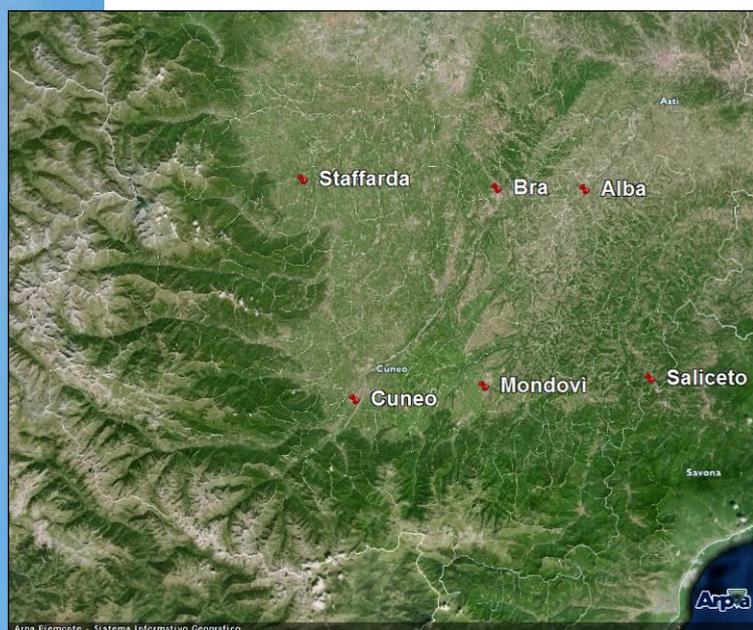


## DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD OVEST



## MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

**ANNO 2019**

## TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO



**MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

**SUL**

**TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO**

**ANNO 2019**

**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, Sergio Ogliano, 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 2020

## Indice

<b>PREFAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>LA RETE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>3</b>
<b>CONDIZIONI METEOCLIMATICHE DELL'ANNO 2019 .....</b>	<b>6</b>
<b>GLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002 ÷ 2019 .....</b>	<b>10</b>
MATERIALE PARTICOLATO .....	10
PM <sub>10</sub> .....	10
PM <sub>2.5</sub> .....	34
BIOSSIDO DI AZOTO – NO <sub>2</sub> .....	41
OZONO – O <sub>3</sub> .....	54
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO <sub>2</sub> .....	61
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO .....	62
I METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL .....	63
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI - BENZO(A)PIRENE .....	66
RIEPILOGO CONFRONTI NORMATIVI - ANNO 2019 .....	72
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>73</b>
<b><i>ALLEGATO - INQUINANTI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E LIMITI NORMATIVI.....</i></b>	<b><i>1</i></b>



## 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 presenti nel territorio provinciale.

La relazione presente illustra i dati dell'ultima annualità completa, il 2019, relativamente agli indicatori previsti dalla normativa, eseguendo i confronti con i valori limite e con gli anni precedenti di misura. 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 2020, fermandosi però al mese di febbraio al fine di evitare di inserire nelle valutazioni i mesi successivi, "anomali", anche dal punto di vista della qualità dell'aria, a causa del blocco delle attività imposto per il contenimento dell'emergenza COVID-19. Un'apposita relazione sarà dedicata ai dati della qualità dell'aria registrati in tali mesi.

Analogamente alle relazioni degli anni precedenti, 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 2019 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.

Complessivamente gli inquinanti considerati sono stati:

- Materiale Particolato - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>
- Biossido di azoto - NO<sub>2</sub>
- Ozono – O<sub>3</sub>
- Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub>
- 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 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.

Come nel 2018, anche nel 2019 nei mesi freddi dell'anno la meteorologia è stata particolarmente favorevole per la qualità dell'aria: precipitazioni e vento hanno determinato la periodica rimozione e la diluizione degli inquinanti ed impedito il verificarsi di lunghi periodi di accumulo. In tali condizioni meteorologiche i risultati degli sforzi messi finora in atto nella riduzione delle emissioni in atmosfera sono diventati evidenti.

Anche nella zona nord della provincia, rappresentata dalle stazioni di Alba e Bra, che per la posizione geografica risente maggiormente delle situazioni di accumulo e dell'inquinamento diffuso che caratterizza il bacino padano, la situazione è fortemente migliorata: per il secondo anno consecutivo i dati delle stazioni hanno rispettato i limiti imposti dalla normativa vigente per le polveri sottili e nel 2019 il numero di superamenti del limite giornaliero è ulteriormente diminuito.

Nel capoluogo, anche favorito dalla maggior ventilazione che caratterizza la zona sud della provincia, è stato raggiunto un record per la “bontà” della qualità dell’aria provinciale. Sono stati registrati solamente tre giorni di superamento del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> ed il contenuto di benzo(a)pirene delle polveri sottili, dall’inizio delle misure sempre molto inferiore a quello degli altri siti, si è ancora dimezzato raggiungendo il minimo storico della provincia di 0.1 ng/m<sup>3</sup>.

La meteorologia dell’estate 2019 ha invece peggiorato le criticità ancora esistenti per l’inquinamento da ozono, che oltre ad essere dannoso per la salute umana è anche un climalterante. Nonostante i trend di riduzione evidenziati dalle serie storiche, durante le ondate di calore dell’estate 2019 sono stati registrati superamenti della soglia di informazione presso la stazione di Alba e del valore obiettivo in tutti i siti di misura.

Considerando anche che i primi due mesi del 2020 si sono conclusi, in tutte le stazioni della provincia, con un numero di superamenti del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> maggiore di quello di tutto il 2019 a causa delle condizioni poco favorevoli alla dispersione che si sono verificate, non si può purtroppo affermare che il processo virtuoso intrapreso nella riduzione degli inquinanti si possa considerare concluso. In presenza di effetti sempre più importanti dei cambiamenti climatici in atto, diventa via via più evidente quanto essi condizionino anche i livelli degli inquinanti dannosi per la salute, di cui la qualità dell’aria si occupa. 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, occorre continuare a perseguire la riduzione delle emissioni in atmosfera già messa in atto, agendo anche su settori che mantengono a tutt’oggi ampi margini di miglioramento, come la combustione della biomassa e la zootecnia. E occorre intraprendere sempre più azioni integrate, che tengano conto delle retroazioni qualità dell’aria/clima e agiscano in modo positivo su entrambe le problematiche. Solo coniugando in modo opportuno misure tecnologiche di abbattimento, di efficienza energetica, 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



## 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 sopravento 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 2019, 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.

Per la stazione di Staffarda la misura giornaliera della frazione PM<sub>2.5</sub> è realizzata con campionatore automatico a raggi beta.

Nella stazione di Cuneo fino al luglio 2019 la presenza aggiuntiva di uno strumento automatico a sorgente beta per la determinazione delle concentrazioni orarie del PM<sub>10</sub> e del PM<sub>2.5</sub> ha garantito la disponibilità in tempo reale dei dati, utile ai fini modellistici. Tale strumento è stato spostato nella stazione di Bra, al fine di migliorare la gestione delle misure antismog, previste per le città di Bra e Alba nell'inverno 2019-2020. Esso è stato utilizzato come strumento di riferimento per l'attivazione dei livelli di allerta delle due città.

I parametri monitorati nelle stazioni, durante l'anno 2019, sono stati i seguenti:

	Ozono O <sub>3</sub>	Ossidi di Azoto NO <sub>x</sub>	Monossido di Carbonio CO	Biossido di Zolfo SO <sub>2</sub>	Benzene Toluene Xileni BTX	Materiale particolato PM <sub>10</sub>	Materiale particolato PM <sub>2.5</sub>	IPA e Metalli	Biossido di Carbonio CO <sub>2</sub>
Alba	X	X			X	X		X	
Bra		X				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 (\* dall'agosto 2019)

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/>

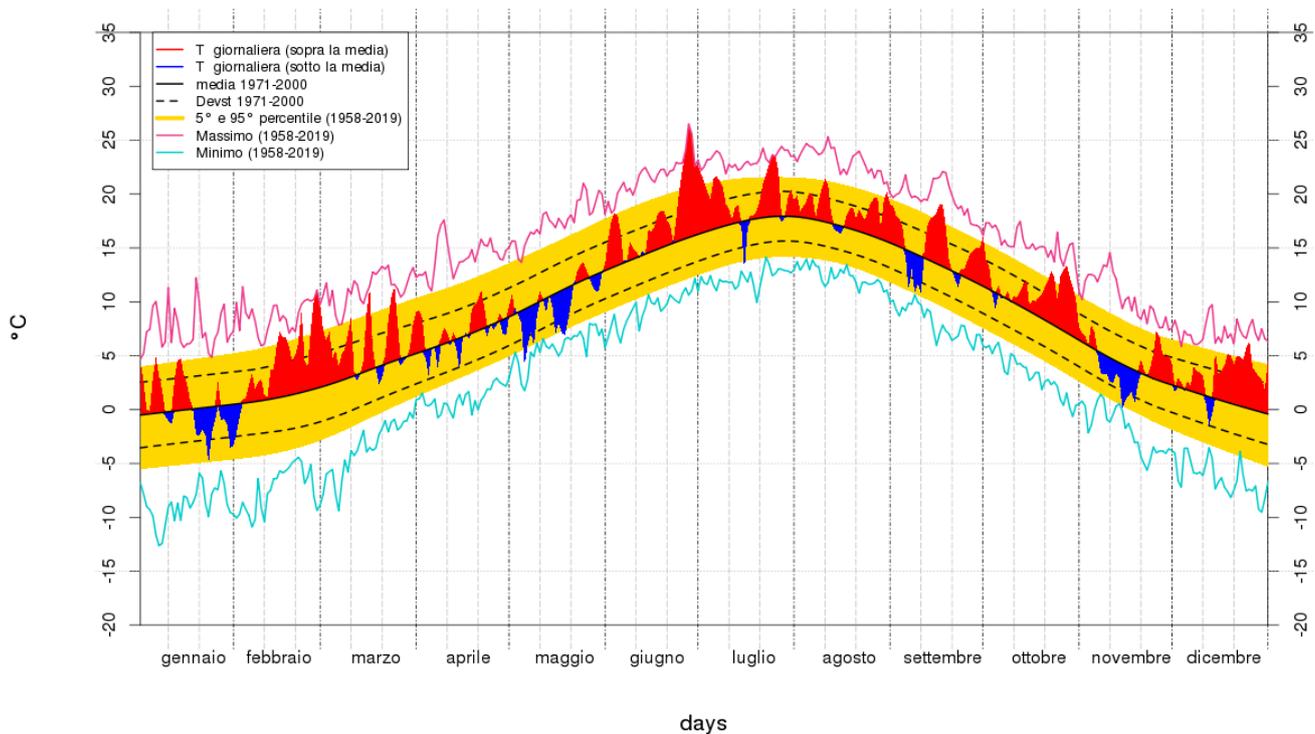
Tutte le relazioni tecniche relative alla qualità dell'aria, curate dal Dipartimento territoriale di Cuneo, sono scaricabili via internet all'indirizzo:

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

## Condizioni meteoclimatiche dell'anno 2019<sup>1</sup>

L'anno 2019 è stato il 5° più caldo osservato in Piemonte degli ultimi 62 anni, con un'anomalia media di circa +1.5°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. Tutti i cinque anni più caldi dell'intera serie storica appartengono all'ultimo decennio. L'analisi dell'andamento giornaliero della temperatura (figura 1) mostra come l'anomalia termica positiva abbia caratterizzato costantemente quasi tutta l'annata, a parte il mese di maggio, la prima metà di novembre e un periodo tra la fine di gennaio e l'inizio di febbraio. Il mese più caldo è stato luglio con 20.6°C medi, mentre gennaio è risultato il mese più freddo dell'anno, con 0.8°C.

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2019



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 08 June 2020 - ore 09:25

Figura 1) Andamento della temperatura media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2019 (valori riferiti ad un punto medio ideale posto a 900 m di quota)

Il contributo all'anomalia termica positiva è stato maggiore per le temperature massime (+1.8°C) rispetto alle minime (+1.2°C), anche se il 2019 è risultato il settimo anno più caldo per quanto riguarda le temperature massime ed il terzo per le temperature minime. Nel corso dell'eccezionale ondata di calore dei giorni 26-29 giugno, 46% dei termometri della rete di Arpa Piemonte hanno registrato il primato assoluto di temperatura massima. Il 27 giugno 2019 è risultato il giorno più caldo degli ultimi 62 anni in Piemonte (superando l'11 agosto 2003) mentre il 28 giugno 2019 ha avuto le temperature medie più elevate in pianura.

Il picco annuale del freddo è stato raggiunto il 23 gennaio 2019 mentre il 25 gennaio sono state registrate le temperature minime più basse in pianura.

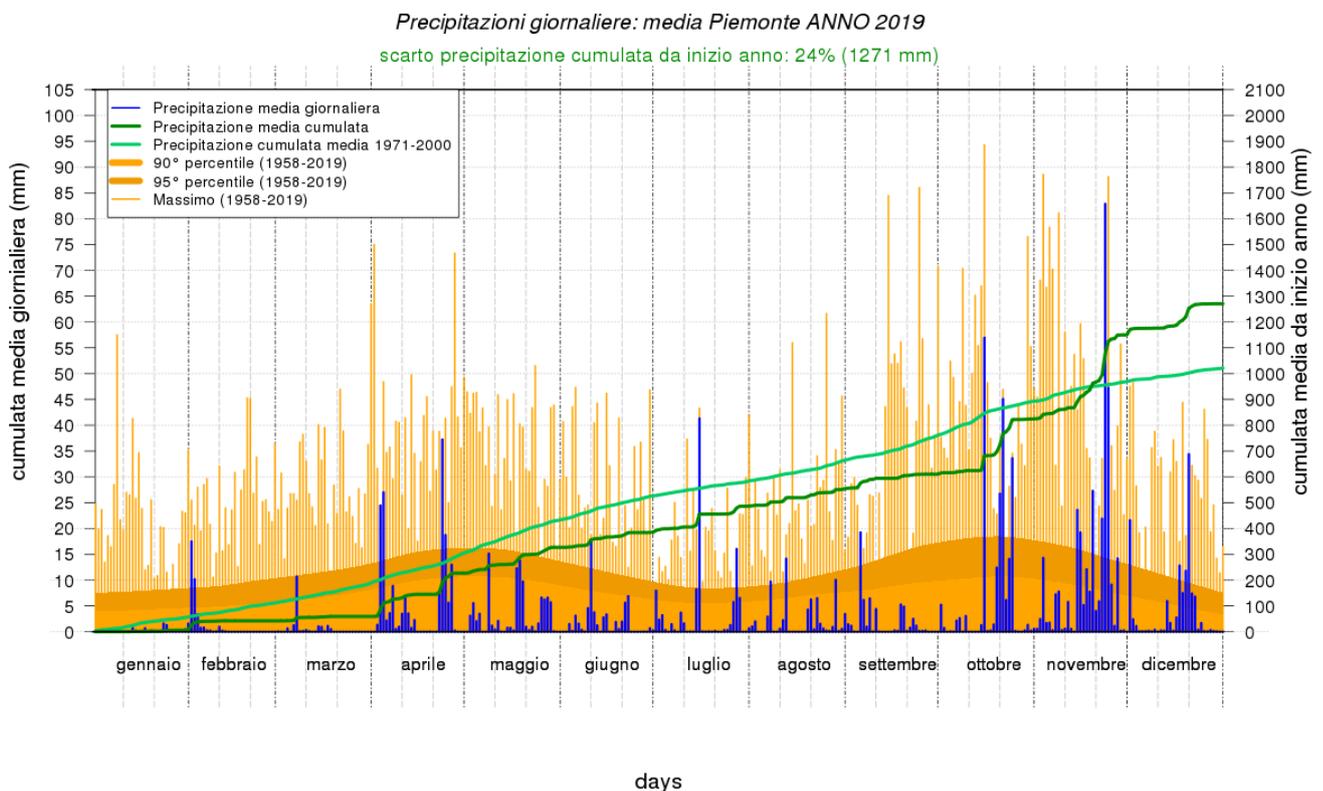
Il numero dei giorni di gelo ( $T$  minima  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ) a Boves (riferimento di temperatura per Cuneo) è stato di 77 contro i 75 della media 1991-2015 ed il numero dei giorni estivi ( $T$  massima  $> 30^{\circ}\text{C}$ ) è stato di 19 contro i 14 delle media.

<sup>1</sup> Estratto da "Il clima in Piemonte – Anno 2019" Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Febbraio 2020

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2019 in Piemonte sono state pari a 1271 mm e sono risultate superiori alla norma 1971-2000, con un surplus di circa 245 mm, che corrisponde al 24%; il 2019 è il 9° anno più piovoso nella distribuzione storica degli anni 1958-2019.

Da metà ottobre a fine novembre, l'anomalia di precipitazione (figura 2) è passata da -25% a +20% grazie a due eventi pluviometrici intensi, il primo si è verificato nei giorni 19-24 ottobre ed il secondo tra il 22 ed il 25 novembre. Nel corso di quest'ultimo si sono verificate situazioni di criticità nel territorio piemontese e il pluviometro di Gavi (AL) ha registrato 432.2 mm in 12 ore e 480 mm in 24 ore che rappresentano i primati assoluti per le stazioni piemontesi della rete di Arpa Piemonte. Oltre che in questi due eventi, record assoluti di precipitazione in 24 ore si sono verificati anche il 15 luglio durante un prolungato evento temporalesco.

Gennaio con soli 9.5 mm medi è risultato il mese più secco dell'annata. Nonostante l'anomalia pluviometrica positiva è prevalente il numero dei mesi, sette, in cui la precipitazione è risultata inferiore alla norma.



*Figura 2) Andamento della precipitazione cumulata giornaliera media sul Piemonte per l'anno 2019 (valori riferiti ad un punto medio posto a 900 m di quota)*

La figura 3 mostra la precipitazione totale nell'anno 2019 in Piemonte; le zone che hanno ricevuto la maggiore quantità di pioggia annua sono il Verbano, i rilievi appenninici ed i settori settentrionali delle province di Biella e Torino, mentre le pianure hanno avuto precipitazioni inferiori.

L'esame della mappa con le anomalie annuali di precipitazione rispetto al periodo 1971-2000 (Figura 4) mostra come, nuovamente, la provincia di Verbania e l'Appennino Alessandrino abbiano avuto il maggiore scostamento positivo, mentre su alcuni settori delle province di Novara, Vercelli, Biella e Torino le precipitazioni siano state inferiori rispetto alla norma.

In tutti i capoluoghi il numero di giorni piovosi nel 2019 è stato superiore alla media del periodo 1991-2015.

Precipitazione annuale (mm) – anno 2019

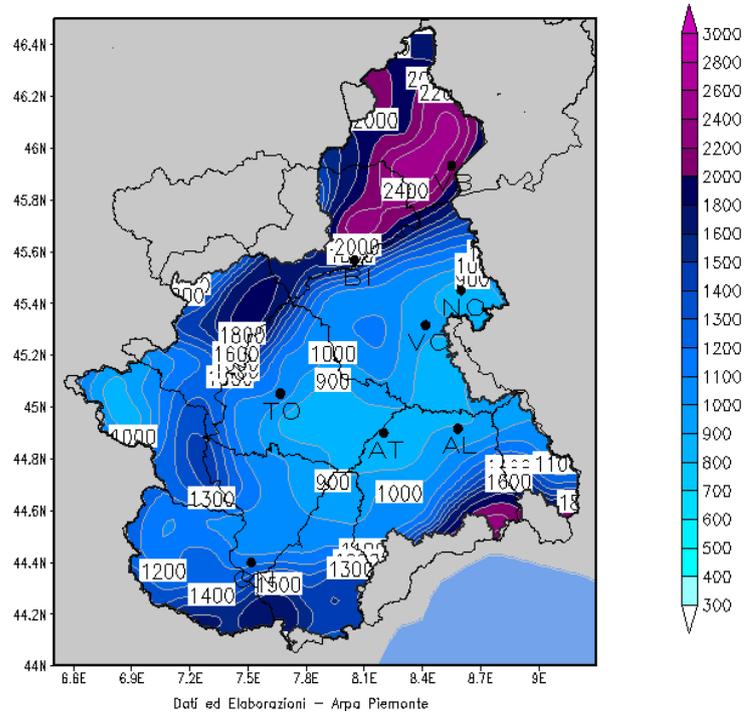


Figura 3) Valore cumulato annuo della precipitazione sul Piemonte nel 2019

Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2019  
 Periodo di riferimento 1971-2000

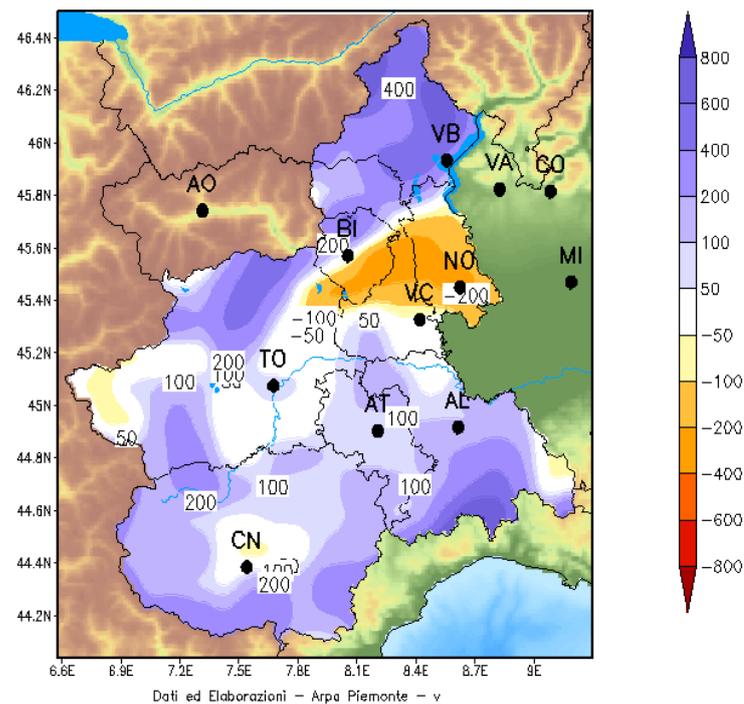


Figura 4) Anomalia percentuale di precipitazione per l'anno 2019 rispetto alla norma 1971-2000

Nel 2019 le prime precipitazioni a carattere nevoso si sono verificate tra il 23 ed il 24 gennaio. Esse hanno interessato anche la pianura di tutta la regione ed in particolare il basso Piemonte, con 25 cm di neve a Cuneo, 15 cm ad Asti, 10 cm ad Alessandria, 5 cm a Torino e pochi cm sugli altri capoluoghi. L'evento più rilevante dell'inverno 2018-19 si è verificato il 1° febbraio quando i nivometri situati a bassa quota hanno registrato circa 40 cm di neve nel Cuneese, a Cuneo Cascina Vecchia e Boves, 15-20 cm sull'Appennino alessandrino, 12 cm ad Asti e 10 cm a Caluso (TO), mentre sul resto della regione i valori cumulati sono stati inferiori, con circa 4 cm a Torino Giardini Reali. Nel pomeriggio successivo sono riprese le nevicate a bassa quota che hanno apportato circa 10 cm sul basso Piemonte, sui settori in prossimità dell'Appennino, 5 cm ad Asti e Bra (CN) e 3 cm a Torino Giardini Reali.

Nell'autunno un evento con quota neve relativamente bassa per il periodo, intorno ai 300-400 m nel Cuneese, si è verificato tra il 14 ed il 15 novembre, quando a Cuneo città sono caduti 20 cm di neve.

Nel 2019 si sono avuti, complessivamente sulla regione, 86 giorni di foehn che rappresentano il maggior numero di giorni con foehn dal 2000, superando così il precedente valore massimo di 84 registrato nel 2009 e nel 2017.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
<b>2019</b>	19	7	16	3	5	2	6	1	2	5	7	13
<b>Media 2000-2015</b>	9	7	8	4	5	3	5	4	5	4	5	7

Tabella 3) Numero di giorni di foehn per mese

L'anno 2019 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 9 episodi rispetto ai 23 attesi dalla climatologia recente del periodo 2004-2018, ossia il 39%. Si tratta del secondo valore più basso dopo l'anno 2018 da quando è attiva la rete dei visibilimetri ARPA (dal 2004). Invece i giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) sono risultati 98, rispetto ai 124 attesi, con un deficit del 21%.

## Gli inquinanti nel periodo 2002 ÷ 2019

### Materiale particolato

#### PM<sub>10</sub>

La normativa vigente per la qualità dell'aria stabilisce, per le polveri sottili (PM<sub>10</sub>), un limite sulla concentrazione giornaliera pari a 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile e un limite sulla media annua pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. 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 PM<sub>10</sub> incidenti mediamente su tutto il territorio provinciale.

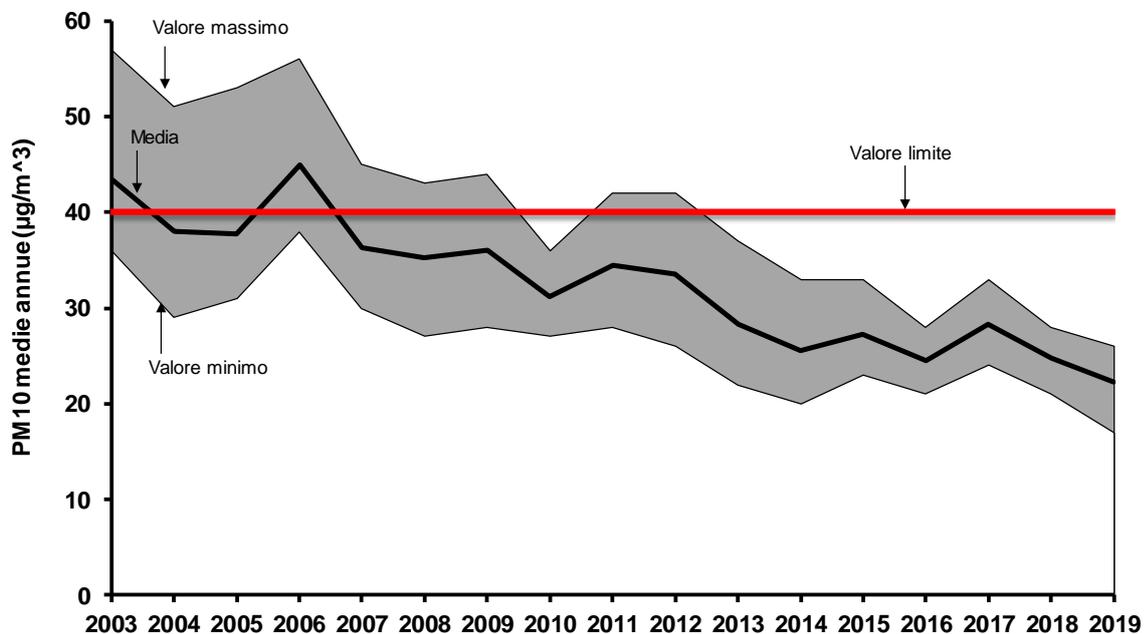


Figura 5) PM<sub>10</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

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, la situazione nel 2018 aveva registrato i valori più bassi della serie storica e nel 2019 tali valori si sono ancora abbassati.

La figura 6, che rappresenta i numeri di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> 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 e nel 2019 il numero di superamenti è ulteriormente diminuito.

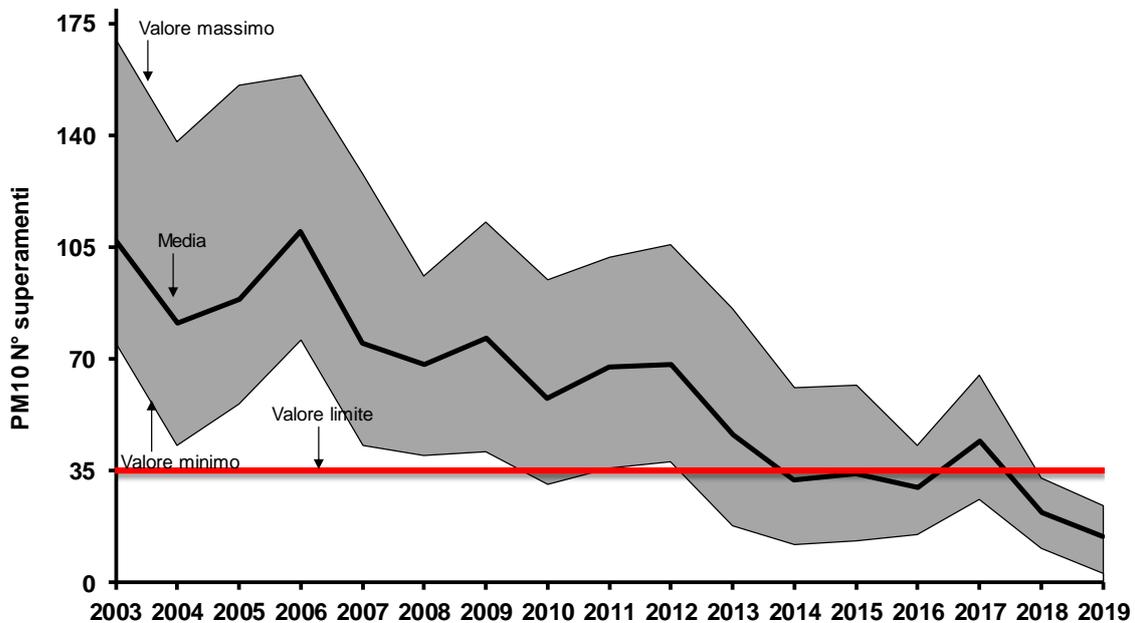


Figura 6)  $PM_{10}$ : Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rilevati dalle stazioni della provincia.

Complessivamente, sul numero medio provinciale<sup>2</sup> di superamenti per anno dal 2003 al 2019 (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  $-5.01$  superamenti/anno ed un intervallo di confidenza al 95% compreso tra  $-6.1$  e  $-4.23$  superamenti/anno.

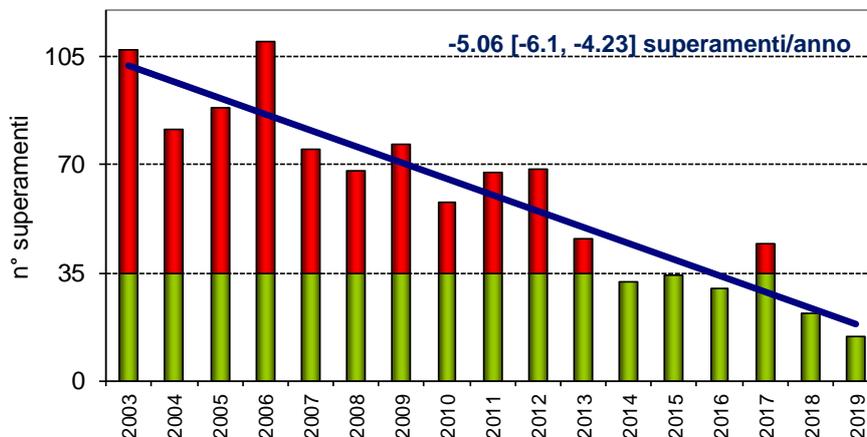


Figura 7)  $PM_{10}$ : numero medio di superamenti del limite giornaliero delle stazioni della provincia con misura attiva dal 2003 (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

<sup>2</sup> I dati della stazione di Mondovì sono esclusi anche da tali valutazioni in quanto la misura del  $PM_{10}$  è stata attivata dal 2014

Nonostante il miglioramento complessivo, l'inquinamento da polveri sottili nella provincia di Cuneo continua ad essere caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti a emissioni locali intense. 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", ovvero che si diffondono ovunque, 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 Cuneo<sup>3</sup>.

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 PM<sub>10</sub> registrati presso le stazioni attive nel 2019 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.

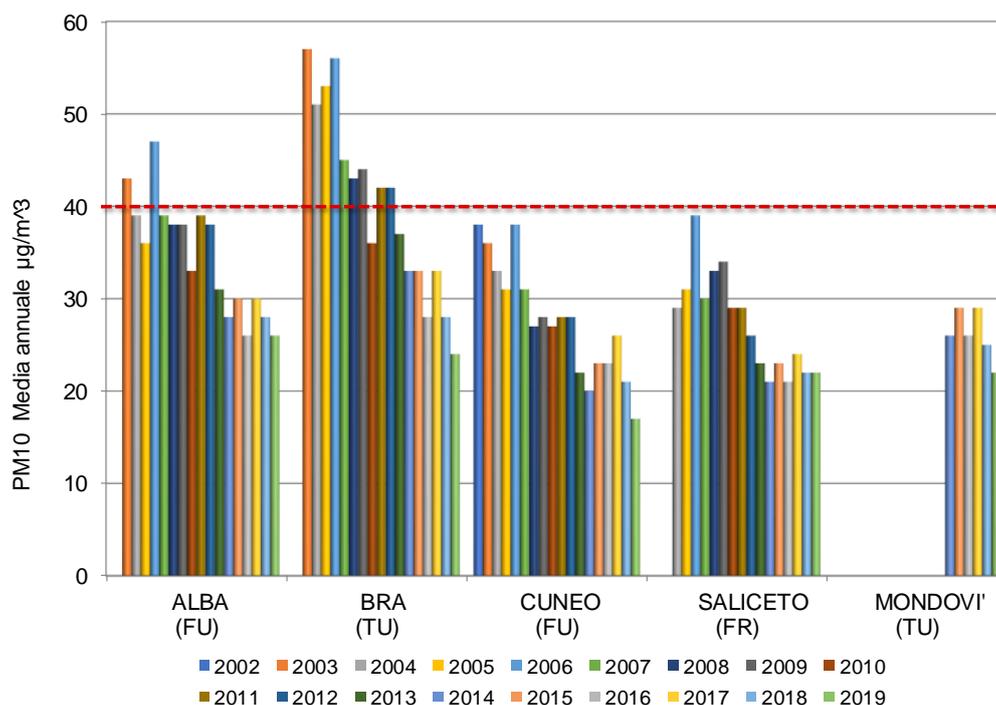


Figura 8) PM<sub>10</sub>: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%)

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, nel 2019 presenti valori inferiori o per lo meno simili a quelli dei quattro anni precedenti.

<sup>3</sup> Studio sulla qualità dell'aria nel territorio del quadrante Nord Ovest della provincia di Cuneo - Luglio 2013 - maggio 2014 - Arpa Piemonte, Dipartimento di Cuneo e successivi monitoraggi disponibili alla pagina: <https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria>

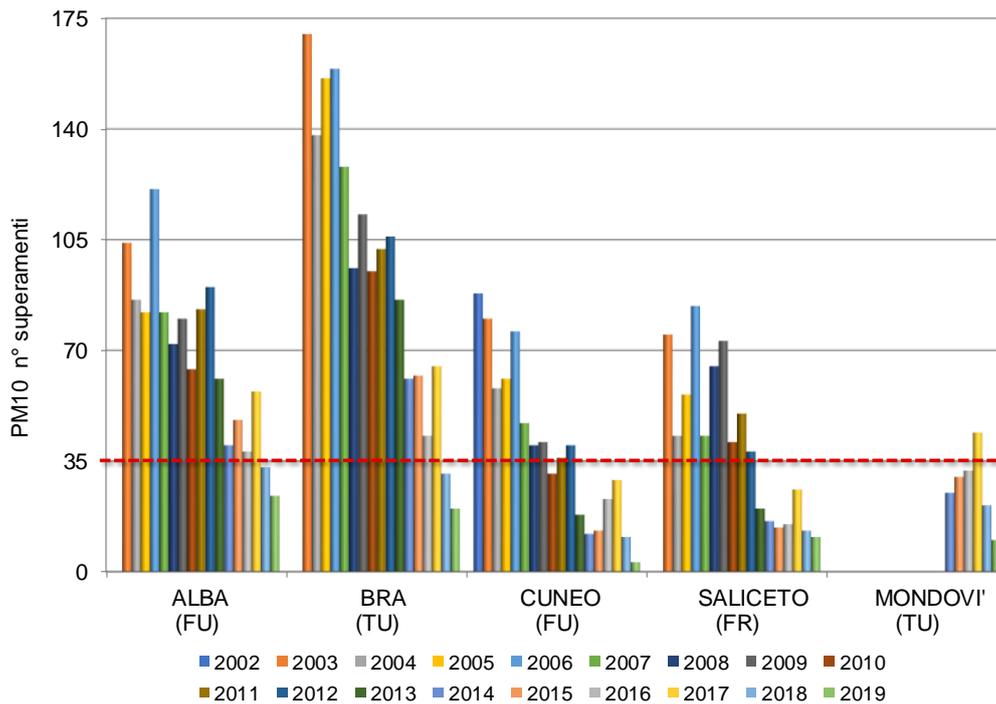


Figura 9) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati >=90%).

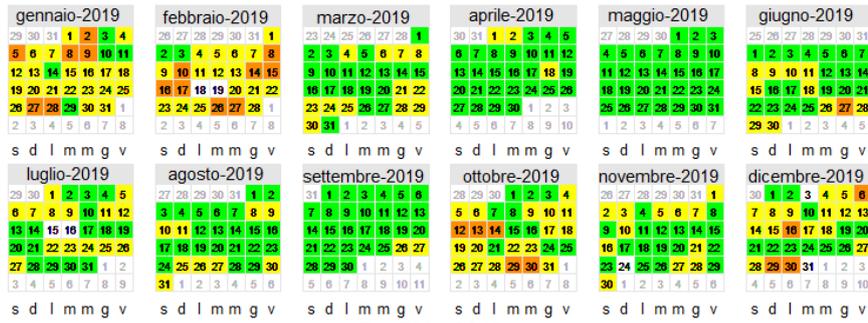
Il grafico di figura 9 dimostra come nel 2019 in tutte le stazioni della provincia il numero di superamenti del limite giornaliero sia ulteriormente diminuito rispetto ai valori minimi registrati nel 2018. Emerge il forte miglioramento registrato nelle stazioni della zona nord della provincia, che per la loro posizione geografica risentono maggiormente delle situazioni di accumulo e dell'inquinamento diffuso che caratterizza il bacino padano: dopo il 2018, primo anno con superamenti del limite giornaliero inferiori ai 35 consentiti dalla normativa, nel 2019 il loro numero si è ancora ridotto, arrivando solamente a 24 ad Alba e 20 a Bra.

A Mondovì, dove la misura del PM<sub>10</sub> è iniziata dal 2014 con lo spostamento della stazione in via Torino, il numero massimo di superamenti è stato registrato nel 2017, quando si era sforato per la prima volta il limite stabilito per le concentrazioni giornaliere (44 superamenti contro i 35 concessi). A causa delle emissioni locali del traffico veicolare che percorre via Torino, i dati dei diversi anni di misura descrivono 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, tuttavia nel 2019 il numero di superamenti è stato solamente pari a 10, valore del tutto analogo a quello registrato a Saliceto (pari a 11).

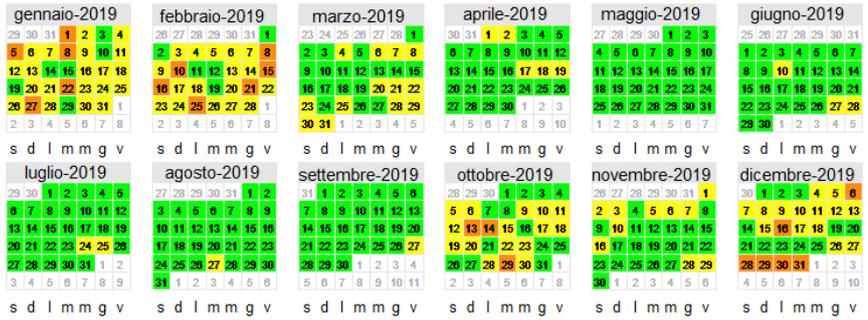
Per la stazione di Cuneo in tutto il 2019 si sono verificati solo 3 superamenti, minimo assoluto di tutta la rete di misura provinciale.

Nei grafici a calendario della figura seguente, la scala di colore permette di individuare quattro differenti livelli di concentrazione di PM<sub>10</sub> ed i giorni del 2019 in cui sono stati registrati i superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> in ciascuna stazione di misura. Principalmente le concentrazioni più elevate ed i superamenti sono stati riscontrati nei mesi di gennaio, febbraio, ottobre e dicembre.

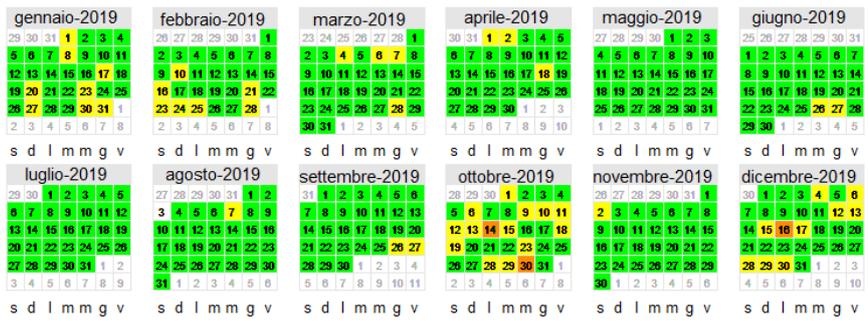
**Alba PM<sub>10</sub> 2019**



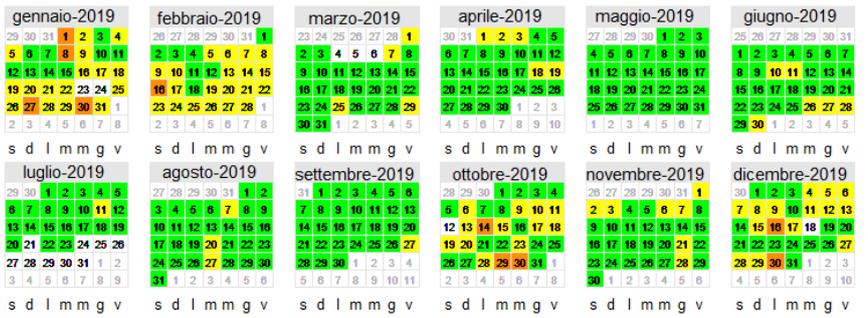
**Bra PM<sub>10</sub> 2019**



**Cuneo PM<sub>10</sub> 2019**



**Mondovì PM<sub>10</sub> 2019**



**Saliceto PM<sub>10</sub> 2019**

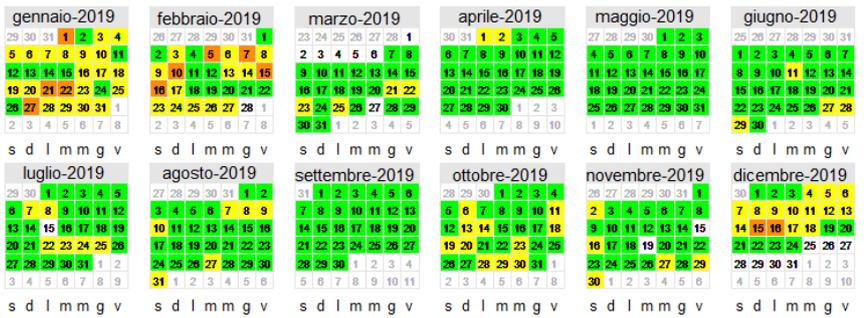


Figura 10) PM<sub>10</sub>: livelli di concentrazione giornaliera rappresentati con scala colore.

## La situazione regionale nel 2019

Ampliare lo sguardo ai livelli di inquinamento da polveri sottili di tutta la regione Piemonte permette di meglio comprendere la situazione provinciale. Nei due grafici che seguono sono raffigurate in ordine decrescente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dell'anno 2019 per le stazioni della rete regionale che hanno raggiunto la percentuale di dati validi del 90% richiesta dalla normativa. 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 2017 e 2018, ove disponibili.

Dalle informazioni contenute in tali grafici emerge come i dati del 2019 confermino il diffuso miglioramento registrato nell'anno precedente rispetto al 2017.

Nel 2019, come già nel 2018, è stato rispettato il limite sulla media annuale in tutte le stazioni della rete di monitoraggio (figura 11), con valori che, nella maggior parte dei casi, sono inferiori anche alle medie dell'anno precedente.

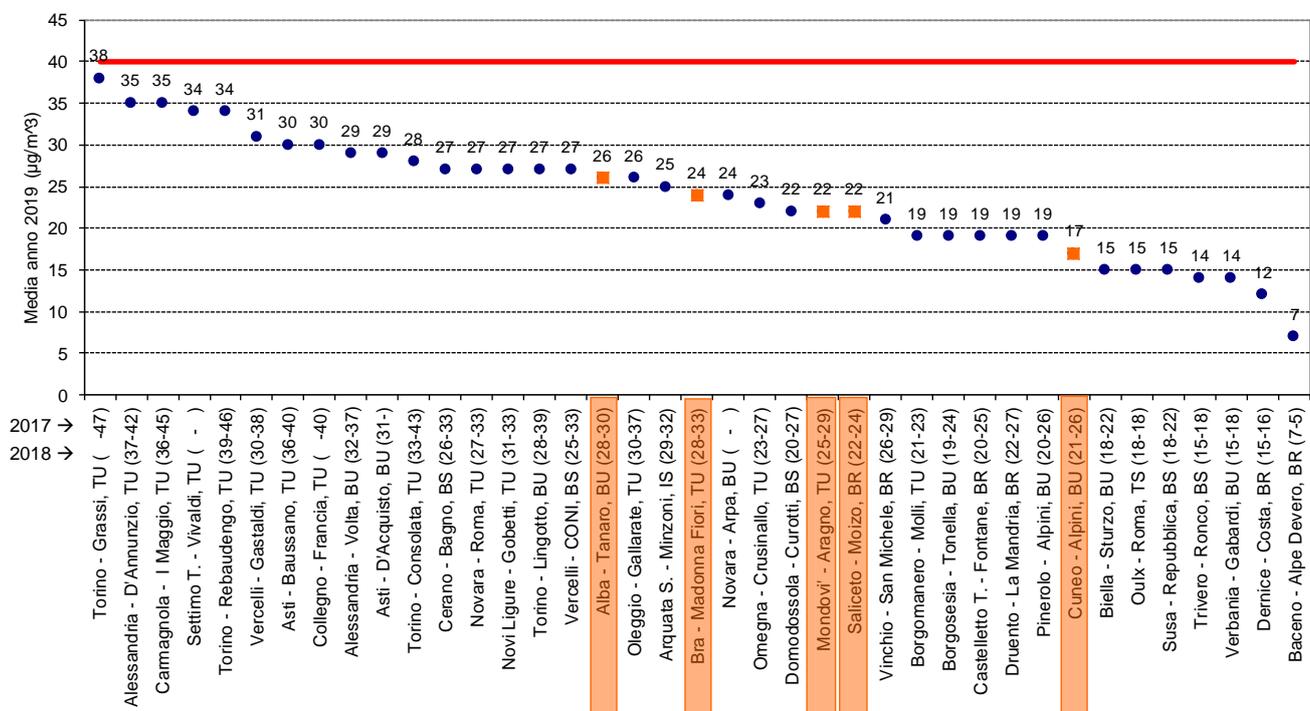


Figura 11)  $PM_{10}$ : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2019 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2018 e del 2017; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Nel 2019 il numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (figura 12) è stato superiore ai 35 consentiti per anno civile in 14 delle 39 stazioni considerate, che corrispondono al 36% delle stazioni della rete regionale. Nel 2017, il più recente "anno critico" che ha registrato peggioramenti della qualità dell'aria, lo sfioramento del limite giornaliero era stato riscontrato nel 70% delle stazioni.

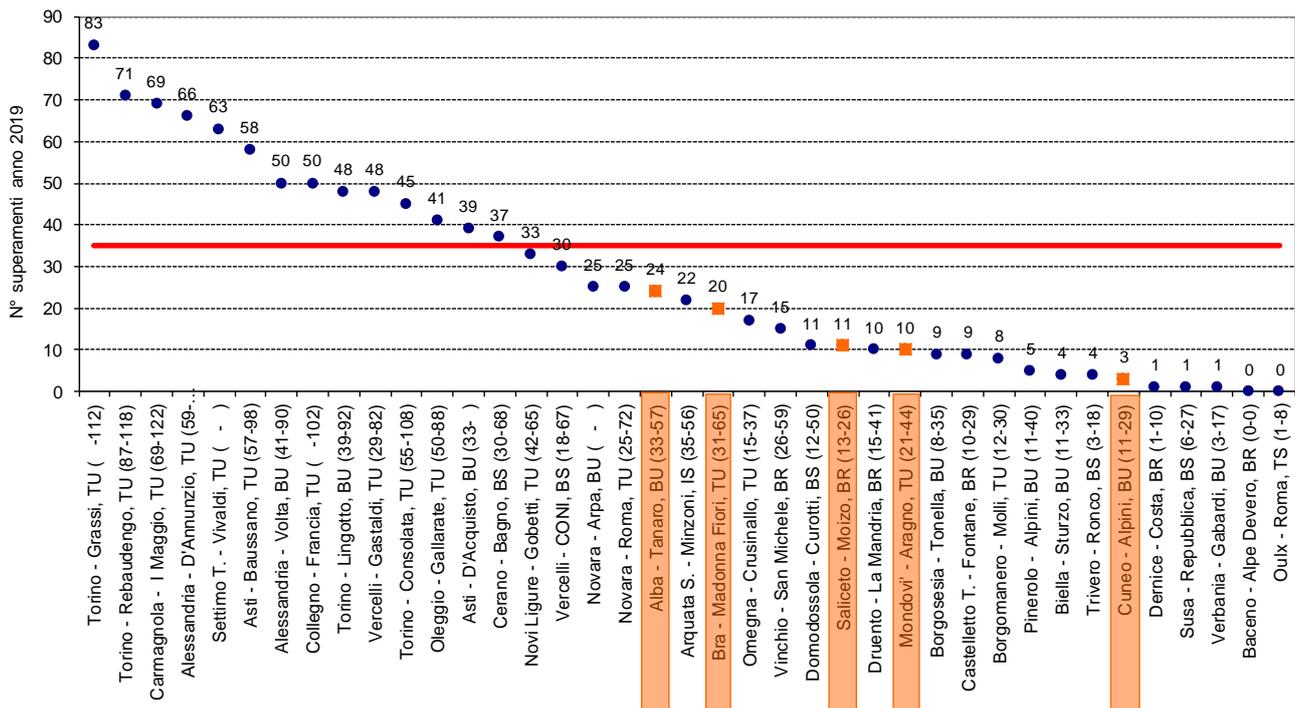


Figura 12) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2019 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2018 e del 2017; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

La situazione di miglioramento dell'inquinamento da polveri già riscontrata nel 2018 è stata confermata nel 2019 non solo in Piemonte, ma anche nelle altre regioni del bacino padano, dove le concentrazioni di polveri sono state tra le più basse di tutte le rispettive serie storiche.

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> sono rappresentate sulla mappa regionale nelle figure 13 e 14 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.

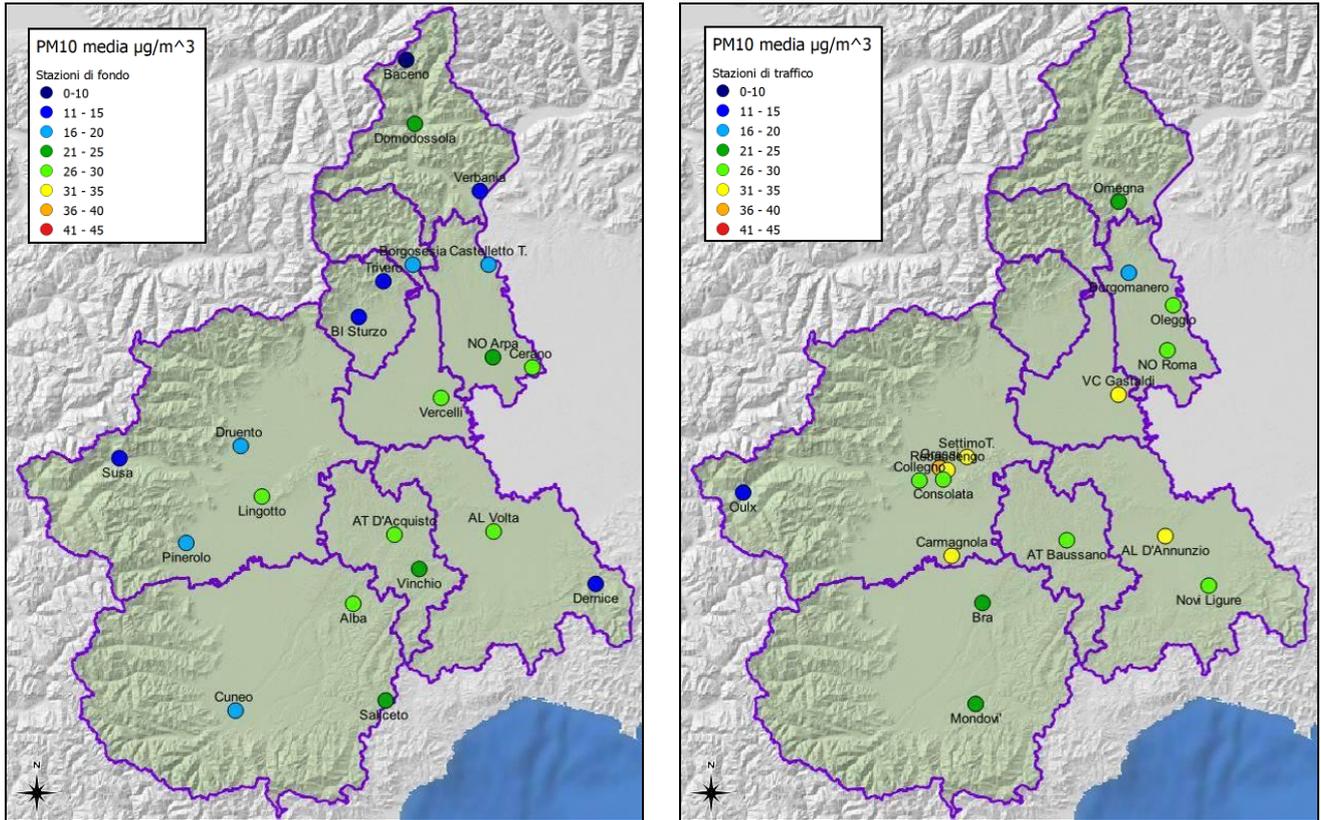


Figura 13) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie dell'anno 2019 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

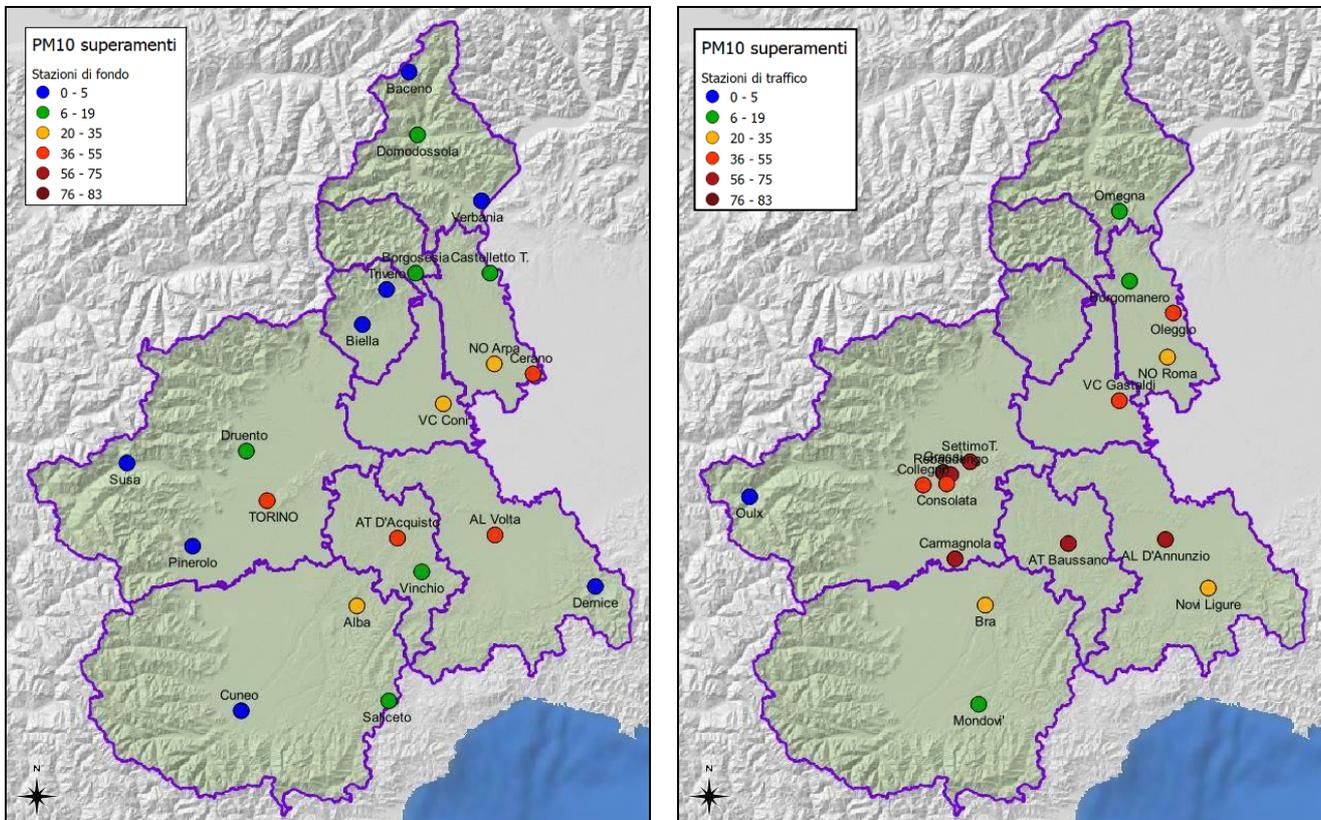


Figura 14) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti della concentrazione giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'anno 2019 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

## Le concentrazioni del 2019 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 PM<sub>10</sub> 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 15). Esaminando la serie dal 2003 al 2019 si osserva come, dopo un 2017 con precipitazioni molto limitate, nei due anni seguenti esse siano state decisamente abbondanti, sia in termini di quantitativi cumulati che di numero di giorni con precipitazioni<sup>4</sup>. Nello stesso grafico sono rappresentati anche il numero medio di superamenti del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> 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 evidente come le precipitazioni atmosferiche contribuiscano a determinare le oscillazioni inter-annuali del numero di superamenti.

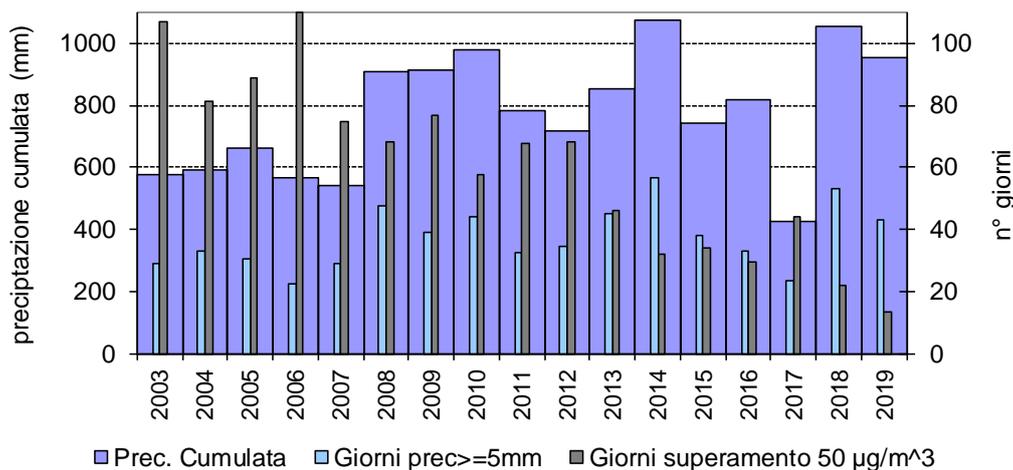


Figura 15) Medie provinciali della precipitazione cumulata, del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM<sub>10</sub> (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo 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 16). Per entrambi i periodi, all'aumentare dei giorni con precipitazioni (asse x), diminuiscono in modo lineare sia la media annua del PM<sub>10</sub> che il numero di giorni di superamento<sup>5</sup> (asse y). Le pendenze delle rette di correlazione dimostrano tuttavia come la dipendenza dal numero di giorni di pioggia fosse molto più forte nel periodo 2003÷2014 rispetto agli ultimi anni. Questo significa che negli anni più recenti si riescono a mantenere valori contenuti di superamenti e di concentrazioni medie anche nelle annate in cui il numero

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> Correlazioni statisticamente significative, ad esclusione di quella tra Media PM<sub>10</sub> e Giorni precipitazioni del periodo 2015-2018.

di giorni di pioggia sono limitati. Ciò è sicuramente indice di un cambiamento del quadro emissivo ovvero di una sostanziale riduzione dei quantitativi di inquinanti emessi in atmosfera che si è verificata nel tempo.

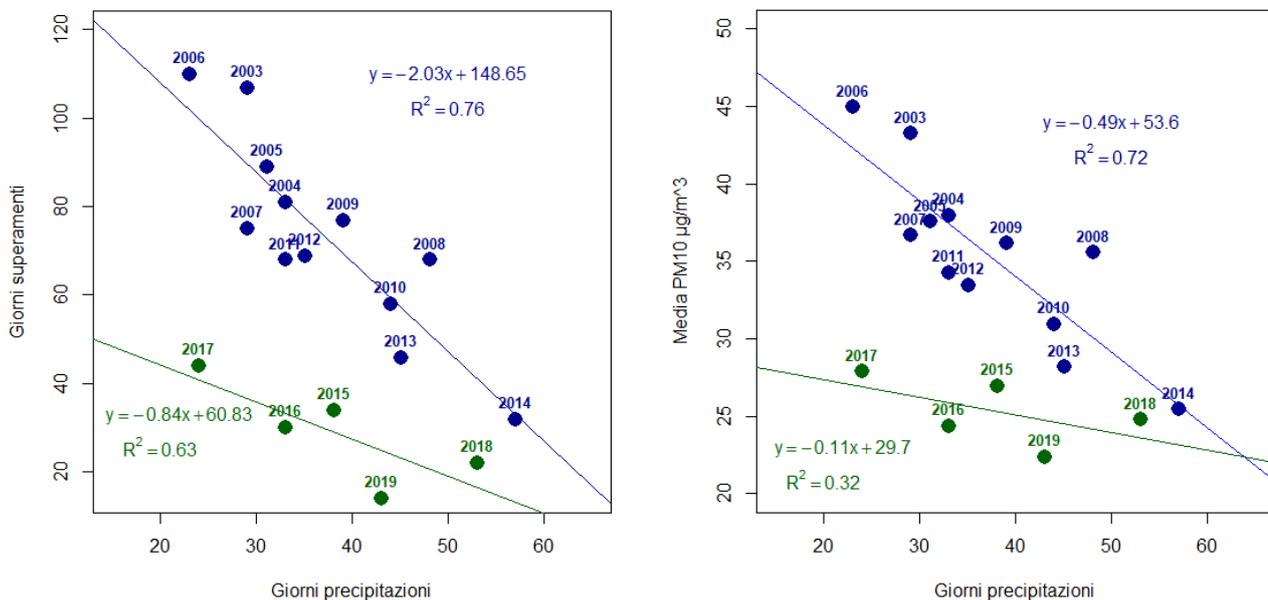


Figura 16) Numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei  $PM_{10}$  (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto) in funzione del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) a sinistra. Concentrazioni medie annue di  $PM_{10}$  (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  $PM_{10}$  misurate dalle diverse stazioni della provincia di Cuneo nell'anno 2019, nella figura 17 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. Solamente i dati misurati presso la stazione di Cuneo nel periodo invernale si sono mantenuti a livelli visibilmente inferiori rispetto alle altre stazioni. La differenza è più marcata dopo le nevicate del 23 gennaio e dei primi di febbraio, che hanno determinato il permanere di uno strato di neve al suolo a Cuneo fino alla seconda decade di febbraio.

Complessivamente nel 2019 non si sono verificati particolari periodi con condizioni meteorologiche di criticità per la qualità dell'aria e le concentrazioni di  $PM_{10}$ , anche quando superiori al limite giornaliero, sono sempre state inferiori a  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nei primi mesi dell'anno gli episodi di foehn che hanno favorito il rimescolamento dell'aria sono stati numerosi, ed

hanno evitato la crescita delle concentrazioni ai livelli elevati che l'assenza di precipitazioni che si è verificata avrebbe potuto determinare. Il carattere nevoso dei pochi eventi di precipitazione dell'ultima decade di gennaio e dei primi giorni di febbraio ha inoltre determinato una buona efficacia nell'abbattimento degli inquinanti. Dal mese di aprile le precipitazioni sono state frequenti e ben distribuite sul resto dell'anno. In particolare, le precipitazioni che si sono verificate negli ultimi tre mesi del 2019, oltre al foehn che è stato frequente nei periodi con tempo stabile e soleggiato, hanno garantito la periodica rimozione degli inquinanti anche in questo trimestre generalmente critico per il PM<sub>10</sub>.

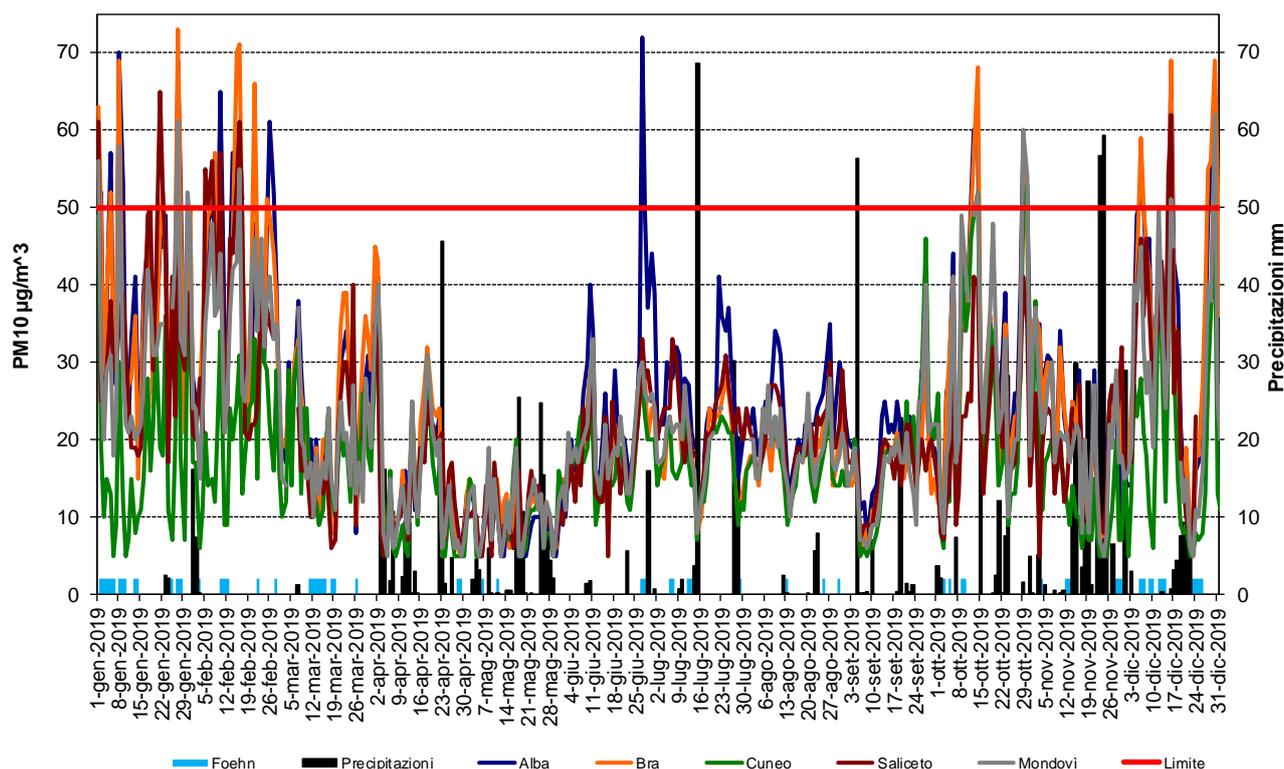


Figura 17) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2019.

Dal grafico di sinistra di figura 18 si può osservare come, tra i mesi generalmente interessati dall'inquinamento da polveri sottili, nel 2019 i giorni di pioggia siano stati prossimi al massimo del periodo 2003÷2018 negli ultimi tre mesi e "rari" nei primi tre mesi, quando però i giorni di foehn (grafico di destra) sono stati prossimi al massimo o alla media del periodo.

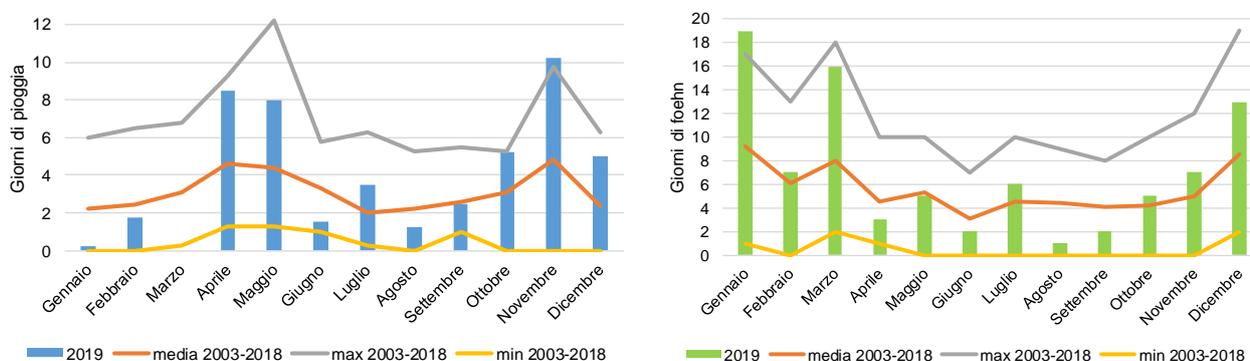


Figura 18) Numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto - grafico di sinistra). Numero di giorni con condizioni di foehn in regione (grafico di destra).

I grafici della figura seguente evidenziano come in tutti i mesi dello scorso anno i superamenti delle diverse stazioni di misura siano stati inferiori alla media e in taluni casi anche inferiori al minimo del periodo 2003÷2018. Nel capoluogo gli unici tre superamenti registrati si sono verificati a ottobre e dicembre.

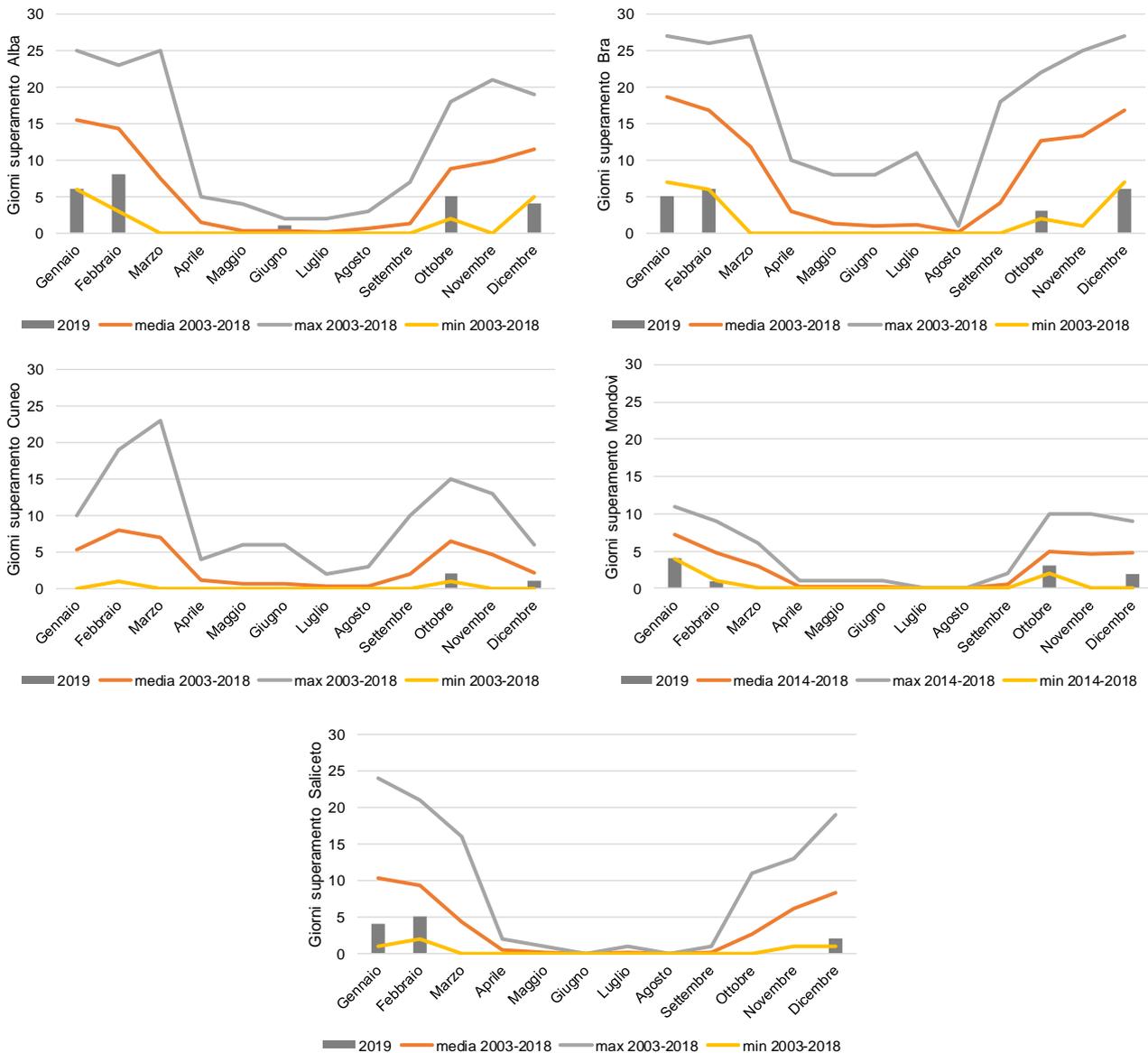


Figura 19) Numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei  $PM_{10}$  per le diverse stazioni della provincia di Cuneo nei mesi del 2019.

Sempre dai grafici di figura 19 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 dai dati delle stazioni meteo di Cuneo e Bra nei grafici di figura 20) risultano tuttavia molto contenute o comunque non tali da spiegare le differenze nei superamenti del limite giornaliero.

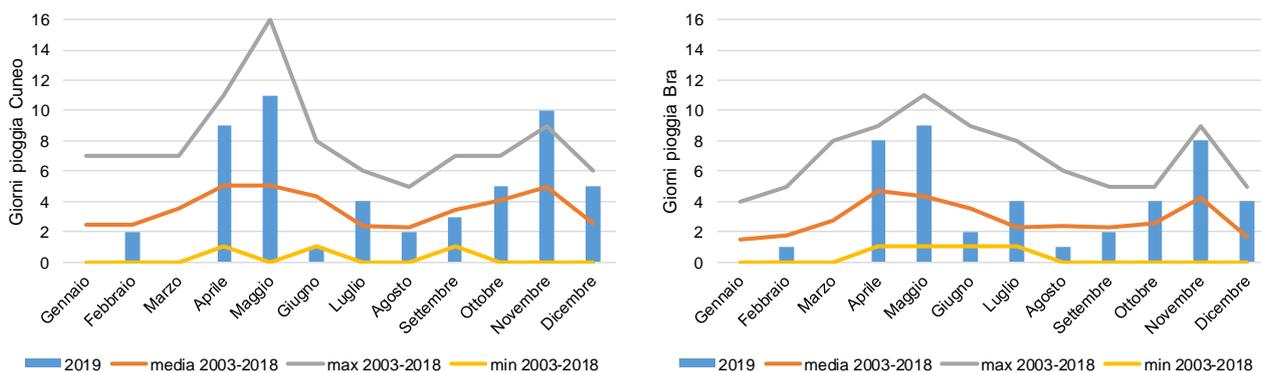


Figura 20) Numero di giorni con precipitazioni  $\geq 5$  mm registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Cascina vecchia (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

Se la variabilità spaziale tra le due zone considerate è limitata per le precipitazioni atmosferiche, risulta invece essere molto elevata per la ventosità: anche nel 2019 i giorni con velocità del vento superiore a 1.5 m/s sono stati molto più numerosi nella zona sud della provincia rispetto alla zona nord (figura 21), superando a Cuneo i valori massimi nei primi tre mesi dell'anno.

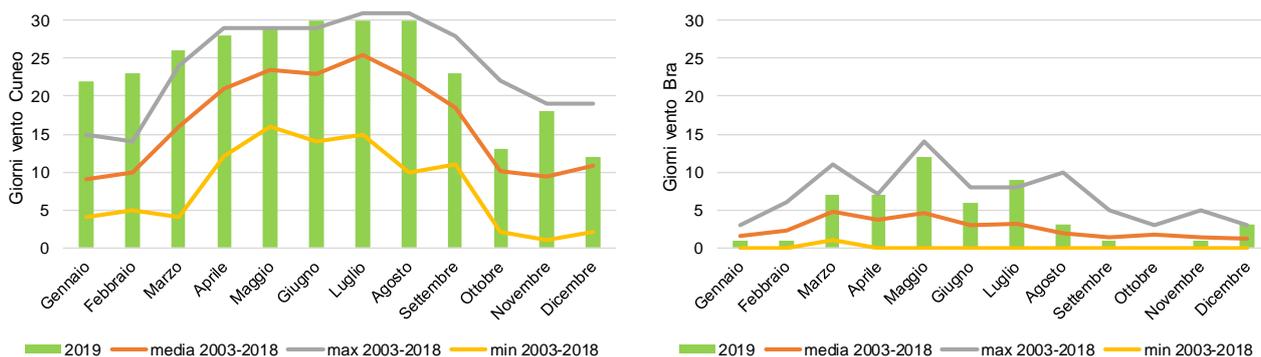


Figura 21) Numero di giorni con velocità media del vento  $> 1.5$  m/s registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Camera di Commercio (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

In che modo il vento influenzi le concentrazioni delle polveri sottili si può appurare dai grafici della figura 22, dove sia per Cuneo (a sinistra) che per Bra (a destra), sono rappresentate con box plots le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  degli ultimi cinque 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  $PM_{10}$  registrati nelle due tipologie di giornate considerate e pertanto l'efficacia del vento nel ridurre le concentrazioni delle polveri.

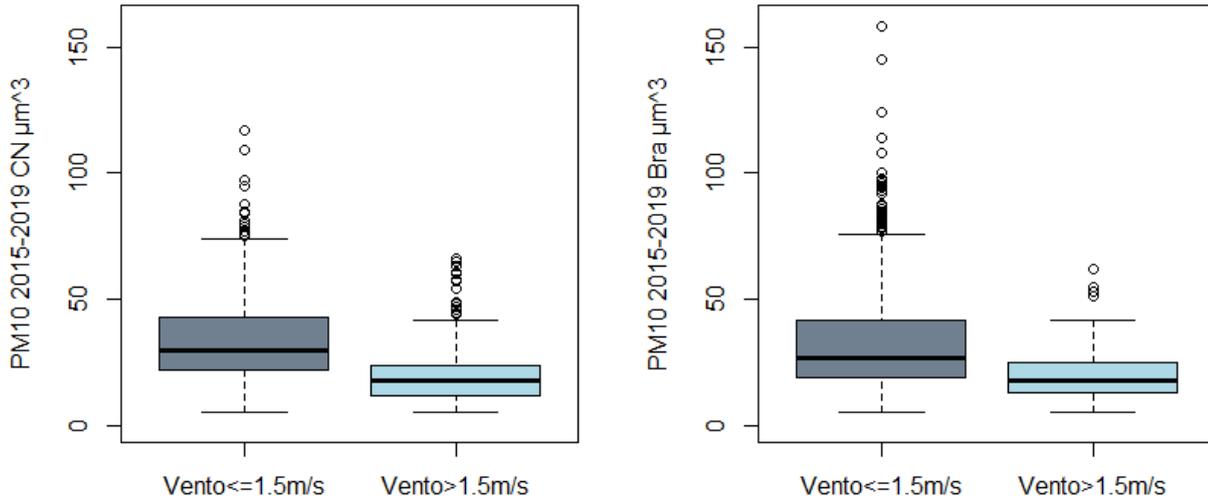


Figura 22) Box plots delle concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  di Cuneo (a sinistra) e Bra (a destra) degli anni 2015-2019 suddivise tra giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s e giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s.

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: le concentrazioni di  $PM_{10}$  sono state suddivise in classi (asse x) e le barre verticali (asse y) rappresentano i numeri di casi in cui le diverse classi di concentrazioni sono state registrate 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 Cuneo (figura 23) e Bra (figura 24).

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: la concentrazione media dei giorni con vento superiore a 1.5 m/s assume valori contenuti e simili per i due siti ( $19.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Cuneo e  $20.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Bra) e il numero di superamenti della soglia giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è limitato 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 polveri<sup>6</sup>: solamente 125 a Bra, 980 a Cuneo nei cinque anni considerati.

In conclusione, la maggior ventilazione che caratterizza la zona sud della provincia di Cuneo permette 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.

<sup>6</sup> Per poter valutare l'influenza del vento, sono stati considerati solamente i giorni senza precipitazioni nel giorno stesso e nel giorno precedente.

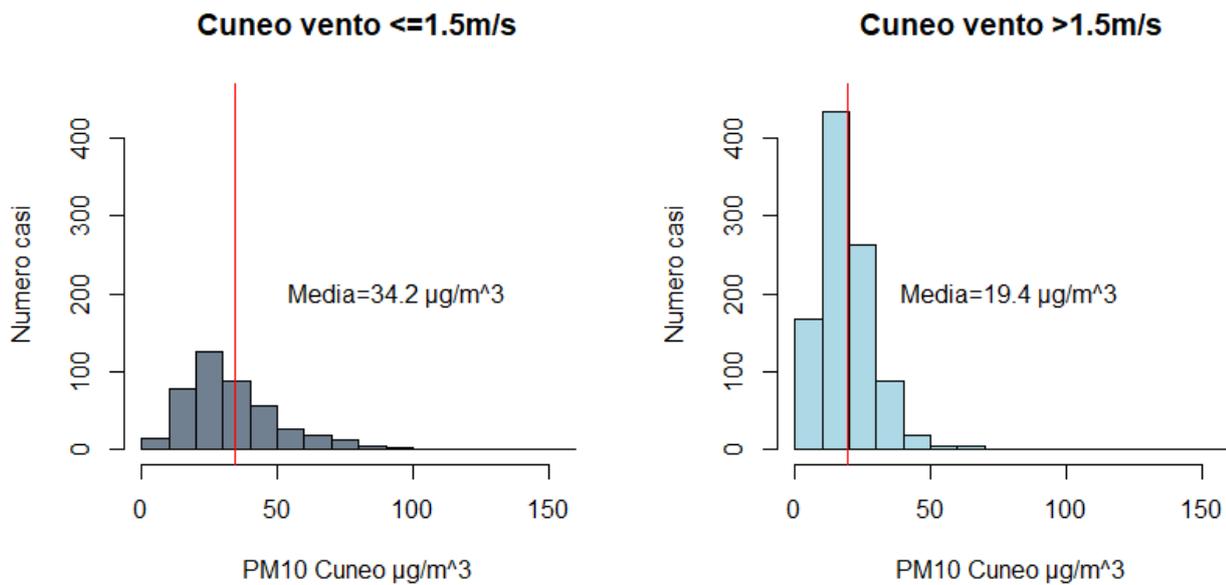


Figura 23) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> di Cuneo negli anni 2015÷2019 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

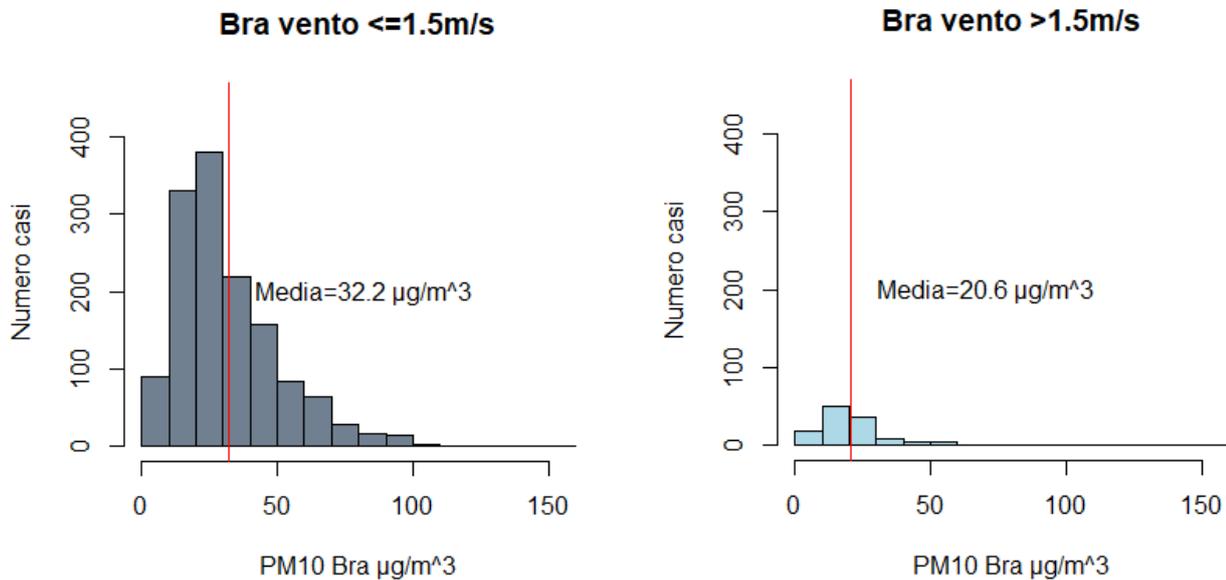


Figura 24) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> di Bra dell'anno 2015÷2019 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso 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 25. L'immagine in alto è stata ripresa il 12 febbraio 2019, in una giornata caratterizzata da condizioni di foehn sulla nostra regione. La seconda immagine è stata ripresa il 16 febbraio 2019, all'interno di un periodo in cui la presenza di un promontorio anticiclonico sull'Europa centro-occidentale determinava l'accumulo degli inquinanti nella pianura padana, visibili sotto forma di nebbiolina grigia. Nelle immagini è visibile anche la neve presente al suolo apportata dalle precipitazioni avvenute nei primi giorni del mese e la differenza di innevamento tra le due date. Le concentrazioni di PM<sub>10</sub> (PM<sub>2.5</sub> 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 diverse situazioni meteorologiche e la criticità del secondo periodo in cui si registrava il superamento del limite giornaliero in tutta la provincia ad esclusione della stazione di Cuneo (interessata anche in quella data da vento con velocità superiore a 1.5 m/s oltre che dall'innnevamento del suolo).

Le riduzioni registrate nel tempo dei livelli di inquinamento da PM<sub>10</sub> sono sicuramente attribuibili alle diminuzioni nelle emissioni in atmosfera, le elaborazioni condotte permettono tuttavia di concludere che le condizioni meteorologiche continuano ad avere una forte influenza sui livelli di concentrazioni delle polveri sottili. Nel 2019, la frequenza delle precipitazioni e degli episodi di foehn hanno contribuito a rendere l'anno come il migliore per l'inquinamento da polveri sottili da quando è stata attivata la rete di rilevamento regionale. La maggior ventilazione che caratterizza la zona sud della provincia ha ridotto ulteriormente i livelli qui presenti di inquinanti rispetto alla zona nord determinando un record per la "bontà" della qualità dell'aria della provincia di Cuneo.

L'anno in corso invece si è aperto con condizioni poco favorevoli alla dispersione e, in tutte le stazioni della provincia, i primi due mesi del 2020 si sono conclusi con un numero di superamenti del limite giornaliero maggiore a quello di tutto il 2019.

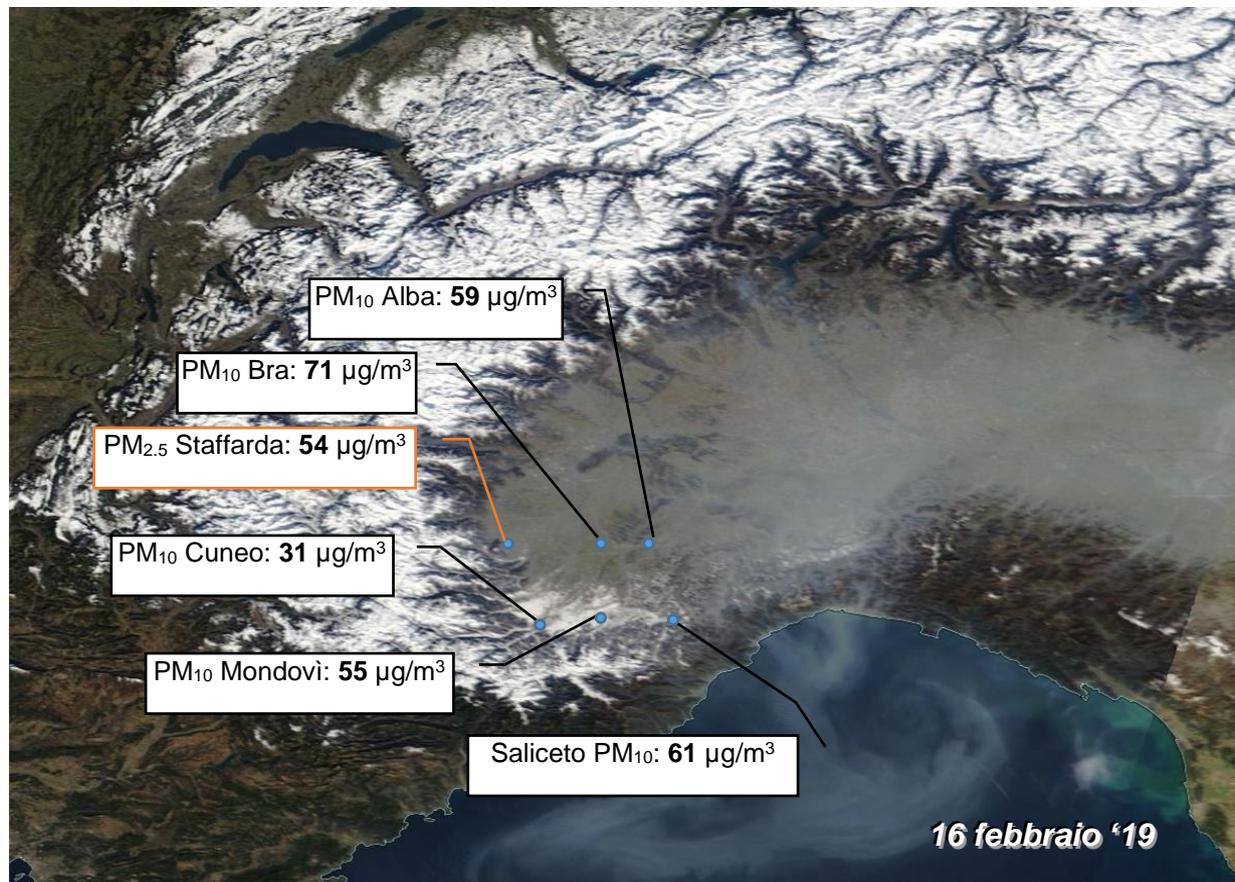
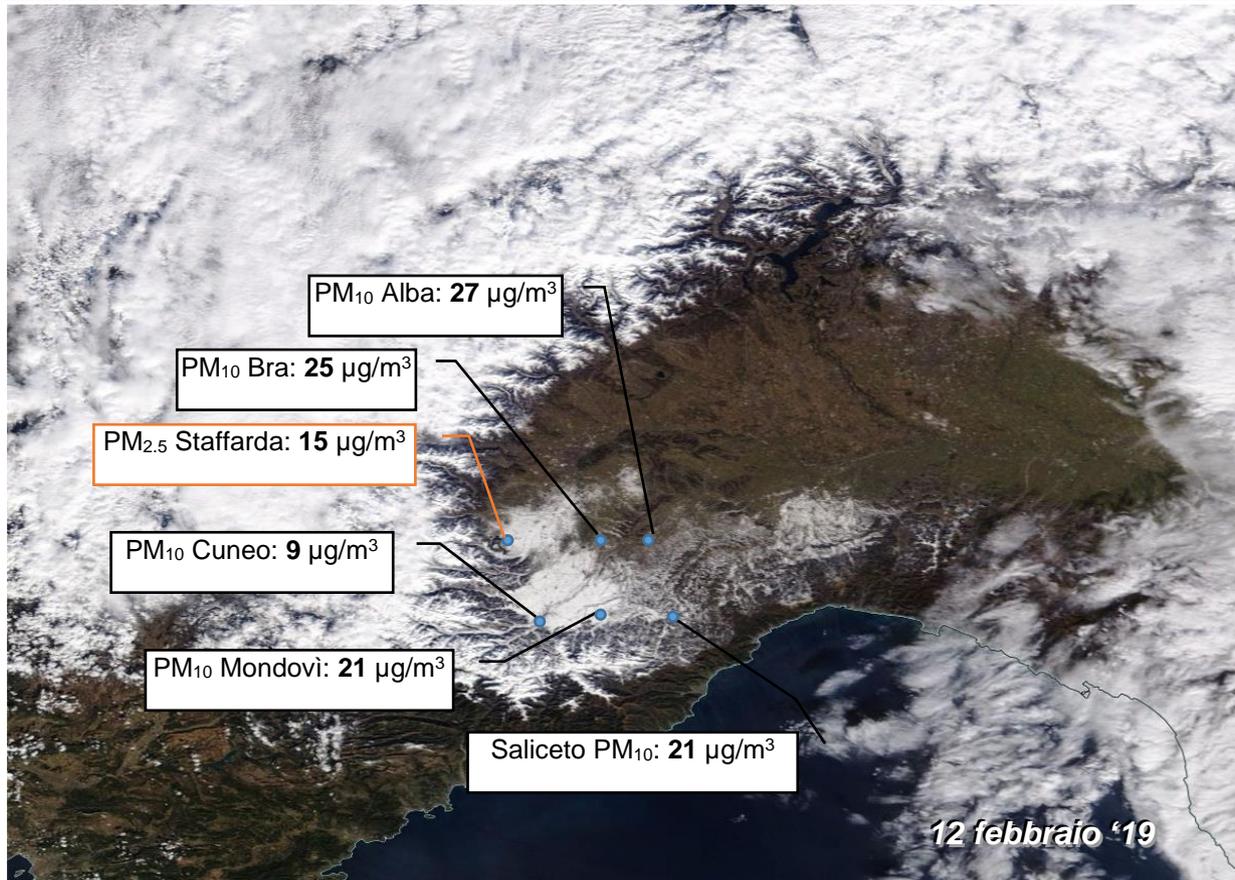
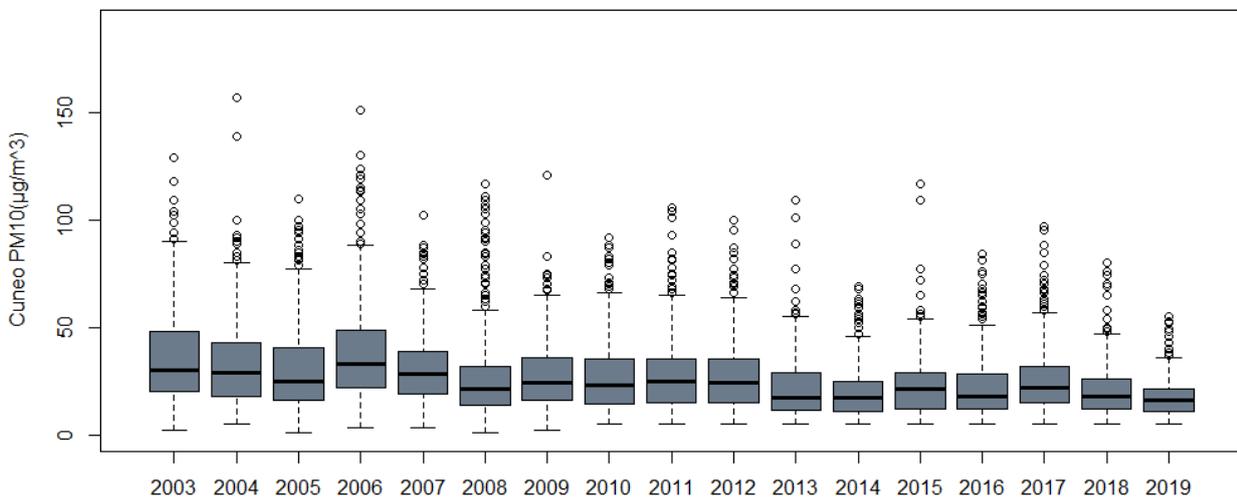
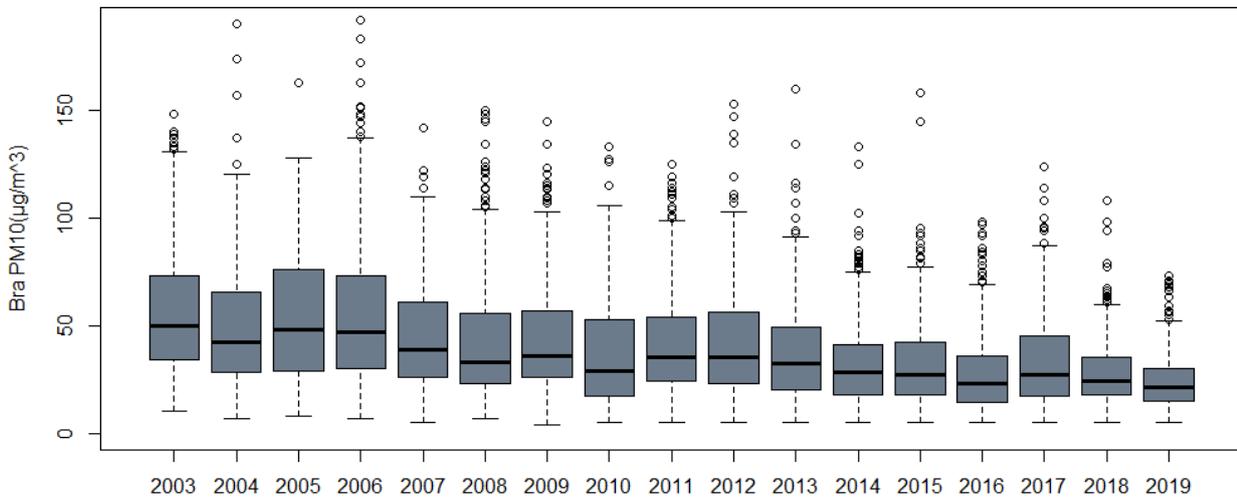
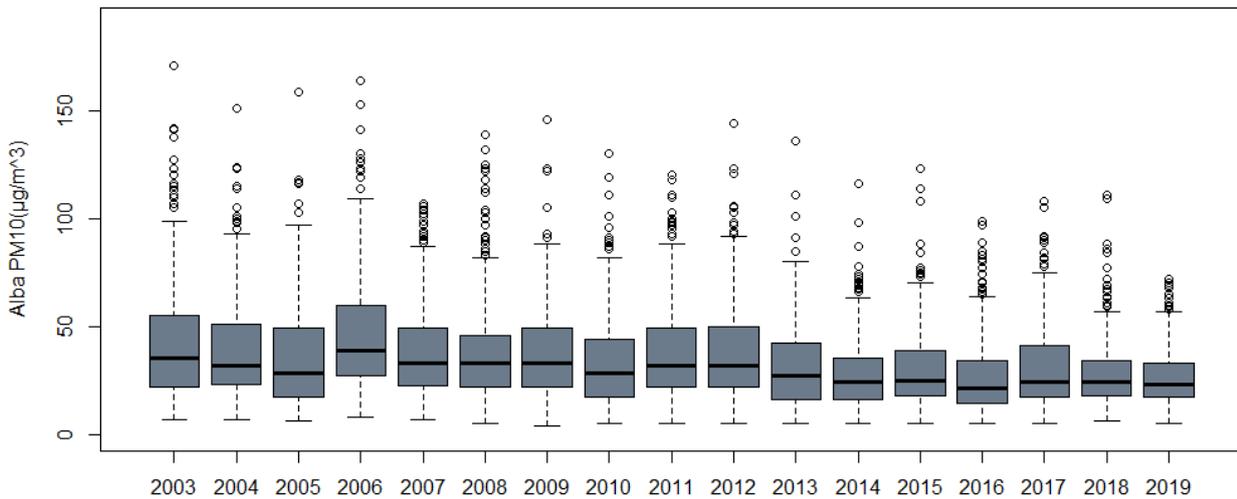


Figura 25) Immagini satellite MODIS del 12 e 16 gennaio 2019. Fonte: NASA Worldview <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Le concentrazioni giornaliere misurate dal 2003 al 2019 in ciascuna delle stazioni attualmente attive in provincia di Cuneo sono rappresentate, anno per anno, nelle figure seguenti con grafici a box. Al di là della variabilità interannuale dovuta all'influenza della meteorologia, confrontando le mediane, le ampiezze dei box, la posizione dei valori più elevati di ciascun anno è visibile come, ovunque, i livelli siano andati progressivamente diminuendo e il 2019 sia stato l'anno con i livelli più bassi di PM<sub>10</sub>.



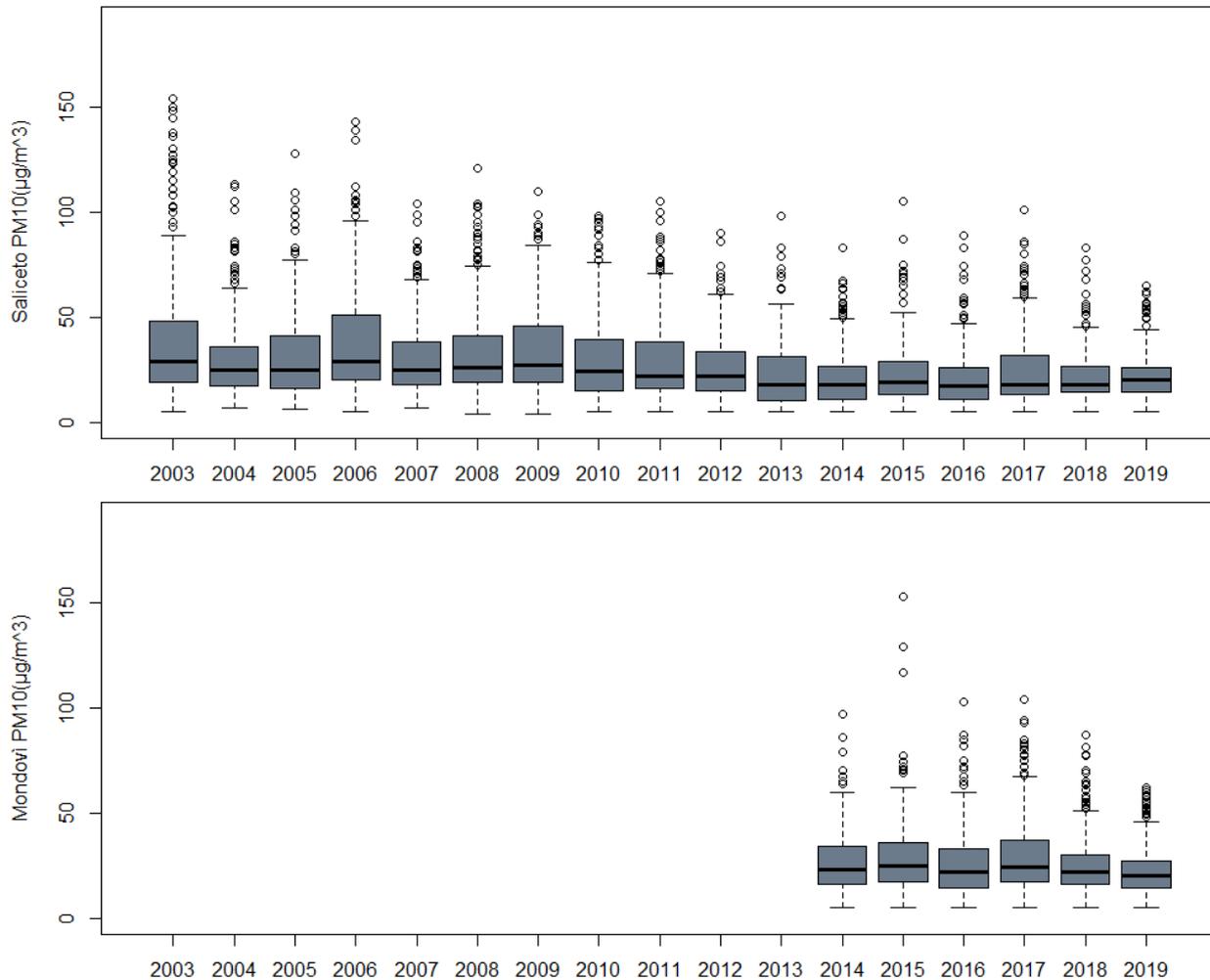


Figura 26) Box plots delle concentrazioni di  $PM_{10}$  di Alba, Bra, Cuneo, Saliceto e Mondovì per il periodo 2003-2019.

Per valutare se tali evoluzioni siano statisticamente significative e per quantificarle è stato utilizzato il metodo di Theil-Sen<sup>7, 8</sup>, implementato nel pacchetto software OpenAir<sup>9</sup>. 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).

La tendenza di lungo periodo della serie storica di dati è stata valutata per ogni stazione dopo aver rimosso la componente ciclica di breve periodo legata all’andamento delle stagioni.

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.

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> Sen, P. K., 1968. “Estimates of regression coefficient based on Kendall’s tau.” Journal of the American Statistical Association 63(324).

<sup>9</sup> 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).

Nella tabella 4 sono riportati i valori ottenuti per i coefficienti angolari dei trend (che quantificano la variazione in termini di microgrammi/m<sup>3</sup> all'anno) dell'intero periodo 2003 ÷ 2019 e per i relativi intervalli di confidenza. I trend complessivi confermano riduzioni con elevata significatività statistica ( $p < 0.001$ ) delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> per tutte le stazioni.

La variazione maggiore è riscontrata nel sito di Bra, dove nei primi anni erano misurati i livelli più elevati di PM<sub>10</sub>. Anche la variazione percentuale, indicata nella stessa tabella, che rende più significativo il confronto tra stazioni caratterizzate da livelli differenti di concentrazioni, è maggiore per 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. Per Mondovì la brevità della serie storica a disposizione determina intervalli di confidenza molto ampi rispetto a quelli delle altre stazioni.

Le variazioni, sia in termini di microgrammi/m<sup>3</sup> all'anno che in termini percentuali, sono rappresentate graficamente per ogni stazione nella figura 27.

STAZIONE	Variatione annua (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variatione percentuale (%/anno)	TREND PM10
ALBA 2003÷2019	-0.89 [-1.11, -0.72]	-2.16 [-2.53, -1.84]	<b>Decrescente</b>
BRA 2003÷2019	-1.75 [-2.01, -1.51]	-3.18 [-3.52, -2.88]	<b>Decrescente</b>
CUNEO 2003÷2019	-0.91 [-1.06, -0.78]	-2.77 [-3.06, -2.45]	<b>Decrescente</b>
SALICETO 2003÷2019	-0.84 [-1.02, -0.69]	-2.46 [-2.83, -2.07]	<b>Decrescente</b>
MONDOVI' 2014÷2019	-0.83 [-1.47, -0.27]	-2.97 [-4.83, -1.02]	<b>Decrescente</b>

Tabella 4) Trend stimati delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> (significatività statistica  $p < 0.001$ ).

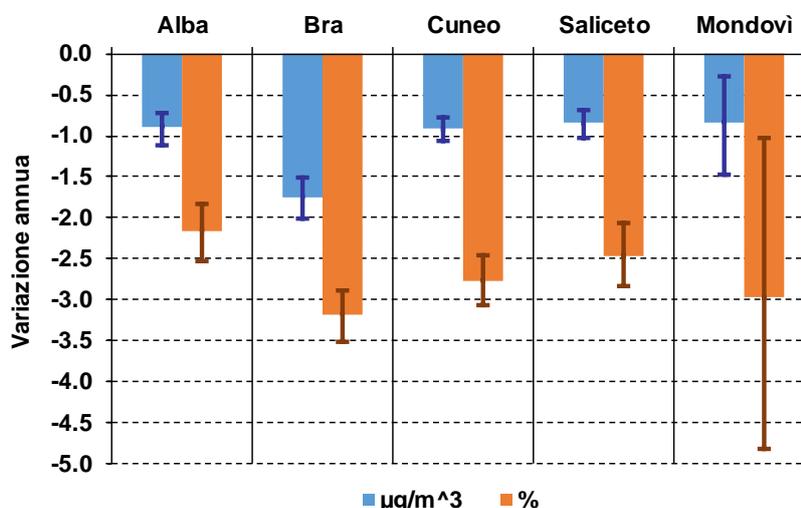


Figura 27) Variatione annua media (in µg/m<sup>3</sup> ed in percentuale) delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> nel periodo 2003÷2019 (2014÷2019 per Mondovì). Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Siccome le concentrazioni dei PM<sub>10</sub> 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<sub>10</sub> è stata eseguita anche suddividendo i mesi nelle diverse stagioni.

I risultati, riportati nei grafici della figura 28 per ciascuna stazione attiva dal 2003, rappresentano le medie dei PM<sub>10</sub> dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio). 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. Per la stazione di Mondovì-Aragno la brevità della serie storica a disposizione non consente ancora l'analisi suddivisa per stagioni.

Per questo tipo di analisi la serie storica comprende i dati dal gennaio 2003 al febbraio 2020. L'ultimo trimestre invernale include pertanto i mesi di dicembre 2019, gennaio e febbraio 2020.

L'analisi evidenzia come le riduzioni maggiori e con più significatività statistica siano state riscontrate per lo più 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).

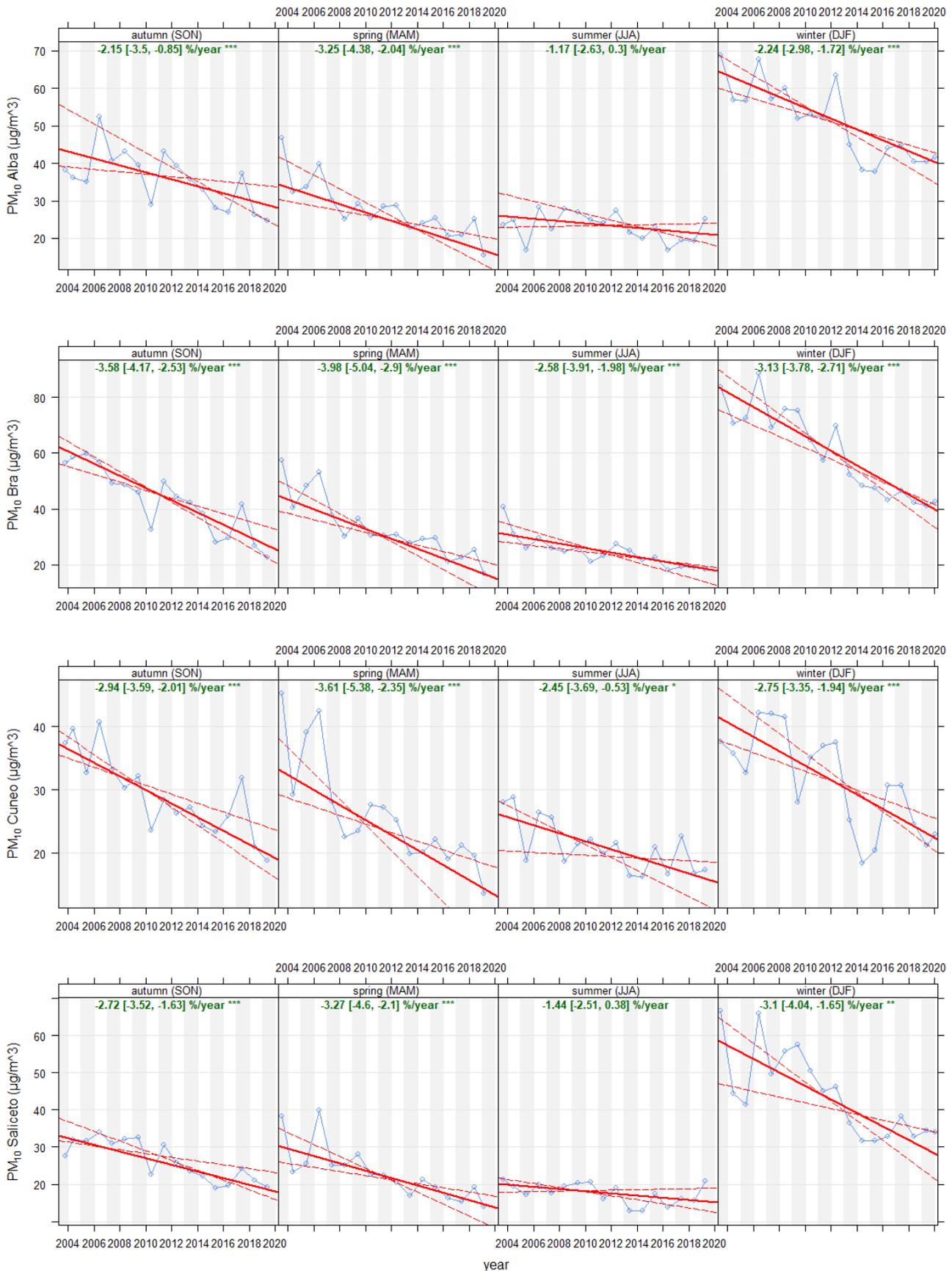


Figura 28) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di PM<sub>10</sub> sul periodo gennaio 2003 ÷ febbraio 2020 (significatività statistica: “\*\*\*\*” = p<0.001; “\*\*\*” = p<0.01; “\*” = p<0.05; “+” = p<0.1).

Un confronto diretto tra l'evoluzione nel tempo dei livelli di  $PM_{10}$  misurati nelle diverse stazioni è rappresentato dalla sequenza dei grafici delle medie mensili di figura 29. Si può vedere come, nei primi anni di misura i livelli di  $PM_{10}$  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. Nei mesi invernali del 2019 si distaccano dalle altre le concentrazioni della stazione di Cuneo con valori particolarmente contenuti.

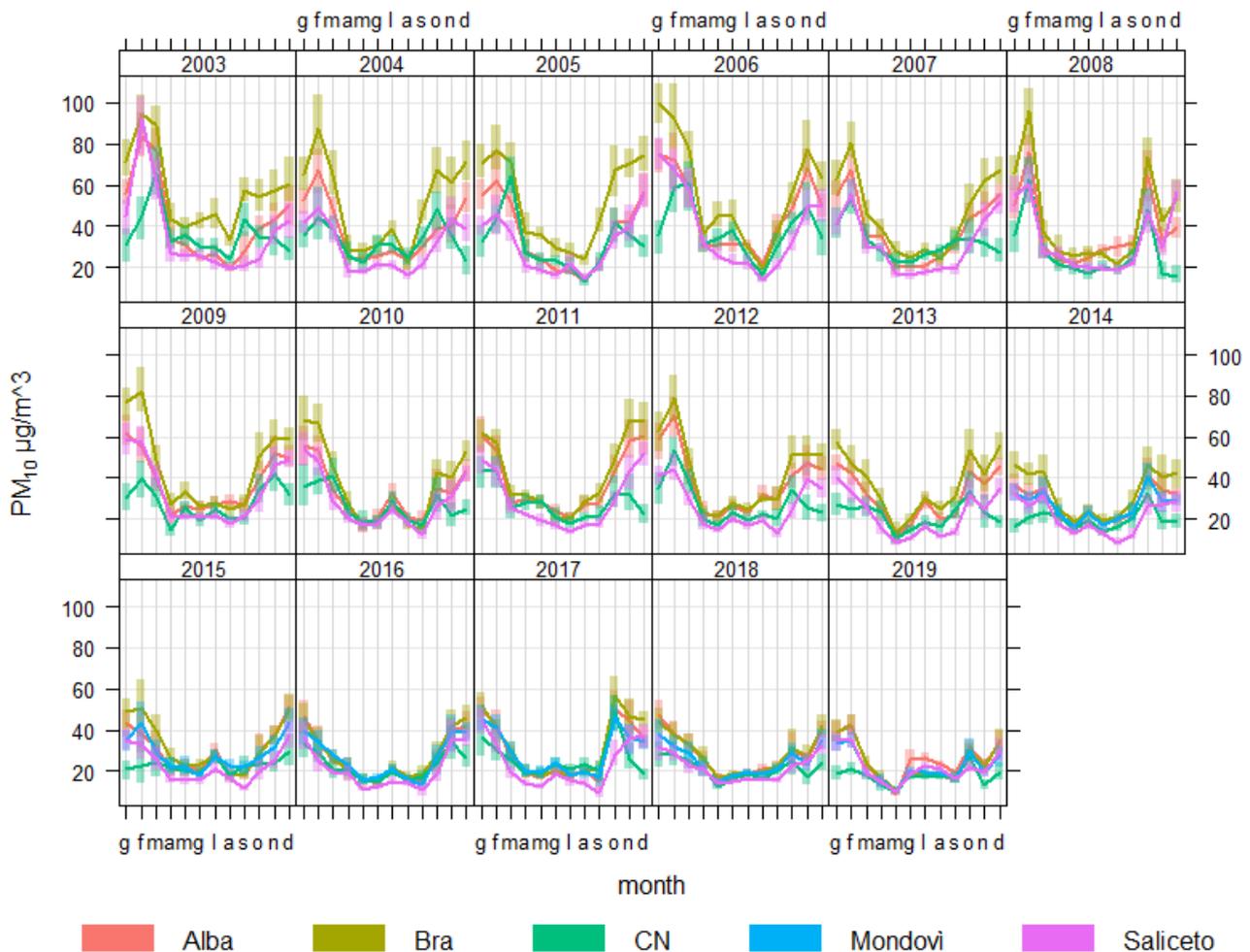


Figura 29) Concentrazioni medie mensili di  $PM_{10}$  misurate dal gennaio 2003 al dicembre 2019 in tutte le stazioni della provincia di Cuneo (le bande colorate rappresentano gli intervalli di confidenza al 95%).

Le riduzioni evidenziate nelle concentrazioni di  $PM_{10}$  sono sicuramente dovute 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 negli ultimi due anni hanno favorito la periodica rimozione degli inquinanti ed impedito il verificarsi di lunghi periodi di accumulo, hanno permesso di ottenere e mantenere il rispetto dei limiti per il  $PM_{10}$ , imposti dalla normativa per la tutela della salute pubblica, in tutte le stazioni della provincia di Cuneo e di raggiungere livelli storici minimi di questo inquinante.

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, oltre che sul traffico, sulle emissioni provenienti dalla combustione della biomassa e su tutte le sorgenti di inquinanti precursori, tra cui la zootecnia; tali settori mantengono a tutt'oggi ampi margini di miglioramento.

## PM<sub>2.5</sub>

Il 2019 è il nono anno di misura della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM<sub>2.5</sub>, frazione “fine” o “respirabile”) presso la stazione di Cuneo, ed il sesto 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<sub>2.5</sub> che del PM<sub>10</sub>, 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/m<sup>3</sup>.

Nella figura 30 sono rappresentate le concentrazioni medie misurate nei rispettivi anni di campionamento del PM<sub>2.5</sub> presso le tre stazioni e, per le stazioni di Cuneo e Mondovì, è riportato anche il confronto con le concentrazioni medie della frazione sottile (PM<sub>10</sub>).

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/m<sup>3</sup> nel 2015 e nel 2017. Nel 2019 il limite è stato nuovamente rispettato in tutta la provincia e il valore della concentrazione media annua è stato ovunque inferiore a quello dell'anno precedente.

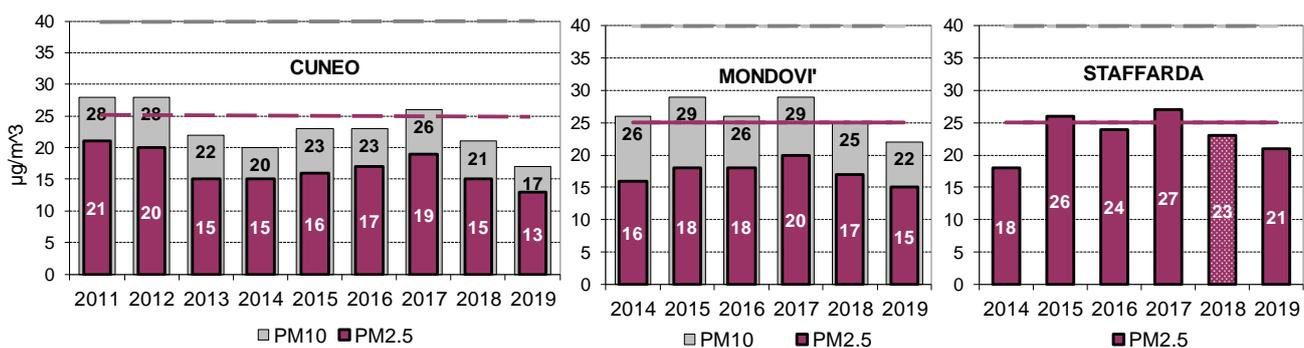


Figura 30) PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie annue a Cuneo, Mondovì e Staffarda (solo PM<sub>2.5</sub> - Nel 2018 percentuale di dati validi di Staffarda è stata pari all'86%, pertanto non adeguata alla verifica del valore limite).

## La situazione regionale nel 2019

Le medie annue del PM<sub>2.5</sub> misurate negli ultimi quattro anni in tutte le stazioni del Piemonte sono rappresentate, con scala di colore, nelle mappe di figura 31. Analogamente a quanto riscontrato per il PM<sub>10</sub>, si può osservare come nel 2017 si sia verificata la situazione peggiore degli ultimi quattro anni, con il superamento del limite in 8 stazioni regionali, mentre il 2019 sia stato l'anno migliore dall'inizio delle misure. Infatti, oltre a confermare il rispetto del limite normativo su tutta la Regione già verificatosi nel 2018, le concentrazioni sono state per lo più uguali o inferiori a quelle dell'anno precedente.

Come evidenziato dalle mappe del PM<sub>10</sub>, anche per il PM<sub>2.5</sub> le concentrazioni medie più elevate, e quindi gli eventuali superamenti, sono sempre riscontrati nella zona centrale della regione ovvero nella zona 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.

Pertanto, anche per la provincia di Cuneo, sebbene la frazione fine sia stata finora monitorata in continuo solamente presso le tre stazioni sopra citate si può affermare che, in modo del tutto analogo al PM<sub>10</sub>, i livelli più elevati di PM<sub>2.5</sub> siano generalmente presenti in

tutta la zona nord della provincia. In tale zona dall'agosto 2019 si è aggiunto un punto di misura della frazione fine, infatti presso la stazione di Bra – Madonna dei Fiori, è stato installato e messo in funzione un misuratore automatico a raggi beta.

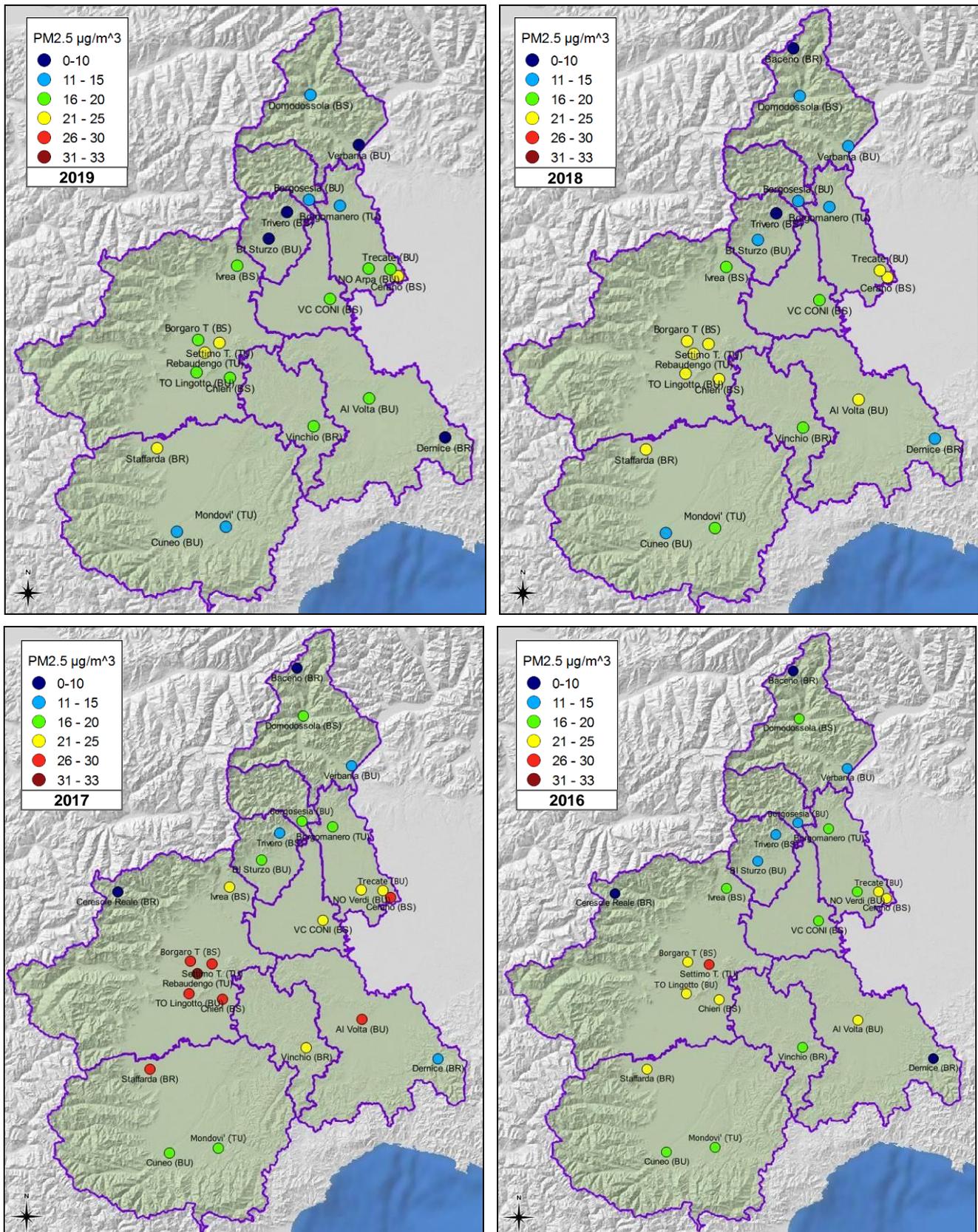


Figura 31) PM<sub>2.5</sub>: concentrazioni medie degli anni 2019, 2018, 2017 e 2016 (TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

### L'andamento stagionale ed il rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$

Tornando all'analisi dei dati della provincia di Cuneo, un confronto degli andamenti dei livelli mensili di  $PM_{2.5}$  delle tre stazioni di misura è rappresentato nella figura 32 per gli anni comuni di monitoraggio. Nel grafico del 2019 sono presenti anche le concentrazioni medie mensili misurate a Bra negli ultimi quattro mesi dell'anno.

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

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

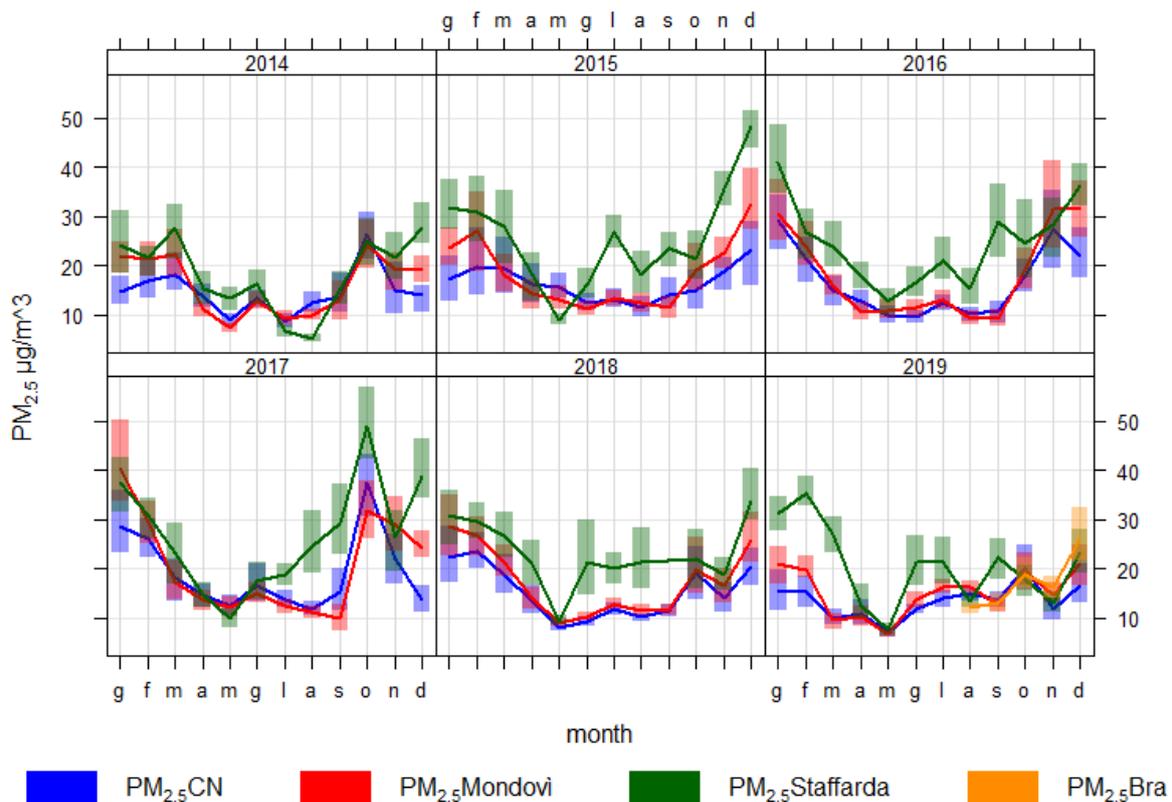


Figura 32)  $PM_{2.5}$ : medie mensili delle concentrazioni misurate a Cuneo, Mondovì e Staffarda dal 2014 al 2019.

Per queste due stazioni urbane, che misurano entrambe le frazioni del particolato, nei grafici di figura 33, sono confrontate 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 gli andamenti stagionali delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$  siano molto simili a quelli del  $PM_{10}$ . Analizzando la correlazione tra frazione fine e sottile delle polveri (figura 34) essa risulta significativa e molto forte in entrambi i siti, con una riduzione nel periodo estivo.

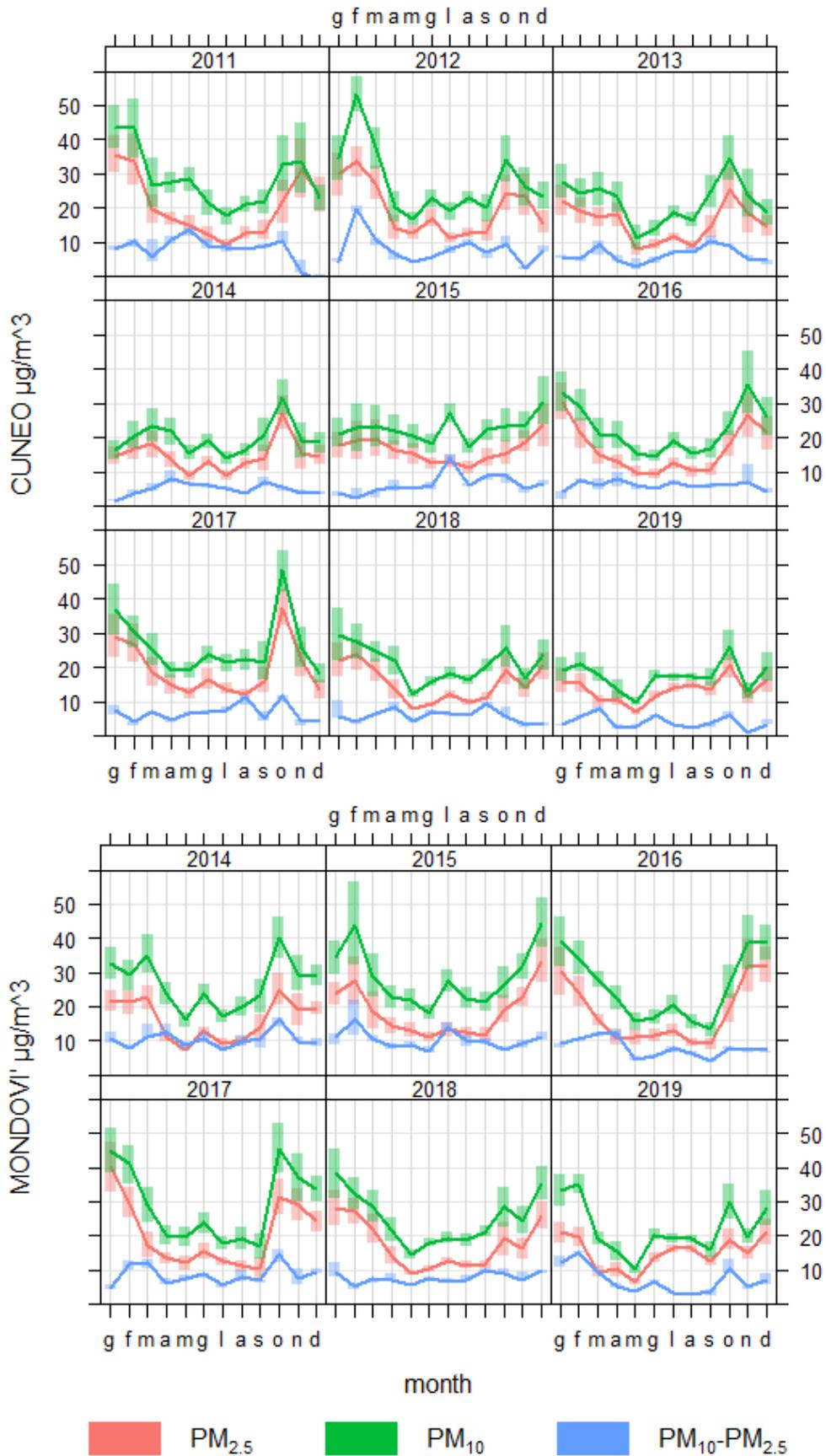


Figura 33) Medie mensili delle concentrazioni della frazione "fine" ( $\text{PM}_{2.5}$ ), "sottile" ( $\text{PM}_{10}$ ) e "grossolana" ( $\text{PM}_{10}-\text{PM}_{2.5}$ ) misurate a Cuneo e Mondovì.

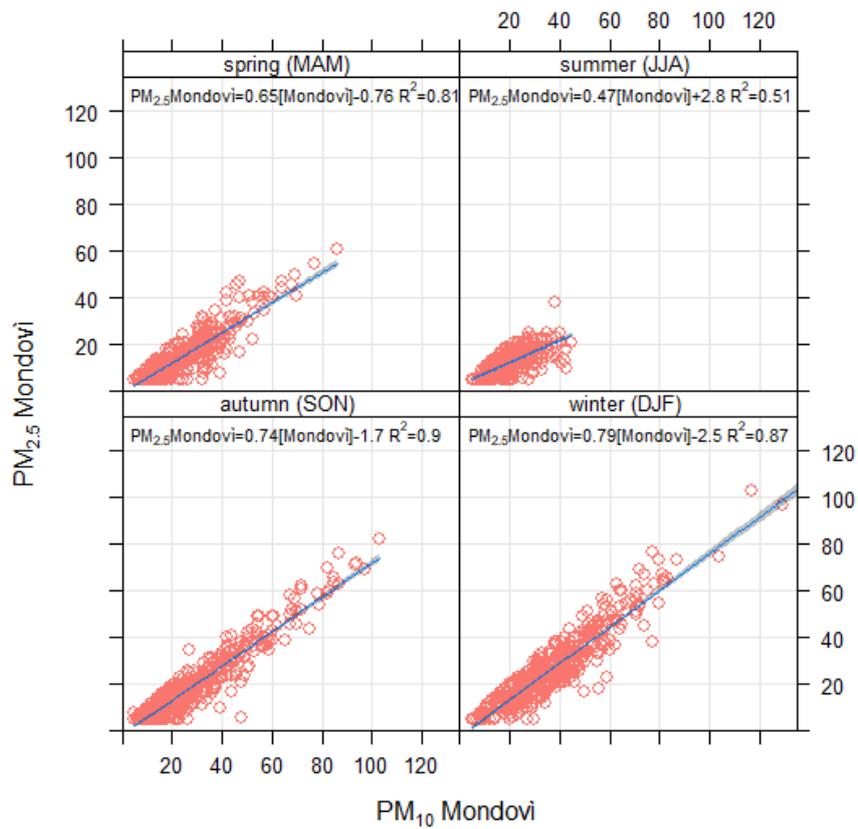
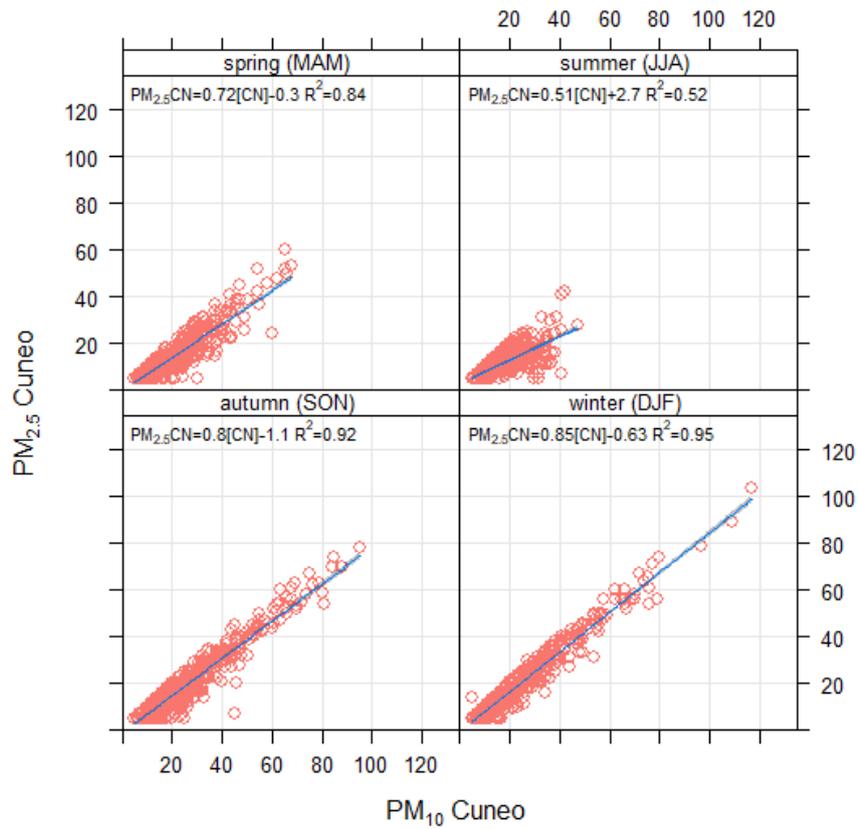


Figura 34) Grafici a dispersione e regressioni lineari tra le concentrazioni giornaliere di PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> suddivisi per stagione (dati degli anni 2014-2019).

Come si può vedere dalla figura 33, la frazione grossolana delle polveri invece generalmente non subisce particolari variazioni stagionali<sup>10</sup>, 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 prossimità della stazione 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 35) proprio per questo motivo sono differenti nelle due stazioni ed assumono valori più elevati nella stazione di fondo. Generalmente la percentuale di particolato fine ( $PM_{2.5}$ ) presente nel  $PM_{10}$  è maggiore nel periodo invernale a causa del forte contributo che in questa stagione ha la componente secondaria del particolato, che si concentra maggiormente nelle frazioni più fini. L’anno 2019 costituisce però un’anomalia, presenta infatti, per entrambe le stazioni, una percentuale di  $PM_{2.5}$  superiore all’80% anche nei mesi estivi da luglio a settembre, che potrebbe indicare un contributo importante di formazione di “secondario estivo”, che generalmente in estate è favorita dall’intensa attività fotochimica ma contrastata dalla maggiore capacità di dispersione dell’atmosfera.

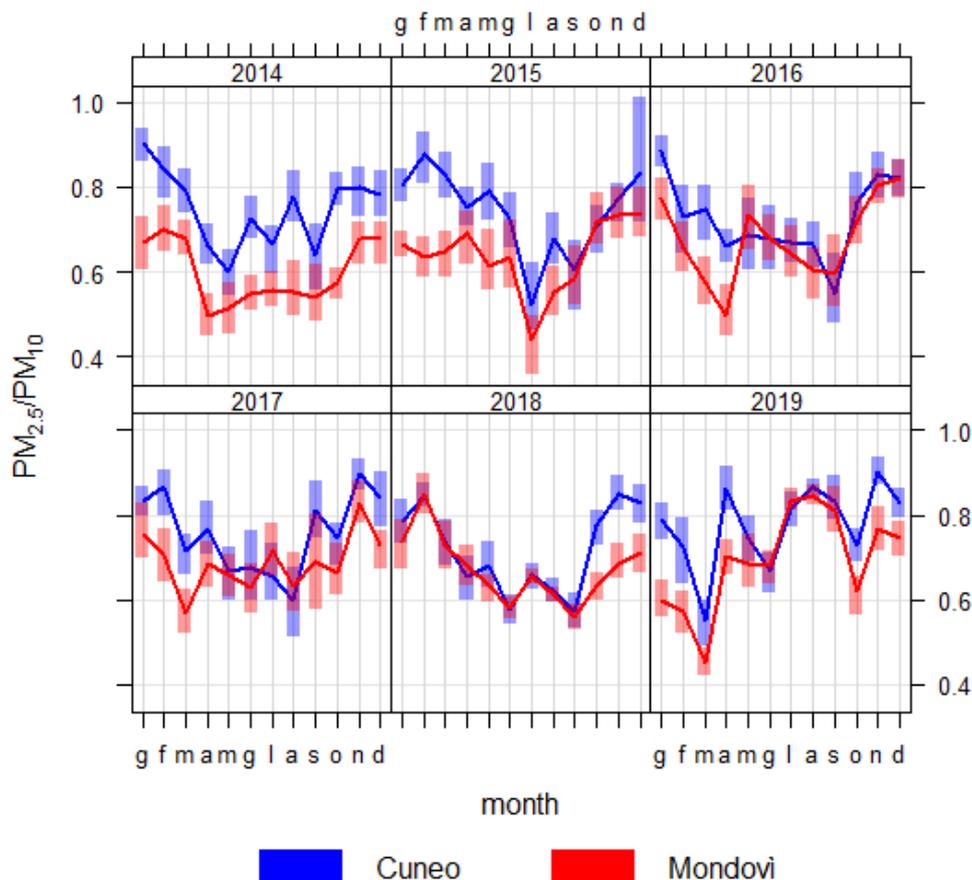


Figura 35) Medie mensili dei rapporti tra le concentrazioni della frazione “fine” ( $PM_{2.5}$ ) e “sottile” ( $PM_{10}$ ) misurate a Cuneo e a Mondovì dal 2014 al 2019.

<sup>10</sup> 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 risollevarimento del materiale sabbioso utilizzato nelle strade cittadine in occasione delle nevicate e gelate che si erano verificate in tale periodo.

**Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni**

Valutando le serie storiche disponibili di PM<sub>2.5</sub>, solamente per quella misurata a Cuneo dal 2011 emerge una tendenza statisticamente significativa di riduzione delle concentrazioni (figura 36), per gli altri due punti di misura attivati nel 2014, non emergono trend.

Nella tabella 5 sono riassunti i risultati ottenuti, e per la stazione di Cuneo la tendenza ed i relativi intervalli di confidenza, sia in termini di microgrammi/m<sup>3</sup> all'anno che in termini percentuali.

STAZIONE	Variazione annua (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale (%/anno)	TREND PM2.5
<b>CUNEO</b> 2011÷2019	<b>-0.43</b> [-0.8, -0.17]	<b>-2.37</b> [-4.08, -1]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
<b>MONDOVI'</b> 2014÷2019	-	-	<b>Non significativo</b>
<b>STAFFARDA</b> 2014÷2019	-	-	<b>Non significativo</b>

Tabella 5) Trend stimati delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub>.

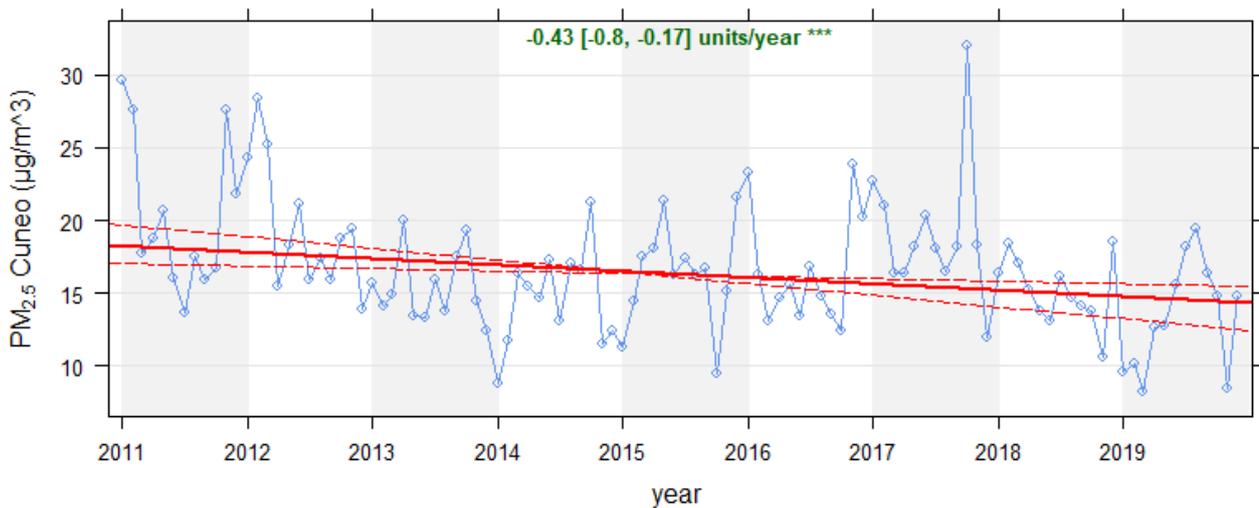


Figura 36) Stima del trend delle concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> (significatività statistica: "\*\*\*\*" = *p*<0.001)

## Biossido di azoto – NO<sub>2</sub>

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/m<sup>3</sup>, e l'altro alla media su un'ora, di 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 18 volte per anno civile.

Nella figura 37 è rappresentata l'evoluzione nel tempo delle concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> 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 PM<sub>10</sub> 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 lenta ma progressiva.

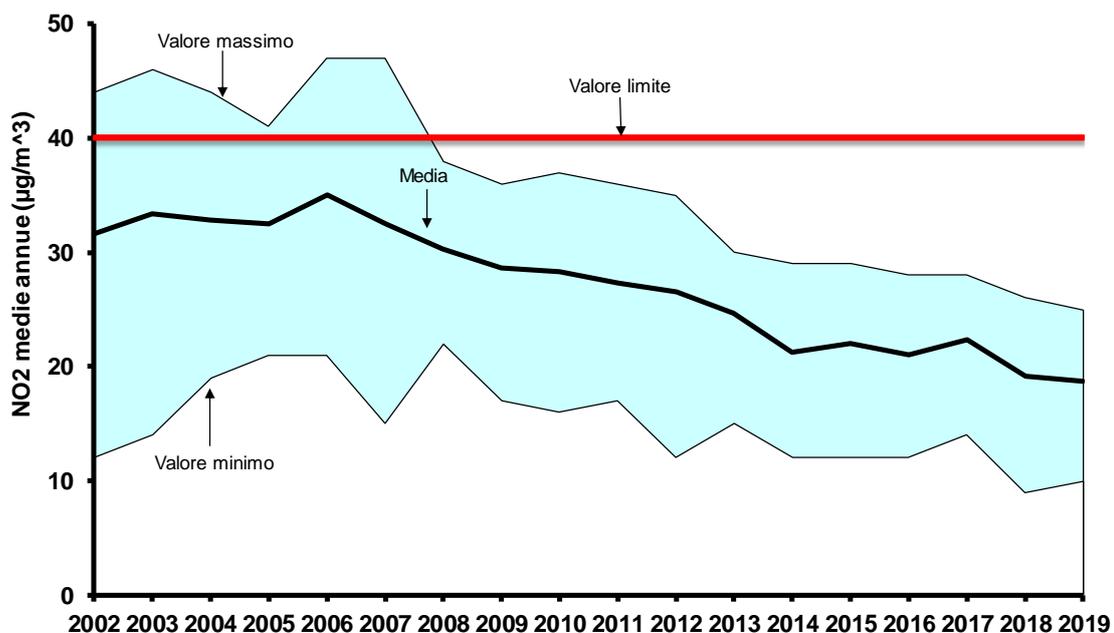


Figura 37) NO<sub>2</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

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 2019 sono riportate, nel grafico della pagina seguente, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

Il 2019 è stato il sesto 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 urbana di fondo di Largo Marinai d'Italia, dismessa a fine 2013, e

quelle della stazione urbana da *traffico* 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 2019 le medie annue hanno avuto valori analoghi a quelli dell'anno precedente, tuttavia nelle stazioni di Alba, Cuneo, Mondovì e Staffarda hanno raggiunto i valori minimi di tutto il periodo di monitoraggio. Per la stazione di Mondovì-Aragno, che risulta fortemente condizionata dalla prossimità alla strada statale 28 e dalle emissioni dei veicoli che vi transitano, nonostante la riduzione la media si mantiene come valore più elevato della rete. Il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è tuttavia ampiamente rispettato anche in questo sito.

Complessivamente le medie annue delle diverse stazioni urbane della provincia di Cuneo hanno assunto nel 2019 valori simili fra loro (da 21 a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e pari a circa il doppio delle medie delle stazioni rurali ( $10$  e  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

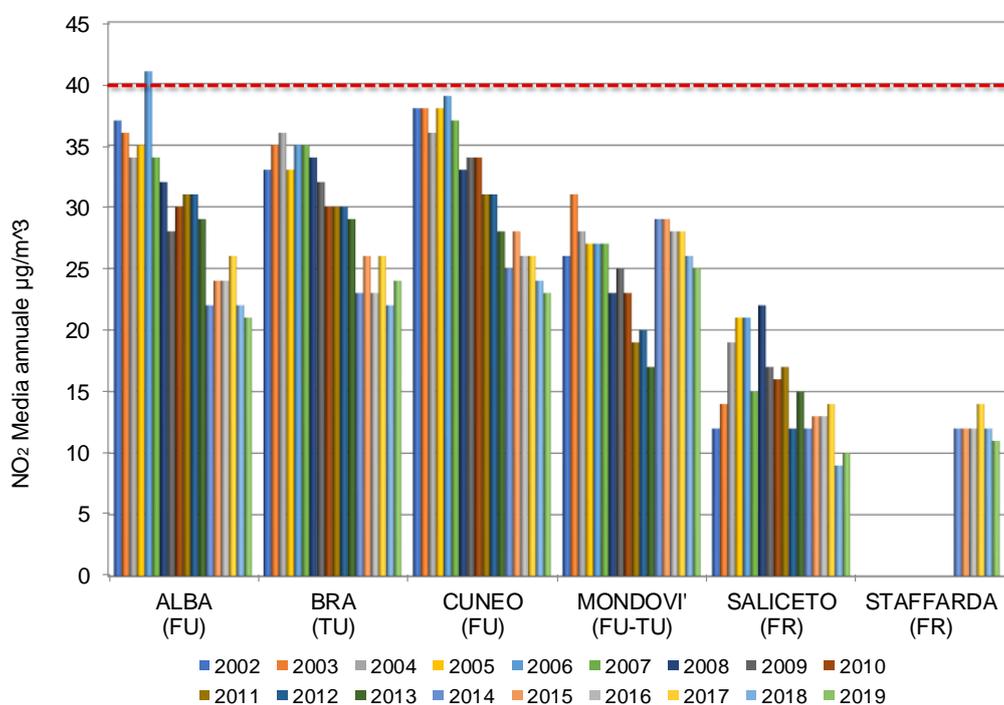


Figura 38) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie annue confrontate con il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sulle ascisse, dopo il nome, è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, FU=Fondo Urbana, FR=Fondo Rurale).

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 2019 in tutti i siti della provincia.

Per avere dei riferimenti relativi al rispetto di tale limite, oltre ai valori delle massime concentrazioni orarie di ogni anno rappresentati nella figura 39 per ogni stazione, nella figura 40 sono riportati i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile). Per la stazione di Bra nel 2019 il valore della concentrazione massima oraria è stato pari a  $169 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tuttavia tale dato è stato riscontrato in un isolato episodio di durata molto breve, ed il valore del 99.8° percentile è pari a  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rispetto ai livelli degli ultimi sei anni nessuna stazione presenta variazioni particolari per tale indicatore. Ovunque i valori si mantengono inferiori alla metà del limite normativo.

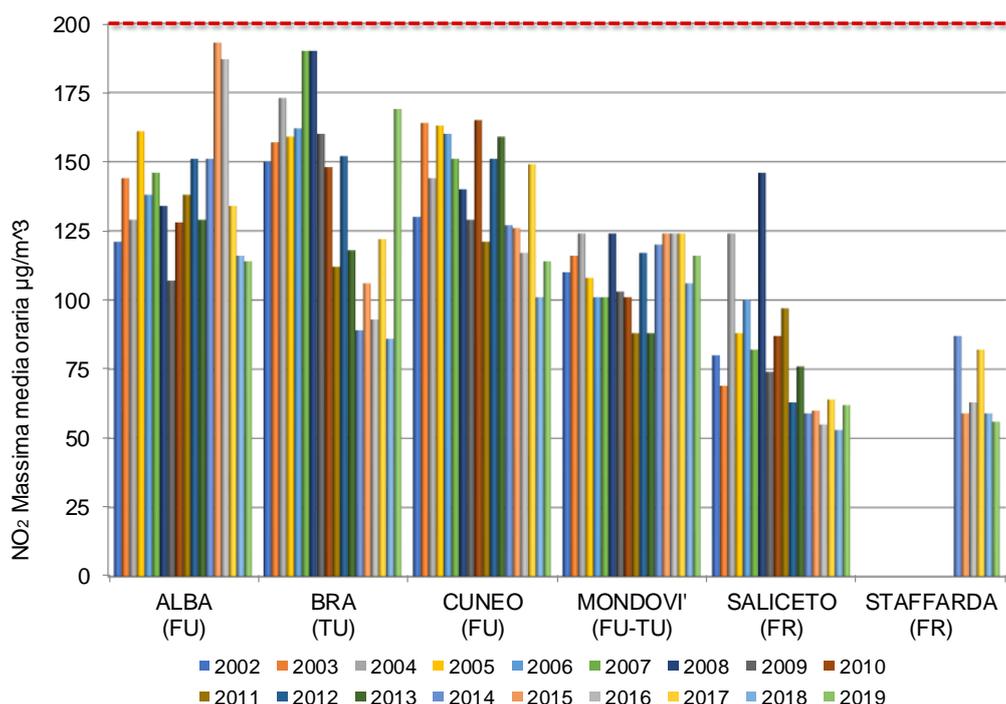


Figura 39) NO<sub>2</sub>: massime concentrazioni medie orarie confrontate col limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>

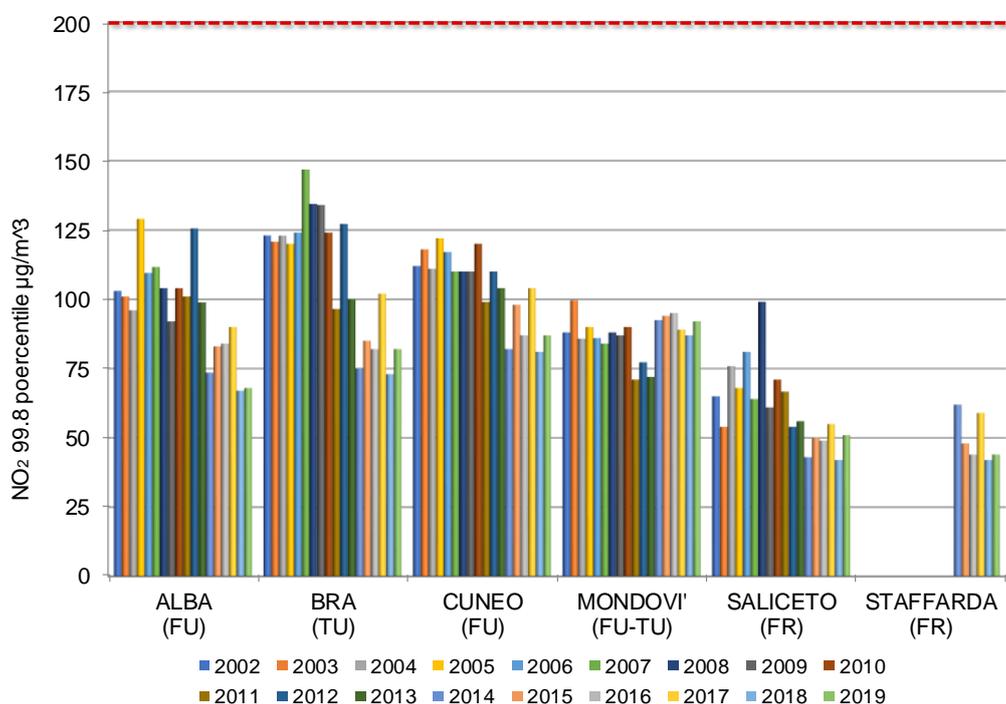


Figura 40) NO<sub>2</sub>: diciannovesime concentrazioni orarie più elevate di ciascun anno (99.8° percentile) confrontate con il limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>

Nella figura 41 sono rappresentate le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO<sub>2</sub> per le stazioni attive a partire dal 2002. Tali medie mobili, calcolate fino al febbraio 2020, consentono di evidenziare le forti variazioni stagionali del parametro, caratterizzate, in assenza di anomalie emissive, da concentrazioni più elevate nella stagione

fredda. Ciò è dovuto principalmente alla variazione di altezza che lo strato in cui gli inquinanti si disperdono (strato di rimescolamento) subisce a seguito del differente riscaldamento del suolo nelle diverse stagioni.

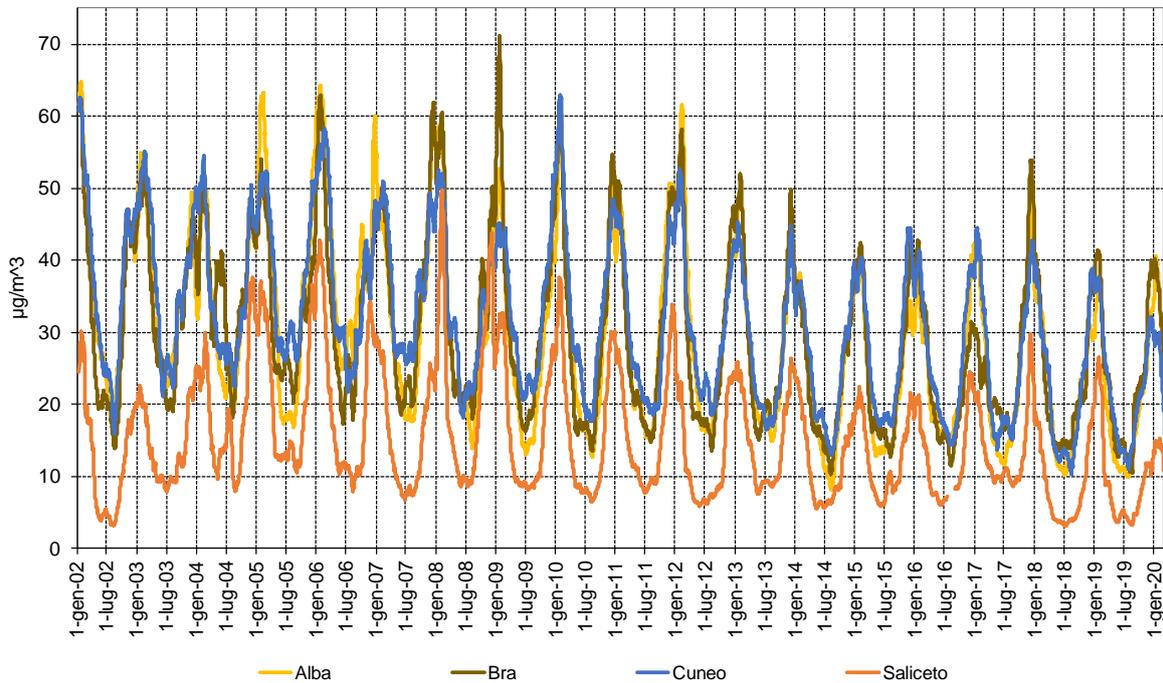


Figura 41) NO<sub>2</sub>: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere per le stazioni attive a partire dal 2002.

Il dettaglio sugli ultimi sei anni è rappresentato nella figura 42 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 si verifica presso la stazione di Staffarda che, analogamente all'altra stazione di fondo rurale di Saliceto, presenta un massimo con concentrazioni contenute nel periodo invernale, ma che 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.

Per le stazioni di Cuneo, Mondovì, Saliceto e Staffarda l'inverno 2019-2020 presenta i livelli più bassi della serie storica, complice, molto probabilmente, l'anomalia termica di tale stagione invernale che è risultata la più calda nella distribuzione storica degli ultimi 63 anni<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Il Clima in Piemonte – Inverno 2019/2020 Arpa Piemonte- sistemi previsionali – Marzo 2020  
[https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi\\_pdf/2020/Inverno\\_2020.pdf](https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi_pdf/2020/Inverno_2020.pdf)

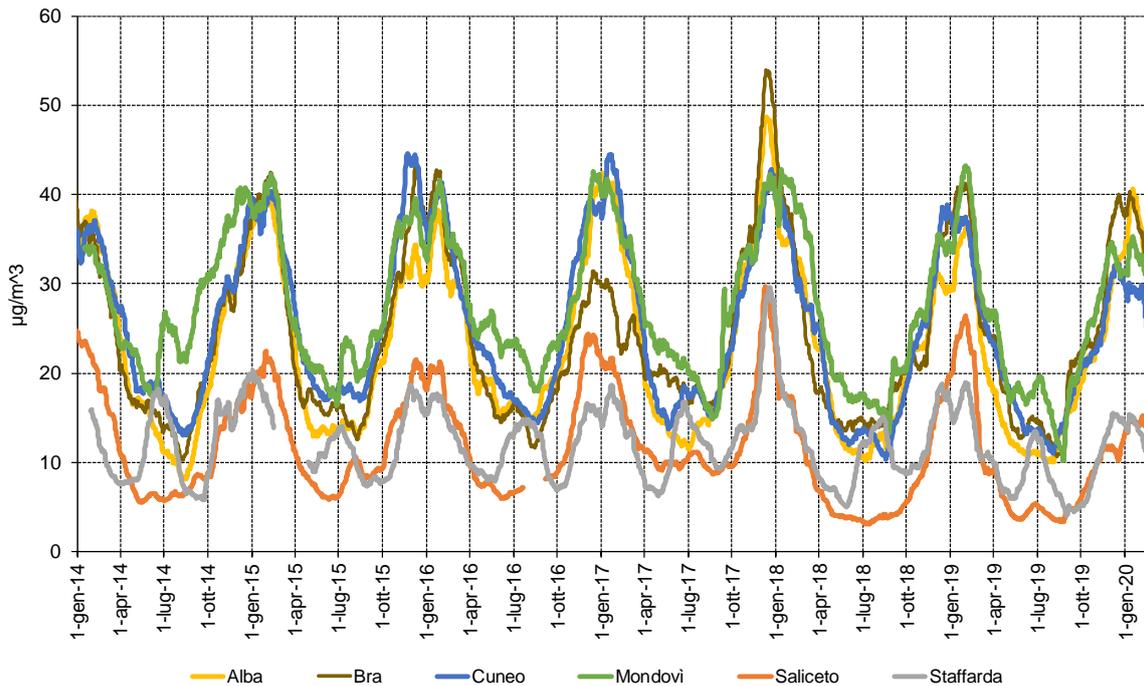


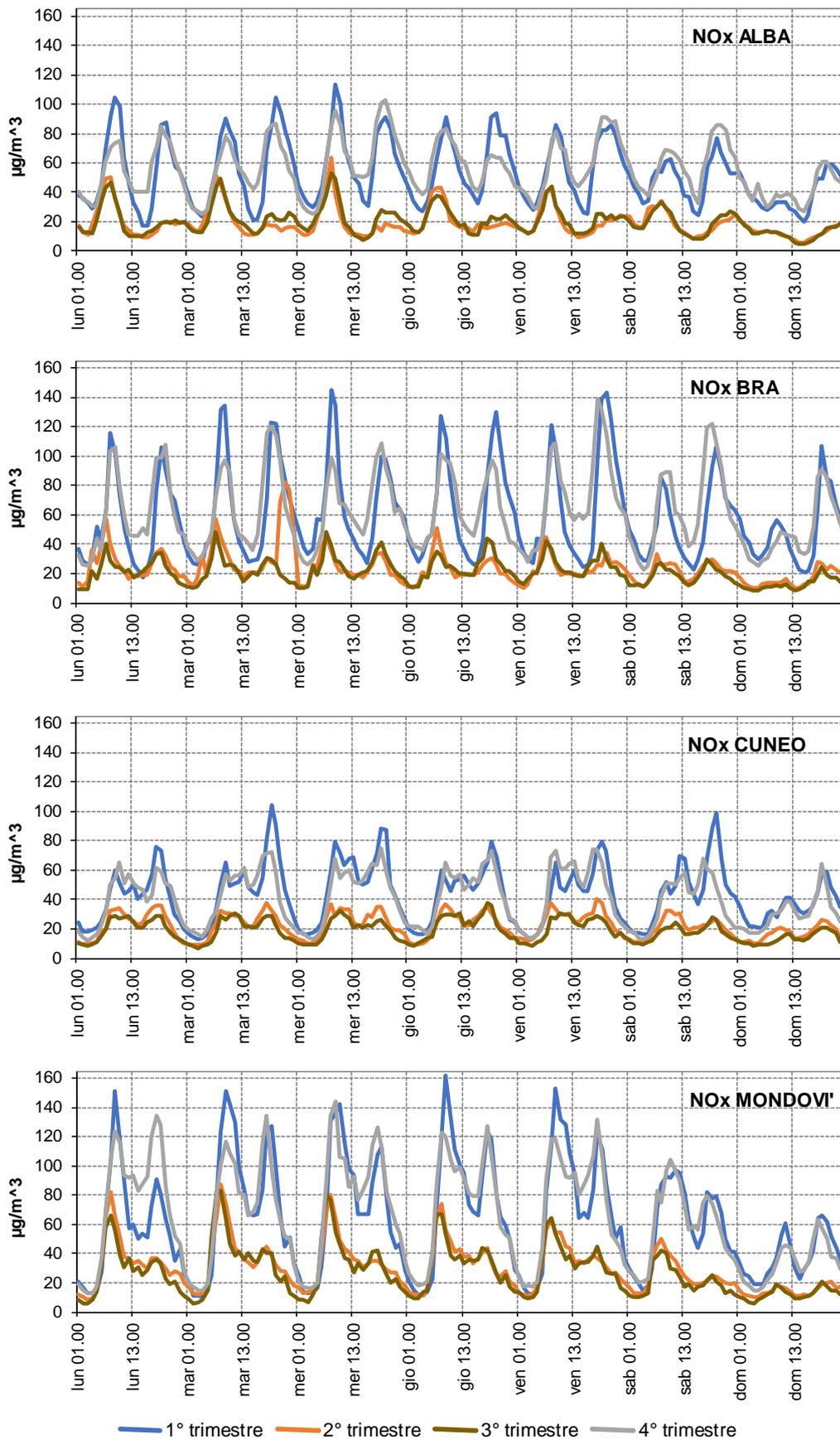
Figura 42) NO<sub>2</sub>: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere per le stazioni attive a partire dal 2014.

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 2019, 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 43: 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 mostra come la crescita dei livelli nei mesi estivi, già evidenziata nell’elaborazione precedente, sia dovuta a emissioni che si verificano nelle ore notturne.



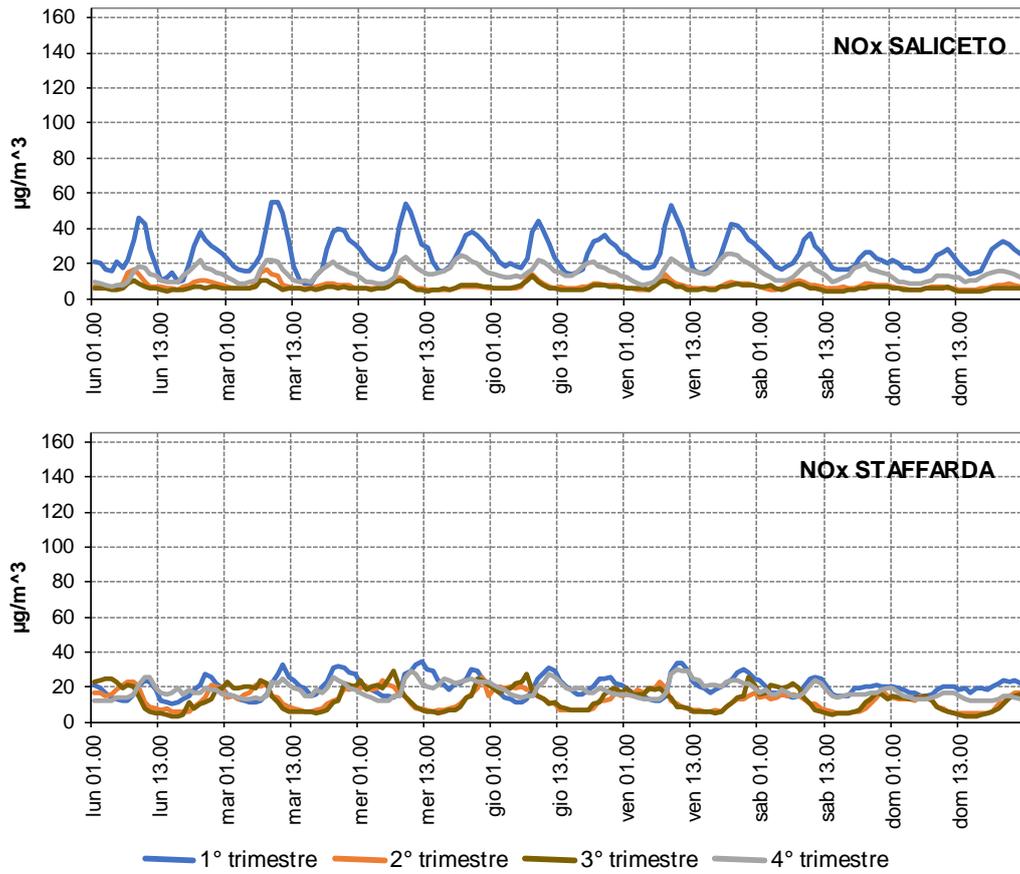


Figura 43) NO<sub>x</sub>: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2019

## La situazione regionale

La situazione del Piemonte per il biossido di azoto dell'anno 2019 è illustrata nella figura 44 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.

Solamente in due stazioni da traffico urbano della città metropolitana non è stato rispettato il limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

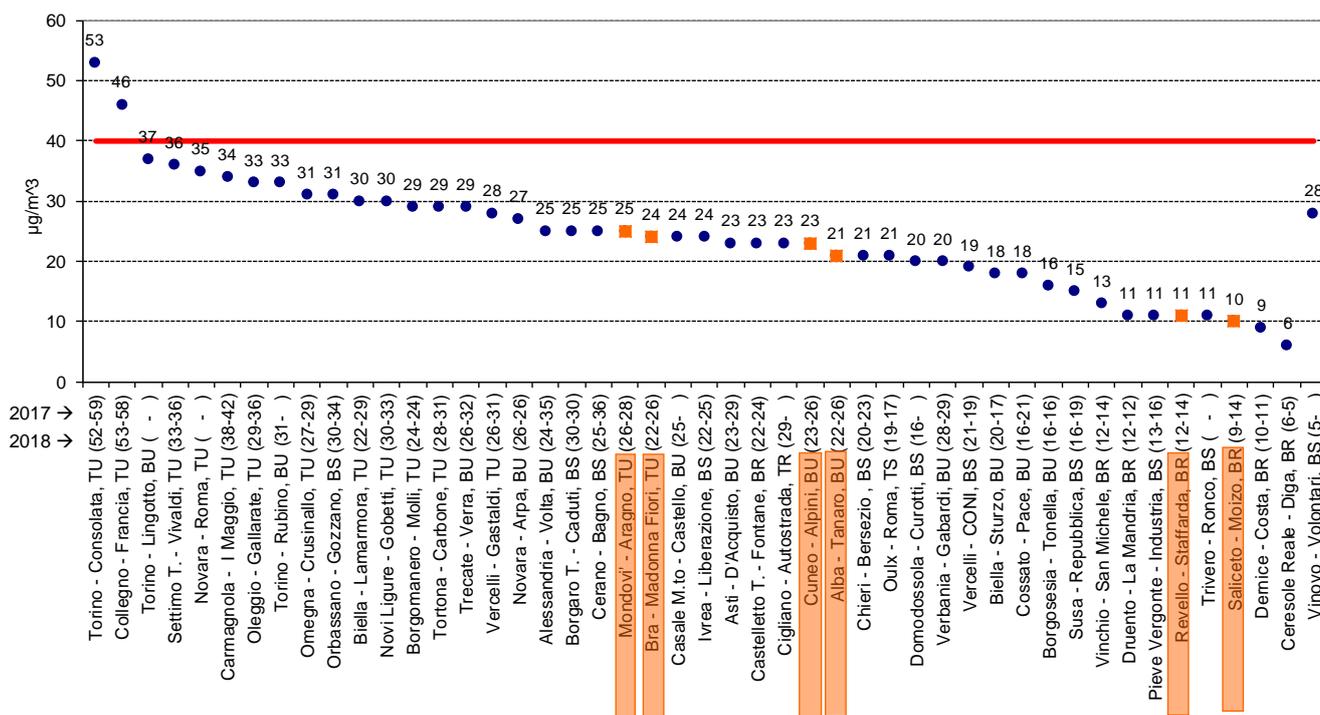


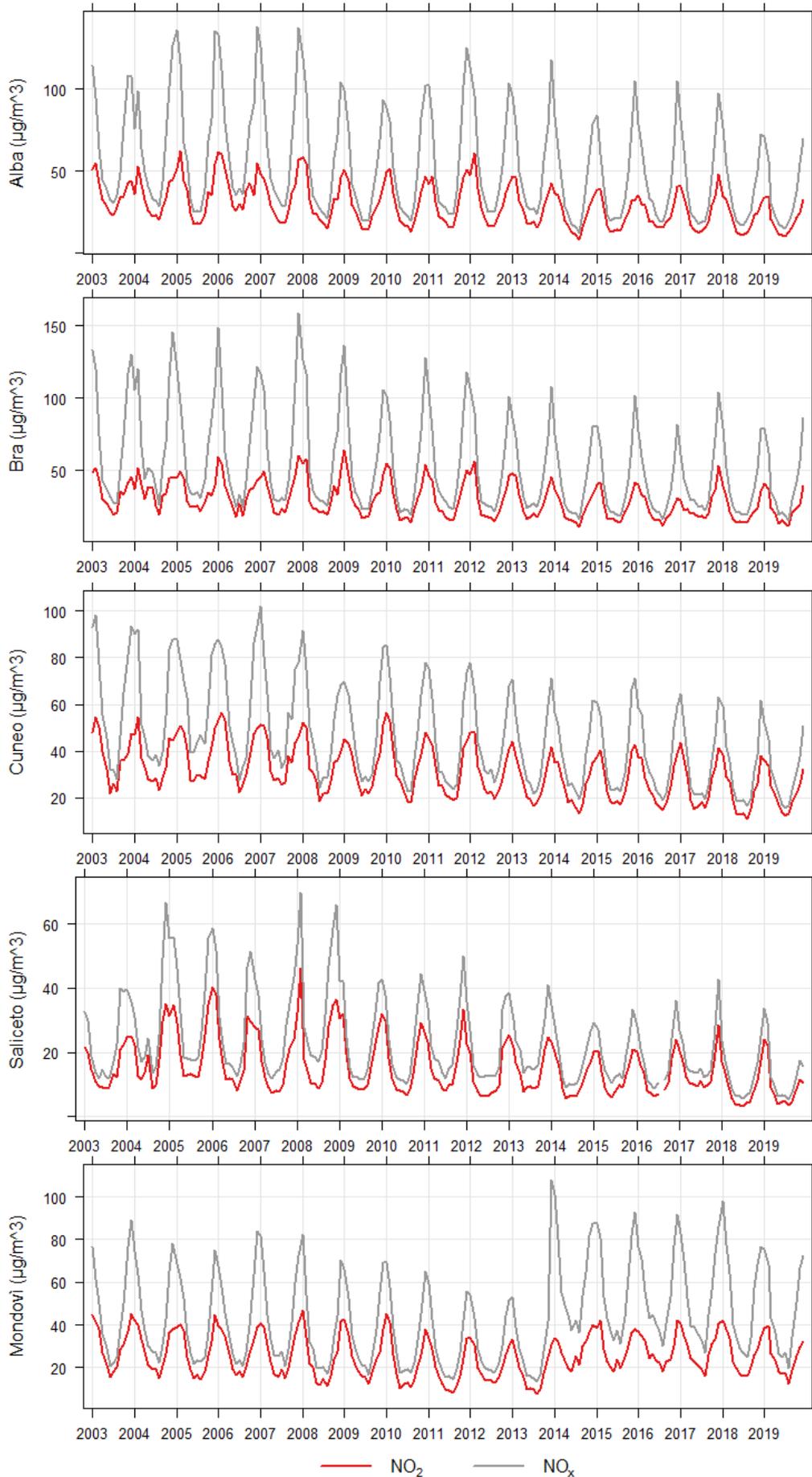
Figura 44) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2019 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale; tra parentesi le concentrazioni medie del 2018 e del 2017; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

In modo analogo a quanto presente nel rapporto ISPRA<sup>12</sup> le valutazioni delle evoluzioni delle serie storiche sono state eseguite sia sulle concentrazioni di NO<sub>2</sub> che su quelle di NO<sub>x</sub>, intese come somma dei due ossidi NO<sub>2</sub> e NO. È infatti importante valutare le tendenze anche degli NO<sub>x</sub> 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 45 per ogni stazione sono confrontati gli andamenti delle medie mensili di NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> dal gennaio 2003 al dicembre 2019. Nei dati di Mondovì è presente una forte discontinuità dovuta allo spostamento, avvenuto a fine 2013, della stazione da una zona di fondo ad una postazione di traffico.

<sup>12</sup> Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia 2003-2012 ISPRA, Rapporti 203/2014 ISBN 978-88-448-0666-8



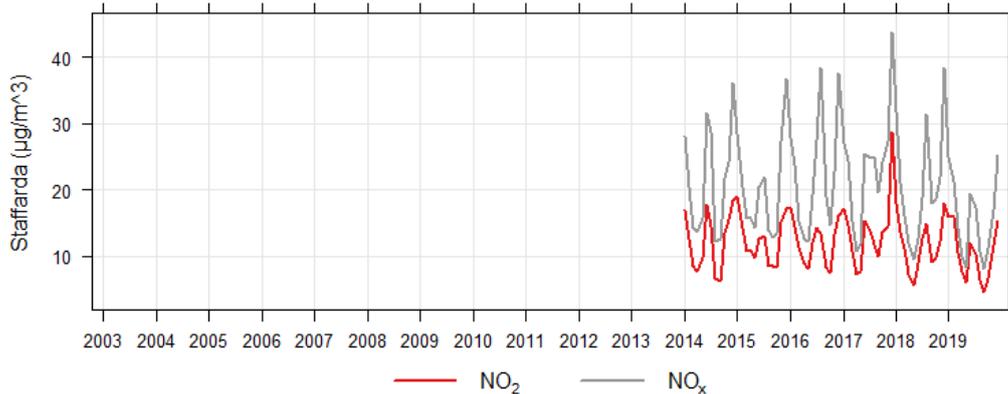


Figura 45) NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>: concentrazioni medie mensili misurate dal 2003 al 2019

A partire dai dati orari misurati dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2019, è stata eseguita l'analisi dei trend per le diverse stazioni utilizzando i medesimi software e metodi già utilizzati per il PM. 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 con l'uso del pacchetto OpenAir.

Per il sito di Bra, in modo analogo a quanto fatto per i PM<sub>10</sub>, dopo aver verificato l'assenza di discontinuità significative, l'elaborazione è stata eseguita considerando, come unica serie storica, i dati di via Piumati e quelli di Madonna dei Fiori. Per Mondovì a causa della significativa discontinuità, l'analisi è stata fatta solamente sui dati di Mondovì-Aragno.

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<sub>x</sub> e nella tabella 7 per gli NO<sub>2</sub> sia in termini di microgrammi/m<sup>3</sup> 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 46 per NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>.

Le analisi evidenziano sia per gli ossidi di azoto, che per l'NO<sub>2</sub>, tendenze alla diminuzione con elevata significatività statistica (p<0.001) in tutte le stazioni della provincia di Cuneo. Solamente per la stazione di Revello-Staffarda la significatività è limitata.

STAZIONE	Variazione annua NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione NO <sub>x</sub> percentuale (%/anno)	TREND NO <sub>x</sub>
ALBA 2003÷2019	-1.84 [-2.07, -1.63]	-2.69 [-2.93, -2.45]	<b>Decrescente</b> p<0.001
BRA 2003÷2019	-1.85 [-2.16, -1.6]	-2.74 [-3.07, -2.42]	<b>Decrescente</b> p<0.001
CUNEO 2003÷2019	-1.91 [-2.08, -1.74]	-3.15 [-3.33, -2.93]	<b>Decrescente</b> p<0.001
SALICETO 2003÷2019	-0.91 [-1.11, -0.76]	-3.08 [-3.49, -2.69]	<b>Decrescente</b> p<0.001
MONDOVI' 2014÷2019	-2.85 [-3.23, -2.45]	-4.49 [-5.01, -3.98]	<b>Decrescente</b> p<0.001
STAFFARDA 2014÷2019	-0.64 [-1.35, -0.13]	-2.9 [-5.41, -0.65]	<b>Decrescente</b> p<0.05

Tabella 6) Trend stimati delle concentrazioni di NO<sub>x</sub>.

STAZIONE	Variazione annua NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione NO <sub>2</sub> percentuale (%/anno)	TREND NO <sub>2</sub>
ALBA 2003÷2019	-1.01 [-1.11, -0.91]	-2.72 [-2.89, -2.52]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
BRA 2003÷2019	-0.85 [-0.95, -0.74]	-2.34 [-2.53, -2.1]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
CUNEO 2003÷2019	-1.05 [-1.14, -0.94]	-2.66 [-2.79, -2.43]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
SALICETO 2003÷2019	-0.57 [-0.68, -0.46]	-2.9 [-3.28, -2.52]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
MONDOVI' 2014÷2019	-0.76 [-1.27, -0.24]	-2.58 [-4.03, -0.84]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
STAFFARDA 2014÷2019	-0.34 [-0.57, -0.05]	-2.64 [-4.16, -0.43]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.05

Tabella 7) Trend stimati delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>.

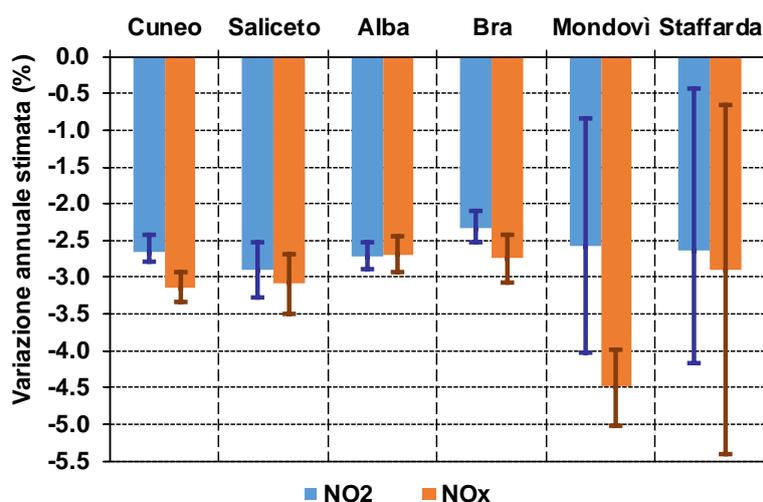


Figura 46) Variazione annua media stimata (in percentuale) delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> nel periodo 2003÷2019 (2003÷2019 per Mondovì e Staffarda). Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Per le stazioni di Mondovì-Aragno e Revello-Staffarda la brevità delle serie storiche a disposizione determina intervalli di confidenza molto ampi rispetto a quelli delle altre stazioni, pertanto questo va considerato nel confronto dei valori.

La variazione percentuale annua media stimata è prevalentemente maggiore per gli NO<sub>x</sub> rispetto all'NO<sub>2</sub>. Confrontando le stazioni attive dal 2003, la differenza è particolarmente marcata per Cuneo e Bra, solamente nella stazione di Alba le variazioni assumono circa lo stesso valore per NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>.

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<sub>x</sub> rispetto all'NO<sub>2</sub> ed evidenzia come questo sia coerente con l'evoluzione del parco veicolare, che ha determinato complessivamente una diminuzione di NO<sub>x</sub>, ma anche un aumento della quota di NO<sub>2</sub> 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<sub>x</sub> evidenziate, che risultano essere le più cospicue della provincia, si può sicuramente attribuire alle riduzioni riscontrate nelle emissioni dell'industria pesante locale<sup>13</sup>.

Come già è stato valutato per il PM<sub>10</sub>, siccome anche le concentrazioni degli NO<sub>x</sub> 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.

Per le stazioni di Mondovì-Aragno e Staffarda la brevità delle serie storiche a disposizione non consente ancora tale tipologia di elaborazione. L'analisi è stata quindi condotta solamente per le stazioni con disponibilità di dati dal gennaio 2003.

L'ultimo trimestre invernale include i mesi di dicembre 2019, gennaio e febbraio 2020, quest'ultimo interessato soltanto a partire dal giorno 23 dalle prime restrizioni per l'emergenza COVID-19.

Nei grafici di figura 47 sono rappresentate le medie degli NO<sub>x</sub> dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio). 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.

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.

---

<sup>13</sup> *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](https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/Relazione-Evoluzione%20QA_%20BSD_Cuneo2016.pdf)

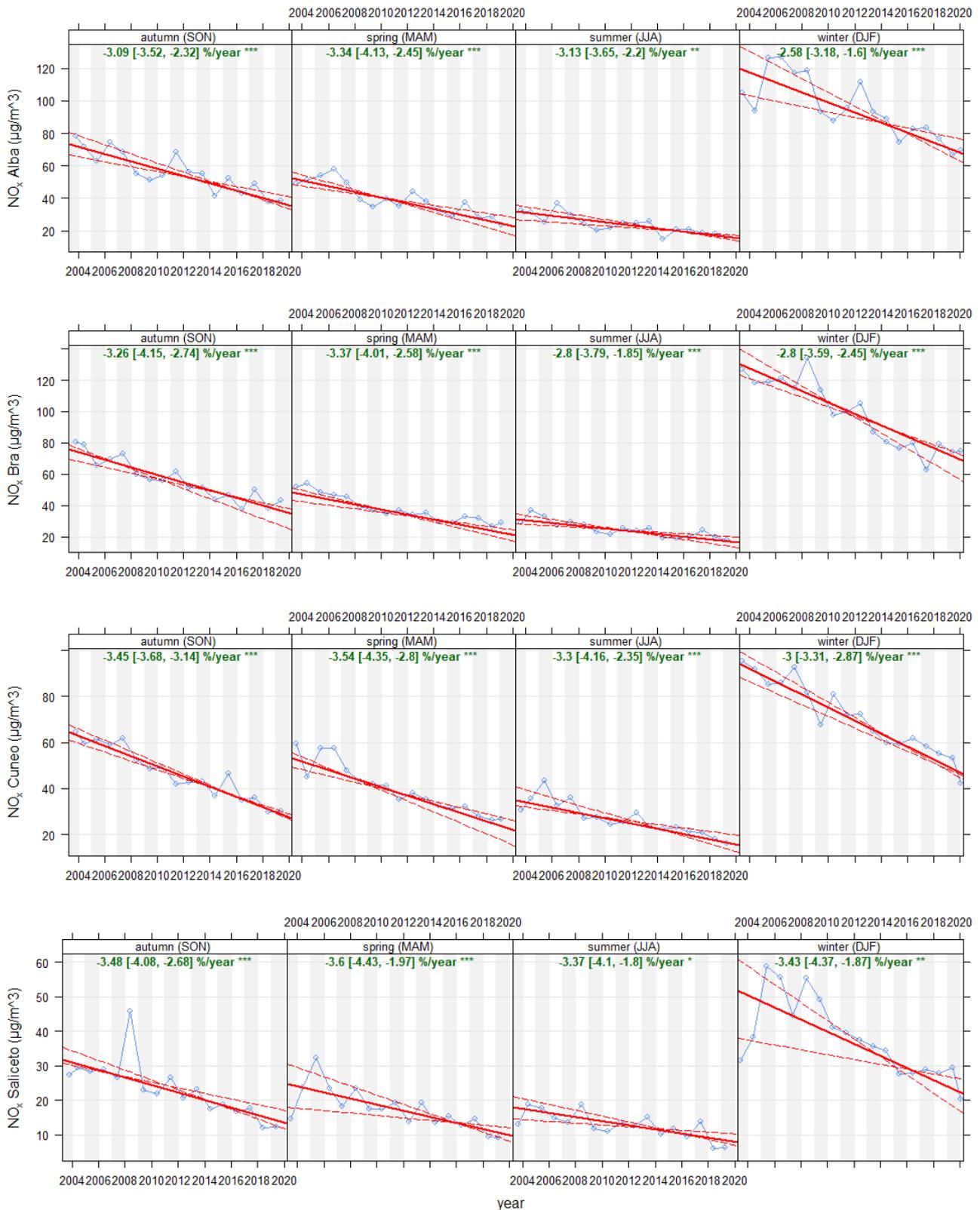


Figura 47) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di NO<sub>x</sub> (significatività statistica: “\*\*\*\*” = p<0.001; “\*\*\*” = p<0.01; “\*” = p<0.05)

## Ozono – O<sub>3</sub>

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 48 rappresenta, per le stazioni della provincia di Cuneo e per ogni anno del periodo dal 2002 al 2019, 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/m<sup>3</sup> (soglia che, come valore obiettivo, non va superata più di 25 volte per anno civile come media su tre anni).

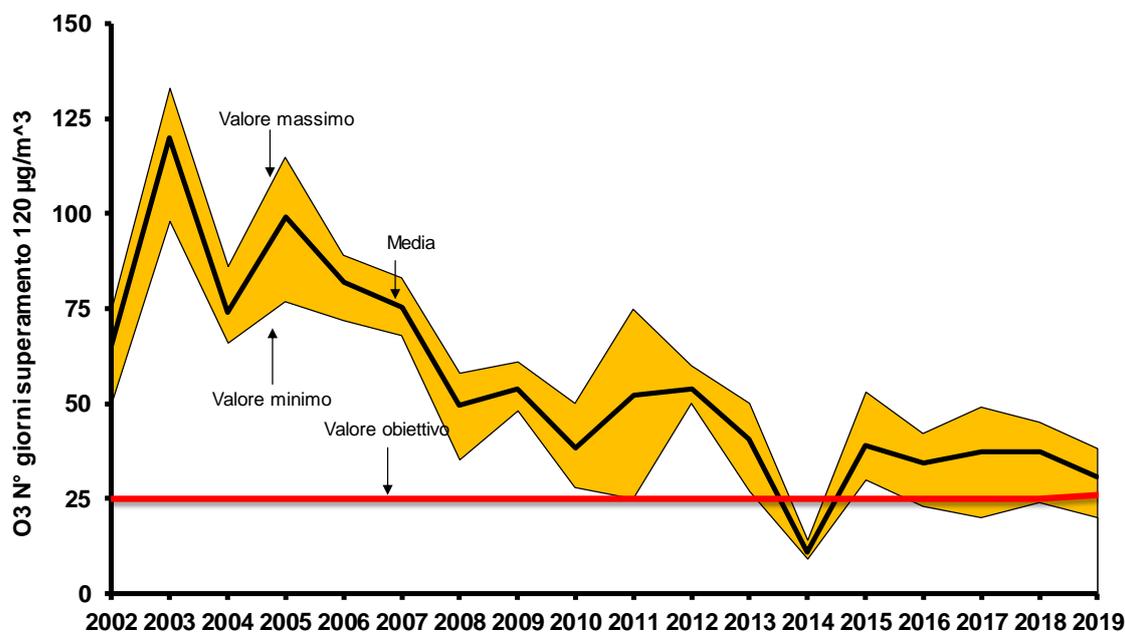


Figura 48) O<sub>3</sub>: Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore) rilevati dalle stazioni della provincia.

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, 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 2018 su tutto il territorio regionale le concentrazioni erano rimaste al di sotto della soglia di allarme, mentre superamenti della soglia di informazione erano stati registrati in poche stazioni al di fuori della provincia di Cuneo. Nell'estate 2019 la situazione è stata più critica: tre stazioni del Piemonte hanno registrato superamenti della soglia di allarme e in tutte le provincie si sono verificati superamenti della soglia di informazione. Questi sono stati registrati in corrispondenza delle ondate di calore e i più critici si sono verificati tra il 26 ed il 29 giugno, giorni caratterizzati da caldo eccezionale. Nella provincia di Cuneo i superamenti della soglia di informazione sono stati registrati presso la stazione di Alba nelle giornate del 26, 27 e 28 giugno, con concentrazioni massime orarie pari rispettivamente a 182, 185 e  $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; superamenti del valore obiettivo si sono invece verificati in tutti i siti di misura della provincia in diversi periodi.

Che la temperatura sia uno degli elementi fondamentali per innescare i processi di formazione dell'ozono si può dedurre dal grafico di figura 49, dove il range delle concentrazioni massime orarie registrate dalle stazioni della rete provinciale in ciascun giorno del 2019 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 ai superamenti della soglia di informazione di fine giugno.

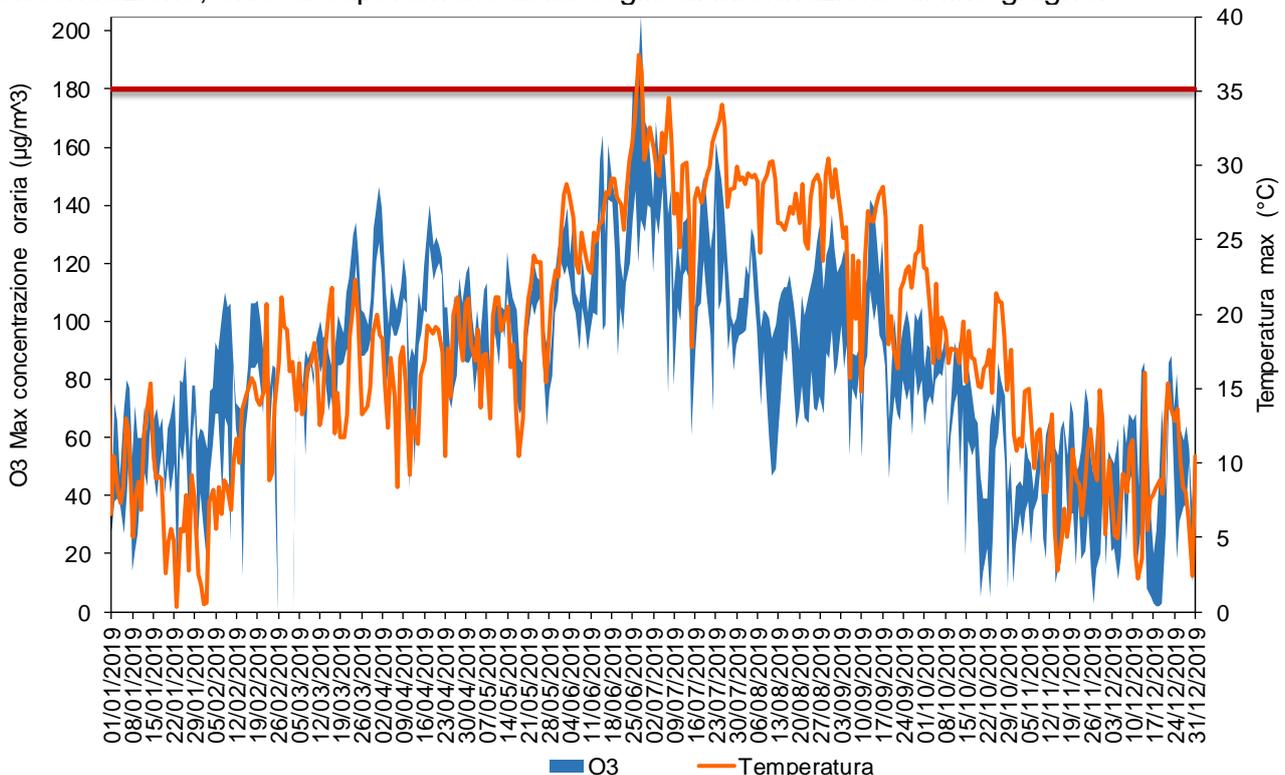


Figura 49) O<sub>3</sub>: Concentrazioni massime orarie delle stazioni della rete provinciale nel 2019 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano; in rosso la soglia di informazione.

Nella figura 50 è rappresentata, per il 2019, 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 principalmente i periodi di stabilità anticiclonica che si sono verificati tra la seconda metà di giugno e la fine di agosto.

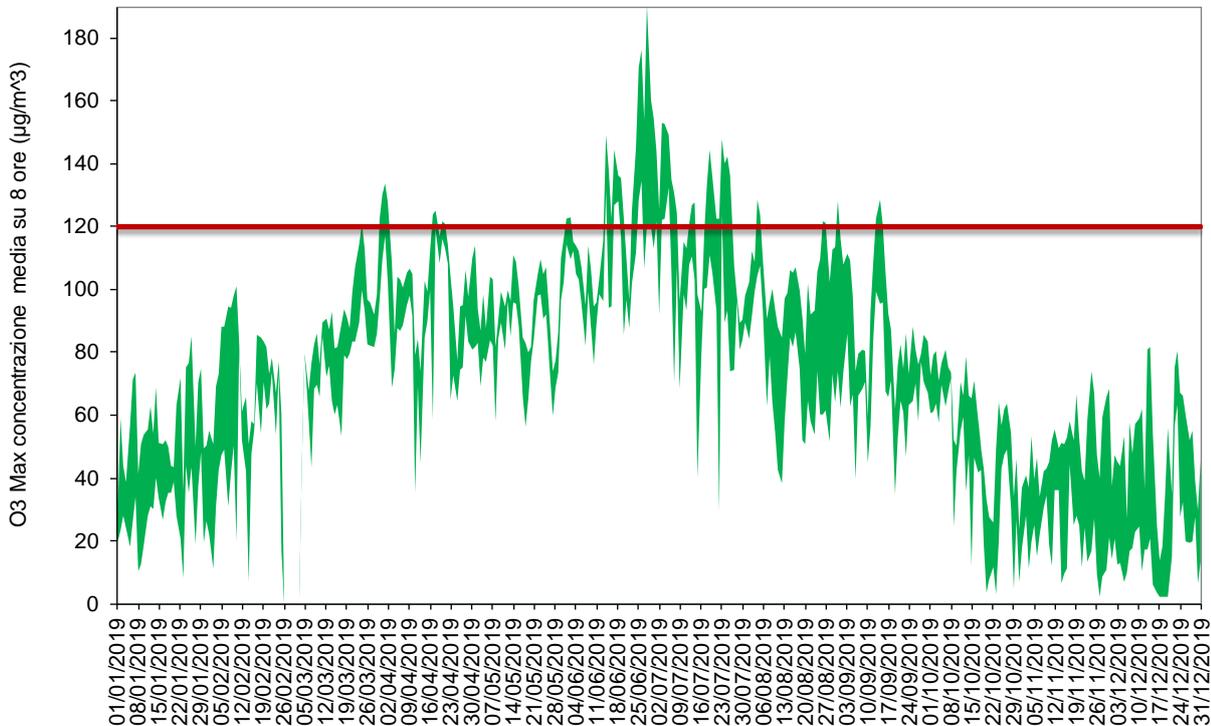


Figura 50) O<sub>3</sub>: range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le stazioni della rete provinciale nel 2019; in rosso il livello obiettivo.

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 51. 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 all'anno precedente, il numero di giorni di superamento nel 2019 si è ridotto presso la stazione urbana di Alba, riportandosi a valori più simili a quelli del 2015 e 2016 (34 giorni), si è più che dimezzato presso la stazione di fondo rurale di Saliceto tornando al valore del 2017 (20 giorni), ma ha registrato incrementi presso la stazione urbana di Cuneo (38 giorni) e quella rurale di Revello-Staffarda (21 giorni).

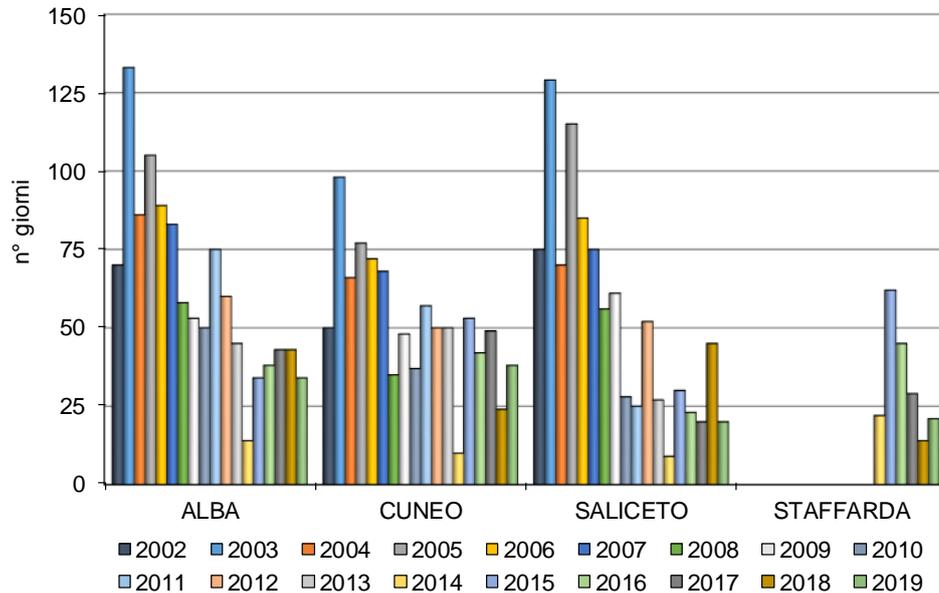


Figura 51) O<sub>3</sub>: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore)

Come valore obiettivo per la protezione della salute umana, la normativa stabilisce che il livello di 120 µg/m<sup>3</sup>, 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, ad eccezione di Staffarda, dove per la prima volta è soddisfatto il valore obiettivo.

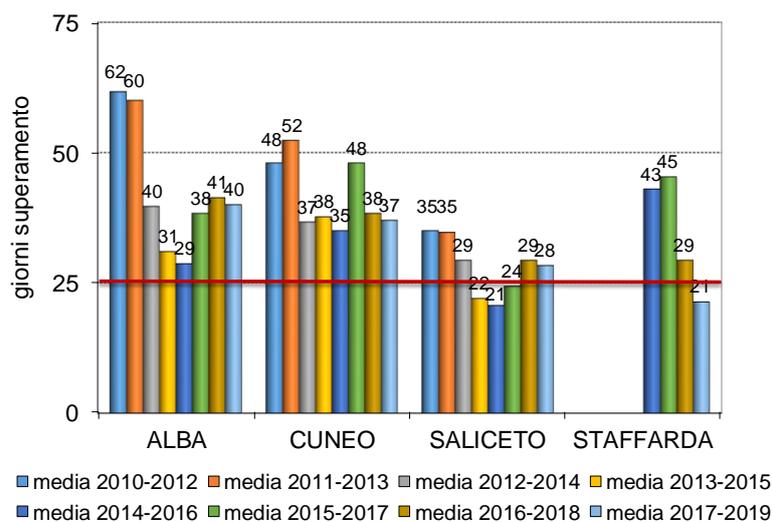


Figura 52) O<sub>3</sub> valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di 120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore.

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 ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), rilevate da maggio a luglio, tra le ore 8 e le 20 di ogni giorno. Per esso la normativa fissa un valore obiettivo, pari a  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  come media su 5 anni, ed un obiettivo a lungo termine di  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  per anno.

Nella figura 53 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 2015÷2019) con cui va confrontato il valore obiettivo di  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  è quello relativo alla stazione di Saliceto ed è pari a  $19688 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ .

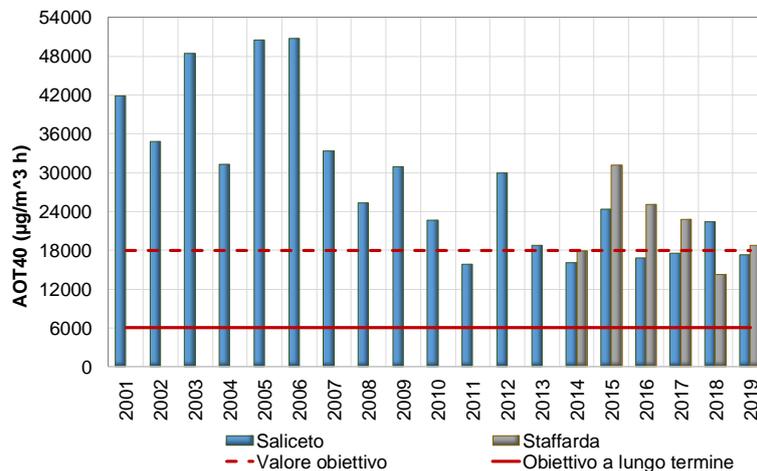


Figura 53) O<sub>3</sub>: Valori dell'AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb) di ciascun anno per le stazioni di fondo rurali della provincia. Esprime l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per i recettori sensibili (colture agrarie).

### La situazione regionale

Nelle mappe della pagina seguente sono rappresentati, per l'anno 2019, i valori degli indicatori da confrontare con gli obiettivi per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione di 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.

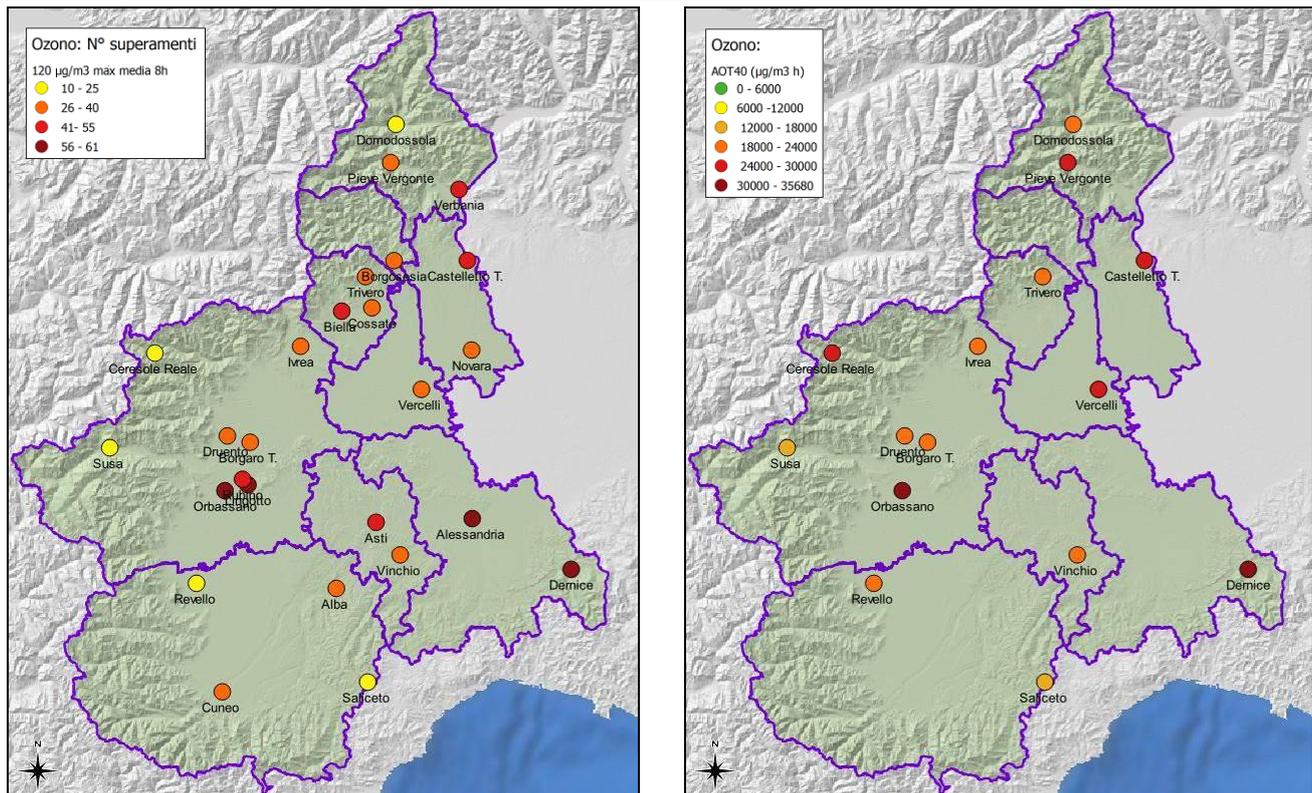


Figura 54) O<sub>3</sub>: 2019 superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (a sinistra), e per la protezione della vegetazione - AOT40 - per le stazioni rurali e suburbane del Piemonte (a destra).

### Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

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

Solamente per la stazione di Revello-Staffarda, la cui serie è limitata agli anni 2014-2019 non sono evidenziati trend. I risultati delle altre stazioni, illustrati nei grafici della pagina seguente, rappresentano, per ogni anno dal 2003 al 2019, 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 µg/m<sup>3</sup>. 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<sup>3</sup> all'anno, che come variazioni percentuali.

STAZIONE	Variazione annua O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale O <sub>3</sub> (%/anno)	TREND O <sub>3</sub>
ALBA	-2.1 [-3.03, -1.26]	-1.37 [-1.89, -0.87]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
CUNEO	-1.52 [-3.04, -0.26]	-1.04 [-1.97, -0.19]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.05
SALICETO	-2.42 [-3.92, -1.08]	-1.64 [-2.55, -0.81]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001

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.

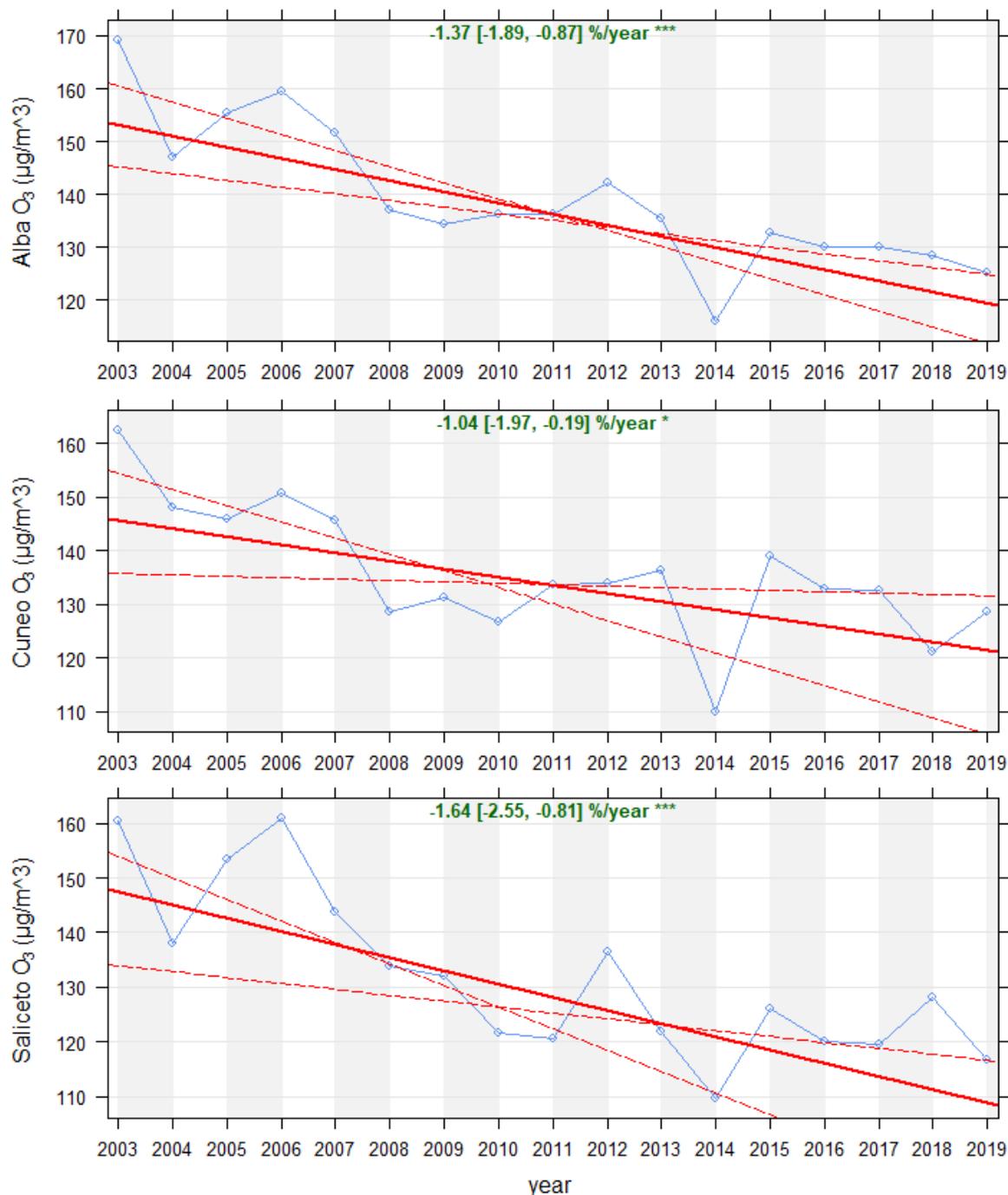


Figura 55) O<sub>3</sub>: Stima dei trend del 93.2° percentile (25° valore più elevato dell'anno) delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore (significatività statistica: "\*\*\*\*" =  $p < 0.001$ ; "\*" =  $p < 0.05$ )

## Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub>

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 SO<sub>2</sub> nell'aria. A livello regionale le concentrazioni di SO<sub>2</sub> 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 attualmente 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/m<sup>3</sup> e 125 µg/m<sup>3</sup>).

I dati del 2019 confermano i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

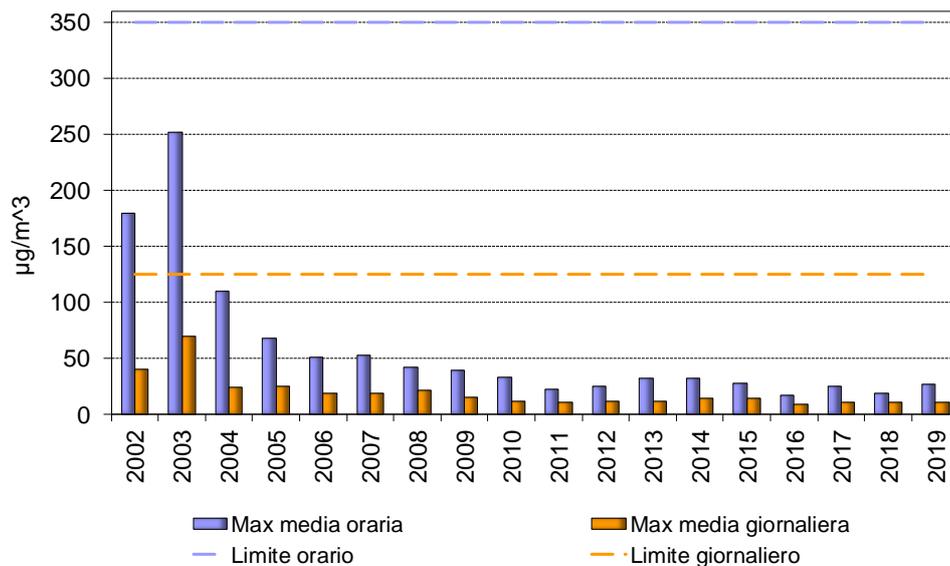


Figura 56) SO<sub>2</sub>: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo.

## 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 2019. 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
<b>CO</b> <b>Massima media su 8 ore (mg/m<sup>3</sup>)</b>	-	1.3	1.1	<b>10</b>
<b>Benzene</b> <b>Media anno (µg/m<sup>3</sup>)</b>	0.7	0.6	1.0	<b>5</b>

Tabella 9) Massima media su 8 ore del CO e media annuale del benzene per l'anno 2019.

Nei grafici della figura 57 sono rappresentati, su scale normalizzate, "giorni medi" e "settimane medie" dell'anno 2019 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.

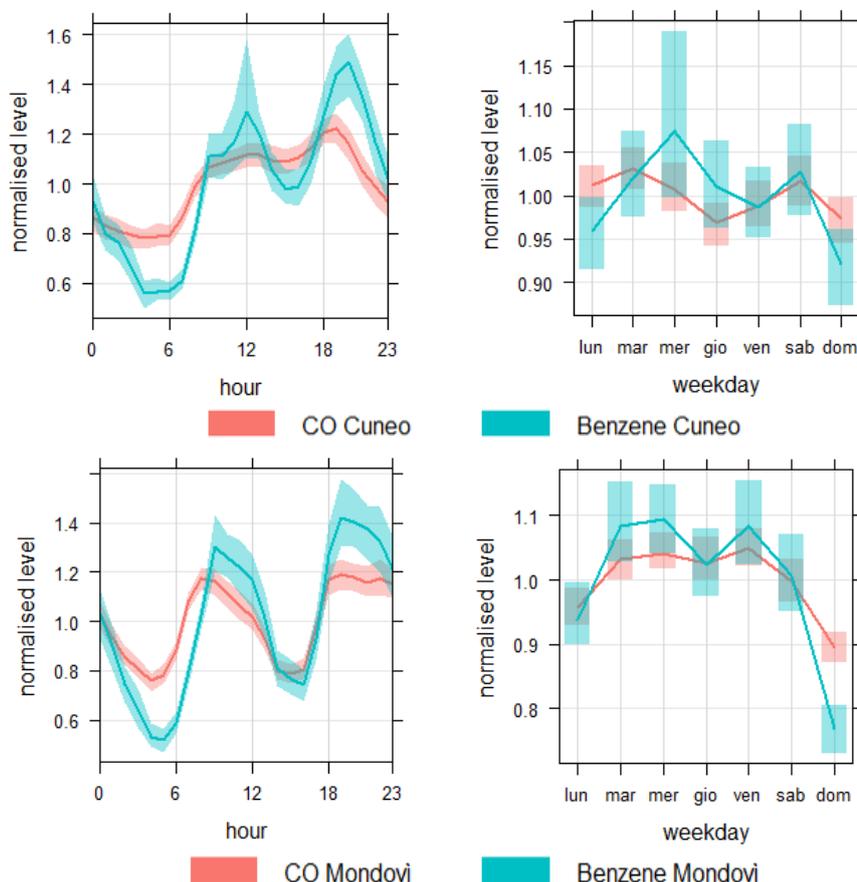


Figura 57) Benzene e CO: giorni medi e settimane medie dell'anno 2019 su scale normalizzate.

## ***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 2019 determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM<sub>10</sub>) 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.

	<b>Piombo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Arsenico (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cadmio (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nichel (ng/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Alba</b>	0.004	0.7	0.1	1.2
<b>Bra</b>	0.004	0.7	0.1	1.0
<b>Cuneo</b>	0.002	0.7	0.1	1.1
<b>Saliceto</b>	0.003	0.7	0.1	0.9
<b>Mondovì</b>	0.004	0.7	0.1	1.0
<b>Valore di riferimento</b>	<b>0.5</b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>20.0</b>

Tabella 10) *Metalli: concentrazioni medie dell'anno 2019 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.

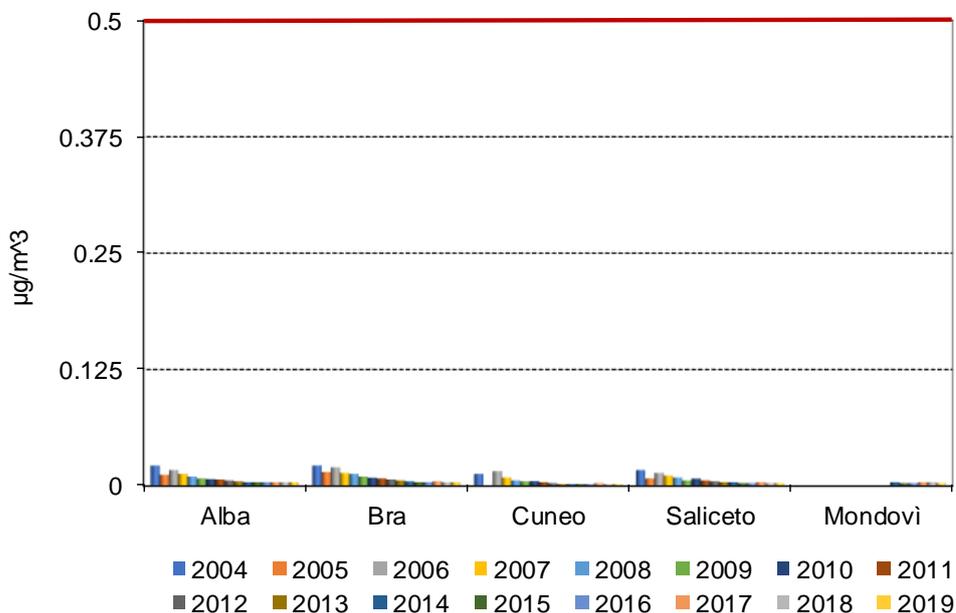


Figura 58) Piombo: confronto medie annuali

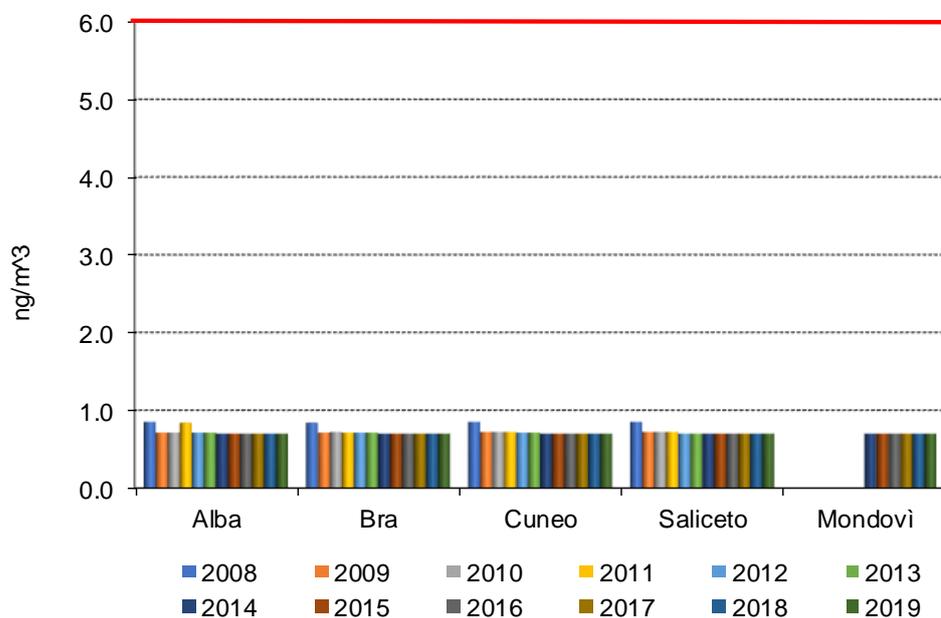


Figura 59) Arsenico: confronto medie annuali.

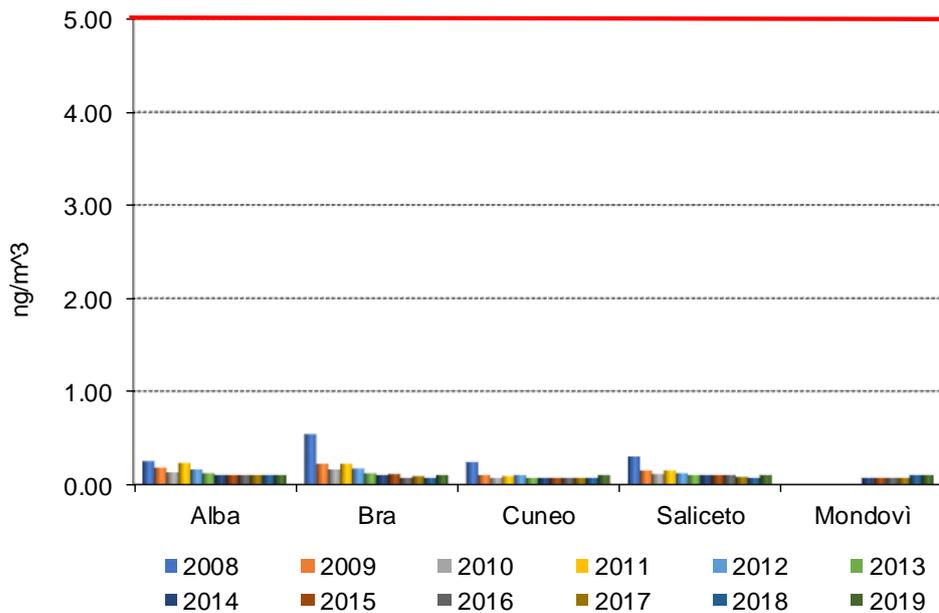


Figura 60) Cadmio: confronto medie annuali.

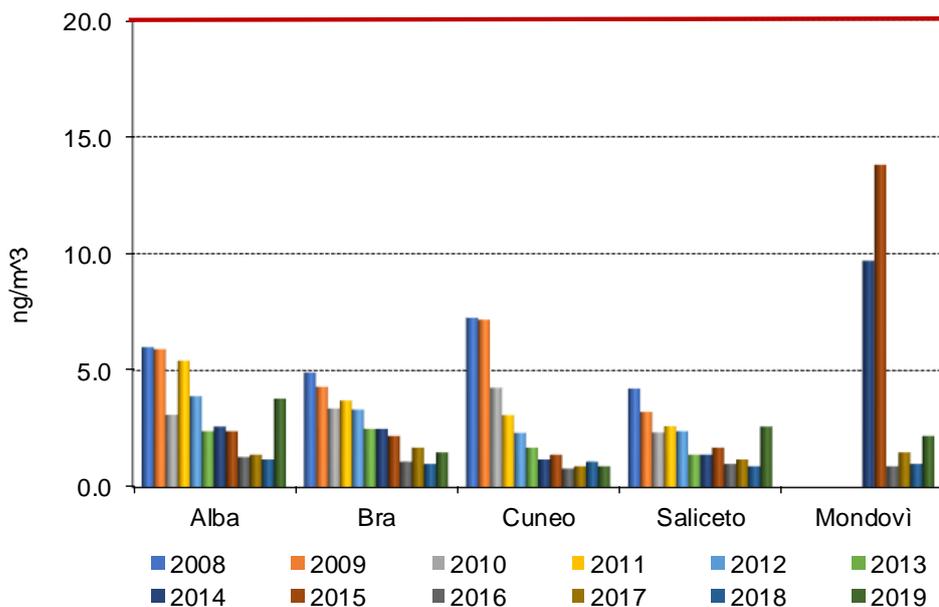


Figura 61) Nichel: confronto medie annuali.

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 2019, la concentrazione media annuale a Mondovì è stata pari a 2.2 ng/m<sup>3</sup> e la massima mensile, riscontrata nel mese di agosto, è stata di 7.2 ng/m<sup>3</sup>. La media annua più elevata è quella di Alba (3.8 ng/m<sup>3</sup>), così come la media mensile di 15.6 ng/m<sup>3</sup> rilevata nel mese di giugno. Anche questi valori sono ampiamente inferiori al riferimento normativo.

## **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 PM<sub>10</sub> 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 62 per tutte le stazioni provinciali con disponibilità di dati pari almeno al 90%.

La concentrazione annua del 2019 rappresenta il valore minimo delle serie storiche per le stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Mondovì (in quest'ultima non è cambiata rispetto all'anno precedente), mentre è tornata ad aumentare a Saliceto, rispettando tuttavia il valore obiettivo di 1.0 ng/m<sup>3</sup>. Da sottolineare è il dato rilevato dalla stazione di Cuneo: dall'inizio delle misure sempre molto inferiore a quello degli altri siti, nel 2019 si è ancora dimezzato raggiungendo il minimo storico della provincia di 0.1 ng/m<sup>3</sup>.

Anche il dato di contenuto percentuale di benzo(a)pirene nel PM<sub>10</sub>, rappresentato per ciascun anno di misura in figura 63, evidenzia un dimezzamento rispetto agli anni precedenti per la stazione di Cuneo. Non mostra invece variazioni particolari negli altri siti: si mantiene a livelli intermedi ad Alba, Bra e Mondovì e a livelli circa doppi, rispetto a questi, nel sito di Saliceto.

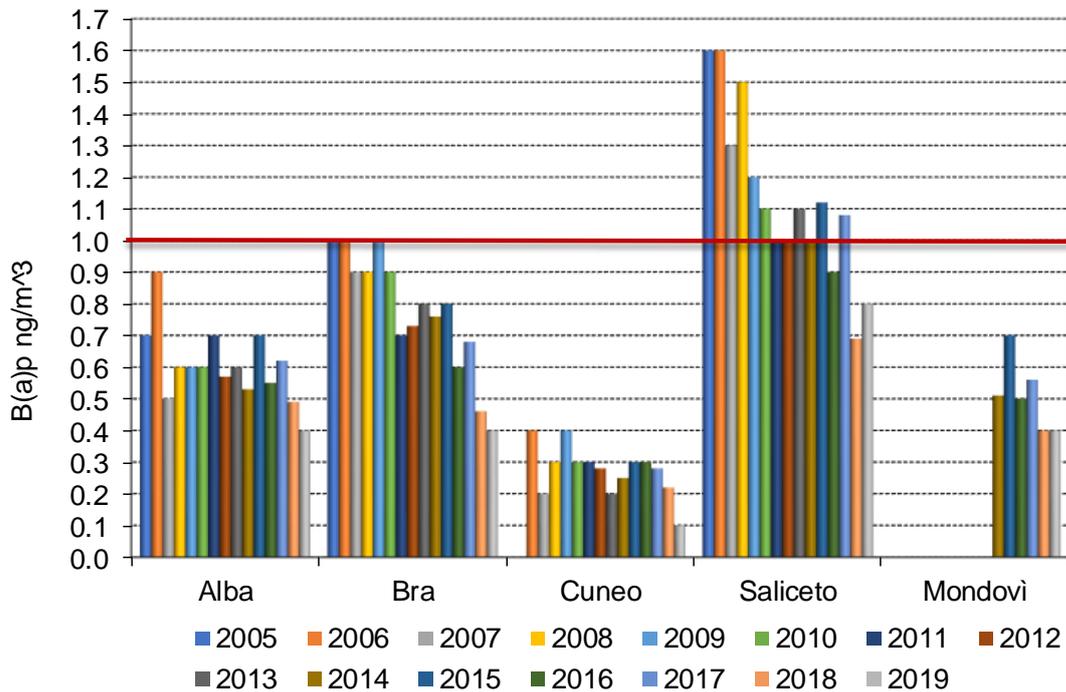


Figura 62) Benzo(a)pirene: medie annuali. Linea rossa: valore obiettivo.

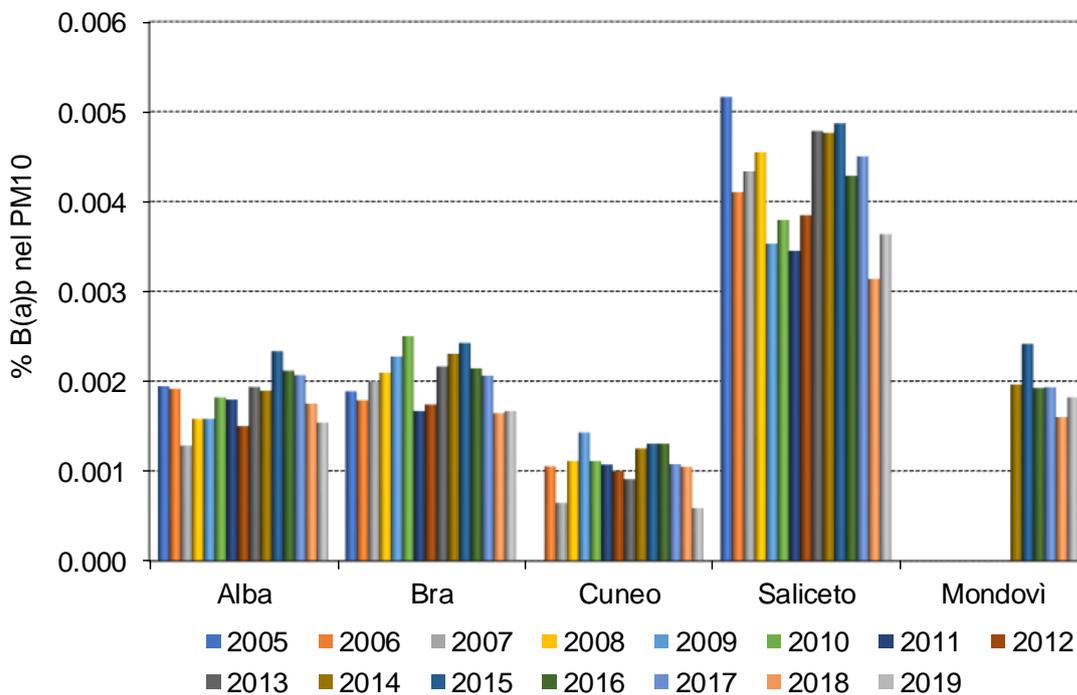


Figura 63) Benzo(a)pirene: contenuto percentuale nel PM<sub>10</sub>.

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 64 rappresenta per l'anno 2019 le concentrazioni medie dei diversi IPA determinati nelle postazioni 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.

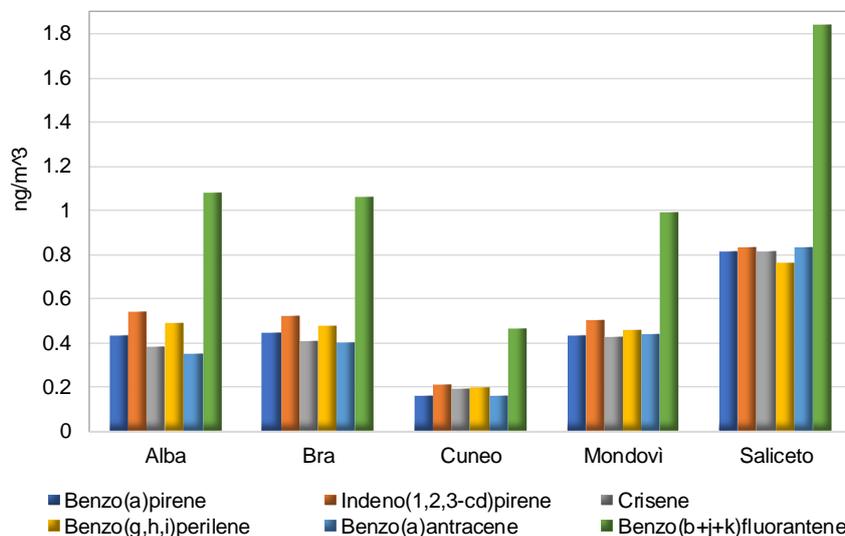


Figura 64) IPA: concentrazioni medie dell'anno 2019.

Le medie mensili delle concentrazioni del benzo(a)pirene riscontrate in ciascuna stazione nel 2019 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.

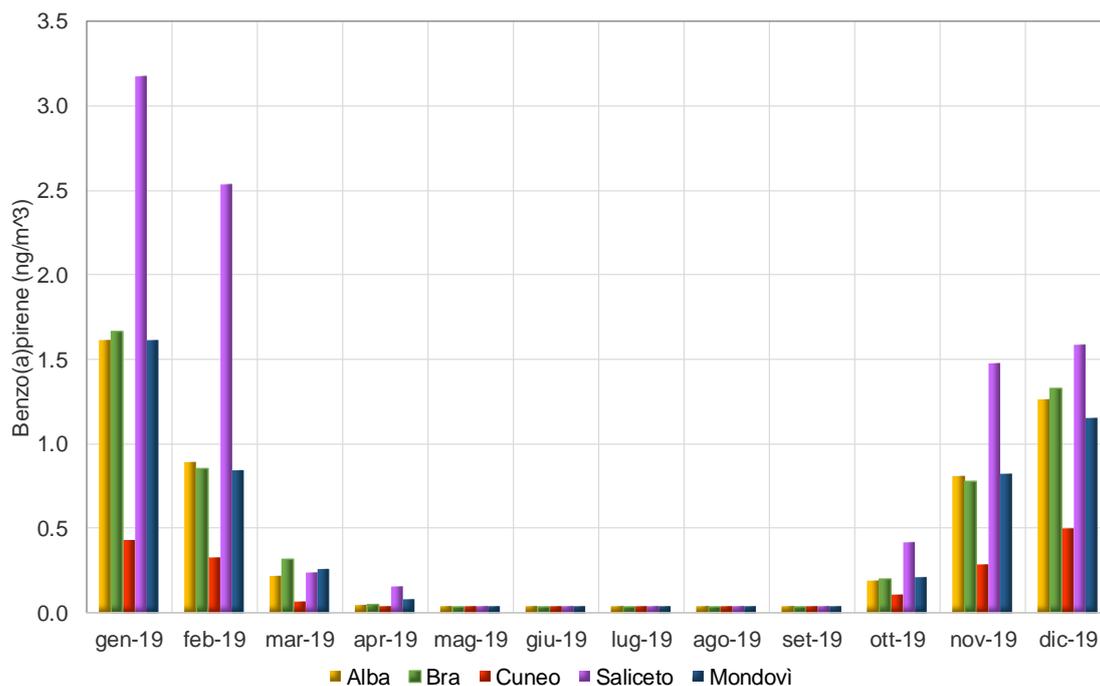


Figura 65) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2019.

Dall'analisi delle concentrazioni medie mensili delle diverse molecole di IPA risulta, per ciascun sito, che esse sono tra loro altamente correlate (coefficiente di correlazione  $\geq 94$ ). Per ciascun mese del 2019 e per ogni stazione, le loro concentrazioni complessive (denominate come "IPA totali") sono rappresentate nella figura 67, mentre nella figura 68 è riportato il loro contributo percentuale alle concentrazioni di PM<sub>10</sub>. 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.

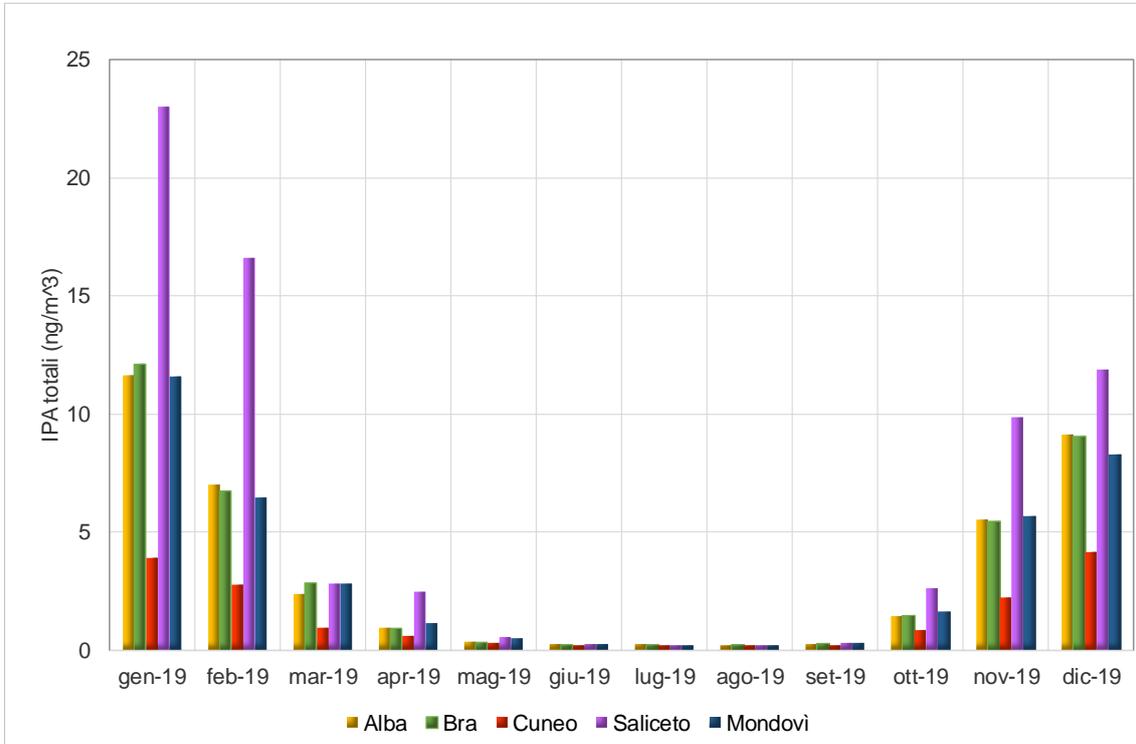


Figura 67) IPA totali: concentrazioni medie mensili dell'anno 2019.

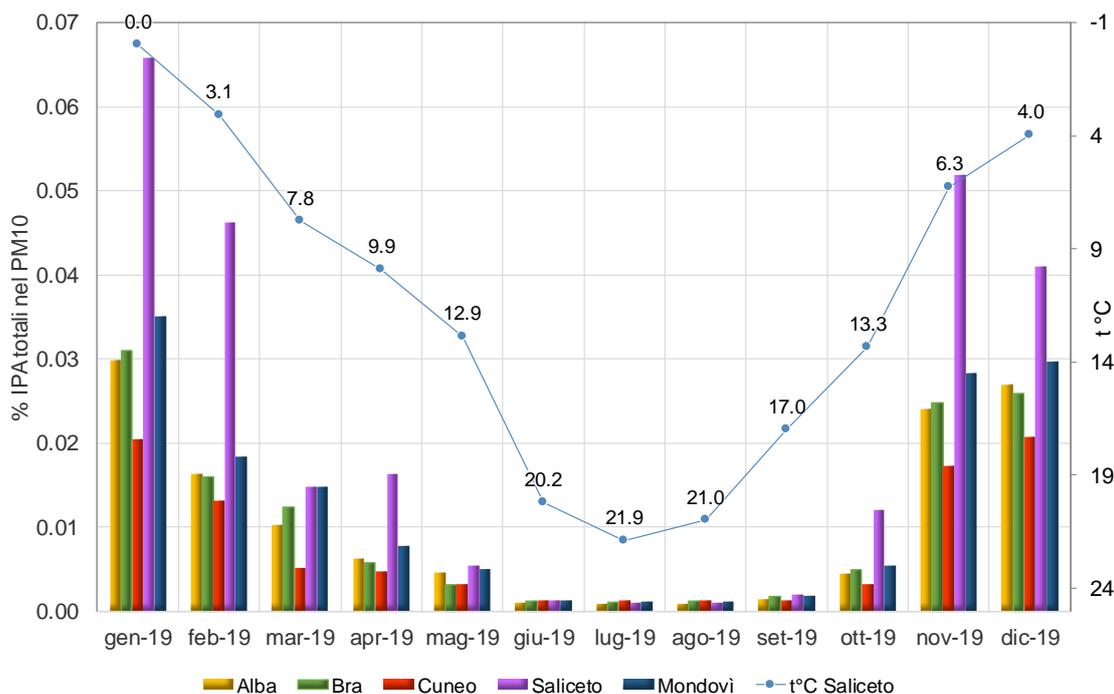


Figura 68) Percentuale IPA totali nel PM<sub>10</sub>: medie mensili dell'anno 2019. Medie mensili della temperatura misurata a Saliceto-Bergalli.

Altri composti determinati nel PM<sub>10</sub>, come ad esempio il piombo, hanno percentualmente un contenuto nelle polveri costante durante l'anno. Il grafico del contenuto percentuale degli IPA totali (figura 68) 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 67, non possa essere dovuto solamente all'aumento delle concentrazioni del PM<sub>10</sub> che li contiene. Il contenuto percentuale di IPA 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. Nella figura 68 sono indicate (su scala inversa) anche le temperature medie mensili registrate presso la stazione meteorologica di Saliceto-Bergalli: il valore particolarmente basso della temperatura del mese di gennaio (caratterizzato da 14 giorni con media inferiore a 0°C), in una zona in cui il riscaldamento domestico a biomassa è ampiamente diffuso, può spiegare sia la concentrazione (figura 67) che il contenuto percentuale di IPA (figura 68) particolarmente elevati di tale mese. Per il mese di novembre invece, l'alto contenuto percentuale di IPA può avere una spiegazione sempre legata ad un incremento nell'utilizzo del riscaldamento a legna, ma in questo caso dovuto alle precipitazioni particolarmente frequenti del mese (13 giorni con almeno 5 mm di pioggia, per un totale di 373 mm caduti nel mese).

### ***Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni***

Le concentrazioni mensili del benzo(a)pirene del periodo 2005÷2019 sono state analizzate, eliminando la componente stagionale, per valutarne l'evoluzione nel tempo. I risultati evidenziano trend di riduzioni statisticamente significativi delle concentrazioni di benzo(a)pirene per tutti i siti (tabella 11). Per nessuna stazione sono invece state riscontrate variazioni significative nel tempo del contenuto percentuale di benzo(a)pirene nel PM<sub>10</sub>.

<b>STAZIONE</b>	<b>Variazione annua (ng/m<sup>3</sup>/anno)</b>	<b>Variazione percentuale (%/anno)</b>	<b>TREND B(a)p</b>
ALBA	<b>-0.005</b> [-0.01, -0]	<b>-0.64</b> [-1.23, -0.22]	<b>Decrescente</b>
BRA	<b>-0.02</b> [-0.03, -0.01]	<b>-2.03</b> [-2.79, -1.3]	<b>Decrescente</b>
CUNEO	<b>-0.01</b> [-0.02, -0.01]	<b>-3.25</b> [-4.21, -2.19]	<b>Decrescente</b>
SALICETO	<b>-0.02</b> [-0.03, -0.01]	<b>-1.82</b> [-2.56, -1.2]	<b>Decrescente</b>

Tabella 11) Trend stimati delle concentrazioni di benzo(a)pirene (significatività statistica:  $p < 0.001$ )

Un'ulteriore valutazione dei trend è stata eseguita suddividendo le concentrazioni mensili del benzo(a)pirene nelle diverse stagioni, comprendendo nell'ultimo inverno, oltre al dicembre 2019, anche i dati gennaio e febbraio 2020. Come si può osservare dai grafici di figura 69, a Saliceto ed Alba non emergono trend di riduzione significativi nei periodi invernali, che generalmente presentano le concentrazioni maggiori di benzo(a)pirene, ma solamente in

quelli autunnali (settembre, ottobre, novembre) e primaverili (marzo, aprile, maggio). Nei siti di Cuneo e Bra, invece, anche nei mesi invernali emergono trend significativi di riduzione.

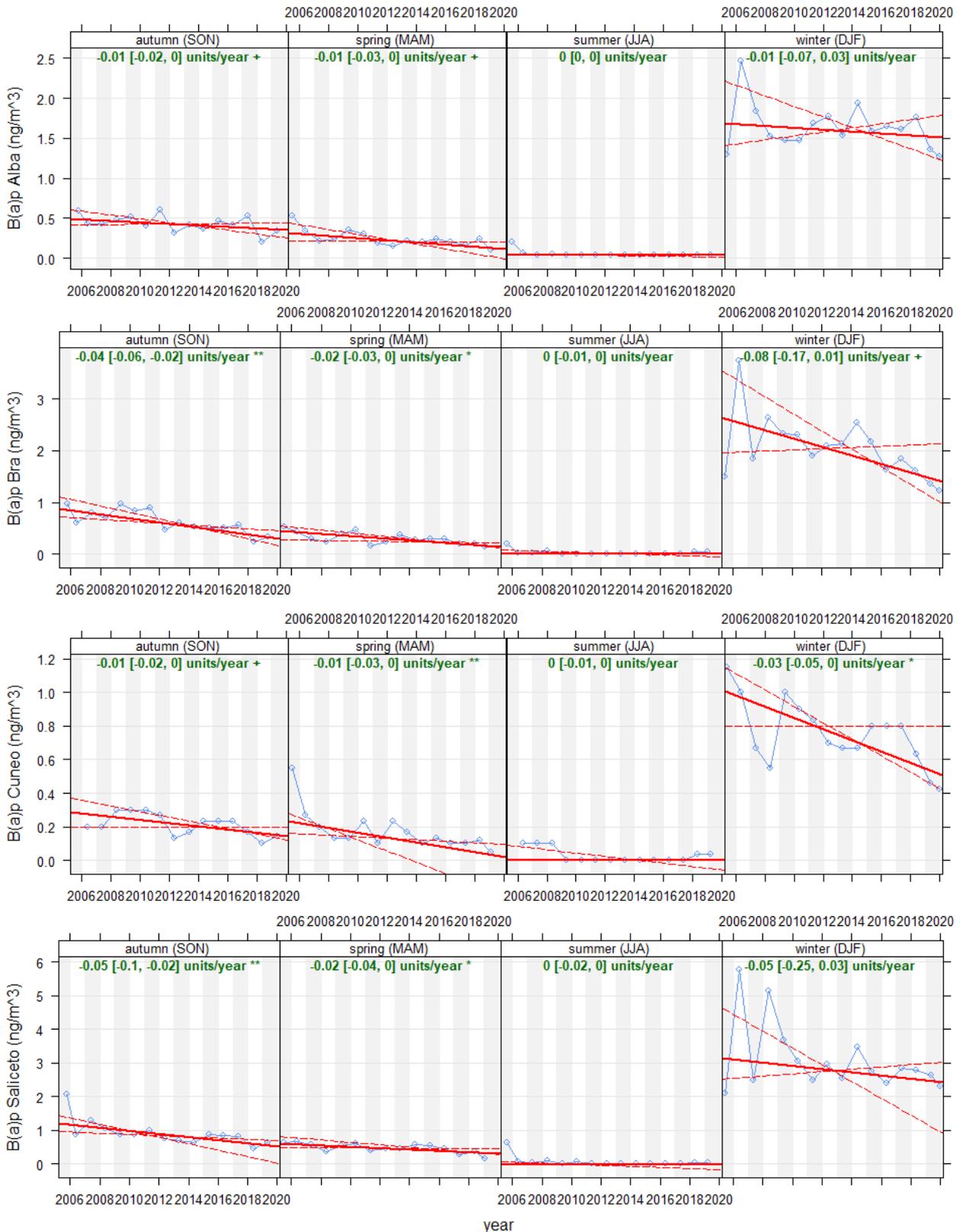


Figura 69) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di benzo(a)pirene (significatività statistica: “\*\*\*” =  $p < 0.001$ ; “\*\*” =  $p < 0.01$ ; “\*” =  $p < 0.05$ )

## Riepilogo confronti normativi - anno 2019

Nella tabella seguente sono riassunti i confronti dei dati misurati nell'anno 2019 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	2019: DATI RILEVATI					
			Alba	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO <sub>2</sub>	350 µg/m <sup>3</sup> media oraria	24 volte / anno civile	-	-	27 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	-	-	-
	125 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	3 volte / anno civile	-	-	11 µg/m <sup>3</sup> max media giornaliera	-	-	-
NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup> media oraria	18 volte / anno civile	116 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	86 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	101 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	106 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	53 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	59 µg/m <sup>3</sup> max media oraria
	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	21 µg/m <sup>3</sup>	22 µg/m <sup>3</sup>	23 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>	9 µg/m <sup>3</sup>	12 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	26 µg/m <sup>3</sup>	24 µg/m <sup>3</sup>	17 µg/m <sup>3</sup>	22 µg/m <sup>3</sup>	22 µg/m <sup>3</sup>	-
	50 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	35 volte / anno civile Data del 36° superamento	24 superamenti	20 superamenti	3 superamenti	10 superamenti	11 superamenti	-
PM <sub>2.5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	-	-	13 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	-	21 µg/m <sup>3</sup>
CO	10 mg/m <sup>3</sup> media mobile su 8 ore	-	-	-	1.3 mg/m <sup>3</sup> max media mobile 8 ore	1.1 mg/m <sup>3</sup> max media mobile 8 ore	-	-
Benzene	5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0.7 µg/m <sup>3</sup>	-	0.6 µg/m <sup>3</sup>	1.0 µg/m <sup>3</sup>	-	-
O <sub>3</sub>	120 µg/m <sup>3</sup> massima media giornaliera su 8 ore (obiettivo lungo termine)	25 volte / anno civile come media su tre anni (valore obiettivo)	34 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>	-	38 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>	-	20 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>	21 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>
	180 µg/m <sup>3</sup> media oraria (soglia di informazione)	-	3 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	0 superamenti
	240 µg/m <sup>3</sup> media oraria (soglia di allarme)	-	0 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	0 superamenti
Benzo(a) Pirene	1.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0.4 ng/m <sup>3</sup>	0.4 ng/m <sup>3</sup>	0.1 ng/m <sup>3</sup>	0.4 ng/m <sup>3</sup>	0.8 ng/m <sup>3</sup>	-
Pb	0.5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0.004 µg/m <sup>3</sup>	0.003 µg/m <sup>3</sup>	0.002 µg/m <sup>3</sup>	0.003 µg/m <sup>3</sup>	0.003 µg/m <sup>3</sup>	-
As	6.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0.7 ng/m <sup>3</sup>	0.7 ng/m <sup>3</sup>	0.7 ng/m <sup>3</sup>	0.7 ng/m <sup>3</sup>	0.7 ng/m <sup>3</sup>	-
Cd	5.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0.1 ng/m <sup>3</sup>	0.1 ng/m <sup>3</sup>	0.1 ng/m <sup>3</sup>	0.1 ng/m <sup>3</sup>	0.1 ng/m <sup>3</sup>	-
Ni	20.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	3.8 ng/m <sup>3</sup>	1.5 ng/m <sup>3</sup>	0.9 ng/m <sup>3</sup>	2.2 ng/m <sup>3</sup>	2.7 ng/m <sup>3</sup>	-

Tabella 12) Confronto con i limiti normativi per l'anno 2019

## Conclusioni

Nella provincia di Cuneo i dati rilevati nel 2019 per il biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>, il monossido di carbonio - CO, il benzene e i metalli pesanti 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 – NO<sub>2</sub> - i limiti normativi sono rispettati in tutta la provincia già dal 2008. Mantenere la concentrazione degli ossidi di azoto al di sotto dei limiti stabiliti dalla normativa per la protezione della salute, non è tuttavia sufficiente, occorre tendere il più possibile alla loro ulteriore riduzione. Infatti, oltre ad essere di per sé tossici, in atmosfera essi agiscono 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.

L’analisi eseguita sulla serie storica dal 2002 al 2019 degli ossidi di azoto evidenzia un trend di diminuzione con elevata significatività statistica in tutte le stazioni della provincia. Tali miglioramenti sono sicuramente attribuibili alle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti progressivamente introdotte per le diverse tipologie di sorgenti, in particolare all’evoluzione del parco veicolare e alle riduzioni delle emissioni dell’industria pesante locale. Indubbiamente questa diminuzione dei livelli di ossidi di azoto ha anche contribuito ai significativi miglioramenti rilevati per le polveri sottili e l’ozono.

Nonostante le oscillazioni dovute principalmente alle differenze meteorologiche tra i diversi anni, la situazione dell’inquinamento da polveri sottili è infatti complessivamente migliorata nel tempo. I livelli riscontrati nei primi anni di misura erano critici, la provincia di Cuneo 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. I numeri di superamenti del limite giornaliero erano molto elevati su tutto il territorio provinciale (nel 2003 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 delle concentrazioni ha consentito, dal 2013, il rispetto del limite dei 35 superamenti a partire dalla zona sud della provincia. Presso le stazioni di Alba e Bra, rappresentative dei livelli di inquinamento medio dei centri urbani della zona nord della provincia, condizioni di criticità sono state invece ancora riscontrate 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. 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 e, nel 2019, il numero di superamenti è ulteriormente diminuito (si veda il grafico della pagina seguente ripreso dalla pagina 11).

Le riduzioni complessivamente registrate nel tempo dei livelli di inquinamento da PM<sub>10</sub> sono sicuramente dovute agli ingenti sforzi intrapresi nelle diminuzioni delle emissioni in atmosfera, le condizioni meteorologiche continuano tuttavia ad influenzare i livelli di concentrazioni delle polveri sottili. Nel 2019, la frequenza delle precipitazioni e degli episodi di foehn hanno contribuito a rendere l’anno come il migliore per i bassi livelli di inquinamento da polveri sottili da quando è stata attivata la rete di rilevamento regionale. La maggior ventilazione che caratterizza la zona sud della provincia ha inoltre ulteriormente ridotto i livelli qui presenti di inquinanti rispetto alla zona nord determinando nel capoluogo un record per la “bontà” della qualità dell’aria della provincia di Cuneo.

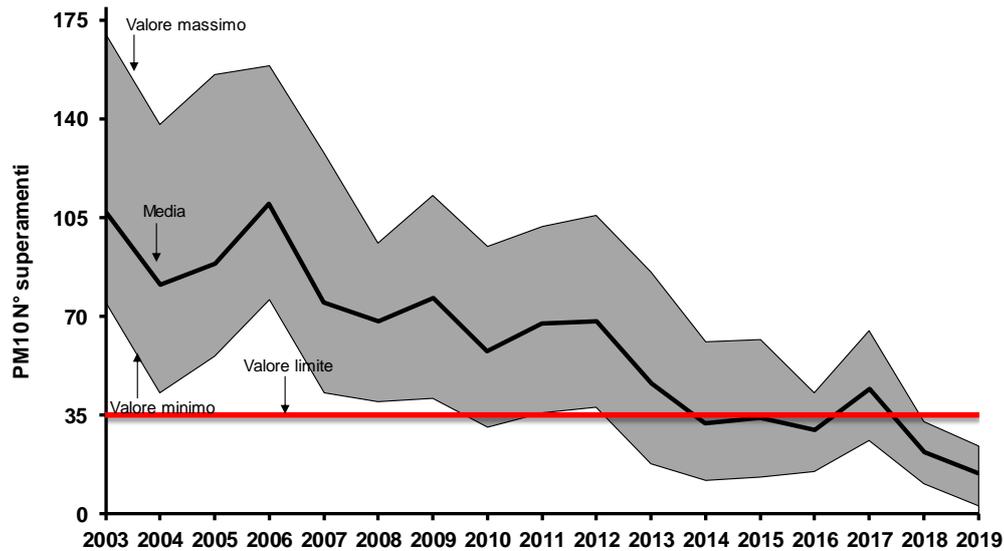


Figura 70)  $PM_{10}$ : Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui del limite giornaliero di  $50 \mu g/m^3$  rilevati dalle stazioni della provincia.

Nel 2019 anche le concentrazioni di benzo(a)pirene (Idrocarburo Policiclico Aromatico classificato come cancerogeno) presenti nel  $PM_{10}$  hanno raggiunto il valore minimo delle serie storiche per le stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Mondovì, sono invece tornate ad aumentare presso la stazione di Saliceto rispettando tuttavia, per il secondo anno consecutivo, il valore obiettivo di  $1.0 \text{ ng}/m^3$ . Per tale inquinante continua ad essere evidente l'influenza delle emissioni derivanti dalla combustione della legna nel riscaldamento domestico. Da sottolineare è il dato rilevato dalla stazione di Cuneo: dall'inizio delle misure sempre molto inferiore a quello degli altri siti, nel 2019 si è ancora dimezzato raggiungendo il minimo storico della provincia di  $0.1 \text{ ng}/m^3$ .

La criticità si mantiene invece evidente in tutta la provincia per l'ozono. Sebbene infatti anche per l'inquinamento da ozono si sia verificato un miglioramento nel tempo, la situazione si è pressoché stabilizzata negli ultimi anni, mantenendo una forte variabilità interannuale dovuta alle condizioni meteorologiche. Nell'estate 2019, a causa delle ondate di calore che si sono verificate, la situazione è stata più critica dell'anno precedente: superamenti della soglia di informazione sono stati registrati presso la stazione di Alba nelle giornate del 26, 27 e 28 giugno, giorni caratterizzati da caldo eccezionale; superamenti degli obiettivi per la protezione della popolazione e della vegetazione si sono verificati in tutti i siti di misura della provincia in diversi periodi.

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, oltre che sul traffico, sulle emissioni provenienti dalla combustione della biomassa e su tutte le sorgenti di inquinanti precursori, tra cui la zootecnia; tali settori 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 - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>
- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- 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.

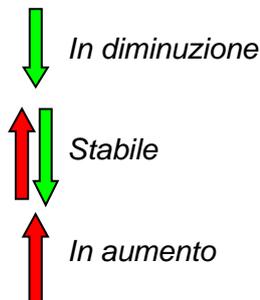
**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**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 – PM<sub>10</sub> - PM<sub>2.5</sub>

<b>Caratteristiche</b> <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine <b>PM<sub>10</sub></b> si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine <b>PM<sub>2.5</sub></b> comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm.		
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino</b> , ecc..., e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarmento delle polveri depositate sulle strade)</b> , gli <b>impianti di riscaldamento</b> e la <b>zootecnia</b> rappresentano le fonti più significative.		
<b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>imnesso direttamente</b> in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da <b>trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs, NH<sub>3</sub></b> .		
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del <b>lungo tempo di permanenza nell'aria</b> (da giorni a settimane) che ne consente il <b>trasporto su grandi distanze</b> . 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.		
<b>Effetti</b> <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"> <li>- il PM<sub>10</sub>, 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.</li> <li>- Il PM<sub>2.5</sub>, 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.</li> </ul> Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b> , quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b> e anche <b>danni al sistema cardiocircolatorio</b> . Il PM inoltre agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici. Nel 2013 il particolato atmosferico è stato classificato dallo <b>IARC</b> come <b>cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1)</b> . La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione <b>inibendo il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante</b> ; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.		
<b>Misura</b> <i>gravimetrica</i>	Il PM <sub>10</sub> e il PM <sub>2.5</sub> 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 10 µm o 2.5 µm.		
<b>Situazione</b>  	La situazione nell'ultimo decennio <b>è in miglioramento</b> ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano dove si verificano ancora numerosi superamenti soprattutto del limite giornaliero di 50 µg/m <sup>3</sup> .		
<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore limite</b>	N° superamenti ammessi
<b>PM10</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 per anno civile
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	
<b>PM2.5</b>	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> NO <sub>2</sub>	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O 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: <math>N_2 + O_2 \rightarrow 2NO</math>     <math>2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2</math>. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO<sub>2</sub> 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 PM<sub>10</sub> in inverno.</p>		
<b>Fonte</b> naturale antropica	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'<b>attività batterica</b> sui composti dell'azoto, dall'<b>attività vulcanica e dai fulmini</b>: ciò produce un <b>apporto minimo</b> ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai <b>processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione</b>: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il <b>traffico veicolare</b> ne rappresenti la <b>fonte più significativa</b>.</p>		
<b>Tipologia</b> primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al <b>massimo il 5%</b> degli ossidi di azoto emessi <b>direttamente dalle combustioni in aria</b>. <b>La maggior parte</b> dell'NO<sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece <b>dall'ossidazione del monossido di azoto</b>, ed è quindi di natura secondaria.</p>		
<b>Permanenza</b> spazio temporale	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO<sub>2</sub> e quattro giorni per l'NO.</p>		
<b>Effetti</b> salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO<sub>2</sub> sono dovuti alla sua <b>azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio</b>. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono <b>riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie</b>, quali bronchite cronica e asma, e <b>riduzione della funzionalità polmonare</b>. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti <b>danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi</b> coinvolti, e producono <b>fenomeni corrosivi sui metalli</b> e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un <b>invecchiamento più rapido delle strutture</b>.</p>		
<b>Misure</b> chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il <b>metodo a chemiluminescenza</b>, 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/m<sup>3</sup>).</p>		
<b>Situazione</b>  	<p>La situazione <b>è in miglioramento</b> ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano, oltre che per i superamenti che ancora si verificano nei grossi centri abitati, anche per la sua natura di precursore dello smog fotochimico.</p>		

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi
Biossido di Azoto	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	18 per anno civile
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-

## OZONO

<b>Caratteristiche</b> $O_3$	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
<b>Fonte</b> <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.
<b>Tipologia</b> <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.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	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.
<b>Effetti</b> <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.
<b>Misura</b> <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 ( $\mu g/m^3$ ).
<b>Situazione</b>  	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
<b>Soglia informazione</b> Protezione della salute umana	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Soglia di allarme</b> Protezione della salute umana	Media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>	non più di 3 ore consecutive
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>	25 volte per anno civile come media su 3 anni
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 µg/m <sup>3</sup> ·h come media sui 5 anni	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 µg/m <sup>3</sup> ·h	

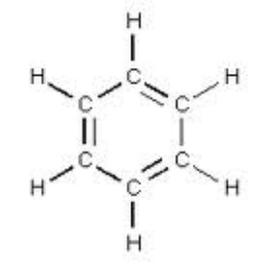
(\*\*) Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>·h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche SO<sub>2</sub></b>	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai <b>processi di combustione che utilizzano combustibili fossili</b> (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità, e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di SO <sub>2</sub> proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. La concentrazione di SO <sub>2</sub> presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione impianti di <b>riscaldamento domestici</b> , alimentati con combustibili solidi o liquidi.
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	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.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte <b>irritante delle vie respiratorie</b> . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio ( <b>asma, tracheiti, bronchiti</b> ) 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 <b>principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni</b> meteorologiche ( <i>piogge acide</i> ). Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO <sub>2</sub> provoca <b>danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale</b> . L'azione sui <b>materiali</b> interessa maggiormente i <b>metalli</b> , nei quali viene accelerato il <b>fenomeno di corrosione</b> , ed i <b>materiali da costruzione</b> (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, <b>diminuisce la resistenza meccanica dei materiali</b> , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.
<b>Misura</b> <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 <sub>2</sub> presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO <sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> ).
<b>Situazione</b>  	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 in atmosfera.

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

## BENZENE

<p><b>Caratteristiche</b></p> <p><math>C_6H_6</math></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><b>Fonte</b>  naturale  antropica</p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli <b>incendi boschivi</b> e durante le <b>eruzioni vulcaniche</b>, 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 <b>gas di scarico degli autoveicoli</b>, in particolare dei veicoli <b>alimentati a benzina</b>: 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 <b>fumo di tabacco</b>.</p>
<p><b>Tipologia</b>  primario</p>	<p>È un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza</b>  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><b>Effetti</b>  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 <b>cancerogeno per l'uomo</b>. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p><b>Misura</b>  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 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>).</p>
<p><b>Situazione</b></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>

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

## MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

<b>Caratteristiche</b>  CO	Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico. Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali fonti naturali sono agli <b>incendi boschivi, le eruzioni dei vulcani, le emissioni da oceani e paludi</b> . La fonte antropica più significativa è rappresentata dal <b>traffico veicolare</b> , 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 <b>impianti di riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche, gli inceneritori di rifiuti</b> , per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	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.
<b>Effetti</b> <i>salute</i>	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, <b>ad elevate concentrazioni, esiti letali</b> . A <b>basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza</b> . Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate. Sull'ambiente ha effetti trascurabili.
<b>Misure</b> <i>Assorbimento IR</i>	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/m <sup>3</sup> ).
<b>Situazione</b>  	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 marmitte catalitiche. Ciò ha determinato, nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, una riduzione significativa della sua concentrazione.

<b>Riferimenti normativi</b> <b>D.Lgs 155/2010</b>	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	<b>Valore limite</b>	<b>N° superamenti ammessi</b>
<b>Monossido di carbonio</b>	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-

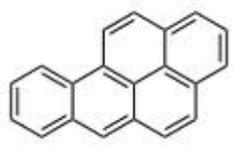
## METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

<b>Caratteristiche</b> 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.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali ( <b>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</b> ) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <b>combustioni</b> , dai <b>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</b> e dalle <b>abrasioni dei materiali</b> .
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM <sub>10</sub> .
<b>Effetti</b> <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: <b>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</b> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <b>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</b> .
<b>Misura</b> <i>ICP-MS da filtro PM<sub>10</sub></i>	La frazione fine del particolato (PM <sub>10</sub> ) 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).
<b>Situazione</b>  	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
<b>Piombo</b>	Anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>
	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore obiettivo(*)</b>
<b>Arsenico</b>	Anno civile	6.0 ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmio</b>	Anno civile	5.0 ng/m <sup>3</sup>
<b>Nichel</b>	Anno civile	20.0 ng/m <sup>3</sup>

(\*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## IPA - Benzo(a)pirene

<p><b>Caratteristiche</b> <b>Benzo(a)pirene</b></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><b>Fonte</b> <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 <b>eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi</b>.</p> <p>Le fonti antropiche sono dovute ai <b>processi di combustione</b> incompleta di materiale organico e all'uso di <b>olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento</b>. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al <b>traffico stradale</b> 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><b>Tipologia</b> <i>primario</i></p>	<p>È un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza</b> <b>spazio temporale</b></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 <b>qualche giorno o settimana</b>; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare <b>anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione</b>.</p>
<p><b>Effetti</b> <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 <b>danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare</b>.</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><b>Misura</b> <i>GC da filtro PM<sub>10</sub></i></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM<sub>10</sub>) 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><b>Situazione</b></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(*)
Benzo(a)pirene	Anno civile	1.0 ng/m <sup>3</sup>

(\*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile