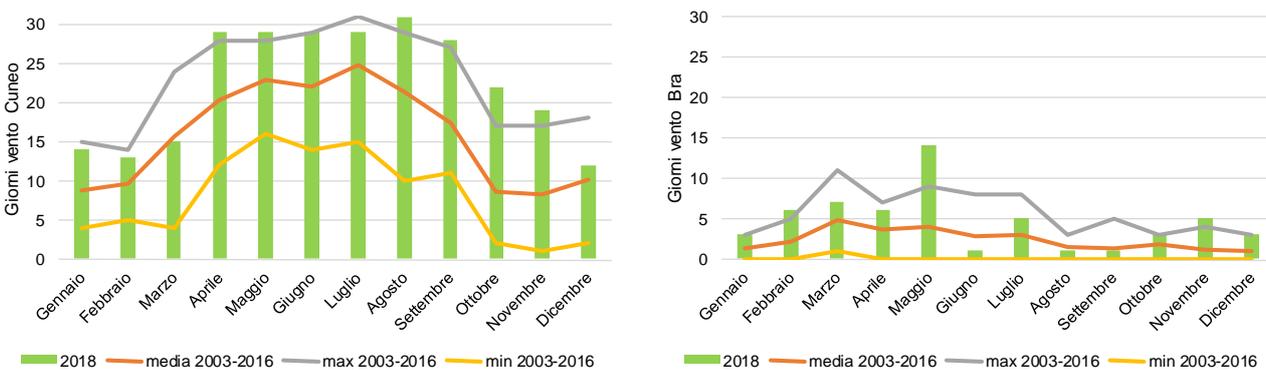


Figura 20) Numero di giorni con velocità media del vento > 1.5 m/s registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Camera di Commercio (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

In che modo il vento influenzi le concentrazioni delle polveri sottili si può appurare dai grafici della figura 21, dove sia per Cuneo (a sinistra) che per Bra (a destra), sono rappresentate con box plots le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ degli ultimi quattro anni suddivise nelle due categorie: giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s e giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s. Per entrambi i siti è evidente la differenza, statisticamente significativa, tra i livelli di PM₁₀ registrati nelle due tipologie di giornate considerate e pertanto l'efficacia del vento nel ridurre le concentrazioni delle polveri.

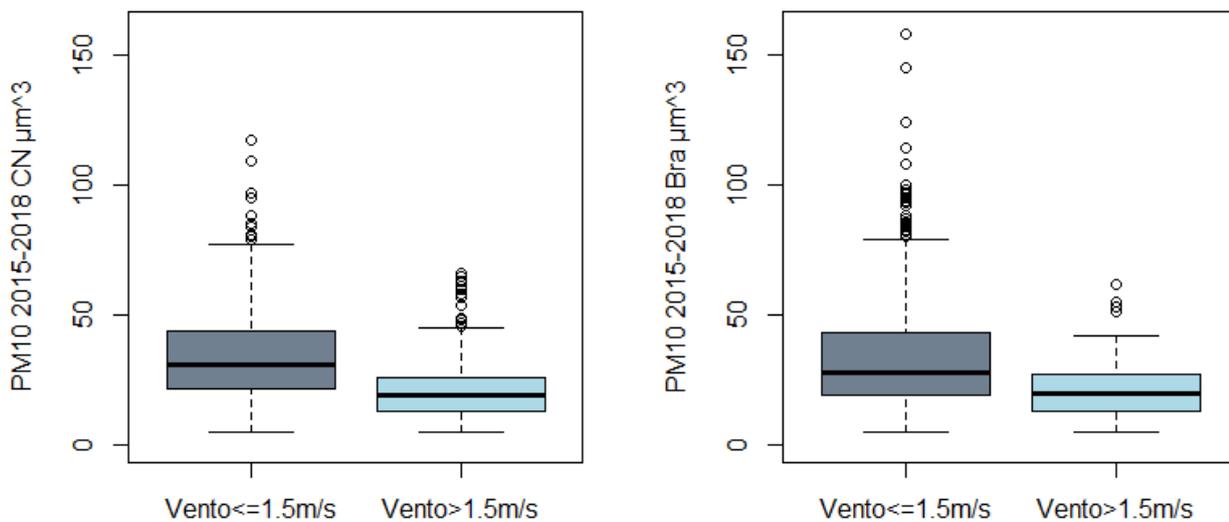


Figura 21) Box plots delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ di Cuneo (a sinistra) e Bra (a destra) degli anni 2015-2018 suddivise tra giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s e giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s.

I grafici a box non esplicitano però l'informazione sul numero di dati rispettivamente presenti nelle due categorie di giornate individuate, pertanto gli stessi dati sono stati elaborati con grafici ad istogramma: nella figura 22 sono rappresentati, per la stazione di Cuneo, i numeri di giorni in cui sono state registrate diverse classi di concentrazioni di PM₁₀ nelle giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s (a sinistra) e nelle giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s (a destra). Le stesse elaborazioni sono state fatte per i dati della stazione di Bra e rappresentate con gli istogrammi di figura 23.

Come si può osservare dagli istogrammi delle due stazioni, il vento presenta all'incirca la stessa efficacia nella rimozione delle polveri in entrambe le zone, porta infatti la concentrazione media dei giorni con vento superiore a 1.5 m/s a valori contenuti e simili per i due siti (20.2 µg/m³ a Cuneo e 22.1 µg/m³ a Bra) e limita il numero di superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m³ a poche unità. Tuttavia, ciò che determina la differenza tra i livelli complessivamente presenti nell'anno nelle due zone, è la numerosità delle classi, cioè il numero di giorni caratterizzati da un vento sufficiente a rimuovere le polveri⁸: solamente 95 a Bra, più di 750 a Cuneo nei quattro anni considerati.

⁸ Per poter valutare l'influenza del vento, sono stati considerati solamente i giorni senza precipitazioni nel giorno stesso e nel giorno precedente.

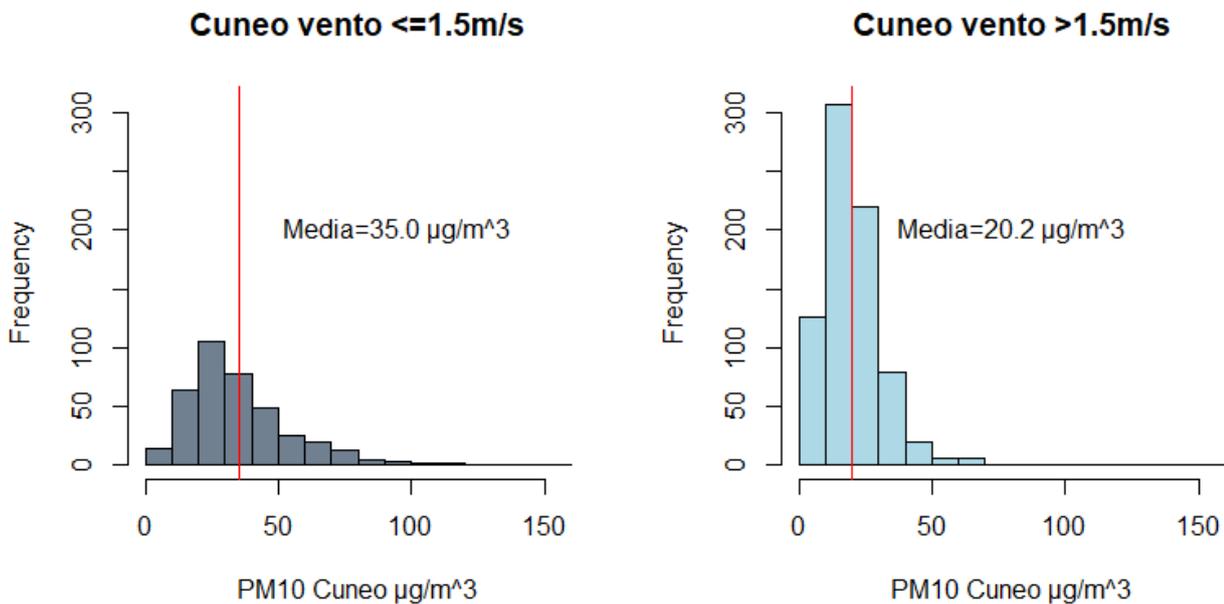


Figura 22) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ di Cuneo negli anni 2015÷2018 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

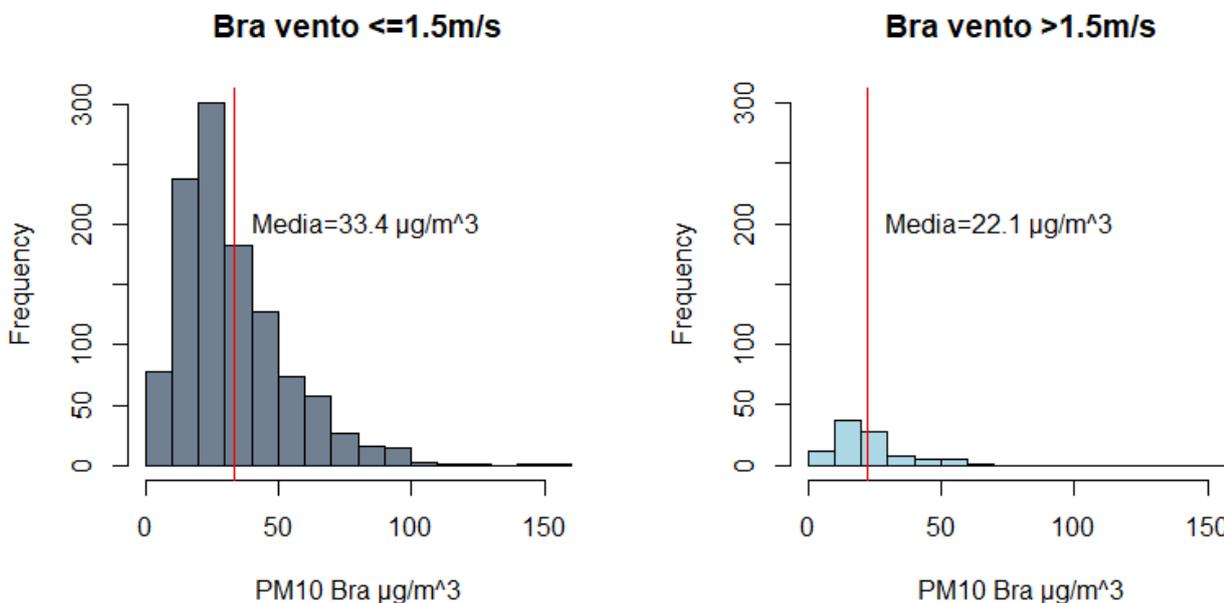


Figura 23) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ di Bra dell'anno 2015÷2018 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

Al contrario delle giornate ventose o con precipitazioni atmosferiche, i periodi caratterizzati da alta pressione persistente, assenza di precipitazioni e scarsa ventilazione favoriscono, grazie alla conformazione orografica del bacino padano, chiuso tra i rilievi delle Alpi e

dell'Appennino, il progressivo accumulo degli inquinanti che tendono a distribuirsi in modo piuttosto omogeneo al suo interno.

La differenza si può apprezzare visivamente dalle immagini riprese dal satellite MODIS e riportate nella figura 24. L'immagine in alto è stata ripresa il 18 gennaio 2018, in una giornata in cui un flusso di intense correnti nordoccidentali determinava condizioni di foehn sulla nostra regione. La seconda immagine, è stata ripresa il 24 gennaio 2018, all'interno del periodo, già citato a pagina 19, in cui la presenza di un promontorio anticiclonico sul Mediterraneo stava determinando il progressivo l'accumulo degli inquinanti nella pianura padana, visibili sotto forma di nebbiolina grigia nella zona dove era assente la copertura nuvolosa. Le concentrazioni di PM₁₀ (PM_{2.5} per Staffarda) rilevate dalle stazioni della rete provinciale nei due giorni in esame e riportate sulle immagini, dimostrano i differenti livelli di inquinamento presenti nelle due differenti situazioni meteorologiche e la criticità del secondo periodo in cui si registrava il superamento del limite giornaliero in tutta la provincia.

Nonostante le riduzioni evidenziate nei livelli di inquinamento da PM₁₀ attribuibili alle diminuzioni nelle emissioni in atmosfera, si può concludere che, le precipitazioni continuano ad essere processi importanti nel determinare l'abbattimento delle polveri. Nel 2018, la loro abbondanza e frequenza ha contribuito a rendere l'anno come il migliore per l'inquinamento da polveri sottili da quando è stata attivata la rete di rilevamento regionale, mentre, al contrario, la loro assenza in lunghi periodi del 2017 ha favorito l'insorgere delle criticità riscontrate per i livelli di PM₁₀ in tale anno. Le precipitazioni non presentano però una variabilità spaziale che possa essere responsabile delle attuali differenze rilevate nei livelli di polveri sottili tra la zona nord e la zona sud della provincia. Si è riscontrato invece come la maggior ventilazione che caratterizza la zona sud della provincia di Cuneo permetta una più frequente diluizione degli inquinanti, garantendo complessivamente un numero inferiore di superamenti del limite giornaliero ed una minore media annuale rispetto alla zona nord.

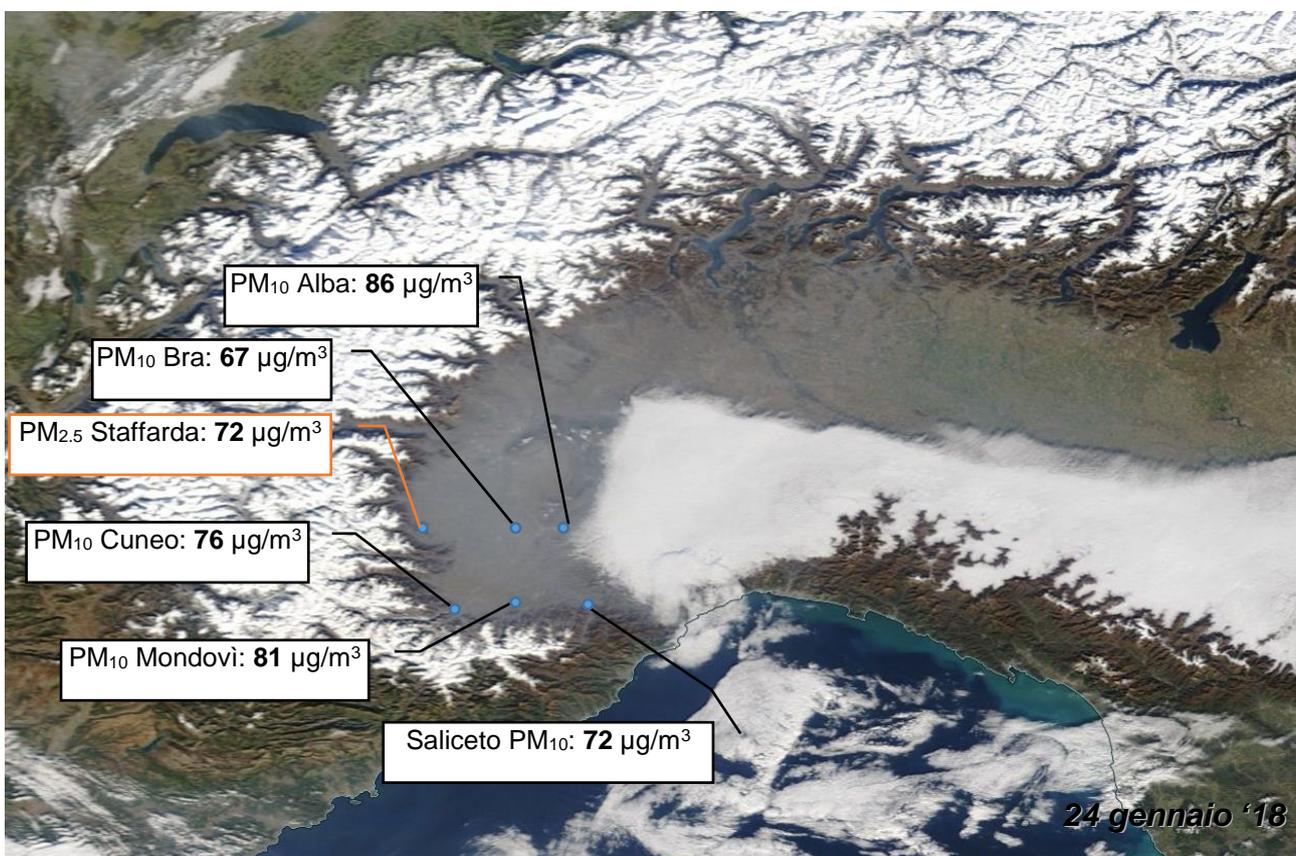
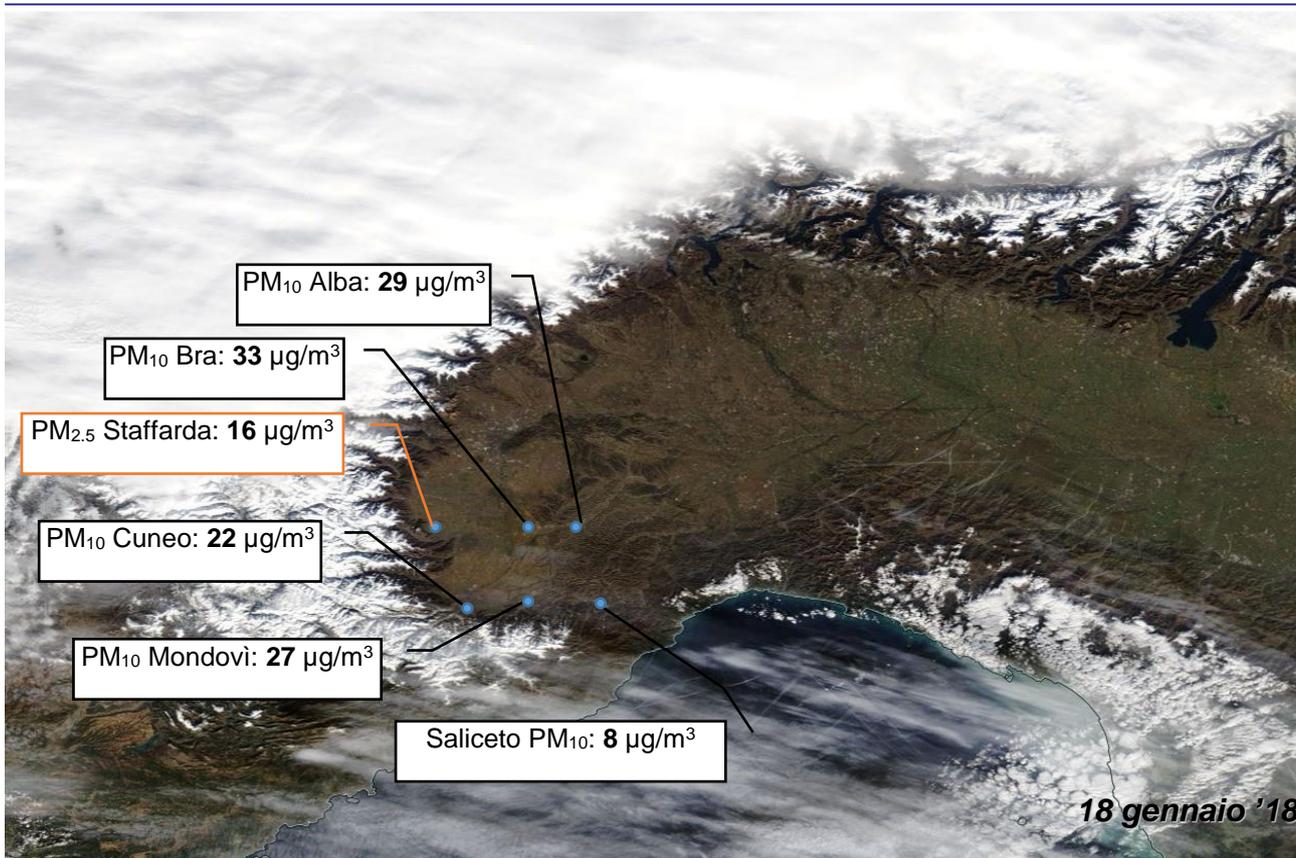


Figura 24) Immagini satellite MODIS del 18 e 24 gennaio 2018. Fonte: NASA Worldview
<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

La presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche nelle concentrazioni di PM₁₀ misurate dall'inizio del 2003, è stata valutata e quantificata utilizzando il metodo di Theil-Sen^{9, 10}, implementato nel pacchetto software OpenAir¹¹. Lo stimatore di Theil-Sen è un metodo di stima non parametrico, ovvero prescinde da ipotesi specifiche sulla distribuzione dei dati presi in esame, ed è uno stimatore "robusto" (ovvero poco sensibile) alla presenza di valori anomali (outliers).

Per ogni stazione è stato valutato il trend complessivo delle serie storiche di dati, dopo averne rimosso la componente stagionale.

Per Bra sono stati considerati come unica serie storica i dati della stazione di via Piumati attiva dal 2003 al 2010 e quelli di Madonna dei Fiori attiva a partire dal 2011, in quanto i dati dei due siti non presentano discontinuità significative. Per la stazione di Mondovì-Aragno non si è ancora potuta eseguire l'analisi per la brevità della serie storica a disposizione.

I trend complessivi, calcolati sull'intero periodo 2003 ÷ 2018, confermano riduzioni con elevata significatività statistica ($p < 0.001$) delle concentrazioni di PM₁₀ per tutte le stazioni.

Nella tabella 5 sono riportati i valori ottenuti per i coefficienti angolari dei trend (che quantificano la variazione in termini di microgrammi/m³ all'anno) del periodo 2003 ÷ 2018 e per i relativi intervalli di confidenza. La variazione maggiore è riscontrata nel sito di Bra, dove nei primi anni erano misurati livelli elevati di PM₁₀. Anche la variazione percentuale, indicata nella stessa tabella, che rende più significativo il confronto tra stazioni caratterizzate da livelli differenti di concentrazioni, è maggiore in tale sito. La percentuale di riduzione riscontrata nel sito di Cuneo è analoga a quella riscontrata a Saliceto, mentre quella di Alba è la più contenuta. Le variazioni, sia in termini di microgrammi/m³ all'anno che in termini percentuali, sono rappresentate graficamente per ogni stazione nella figura 25.

STAZIONE	Variazione annua (µg/m ³ /anno)	Variazione percentuale (%/anno)	TREND PM10
ALBA	-0.85 [-1.07, -0.65]	-2.05 [-2.49, -1.67]	Decrescente
BRA	-1.67 [-1.91, -1.42]	-3.08 [-3.49, -2.69]	Decrescente
CUNEO	-0.86 [-1.04, -0.69]	-2.65 [-3.07, -2.20]	Decrescente
SALICETO	-0.88 [-1.05, -0.69]	-2.60 [-3.06, -2.21]	Decrescente

Tabella 5) Trend stimati delle concentrazioni di PM₁₀ sul periodo 2003÷2018 (significatività statistica $p < 0.001$).

⁹ Theil, H., 1950. "A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, i, ii, iii." Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A - Mathematical Sciences 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

¹⁰ Sen, P. K., 1968. "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau." Journal of the American Statistical Association 63(324).

¹¹ Carslaw DC and Ropkins K (2012). "openair — An R package for air quality data analysis." *Environmental Modelling & Software*, **27–28**(0), pp. 52–61. ISSN 1364-8152, doi: [10.1016/j.envsoft.2011.09.008](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008).

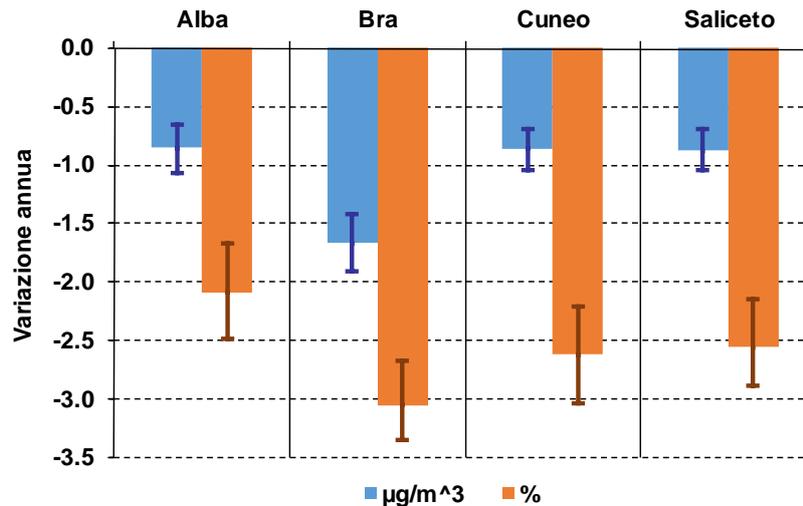


Figura 25) Variazione annua media (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed in percentuale) delle concentrazioni di PM_{10} . Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Siccome le concentrazioni dei PM_{10} presentano una spiccata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali e contenuti in quelli estivi, ed il contributo di alcune sorgenti è differente nei diversi periodi dell'anno, la valutazione dei trend delle concentrazioni del PM_{10} è stata eseguita anche suddividendo i mesi nelle diverse stagioni.

I risultati, riportati nei grafici della figura 26 per ciascuna stazione attiva dal 2003, rappresentano le medie dei PM_{10} dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio) di ciascun anno. Per ogni grafico la linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%, mentre in alto ed in verde è riportata la variazione percentuale media per anno e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

La serie storica analizzata comprende i dati dal gennaio 2003 al febbraio 2019. L'ultimo trimestre invernale comprende pertanto i mesi di dicembre 2018, gennaio e febbraio 2019.

L'analisi evidenzia come le riduzioni maggiori e con più significatività statistica siano state riscontrate sulle concentrazioni dei periodi invernali e primaverili. Il sito di Bra, che, come già ricordato, partiva dalla situazione più critica in provincia per i livelli delle polveri sottili, è quello che ha evidenziato le maggiori riduzioni percentuali in tutte le stagioni, con elevata significatività anche nei mesi estivi. Nel sito di Alba, che come Bra risente anche dell'inquinamento di fondo del bacino padano, le riduzioni sono state di minore entità e meno significative rispetto agli altri siti (trend assente nei periodi estivi).

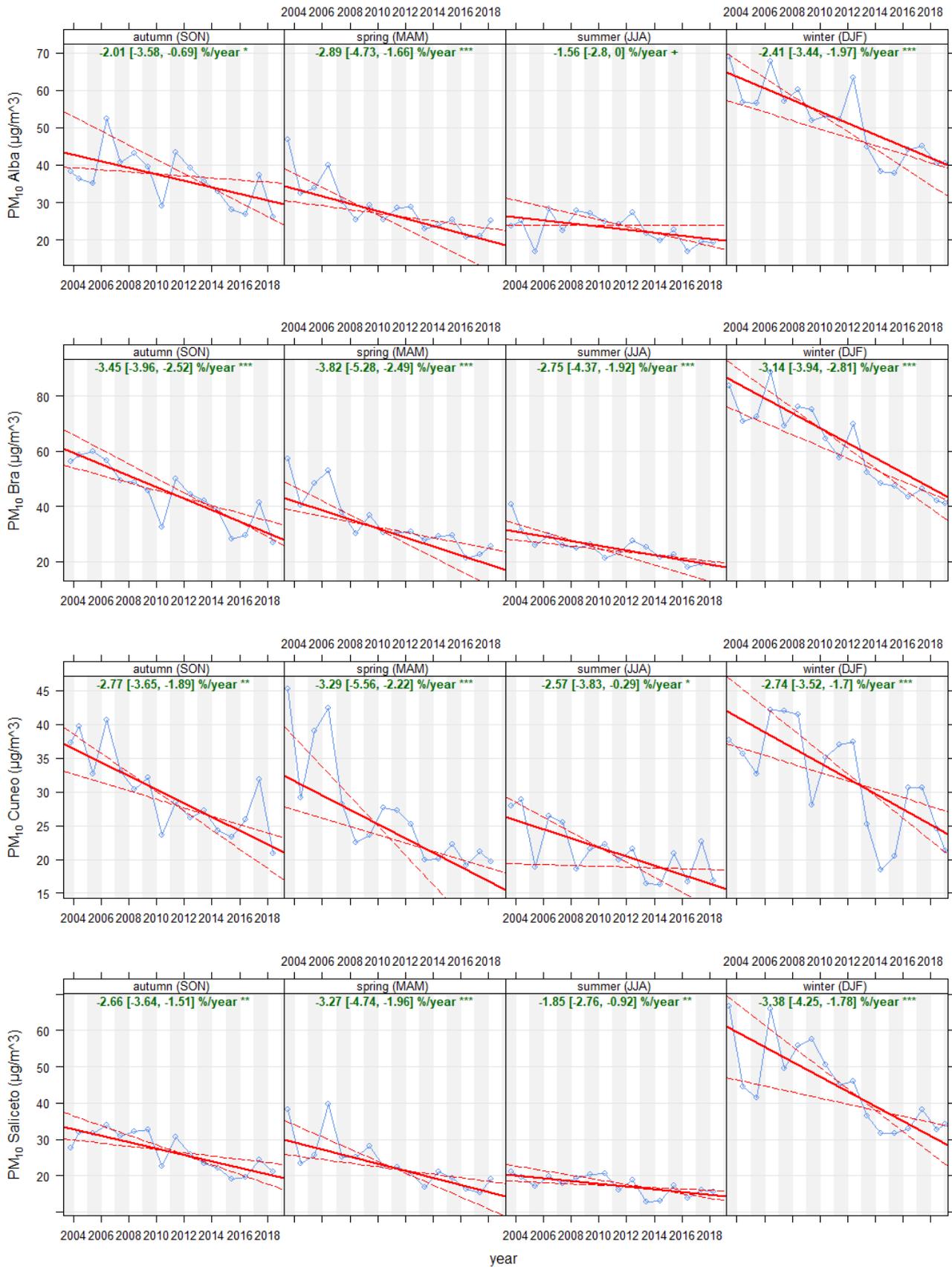


Figura 26) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di PM₁₀ sul periodo gennaio 2003 ÷ dicembre 2018 (significatività statistica: “****” = p<0.001; “***” = p<0.01; “**” = p<0.05; “+” = p<0.1).

Evidenze delle riduzioni delle concentrazioni di PM₁₀ sono chiaramente rappresentate anche dai grafici delle medie mensili di figura 27, dove si può vedere come, nei primi anni di misura i livelli di PM₁₀ fossero molto elevati e con differenze significative tra le diverse stazioni, indici della presenza di differenti criticità emissive locali e come, progressivamente negli anni, le concentrazioni si siano ovunque ridotte, portando i livelli dei diversi siti di misura a valori prossimi tra di loro.

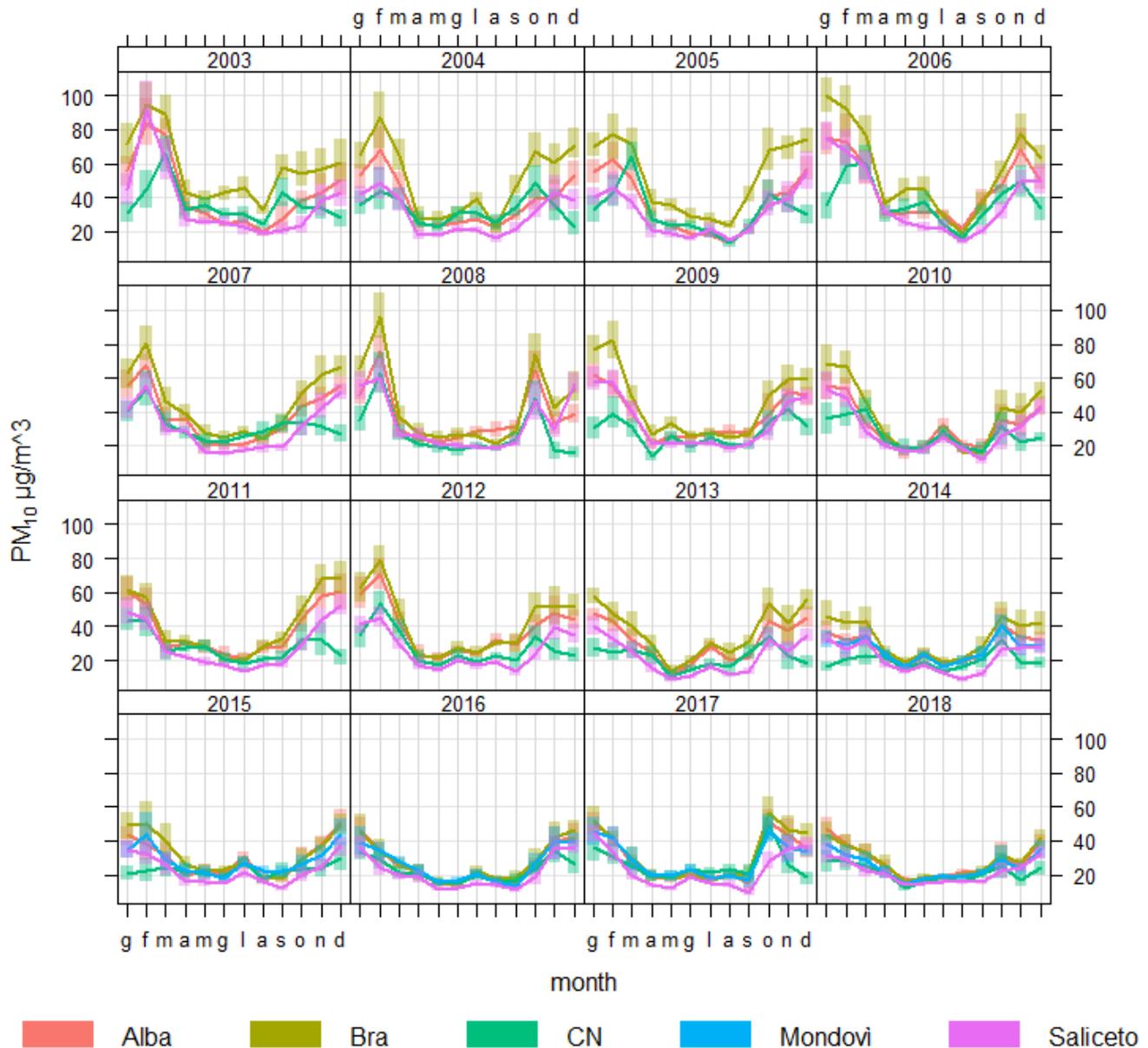


Figura 27) Concentrazioni medie mensili di PM₁₀ misurate dal gennaio 2003 al dicembre 2018 in tutte le stazioni della provincia di Cuneo (le bande colorate rappresentano gli intervalli di confidenza al 95%).

Tali riduzioni sono sicuramente attribuibili alle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti progressivamente messe in campo sulle diverse tipologie di sorgenti, in particolare grazie alle nuove e migliori tecnologie adottate nelle industrie, negli impianti di combustione e nei motori. Tali sforzi, insieme alle condizioni meteorologiche che nel 2018 hanno favorito la periodica rimozione degli inquinanti ed impedito il verificarsi di lunghi periodi di accumulo,

hanno permesso di arrivare al rispetto dei limiti per il PM₁₀, imposti dalla normativa per la tutela della salute pubblica, in tutte le stazioni della provincia di Cuneo.

Per pervenire ad un rispetto duraturo dei limiti sulla qualità dell'aria, meno in balia delle peculiarità meteorologiche di ciascun anno, occorrerà continuare a perseguire la riduzione delle emissioni in atmosfera già messa in atto in particolare dalle sorgenti industriali ricadenti nell'ambito della direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*). La riduzione, da prefiggersi in modo più omogeneo e su scala sempre più ampia, dovrà agire anche sulle emissioni provenienti dalla combustione della biomassa e su tutte le sorgenti di inquinanti precursori, tra cui la zootecnia ed il traffico, che mantengono a tutt'oggi ampi margini di miglioramento.

PM_{2.5}

Il 2018 è l'ottavo anno di misura della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM_{2.5}, frazione "fine" o "respirabile") presso la stazione di Cuneo, ed il quinto anno per le stazioni di Mondovì e Staffarda. Mentre per le stazioni di Cuneo e Mondovì viene eseguita la determinazione, con tecnica gravimetrica, sia del PM_{2.5} che del PM₁₀, nella stazione di fondo rurale di Revello Staffarda è eseguita la misura della sola frazione fine, con misuratore automatico a raggi beta.

La normativa vigente per la qualità dell'aria stabilisce per questa frazione delle polveri un limite sulla media annua pari a 25 µg/m³.

Nella figura 28 sono rappresentate le concentrazioni medie misurate nei rispettivi anni di campionamento del PM_{2.5} presso le tre stazioni e, per le stazioni di Cuneo e Mondovì, è riportato anche il confronto con le concentrazioni medie della frazione sottile (PM₁₀).

I livelli più elevati di questo inquinante sono stati finora osservati presso la stazione di Staffarda, dove la media annua ha superato il limite di 25 µg/m³ stabilito per il PM_{2.5} nel 2015 e nel 2017. Nel 2018 il misuratore automatico presente nella stazione ha avuto delle anomalie di funzionamento che hanno comportato la perdita di dati e limitato la percentuale di dati validi all'86%. Essendo tale percentuale inferiore alla soglia prevista dalla normativa (90% dei valori di 24 ore nel corso dell'anno) la media annua del PM_{2.5} di Staffarda, pur essendo indicata in figura 28, non può essere utilizzata per la verifica del valore limite annuale.

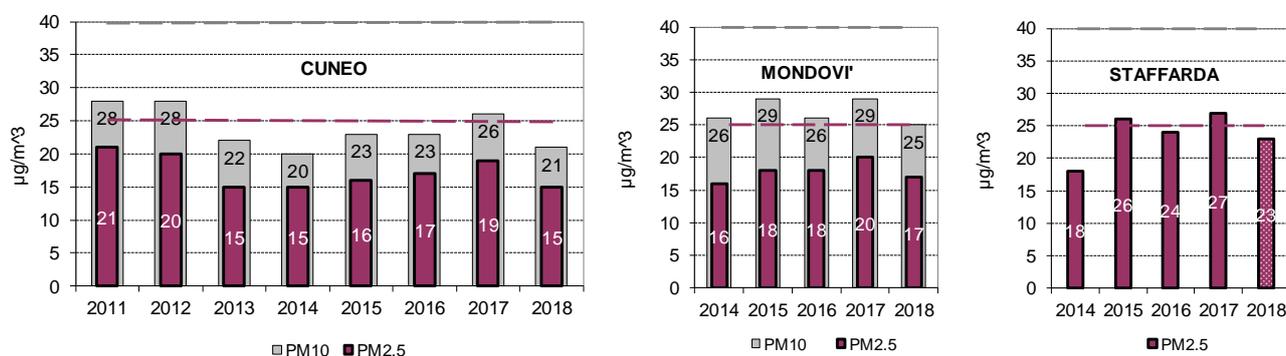


Figura 28) PM_{2.5} e PM₁₀: concentrazioni medie annue a Cuneo, Mondovì e Staffarda (solo PM_{2.5}).

Sebbene nella provincia di Cuneo la frazione fine sia monitorata in continuo solamente presso queste tre stazioni si può affermare che, in modo del tutto analogo al PM₁₀, i livelli più elevati di PM_{2.5} siano generalmente presenti nella zona nord della provincia di Cuneo, ovvero nella zona di pianura dove la conformazione orografica favorisce l'accumulo degli inquinanti e la formazione della componente secondaria, componente che rientra prevalentemente nella frazione più fine del particolato.

Questo è confermato dal confronto con i dati delle altre stazioni del Piemonte rappresentato, per gli ultimi quattro anni, con scale di colore nelle mappe di figura 29 e 30. Analogamente a quanto evidenziato dalle mappe del PM₁₀, le concentrazioni medie più elevate, e quindi gli eventuali superamenti, sono sempre riscontrati nella zona centrale della regione.

Mentre nel 2017 si è verificata la situazione peggiore degli ultimi quattro anni, con il superamento in 8 stazioni regionali, il 2018 è stato l'anno migliore dall'inizio delle misure, infatti nessun punto di misura ha superato il limite normativo sulla media annua di 25 µg/m³.

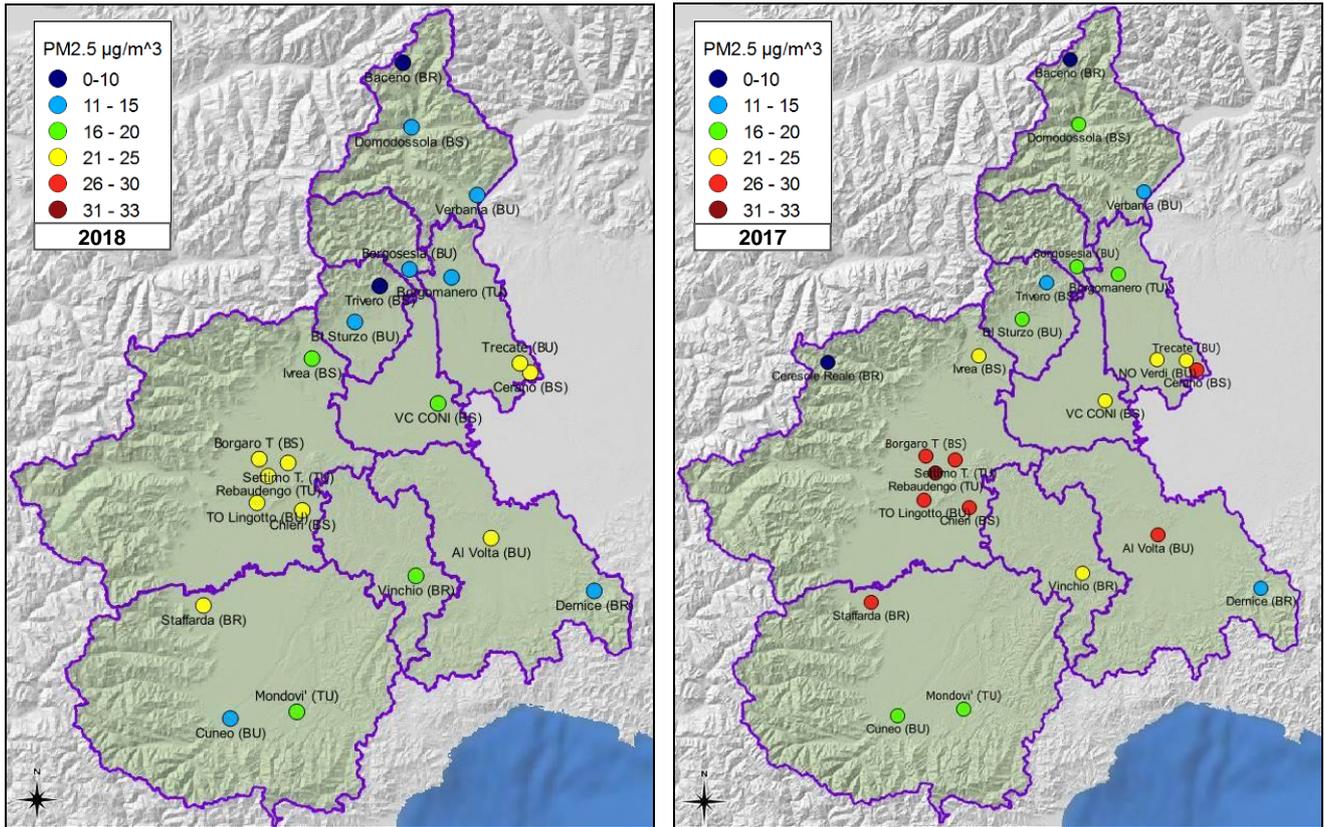


Figura 29) PM_{2.5}: concentrazioni medie degli anni 2018 e 2017 (TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

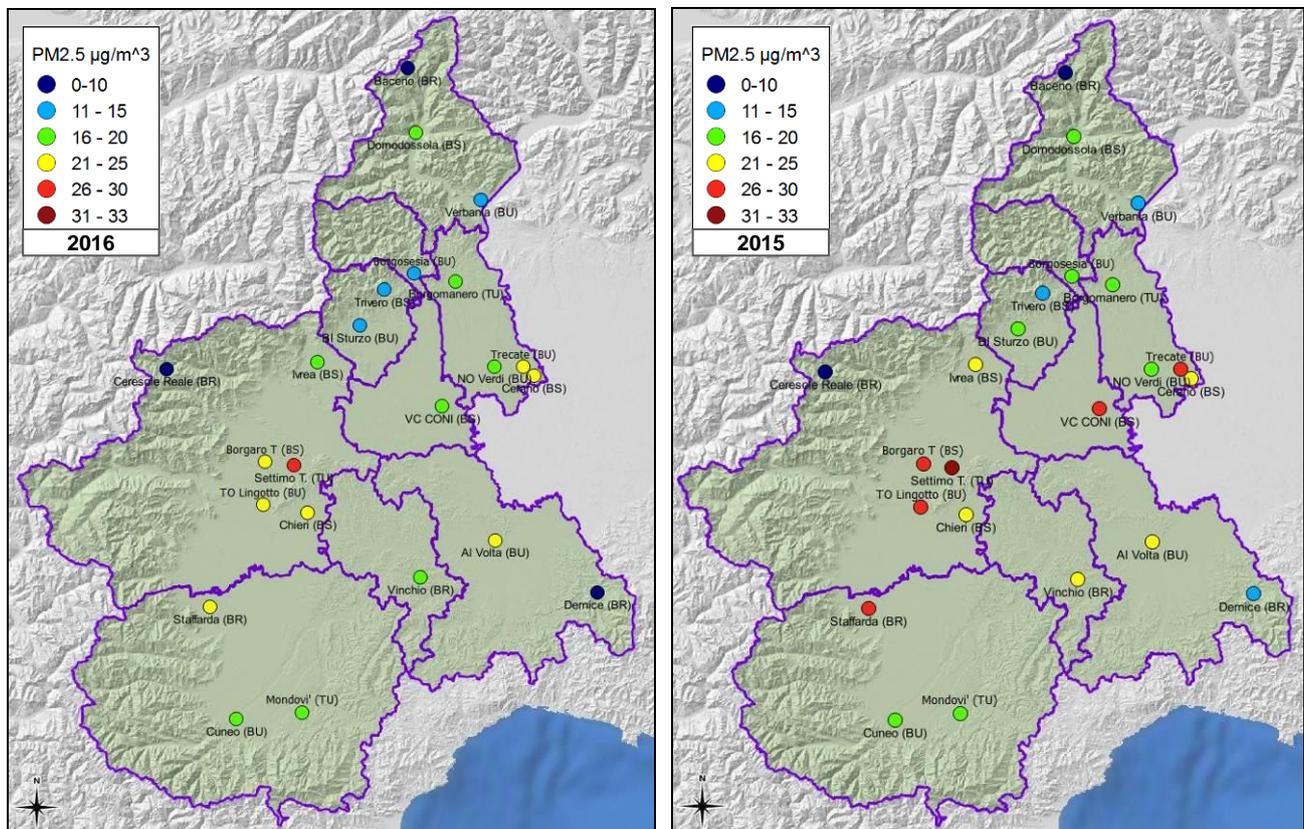


Figura 30) PM_{2.5}: concentrazioni medie degli anni 2016 e 2015 (TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

Tornando all'analisi dei dati delle tre stazioni della provincia di Cuneo, nei grafici della figura 31 sono rappresentate le medie mensili delle concentrazioni di $PM_{2.5}$ misurate dal gennaio 2014 all'aprile 2018.

Confrontando i dati di Cuneo e Mondovì, si può osservare come le concentrazioni di $PM_{2.5}$ siano piuttosto simili nelle due stazioni, con una prevalenza dei valori di Mondovì in alcuni casi, in particolare durante i mesi più freddi.

I valori di Staffarda, sono invece generalmente maggiori di quelli misurati nelle due stazioni a sud della provincia, e ciò, come già detto in precedenza, è sicuramente dovuto all'influenza del fondo regionale di cui risente maggiormente la zona nord della provincia in particolare nei periodi invernali, oltre che, durante il periodo estivo, al contributo locale della componente terrigena derivante dalle lavorazioni agricole.

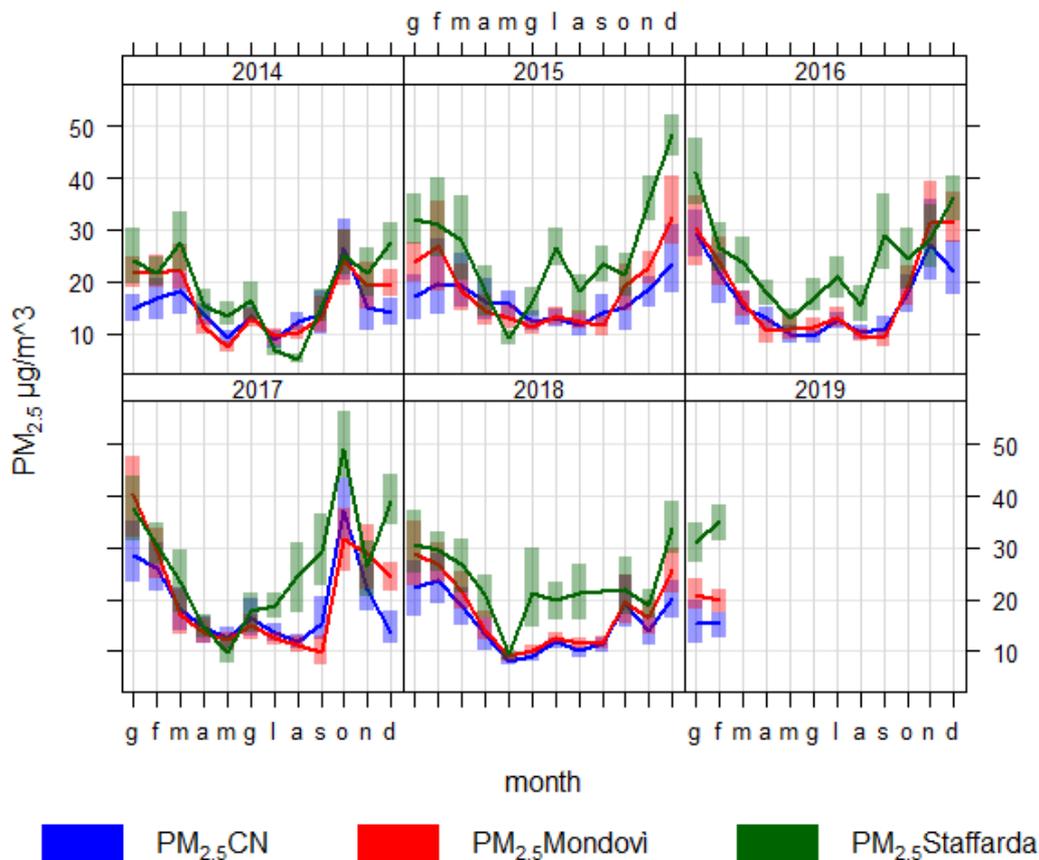


Figura 31) $PM_{2.5}$: medie mensili delle concentrazioni misurate a Cuneo, Mondovì e Staffarda dal gennaio 2014 al febbraio 2019.

Nei grafici di figura 32, per le stazioni di Cuneo e Mondovì, che misurano entrambe le frazioni del particolato, sono rappresentate le medie mensili delle concentrazioni di $PM_{2.5}$, PM_{10} e della frazione grossolana ($PM_{10}-PM_{2.5}$), ovvero quella con diametro compreso tra $2.5 \mu m$ e $10 \mu m$.

In entrambe le stazioni si osserva come le variabilità stagionali delle concentrazioni di $PM_{2.5}$ siano molto simili a quelle che contraddistinguono il PM_{10} . La correlazione tra frazione fine e sottile delle polveri (figura 33) è infatti significativa e molto forte in entrambi i siti, con una riduzione nel periodo estivo.

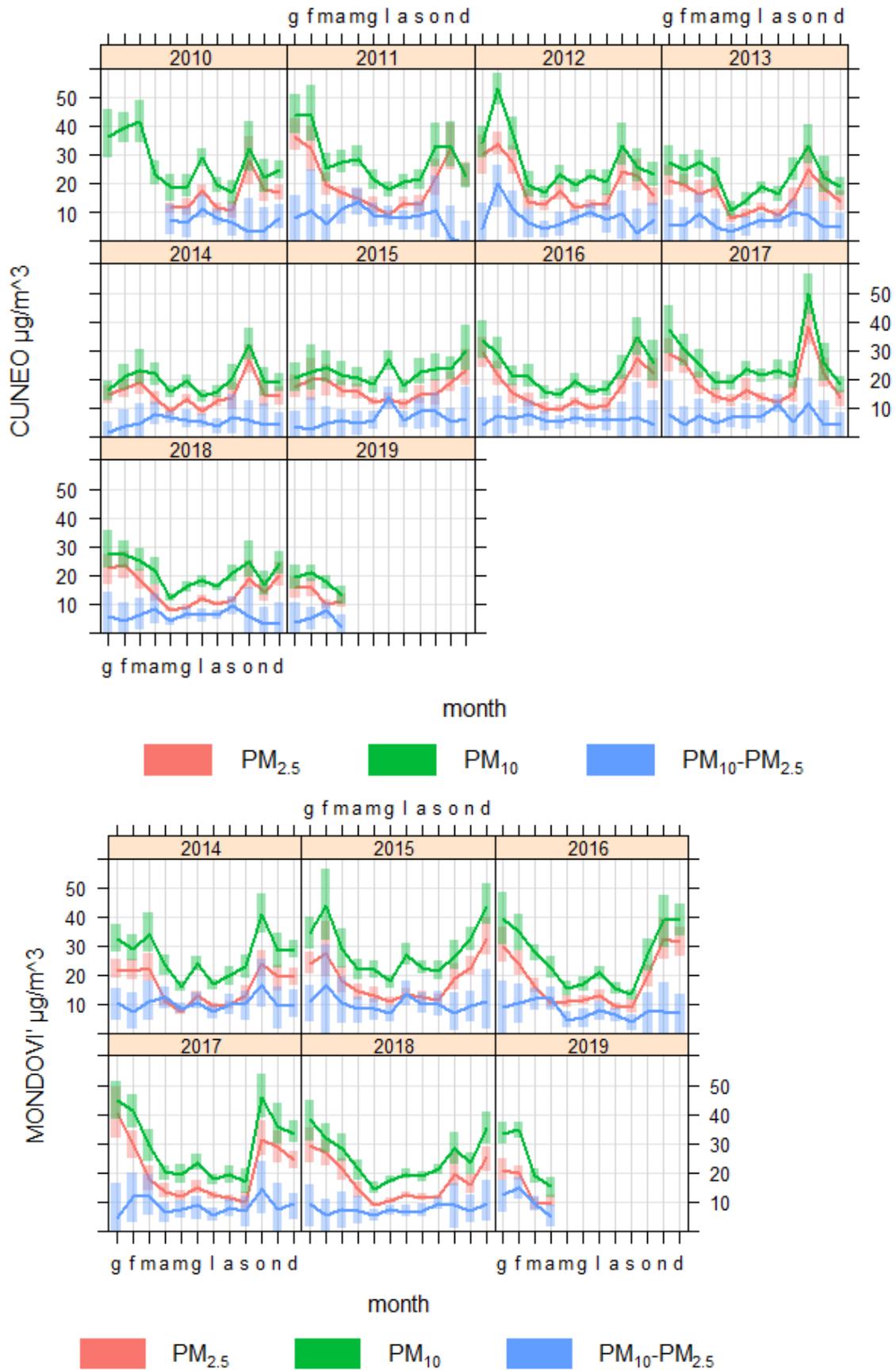


Figura 32) Medie mensili delle concentrazioni della frazione “fine” (PM_{2.5}), “sottile” (PM₁₀) e “grossolana” (PM₁₀-PM_{2.5}) misurate a Cuneo e Mondovì.

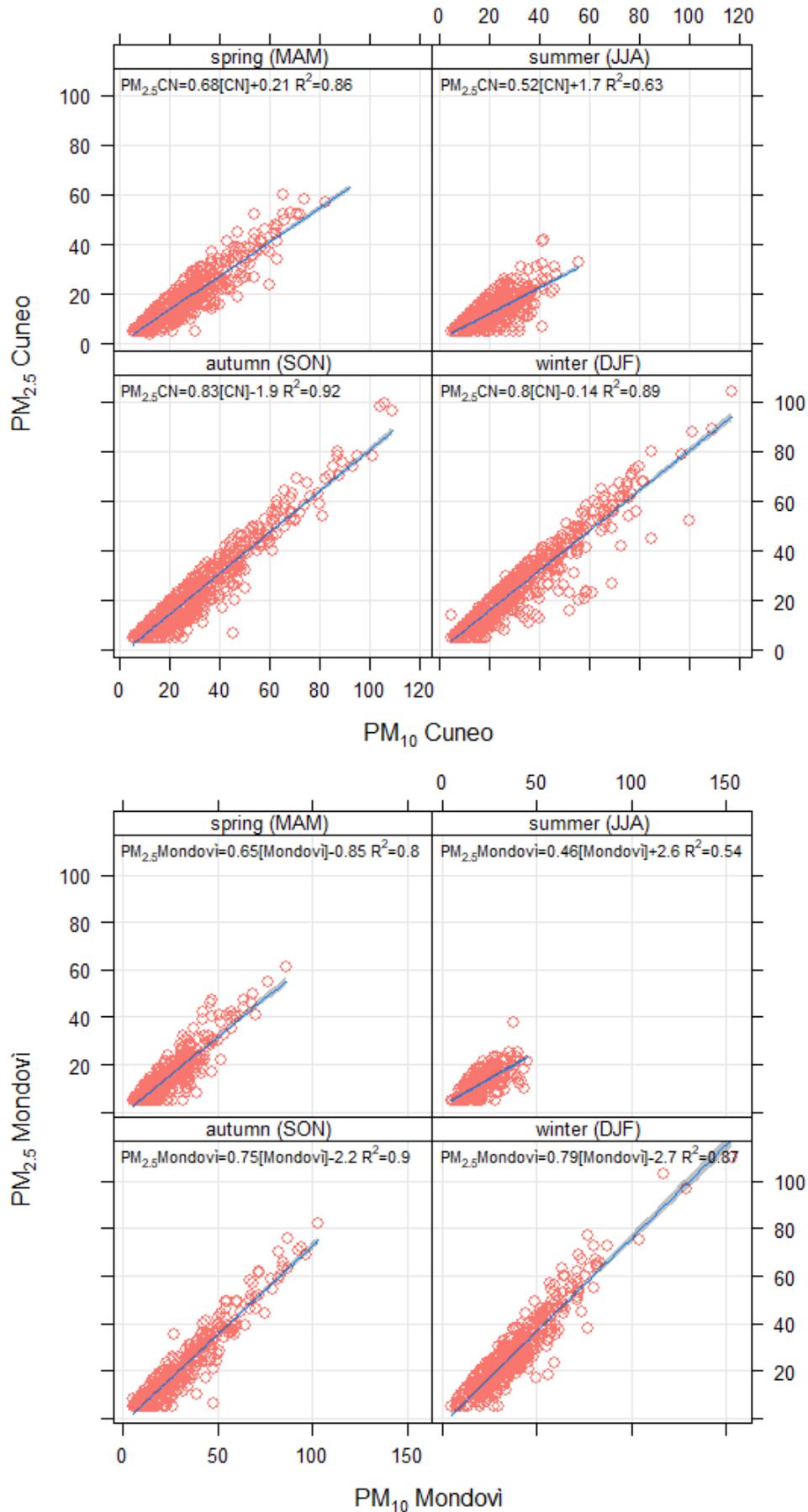


Figura 33) Grafici a dispersione e regressioni lineari tra le concentrazioni giornaliere di PM_{2.5} e PM₁₀ suddivisi per stagione.

La frazione grossolana invece generalmente non subisce particolari variazioni stagionali¹² (figura 32), presenta per lo più aumenti nei mesi estivi e siccitosi, quando è favorito il sollevamento di polvere dal suolo. La frazione grossolana della stazione di Mondovì presenta, rispetto a quella di Cuneo, concentrazioni maggiori e più variabilità. Ciò è verosimilmente attribuibile alla sua prossimità ad una strada caratterizzata da un elevato traffico veicolare, ed in particolare alla componente “non exhaust” del traffico, ovvero alle emissioni che non provengono dal tubo di scarico dei motori, ma che sono dovute all’usura di freni, pneumatici e alla risospensione delle polveri depositate al suolo che il passaggio dei veicoli determina.

Le medie mensili dei rapporti $PM_{2.5}/PM_{10}$ (figura 34) assumono proprio per questo valori differenti per le due stazioni, con valori più elevati nella stazione di fondo. Per entrambi i siti la percentuale di particolato fine ($PM_{2.5}$) presente nel PM_{10} è maggiore nel periodo invernale.

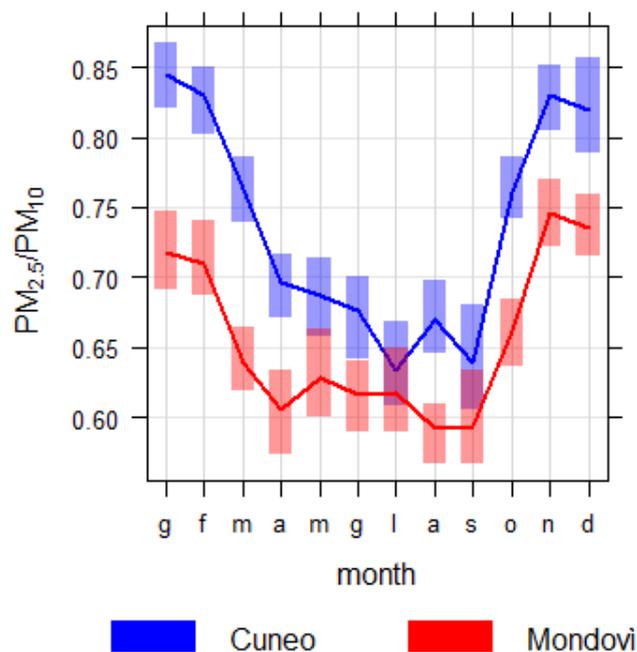


Figura 34) Medie mensili dei rapporti tra le concentrazioni della frazione “fine” ($PM_{2.5}$) e “sottile” (PM_{10}) misurate a Cuneo e a Mondovì dal 2014 al 2018.

¹² Un’anomalia tra i dati di Cuneo della frazione grossolana delle polveri è rappresentata dai valori elevati dei mesi di febbraio e marzo 2012, attribuibili al risollevarsi del materiale sabbioso utilizzato nelle strade cittadine in occasione delle nevicate e gelate che si erano verificate in tale periodo.

Biossido di azoto – NO₂

Per gli ossidi di azoto la normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, dei limiti di concentrazione che riguardano il biossido: uno relativo alla media annuale, pari a 40 µg/m³, e l'altro alla media su un'ora, di 200 µg/m³, da non superare più di 18 volte per anno civile.

Nella figura 35 è rappresentata l'evoluzione nel tempo delle concentrazioni medie annue di NO₂ riscontrate sul territorio provinciale. Sebbene sia stata spenta alla fine del 2014, nel grafico sono stati inseriti anche i dati della stazione di Borgo San Dalmazzo, che rappresentano, per tutto il periodo di funzionamento della stazione, il valore massimo dell'intervallo. Anche per questo inquinante che, insieme al PM₁₀ risulta tra i più critici del periodo invernale e per il quale sono ancora rilevati superamenti, sia nel bacino padano che in altri paesi europei, emerge già da questo primo grafico una tendenza alla riduzione nel tempo delle concentrazioni. In particolare, si evidenzia un miglioramento netto a partire dal 2008, quando la situazione di superamento del limite normativo annuale si è risolta su tutto il territorio della provincia, seguito da una riduzione graduale e più lenta.

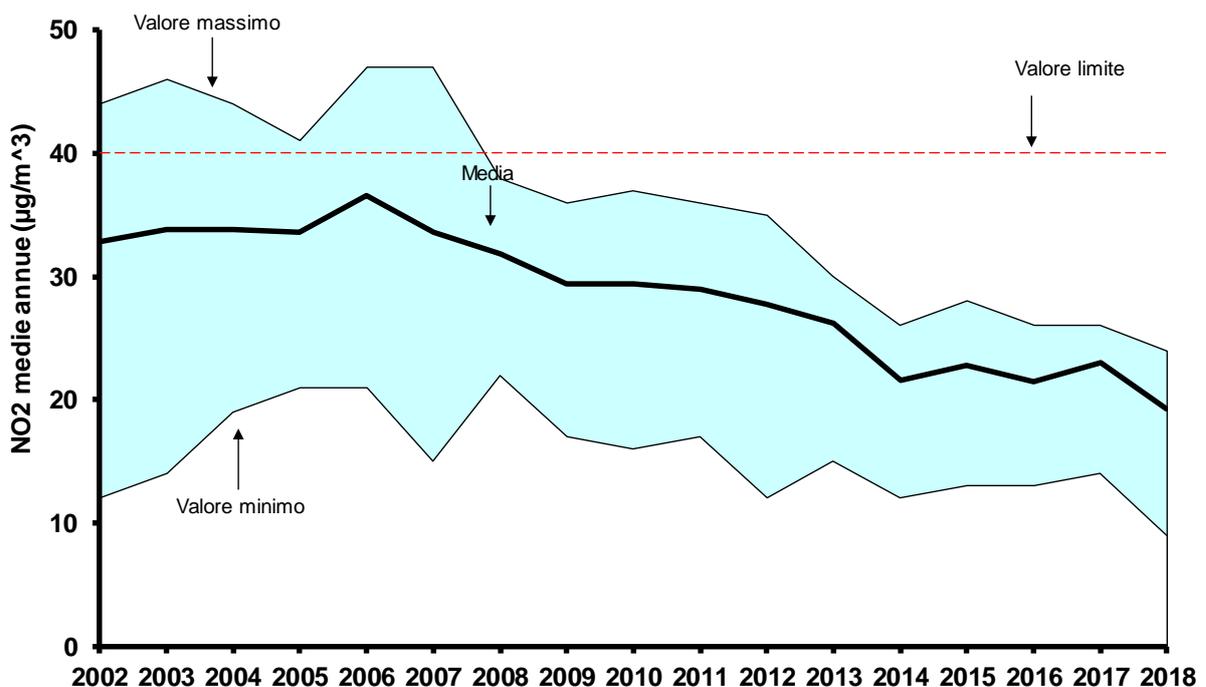


Figura 35) NO₂: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto, a causa della loro breve vita media, i processi di trasporto che subiscono sono limitati alla scala spaziale locale. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità.

Il dettaglio delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto rilevate in tutte le stazioni della rete provinciale attive nel 2018 sono riportate, nel grafico della pagina seguente, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m³.

Il 2018 è stato il quinto anno completo di dati per le stazioni di traffico urbano di Mondovì Aragno e di fondo rurale di Revello Staffarda. Nel grafico sono state affiancate, per Mondovì,

le medie della stazione di *fondo* urbana di Largo Marinai d'Italia, dismessa a fine 2013, e quelle della stazione da *traffico* urbana di via Borgo Aragno, attivata dal 2014. La discontinuità tra i dati delle due stazioni di Mondovì è dovuta alla differente tipologia di stazione e pertanto alla diversa influenza delle emissioni locali.

Nel 2018 le medie annue hanno raggiunto i valori minimi di tutto il periodo di monitoraggio, tuttavia per le stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Staffarda il valore è uguale o molto simile a quanto già ottenuto nel 2014. Per la stazione di Mondovì-Aragno, che risulta fortemente condizionata dalla prossimità alla strada statale 28 e dalle emissioni dei veicoli che vi transitano, la media si mantiene come valore più elevato della rete. Il limite normativo di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è tuttavia rispettato anche in questo sito.

Complessivamente le medie annue delle diverse stazioni urbane della provincia di Cuneo hanno assunto nel 2018 valori simili fra loro (da 22 a $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e pari a circa il doppio delle medie delle stazioni rurali (da 9 a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

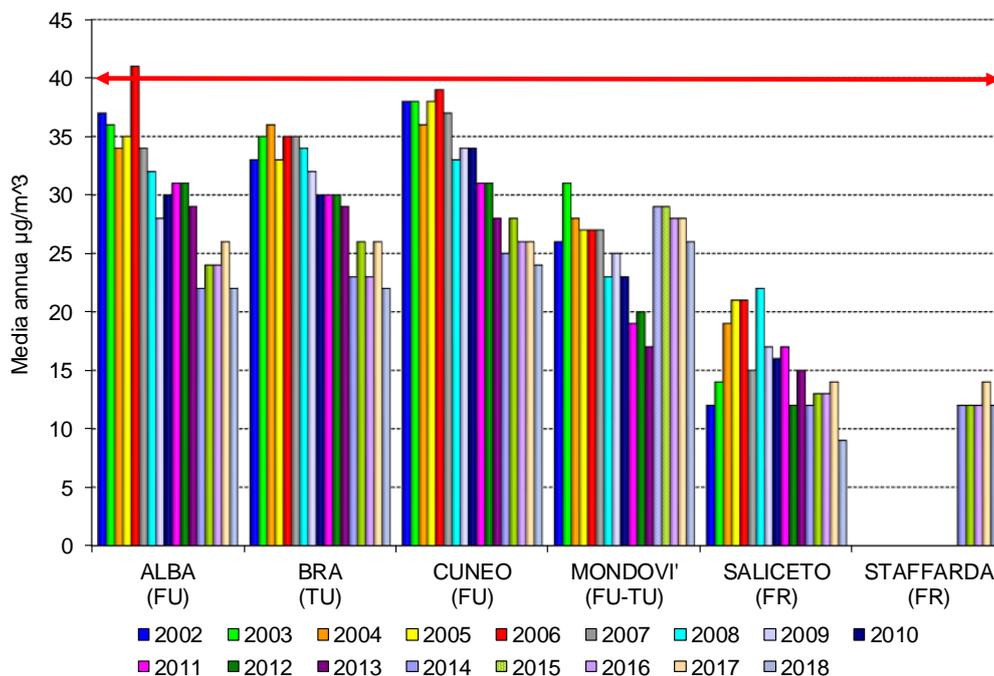


Figura 36) NO_2 : concentrazioni medie annue confrontate con il limite normativo di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Sulle ascisse, dopo il nome, è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, FU=Fondo Urbana, FR=Fondo Rurale).

Il limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per la quale la normativa ammette 18 superamenti per anno civile, è stato ampiamente rispettato anche nel 2018 in tutti i siti della provincia.

Per avere dei riferimenti relativi al rispetto di tale limite, nella figura 37 per ogni stazione sono rappresentati i valori delle massime concentrazioni orarie di ogni anno e, nella figura 38, i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile). Nell'ultimo anno i livelli di tale indicatore hanno subito una riduzione rispetto al 2017, raggiungendo valori simili o inferiori al valore minimo raggiunto, nel maggior parte delle stazioni, nel 2014. In tutte le stazioni i valori si mantengono inferiori alla metà del limite normativo.

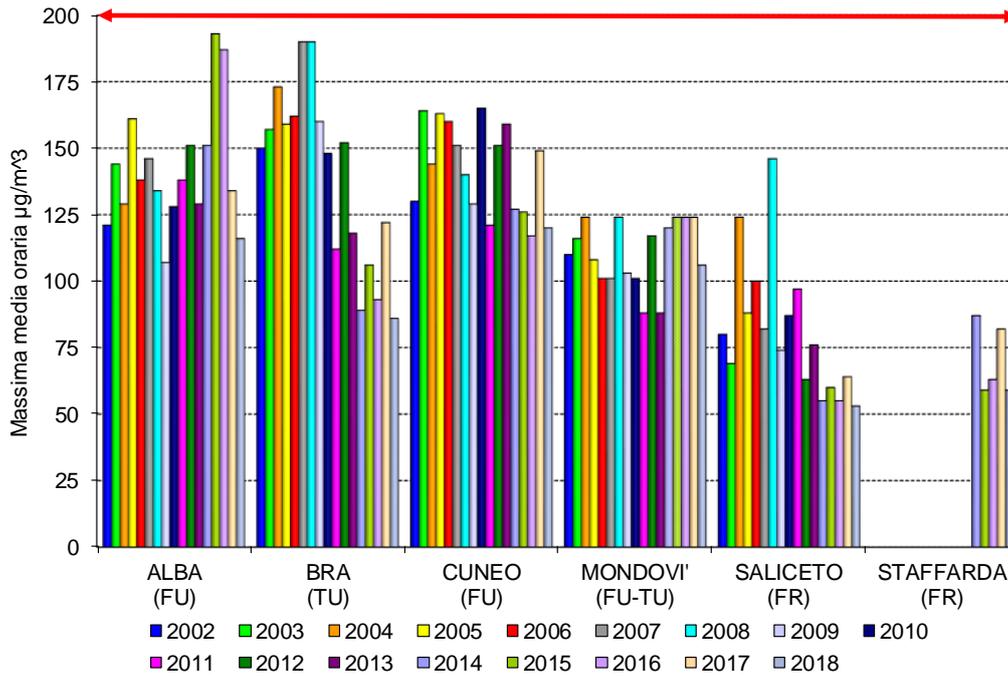


Figura 37) NO_2 : massime concentrazioni medie orarie confrontate col limite normativo di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

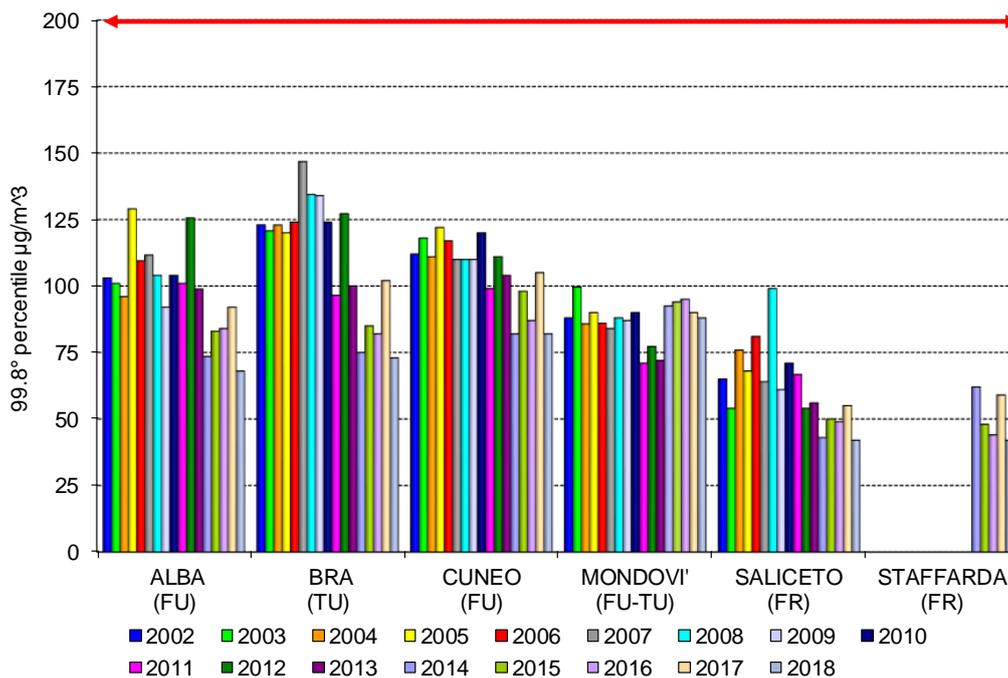


Figura 38) NO_2 : diciannovesime concentrazioni orarie più elevate di ciascun anno (99.8° percentile) confrontate con il limite normativo di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nella figura 39 sono rappresentate le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO_2 per le stazioni attive a partire dal 2002. Tali medie mobili, calcolate fino all'aprile 2019, consentono di evidenziare le forti variazioni stagionali del parametro, caratterizzate, in assenza di anomalie emissive, da concentrazioni più elevate nella stagione fredda e minori nella stagione calda, principalmente a causa della variazione di altezza dello strato in cui gli inquinanti si disperdono (strato di rimescolamento).

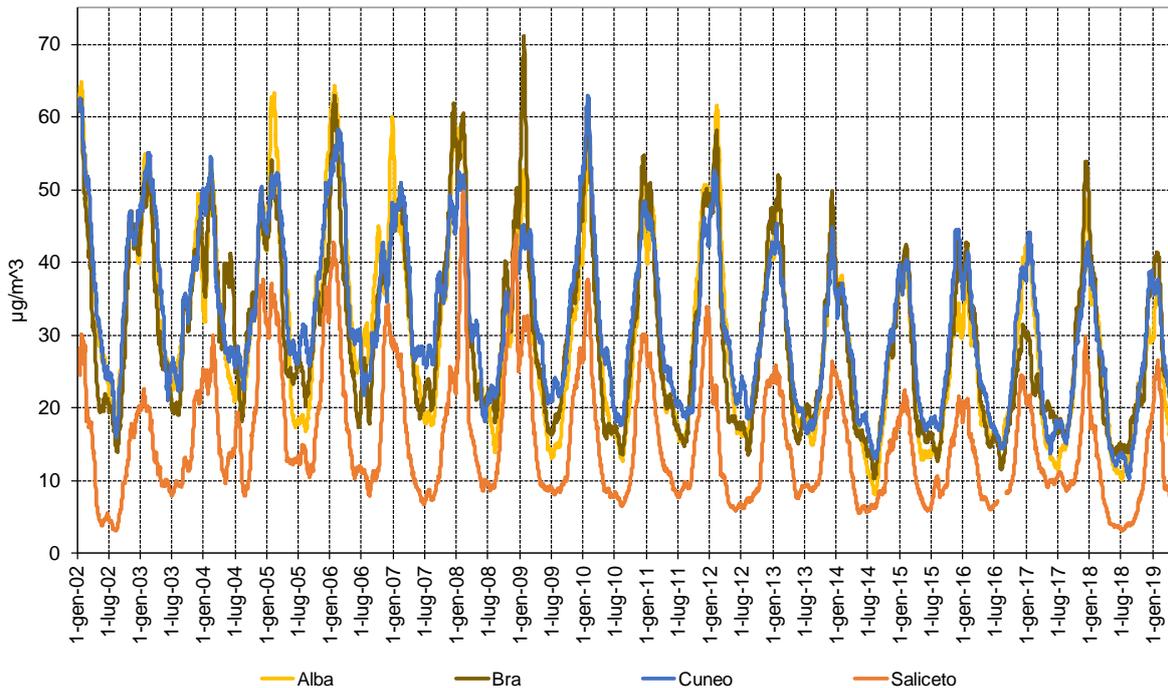


Figura 39) NO_2 : medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere per le stazioni attive a partire dal 2002.

Il dettaglio sugli ultimi tre anni è rappresentato nella figura 40 dove sono stati inseriti anche i dati delle stazioni di Mondovì e Staffarda, attive a partire dal 2014.

Tra le peculiarità delle diverse stazioni che emergono dal grafico, per Mondovì-Aragno si evidenziano, in particolare nei periodi estivi, livelli superiori a quelli delle altre stazioni, probabilmente determinati dalle emissioni locali del traffico. Un'altra anomalia estiva si verifica presso la stazione di Staffarda che, coerentemente con il fatto di essere una stazione di fondo rurale e analogamente all'altra stazione di fondo rurale di Saliceto, presenta un massimo con concentrazioni contenute nel periodo invernale, ma in ciascun anno presenta un secondo picco centrato nel mese di luglio, con livelli di concentrazioni che in alcuni anni non sono molto inferiori a quelli invernali. Tali livelli estivi sono verosimilmente riconducibili alle emissioni dei motori utilizzati, per estrarre l'acqua dai pozzi irrigui, nei dintorni della centralina dove è praticata la coltura del mais.

Tra i valori più elevati di ciascuna stazione, ad eccezione di quella di Cuneo, emerge il picco del dicembre '17, seguito da un crollo delle concentrazioni nel mese successivo, che potrebbe essere attribuito alle peculiarità meteorologiche del periodo ed in particolare alla rilevante differenza termica¹³ tra il mese di dicembre '17, particolarmente freddo e ricco di precipitazioni nevose, ed il mese di gennaio '18, caratterizzato da un'anomalia termica positiva di +2.7°C.

¹³Il Clima in Piemonte – Inverno 2017/2018 Arpa Piemonte- sistemi previsionali – Aprile 2018
https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi_pdf/2018/climaInverno2018.pdf

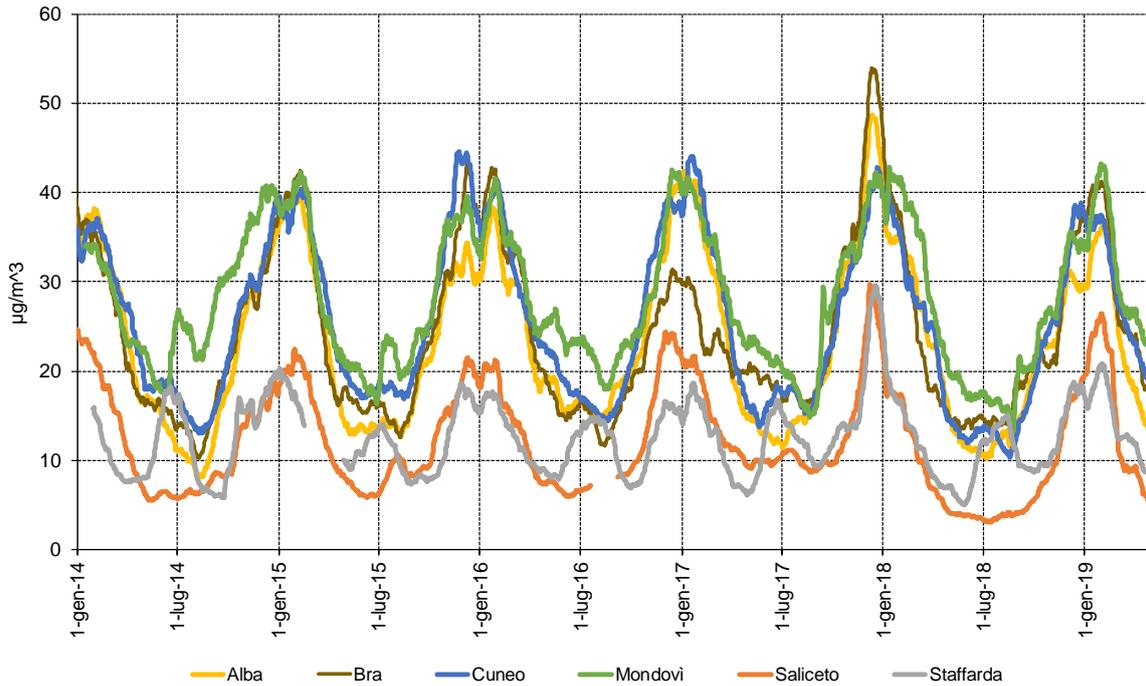


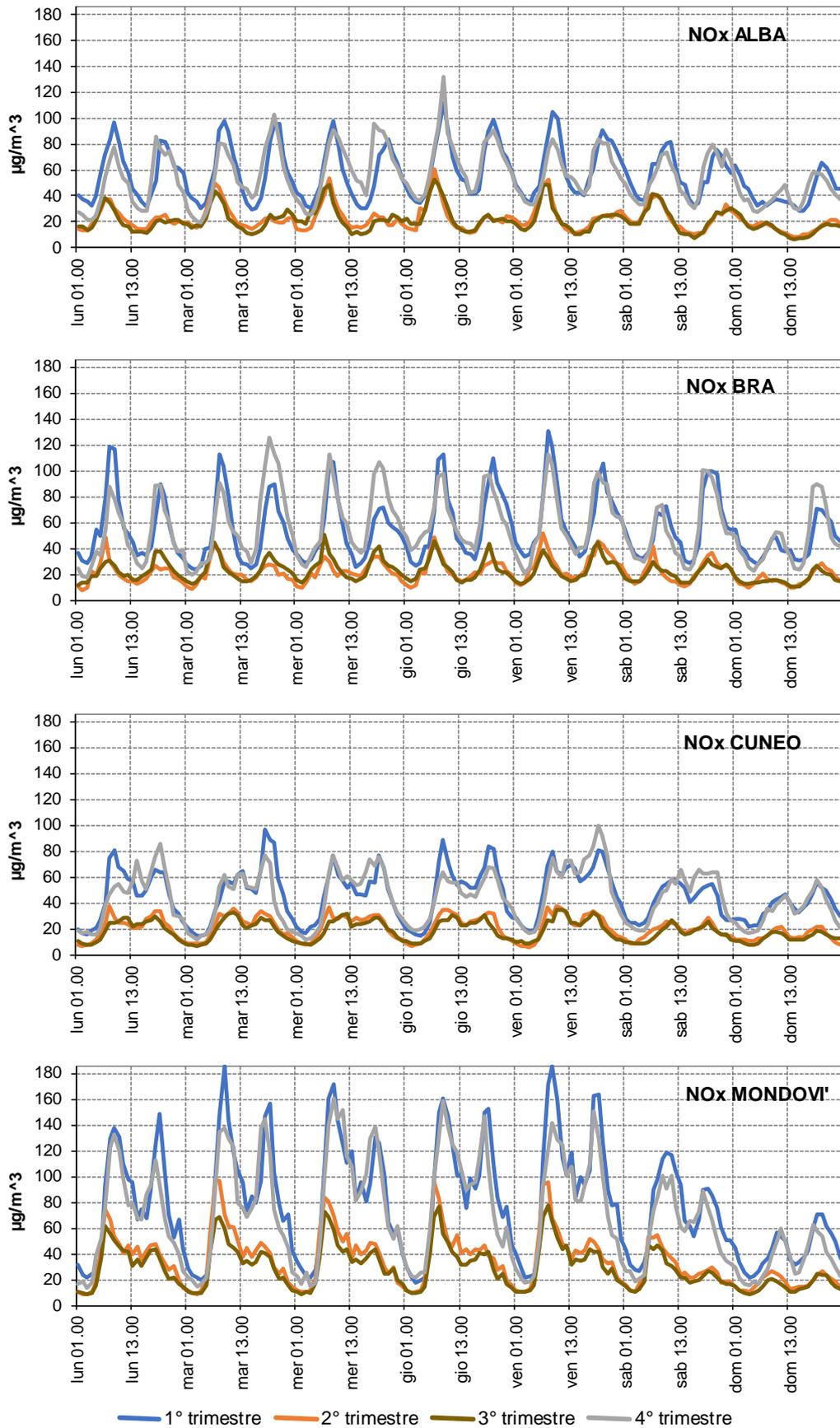
Figura 40) NO₂: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere per le stazioni attive a partire dal 2014.

Siccome per gli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per ogni stazione sono state calcolate le “settimane medie” su base oraria dell’anno 2018, suddividendo i dati in trimestri e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana.

Le elaborazioni sono state eseguite sui dati orari degli ossidi totali di azoto, dati dalla somma di biossido e ossido di azoto, ed i risultati sono rappresentati in figura 41: oltre alle differenze tra i trimestri freddi e quelli caldi, sono ben visibili le modulazioni orarie delle concentrazioni legate direttamente alle attività antropiche, con picchi evidenti coincidenti con le ore di punta del traffico, concentrati generalmente intorno alle ore 8-9 del mattino e 18-20 di sera, ed in taluni casi anche intorno alle ore 13 (i grafici sono riferiti all’ora solare). Evidente per i siti urbani è la riduzione delle concentrazioni nelle domeniche.

L’influenza del traffico è particolarmente evidente per la stazione di Mondovì dove, in tutti i trimestri, le concentrazioni medie dei giorni feriali raggiungono valori elevati nelle ore di punta del traffico e si riducono nettamente durante le domeniche.

Il grafico della stazione di Staffarda evidenzia come la crescita dei livelli nei mesi estivi sia dovuta a emissioni che si verificano nelle ore notturne.



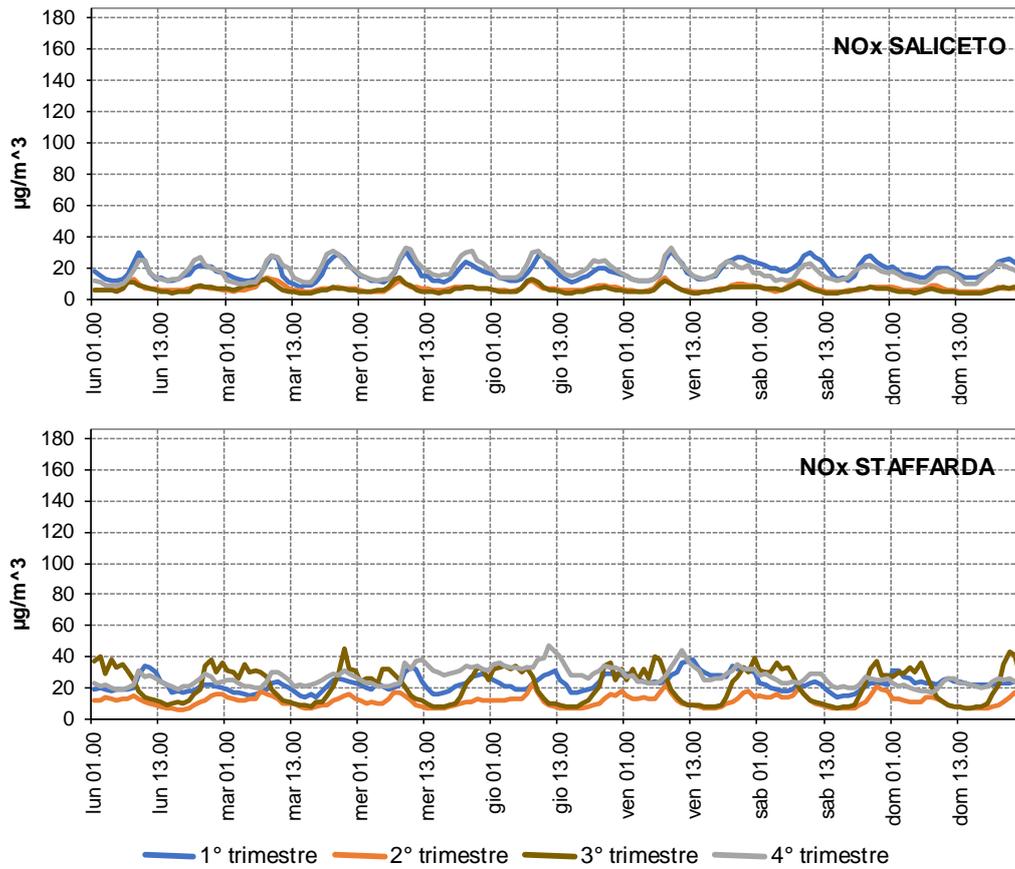


Figura 41) NO_x: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2018

La situazione regionale

La situazione regionale per il biossido di azoto per l'anno 2018 è illustrata nella figura 42 che, per le stazioni della rete regionale che hanno ottenuto più del 90% di dati validi, riporta in ordine decrescente le concentrazioni medie dell'anno con l'indicazione della tipologia di stazione e delle caratteristiche della zona in cui essa è posizionata. Ove disponibili tra parentesi sono indicate le concentrazioni dei due anni precedenti.

Rispetto al 2017, nel 2018 il 79% delle stazioni ha registrato una diminuzione della concentrazione media annua, e solamente in tre stazioni da traffico urbano della città metropolitana non è stato rispettato il limite normativo di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

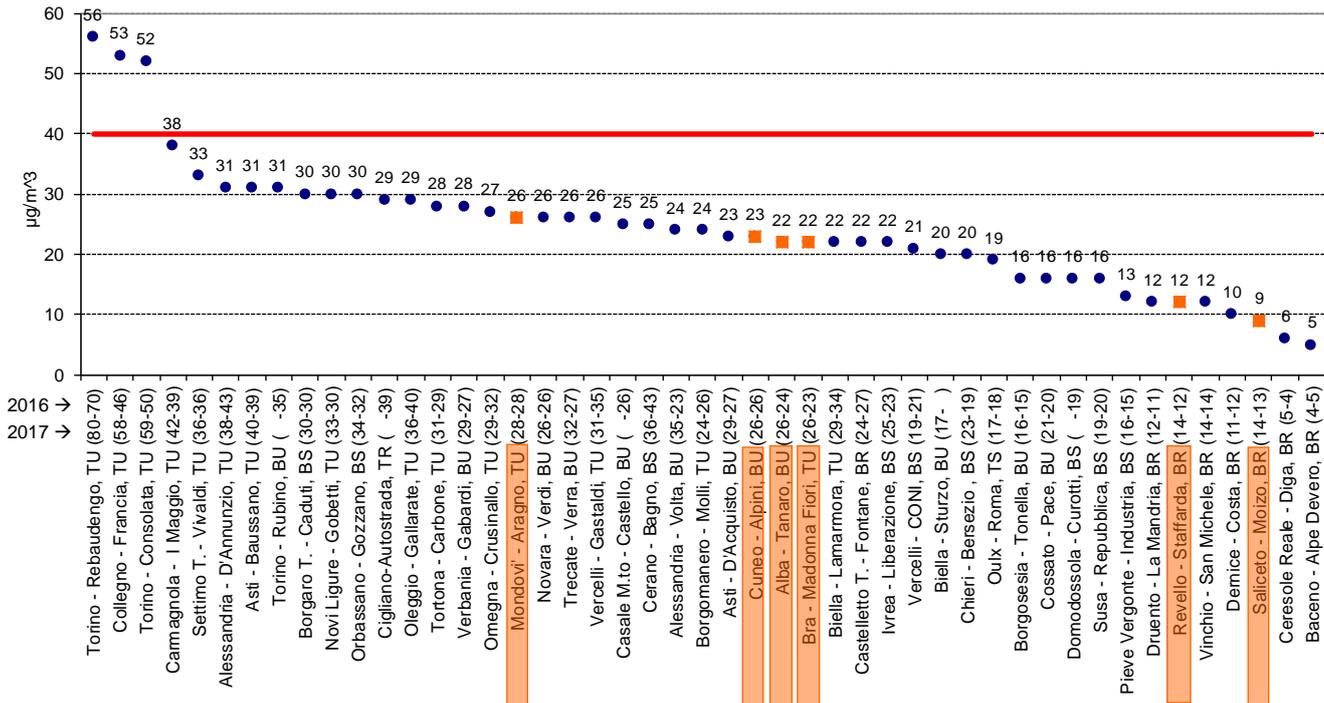


Figura 42) NO_2 : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2018 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale; tra parentesi le concentrazioni medie del 2017 e del 2016; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

In modo analogo a quanto presente nel rapporto ISPRA¹⁴ le valutazioni delle evoluzioni delle serie storiche sono state eseguite sia sulle concentrazioni di NO_2 che su quelle di NO_x , intese come somma dei due ossidi NO_2 e NO . È infatti importante valutare le tendenze anche degli NO_x sia perché sono precursori dell'ozono troposferico, sia perché, eventuali differenze nei trend degli ossidi complessivi, rispetto al solo biossido, potrebbero essere legate all'evoluzione del parco veicolare.

Nei grafici di figura 43 per ogni stazione sono confrontati gli andamenti delle medie mensili di NO_2 e NO_x dal gennaio 2003 al dicembre 2018. Interessante è la forte discontinuità presente nei dati di Mondovì dovuta allo spostamento della stazione da una zona di fondo ad una postazione di traffico avvenuto a fine 2013.

¹⁴ Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia 2003-2012 ISPRA, Rapporti 203/2014 ISBN 978-88-448-0666-8

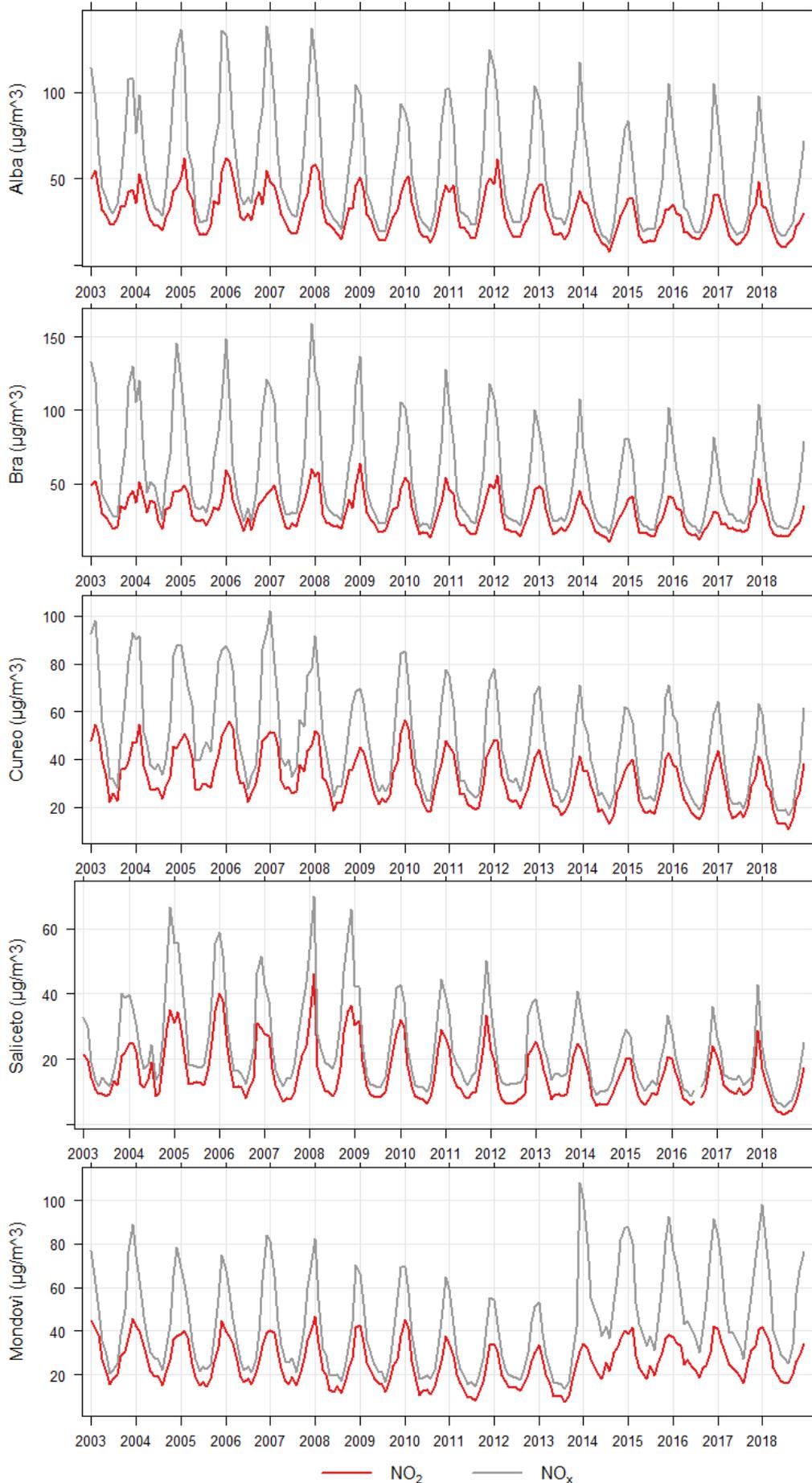


Figura 43) NO₂ e NO_x: concentrazioni medie mensili misurate dal 2003 al 2018

Per la discontinuità presente nei dati di Mondovì e per la brevità della serie storica a disposizione per il sito di Staffarda, l'analisi dei trend non è stata eseguita sui dati di queste stazioni. Per il sito di Bra invece, in modo analogo a quanto fatto per i PM₁₀, dopo aver verificato l'assenza di discontinuità significative, l'analisi dei trend degli ossidi di azoto è stata eseguita considerando come unica serie storica i dati della stazione di via Piumati e quelli di Madonna dei Fiori.

Le elaborazioni sono state realizzate a partire dai dati orari misurati dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2018, utilizzando i medesimi software e metodi già utilizzati per il PM₁₀.

Siccome le concentrazioni degli ossidi di azoto presentano una spiccata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali e contenuti in quelli estivi, ed il metodo di Theil-Sen richiede che i dati non abbiano ciclicità, prima del calcolo del trend e della sua significatività è stata rimossa la componente stagionale dei dati con l'uso del pacchetto OpenAir.

I valori ottenuti per i coefficienti angolari dei trend (che quantificano la variazione annua) e per i relativi intervalli di confidenza sono riassunti nella tabella 6 per gli NO_x e nella tabella 7 per gli NO₂ sia in termini di microgrammi/m³ all'anno che, al fine di rendere più significativo il confronto tra stazioni caratterizzate da livelli differenti di concentrazioni, come variazione percentuale. I trend percentuali sono confrontati graficamente nella figura 44 per NO_x e NO₂.

Le analisi evidenziano sia per gli ossidi di azoto, che per l'NO₂, tendenze alla diminuzione con elevata significatività statistica ($p < 0.001$) in tutte le stazioni della provincia di Cuneo.

STAZIONE	Variazione annua NO _x (µg/m ³ /anno)	Variazione NO _x percentuale (%/anno)	TREND NO _x
ALBA	-1.79 [-2.09, -1.56]	-2.64 [-2.98, -2.37]	<i>Decrescente</i>
BRA	-1.96 [-2.32, -1.66]	-2.84 [-3.21, -2.48]	<i>Decrescente</i>
CUNEO	-1.92 [-2.1, -1.74]	-3.15 [-3.37, -2.93]	<i>Decrescente</i>
SALICETO	-0.89 [-1.09, -0.7]	-3.02 [-3.46, -2.53]	<i>Decrescente</i>

Tabella 6) Trend stimati delle concentrazioni di NO_x (significatività statistica $p < 0.001$).

STAZIONE	Variazione annua NO ₂ (µg/m ³ /anno)	Variazione NO ₂ percentuale (%/anno)	TREND NO ₂
ALBA	-0.99 [-1.11, -0.87]	-2.67 [-2.89, -2.41]	<i>Decrescente</i>
BRA	-0.88 [-1.02, -0.75]	-2.39 [-2.7, -2.1]	<i>Decrescente</i>
CUNEO	-1.04 [-1.16, -0.94]	-2.61 [-2.82, -2.43]	<i>Decrescente</i>
SALICETO	-0.55 [-0.67, -0.43]	-2.83 [-3.3, -2.33]	<i>Decrescente</i>

Tabella 7) Trend stimati delle concentrazioni di NO₂ (significatività statistica $p < 0.001$).

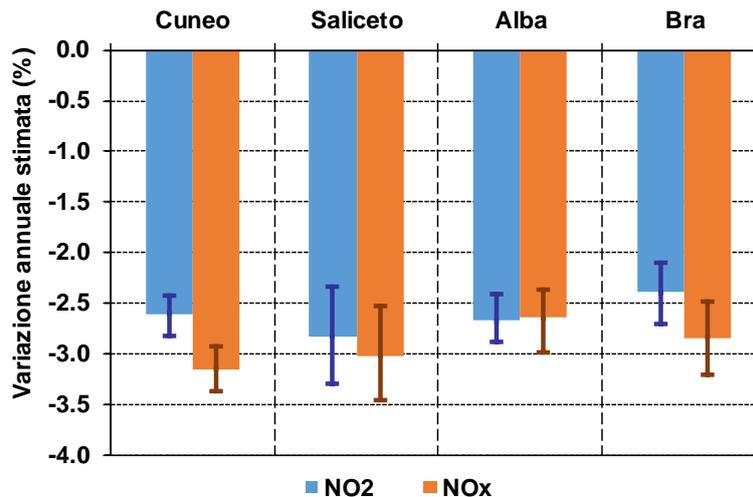


Figura 44) Variazione annua media stimata (in percentuale) delle concentrazioni di NO₂ e NO_x. Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

La variazione percentuale annua media stimata è prevalentemente maggiore per gli NO_x rispetto all'NO₂, e la differenza è particolarmente marcata per Cuneo e Bra, solamente nella stazione di Alba le variazioni assumono circa lo stesso valore per NO₂ e NO_x.

Lo studio, già citato, prodotto da ISPRA sull'analisi dei trend dei dati delle stazioni italiane per il periodo 2003-2012, segnala una situazione analoga a quella riscontrata in provincia di Cuneo, ovvero una variazione percentuale prevalentemente maggiore per gli NO_x rispetto all'NO₂ ed evidenzia come questo sia coerente con l'evoluzione del parco veicolare, che ha determinato complessivamente una diminuzione di NO_x, ma anche un aumento della quota di NO₂ primario emesso direttamente allo scarico, come risultato dell'aumento notevole del parco veicolare alimentato a gasolio. Tale evoluzione può effettivamente essere responsabile anche di parte dei risultati evidenziati dalle stazioni della nostra provincia, in particolare per i siti più influenzati dalle emissioni del traffico. Per la stazione di Cuneo inoltre un contributo significativo alle riduzioni di NO_x evidenziate, che risultano essere le più cospicue della provincia, si può sicuramente attribuire alle riduzioni riscontrate nelle emissioni dell'industria pesante locale¹⁵.

Come già è stato valutato per il PM₁₀, siccome anche le concentrazioni degli NO_x presentano una spiccata stagionalità, ed il contributo di alcune sorgenti è differente nei diversi periodi dell'anno, un'ulteriore valutazione dei trend è stata eseguita suddividendo i mesi nelle diverse stagioni. Nei grafici di figura 45 sono rappresentate le medie dei NO_x dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio) di ciascun anno. In ogni grafico la linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%, mentre in alto ed in verde è riportata la variazione percentuale media per anno e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

La serie storica analizzata comprende i dati dal gennaio 2003 al febbraio 2019. L'ultimo trimestre invernale comprende pertanto i mesi di dicembre 2018, gennaio e febbraio 2019. Per tutte le stazioni l'analisi evidenzia riduzioni statisticamente significative in tutte le stagioni, la significatività statistica minore è per lo più relativa ai periodi estivi.

¹⁵ *Evoluzione della qualità dell'aria nei comuni di Borgo San Dalmazzo, Cuneo e zone limitrofe*. Arpa Piemonte Dipartimento territoriale di Cuneo - Aprile 2017
https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/Relazione-Evoluzione%20QA_%20BSD_Cuneo2016.pdf

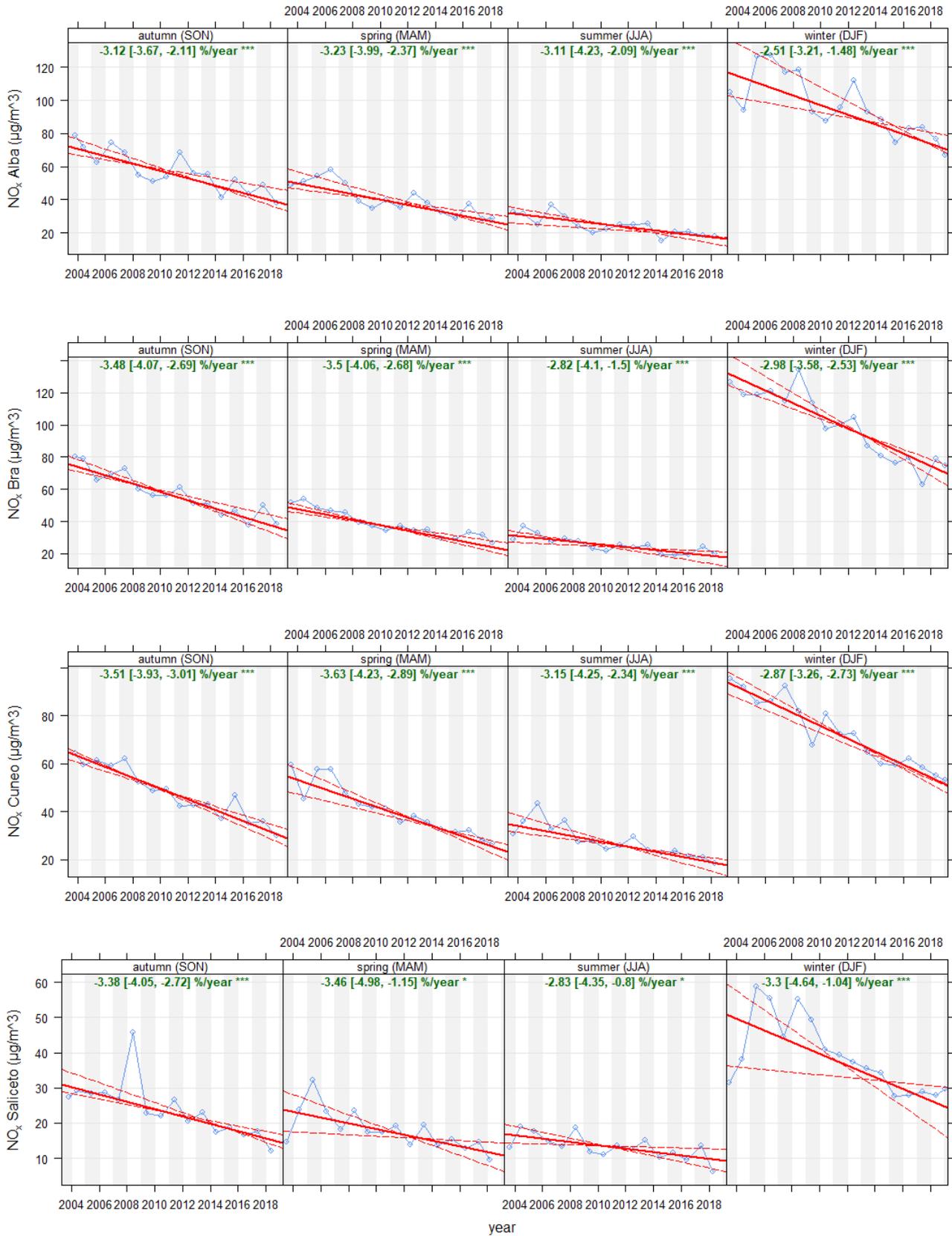


Figura 45) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di NO_x (significatività statistica: "****" = $p < 0.001$; "***" = $p < 0.01$; "**" = $p < 0.05$)

Ozono – O₃

Mentre le polveri sottili costituiscono una problematica peculiare delle stagioni fredde, un inquinante che tipicamente genera preoccupazioni nel periodo estivo è l'ozono.

Negli strati alti dell'atmosfera, l'ozono è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti dal sole.

Nella parte bassa dell'atmosfera, vicino alla crosta terrestre, dove si svolge la vita di uomini, animali e vegetali, la presenza di ozono costituisce un problema per la salute, per gli effetti che può determinare principalmente a carico delle vie respiratorie, e per la vegetazione, per i danni che può portare all'apparato fogliare inducendo senescenza precoce, diminuzione dell'attività fotosintetica e della produzione. L'ozono qui presente è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente questa molecola ha un andamento caratteristico nell'arco della giornata: concentrazioni più basse nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino, che aumentano, con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare, dalla tarda mattinata al pomeriggio. Analogamente l'ozono presenta un andamento stagionale, in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi. Anche per l'ozono rimangono tuttora criticità sul territorio regionale ed europeo nel rispetto dei limiti stabiliti dalla normativa vigente della qualità dell'aria.

La figura 46 rappresenta, per le stazioni della provincia di Cuneo e per ogni anno del periodo dal 2002 al 2018, il numero di giorni in cui la media massima su 8 ore ha superato l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana di 120 µg/m³ (soglia che, come valore obiettivo, non va superata più di 25 volte per anno civile come media su tre anni).

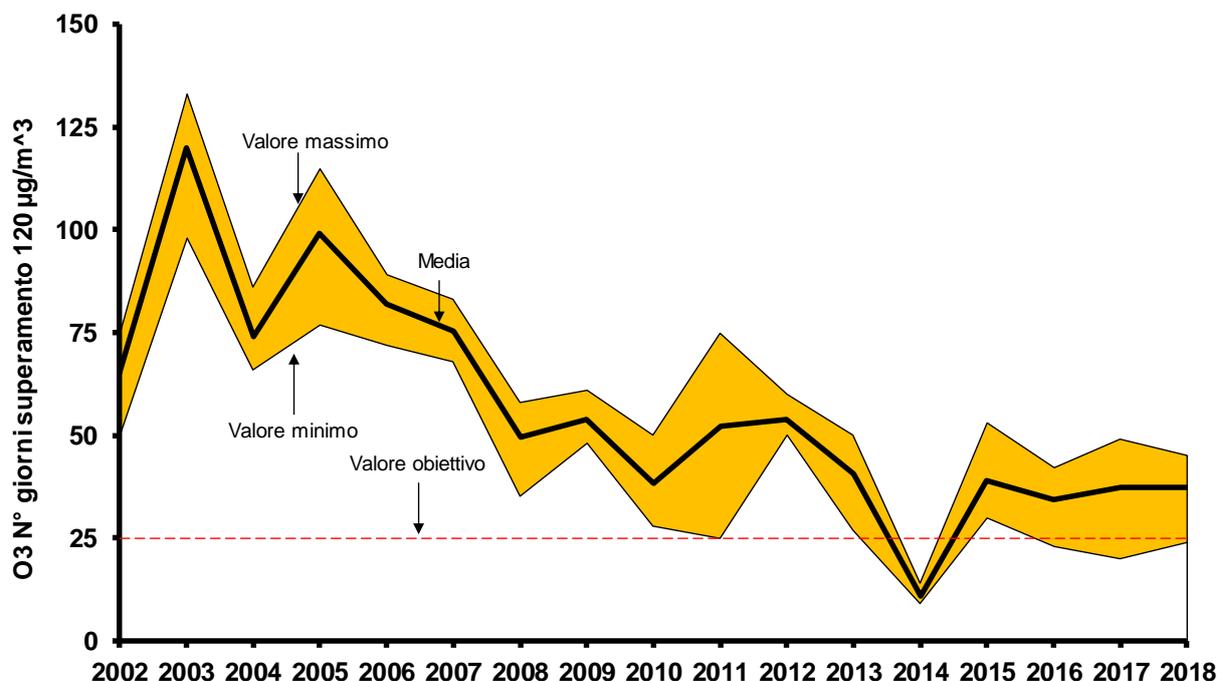


Figura 46) O₃: Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore) rilevati dalle stazioni della provincia.

Anche per questo inquinante è evidente che si sia verificato un miglioramento nel tempo, ma è altresì evidente come la situazione si sia pressoché stabilizzata negli ultimi anni, mantenendo una variabilità interannuale dovuta alle condizioni meteorologiche. Il miglioramento riscontrato non è stato finora sufficiente a garantire il rispetto del valore obiettivo, fissato dalla normativa al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso, che rimane pertanto superato anche nella nostra provincia.

Oltre a tale valore obiettivo, ai fini della protezione della salute umana, il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente.

Nell'estate 2017 si erano verificati superamenti della soglia di informazione nel corso di una giornata che aveva registrato anche alcuni primati di temperatura massima annuale. Nel 2018 invece, nonostante la marcata anomalia termica positiva, grazie all'assenza di picchi massimi di temperatura di particolare rilievo, la soglia di informazione non è mai stata superata.

Che la temperatura sia uno degli elementi fondamentali per innescare i processi di formazione dell'ozono si può dedurre dal grafico di figura 47, dove il range delle concentrazioni massime orarie registrate dalle stazioni della rete provinciale in ciascun giorno del 2018 sono rappresentate insieme ai valori di temperatura massima giornaliera registrati presso la stazione meteo di Fossano (scelta poiché in posizione centrale nella provincia). È visibile la generale concomitanza tra i picchi di temperatura e di concentrazione, oltre al rispetto della soglia di informazione.

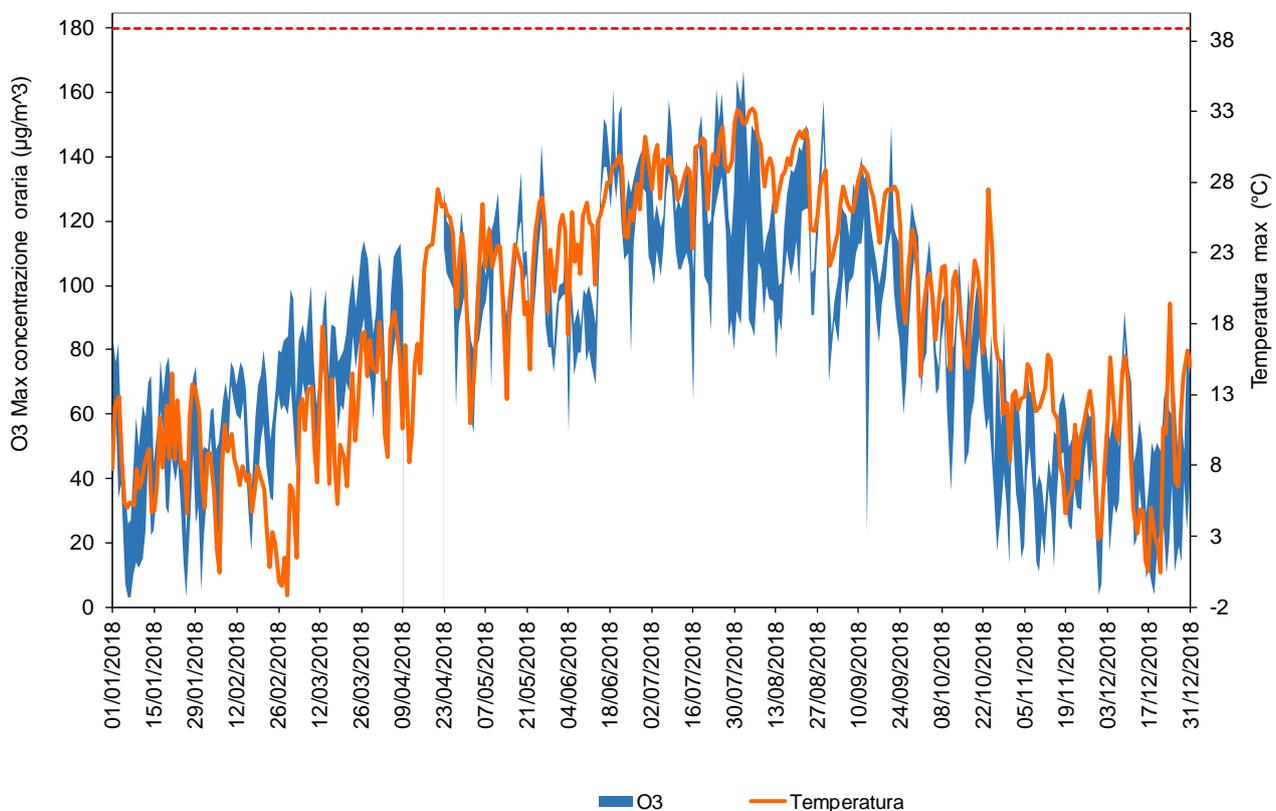


Figura 47) O₃: Concentrazioni massime orarie delle stazioni della rete provinciale nel 2018 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano; tratteggiato in rosso il livello della soglia di informazione.

Nella figura 48 è rappresentata, per il 2018, la sequenza temporale del range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le stazioni della rete provinciale ed è possibile individuare i superamenti della soglia di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che hanno interessato i periodi di stabilità anticiclonica che si sono verificati tra la seconda metà di giugno e la fine di agosto.

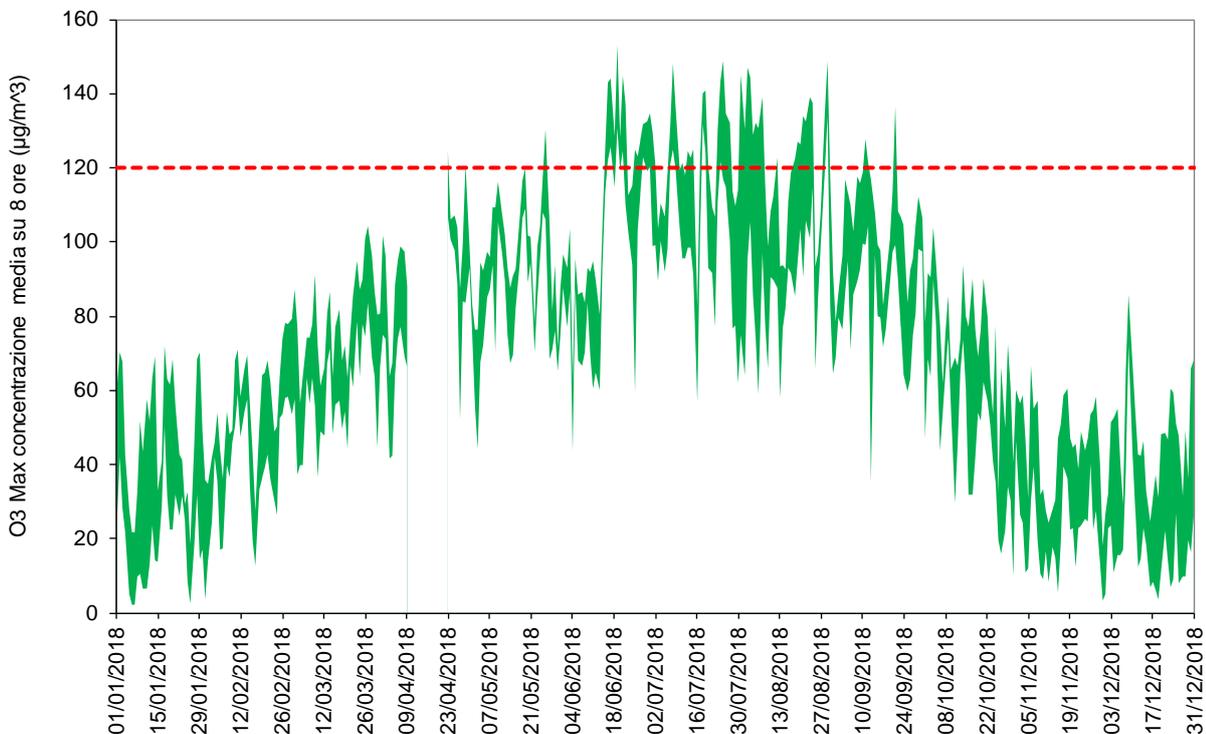


Figura 48) O_3 : range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le stazioni della rete provinciale nel 2018; tratteggiato in rosso il livello obiettivo.

Il dettaglio, per ogni stazione della provincia, sui numeri di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per ciascun anno di monitoraggio, è rappresentato nel grafico della figura 49. In tutte e tre le stazioni attive dal 2002, si evidenzia il 2003, come anno con il più elevato numero di superamenti, durante il quale la situazione meteorologica, caratterizzata da una estate eccezionalmente calda, ha fortemente favorito la formazione di ozono, ed il 2014, nel quale la meteorologia del periodo estivo, in particolare l'anomalia termica negativa dei mesi di luglio ed agosto, ha invece fortemente sfavorito la formazione dell'ozono ed il numero di superamenti ha raggiunto il minimo.

Rispetto ai tre anni precedenti, il numero di giorni di superamento nel 2018 è rimasto invariato presso la stazione urbana di Alba (43 giorni), è aumentato notevolmente presso la stazione di fondo rurale di Saliceto (arrivando a 45 giorni), ed ha registrato riduzioni rilevanti presso la stazione urbana di Cuneo (24 giorni) e quella rurale di Revello-Staffarda (14 giorni).

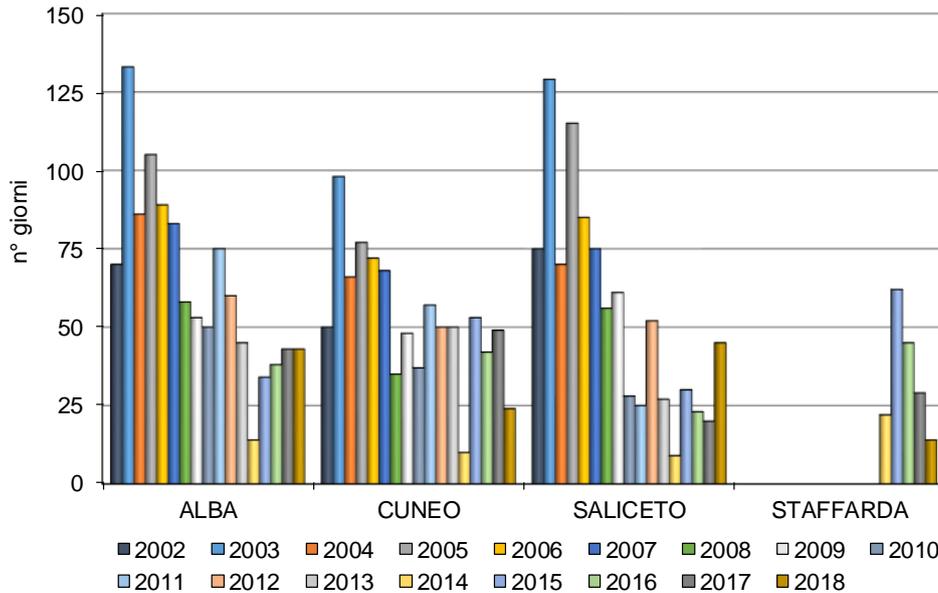


Figura 49) O₃: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore)

Come valore obiettivo per la protezione della salute umana, la normativa stabilisce che il livello di 120 µg/m³, calcolato come media massima su 8 ore, non venga superato più di 25 giorni per anno civile come media di tre anni, a partire dal triennio 2010-2012.

Dal grafico sottostante emerge come il numero medio dei giorni di superamento dell'ultimo triennio sia superiore alla soglia prevista in tutti i siti di misura della provincia.

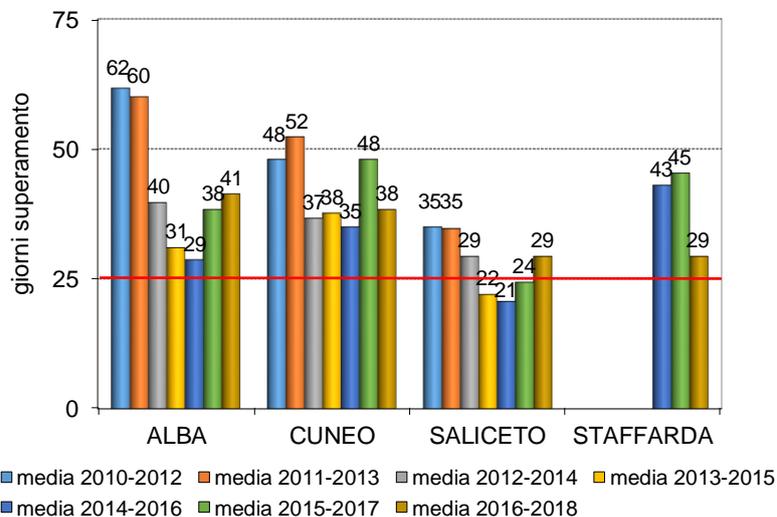


Figura 50) O₃ valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di 120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore.

Il Decreto Legislativo 155/2010, oltre ai valori limite e obiettivo per la protezione della salute umana, stabilisce degli obiettivi per la protezione della vegetazione.

L'indicatore di riferimento è l'AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb) che esprime l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per i recettori sensibili (colture agrarie). Tale indicatore è calcolato mediante la somma delle eccedenze orarie del valore di 40 ppb (80 µg/m³), rilevate da maggio a luglio, tra le ore 8 e le 20 di ogni giorno. Per tale indicatore la normativa fissa un valore obiettivo, pari a 18000 µg/m³·h come media su 5 anni, ed un obiettivo a lungo termine di 6000 µg/m³·h per anno.

Nella figura 51 sono rappresentati i valori disponibili dell'AOT40 per le stazioni di fondo rurali presenti in provincia di Cuneo. Nonostante la riduzione dei valori che si è verificata dal 2007, dal grafico si riscontra, ancora per gli anni più recenti, l'ampio superamento dell'obiettivo a lungo termine di 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ in entrambi i siti. Anche il valore obiettivo è disatteso, infatti il valore minimo della media sugli ultimi cinque anni (periodo 2014÷2018) è quello relativo alla stazione di Saliceto ed è pari a 19445 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.

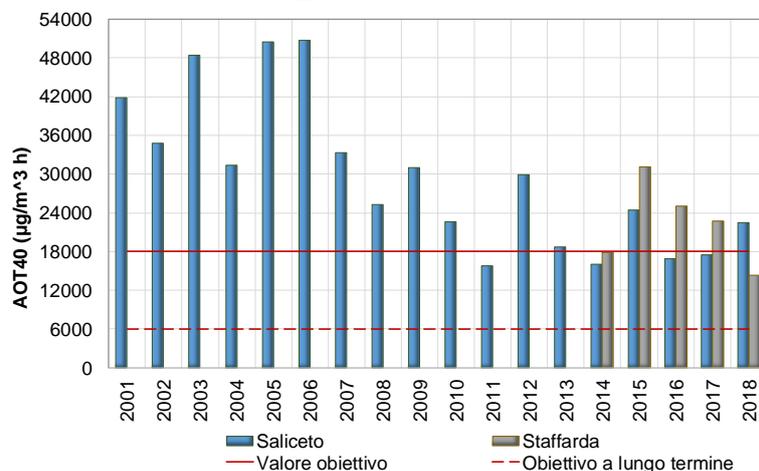


Figura 51) O₃: Valori dell'AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb) di ciascun anno per le stazioni di fondo rurali della provincia. Esprime l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per i recettori sensibili (colture agrarie).

Per l'anno 2018, i valori degli indicatori da confrontare con gli obiettivi per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione sono rappresentati nelle mappe seguenti per tutte le stazioni della regione Piemonte disponibili. Tali mappe evidenziano come la situazione dell'inquinamento da ozono sia tutt'ora critica in tutta la regione.

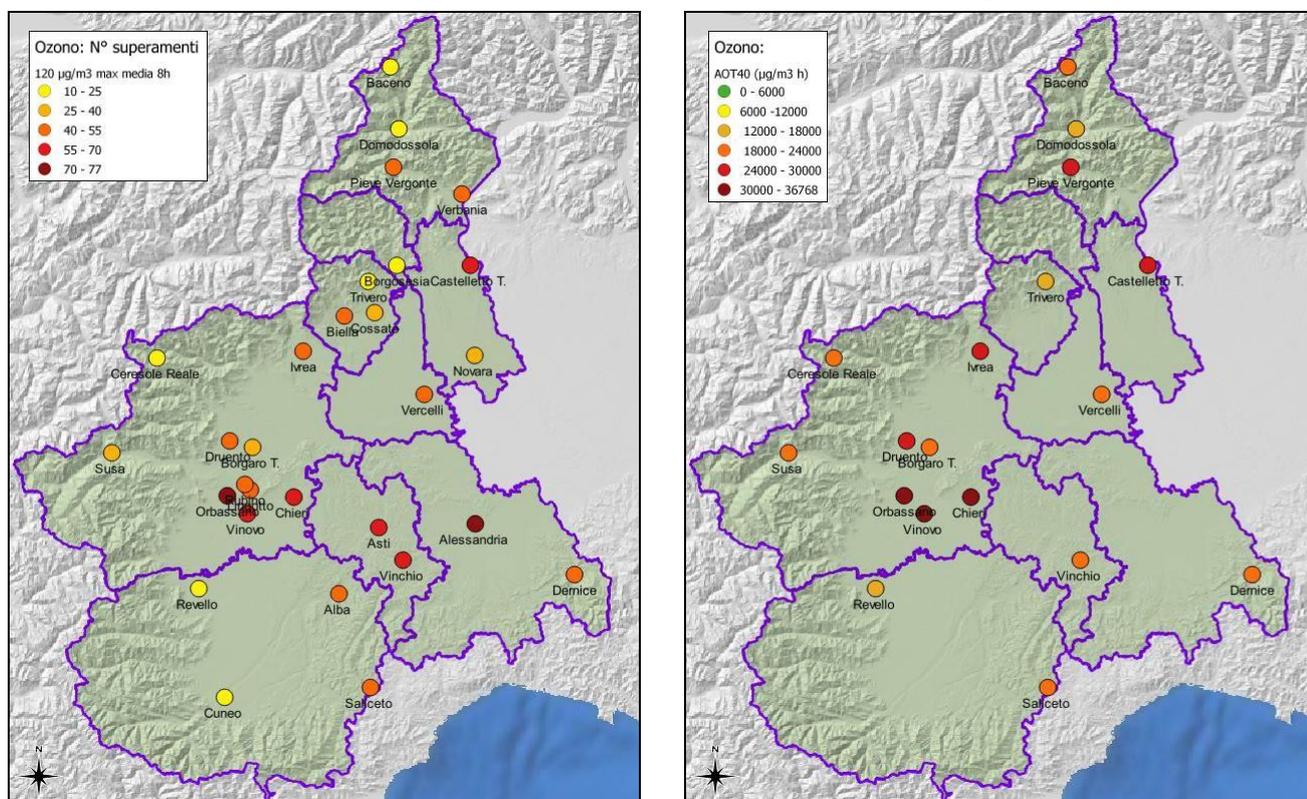


Figura 52) O₃: per l'anno 2018 numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (a sinistra), e per la protezione della vegetazione - AOT40 - per le stazioni rurali e suburbane del Piemonte (a destra).

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Anche per l'ozono si è valutata la presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati acquisiti dalle stazioni provinciali della rete di monitoraggio.

I risultati illustrati nei grafici seguenti rappresentano, per ogni anno dal 2003 al 2018, i valori del 93.2° percentile (corrispondente al 25° valore più elevato dell'anno) delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore. Affinché sia rispettato il valore obiettivo, tale valore deve tendere ad essere inferiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. La variazione percentuale media per anno, è indicata in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

Nella tabella 8 per ciascuna stazione sono riassunte le variazioni medie sia in termini di microgrammi/ m^3 all'anno, che come variazioni percentuali.

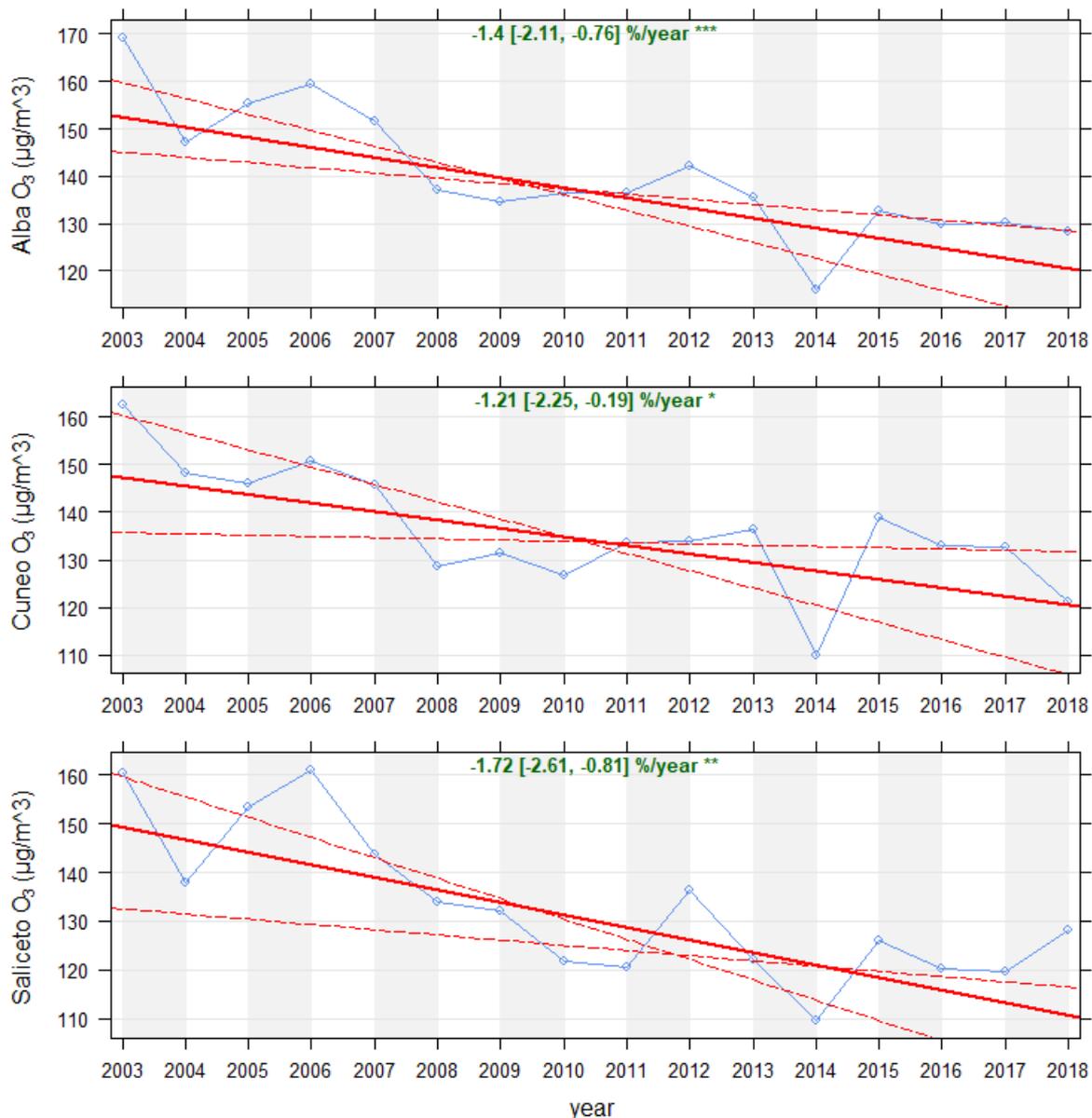


Figura 53) O_3 : Stima dei trend del 93.2° percentile (25° valore più elevato dell'anno) delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore (significatività statistica: "****" = $p < 0.001$; "***" = $p < 0.01$; "**" = $p < 0.05$)

STAZIONE	Variazione annua O ₃ (µg/m ³ /anno)	Variazione percentuale O ₃ (%/anno)	TREND O ₃
ALBA	-2.13 [-3.37, -1.1]	-1.4 [-2.11, -0.76]	<i>Decrescente</i>
CUNEO	-1.78 [-3.61, -0.26]	-1.21 [-2.25, -0.19]	<i>Decrescente</i>
SALICETO	-2.56 [-4.17, -1.07]	-1.72 [-2.61, -0.81]	<i>Decrescente</i>

Tabella 8) Trend stimati del 93.2° percentile delle massime concentrazioni giornaliere di ozono calcolate su 8 ore.

L'analisi evidenzia trend di riduzione significativi in tutte e tre le stazioni, con una limitata significatività statistica per i dati di ozono misurati presso la stazione di Cuneo.

Biossido di zolfo – SO₂

Il biossido di zolfo era ritenuto, fino agli anni '80, il principale inquinante atmosferico. Con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor tenore di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria. A livello regionale le concentrazioni di SO₂ in atmosfera si sono stabilizzate nell'ultimo decennio su valori molto bassi e al di sotto dei valori limite, pertanto già dal 2010 la misura di questo inquinante era stata mantenuta, per la provincia di Cuneo, esclusivamente presso le stazioni di Cuneo e Borgo San Dalmazzo dove, nei primi anni di monitoraggio, erano state riscontrate criticità locali. In seguito alla dismissione di quest'ultima stazione, avvenuta a fine 2014, la misura è eseguita solamente presso il sito di Cuneo.

Le serie storiche dei valori delle massime concentrazioni medie orarie e giornaliere registrate per questo inquinante nella stazione di Cuneo sono rappresentate nel grafico seguente, dove sono indicati i livelli dei corrispondenti valori limite stabiliti dalla norma (pari rispettivamente a 350 µg/m³ e 125 µg/m³).

I dati del 2018 confermano i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

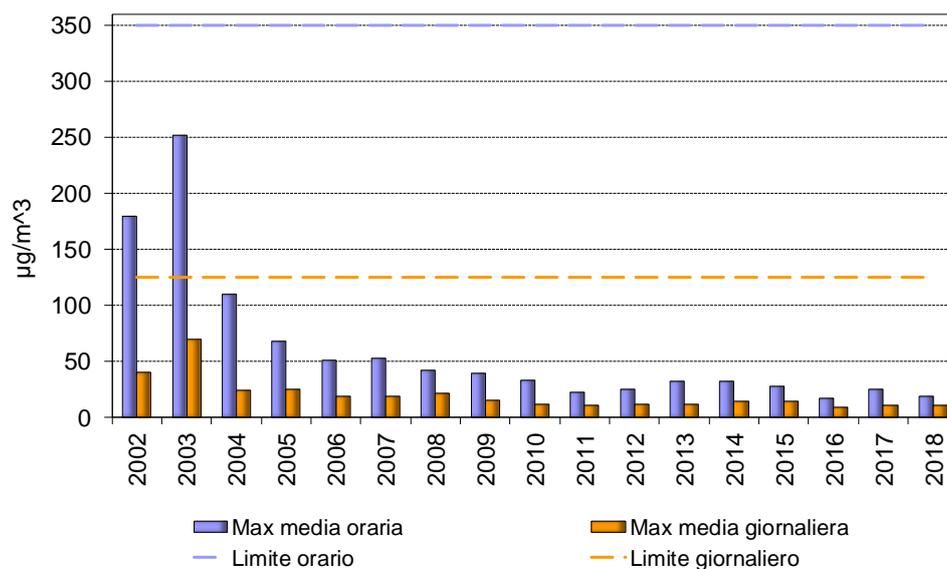


Figura 54) SO₂: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo.

Benzene e Monossido di carbonio

Le concentrazioni di questi due inquinanti, la cui fonte principale è il traffico veicolare, si sono significativamente ridotte negli anni, grazie alle modifiche introdotte sui combustibili ed allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico, e si sono assestate su valori ampiamente inferiori ai limiti normativi. Per questo motivo, a partire dal 2016, la misura del monossido di carbonio si è mantenuta solamente nella stazione del capoluogo e presso la stazione di traffico urbano di Mondovì.

Nella tabella sono riportati i valori relativi ai parametri richiesti dalla normativa per il benzene ed il monossido di carbonio (rispettivamente media annua e media massima su 8 ore) per le stazioni in cui questi inquinanti sono stati misurati in provincia di Cuneo nell'anno 2018. I valori, ampiamente inferiori ai limiti normativi, confermano i livelli raggiunti negli anni precedenti, con differenze non significative tra le stazioni.

	ALBA	CUNEO	MONDOVI'	Limite
CO Massima media su 8 ore (mg/m³)	-	1.3	1.2	10
Benzene Media anno (µg/m³)	0.9	0.8	1.1	5

Tabella 9) Massima media su 8 ore del CO e media annuale del benzene per l'anno 2018.

Nei grafici della figura 55 sono rappresentati, su scale normalizzate, "giorni medi" e "settimane medie" dell'anno 2018 per il benzene ed il monossido di carbonio delle stazioni di Cuneo e Mondovì. L'ora di riferimento è quella solare; le fasce colorate rappresentano l'intervallo di confidenza al 95% della media. L'accordo tra gli andamenti evidenzia l'influenza del traffico per i due inquinanti.

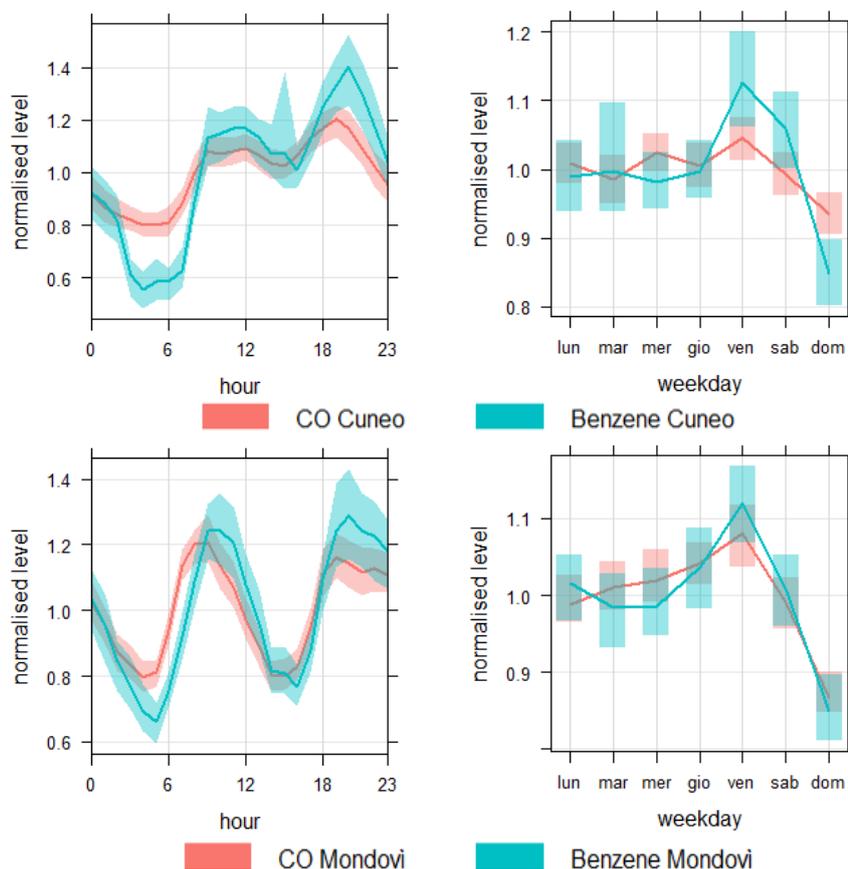


Figura 55) Benzene e CO: giorni medi e settimane medie dell'anno 2018 su scale normalizzate.

I metalli pesanti: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

I metalli pesanti e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre. In atmosfera si trovano prevalentemente all'interno del particolato. Il pericolo legato ai metalli è la loro tendenza ad accumularsi all'interno di alcuni tessuti degli esseri viventi (bioaccumulo) determinando effetti negativi sulla salute. Oltre al piombo, i metalli più rappresentativi per il rischio ambientale a causa della loro tossicità e del loro uso massivo sono il cadmio, il nichel e l'arsenico, classificati dalla IARC (Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro) come cancerogeni per l'uomo. Per tali motivi la normativa vigente ha previsto un valore limite per il piombo e valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel.

Il **Piombo** è un metallo presente in natura sia in forma inorganica che organica. Negli ultimi decenni, le concentrazioni di piombo nelle aree industriali e nelle zone di grande traffico sono significativamente diminuite grazie all'eliminazione del piombo tetraetile (antidetonante) dalle benzine, al miglioramento delle emissioni industriali e al miglioramento dei sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per autoveicoli.

Il piombo interferisce con numerosi sistemi enzimatici provocando un ampio spettro di effetti tossici.

L'**Arsenico** è un metallo che ha come sorgenti naturali l'attività vulcanica e gli incendi boschivi mentre il contributo antropico è rappresentato da prodotti per il trattamento del legno, dalla combustione di carbone e di lignite di bassa qualità, dai processi di fusione dei metalli nonché, in misura minore, dal fumo di sigaretta.

Il **Cadmio** in natura è molto raro e presente, in genere, insieme allo zinco. La sua principale sorgente naturale è costituita dalle eruzioni vulcaniche. La fusione e il raffinamento dei metalli non ferrosi rappresenta la principale fonte antropica di questo inquinante, che è prodotto inoltre nelle attività di incenerimento dei rifiuti urbani e nelle combustioni di combustibili fossili. Negli anni passati ha avuto un forte impiego nella fabbricazione di batterie ricaricabili, che ultimamente tendono ad essere sorpassate da altre tipologie.

Il **Nichel** è un metallo molto utilizzato nell'industria dell'acciaio e nella preparazione di leghe. Trova largo utilizzo per il rivestimento di altri metalli e per la fabbricazione di parti di dispositivi elettronici, nonché nella produzione di elettrodomestici. È molto diffuso il suo impiego nell'industria chimica, aerospaziale e numismatica. Come il cadmio è utilizzato nella produzione di batterie ricaricabili e nell'aria ambiente la presenza di questo inquinante deriva dall'incenerimento dei rifiuti urbani e dal fumo di sigaretta.

Per ciascuno di questi metalli, nella tabella 10 sono riportate le concentrazioni medie dell'anno 2018 determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM₁₀) campionato presso le stazioni della provincia di Cuneo. Molti dei valori ottenuti, anche negli anni precedenti, in particolare per l'arsenico ed il cadmio, corrispondono al limite di rilevabilità analitica del metodo.

	Piombo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Arsenico (ng/m^3)	Cadmio (ng/m^3)	Nichel (ng/m^3)
Alba	0.004	0.7	0.1	1.2
Bra	0.004	0.7	0.1	1.0
Cuneo	0.002	0.7	0.1	1.1
Saliceto	0.003	0.7	0.1	0.9
Mondovì	0.004	0.7	0.1	1.0
Valore di riferimento	0.5	6.0	5.0	20.0

Tabella 10) *Metalli: concentrazioni medie dell'anno 2018 rilevate nei filtri campionati presso le stazioni della provincia di Cuneo (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)).*

Le figure seguenti, che riportano per i singoli metalli le concentrazioni medie annuali, evidenziano dall'inizio delle misure un ampio rispetto dei limiti.

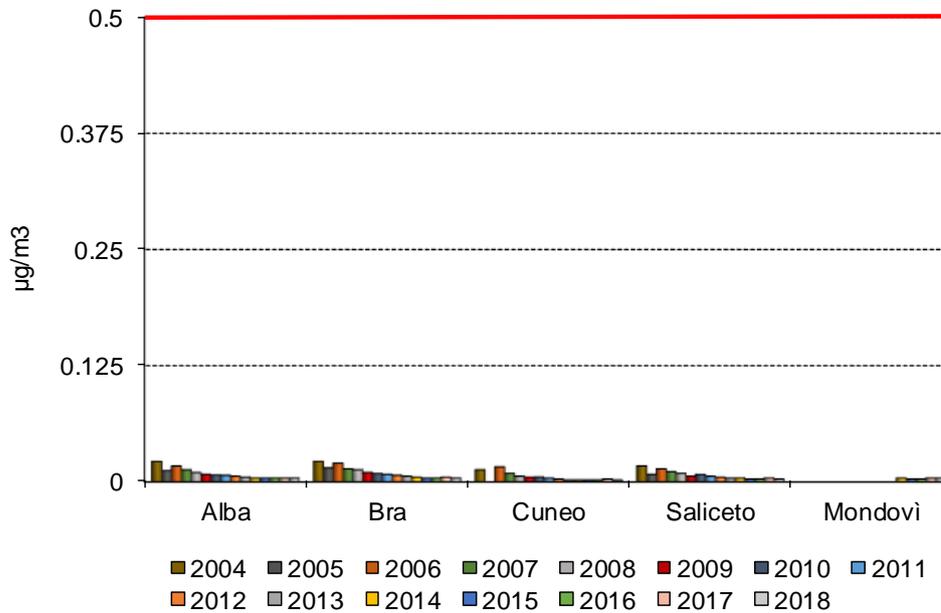


Figura 56) Piombo: confronto medie annuali

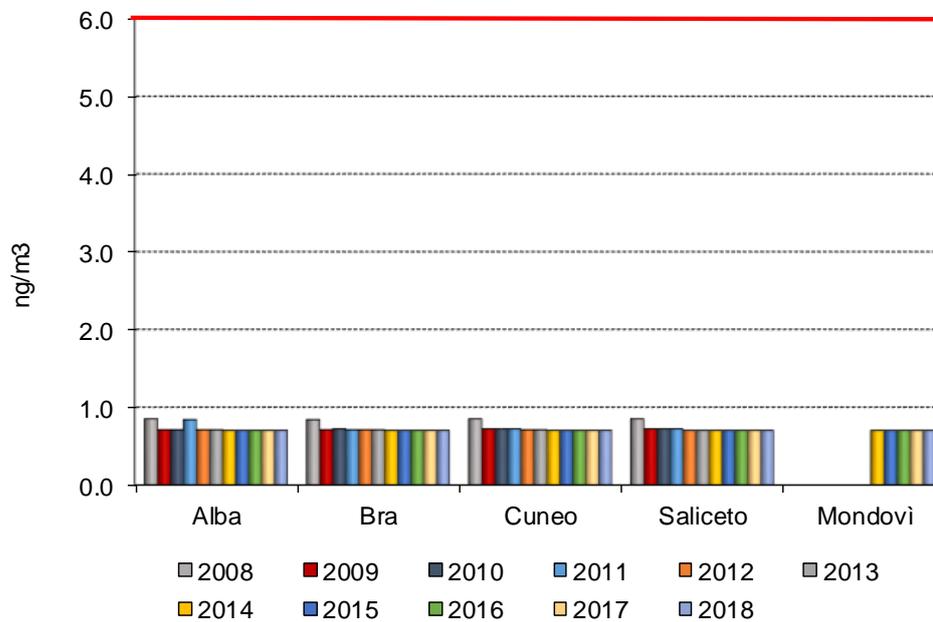


Figura 57) Arsenico: confronto medie annuali.

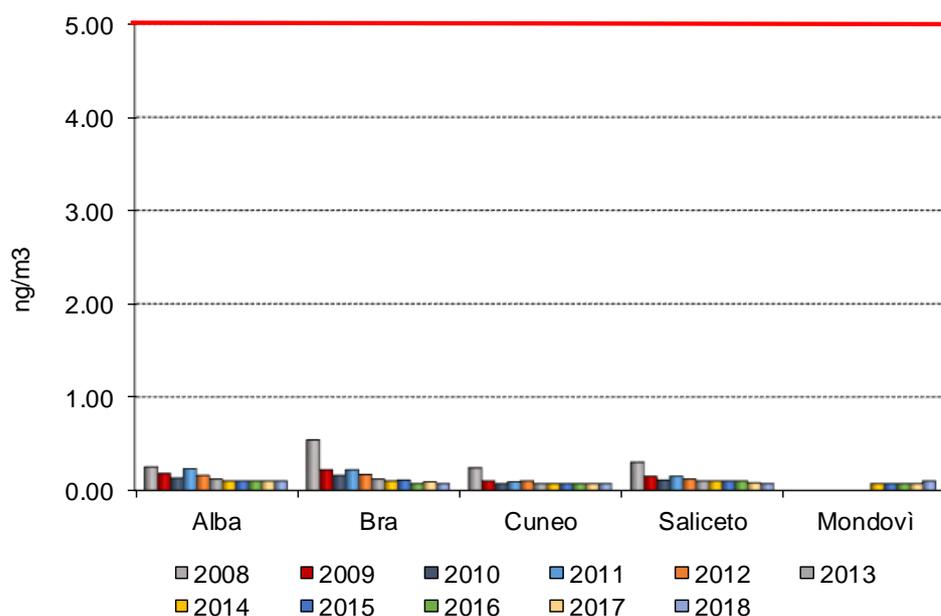


Figura 58) Cadmio: confronto medie annuali.

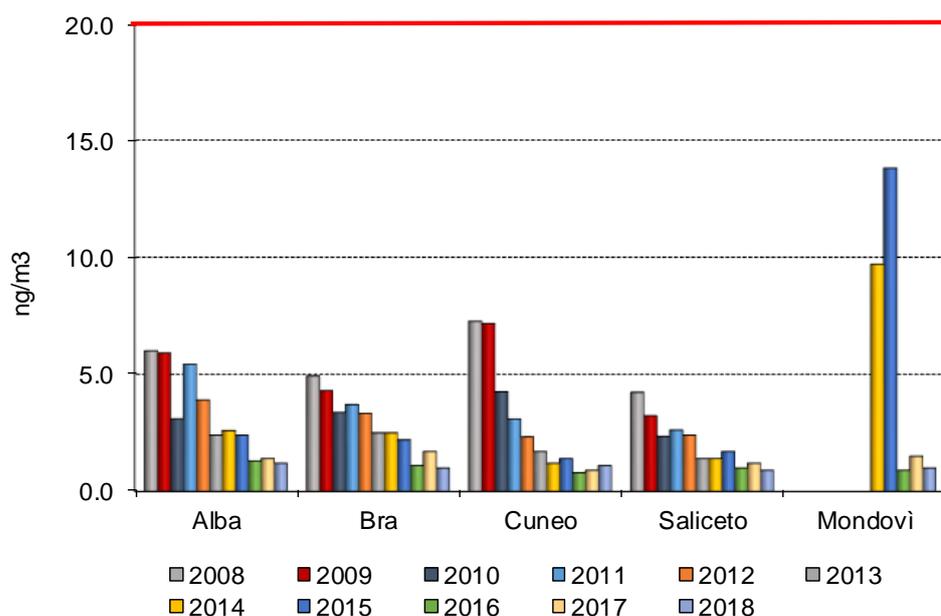


Figura 59) Nichel: confronto medie annuali.

Presso la stazione di Mondovì-Aragno, durante i primi due anni di monitoraggio (2014 e 2015), erano state riscontrate anomalie nelle concentrazioni di Nichel dei mesi estivi che innalzavano le medie annue a valori che, sebbene inferiori al valore obiettivo stabilito dalla normativa, erano molto più elevati di quelli delle altre stazioni. Negli anni successivi i dati sono invece risultati sempre confrontabili con il limite di rilevabilità analitico ed in linea con le concentrazioni misurate presso le altre stazioni provinciali. Nel 2018, la concentrazione media annuale è stata pari a 1.0 ng/m³ e la massima mensile, di 3.7 ng/m³, è stata riscontrata nel mese di marzo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici - Benzo(a)pirene

Il benzo(a)pirene - B(a)P - è l'unico componente della famiglia degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) per il quale è definito un valore obiettivo, ed è usualmente utilizzato, anche a livello normativo, come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Mentre la maggior parte degli altri componenti sono classificati dallo I.A.R.C. nel gruppo 2B ("possibili cancerogeni per l'uomo"), per il B(a)P la cancerogenicità è accertata (è classificato nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo").

Dal 2005, la determinazione del B(a)P presente nel particolato è pertanto costantemente eseguita, su base mensile, per le stazioni della rete fissa della qualità dell'aria dove il campionamento del PM₁₀ viene effettuato.

Generalmente nelle aree urbane le emissioni dovute al traffico stradale sono una componente dominante nell'emissione di IPA, mentre nelle aree rurali un importante contributo deriva dalla combustione della biomassa legnosa. Tra le stazioni della provincia di Cuneo, criticità per il rispetto del valore obiettivo stabilito dalla normativa per il benzo(a)pirene sono state riscontrate negli anni a Saliceto, proprio a causa del diffuso uso della legna negli impianti di riscaldamento.

La serie storica delle medie annuali delle concentrazioni di questo inquinante è rappresentata nella figura 60 per tutte le stazioni provinciali con disponibilità di dati pari almeno al 90%.

La concentrazione della stazione di Cuneo, che per il 2018 non ha differenze sostanziali rispetto agli anni precedenti, si conferma come minimo della provincia. In tutte le altre stazioni, il dato del 2018 risulta essere il più basso delle rispettive serie storiche. Le riduzioni rilevanti registrate a Bra e Saliceto confermano, in entrambi i siti, trend di riduzioni statisticamente significativi per il periodo 2005÷2018 delle concentrazioni del benzo(a)pirene. Nel 2018 anche la media annua di Saliceto rispetta ampiamente il riferimento normativo.

È tuttavia interessante osservare come il contenuto percentuale di benzo(a)pirene nel PM₁₀ per ciascun anno di misura (figura 61) si mantenga a livelli decisamente differenti nei diversi siti: i valori minimi a Cuneo, i più elevati a Saliceto, ed intermedi ad Alba, Bra e Mondovì. Il contenuto percentuale di benzo(a)pirene nel PM₁₀ non evidenzia inoltre in nessun sito trend di variazioni significative nel tempo.

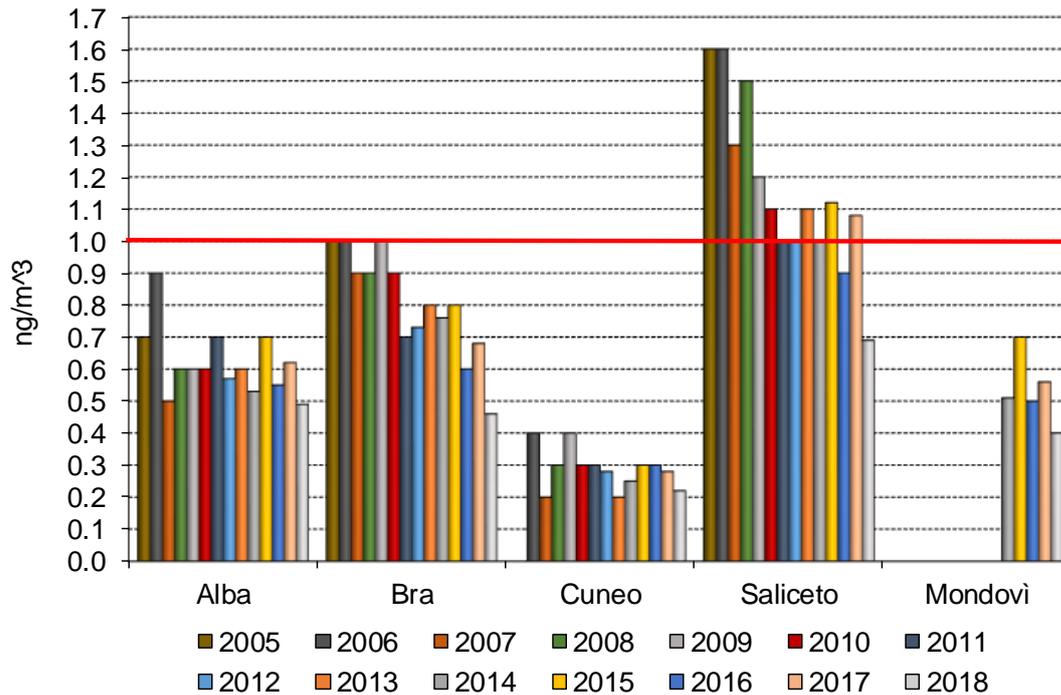


Figura 60) Benzo(a)pirene: medie annuali.

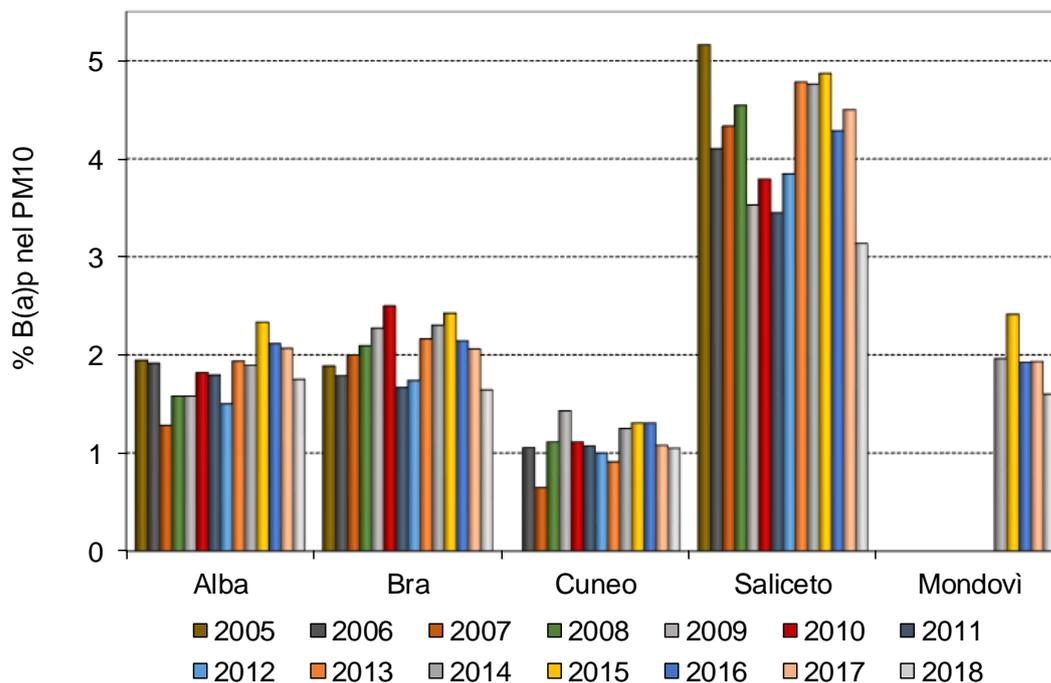


Figura 61) Benzo(a)pirene: contenuto percentuale nel PM₁₀.

Oltre al benzo(a)pirene la determinazione di IPA nel particolato atmosferico è attualmente estesa ai seguenti composti: Indeno(1,2,3-cd)pirene, Crisene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)antracene e Benzo(g,h,i)perilene. Essi sono tutti classificati come “possibili cancerogeni per l’uomo” ad eccezione del Benzo(g,h,i)perilene che è in classe 3 ovvero “non classificabile come cancerogeno per l’uomo”.

Il grafico di figura 62 rappresenta per l'anno 2018 le concentrazioni medie dei diversi IPA determinati nelle postazioni della rete della qualità dell'aria della provincia. Per ciascun composto le concentrazioni maggiori sono misurate a Saliceto. In ciascun sito le concentrazioni più elevate sono riscontrate per il benzo(b+j+k)fluorantene.

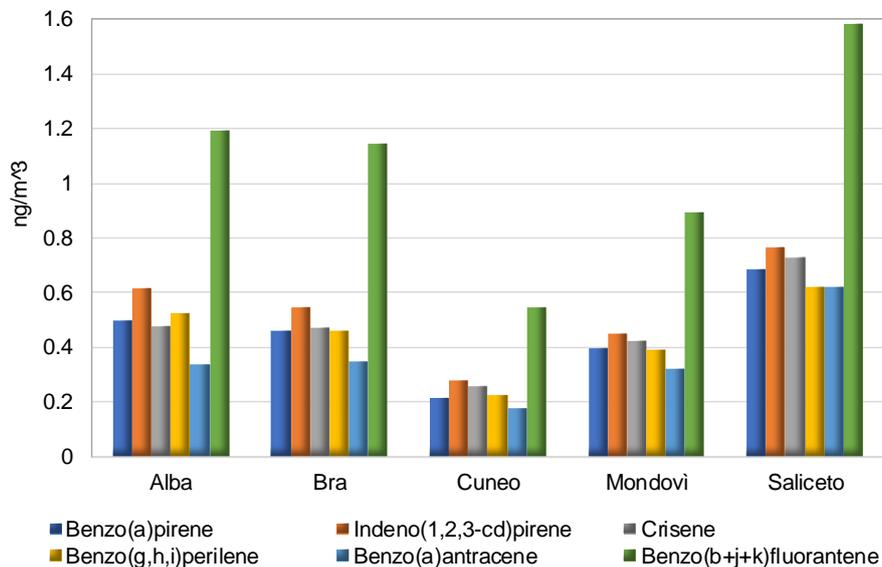


Figura 62) IPA: concentrazioni medie dell'anno 2018.

Le concentrazioni medie mensili del benzo(a)pirene riscontrate in ciascuna stazione nel 2018 sono rappresentate nella figura seguente. Analogamente ad altri inquinanti, come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, le concentrazioni più elevate di benzo(a)pirene si registrano generalmente nel periodo invernale, che è il più critico per gli inquinanti a causa della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo. Tuttavia, il rapporto tra le concentrazioni invernali ed estive del benzo(a)pirene è molto più elevato del rapporto tra le concentrazioni invernali ed estive degli altri inquinanti misurati, e ciò è indice dell'influenza di una sorgente specifica di tale inquinante che si attiva nei mesi freddi.

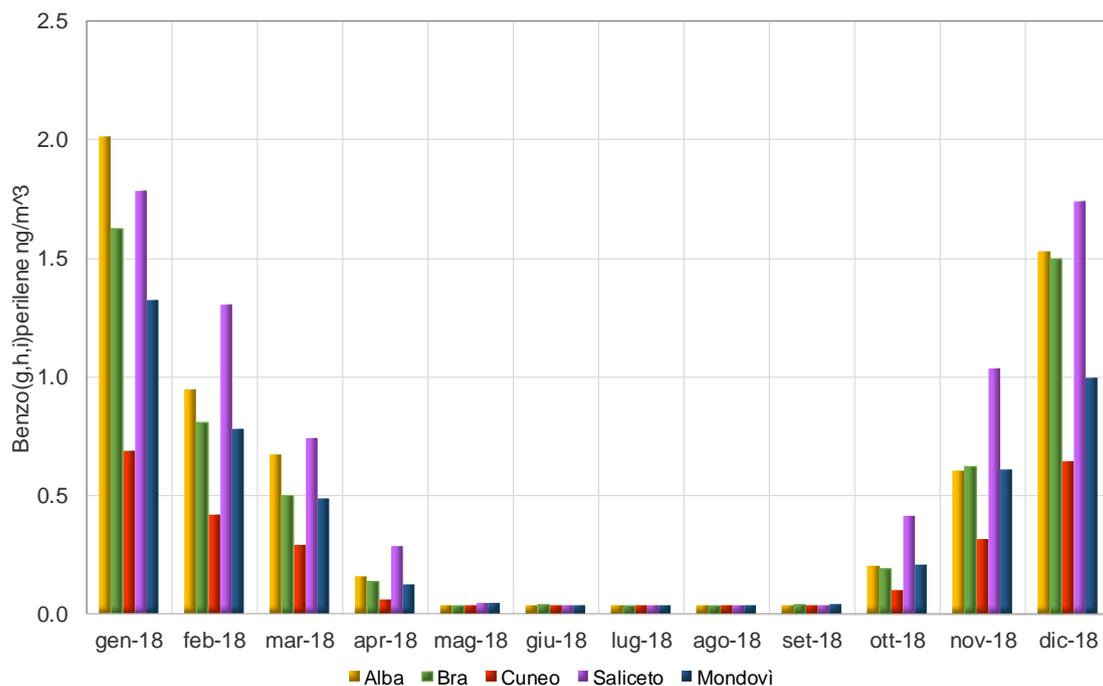


Figura 63) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2018.

Per le diverse stazioni nella figura 64 sono riportate con grafici a dispersione le concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene del 2018 in funzione dei corrispondenti valori di PM₁₀.

Per ogni stazione è stata valutata l'interpolazione tra le due serie di dati ed è stato osservato come la relazione tra il benzo(a)pirene ed il materiale particolato, piuttosto che una relazione lineare, sia meglio rappresentata dalla relazione quadratica rappresentata in ciascun grafico ($R^2 > 0.91$ ad eccezione della stazione di Cuneo). Questo indica come le concentrazioni di benzo(a)pirene crescano più velocemente di quanto crescano quelle del PM₁₀ e conferma l'influenza di una sorgente stagionale nelle concentrazioni del benzo(a)pirene.

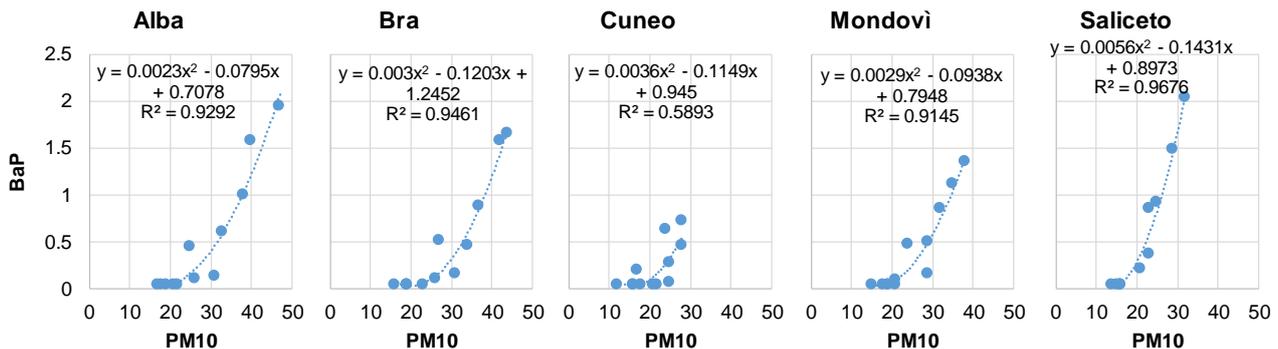


Figura 64) Concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene in funzione delle concentrazioni medie mensili di PM₁₀ dell'anno 2018.

In ciascun sito le concentrazioni medie mensili dei diversi IPA sono tra loro altamente correlate (coefficiente di correlazione ≥ 92). Per ciascun mese del 2018 e per ogni stazione, le loro concentrazioni complessive (denominate come "IPA totali") sono rappresentate nella figura 65, mentre nella figura 66 è riportato il loro contributo percentuale alle concentrazioni di PM₁₀. Come si può osservare, essi costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico, tuttavia è importante valutarne le concentrazioni in quanto il loro rilievo tossicologico è molto elevato.

Altri composti determinati nel PM₁₀, come ad esempio il piombo, hanno un contenuto percentuale nelle polveri costante durante l'anno. Il grafico del contenuto percentuale degli IPA totali (figura 66) indica invece un peggioramento della "qualità" delle polveri nei mesi invernali e suggerisce quindi come l'aumento delle concentrazioni che si verifica per gli IPA in tali mesi, visibile in figura 65, non possa essere dovuto solamente all'aumento delle concentrazioni del PM₁₀ che li contiene. Il contenuto percentuale di IPA (figura 65) raggiunge un minimo nei mesi estivi, con valori analoghi per i diversi siti, anche favorito dalla degradazione di tali composti a causa della radiazione solare. Nei mesi freddi invece le polveri risultano arricchite di IPA ed il loro contenuto percentuale è particolarmente elevato nel sito rurale di Saliceto, con valori anche doppi rispetto ad altre stazioni. Ciò può essere sicuramente attribuito al contributo delle emissioni derivanti dalla combustione della legna nel riscaldamento domestico, sorgente che si attiva nei mesi freddi e si incrementa al diminuire delle temperature esterne.

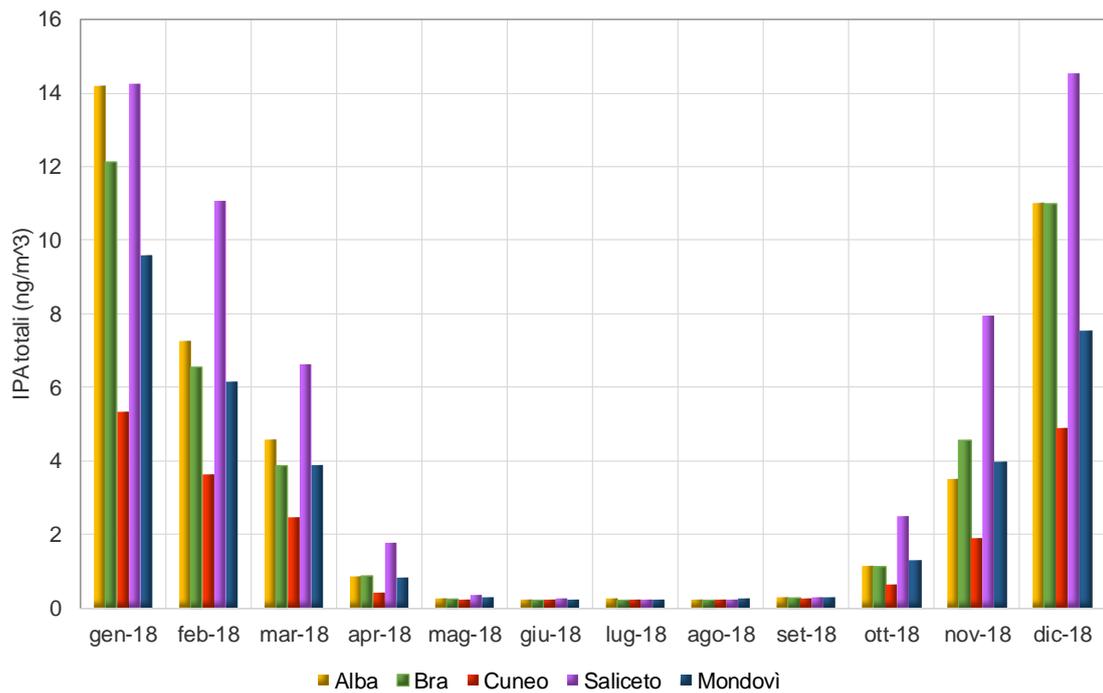


Figura 65) IPA totali: concentrazioni medie mensili dell'anno 2018.

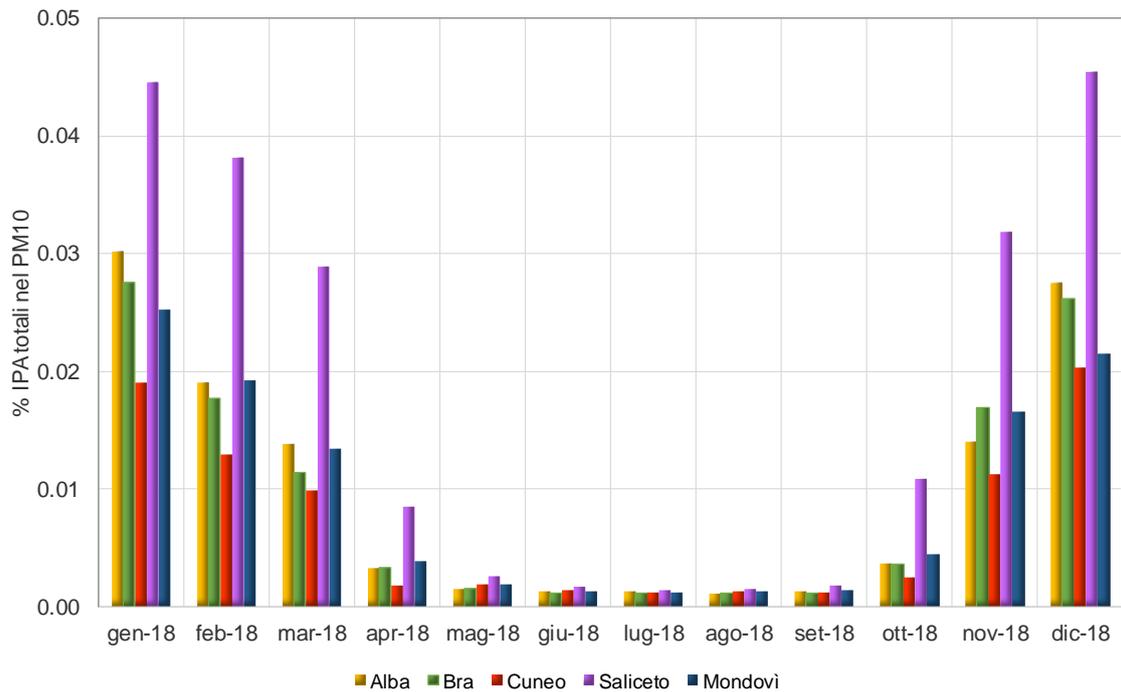


Figura 66) Percentuale IPA totali nel PM₁₀: medie mensili dell'anno 2018.

Riepilogo confronti normativi - anno 2018

Nella tabella seguente sono riassunti i confronti dei dati misurati nell'anno 2018 con i riferimenti normativi stabiliti per la protezione della salute umana dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n° 155.

INQUINANTE	VALORE LIMITE E PERIODO DI MEDIAZIONE	SUPERAMENTI CONCESSI	2018: DATI RILEVATI					
			Alba	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO ₂	350 µg/m ³ media oraria	24 volte / anno civile	-	-	19 µg/m ³ max media oraria	-	-	-
	125 µg/m ³ media 24 ore	3 volte / anno civile	-	-	11 µg/m ³ max media giornaliera	-	-	-
NO ₂	200 µg/m ³ media oraria	18 volte / anno civile	116 µg/m ³ max media oraria	86 µg/m ³ max media oraria	101 µg/m ³ max media oraria	106 µg/m ³ max media oraria	53 µg/m ³ max media oraria	59 µg/m ³ max media oraria
	40 µg/m ³ media annuale	-	22 µg/m ³	22 µg/m ³	23 µg/m ³	26 µg/m ³	9 µg/m ³	12 µg/m ³
PM ₁₀	40 µg/m ³ media annuale	-	28 µg/m ³	28 µg/m ³	21 µg/m ³	25 µg/m ³	22 µg/m ³	-
	50 µg/m ³ media 24 ore	35 volte / anno civile Data del 36° superamento	33 superamenti	31 superamenti	11 superamenti	21 superamenti	13 superamenti	-
PM _{2.5}	25 µg/m ³ media annuale	-	-	-	15 µg/m ³	17 µg/m ³	-	23 µg/m ³ (87%giorni validi)
CO	10 mg/m ³ media mobile su 8 ore	-	-	-	1.3 mg/m ³ max media mobile 8 ore	1.2 mg/m ³ max media mobile 8 ore	-	-
Benzene	5 µg/m ³ media annuale	-	0.9 µg/m ³	-	0.8 µg/m ³	1.1 µg/m ³	-	-
O ₃	120 µg/m ³ massima media giornaliera su 8 ore (obiettivo lungo termine)	25 volte / anno civile come media su tre anni (valore obiettivo)	43 giorni con max media 8h>120 µg/m ³	-	24 giorni con max media 8h>120 µg/m ³	-	45 giorni con max media 8h>120 µg/m ³	14 giorni con max media 8h>120 µg/m ³
	180 µg/m ³ media oraria (soglia di informazione)	-	0 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	0 superamenti
	240 µg/m ³ media oraria (soglia di allarme)	-	0 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	0 superamenti
Benzo(a) Pirene	1.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	0.5 ng/m ³	0.5 ng/m ³	0.2 ng/m ³	0.4 ng/m ³	0.7 ng/m ³	-
Pb	0.5 µg/m ³ media annuale	-	0.004 µg/m ³	0.004 µg/m ³	0.002 µg/m ³	0.004 µg/m ³	0.003 µg/m ³	-
As	6.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	0.7 ng/m ³	-
Cd	5.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	0.1 ng/m ³	-
Ni	20.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	1.2 ng/m ³	1.0 ng/m ³	1.1 ng/m ³	1.0 ng/m ³	0.9 ng/m ³	-

Tabella 11) Confronto con i limiti normativi per l'anno 2018

Conclusioni

Nella provincia di Cuneo, i dati di SO₂, CO, benzene e metalli pesanti, rilevati nel 2018, confermano come le concentrazioni di questi inquinanti siano ormai stabilizzate su valori molto bassi e rispettino ampiamente i limiti stabiliti dalla normativa vigente, analogamente a quanto si verifica a livello regionale.

Per il biossido di azoto – NO₂ - i limiti normativi, raggiunti nel 2008, continuano ad essere rispettati in tutta la provincia. L'analisi dei trend, eseguita sia sul biossido che sugli NO_x, evidenzia tendenze alla diminuzione con elevata significatività statistica in tutte le stazioni. Tali miglioramenti sono sicuramente attribuibili alle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti progressivamente messe in campo sulle diverse tipologie di sorgenti, in particolare all'evoluzione del parco veicolare e alle riduzioni riscontrate nelle emissioni dell'industria pesante locale. Indubbiamente la diminuzione dei livelli di ossidi di azoto ha anche portato alle significative diminuzioni rilevate per le polveri sottili e l'ozono. In atmosfera, gli ossidi di azoto agiscono infatti da precursori, ovvero subiscono delle trasformazioni chimiche che portano alla formazione di inquinanti "secondari": l'ozono in estate e, in inverno, il cosiddetto "particolato secondario", generalmente compreso nella frazione più fine delle polveri, pertanto più problematico per la salute umana, perché in grado di penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio.

Da quando, negli anni 2002-2003, è iniziato il monitoraggio della qualità dell'aria in provincia di Cuneo, il 2018 è stato il primo anno in cui entrambi i limiti stabiliti dalla normativa vigente per il PM₁₀ sono stati rispettati su tutto il territorio provinciale.

Mentre il limite sulla media annua veniva ormai rispettato dal 2013, nella zona nord della provincia permanevano superamenti del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere.

Questa parte della provincia costituisce l'estremo ovest della Pianura Padana e risente pertanto dell'inquinamento di fondo che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti ristagna e condiziona tutto il bacino padano. La zona sud della provincia di Cuneo, che comprende anche il capoluogo, è caratterizzata da una maggiore ventilazione rispetto a quella nord. Tale ventilazione permette una migliore diluizione degli inquinanti, garantendo complessivamente un numero inferiore di superamenti del limite giornaliero ed una minore media annuale rispetto alla zona nord.

Nel grafico seguente, ripreso dalla pagina 11, la banda grigia rappresenta l'evoluzione nel tempo del numero di superamenti del limite giornaliero riscontrato dalle diverse stazioni della provincia di Cuneo. Le oscillazioni tra i diversi anni sono dovute principalmente alle differenze meteorologiche, complessivamente è tuttavia evidente come la situazione dell'inquinamento da polveri sottili sia migliorata nel tempo, con una tendenza decrescente statisticamente significativa.

Partendo, nel 2003, da condizioni critiche, con superamento del limite su tutto il territorio provinciale (nel 2003 il numero di superamenti era compreso tra i 75 misurati a Saliceto - Val Bormida- ed i 170 misurati nella città di Bra), dal 2013 la progressiva riduzione dei livelli di inquinamento ha consentito il rispetto del limite dei 35 superamenti nella zona sud della provincia. Condizioni di criticità sono state invece ancora riscontrate presso le stazioni di Alba e Bra fino al 2017; anno in cui la siccità dei mesi invernali ed autunnali ha favorito la crescita dei livelli di PM₁₀ e PM_{2.5} in tutta la regione ed il numero di giorni di superamento sono arrivati rispettivamente a 57 ad Alba e 65 a Bra.

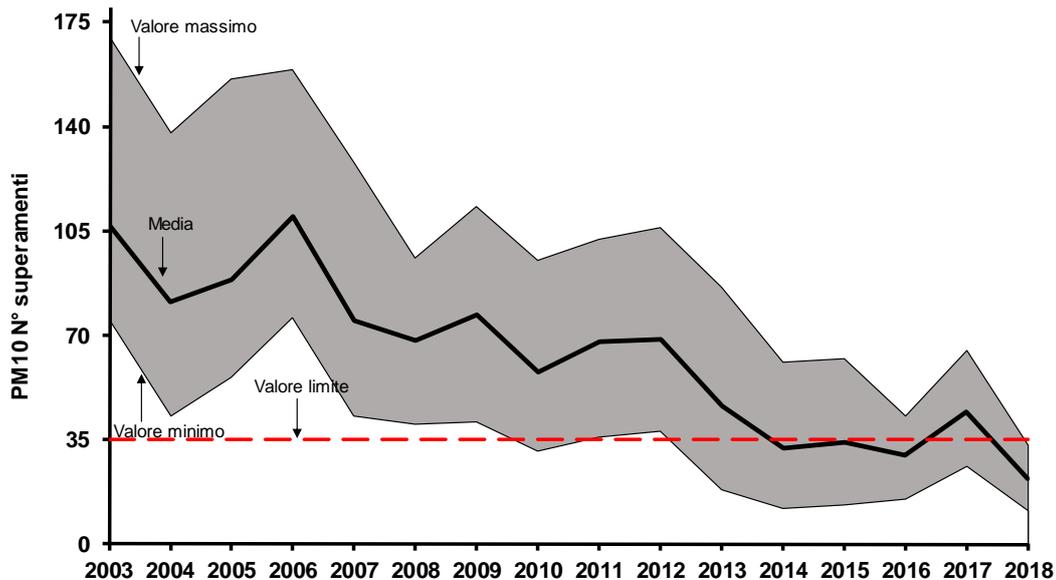


Figura 67) PM_{10} : Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui del limite giornaliero di $50 \mu g/m^3$ rilevati dalle stazioni della provincia.

A differenza dell'anno precedente, il 2018 è stato caratterizzato da abbondanti e frequenti precipitazioni, che hanno determinato la periodica rimozione degli inquinanti ed impedito il verificarsi di lunghi periodi di accumulo. In tali condizioni meteorologiche si sono potuti apprezzare su tutto il territorio della provincia i risultati degli sforzi finora messi in atto nella riduzione delle emissioni in atmosfera degli inquinanti. Il numero di superamenti del limite giornaliero è stato infatti inferiore ai 35 consentiti dalla normativa anche presso le stazioni di Alba e Bra, che per la loro posizione geografica risentono maggiormente delle situazioni di accumulo e dell'inquinamento diffuso che caratterizza il bacino padano. Tali stazioni sono rappresentative dei livelli di inquinamento medio dei centri urbani della zona nord della provincia di Cuneo.

Nel 2018 anche le concentrazioni di benzo(a)pirene e degli altri IPA, presenti nel PM_{10} campionato nelle diverse stazioni della provincia, sono state le più basse delle serie storiche e, a differenza dell'anno precedente, anche la media annua di Saliceto ha rispettato ampiamente il riferimento normativo. Per tali inquinanti continua ad essere evidente l'influenza delle emissioni derivanti dalla combustione della legna nel riscaldamento domestico.

Altresì per l'inquinamento da ozono si è verificato un miglioramento nel tempo, ma la situazione si è pressoché stabilizzata negli ultimi anni, mantenendo una variabilità interannuale dovuta alle condizioni meteorologiche. Nel 2018, grazie anche all'assenza di picchi di temperatura di particolare rilievo, la soglia di informazione non è mai stata superata, ma rimangono disattesi, anche nella nostra provincia, i valori obiettivo e gli obiettivi a lungo termine stabiliti sia per la protezione della salute umana che per la protezione della vegetazione.

Per pervenire ad un rispetto dei limiti stabiliti per tutti gli inquinanti della qualità dell'aria, e per far sì che esso sia duraturo, ovvero meno in balia delle peculiarità meteorologiche di ciascun anno, occorrerà continuare a perseguire la riduzione delle emissioni in atmosfera già messa in atto in particolare dalle sorgenti industriali ricadenti nell'ambito della direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*). La riduzione, da prefiggersi in modo più omogeneo e su scala sempre più ampia, dovrà agire anche sulle emissioni provenienti dalla combustione della biomassa e su tutte le sorgenti di inquinanti precursori, tra cui la zootecnia ed il traffico, che mantengono a tutt'oggi ampi margini di miglioramento.

ALLEGATO - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri monitorati sono i seguenti:

- materiale particolato - PM₁₀ e PM_{2,5}
- biossido di azoto (NO₂)
- biossido di zolfo (SO₂)
- benzene
- monossido di carbonio (CO)
- metalli pesanti: piombo, arsenico, cadmio, nichel
- IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici): benzo(a)pirene

Le pagine seguenti presentano per ogni inquinante oggetto di monitoraggio, le principali informazioni, facendo riferimento ai seguenti punti:

Caratteristiche: elementi distintivi dell'inquinante

Tipologia: suddivisione in base all'origine in

- **primario** → emesso direttamente in atmosfera da specifiche fonti
- **secondario** → prodotto come risultato di reazioni chimico-fisiche degli inquinanti primari

Fonte:

- **naturale**, emesso in atmosfera ad opera di fenomeni naturali
- **antropica**, generato da attività umane (industriali, civili, ecc...)

Permanenza spazio-temporale: ovvero i tempi e l'estensione territoriale coinvolti nella “dispersione” dell'inquinante. Infatti, a seguito della loro emissione in atmosfera, i composti sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione (secca e umida), e possono subire nel contempo processi di trasformazione chimico-fisica, che possono determinarne la rimozione o la generazione di inquinanti secondari; tutti questi processi condizionano la variabilità nello spazio e nel tempo degli inquinanti in atmosfera.

Effetti: descrizione dei principali bersagli sui quali può agire l'inquinante e gli effetti da esso prodotti. Gli inquinanti atmosferici possono produrre effetti nocivi, che variano in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle sue concentrazioni e dei tempi di permanenza in atmosfera.

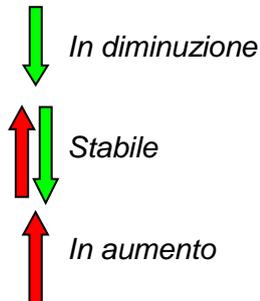
Misura: indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

Situazione: - condizione attuale  *Criticità assente*

 *Criticità moderata*

 *Criticità elevata*

- andamento negli anni dell'inquinante:



Limiti normativi: i limiti indicati dalla normativa cogente, identificati in relazione ai livelli di riferimento così descritti:

Soglia di informazione: 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 nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

Valori obiettivo: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

Obiettivo a lungo termine: livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀ - PM_{2.5}

Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2.5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino, ecc... , e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarmento delle polveri depositate sulle strade) e gli impianti di riscaldamento rappresentano le fonti più significative.
Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", imnesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃.
Permanenza spazio temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> - il PM₁₀, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il PM_{2.5}, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio , quali asma, bronchiti ed enfisemi . Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti. La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante ; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. I materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.
Misura <i>gravimetrica</i>	Il PM ₁₀ e il PM _{2.5} sono determinati mediante campionamento su filtro e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.
 Situazione <i>critica</i> 	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM ₁₀ , è in miglioramento e anche se nell'ultimo anno per la prima volta dall'inizio delle misure i limiti sono stati rispettati continua a rappresentare una delle criticità più significative in quanto le condizioni meteo climatiche ne influenzano fortemente l'andamento.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
PM10	24 ore	50 µg/m ³	35 per anno civile	1 gennaio 2005
	anno civile	40 µg/m ³		1 gennaio 2005
PM2.5	anno civile	25 µg/m ³		1 gennaio 2015

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

<p>Caratteristiche NO₂</p>	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO₂, N₂O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO₂ è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, perché, oltre ad essere tossici, svolgono un ruolo fondamentale nella formazione dello "smog fotochimico". Sono infatti importanti precursori dell'ozono in estate e del PM₁₀ in inverno.</p>			
<p>Fonte naturale antropica</p>	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'attività batterica sui composti dell'azoto, dall'attività vulcanica e dai fulmini: ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenti la fonte più significativa.</p>			
<p>Tipologia primario secondario</p>	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria. La maggior parte dell'NO₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, ed è quindi di natura secondaria.</p>			
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO₂ e quattro giorni per l'NO.</p>			
<p>Effetti salute ambiente materiali</p>	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO₂ sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti, e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.</p>			
<p>Misure chemiluminescenza</p>	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m³).</p>			
<p>Situazione stabile</p>  	<p>L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO₂ che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO₂, ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.</p>			
<p>Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010</p>	<p>Periodo di mediazione temporale</p>	<p>Valore limite</p>	<p>N° superamenti ammessi</p>	<p>Data di raggiungimento limite</p>
<p>Biossido di Azoto</p>	<p>1 ora anno civile</p>	<p>200 µg/m³ 40 µg/m³</p>	<p>18 per anno civile -</p>	<p>1 gennaio 2010 1 gennaio 2010</p>

OZONO

Caratteristiche O_3	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	È un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante), che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane), in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
Tipologia <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico.
Permanenza spazio temporale	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare. Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante. I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza.
Misura <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i>	La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di O_3 ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di O_3 è il microgrammo al metro cubo ($\mu g/m^3$).
 Situazione <i>critica</i> 	I superamenti dei riferimenti normativi continuano ad essere significativi a livello europeo nonostante la riduzione di lungo termine osservata negli ultimi 25 anni. Data l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, l'andamento delle concentrazioni di O_3 può variare considerevolmente negli anni ed è difficilmente controllabile.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	valore	N° superamenti ammessi
Soglia informazione Protezione della salute umana	Media oraria	180 µg/m ³	
Soglia di allarme Protezione della salute umana	Media oraria	240 µg/m ³	non più di 3 ore consecutive
Valore obiettivo Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³	25 volte per anno civile come media su 3 anni
Valore obiettivo Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 µg/m ³ ·h come media sui 5 anni	
Obiettivo a lungo termine Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³	
Obiettivo a lungo termine Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 µg/m ³ ·h	

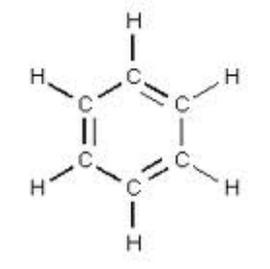
(**) Per AOT40 (espresso in µg/m³·h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

Caratteristiche SO₂	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità, e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di SO ₂ proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. La concentrazione di SO ₂ presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione impianti di riscaldamento domestici , alimentati con combustibili solidi o liquidi.
Tipologia <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio (asma, tracheiti, bronchiti) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono stati i principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide). Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO ₂ provoca danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale . L'azione sui materiali interessa maggiormente i metalli , nei quali viene accelerato il fenomeno di corrosione , ed i materiali da costruzione (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, diminuisce la resistenza meccanica dei materiali , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.
Misura <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO ₂ presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO ₂ presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³).
 Situazione <i>buona</i> 	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Ossido di Zolfo	1 ora	350 µg/m ³	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m ³	3 per anno civile	1 gennaio 2005

BENZENE

<p>Caratteristiche</p> <p>C_6H_6</p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente.</p> <p>Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio.</p> <p>Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia.</p> <p>È utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p>Fonte naturale antropica</p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli incendi boschivi e durante le eruzioni vulcaniche, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti.</p> <p>La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.</p> <p>Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentata dal fumo di tabacco.</p>
<p>Tipologia primario</p>	<p>È un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>
<p>Effetti salute</p>	<p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con accertato potere cancerogeno per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p>Misura Gascromatografia PID</p>	<p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>
<p> Situazione buona </p>	<p>I livelli in atmosfera di questo inquinante sono notevolmente diminuiti a seguito dell'introduzione, dal luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e grazie al miglioramento delle performance emissive degli autoveicoli.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	Valore limite	<i>N° superamenti ammessi</i>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
Benzene	Anno civile	5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	1 gennaio 2010

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Caratteristiche CO	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli incendi boschivi, le eruzioni dei vulcani, le emissioni da oceani e paludi.</p> <p>La fonte antropica più significativa è rappresentata dal traffico veicolare, in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo e fasi di decelerazione): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli impianti di riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche, gli inceneritori di rifiuti, per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.</p>
Tipologia <i>primario</i>	<p>Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.</p>
Permanenza spazio temporale	<p>Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.</p>
Effetti salute	<p>Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, ad elevate concentrazioni, esiti letali. A basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza. Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
Misure <i>Assorbimento IR</i>	<p>Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m³).</p>
 Situazione <i>buona</i> 	<p>Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmite catalitiche. Ciò ha determinato, nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, una riduzione significativa della sua concentrazione.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m ³	-	1 gennaio 2005

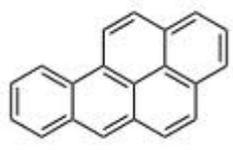
METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Caratteristiche Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali, tendono ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) e possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali (<i>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</i>) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <i>combustioni</i> , dai <i>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</i> e dalle <i>abrasioni dei materiali</i> .
Tipologia <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
Permanenza spazio temporale	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM ₁₀ .
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i>	I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: <i>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</i> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <i>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</i> .
Misura <i>ICP-MS da filtro PM₁₀</i>	La frazione fine del particolato (PM ₁₀) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente).
 Situazione <i>buona</i> ↓	Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	Data di raggiungimento valore obiettivo
Piombo	Anno civile	0.5 µg/m ³	1 gennaio 2005
	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6.0 ng/m ³	31 dicembre 2012
Cadmio	Anno civile	5.0 ng/m ³	31 dicembre 2012
Nichel	Anno civile	20.0 ng/m ³	31 dicembre 2012

(*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

IPA - Benzo(a)pirene

<p>Caratteristiche Benzo(a)pirene</p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.</p> <p>Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida.</p> <p>Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p>
<p>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano.</p> <p>La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi.</p> <p>Le fonti antropiche sono dovute ai processi di combustione incompleta di materiale organico e all'uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al traffico stradale sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane, mentre nelle aree rurali un importante contributo deriva dalla combustione della legna.</p>
<p>Tipologia <i>primario</i></p>	<p>È un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di qualche giorno o settimana; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione.</p>
<p>Effetti <i>salute</i></p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporta vari danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare.</p> <p>In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie. L'organo legislativo ha pertanto stabilito un valore obiettivo per tale composto.</p>
<p>Misura <i>GC da filtro PM₁₀</i></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM₁₀) contenuta in un volume noto di aria è raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana è sottoposta ad estrazione con solvente e nell'estratto i singoli composti degli IPA sono quantificati mediante tecnica gascromatografica.</p>
<p>Situazione <i>stabile</i></p>  	<p>L'andamento rileva una forte dipendenza stagionale e una situazione peggiore nelle stazioni rurali rispetto a quelle urbane a causa del contributo ascrivibile all'uso del legno come combustibile. L'andamento nel corso degli anni rileva comunque un miglioramento.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
Benzo(a)pirene	Anno civile	1.0 ng/m ³	31 dicembre 2012

(*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile