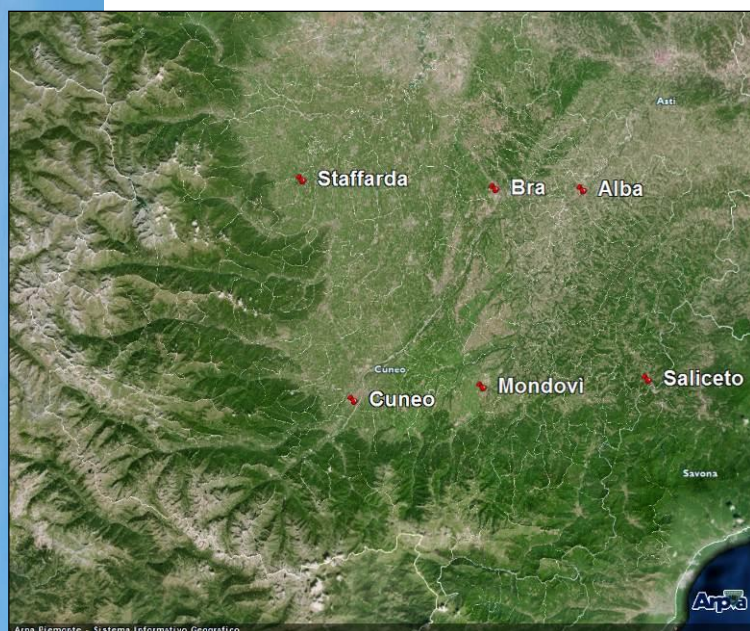


## DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD OVEST



## MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

**ANNO 2020**

## TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO



# **MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

## **SUL**

# **TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO**

## **ANNO 2020**

**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, Sara Martini, Sergio Oglino, Luca Pascucci, Aurelio Pellutiè, Marco Tosco, delle Strutture Semplici di Produzione e di Tutela e Vigilanza del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Sud Ovest*

**Le determinazioni analitiche sono state realizzate da:**

*Laboratorio del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest - Sede di Grugliasco*

**Le analisi meteorologiche 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 di:**

*Struttura semplice Meteorologia, Clima e Qualità dell'aria del Dipartimento tematico Rischi Naturali e Ambientali*

*Si ringrazia il Settore Viabilità della Provincia di Cuneo per i dati del censimento del traffico*

**Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Regione Piemonte**

**ARPA PIEMONTE**

**Sede centrale di via Pio VII, 9**

**10135 Torino**

Novembre 2021

## Indice

<b>PREFAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>LA RETE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>3</b>
<b>CONDIZIONI METEOCLIMATICHE DELL'ANNO 2020 .....</b>	<b>6</b>
<b>GLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002 ÷ 2020 .....</b>	<b>10</b>
MATERIALE PARTICOLATO .....	10
PM <sub>10</sub> .....	10
PM <sub>2.5</sub> .....	28
BIOSSIDO DI AZOTO – NO <sub>2</sub> .....	32
OZONO – O <sub>3</sub> .....	39
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO <sub>2</sub> .....	45
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO .....	46
I METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL .....	47
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI - BENZO(A)PIRENE .....	50
RIEPILOGO CONFRONTI NORMATIVI - ANNO 2020 .....	56
<b>GLI EFFETTI DEL LOCKDOWN SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLA PROVINCIA DI CUNEO NEL PERIODO MARZO 2020 ÷ AGOSTO 2021 .....</b>	<b>57</b>
ANALISI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA .....	61
CONCLUSIONI .....	79
 <b>ALLEGATO - INQUINANTI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E LIMITI NORMATIVI .....</b>	<b>1</b>



## Prefazione

Come ogni anno a partire dal 2002, quando è stato attivato in Piemonte il *Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria*, il Dipartimento territoriale ARPA di Cuneo fornisce un'analisi dei risultati prodotti dalle stazioni presenti nel territorio provinciale.

Il 2020 è stato un anno molto peculiare. Da un lato le condizioni meteorologiche sono state particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, dall'altro le misure di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19 hanno causato una variazione delle attività antropiche improvvisa e una riduzione delle emissioni dei settori traffico e industria. Per tale motivo in questo documento, oltre alla consueta relazione sui dati dell'ultima annualità completa, è presente un capitolo dedicato agli effetti del lockdown sulla qualità dell'aria della provincia di Cuneo per il periodo compreso dal marzo 2020 all'agosto 2021.

Nella provincia di Cuneo i dati rilevati nel 2020 per il biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>, il monossido di carbonio - CO, il benzene, i metalli pesanti (Pb, As, Cd, Ni), confermano come le concentrazioni di questi inquinanti siano ormai stabilizzate su valori molto bassi e rispettino ampiamente i limiti stabiliti dalla normativa vigente.

Le concentrazioni di benzo(a)pirene (Idrocarburo Policiclico Aromatico classificato come cancerogeno) hanno rispettato per il terzo anno consecutivo il valore imposto dalla normativa, sebbene l'incremento che si è verificato nel 2020 abbia riportato la stazione di Saliceto in prossimità del valore obiettivo.

Tra gli inquinanti più critici a livello di bacino padano, il biossido di azoto – NO<sub>2</sub> – conferma il rispetto dei limiti normativi raggiunto in tutta la provincia già dal 2008. I livelli delle polveri sottili – PM<sub>10</sub> – nel 2020 sono invece tornati ad aumentare rispetto ai due anni precedenti, sfiorando nuovamente il limite giornaliero nelle due stazioni della zona nord della provincia. La criticità si mantiene anche per l'ozono: nonostante la contenuta anomalia termica dell'estate 2020 abbia consentito alle concentrazioni di ozono di non oltrepassare la soglia di informazione, il valore obiettivo è ancora stato superato in tutti i punti di misura.

Il confronto con gli anni più recenti (2016-2019) mostra come la variazione delle attività antropiche conseguente alle misure di contenimento del COVID-19 abbia determinato diminuzioni significative degli ossidi di azoto in tutte le stazioni urbane della provincia. La riduzione più importante si è verificata nel mese di aprile 2020, quando le concentrazioni sono diminuite del 47-58% rispetto al periodo di riferimento (anni 2016-2019).

Per le polveri sottili, nel confronto con gli anni precedenti sono emerse riduzioni dovute al lockdown soprattutto nei valori più elevati delle concentrazioni, ma le variazioni sono state nel complesso limitate a causa dell'importante influenza che le condizioni meteorologiche continuano ad avere sui livelli delle polveri sottili e della complessità delle sorgenti e dei meccanismi di formazione secondaria.

Complessivamente le serie storiche degli inquinanti degli ultimi vent'anni, nonostante l'influenza della meteorologia, evidenziano diminuzioni significative in tutte le stazioni della provincia e certificano l'efficacia delle azioni di riduzione delle emissioni degli inquinanti progressivamente introdotte per le diverse tipologie di sorgenti.

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, agendo in maniera incisiva su tutte le attività

che concorrono alla produzione dei precursori (principalmente agricoltura e combustioni, quali traffico, biomassa e comparto industriale e dei servizi).

Dipartimento territoriale di Cuneo (Piemonte Sud Ovest)  
Il Dirigente Responsabile  
Dott. Marcello Morello





## 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 2020, 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 negli inverni 2019-2020 e 2020-2021. 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 2020, 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

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 sul seguente sito internet: <https://aria.ambiente.piemonte.it/>

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 2020<sup>1</sup>

L'anno 2020 è stato il 6° più caldo osservato in Piemonte degli ultimi 63 anni, con un'anomalia media di circa +1.1°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. L'anno va a chiudere il decennio più caldo sulla regione a partire dagli anni '60. L'analisi dell'andamento giornaliero annuale (Figura 1) mostra come l'anomalia termica positiva abbia caratterizzato buona parte dell'annata; in particolare tra gennaio e metà marzo i giorni con temperatura inferiore alla norma sono stati pochi. A livello mensile febbraio con +3.9°C ha avuto il maggiore scostamento positivo ed è risultato il più caldo nella rispettiva serie storica; da segnalare anche gennaio, aprile e novembre che hanno avuto un'anomalia compresa tra +2.5°C e +2.8°C. Il mese più caldo è stato agosto con 19.9°C medi, mentre dicembre è risultato il mese più freddo dell'anno, con 1.3°C.

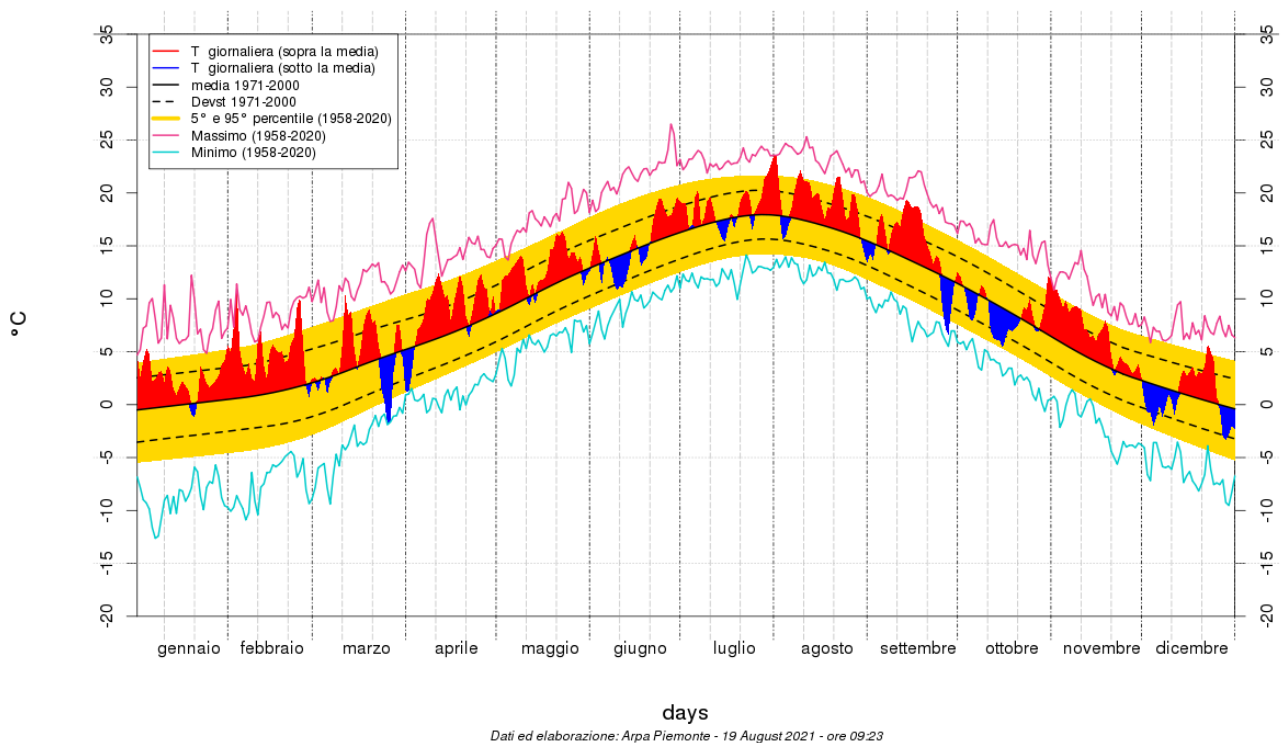


Figura 1) Andamento della temperatura media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2020 (valori riferiti ad un punto medio ideale posto a 900 m di quota)

Il picco annuale del caldo si è verificato tra il 31 luglio ed il 1° agosto 2020 mentre il 28 ed il 29 dicembre sono stati i giorni più freddi.

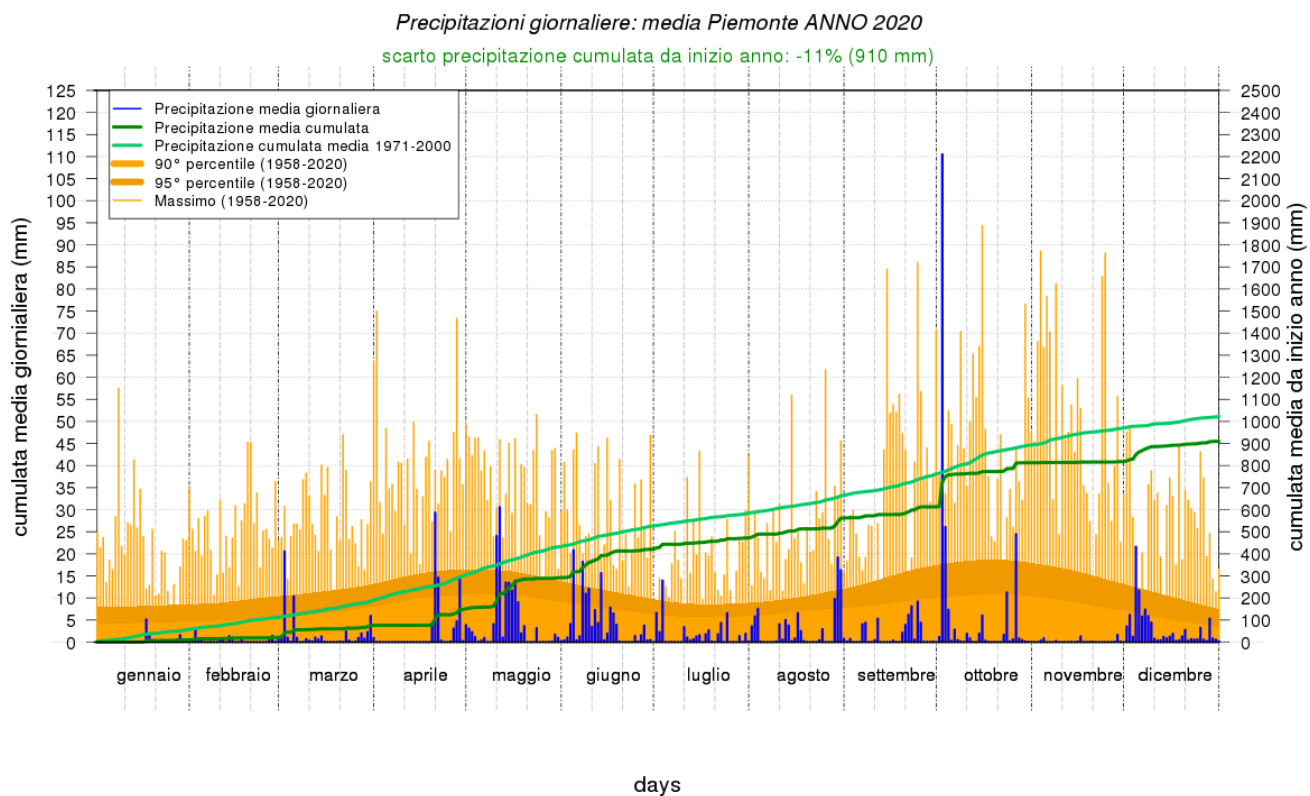
Il numero dei giorni di gelo (T minima  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ) a Boves (riferimento di temperatura per Cuneo) è stato di 94 contro i 75 della media 1991-2015 ed il numero dei giorni estivi (T massima  $>30^{\circ}\text{C}$ ) è stato di 19 contro i 29 della media.

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2020 in Piemonte sono state pari a 936.1 mm e sono risultate inferiori alla norma 1971-2000, con un deficit di circa 50 mm, che corrisponde circa al 5%.

L'analisi dell'andamento giornaliero annuale (Figura 2) evidenzia il rilevante contributo dato dall'evento alluvionale dei giorni 2-3 ottobre 2020, in cui il 2 ottobre è risultato il giorno più piovoso dell'intera serie storica dal 1958 ad oggi con 110.5 mm medi sul territorio piemontese. Durante tale evento sono stati registrati i massimi assoluti di precipitazione sia in 12 ore (con il primo posto occupato da Limone Pancani con 517,6 mm), che in 24 ore (Sambughetto – VB

<sup>1</sup> Estratto da "Il clima in Piemonte – Anno 2020" Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali - Arpa Piemonte – Febbraio 2021

- con 619.6 mm al primo posto). In quei due giorni è caduta sul territorio regionale circa il 16% della pioggia che cade normalmente in un anno e il 20% in più di quanto si registra abitualmente nel mese di ottobre che è uno dei mesi più piovosi in Piemonte.



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 19 August 2021 - ore 09:23

Figura 2) Andamento della precipitazione cumulata giornaliera media sul Piemonte per l'anno 2020 (valori riferiti ad un punto medio posto a 900 m di quota)

Precipitazione	Anomalia pluviometrica (%)	Posizione nella distribuzione storica	Valore medio (mm)	Percentuale record pluviometrici in 24 ore stabiliti
Gennaio 2020	-79	12° meno piovoso	12.3	0
Febbraio 2020	-77	10° meno piovoso	13.1	0
Marzo 2020	-29	31° meno piovoso	57.1	1
Aprile 2020	-36	24° meno piovoso	75.1	4
Maggio 2020	+9	20° più piovoso	143.2	5
Giugno 2020	+36	8° più piovoso	130.9	4
Luglio 2020	-11	28° meno piovoso	54.2	1
Agosto 2020	+12	19° più piovoso	92.6	10
Settembre 2020	-48	21° meno piovoso	52.1	0
Ottobre 2020	+52	14° più piovoso	202.3	43
Novembre 2020	-92	2° meno piovoso	6.0	0
Dicembre 2020	+79	13° più piovoso	97.2	2
Anno 2020	-5	24° meno piovoso	936.1	24

Tabella 1 - Precipitazioni cumulate medie mensili in Piemonte. Per ciascun mese è riportata l'anomalia percentuale dalla norma 1971-2000, la posizione relativa rispetto al mese corrispondente più secco o più piovoso dell'intera serie storica, la percentuale di stazioni meteorologiche che hanno fatto registrare il loro record di precipitazione cumulata giornaliera. Sono prese in considerazione solo le stazioni attive da almeno 5 anni.



L'analisi dell'andamento nei singoli mesi (Tabella 1) conferma ottobre come mese più piovoso dell'anno 2020 con 202.3 mm, mentre dicembre con 97.2 mm ha avuto la maggiore anomalia positiva (del 79%). Novembre con soli 6 mm medi ed un deficit del 92% è risultato il mese più secco dell'annata, seguono i mesi di gennaio e febbraio con deficit rispettivamente del 79% e 77%.

La figura 3 evidenzia la precipitazione totale nell'anno 2020 in Piemonte; le zone che hanno ricevuto la maggiore quantità di pioggia annua sono in prevalenza quelle più colpite dall'evento alluvionale del 2-3 ottobre: il Verbano, i settori settentrionali delle province di Vercelli e Biella ed i rilievi delle Alpi Marittime e Liguri. Elevata la precipitazione anche sull'Appennino alessandrino grazie al temporale autorigenerante del 29 agosto mentre le pianure e le Alpi occidentali hanno avuto precipitazioni inferiori.

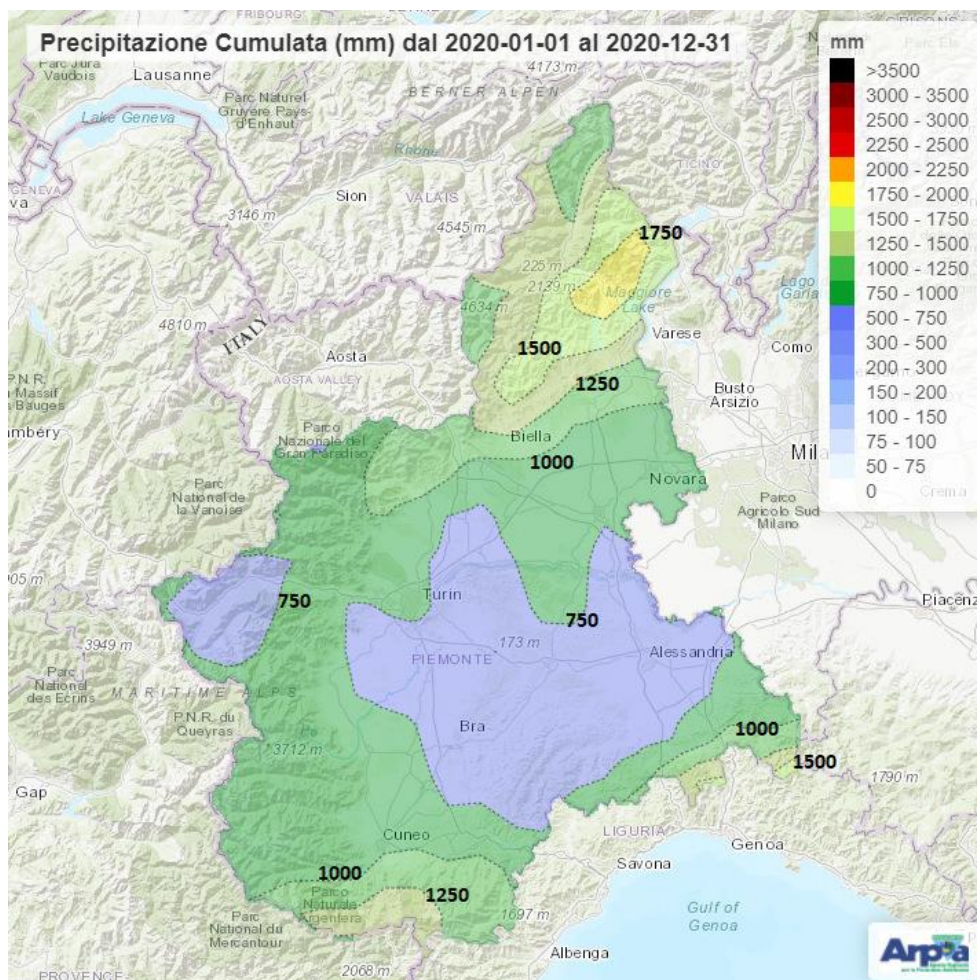


Figura 3) Precipitazione totale nell'anno 2020 in Piemonte

Nella mappa con le anomalie annuali di precipitazione rispetto al periodo 1971-2000 (Figura 4) i settori con un surplus precipitativo sono limitati alla zona del Lago Maggiore, alle Alpi Marittime e Liguri e all'Appennino alessandrino. Sul resto della regione prevalgono i deficit pluviometrici, in maniera più marcata sulla provincia di Torino.

## Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2020

Periodo di riferimento 1971–2000

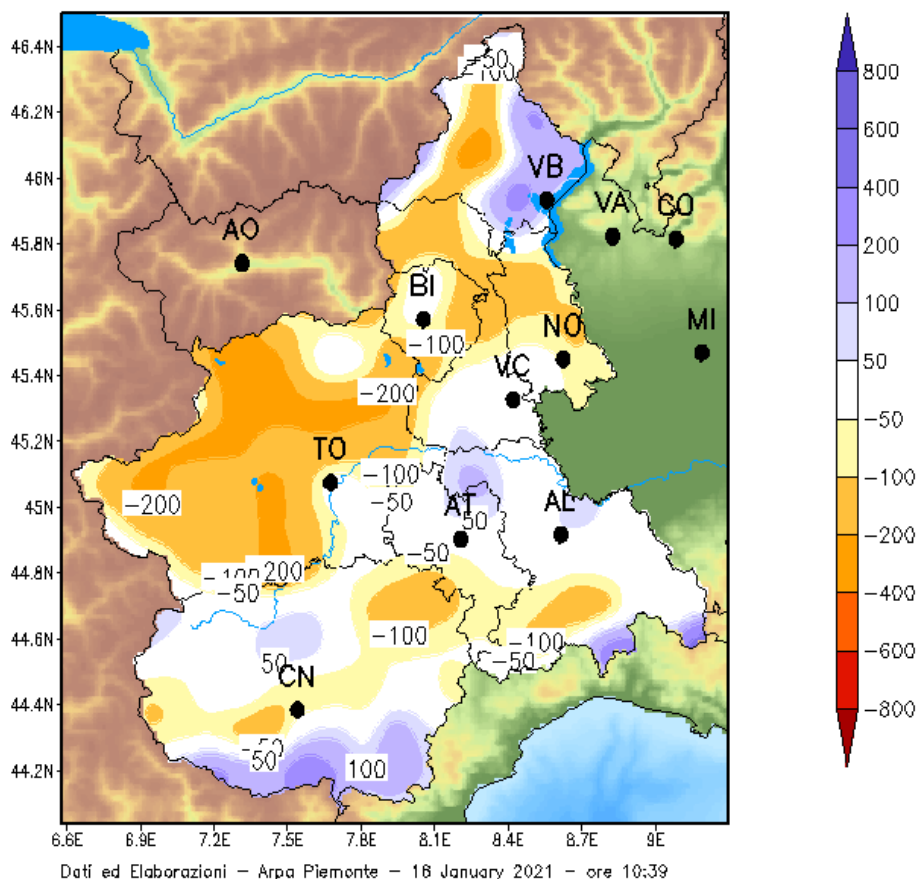


Figura 4) Anomalia della precipitazione nell'anno 2020 rispetto alla media del periodo 1971-2000.

Nel 2020 si sono avuti, complessivamente sulla regione, 62 giorni di foehn che risultano leggermente inferiori alla media annuale del periodo 2000-2015 che è pari a 66.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
<b>2020</b>	6	17	7	1	5	5	2	4	1	9	2	3
<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

Nell'anno 2020 si sono verificati 113 giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km), inferiori del 9% rispetto ai 124 attesi dalla climatologia recente del periodo 2004-2019; invece i 24 episodi annuali di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m) sono risultati leggermente superiori ai 21 attesi dalla norma climatica, i due terzi di questi episodi si sono verificati a gennaio e novembre, mesi che sono stati caratterizzati da stabilità anticiclonica con condizioni di inversione termica, tipiche situazioni che favoriscono l'accumulo degli inquinanti dell'aria.

## Gli inquinanti nel periodo 2002 ÷ 2020

### 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.

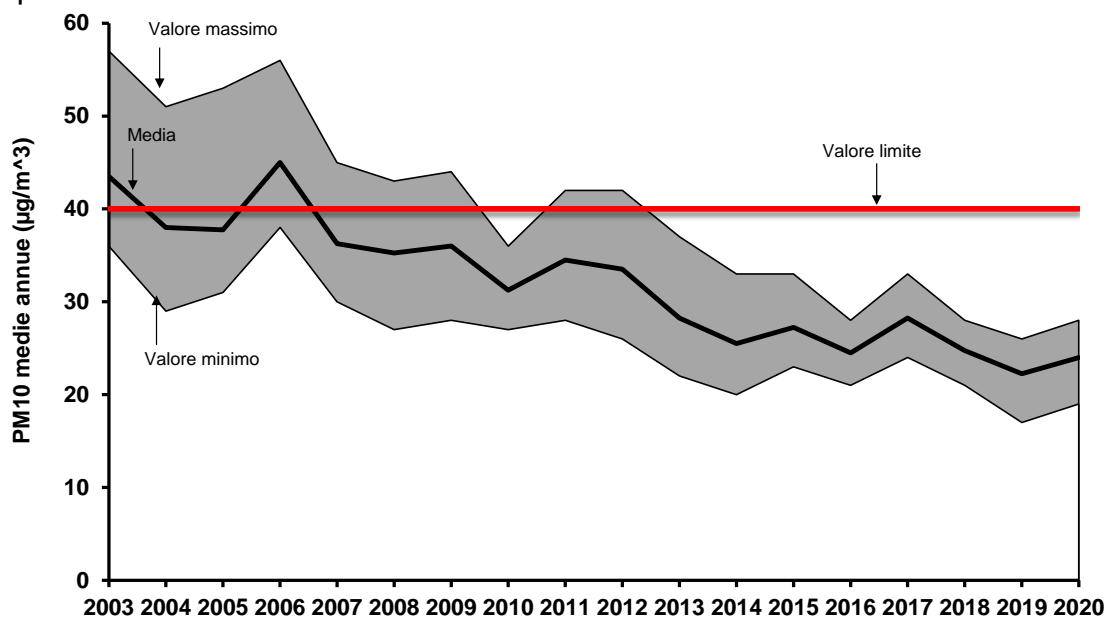


Figura 5) PM<sub>10</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

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 il minimo della serie storica raggiunto nel 2019, anno con una meteorologia particolarmente favorevole alla dispersione, nel 2020 le concentrazioni hanno nuovamente subito un incremento.

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 il miglioramento che si è verificato nel tempo sia notevole. 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. Le stazioni di Alba e Bra hanno invece continuato a superare il limite fino al 2017, mentre 2018 e 2019 sono stati gli unici due anni, dei diciotto osservati, in cui il limite stabilito per la protezione della salute sulle concentrazioni giornaliere è stato rispettato in tutto il territorio provinciale. Dopo il minimo raggiunto nel 2019 (con 24 superamenti ad Alba,



20 a Bra, 3 a Cuneo, 10 a Mondovì e 11 a Saliceto), nel 2020 il numero di superamenti è tornato ad aumentare ovunque ed il limite è stato nuovamente sfiorato nelle due stazioni della zona nord della provincia (44 ad Alba, 42 a Bra, 9 a Cuneo, 19 a Mondovì e 17 a Saliceto).

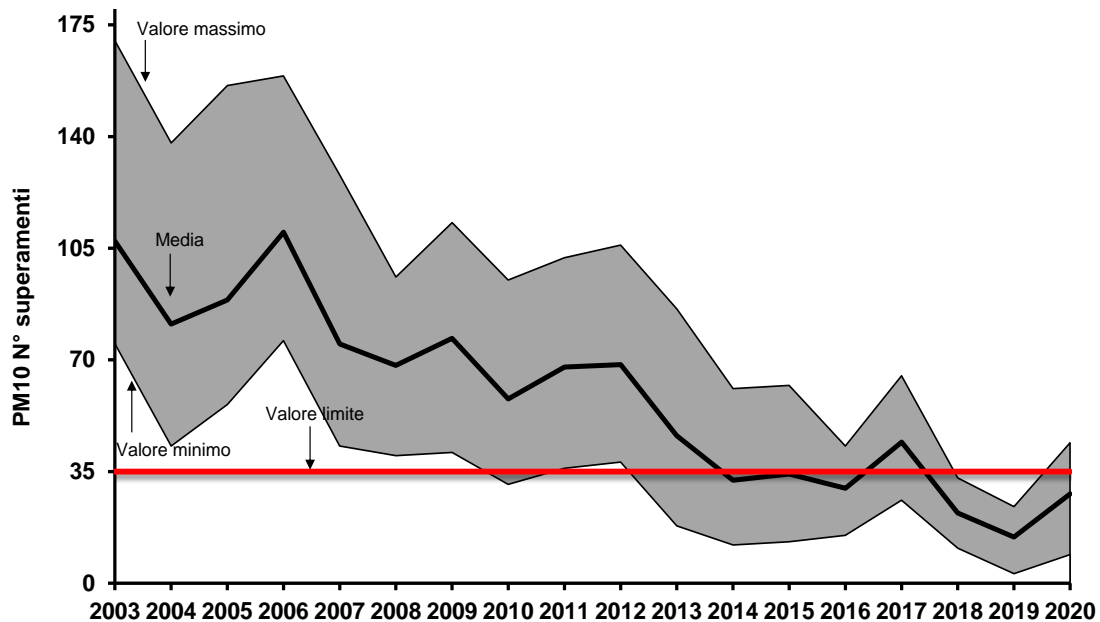


Figura 6)  $PM_{10}$ : Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rilevati dalle stazioni della provincia.

Il calcolo del trend eseguito con il metodo di Theil-Sen sul numero medio provinciale<sup>2</sup> di superamenti per anno dal 2003 al 2020 (figura 7), conferma una tendenza decrescente statisticamente significativa ( $p < 0.001$ ) con una variazione annua media provinciale stimata in -5 superamenti/anno ed un intervallo di confidenza al 95% compreso tra -6 e -4 superamenti/anno.

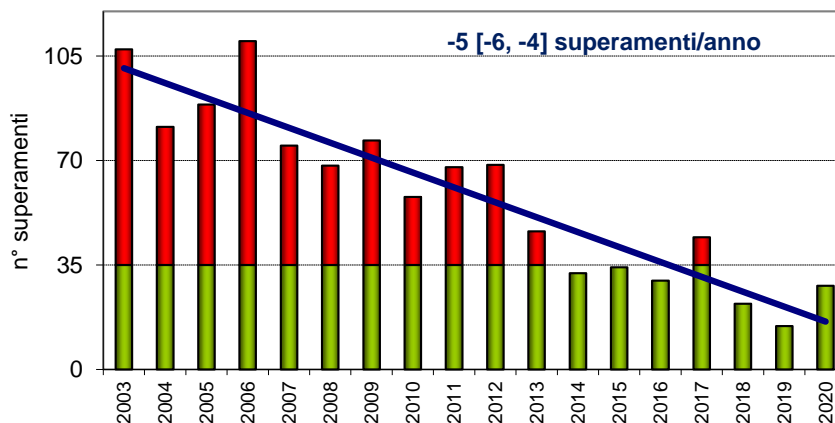


Figura 7)  $PM_{10}$ : numero medio di superamenti del limite giornaliero delle stazioni della provincia con misura attiva dal 2003 (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

Nonostante il miglioramento complessivamente registrato negli anni, spazialmente 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,

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

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 le stazioni urbane di Bra Madonna dei Fiori e Alba Tanaro come stazioni fisse di riferimento rappresentative dell’inquinamento medio delle postazioni urbane per tutto il territorio di pianura della zona Nord della provincia di Cuneo<sup>3</sup>.

Il peggioramento riscontrato nel 2020 per il PM<sub>10</sub> può sorprendere se si considerano le peculiarità che hanno contraddistinto tale anno, in cui ha avuto origine nel nostro paese l’emergenza sanitaria da COVID-19. Le restrizioni adottate a partire dal mese di marzo per contenere la diffusione del virus hanno causato una variazione delle attività antropiche improvvisa e la conseguente riduzione delle emissioni di inquinanti. Gli effetti sulla qualità dell’aria della provincia di Cuneo sono stati approfonditi e dettagliati nel capitolo dedicato, cui si rimanda, e che evidenzia come per le concentrazioni delle polveri sottili le variazioni siano state limitate. Per comprendere questo risultato che potrebbe apparire come “inatteso” occorre considerare la complessità delle sorgenti, dei meccanismi di formazione e rimozione che caratterizzano il PM<sub>10</sub>. Il particolato atmosferico è infatti in parte di tipo “primario”, immesso direttamente in atmosfera, ma per maggior parte di tipo “secondario”, prodotto cioè da trasformazioni chimico-fisiche che coinvolgono diverse sostanze, dette “precursori”, quali ammoniaca, ossidi di azoto, biossido di zolfo e composti organici volatili.

Durante il lockdown, la frazione primaria, se da una parte ha avuto una riduzione dei contributi del trasporto stradale e delle industrie, dall’altra ha avuto un effetto di aumento del contributo del riscaldamento, legato al maggiore fabbisogno energetico in ambito domestico (si veda lo studio di Arpa Piemonte del giugno 2020<sup>4</sup>). Siccome il riscaldamento (in particolare a biomassa) nei mesi freddi dell’anno rappresenta il contributo principale alle emissioni di particolato primario PM<sub>10</sub>, la situazione è rimasta praticamente invariata dal punto di vista emissivo fino alla prima metà di aprile 2020.

Le analisi condotte dal progetto Life PrepAir<sup>5</sup> sul particolato campionato da marzo a maggio 2020, hanno riscontrato come i composti totalmente o parzialmente secondari presenti nel PM<sub>10</sub> non abbiano subito riduzioni. Considerando anche che le emissioni di ammoniaca non sono variate per l’assenza di restrizioni alle attività del settore agricolo-zootecnico, si può ipotizzare che durante il lockdown i precursori siano stati presenti in quantità sufficiente a sostenere la formazione di particolato secondario.

Come si potrà vedere nel paragrafo dedicato all’influenza della meteorologia, a fronte di variazioni che per le emissioni di particolato non sono state sostanziali, le condizioni meteorologiche hanno continuato, di fatto, ad essere la principale forzante dei livelli delle polveri sottili.

La situazione riscontrata anno per anno da ogni stazione della rete provinciale è rappresentata nei grafici delle figure 8 e 9, dove sono confrontate le concentrazioni medie ed i numeri di superamenti del limite giornaliero di PM<sub>10</sub> registrati presso le stazioni attive nel 2020 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.

<sup>3</sup> <https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria>

<sup>4</sup> *Analisi sul territorio piemontese degli effetti sulla qualità dell’aria e sulle emissioni in atmosfera dei provvedimenti legati all’emergenza COVID-19.* Arpa Piemonte – Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

<sup>5</sup> *REPORT 3 COVID-19 Studio degli effetti delle misure Covid-19 sulla composizione chimica del particolato nel Bacino Padano.* Gennaio 2021. Progetto LIFE PrepAir

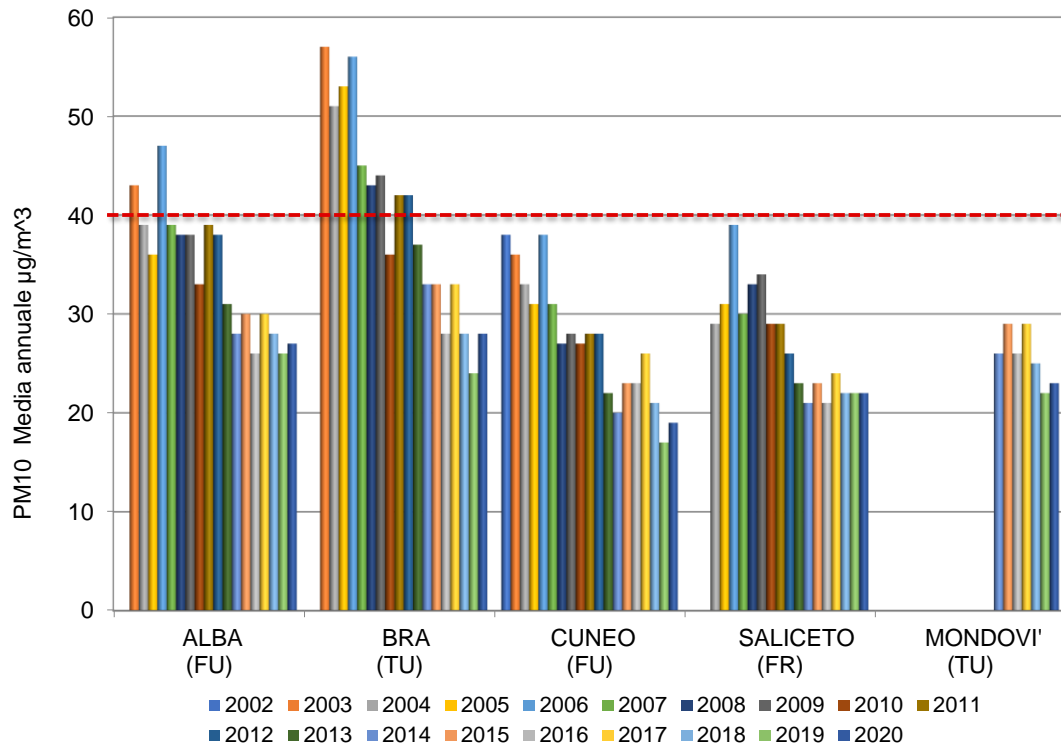


Figura 8) PM<sub>10</sub>: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%)

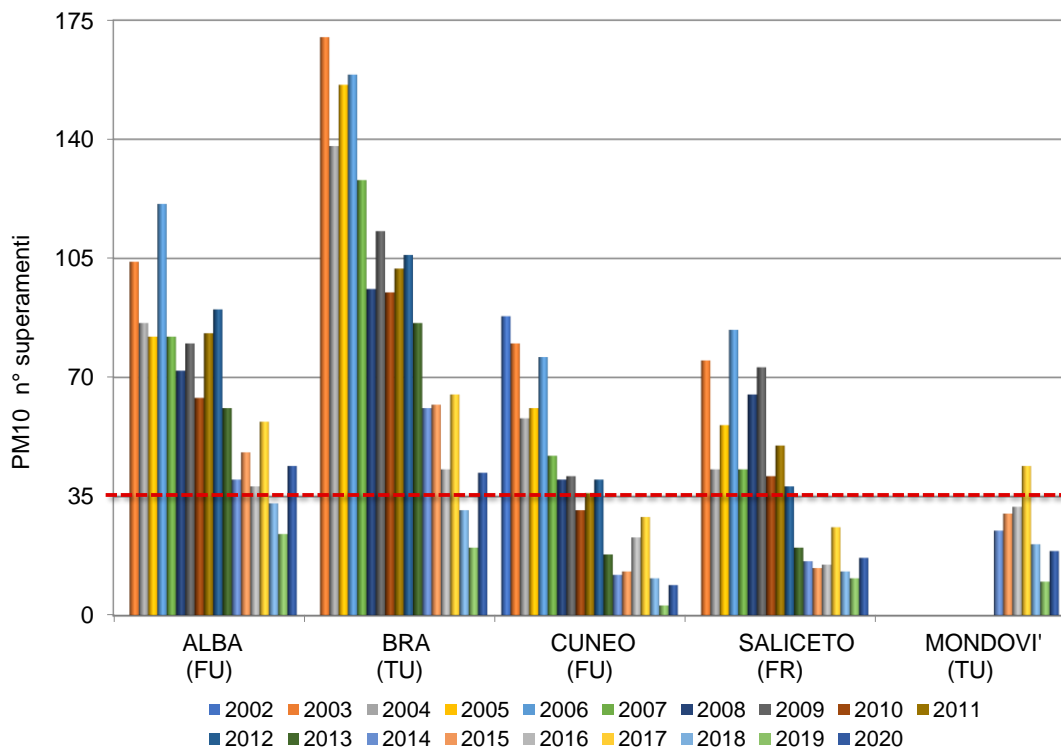
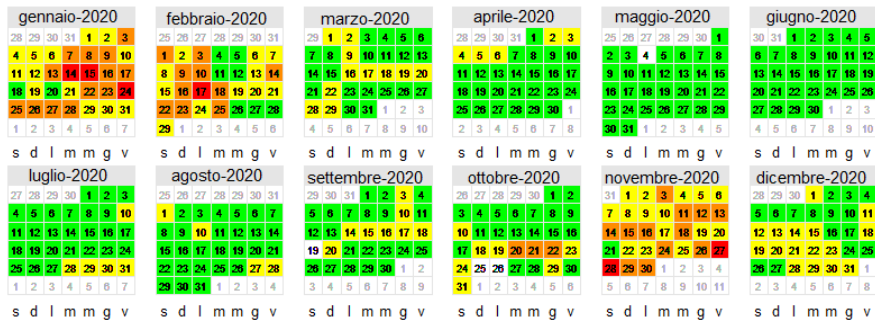


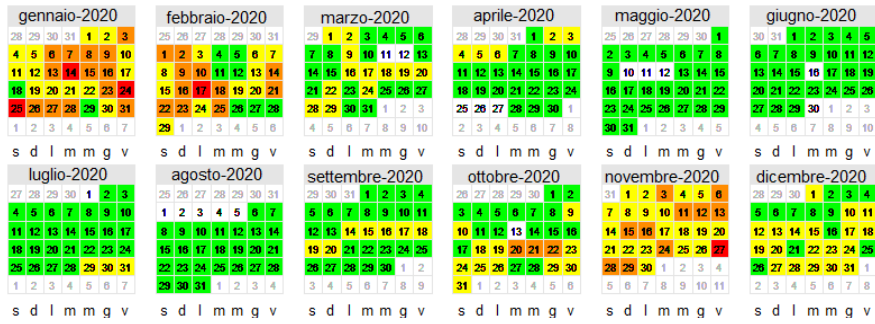
Figura 9) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati >=90%).

Il grafico di figura 9 evidenzia come nel 2020 in tutte le stazioni della provincia il numero di superamenti del limite giornaliero aumentato rispetto ai valori minimi registrati nel 2019. Questo, per le 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, ha comportato un nuovo sfioramento della soglia annua dei 35 superamenti giornalieri consentiti (44 registrati ad Alba e 42 a Bra).

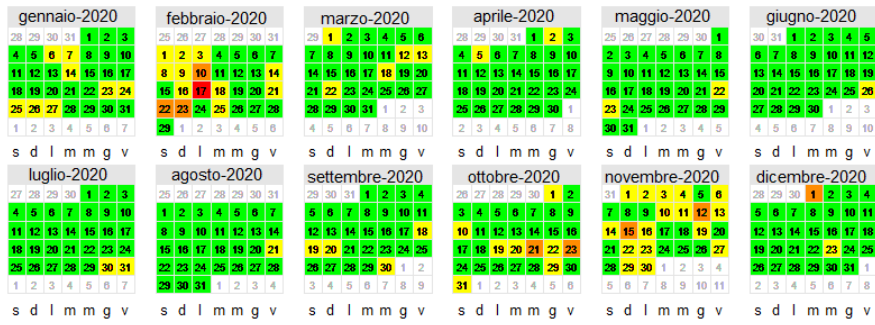
**Alba PM<sub>10</sub> 2020**



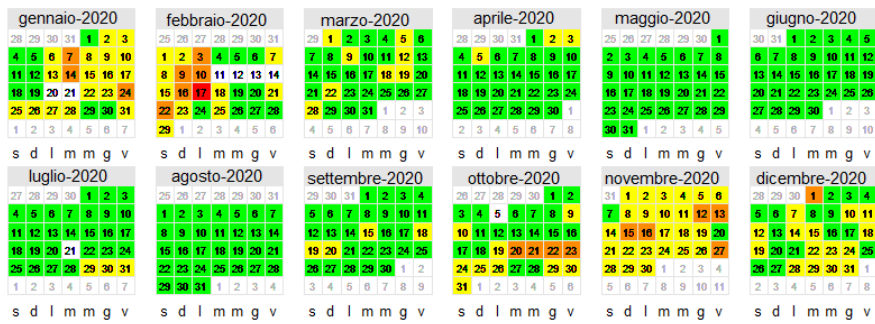
**Bra PM<sub>10</sub> 2020**



**Cuneo PM<sub>10</sub> 2020**



**Mondovì PM<sub>10</sub> 2020**



**Saliceto PM<sub>10</sub> 2020**

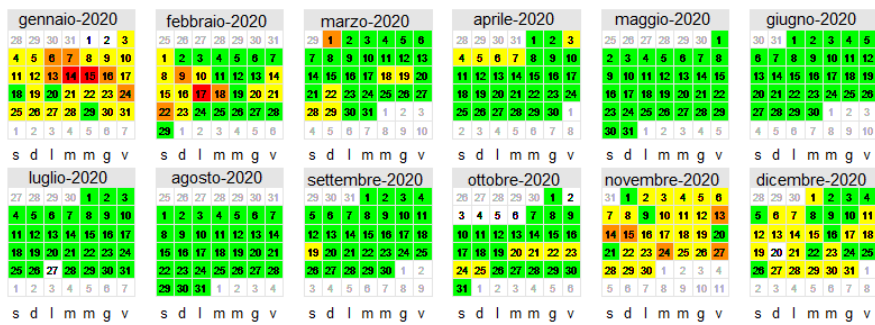


Figura 10) PM<sub>10</sub>: livelli di concentrazione giornaliera rappresentati con scala colore.

Nei grafici a calendario rappresentati per ciascuna stazione di misura nella figura 10, i livelli di concentrazione di PM<sub>10</sub> del 2020 sono suddivisi in quattro differenti classi con scala di colore. In arancione e in rosso sono individuati i giorni di superamento del limite di 50 µg/m<sup>3</sup>. Principalmente i giorni con le concentrazioni più elevate ed il maggior numero di superamenti sono stati riscontrati nei mesi di gennaio, febbraio e novembre.

### **Le concentrazioni del 2020 e l'influenza delle condizioni meteorologiche**

La differenza delle condizioni meteorologiche tra un anno e l'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 11). Esaminando la serie dal 2003 al 2020 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>6</sup>, per tornare a diminuire nel 2020. 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.

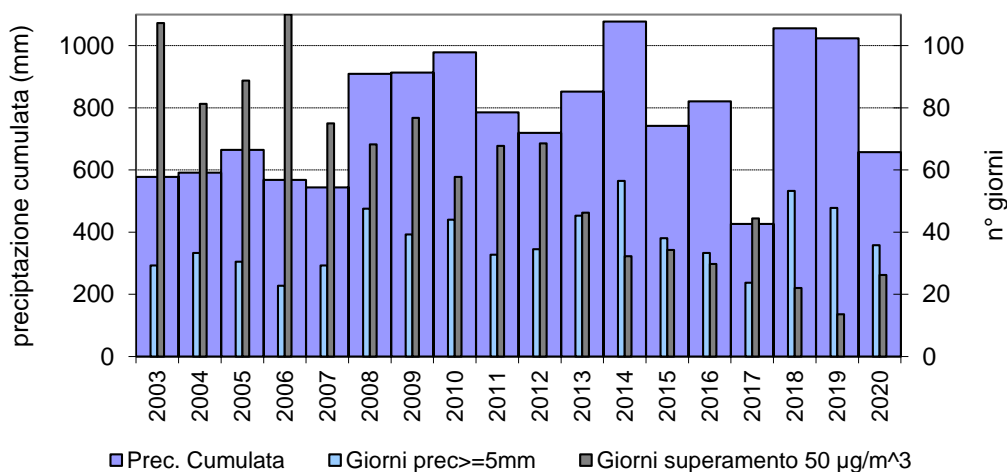


Figura 11) Medie provinciali della precipitazione cumulata, del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM<sub>10</sub> (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto).

Analizzando le relazioni tra precipitazioni e livelli di PM<sub>10</sub> vengono a definirsi due gruppi di dati: quello che comprende gli anni fino al 2014, e quello degli anni dal 2015 in poi (rispettivamente in blu e in verde nei due grafici di figura 12). 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

<sup>6</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.

numero di giorni di superamento<sup>7</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 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.

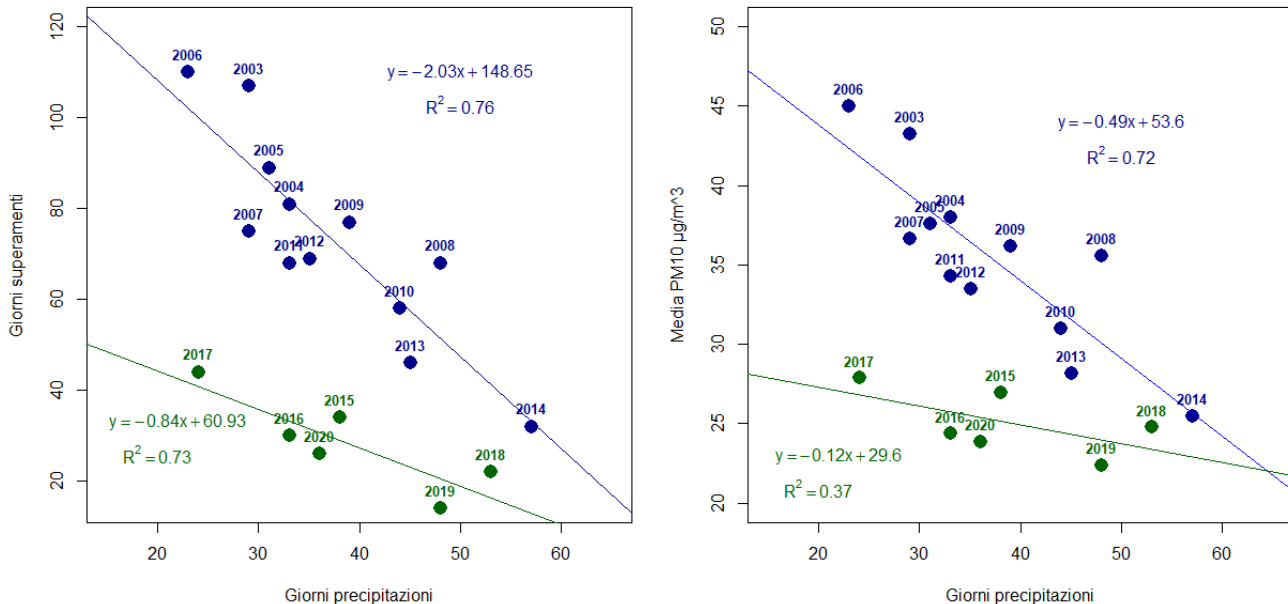


Figura 12) A sinistra: numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM<sub>10</sub> (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto) in funzione del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto). A destra: concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> (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).

Per passare al dettaglio giornaliero delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate dalle diverse stazioni della provincia di Cuneo nell'anno 2020, nella figura 13 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 meteorologici. 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.

Il grafico evidenzia come particolarmente critici per le polveri sottili siano stati i mesi di gennaio, febbraio, la seconda metà di ottobre ed il mese novembre, in cui le frequenti condizioni di alta

<sup>7</sup> Correlazioni statisticamente significative, ad esclusione di quella tra Media PM<sub>10</sub> e Giorni precipitazioni del periodo 2015-2020.



pressione e l'assenza di precipitazioni, hanno favorito l'accumulo degli inquinanti e la crescita delle concentrazioni a livelli superiori al limite normativo di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nei primi due mesi del 2020 (peraltro non ancora interessati dalle restrizioni dell'emergenza sanitaria) le uniche precipitazioni si sono verificate il 17 gennaio: arrivata dopo un periodo secco di 21 giorni, la pioggia è servita a far scendere i livelli di  $\text{PM}_{10}$  ma nei successivi 43 giorni senza precipitazioni, le stesse condizioni che hanno favorito la formazione delle nebbie in pianura hanno nuovamente determinato, in tutta la regione, anche l'accumulo degli inquinanti, che i successivi frequenti episodi di foehn sono riusciti solo temporaneamente a diluire. Le precipitazioni e la ventilazione dei primi giorni di marzo hanno poi abbattuto con più efficacia le polveri che successivamente si sono mantenute a livelli decisamente più contenuti grazie all'incremento della capacità dispersiva dell'atmosfera che si verifica all'aumentare dell'insolazione.

Nell'ottobre 2020, dopo i frequenti episodi di precipitazioni o vento che hanno caratterizzato la prima metà del mese, e che hanno mantenuto le concentrazioni delle polveri sottili a livelli molto inferiori al limite normativo, le condizioni di stabilità atmosferica e l'assenza di piogge del periodo compreso tra il 17 ed il 21 ottobre, hanno determinato il primo picco autunnale delle concentrazioni, con superamenti del limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fissato dalla norma. Le persistenti condizioni di stabilità anticiclonica del mese di novembre hanno limitato le precipitazioni, facilitato la presenza di nebbie nelle zone di pianura, e determinato, in tutta la regione, l'accumulo delle polveri sottili con numerosi superamenti del limite. Le precipitazioni che si sono verificate nei primi giorni di dicembre, con carattere nevoso anche in pianura, sono state molto efficaci nell'abbattere le polveri che si sono poi mantenute, grazie alle successive precipitazioni, a valori inferiori al limite.

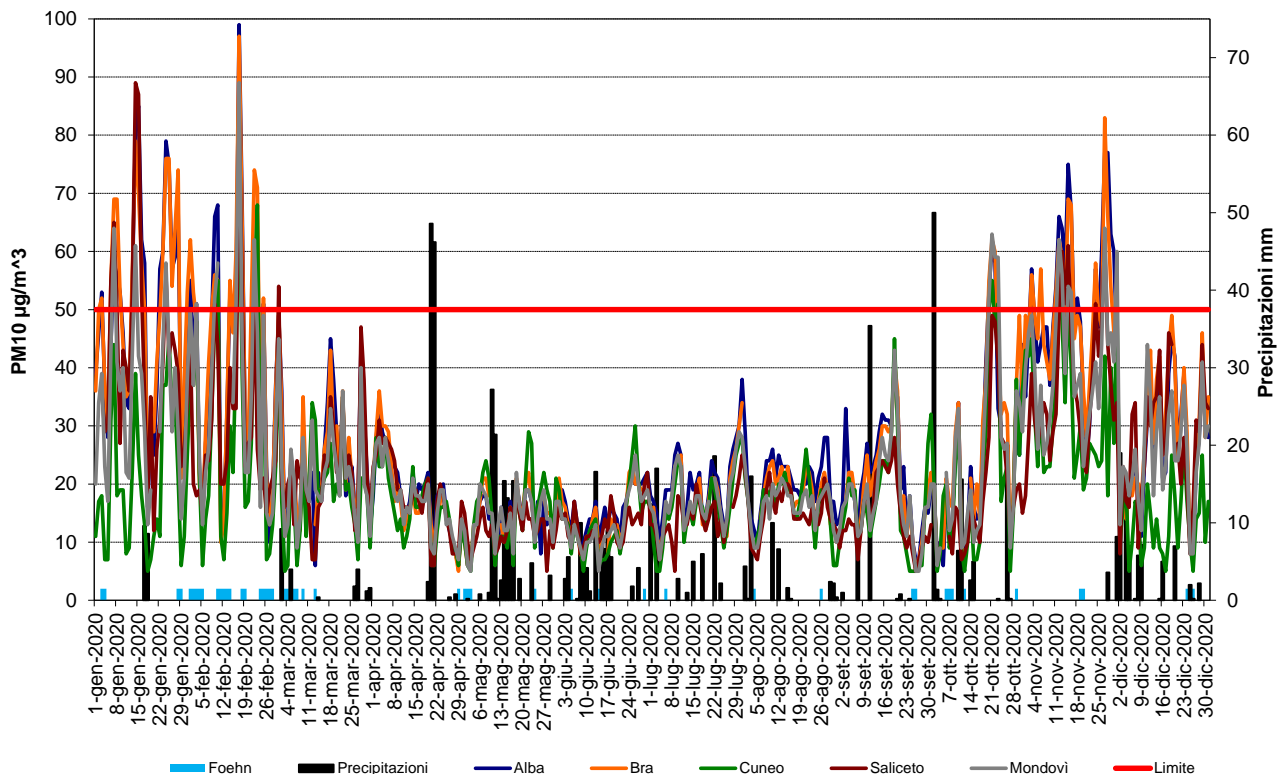


Figura 13)  $\text{PM}_{10}$ : concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2020.

Nella figura 14, il grafico di sinistra evidenzia come, nel confronto con gli indicatori della serie storica 2003÷2019, tra i mesi generalmente interessati dall'inquinamento da polveri sottili, i giorni di pioggia siano stati "rari" nei mesi di gennaio e novembre e nulli nel mese di febbraio quando però i giorni di foehn (grafico di destra) sono stati superiori al massimo del periodo.

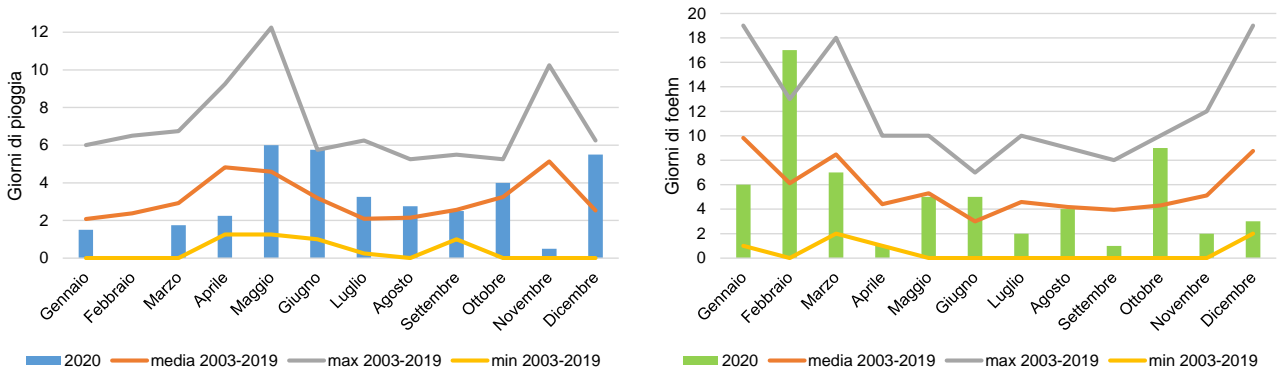


Figura 14) Numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto - grafico di sinistra). Numero di giorni con condizioni di foehn in regione (grafico di destra).

Nei grafici di figura 15, per ciascuna stazione di misura del PM<sub>10</sub>, i superamenti mensili del 2020 sono confrontati con valori minimi, medi e massimi delle serie storiche.

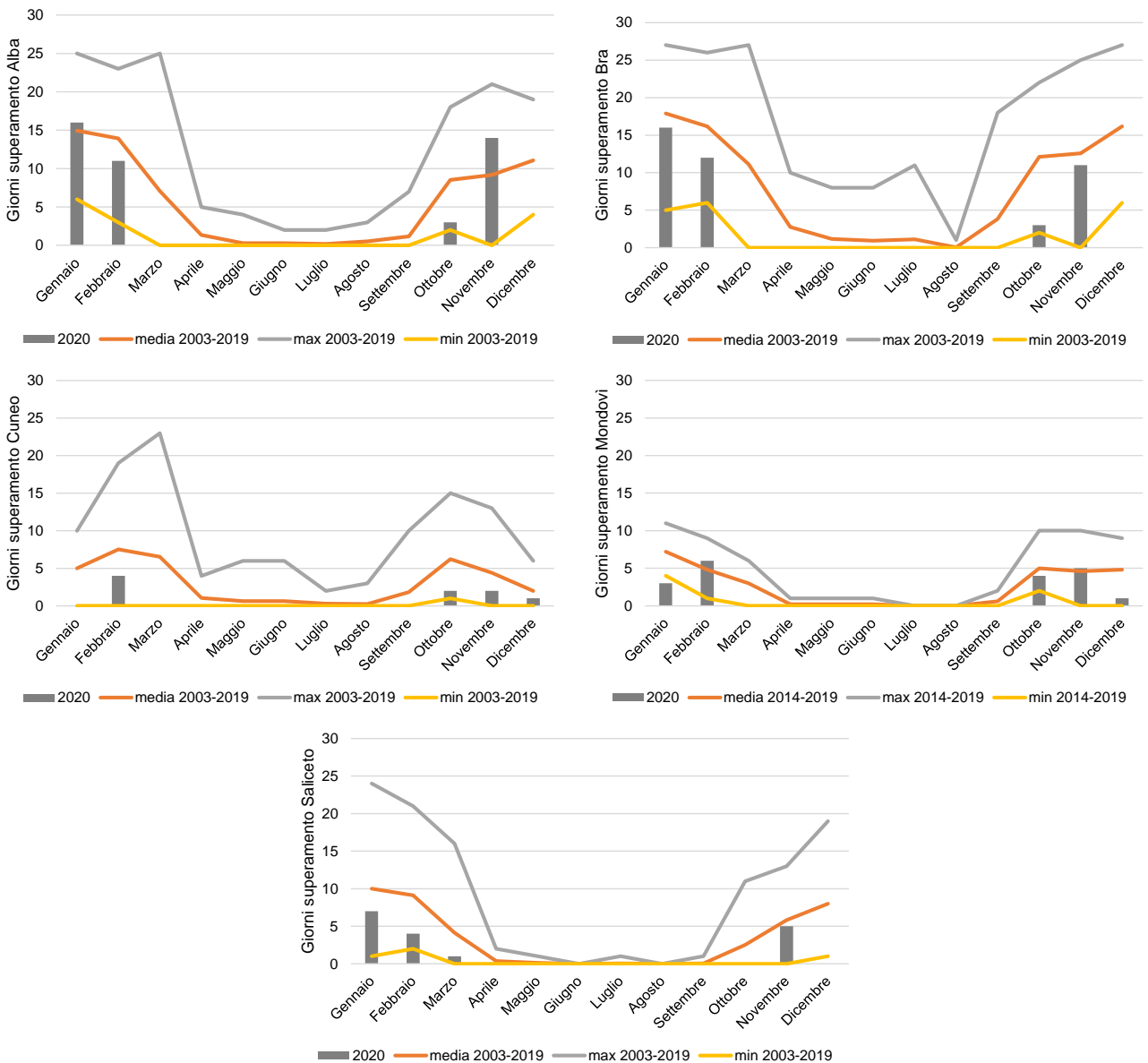


Figura 15) Numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM<sub>10</sub> per le diverse stazioni della provincia di Cuneo nei mesi del 2020.



Sempre dai grafici di figura 15 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 16) risultano tuttavia molto contenute o comunque non tali da spiegare le differenze nei superamenti del limite giornaliero.

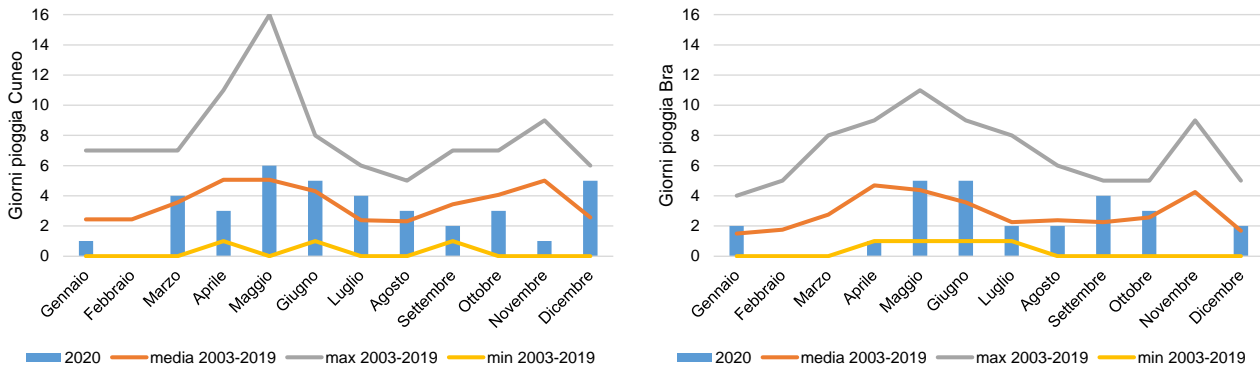


Figura 16) Numero di giorni con precipitazioni  $\geq 5$  mm registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Cascina vecchia (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

Se la variabilità tra le due zone considerate è limitata per le precipitazioni atmosferiche, risulta invece essere molto elevata per la ventosità: anche nel 2020 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 17).

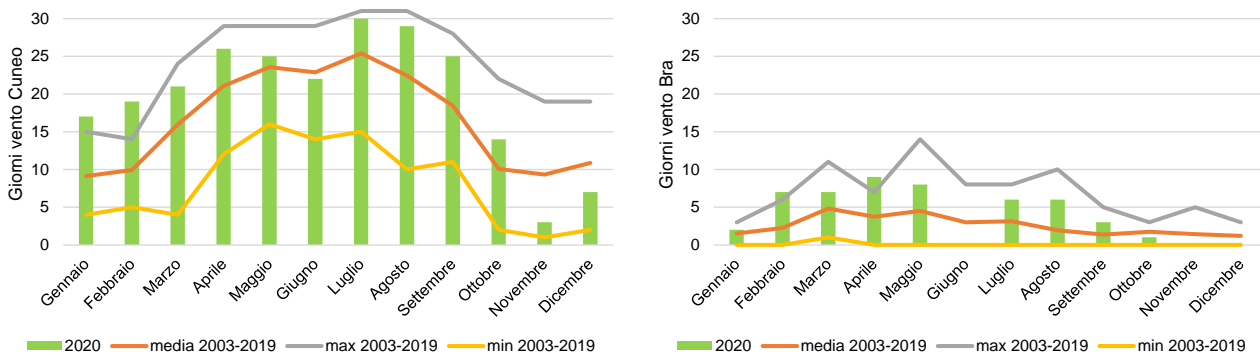


Figura 17) Numero di giorni con velocità media del vento  $> 1.5$  m/s registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Camera di Commercio (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

In che modo il vento influenzi le concentrazioni delle polveri sottili si può appurare dai grafici della figura 18, dove sia per Cuneo (a sinistra) che per Bra (a destra), sono rappresentate con box plots le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> degli ultimi sei 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<sub>10</sub> registrati nelle due tipologie di giornate considerate e pertanto l'efficacia del vento nel ridurre le concentrazioni delle polveri.

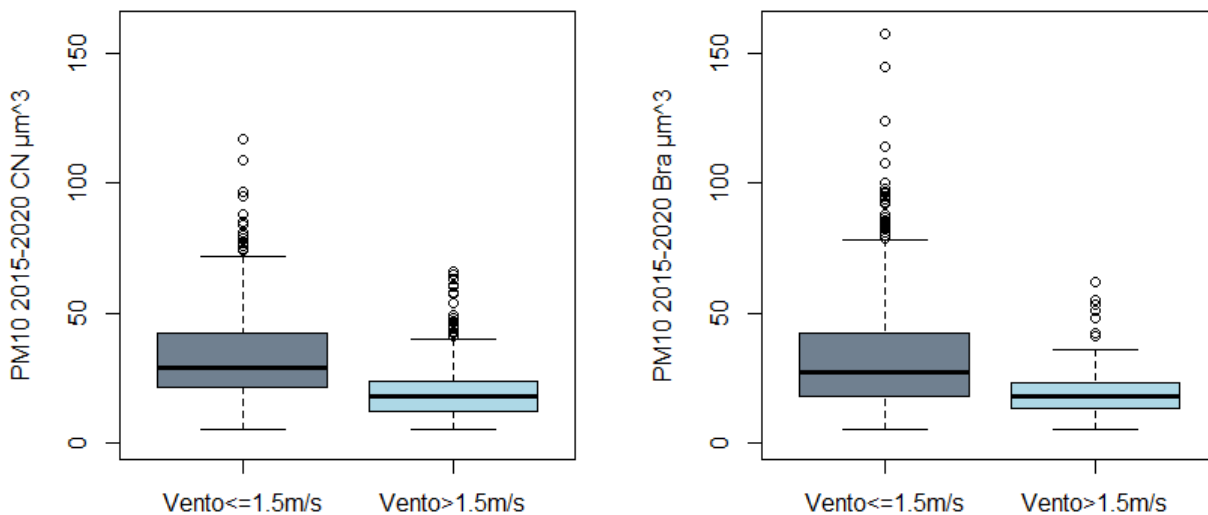


Figura 18) Box plots delle concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  di Cuneo (a sinistra) e Bra (a destra) degli anni 2015-2020 suddivise tra giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s e giornate con velocità media del vento superiore a 1.5 m/s.

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 a 1.5 m/s (a sinistra) e nelle giornate con velocità media del vento superiore a 1.5 m/s (a destra). Le medesime elaborazioni sono state fatte per i dati della stazione di Cuneo (figura 19) e per quella Bra (figura 20).

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 ( $18.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Cuneo e  $19.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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>8</sup>: solamente 164 a Bra (corrispondente al 9%), 1176 a Cuneo nei cinque anni considerati (corrispondente al 69%).

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

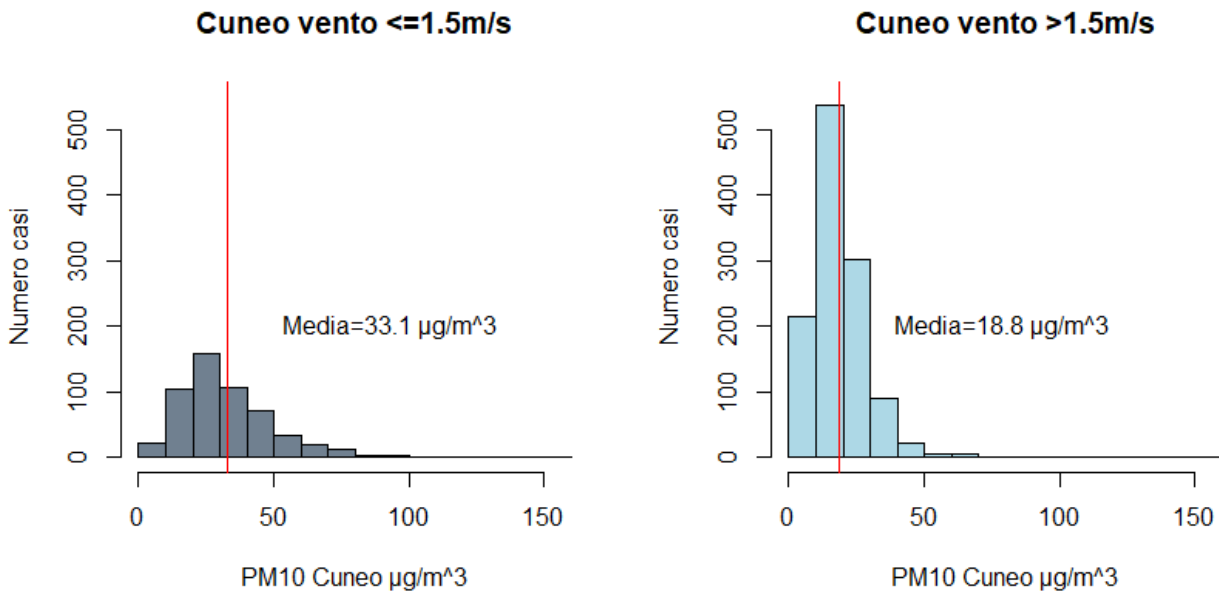


Figura 19) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  di Cuneo negli anni 2015÷2020 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

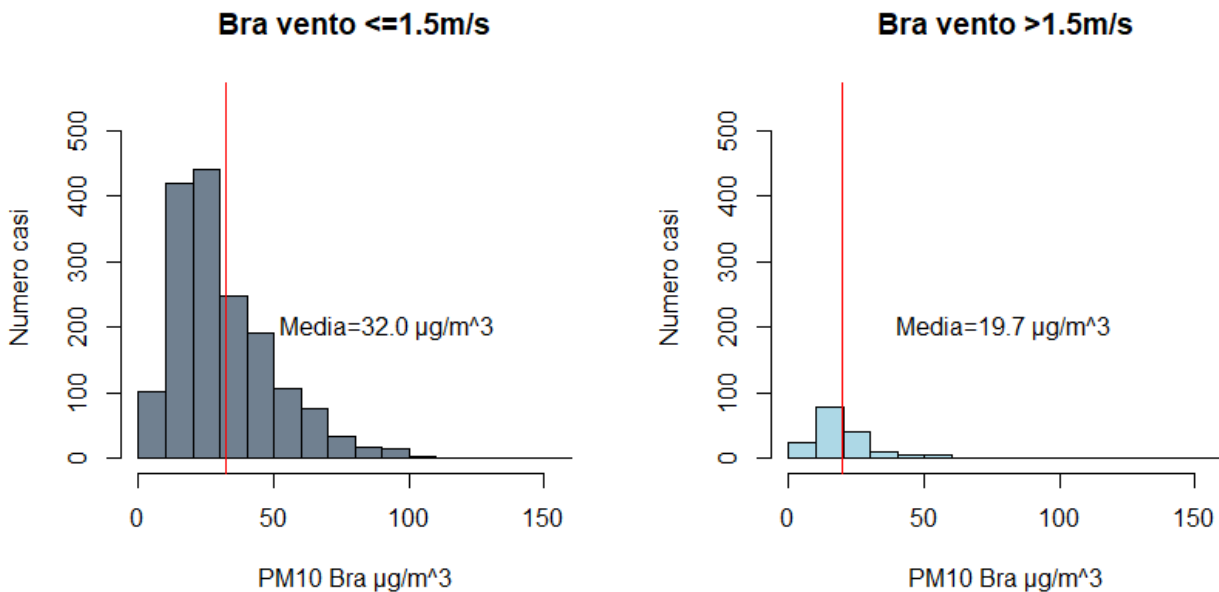
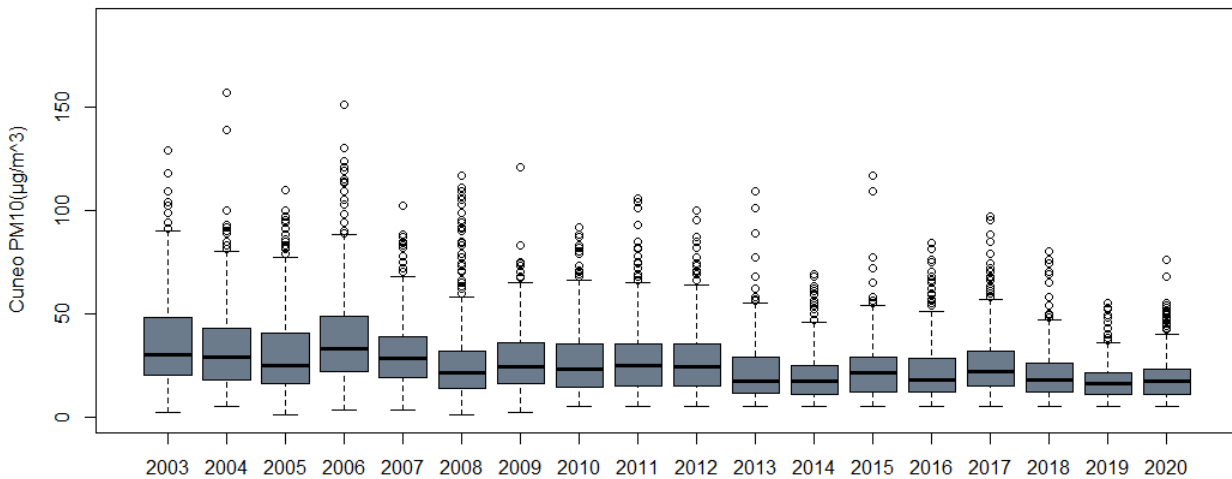
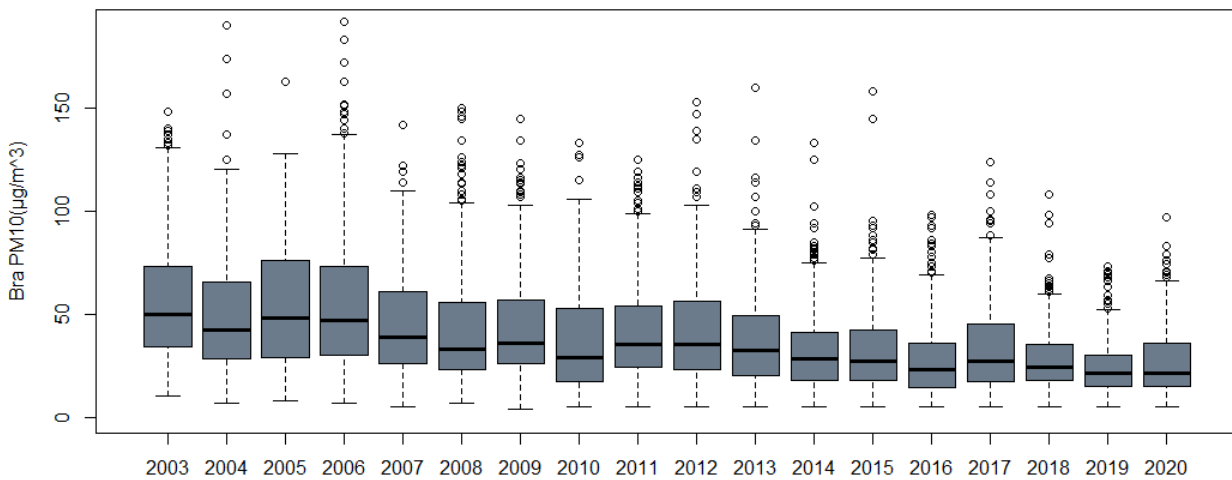
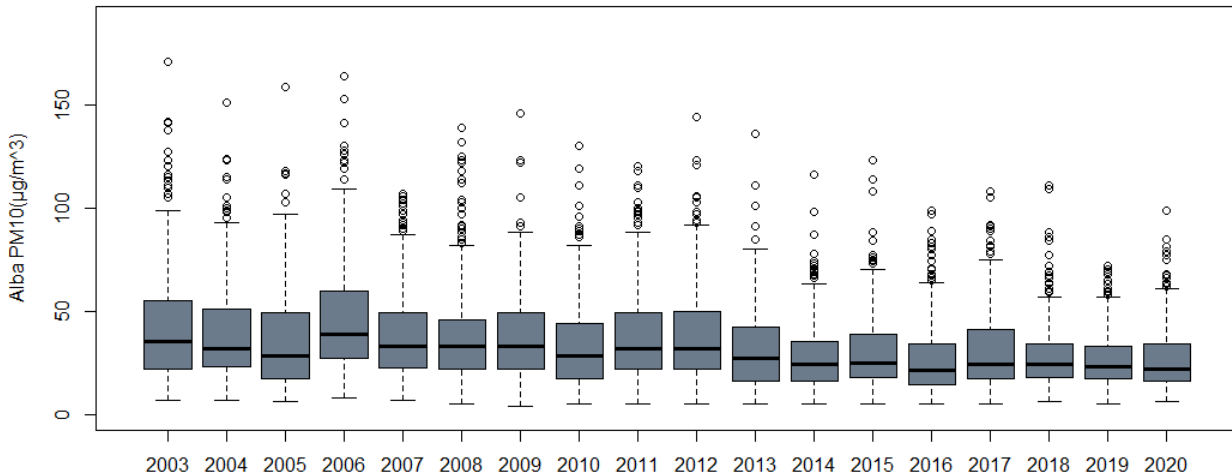


Figura 20) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  di Bra dell'anno 2015÷2020 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> di ciascuna delle stazioni attive nel 2020 in provincia di Cuneo sono rappresentate, anno per anno a partire dal 2003, 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, escludendo il minimo del 2019, il 2020 sia a livelli più simili a quelli degli anni precedenti.



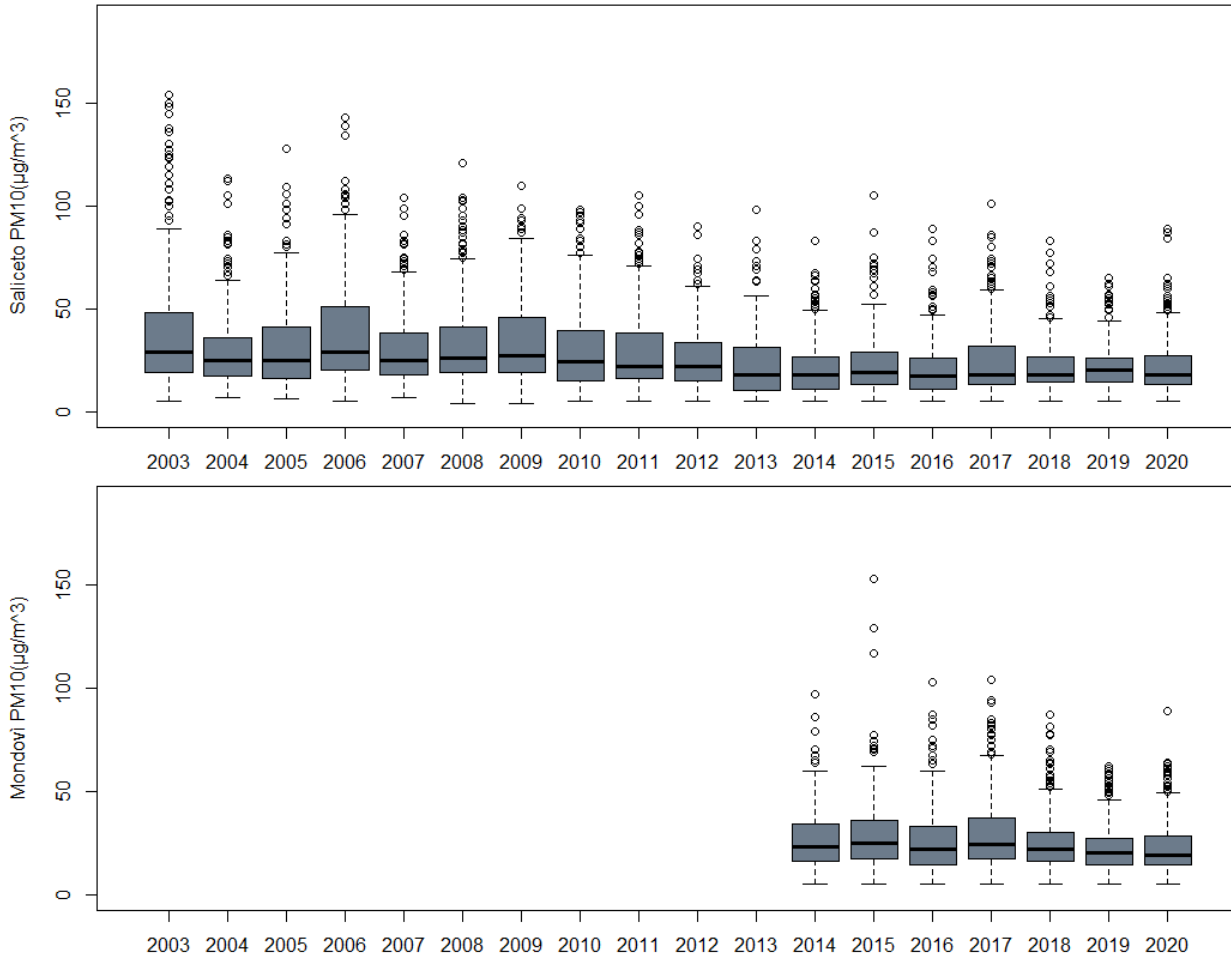


Figura 21) Box plots delle concentrazioni di  $PM_{10}$  di Alba, Bra, Cuneo, Saliceto e Mondovì per il periodo 2003÷2020.

Per valutare se tali evoluzioni siano complessivamente significative dal punto di vista statistico e per quantificarle è stato utilizzato il metodo di Theil-Sen<sup>9, 10</sup>, implementato nel pacchetto software OpenAir<sup>11</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.

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 ÷

<sup>9</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>10</sup> Sen, P. K., 1968. “Estimates of regression coefficient based on Kendall’s tau.” Journal of the American Statistical Association 63(324).

<sup>11</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).

2020 e per i relativi intervalli di confidenza. I trend complessivi confermano riduzioni con elevata significatività statistica ( $p < 0.001$ ) delle concentrazioni di  $PM_{10}$  per tutte le stazioni.

La variazione maggiore è riscontrata nel sito di Bra, dove nei primi anni erano misurati i livelli più elevati di  $PM_{10}$ . 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 dalla stazione di fondo urbano di Alba è la più contenuta. Per Mondovì la brevità della serie storica a disposizione determina intervalli di confidenza ancora molto ampi rispetto a quelli delle altre stazioni.

Le variazioni, sia in termini di microgrammi/ $m^3$  all'anno che in termini percentuali, sono rappresentate graficamente per ogni stazione nella figura 22.

STAZIONE	Variazione annua ( $\mu g/m^3/anno$ )	Variazione percentuale (%/anno)	TREND $PM_{10}$
ALBA 2003÷2020	-0.85 [-1.04, -0.68]	-2.11 [-2.46, -1.75]	<b>Decrescente</b>
BRA 2003÷2020	-1.69 [-1.93, -1.48]	-3.15 [-3.46, -2.87]	<b>Decrescente</b>
CUNEO 2003÷2020	-0.89 [-1.02, -0.76]	-2.73 [-3.04, -2.4]	<b>Decrescente</b>
SALICETO 2003÷2020	-0.78 [-0.93, -0.64]	-2.34 [-2.65, -1.99]	<b>Decrescente</b>
MONDOVI' 2014÷2020	-0.91 [-1.29, -0.37]	-3.24 [-4.31, -1.43]	<b>Decrescente</b>

Tabella 4) Trend stimati delle concentrazioni di  $PM_{10}$  (significatività statistica  $p < 0.001$ ).

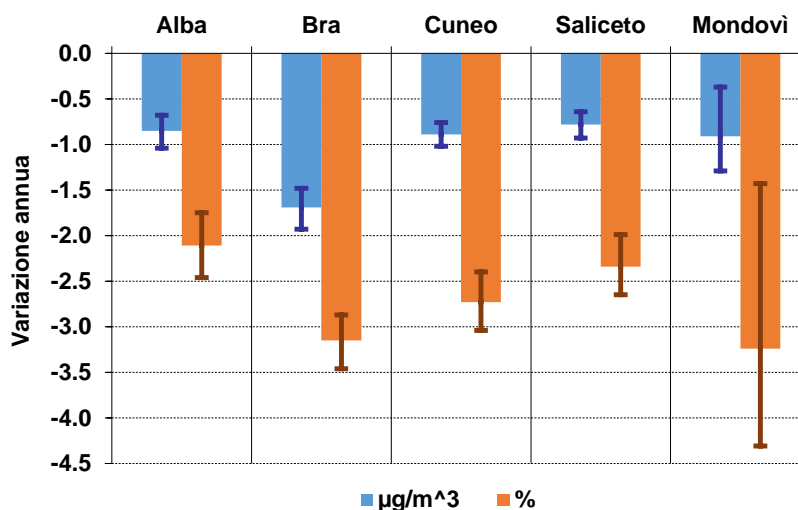


Figura 22) Variazione annua media (in  $\mu g/m^3$  ed in percentuale) delle concentrazioni di  $PM_{10}$  nel periodo 2003÷2020 (2014÷2020 per Mondovì). Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

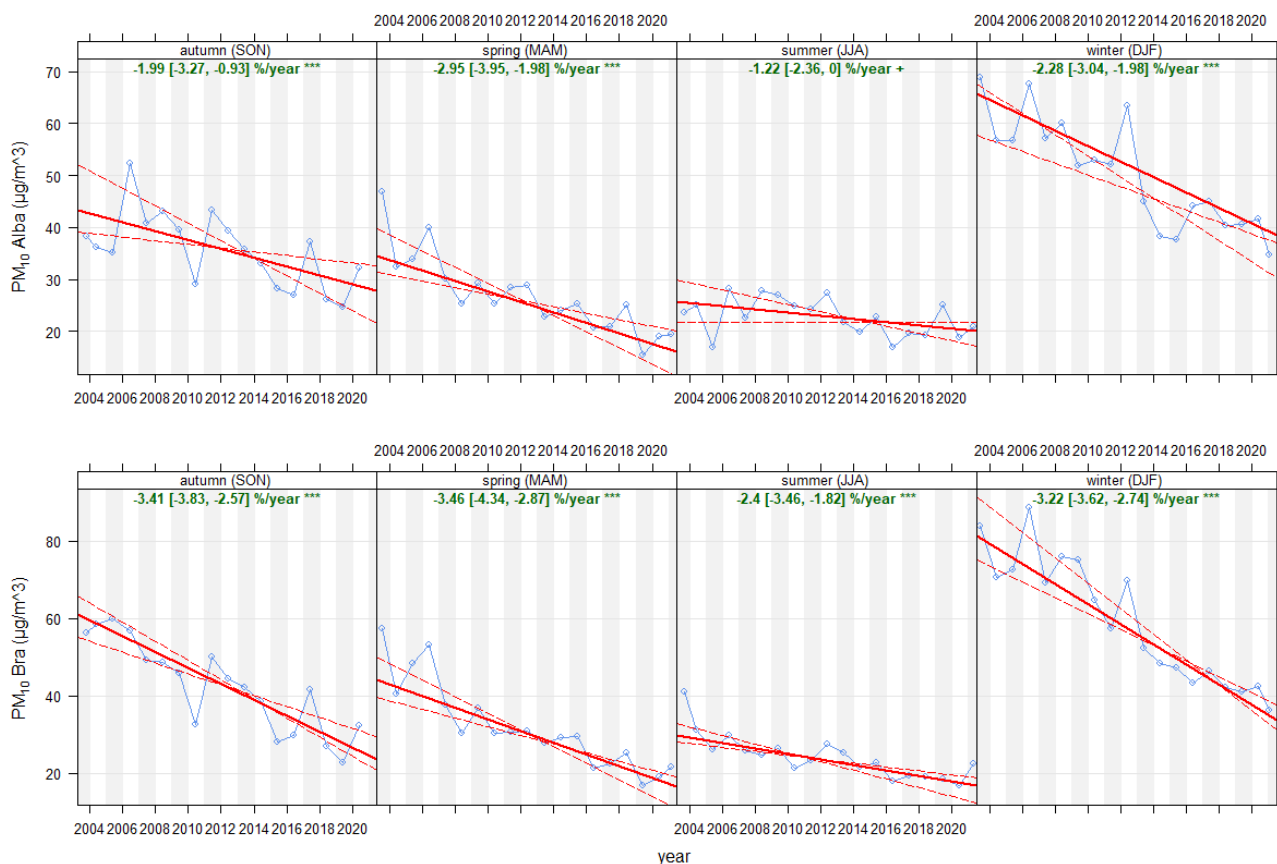
Siccome le concentrazioni dei  $PM_{10}$  presentano una spiccata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali e contenuti in quelli estivi, ed il contributo di alcune sorgenti è differente

nei diversi periodi dell'anno, la valutazione dei trend delle concentrazioni del PM<sub>10</sub> è stata eseguita anche suddividendo i mesi nelle diverse stagioni.

I risultati, riportati nei grafici della figura 23 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 all'agosto 2021. L'ultimo trimestre invernale include pertanto i mesi di dicembre 2020, gennaio e febbraio 2021 e gli ultimi trimestri primaverile ed estivo sono relativi ai rispettivi mesi del 2021.

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.



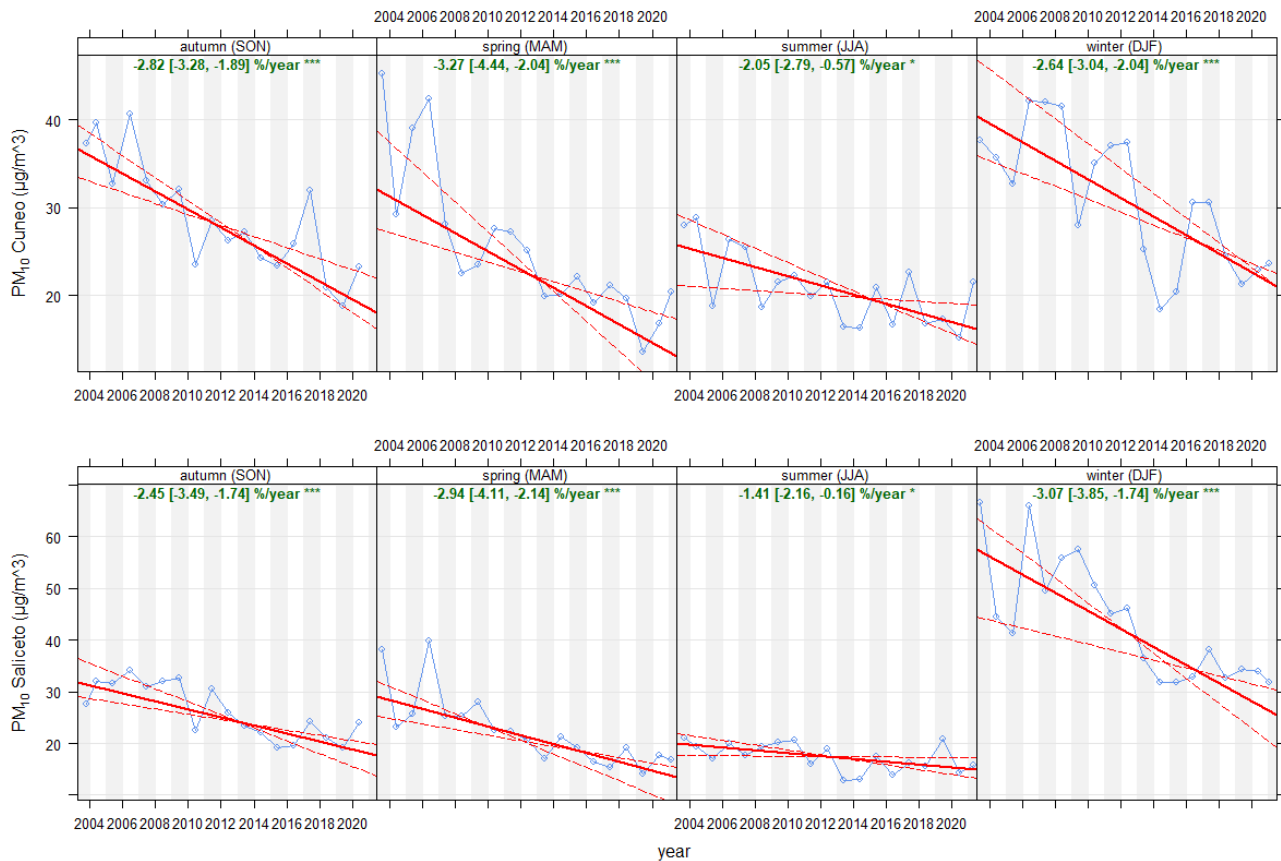


Figura 23) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di  $PM_{10}$  sul periodo gennaio 2003 ÷ agosto 2020 (significatività statistica: “\*\*\*\*” =  $p < 0.001$ ; “\*\*\*” =  $p < 0.01$ ; “\*\*” =  $p < 0.05$ ; “+” =  $p < 0.1$ ).

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 24. 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. Negli ultimi due anni solamente le concentrazioni della stazione di Cuneo nei mesi invernali si distaccano dalle altre per assumere valori ancora più contenuti.



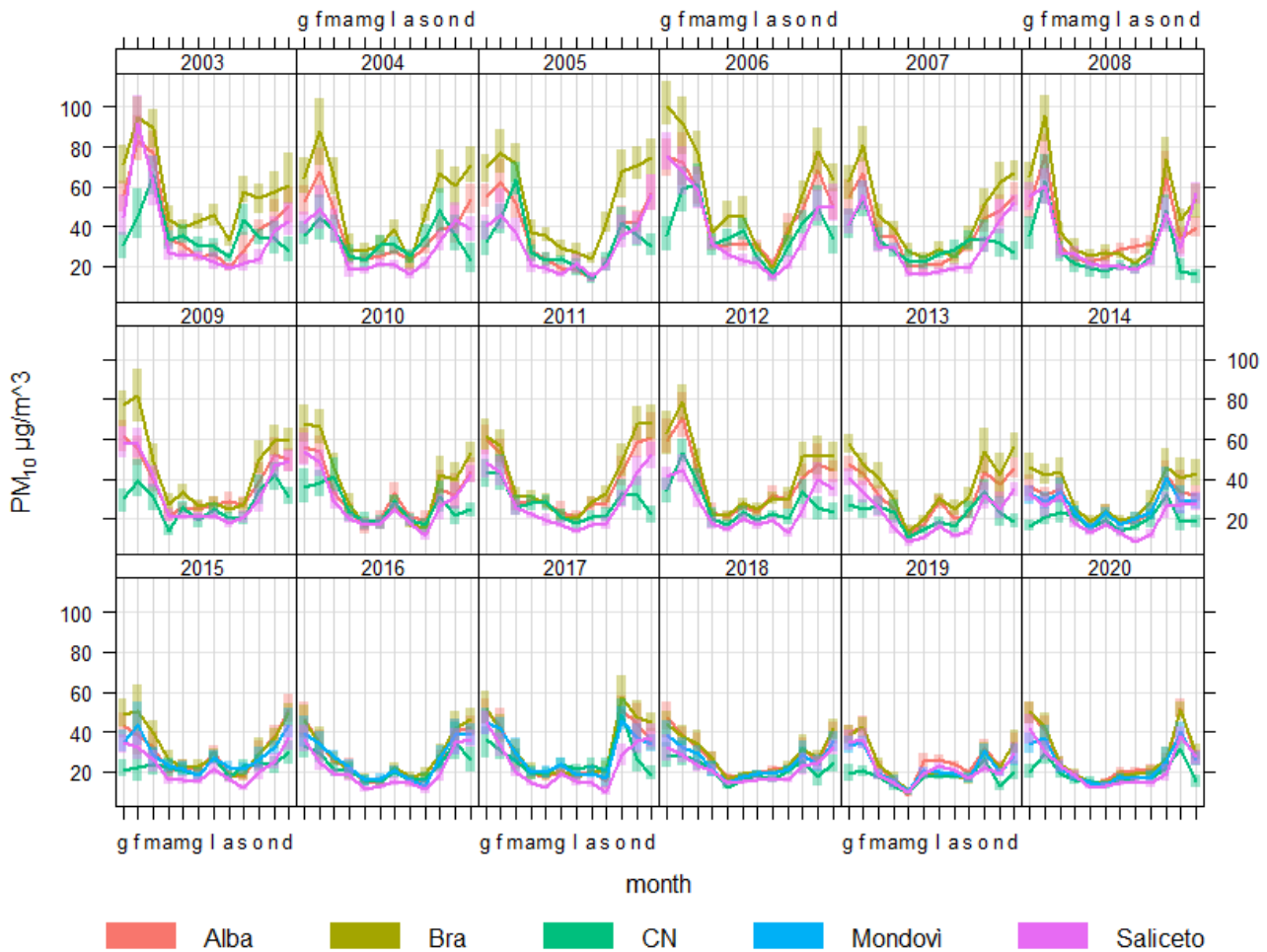


Figura 24) Concentrazioni medie mensili di  $PM_{10}$  misurate dal gennaio 2003 al dicembre 2020 in tutte le stazioni della provincia di Cuneo (le bande colorate rappresentano gli intervalli di confidenza al 95%).

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 a condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli alla diluizione degli inquinanti, nel 2018 e 2019 avevano permesso di raggiungere livelli storici minimi di questo inquinante ed ottenere il rispetto dei limiti per il  $PM_{10}$  in tutte le stazioni della provincia di Cuneo. I dati del 2020 hanno però dimostrato che quanto finora realizzato non è ancora sufficiente a garantire un rispetto duraturo dei limiti imposti dalla normativa per la tutela della salute pubblica. Per poter pervenire ad un risultato meno in balia delle peculiarità meteorologiche di ciascun anno occorrerà continuare a perseguire la riduzione delle emissioni in atmosfera già intrapresa, ma in modo più omogeneo e su scala sempre più ampia, agendo, 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 rischio sanitario legato ai composti presenti nelle particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse. Quelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione le particelle con diametro aerodinamico superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie; le particelle con diametro aerodinamico tra i 2.5 e i 10 µm (anche chiamate frazione "coarse") raggiungono la trachea ed i bronchi; le particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm (anche chiamate frazione "fine" o "respirabile") raggiungono gli alveoli polmonari.

La misura della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM<sub>2.5</sub>) viene eseguita presso le seguenti stazioni della provincia:

- Cuneo, dal 2011, con tecnica gravimetrica;
- Mondovì, dal 2014, con tecnica gravimetrica;
- Staffarda, dal 2014, con misuratore automatico a raggi beta e risoluzione giornaliera;
- Bra, dall'agosto 2019, con misuratore automatico a raggi beta e risoluzione oraria.

La misura era stata anche eseguita presso la stazione di Saliceto ma solamente negli anni dal 2011 al 2013.

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 25 le colonne con colore pieno rappresentano le concentrazioni medie del PM<sub>2.5</sub> misurate nei rispettivi anni di campionamento presso le diverse stazioni e, ad eccezione di Staffarda dove fino al 2020 è stata misurata la sola frazione fine, la parte tratteggiata sovrastante, rappresenta la frazione più grossolana del PM<sub>10</sub>. Il grafico evidenzia come la frazione PM<sub>2.5</sub> costituisca la maggior parte delle polveri sottili (PM<sub>10</sub>).

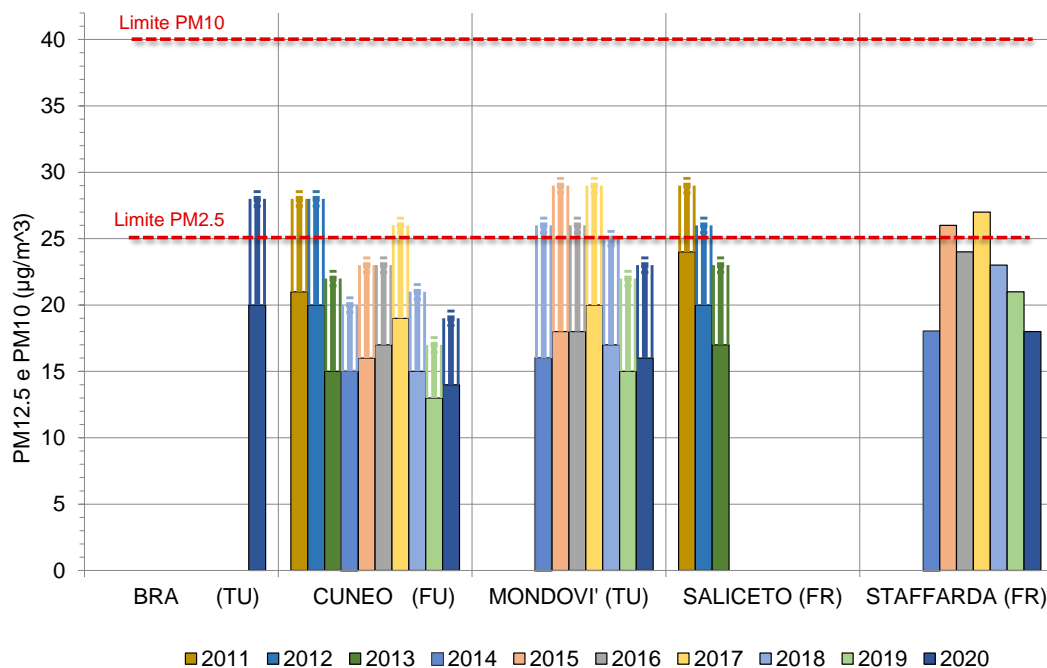


Figura 25) PM<sub>2.5</sub> (barra piena) e PM<sub>10</sub> (barra piena + parte tratteggiata): concentrazioni medie annue a Bra, Cuneo, Mondovì, Saliceto e Staffarda (solo PM<sub>2.5</sub>).

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  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2015 e nel 2017 (nel 2018 percentuale di dati validi di Staffarda è stata pari all'86%, pertanto non adeguata alla verifica del valore limite), ma dove è forte il contributo della componente terrigena nei mesi "asciutti" in particolare primaverili ed estivi.

Nel 2020 il limite è stato rispettato in tutta la provincia.

### **L'andamento stagionale ed il rapporto $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$**

Un confronto tra gli andamenti dei livelli mensili di  $\text{PM}_{2.5}$  delle diverse stazioni di misura della provincia di Cuneo è rappresentato nella figura 26, a partire dal 2014 e fino all'agosto 2021. Le concentrazioni medie mensili misurate a Bra sono presenti dagli ultimi quattro mesi del 2019.

I valori registrati dalla stazione di Staffarda sono generalmente maggiori di quelli misurati nelle due stazioni a sud della provincia e ciò, nei periodi invernali è dovuto all'influenza del fondo regionale di cui, come già detto in precedenza, 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 nei diversi anni di misura le concentrazioni di  $\text{PM}_{2.5}$  siano generalmente simili nelle due stazioni, con valori più elevati a Mondovì in alcuni casi ed in particolare durante i mesi freddi. Il 2020 è stato il primo anno completo di dati per la stazione di Bra e le concentrazioni dei mesi invernali sono state simili a quelle misurate a Staffarda.

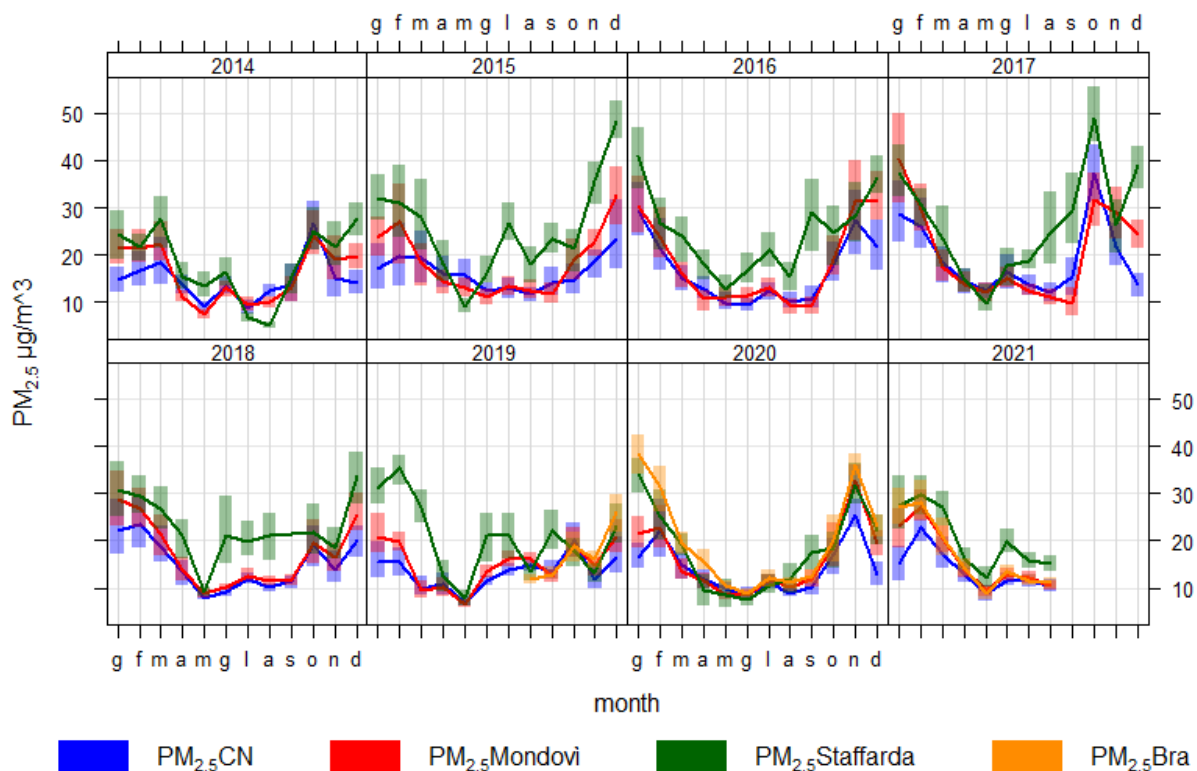


Figura 26)  $\text{PM}_{2.5}$ : medie mensili delle concentrazioni misurate a Cuneo, Mondovì e Staffarda dal 2014 al 2021.

Per le tre stazioni che misurano entrambe le frazioni del particolato, nel grafico di figura 27, sono confrontate, per l'anno 2020, le medie mensili delle concentrazioni di  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  e della frazione grossolana, ovvero quella con diametro compreso tra  $2.5 \mu\text{m}$  e  $10 \mu\text{m}$  (data dalla

differenza delle concentrazioni:  $PM_{10}-PM_{2.5}$ ). In tutte e tre le stazioni si osserva come gli andamenti stagionali delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$  siano molto simili a quelli del  $PM_{10}$ .

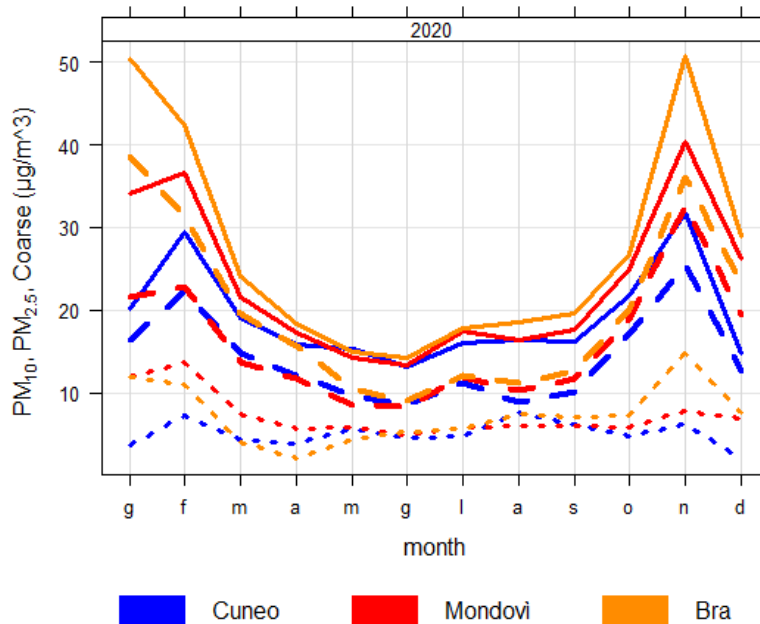
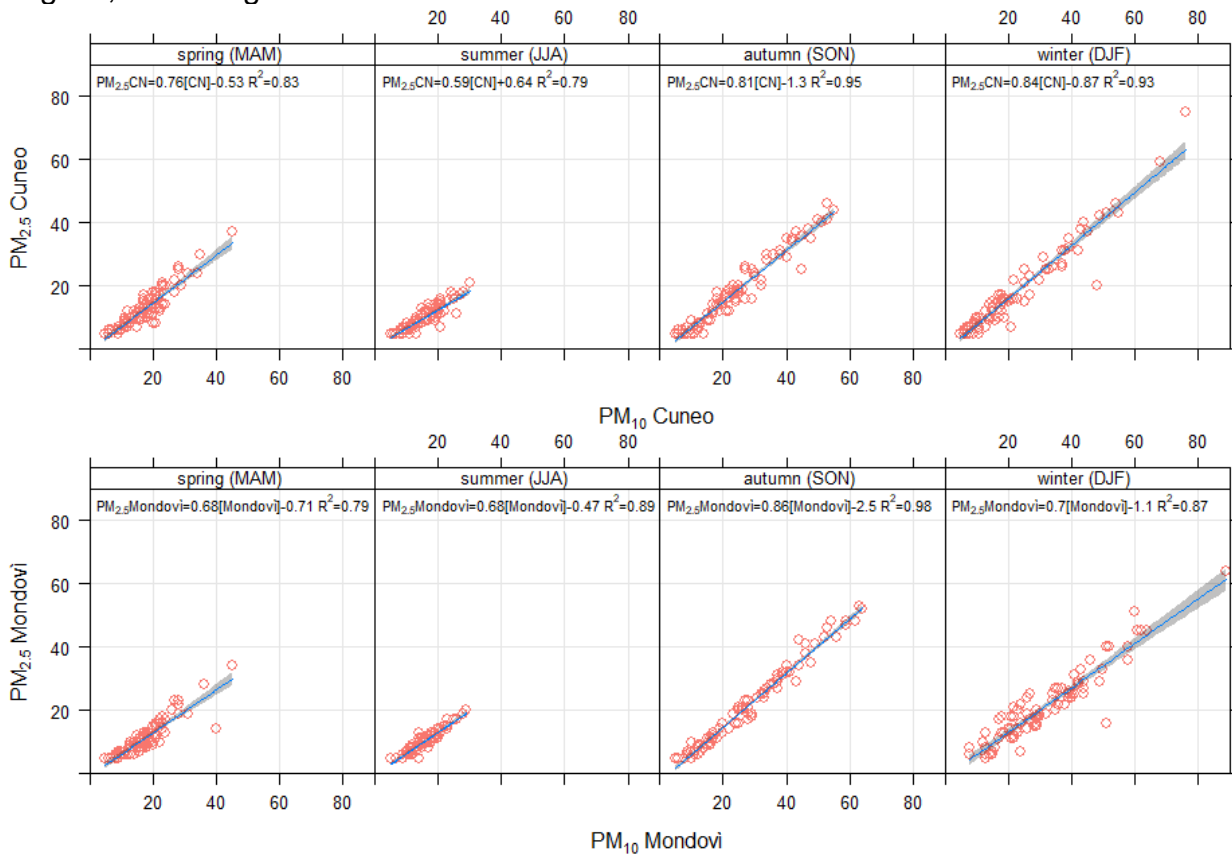


Figura 27) Medie mensili delle concentrazioni della frazione “fine” ( $PM_{2.5}$ - linea continua), “sottile” ( $PM_{10}$  - linea tratteggiata) e “grossolana” ( $PM_{10}-PM_{2.5}$ - linea punteggiata) misurate a Cuneo, Mondovi e Bra nel 2020.

La correlazione tra frazione fine e sottile delle polveri, analizzata in figura 28 nelle diverse stagioni, risulta significativa e molto forte in tutti e tre i siti.



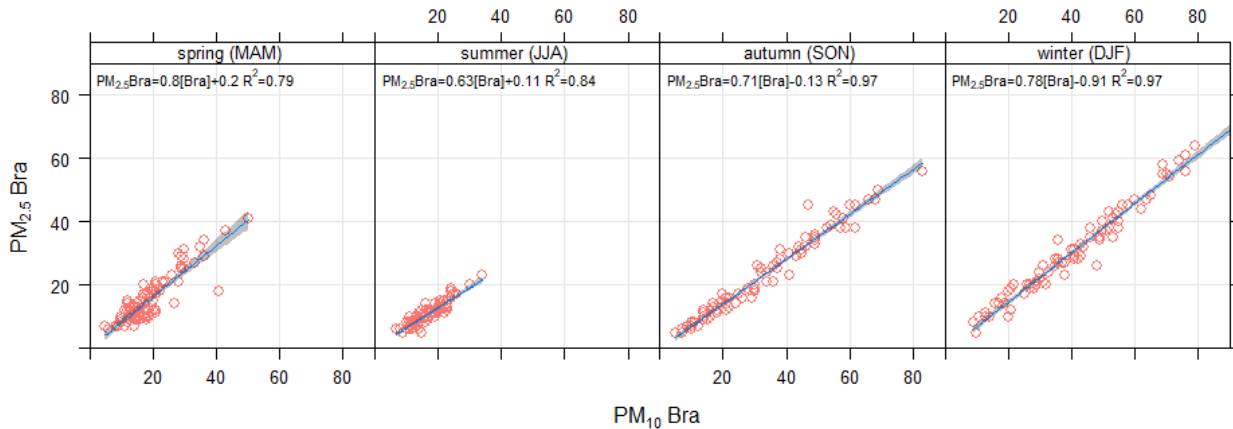


Figura 28) Grafici a dispersione e regressioni lineari tra le concentrazioni giornaliere di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  suddivisi per stagione (dati anno 2020).

### Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Valutando le serie storiche disponibili di  $PM_{2.5}$ , solamente per quella misurata a Cuneo dal 2011 emerge una tendenza statisticamente significativa di riduzione delle concentrazioni (figura 29), 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/ $m^3$  all'anno che in termini percentuali.

STAZIONE	Variatione annua ( $\mu g/m^3/anno$ )	Variatione percentuale (%/anno)	TREND $PM_{2.5}$
CUNEO 2011÷2020	-0.45 [-0.72, -0.25]	-2.5 [-3.66, -1.48]	Decrescente $p < 0.001$
MONDOVI' 2014÷2020	-	-	Non significativo
STAFFARDA 2014÷2020	-	-	Non significativo

Tabella 5) Trend stimati delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$ .

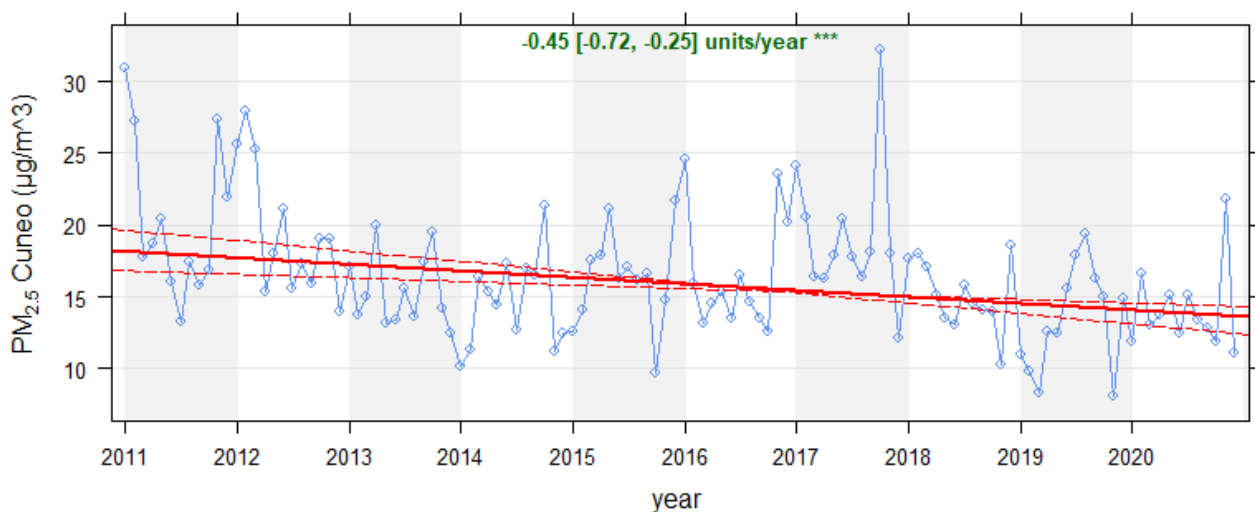


Figura 29) Stima del trend delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$  (significatività statistica: "\*\*\*\*" =  $p < 0.001$ )

## 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 30 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.

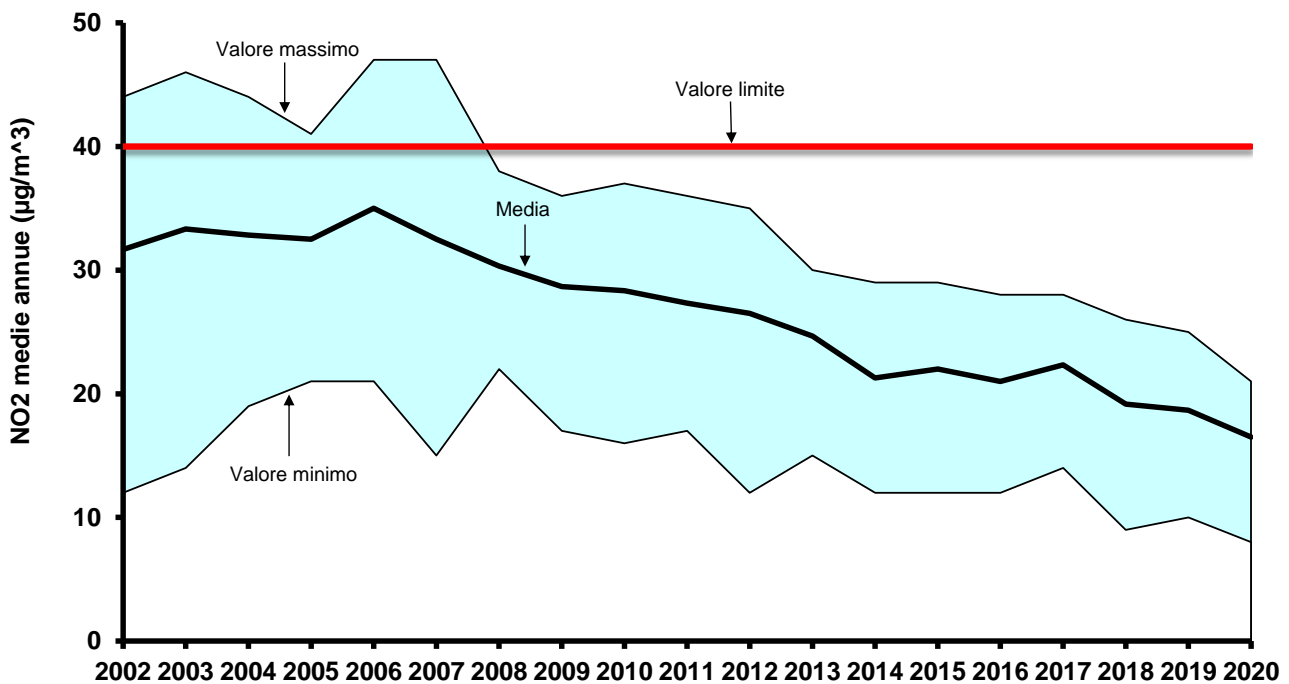


Figura 30) NO<sub>2</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

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.

Per questo motivo, come attestato nel capitolo "Gli effetti del lockdown sulla qualità dell'aria della provincia di Cuneo nel periodo marzo 2020 ÷ agosto 2021", cui si rimanda per maggiori dettagli, a seguito delle restrizioni introdotte per contenere l'emergenza da COVID-19 in tutte le stazioni urbane della provincia sono state riscontrate riduzioni significative degli ossidi di azoto. La riduzione più importante si è verificata nel mese di aprile 2020, quando le concentrazioni sono diminuite del 47-58% rispetto al periodo di riferimento.

Il dettaglio delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto rilevate in tutte le stazioni della rete provinciale attive nel 2020 sono riportate, nel grafico della pagina seguente, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il 2020 è stato il settimo anno completo di dati per le stazioni di traffico urbano di Mondovì Aragno e di fondo rurale di Revello Staffarda. Per Mondovì nel grafico sono rappresentate sia le medie della stazione urbana di *fondo* di Largo Marinai d'Italia, dismessa a fine 2013, che 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.

Per ciascun punto di misura la media annua del 2020 rappresenta il minimo di tutto il periodo di monitoraggio. La stazione di Alba, per le sue peculiarità di stazione di fondo urbano distante dalle principali arterie di traffico, ha nuovamente registrato il livello più basso tra le stazioni urbane. Per la stazione di Mondovì-Aragno, che risulta invece fortemente condizionata dalla prossimità alla strada statale 28 e dalle emissioni dei veicoli che vi transitano, per la prima volta la media è scesa al livello misurato presso le stazioni di Bra e Cuneo. Il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è ampiamente rispettato in tutti i siti.

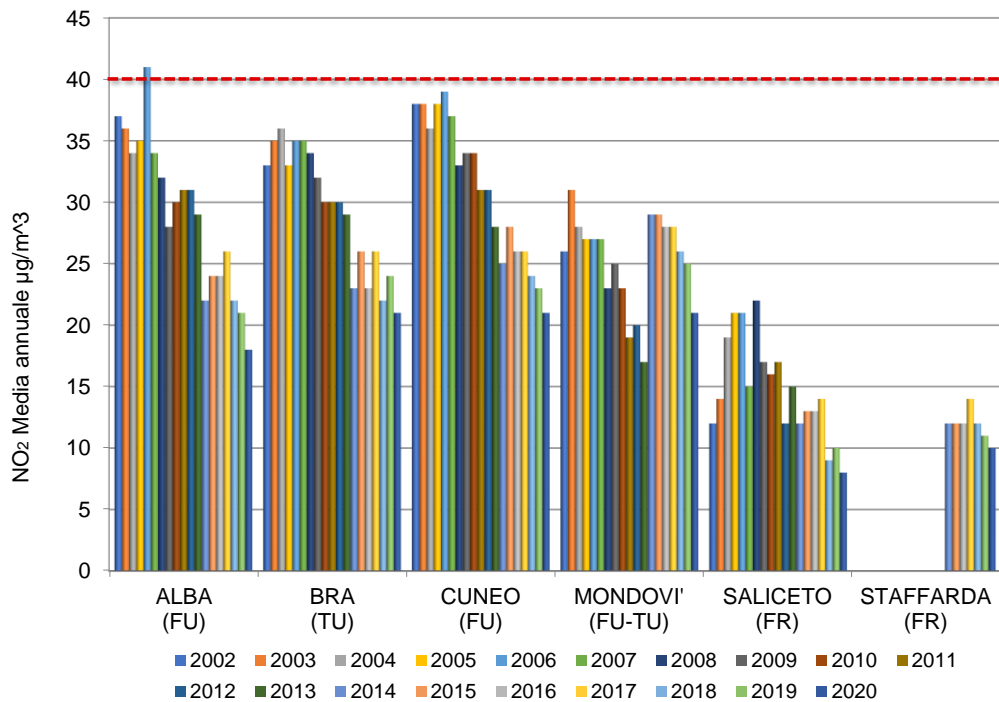


Figura 31)  $\text{NO}_2$ : concentrazioni medie annue confrontate con il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sulle ascisse, dopo il nome, è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, FU=Fondo Urbana, FR=Fondo Rurale).

Anche il limite orario di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , per la quale la normativa ammette 18 superamenti per anno civile, è stato nuovamente ampiamente rispettato nel 2020 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 32 per ogni stazione, nella figura 33 sono riportati i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile). Ovunque i valori di tale indicatore si mantengono inferiori alla metà del limite normativo.



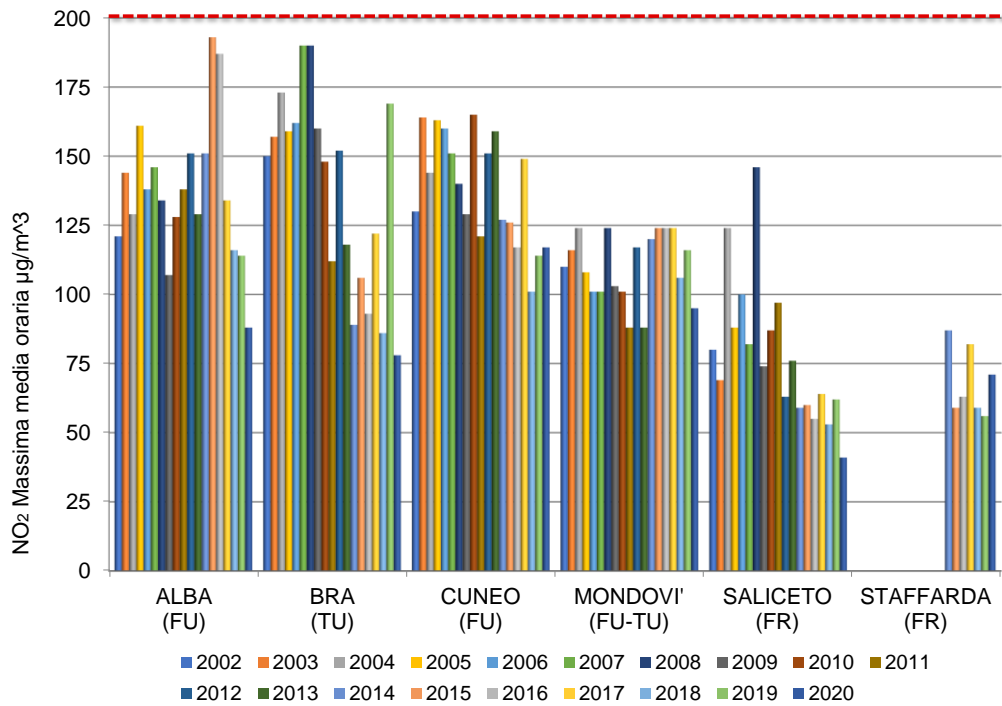


Figura 32) NO<sub>2</sub>: massime concentrazioni medie orarie confrontate col limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>

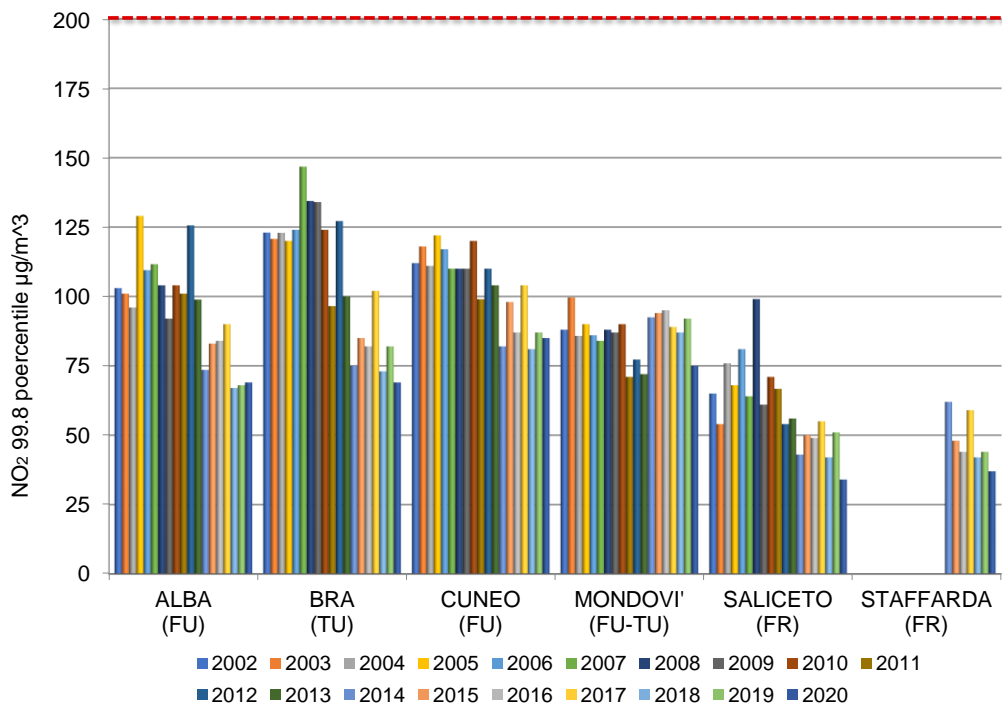


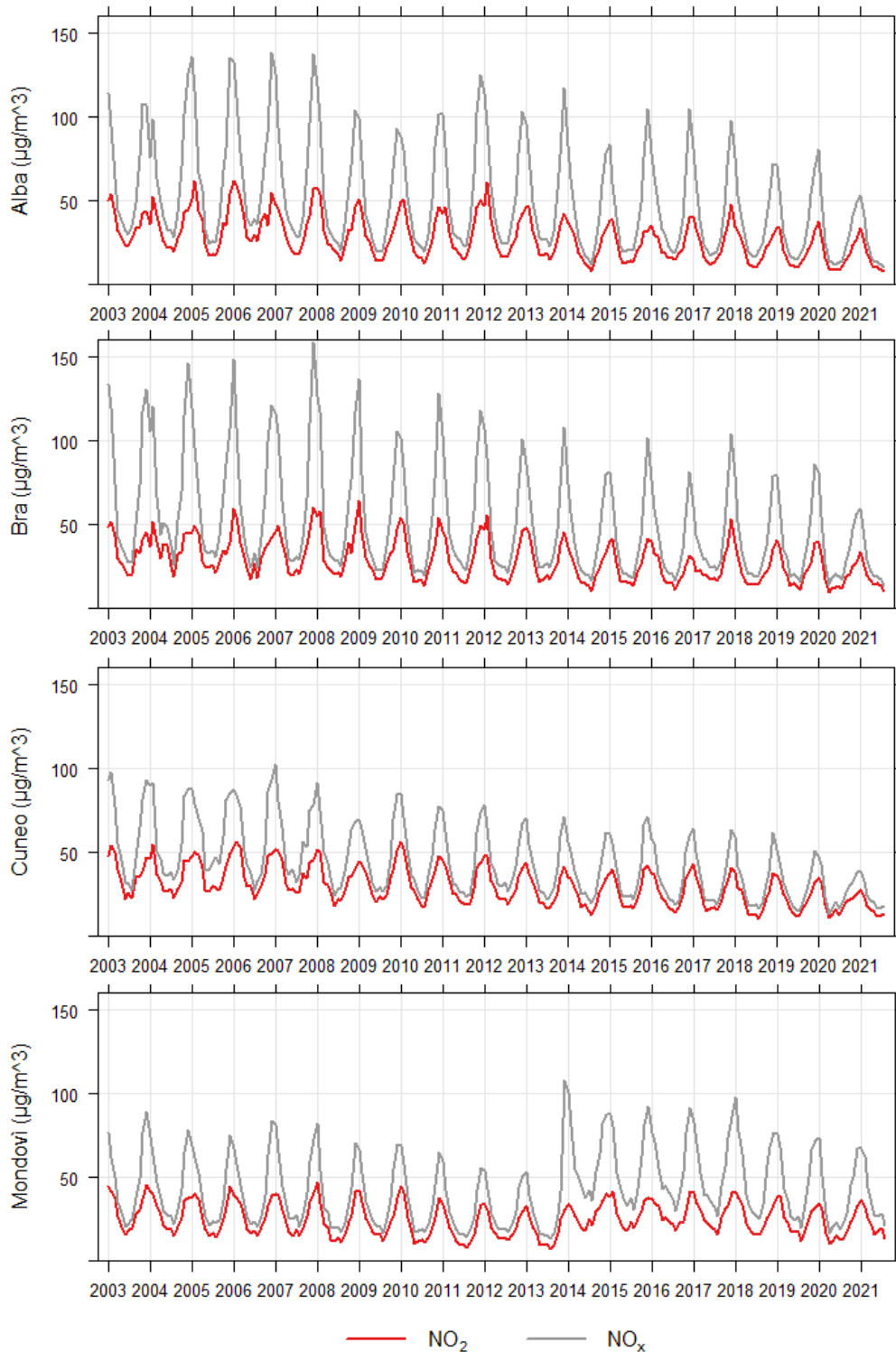
Figura 33) NO<sub>2</sub>: diciannovesime concentrazioni orarie più elevate di ciascun anno (99.8° percentile) confrontate con il limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>



## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

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.

Nei grafici di figura 34 per ogni stazione sono confrontati gli andamenti delle medie mensili di NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> dal gennaio 2003 all'agosto 2021.



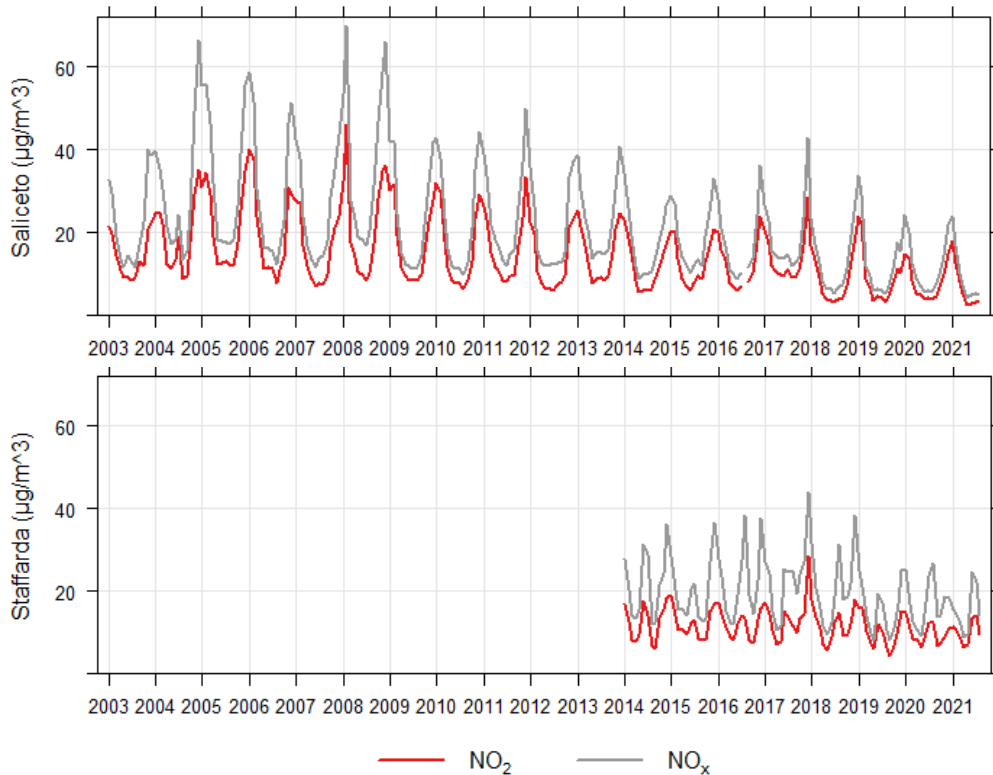


Figura 34)  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$ : concentrazioni medie mensili misurate dal 2003 all'agosto 2021

Nei dati di Mondovì è evidente la forte discontinuità dei dati dovuta allo spostamento della stazione, avvenuto a fine 2013, da una zona di fondo ad una postazione di traffico. Tali medie, calcolate fino all'agosto 2021, 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. Un'anomalia si registra presso la stazione di fondo rurale di Staffarda che, in ciascun anno, oltre al massimo di concentrazioni (contenuto) del periodo invernale presenta un secondo picco centrato sul 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.

A partire dai dati orari misurati dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2020, 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  $\text{PM}_{10}$ , 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  $\text{NO}_x$  e nella tabella 7 per gli  $\text{NO}_2$  sia in termini di microgrammi/ $\text{m}^3$  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 35 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.

Nel confronto dei valori va considerato che la brevità delle serie storiche a disposizione per le stazioni di Mondovì-Aragno e Revello-Staffarda determina intervalli di confidenza molto ampi rispetto a quelli delle altre stazioni.

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 più 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>.

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÷2020	-1.9 [-2.15, -1.7]	-2.76 [-2.99, -2.55]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
BRA 2003÷2020	-1.84 [-2.11, -1.6]	-2.73 [-3.01, -2.45]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
CUNEO 2003÷2020	-1.93 [-2.12, -1.77]	-3.17 [-3.36, -2.95]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
SALICETO 2003÷2020	-0.95 [-1.12, -0.81]	-3.17 [-3.5, -2.83]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
MONDOVI' 2014÷2020	-3.34 [-3.85, -2.95]	-5.21 [-5.84, -4.72]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
STAFFARDA 2014÷2020	-0.66 [-1.1, -0.33]	-3.03 [-4.63, -1.6]	<b>Decrescente</b> $p < 0.01$

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÷2020	-1.05 [-1.15, -0.95]	-2.79 [-2.97, -2.59]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
BRA 2003÷2020	-0.88 [-0.97, -0.78]	-2.41 [-2.58, -2.19]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
CUNEO20 2003÷2020	-1.06 [-1.17, -0.95]	-2.68 [-2.87, -2.47]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
SALICETO 2003÷2020	-0.6 [-0.7, -0.5]	-3.03 [-3.35, -2.68]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
MONDOVI' 2014÷2020	-1.19 [-1.58, -0.78]	-3.89 [-4.87, -2.77]	<b>Decrescente</b> $p < 0.001$
STAFFARDA 2014÷2020	-0.43 [-0.63, -0.19]	-3.28 [-4.67, -1.54]	<b>Decrescente</b> $p < 0.01$

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

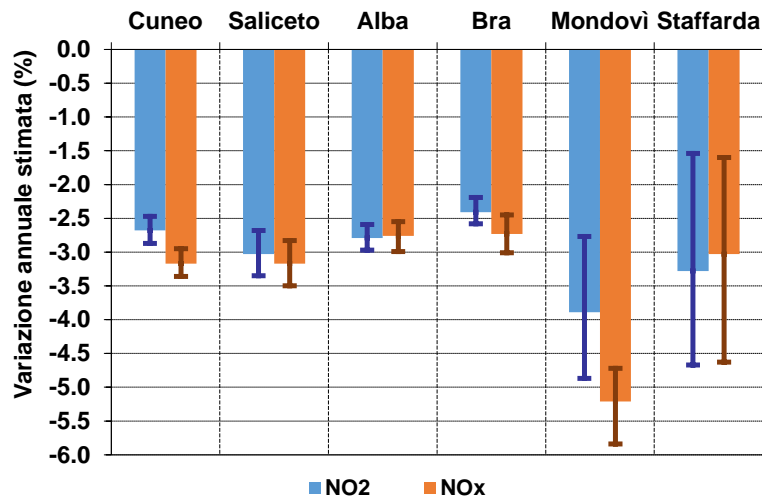


Figura 35) *Variazione annua media stimata (in percentuale) delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> nel periodo 2003-2020 (2003-2020 per Mondovì e Staffarda). Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.*

Il rapporto ISPRA<sup>12</sup> 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 avvenuto negli anni. 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 ai miglioramenti riscontrati nelle emissioni dell'industria pesante locale<sup>13</sup>.

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

<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)

## 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 36 rappresenta, per le stazioni della provincia di Cuneo e per ogni anno del periodo dal 2002 al 2020, 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).

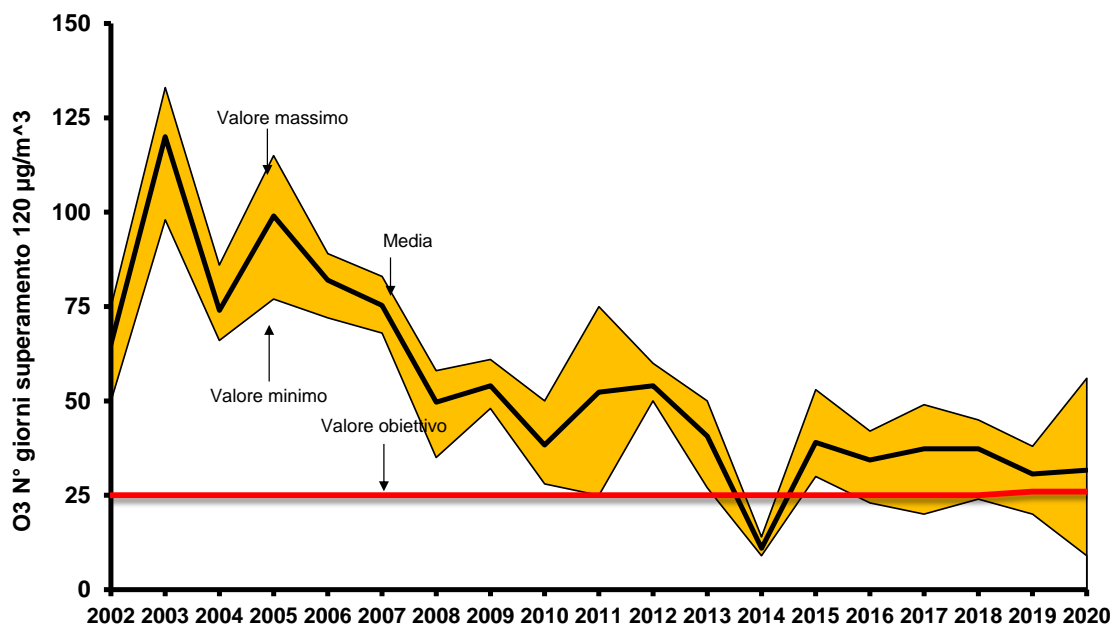


Figura 36) O<sub>3</sub>: Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore) rilevati dalle stazioni della provincia.

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.

Relativamente ai superamenti di tali soglie l'estate 2019 era stata più critica di quella del 2020: tre stazioni del Piemonte avevano registrato superamenti della soglia di allarme e in tutte le provincie si erano verificati superamenti della soglia di informazione. Nel 2020 nessun superamento della soglia di allarme è stato registrato in Piemonte e superamenti della soglia di informazione sono stati misurati solamente presso due stazioni della provincia di Torino. Come riportato capitolo dedicato alla situazione meteorologica, l'anno 2020 è stato nuovamente un anno caldo, con un'anomalia media di circa +1.1°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000, tuttavia, i mesi che hanno avuto gli scostamenti positivi maggiori non sono stati quelli estivi bensì i mesi di gennaio, febbraio, aprile e novembre. L'estate 2020 ha registrato uno scostamento inferiore rispetto ai due anni precedenti, agosto è risultato il più caldo della stagione, mentre giugno ha avuto un'anomalia contenuta ed è risultato il mese di giugno più fresco del nuovo millennio. L'ondata di caldo più importante dell'anno si è verificata tra il 31 luglio ed il primo agosto.

Che la temperatura sia uno degli elementi fondamentali per innescare i processi di formazione dell'ozono si può dedurre dal grafico di figura 37, dove il range delle concentrazioni massime orarie registrate dalle stazioni della rete provinciale in ciascun giorno del 2020 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, questi ultimi comunque sempre inferiori alla soglia di informazione.

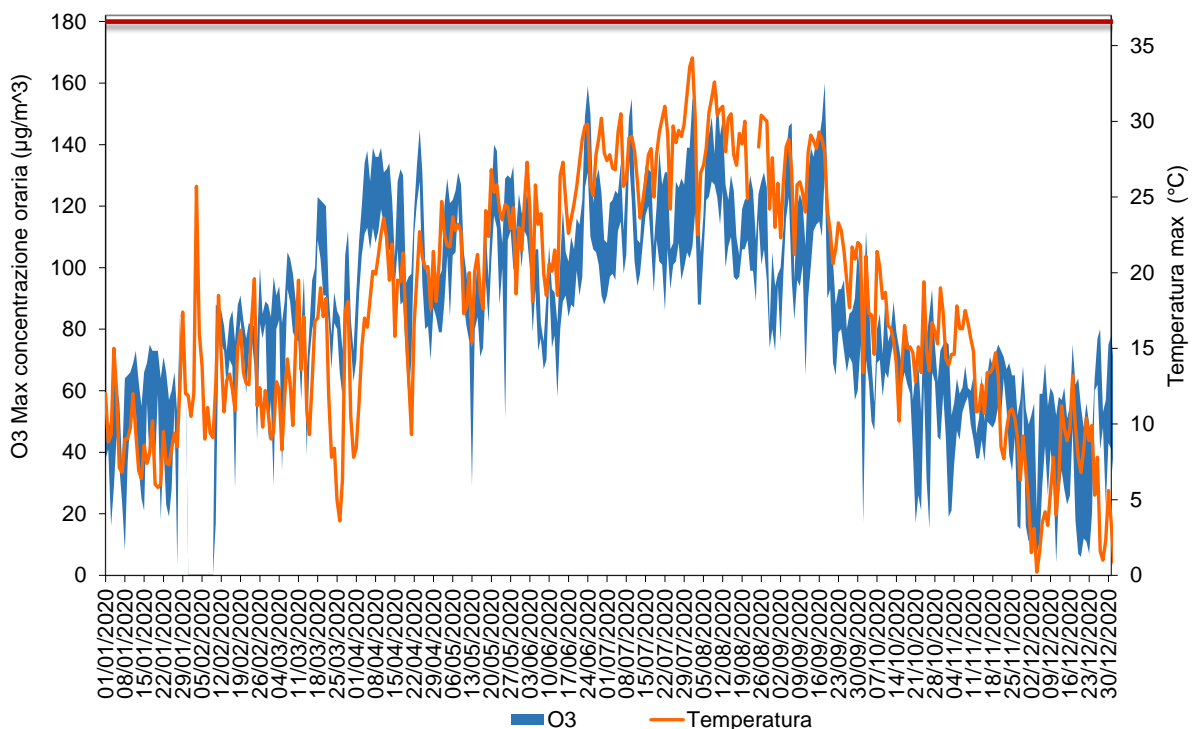


Figura 37) O<sub>3</sub>: Concentrazioni massime orarie delle stazioni della rete provinciale nel 2020 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano; in rosso la soglia di informazione.

Nella figura 38 è rappresentata, per il 2020, 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 sono stati riscontrati a partire dal mese di aprile e fino alla seconda decade di settembre, con pochi eventi nel mese di giugno.

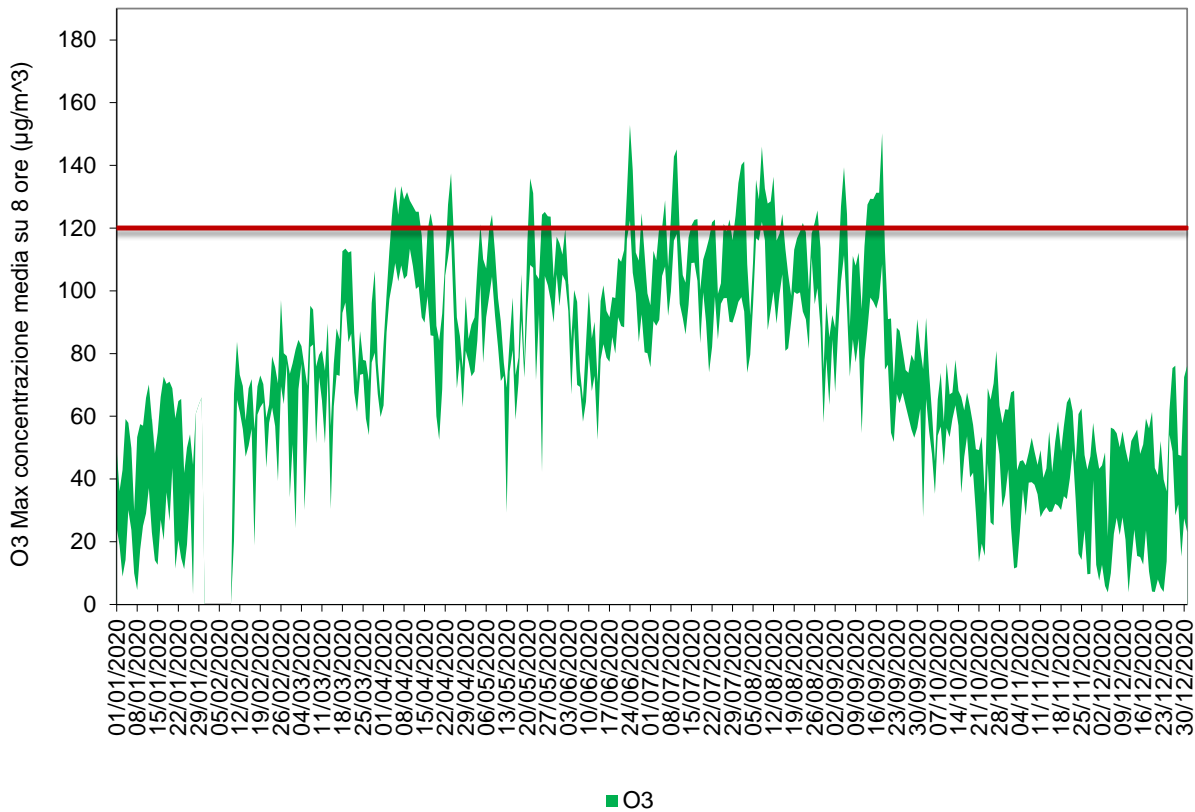


Figura 38) O<sub>3</sub>: range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le stazioni della rete provinciale nel 2020; in rosso il livello obiettivo.

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 39. 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 2020 si è ridotto in tutte le stazioni ad eccezione di quella di Cuneo, dove la situazione presenta anche più variabilità di anno in anno.



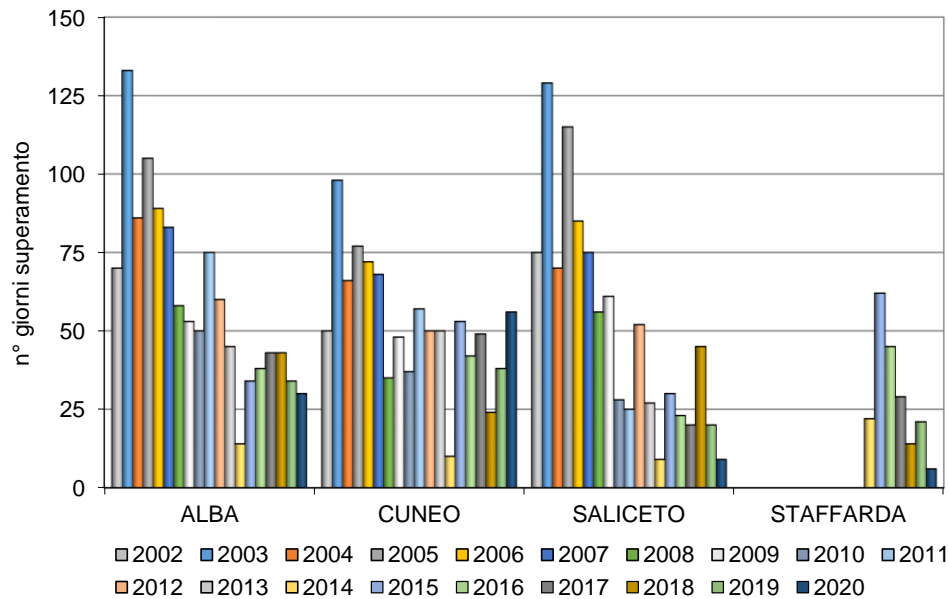


Figura 39) O<sub>3</sub>: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore)

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 permanga al di sopra della soglia prevista nelle due stazioni urbane della provincia.

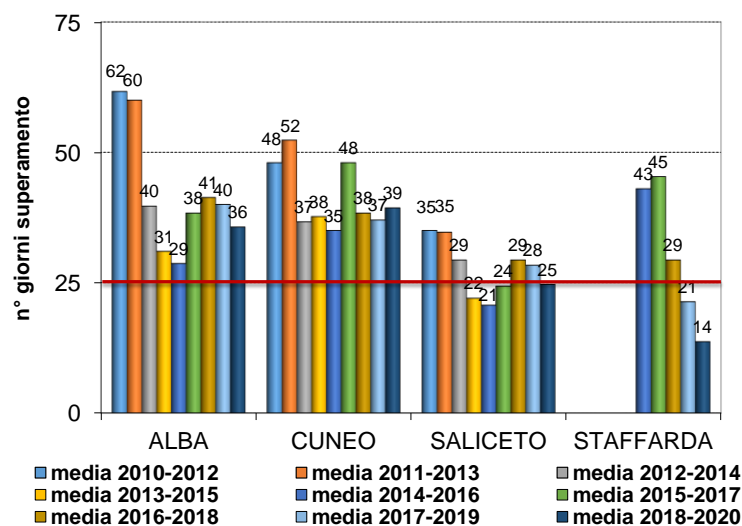


Figura 40) O<sub>3</sub> valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di 120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore.

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 41 per ciascun anno di misura 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, anche per il 2020, il superamento dell'obiettivo a lungo termine di  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  in entrambi i siti. Per la prima volta invece è stato rispettato il valore obiettivo presso la stazione di Saliceto, dove il valore della media sugli ultimi cinque anni (periodo 2016÷2020) con cui va confrontato il valore obiettivo di  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  è pari a  $17073 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ . Rimane disatteso preso la stazione di Staffarda con un valore medio sull'ultimo quinquennio di  $18770 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ .

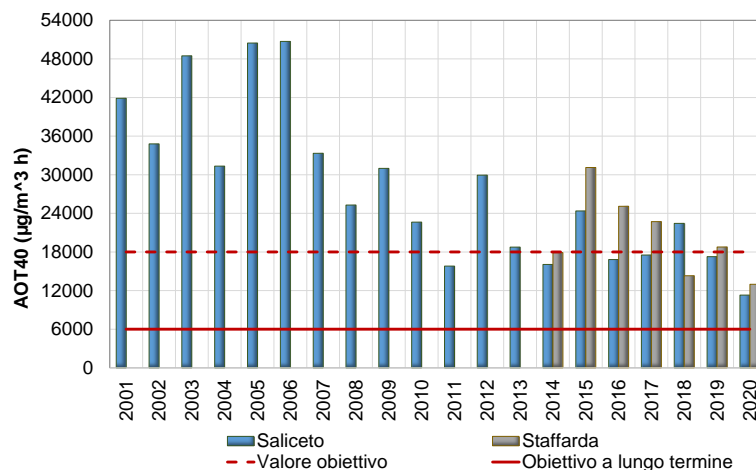


Figura 41) O<sub>3</sub>: Valori dell'AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb) di ciascun anno per le stazioni di fondo rurali della provincia. Esprime l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per i recettori sensibili (colture agrarie).

### 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 2014-2020 non sono evidenziati trend. I risultati delle altre stazioni, illustrati nei grafici della pagina seguente, rappresentano, per ogni anno dal 2003 al 2020, i valori del 93.2° percentile (corrispondente al 25° valore più elevato dell'anno) delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore. Affinché sia rispettato il valore obiettivo, tale valore deve tendere ad essere inferiore a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. La variazione percentuale media per anno è indicata in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

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

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.

STAZIONE	Variatione annua O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variatione percentuale O <sub>3</sub> (%/anno)	TREND O <sub>3</sub>
ALBA	-2.07 [-2.94, -1.25]	-1.35 [-1.83, -0.86]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.001
CUNEO	-1.32 [-2.37, -0.63]	-0.941 [-1.56, -0.47]	<b>Decrescente</b> <i>p</i> <0.05
SALICETO	-2.37 [-3.72, -1.21]	-1.61 [-2.4, -0.88]	<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.

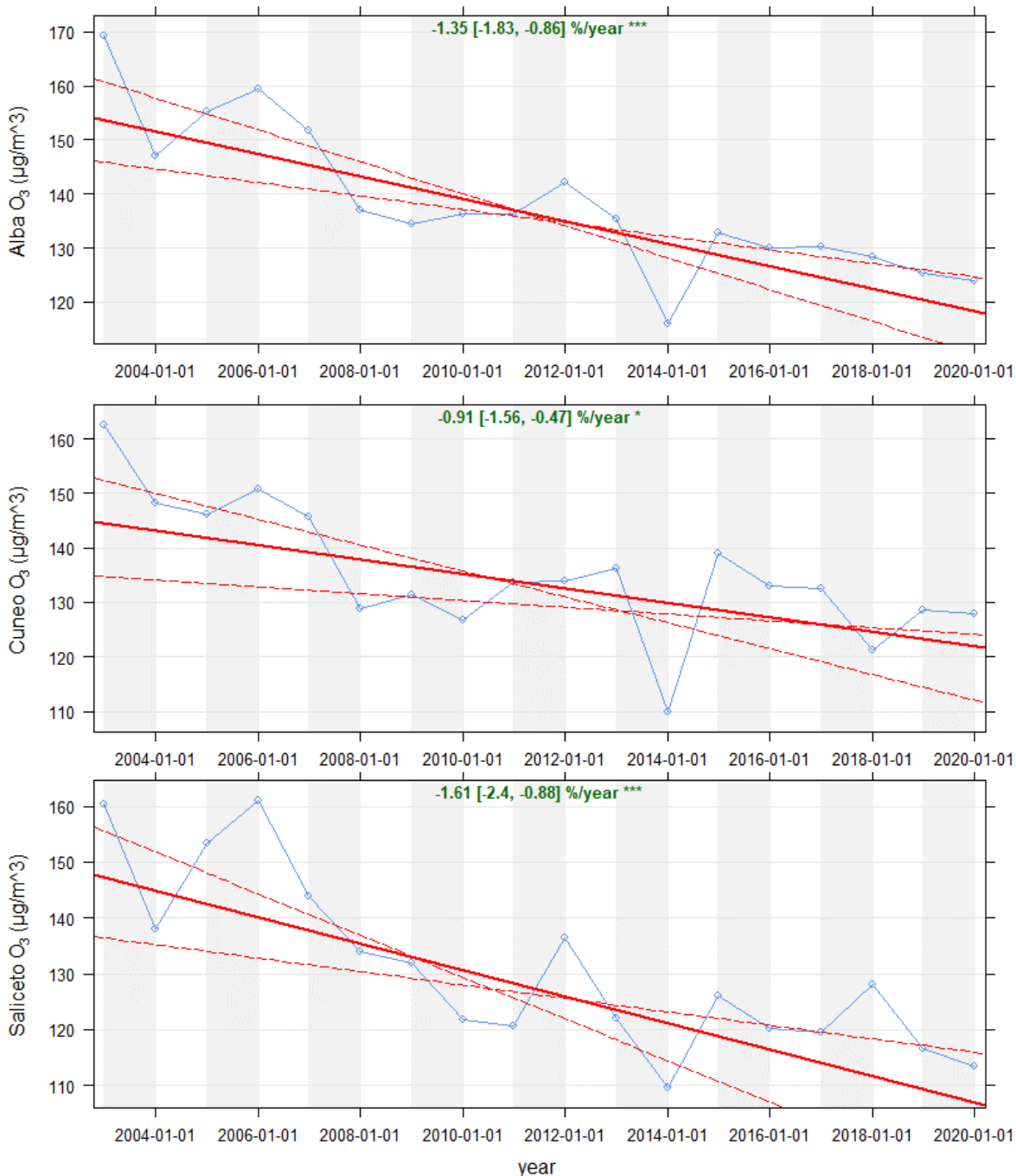


Figura 42) O<sub>3</sub>: Stima dei trend del 93.2° percentile (25° valore più elevato dell'anno) delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore (significatività statistica: "\*\*\*\*" = *p*<0.001; "\*" = *p*<0.05)

## 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 raffineria, 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 2020 confermano i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

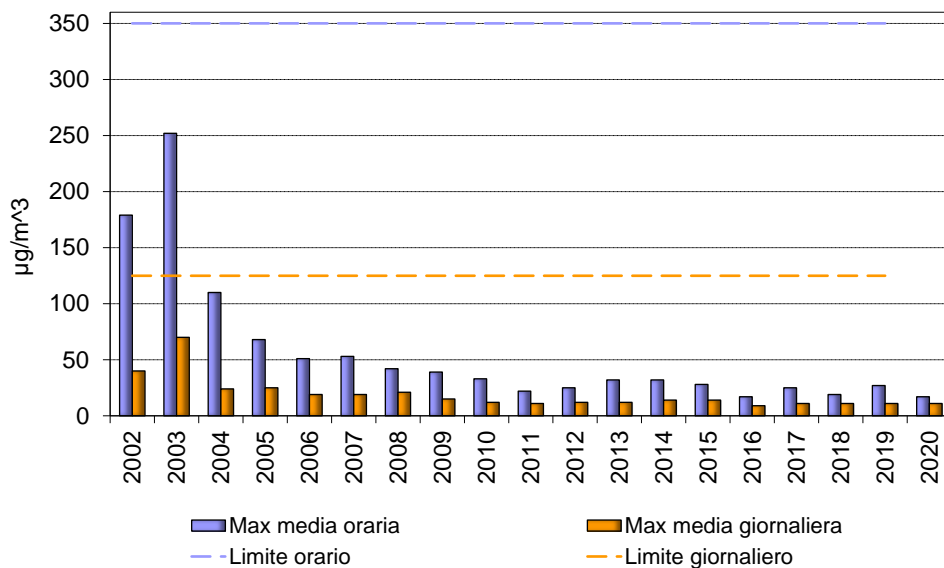


Figura 43) SO<sub>2</sub>: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo.

## 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 2020. 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>	-	1.1	1.1	<b>10</b>
<b>Benzene</b> <b>Media anno (µg/m<sup>3</sup>)</b>	0.7	0.6	0.8	<b>5</b>

Tabella 9) Massima media su 8 ore del CO e media annuale del benzene per l'anno 2020.

Nei grafici della figura 44 sono rappresentati, su scale normalizzate i "giorni medi" dell'anno 2020 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. In entrambi i siti l'accordo tra gli andamenti dei due inquinanti evidenzia l'influenza del traffico.

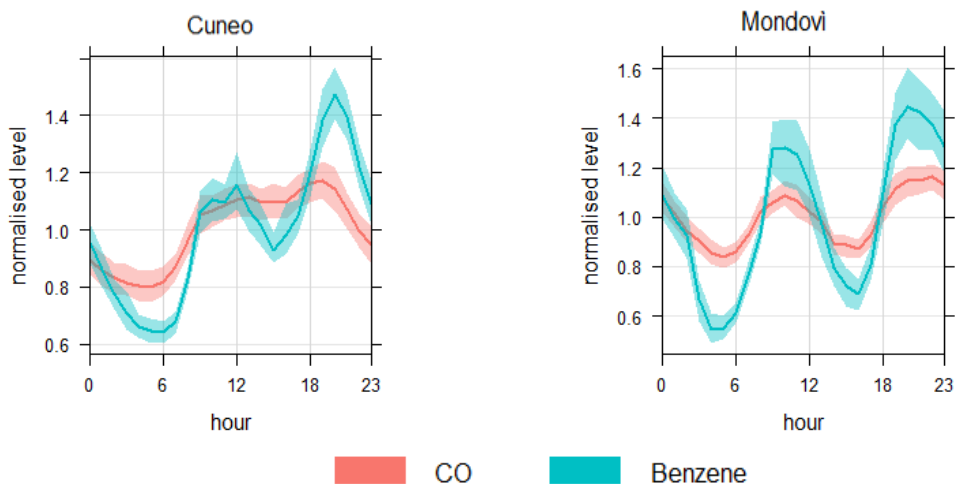


Figura 44) Benzene e CO: giorni medi dell'anno 2020 su scale normalizzate.

## ***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 2020 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>	0.003	0.7	0.1	1.6
<b>Bra</b>	0.003	0.7	0.1	1.6
<b>Cuneo</b>	0.002	0.7	0.1	0.7
<b>Saliceto</b>	0.003	0.7	0.1	0.8
<b>Mondovì</b>	0.003	0.7	0.1	0.9
<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 2020 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.

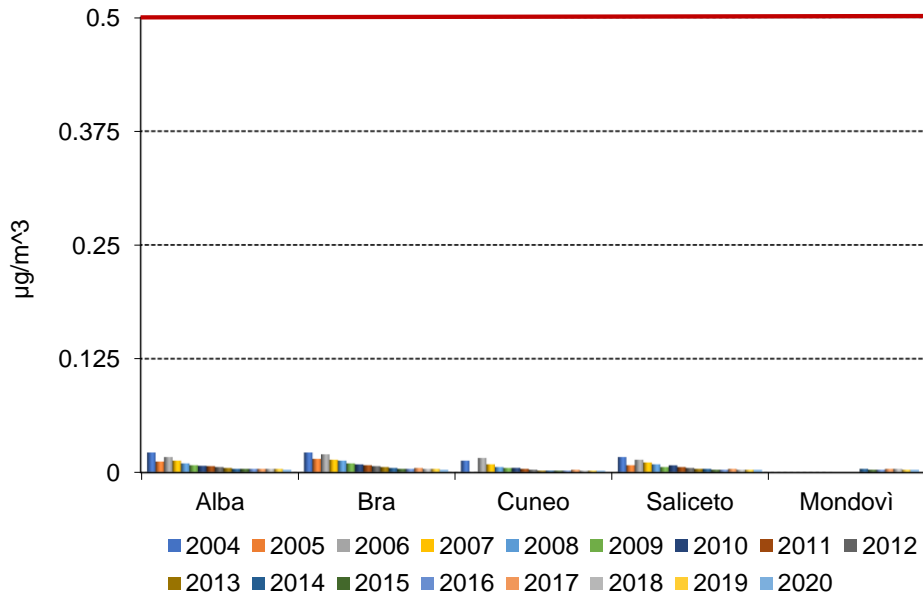


Figura 45) Piombo: confronto medie annuali

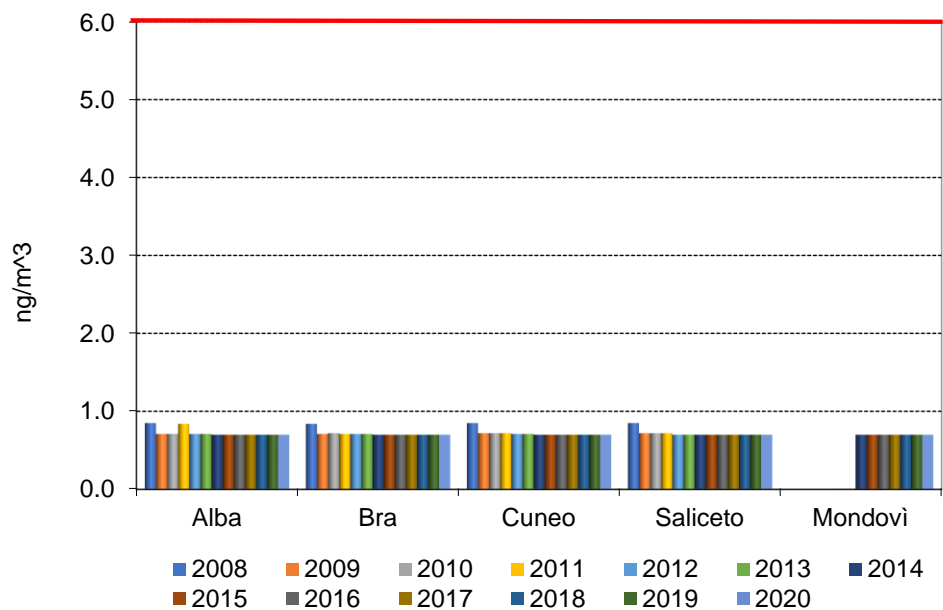


Figura 46) Arsenico: confronto medie annuali.



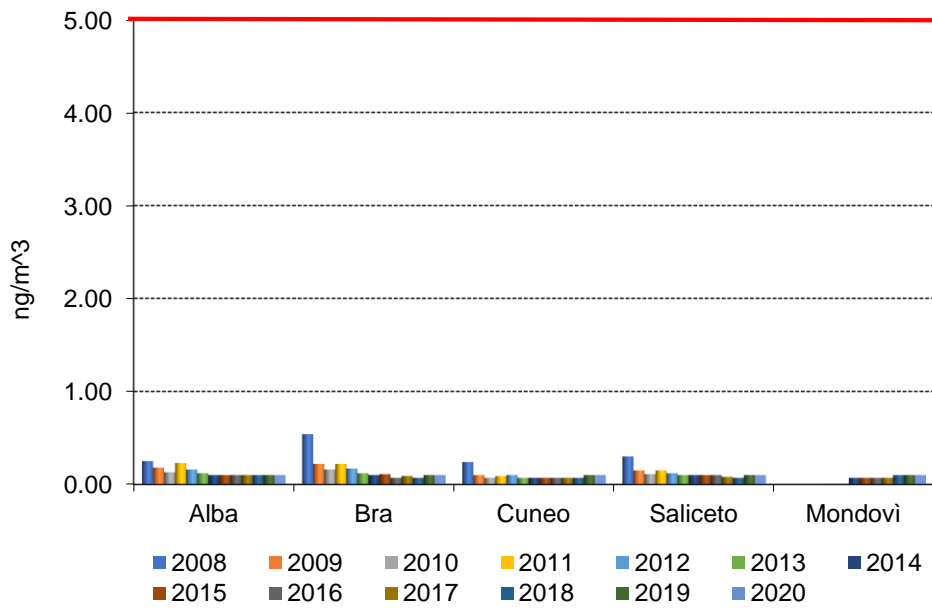


Figura 47) Cadmio: confronto medie annuali.

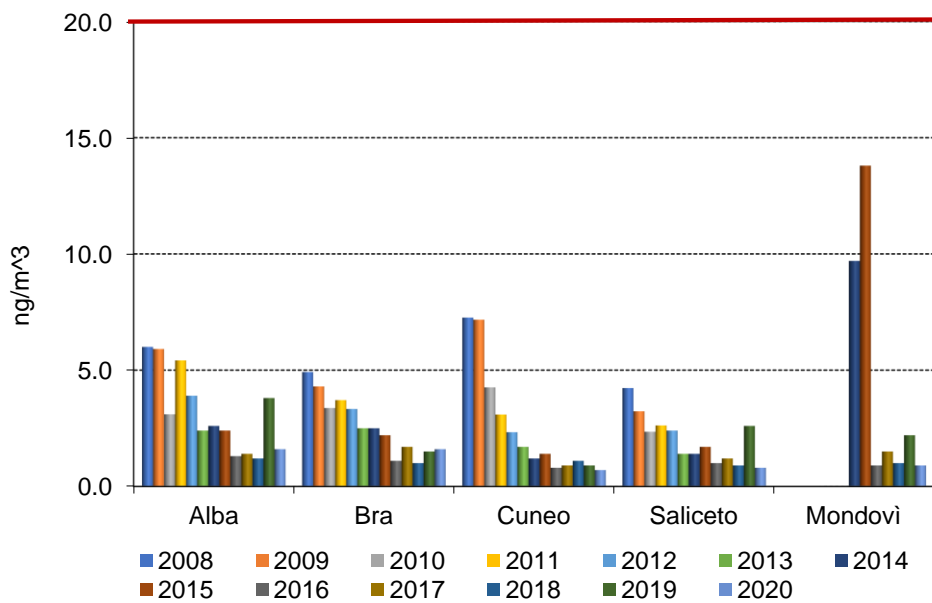


Figura 48) Nichel: confronto medie annuali.

Per la stazione di Mondovì-Aragno, dopo i dati anomali di Nichel riscontrati nei primi due anni di monitoraggio (2014 e 2015) anche i dati dell'anno 2020 confermano valori confrontabili con il limite di rilevabilità analitico ed in linea con le concentrazioni misurate presso le altre stazioni provinciali.

## 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, i livelli più elevati di questi inquinanti sono sempre stati rilevati presso la stazione di fondo rurale di Saliceto, proprio a causa del diffuso uso della legna negli impianti di riscaldamento. In questo sito, negli anni passati, sono state riscontrate criticità per il superamento del valore obiettivo stabilito dalla normativa per il benzo(a)pirene.

La serie storica delle medie annuali delle concentrazioni di questo inquinante è rappresentata nella figura 49 per tutte le stazioni provinciali con disponibilità di dati pari almeno al 90%.

Dopo il minimo raggiunto nel 2019, la concentrazione media annua nel 2020 è tornata ad aumentare in tutte le stazioni (ad eccezione di Mondovì dove è rimasta costante negli ultimi tre anni) pur rispettando, anche a Saliceto il valore obiettivo di 1.0 ng/m<sup>3</sup>.

Il contenuto percentuale di benzo(a)pirene nel PM<sub>10</sub>, rappresentato per ciascun anno di misura in figura 50, conferma per la stazione di Cuneo i valori più bassi della rete provinciale, si mantiene a livelli intermedi ad Alba, Bra e Mondovì e a livelli circa doppi, rispetto a questi, nel sito di Saliceto.

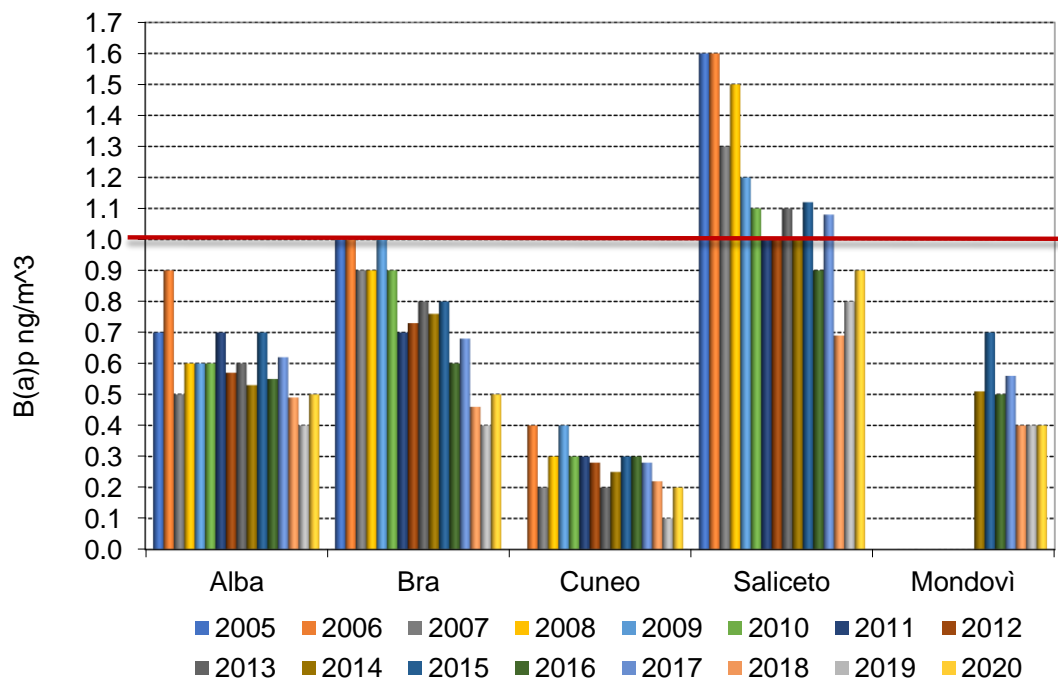


Figura 49) Benzo(a)pirene: medie annuali. Linea rossa: valore obiettivo.

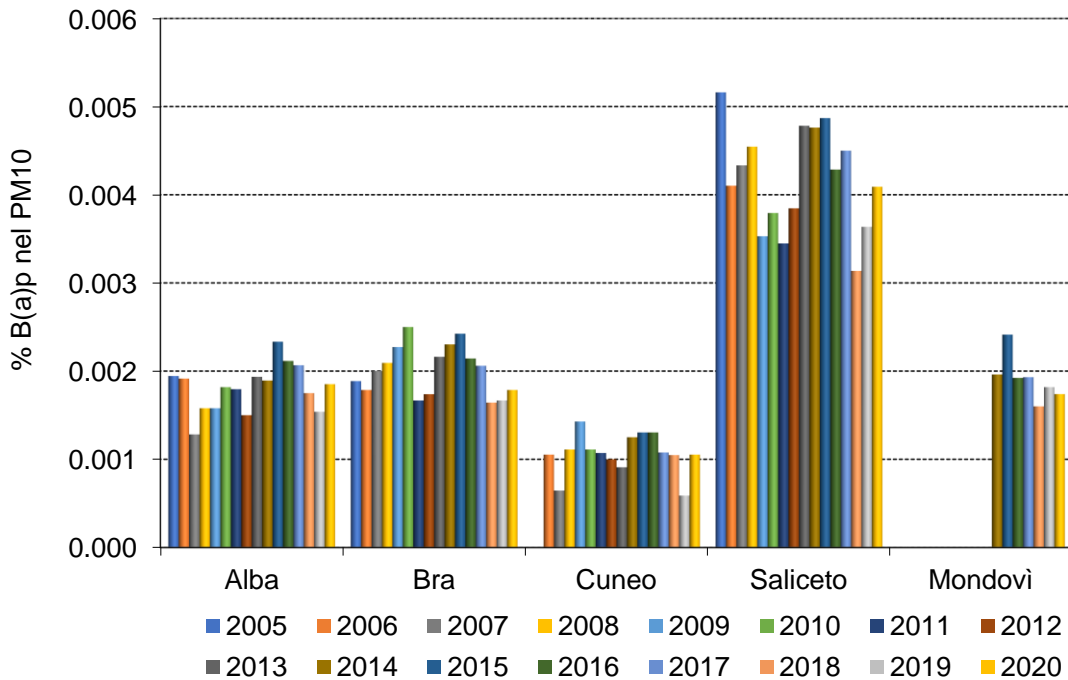


Figura 50) Benzo(a)pirene: contenuto percentuale nel PM<sub>10</sub>.

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 51 rappresenta per l’anno 2020 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.

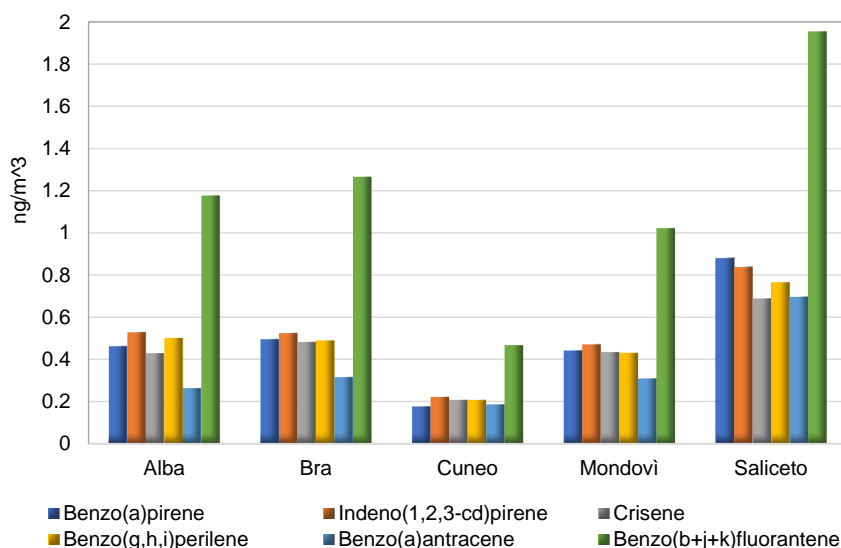


Figura 51) IPA: concentrazioni medie dell’anno 2020.

Le medie mensili delle concentrazioni del benzo(a)pirene riscontrate in ciascuna stazione nel 2020 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.

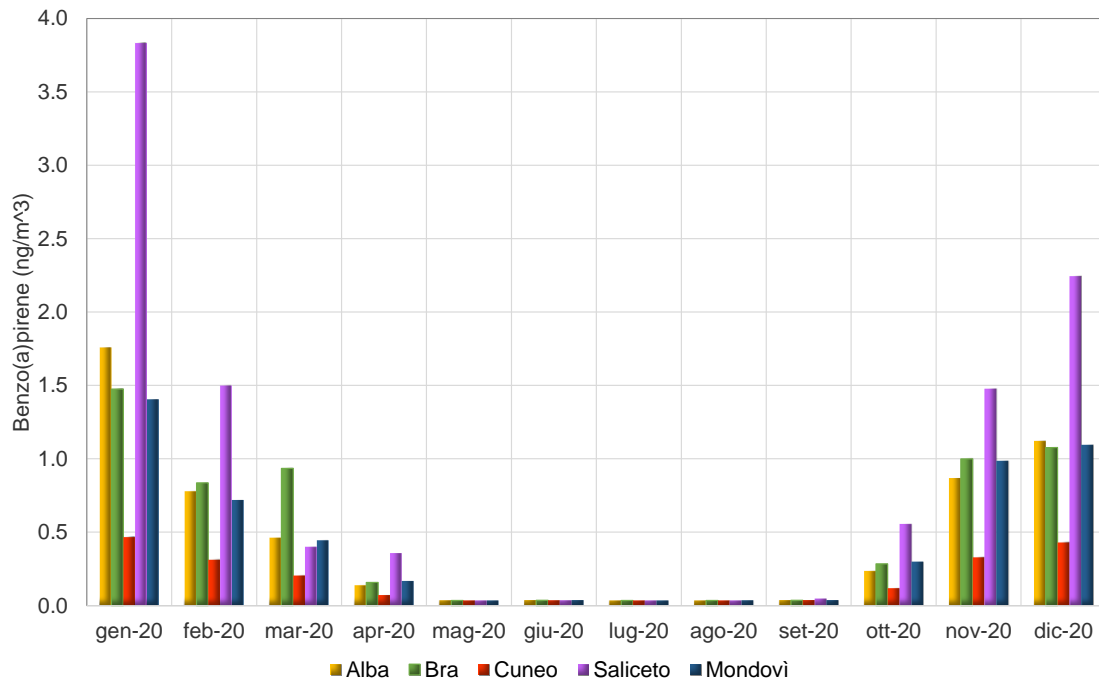


Figura 52) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2020.

Dall'analisi delle concentrazioni medie mensili delle diverse molecole di IPA risulta, per ciascun sito, come esse siano tra loro altamente correlate (coefficiente di correlazione  $\geq 94$ ). Per ciascun mese del 2020 e per ogni stazione, le loro concentrazioni complessive (denominate come "IPA totali") sono rappresentate nella figura 53, 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.

Mentre altri composti determinati nel PM<sub>10</sub>, come ad esempio il piombo, hanno percentualmente un contenuto nelle polveri costante durante l'anno, per gli IPA il grafico di figura 54 indica un peggioramento della "qualità" delle polveri nei mesi invernali. Il contenuto percentuale di IPA raggiunge il minimo nei mesi estivi, con valori analoghi per i diversi siti, grazie anche all'azione di degradazione svolta dalla 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 54 sono indicate (su scala inversa) anche le temperature medie mensili registrate presso la stazione meteorologica di Saliceto-Bergalli.

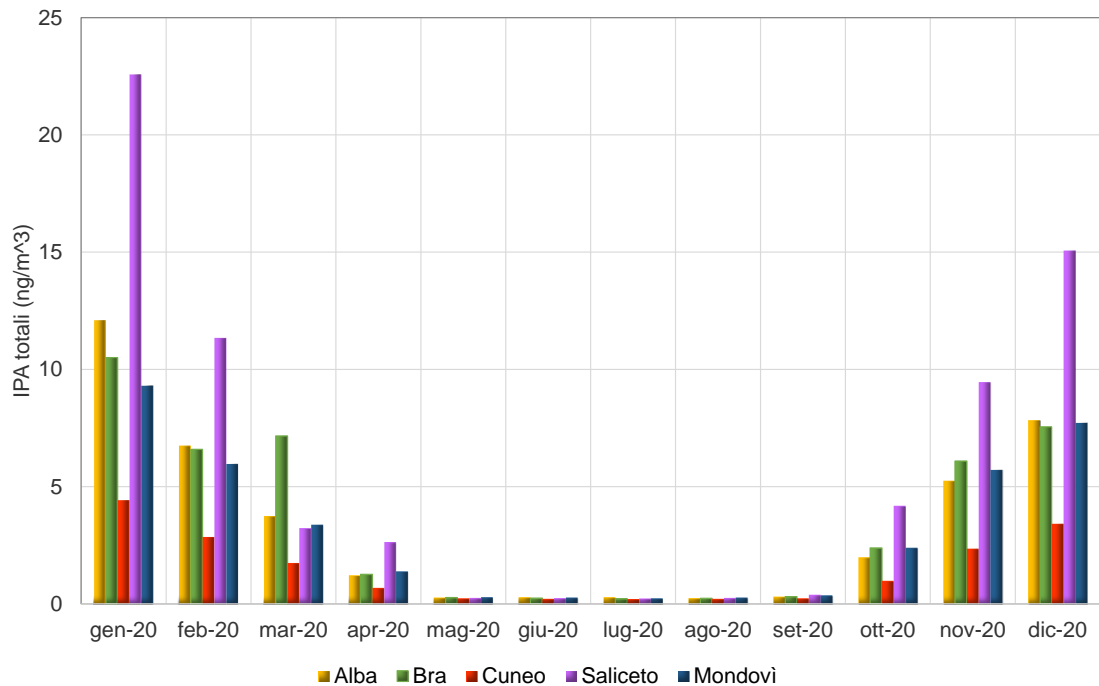


Figura 53) IPA totali: concentrazioni medie mensili dell'anno 2020.

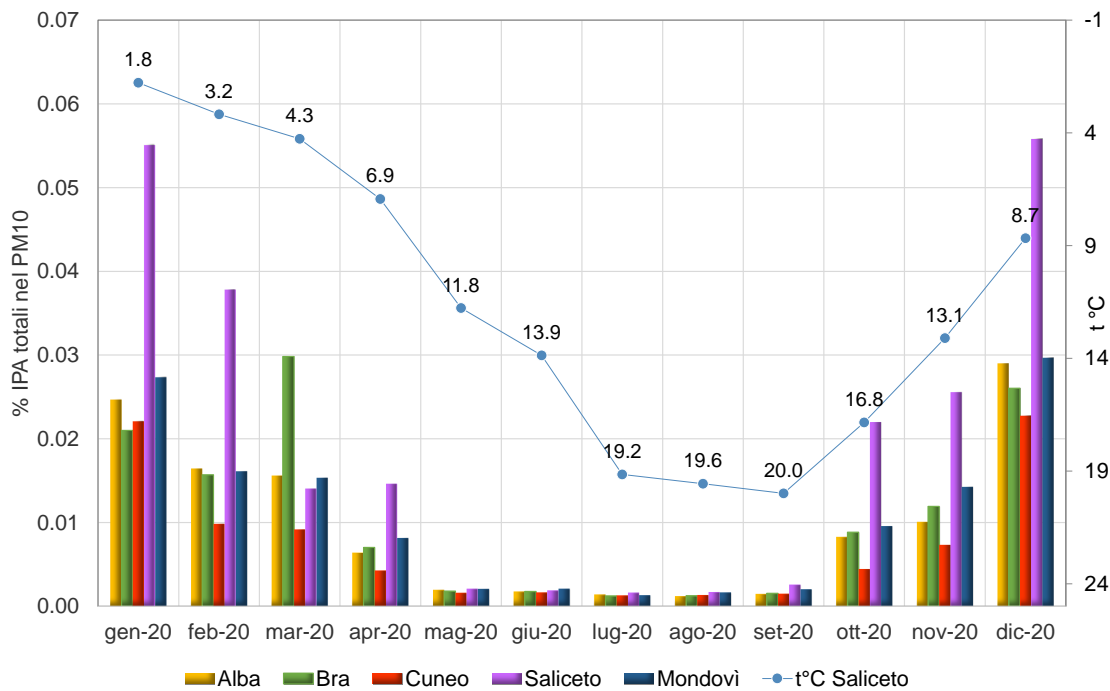


Figura 54) Percentuale IPA totali nel PM<sub>10</sub>: medie mensili dell'anno 2020. Medie mensili della temperatura misurata a Saliceto-Bergalli.

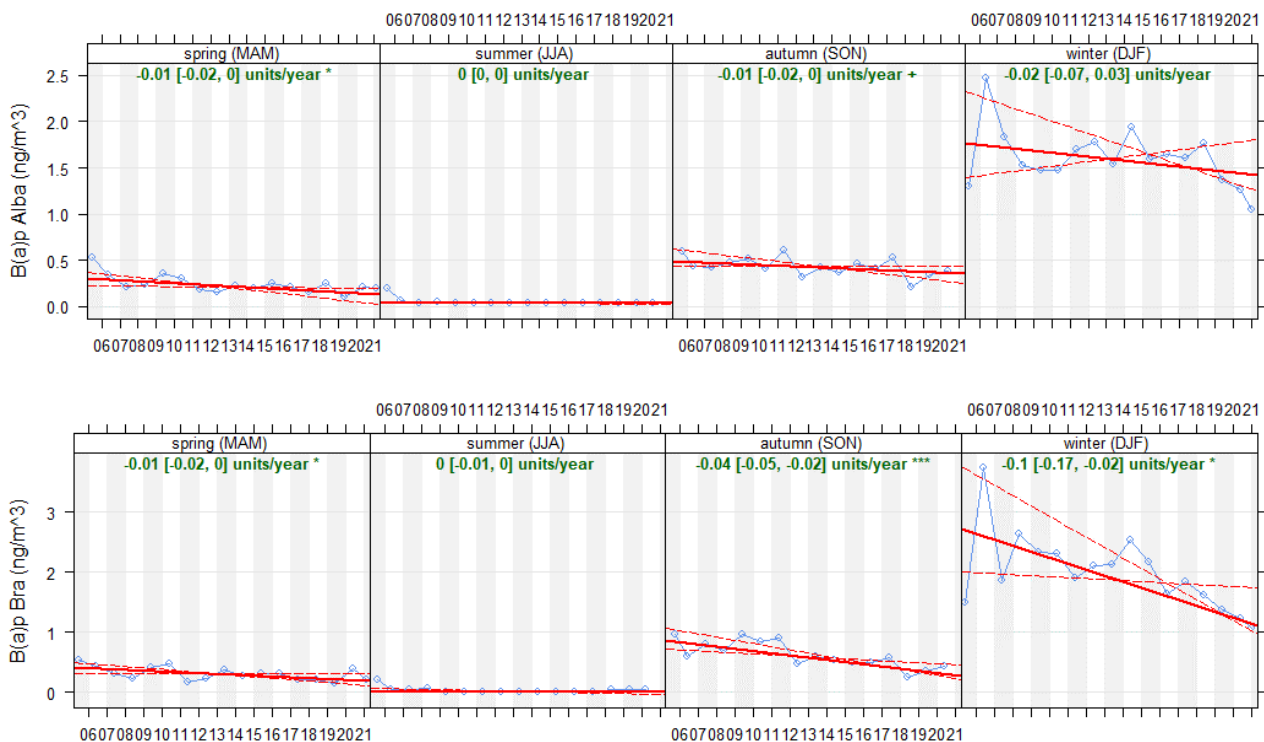
### Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Le concentrazioni mensili del benzo(a)pirene del periodo 2005÷2020 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>.

STAZIONE	Variazione annua (ng/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale (%/anno)	TREND B(a)p
ALBA	<b>-0.005</b> [-0.01, -0]	<b>-0.64</b> [-1.21, -0.24]	<b>Decrescente</b>
BRA	<b>-0.02</b> [-0.02, -0.01]	<b>-2.05</b> [-2.75, -1.32]	<b>Decrescente</b>
CUNEO	<b>-0.01</b> [-0.01, -0.01]	<b>-3.22</b> [-4.14, -2.21]	<b>Decrescente</b>
SALICETO	<b>-0.02</b> [-0.03, -0.01]	<b>-1.72</b> [-2.36, -1.05]	<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 considerando i dati fino a maggio 2021, comprendendo quindi nell'ultimo inverno, oltre al dicembre 2020, anche i dati gennaio e febbraio 2021 e come ultima primavera quella 2021. Come si può osservare dai grafici di figura 55, 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.



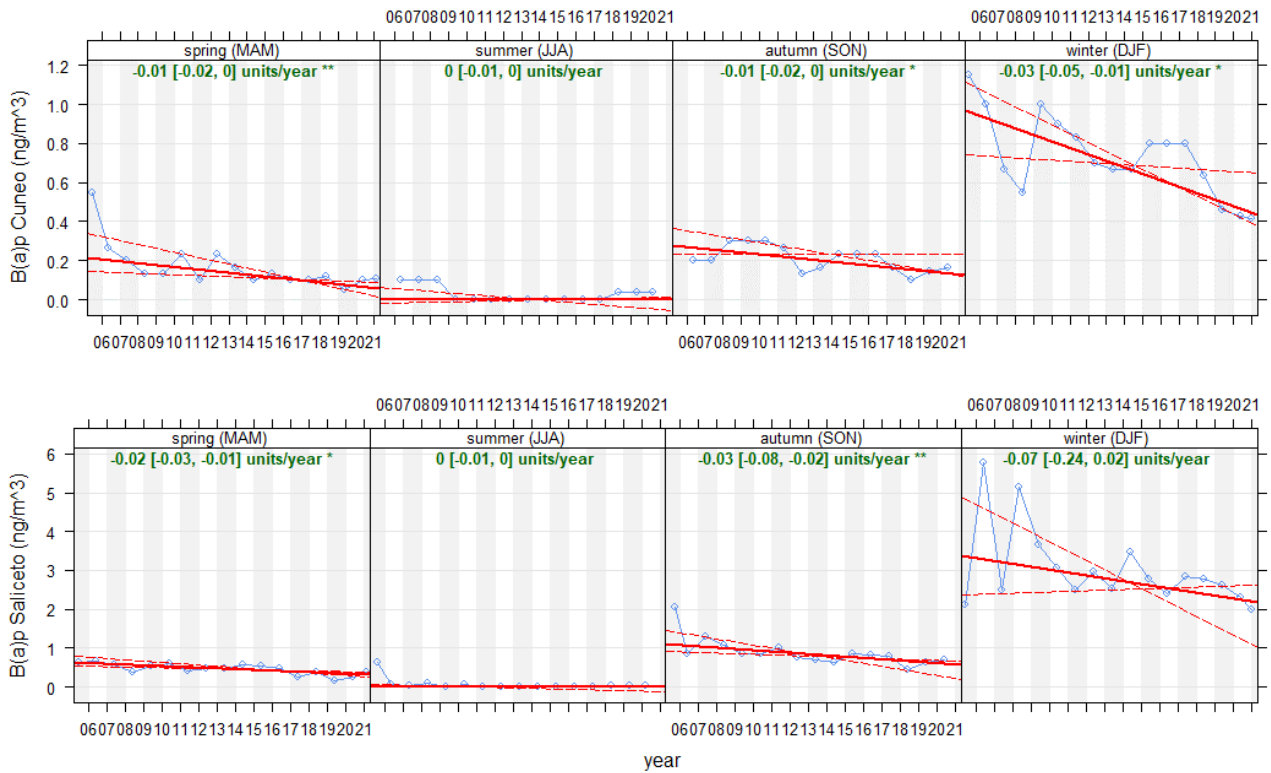


Figura 55) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di benzo(a)pirene (significatività statistica:
   
 “\*\*\*” =  $p < 0.001$ ; “\*\*” =  $p < 0.01$ ; “\*” =  $p < 0.05$ )



## Riepilogo confronti normativi - anno 2020

Nella tabella seguente sono riassunti i confronti dei dati misurati nell'anno 2020 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	2020: DATI RILEVATI					
			Alba	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO <sub>2</sub>	350 µg/m <sup>3</sup> media oraria	24 volte / anno civile	-	-	17 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	88 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	78 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	117 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	95 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	41 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	71 µg/m <sup>3</sup> max media oraria
	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	18 µg/m <sup>3</sup>	21 µg/m <sup>3</sup>	21 µg/m <sup>3</sup>	21 µg/m <sup>3</sup>	8 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	27 µg/m <sup>3</sup>	28 µg/m <sup>3</sup>	19 µg/m <sup>3</sup>	23 µg/m <sup>3</sup>	22 µg/m <sup>3</sup>	-
	50 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	35 volte / anno civile	44 superamenti	42 superamenti	9 superamenti	19 superamenti	17 superamenti	-
		Data del 36° superamento	-	-	-	-	-	-
PM <sub>2.5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	-	20 µg/m <sup>3</sup>	14 µg/m <sup>3</sup>	16 µg/m <sup>3</sup>	-	18 µg/m <sup>3</sup>
CO	10 mg/m <sup>3</sup> media mobile su 8 ore	-	-	-	1.1 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>	0.8 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)	30 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>	-	56 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>	-	9 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>	6 giorni con max media 8h>120 µg/m <sup>3</sup>
	180 µg/m <sup>3</sup> media oraria (soglia di informazione)	-	0 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)	-	0.5 ng/m <sup>3</sup>	0.5 ng/m <sup>3</sup>	0.2 ng/m <sup>3</sup>	0.4 ng/m <sup>3</sup>	0.9 ng/m <sup>3</sup>	-
Pb	0.5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0.003 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)	-	1.6 ng/m <sup>3</sup>	1.6 ng/m <sup>3</sup>	0.7 ng/m <sup>3</sup>	0.9 ng/m <sup>3</sup>	0.8 ng/m <sup>3</sup>	-

Tabella 12) Confronto con i limiti normativi per l'anno 2020

# Gli effetti del lockdown sulla qualità dell'aria della provincia di Cuneo nel periodo marzo 2020 ÷ agosto 2021

L'adozione delle misure di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19 ha causato una variazione delle attività antropiche improvvisa e, per alcuni settori, superiore a quanto sarebbe stato realizzabile in condizioni ordinarie. Questa situazione ha certamente determinato una riduzione delle emissioni degli inquinanti, in particolare quelle legate al traffico veicolare. Le principali conseguenze sulla qualità dell'aria riscontrate dalle stazioni della rete di monitoraggio presenti sul territorio della provincia di Cuneo sono analizzate in questo documento.

## ***Principali misure di contenimento dell'emergenza sanitaria (sintesi non esaustiva)***

In Piemonte l'attuazione delle limitazioni è iniziata con un primo provvedimento del 23 febbraio 2020, quando un'Ordinanza del Ministero della Salute di concerto con il Presidente della Regione Piemonte ha disposto la chiusura delle scuole, la sospensione di manifestazioni ed eventi. Le misure di contenimento sono diventate più restrittive con il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 marzo, che ha esteso all'intero territorio nazionale i provvedimenti di cui al DPCM 8 marzo 2020 previsti per la Lombardia, tra cui il divieto di spostamento, e con il DPCM dell'11 marzo 2020, che ha imposto ulteriori misure ed in particolare la chiusura di tutte le attività commerciali, di vendita al dettaglio, ad eccezione dei negozi di generi alimentari, di prima necessità, delle farmacie e delle parafarmacie. Le restrittive misure di contenimento, complessivamente disposte, sono rimaste in vigore fino all'inizio della cosiddetta "Fase 2", avvenuto il 4 maggio. Dal 3 giugno è tornato possibile lo spostamento tra Regioni e sono stati riaperti i confini nazionali agli altri Paesi UE.

Nell'autunno, a causa della recrudescenza del virus, sono state introdotte nuove misure. Nel territorio piemontese, dopo le diverse limitazioni (alla ristorazione, alla didattica in presenza, l'istituzione del coprifuoco dalle ore 23 alle 5 a partire dal 26 ottobre ...), le misure sono tornate ad essere più restrittive a seguito dell'Ordinanza del Ministro della Salute del 5 novembre 2020 che ha inserito il Piemonte tra le regioni dell'area a rischio di massima gravità. Le misure previste per la cosiddetta "zona rossa" sono state applicate dal 6 al 28 novembre 2020. Il Piemonte è rimasto poi in "zona arancione" fino al 12 dicembre 2020, per passare in "zona gialla" dal 13 dicembre. Il Decreto-Legge n. 172 del 18 dicembre 2020 ha successivamente individuato, per tutto il territorio nazionale, specifiche limitazioni mirate ad evitare assembramenti durante le festività natalizie. Nello specifico, nei giorni 28-29-30 dicembre 2020 e 4 gennaio 2021 sono state applicate le disposizioni valide per le "zone arancioni". Mentre nei giorni 24-25-26-27-31 dicembre 2020 e 1-2-3-5-6 gennaio 2021 sono state applicate le disposizioni valide per le "zone rosse". Il Piemonte è ancora stato "zona arancione" dal 17 gennaio, per tornare in "zona rossa" dal 15 marzo al 12 aprile (ad esclusione della provincia di Cuneo per la quale la "zona rossa" è stata prorogata fino al 16 aprile). Con ordinanza del 23 aprile il Piemonte è passato dalla "zona arancione" alla "zona gialla" e dal 14 giugno in "zona bianca".

## ***Principali effetti sulle attività***

Le analisi eseguite dall'IRES Piemonte (Relazione Annuale 2020/14) sui dati relativi alle circa 360.000 imprese e unità locali insediate sul territorio regionale, a cui corrispondono, tra dipendenti e indipendenti, 1.370.000 addetti, hanno individuato la fase compresa tra il 22 marzo e il 26 aprile come la più stringente, con il 53% degli addetti in sospensione tra il 22

<sup>14</sup> [https://www.ires.piemonte.it/relazione2020/01\\_Capitolo01\\_bozza03.pdf](https://www.ires.piemonte.it/relazione2020/01_Capitolo01_bozza03.pdf)

marzo e il 10 aprile e il 43% tra il 10 e il 26 aprile. A partire dal 26 aprile l'incidenza è drasticamente diminuita al 14% per la riapertura delle imprese industriali, con qualche ulteriore aggiustamento a partire dal 4 maggio. Nel complesso il periodo di lockdown esteso è durato quindi all'incirca un mese e la maggior parte delle attività economiche ha potuto riprendere le attività già dal 26 aprile.

I settori essenziali che hanno ridotto in maniera marginale le attività, o non le hanno interrotte affatto, sono state le industrie alimentari, le industrie chimiche e farmaceutiche, le public utilities (acqua, luce, gas, smaltimento rifiuti), la logistica, l'ICT, il settore bancario-assicurativo, le attività professionali, l'istruzione e la sanità private.

Nel mese compreso tra il 22 marzo e il 26 aprile sono rimaste invece ferme una parte consistente dell'industria metalmeccanica e di quella della gomma-plastica, l'edilizia (esclusi i lavori pubblici) e le attività immobiliari, le attività amministrative e i servizi di supporto. Il settore manifatturiero, che qualifica ancora l'economia piemontese e genera una parte rilevante delle consistenti esportazioni, ha dovuto rallentare o sospendere le attività per circa un mese. Invece, una parte non irrilevante degli addetti nel commercio al dettaglio (23%) era ancora inattiva al 4 maggio e ha potuto riprendere a lavorare solo il 18 maggio. Sono rimaste ferme per tutto il periodo di osservazione (e, di fatto, fino alla fine di maggio) le imprese della ristorazione e del settore turistico-alberghiero, le attività artistiche e di intrattenimento e le attività riconducibili alla cura della persona.

Per valutare come le variazioni delle attività possano aver influito sulla qualità dell'aria, occorre considerare che, tra gli inquinanti atmosferici tutt'ora problematici per la salute umana, gli ossidi di azoto, contrariamente ai PM10, rispondono più direttamente alle variazioni delle emissioni, delle quali il traffico veicolare è di gran lunga la fonte prevalente. I dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera<sup>15</sup>, rappresentati nel grafico di figura 1, attribuiscono infatti a tale macrosettore il 51% delle emissioni di ossidi di azoto della Regione Piemonte.

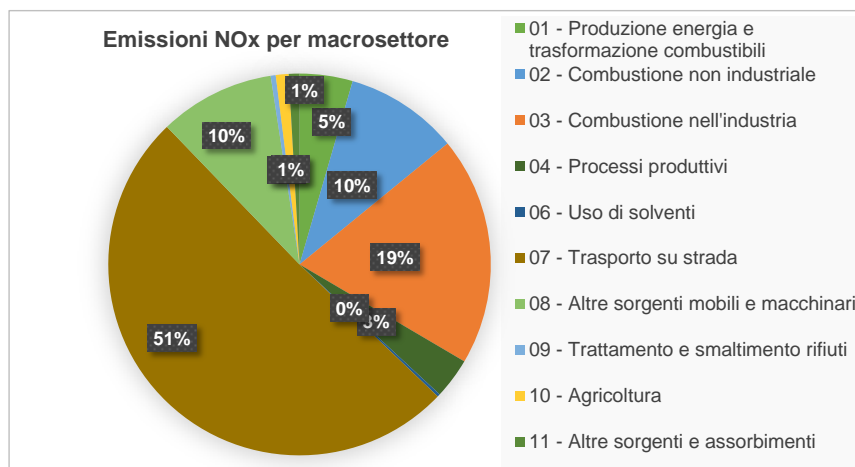


Figura 1) Emissioni percentuali di NOx per macrosettore (Fonte dati: Regione Piemonte - IREA 2015)

Una valutazione della riduzione dei volumi del traffico veicolare nel territorio provinciale dovuta alle restrizioni emergenziali è stata eseguita a partire dai dati, forniti dal Settore Viabilità della Provincia di Cuneo, relativi alle postazioni di censimento del traffico indicati in tabella.

<sup>15</sup> <https://servizi.regione.piemonte.it/catalogo/inventario-regionale-delle-emissioni-atmosfera-irea>

Cod Provincia	SP	Denominazione	km	Reparto	Cod 5T
11	21	Boves-Lo. Mellana	9+600	CUNEO	CN-01
15	564	S.Anna Avagnina	17+800	MONDOVI'	CN-02
20	661	Somm.B-Conf. Provincia	6+150	ALBA	CN-03
14	929	Alba-Loc. Mussotto	57+700	ALBA	CN-04
34	662	km 1,8 bv. Per Lagnasco	20+230	SALUZZO	CN-05
37	20	Mad.Olmo Ponte FFSS	70+700	CUNEO	CN-06
40	589	Busca	75+470	SALUZZO	CN-07
42	429	Ricca d'Alba	64+600	ALBA	CN-08
43	662	Marene	10+200	SALUZZO	CN-09
53	422	Cuneo Confreria	23+060	CUNEO	CN-11
54	428	Genola	2+450	SALUZZO	CN-12
55	21	Nuova Bovesana	0+230	CUNEO	CN-13
56	589	Saluzzo	57+750	SALUZZO	CN-14
57	20	Cavallermaggiore	37+700	SALUZZO	CN-15
58	12	Cherasco Lo. Moglia	1+740	ALBA	CN-16

Tabella 1) Elenco postazioni censimento del traffico (Fonte: Provincia di Cuneo – Settore Viabilità)

Per i mesi del periodo gennaio 2020 ÷ settembre 2021, le medie mensili del traffico giornaliero sono rappresentate nella figura 2.

Prendendo come riferimento pre-lockdown la media dei flussi dei mesi di gennaio e febbraio 2020, per ciascuna postazione è stata calcolata la variazione avvenuta in ciascun mese. Nella tabella 2 sono riportate la variazione media, minima e massima registrate dall'insieme delle postazioni provinciali per ogni mese (la scala di colore evidenzia con il rosso le variazioni più importanti, per passare attraverso il giallo ed arrivare al verde con le variazioni più limitate). Emergono, sia dal grafico che dai dati in tabella, il crollo dei flussi di traffico avvenuto a marzo 2020, il minimo raggiunto nel mese di aprile e le riduzioni degli ultimi due mesi del 2020 e di gennaio, marzo e aprile 2021. La riduzione del traffico dei mesi di agosto è invece sicuramente legata alle ferie estive.

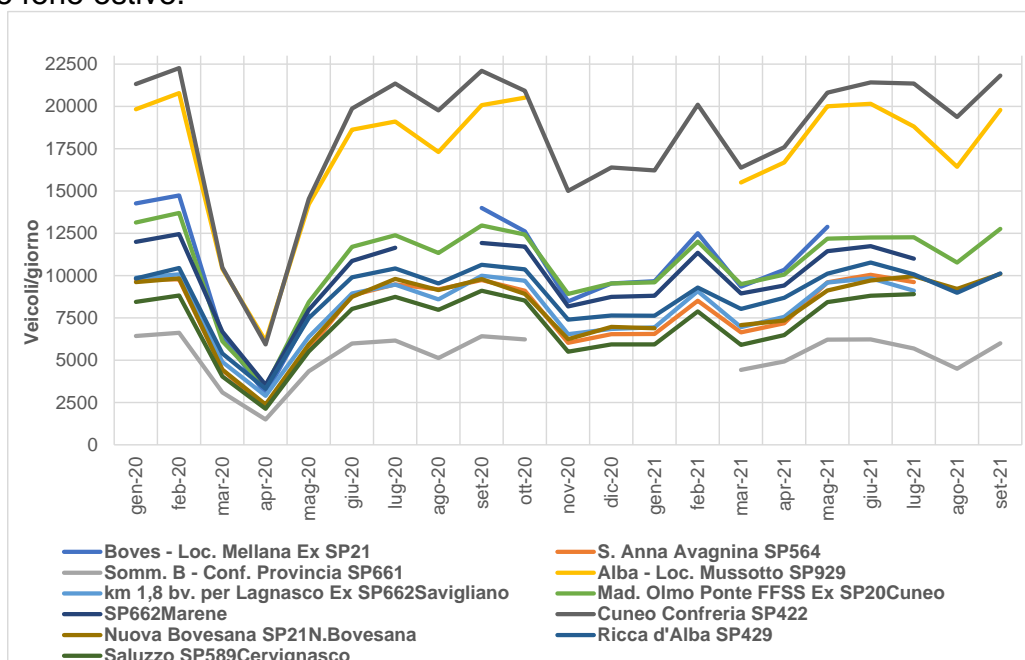


Figura 2) Medie mensili del traffico giornaliero nelle postazioni di censimento del traffico per il periodo gennaio 2020 ÷ settembre 2021 (Fonte dati: Provincia di Cuneo – Settore Viabilità)

	Variazione media	Range di variazione	
mar-20	-52%	-45%	-56%
apr-20	-74%	-67%	-79%
mag-20	-36%	-26%	-47%
giu-20	-9%	-2%	-13%
lug-20	-3%	3%	-8%
ago-20	-11%	-6%	-21%
set-20	0%	5%	-3%
ott-20	-4%	2%	-13%
nov-20	-35%	-27%	-42%
dic-20	-29%	-25%	-34%
gen-21	-29%	-25%	-33%
feb-21	-10%	-7%	-14%
mar-21	-29%	-21%	-35%
apr-21	-23%	-14%	-29%
mag-21	-5%	0%	-11%
giu-21	-1%	6%	-9%
lug-21	-4%	10%	-13%
ago-21	-16%	-5%	-31%
set-21	-3%	4%	-10%

Tabella 2) Media sulle postazioni di rilevamento della variazione del traffico giornaliero medio rispetto al periodo di riferimento (gen-feb '20) e range di variazione (Fonte dati: Provincia di Cuneo – Settore Viabilità).

Una fotografia della contrazione emissiva del comparto industriale piemontese, causata dal lockdown di marzo/aprile 2020, è presente nel report redatto dal Coordinamento Emissioni di Arpa Piemonte<sup>16</sup> dove sono riportate le analisi dei flussi di massa degli inquinanti emessi da alcuni impianti rappresentativi delle più significative attività produttive piemontesi.

Il mix di processi industriali scelto per tale studio rappresenta un potenziale emissivo in termini di ossidi di azoto pari al 15% delle emissioni industriali piemontesi, e al 6% delle emissioni complessive regionali di ossidi di azoto (dati IREA 2015).

L'analisi dell'andamento temporale delle emissioni in atmosfera monitorate in continuo nel periodo febbraio-giugno 2020 ha evidenziato una forte contrazione di alcune attività industriali presenti sul territorio piemontese, segnatamente quelle legate alle produzioni metalmeccanica, all'edilizia in generale, all'industria del cemento, del vetro e degli pneumatici. Tale contrazione produttiva trova diretto riscontro nella diminuzione emissiva attribuibile agli impianti termoelettrici a fonte fossile che alimentano massivamente la rete elettrica nazionale. L'esempio di Figura 3 rappresenta l'andamento dei flussi di massa di ossidi di azoto, emessi da 25 camini presi come riferimento, a partire dalla settimana 6 del 2020 (03-09/02/2020) alla settimana 26 (22-28/06/2020). All'inizio di maggio si è raggiunta la flessione massima delle emissioni industriali prese a riferimento, equivalente ad una riduzione del 45% rispetto al periodo pre-lockdown.

<sup>16</sup> Emissioni in atmosfera e lockdown. Analisi degli effetti delle limitazioni della fase 1 della pandemia da SARS-CoV-2 in Piemonte. Arpa Piemonte – Coordinamento Emissioni in Atmosfera

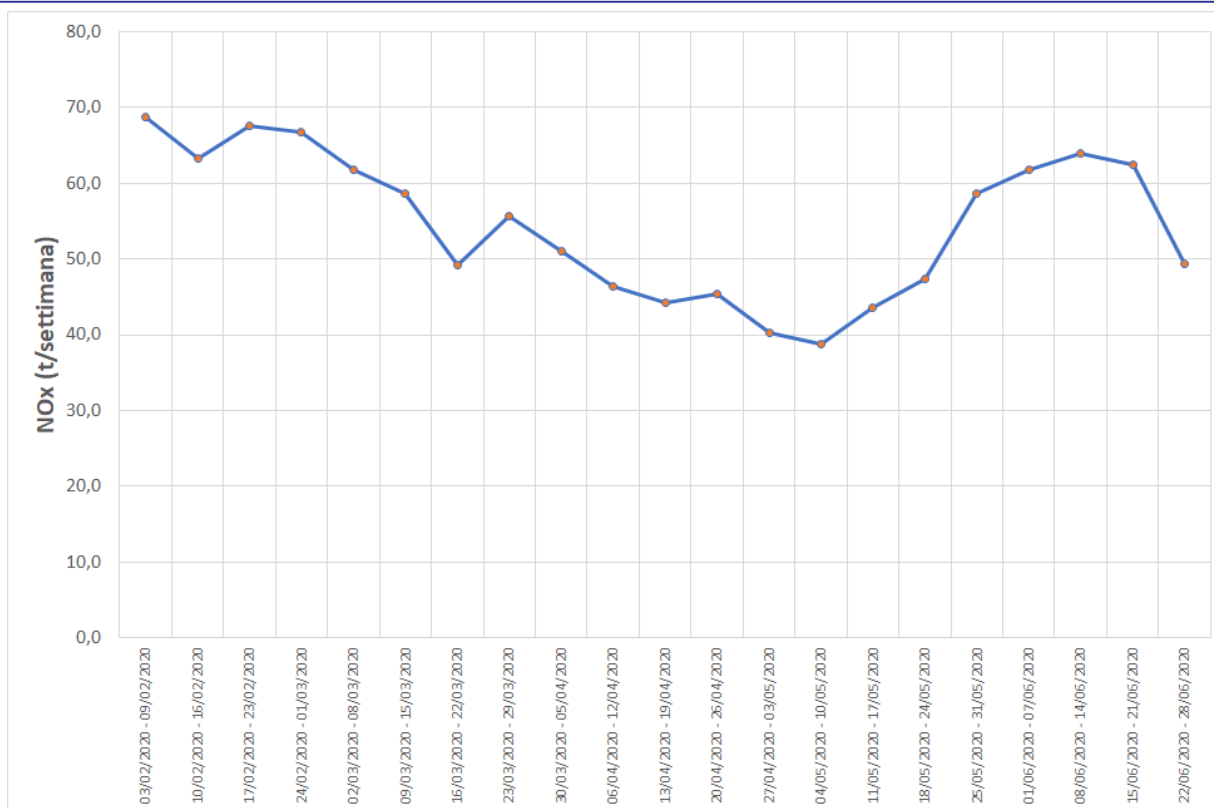


Figura 3) Andamento dei flussi di massa di ossidi di azoto da 25 camini dotati di SME visibile in remoto.

Per quanto riguarda le polveri sottili si deve considerare che, oltre ad avere dinamiche di formazione e dispersione molto più complesse degli altri inquinanti, durante il lockdown le emissioni della loro frazione primaria, se da una parte hanno avuto una riduzione dei contributi del trasporto stradale e delle industrie, dall'altra hanno avuto un effetto di aumento complessivo del contributo del riscaldamento, legato al maggiore fabbisogno energetico in ambito domestico (si veda lo studio di Arpa Piemonte del giugno 2020<sup>17</sup>). Il fatto che il riscaldamento (in particolare a biomassa) nei mesi freddi dell'anno rappresenti il contributo principale alle emissioni di particolato primario PM10, ha determinato una situazione praticamente invariata dal punto di vista emissivo fino alla prima metà di aprile 2020.

## ANALISI DEI DATI DI QUALITA' DELL'ARIA

Per valutare gli effetti che l'emergenza Covid-19 può aver determinato sull'inquinamento atmosferico, è importante considerare che di consueto non si ha una corrispondenza diretta tra le emissioni degli inquinanti e le loro concentrazioni in atmosfera, in quanto, nei processi di dispersione e trasformazione chimica di tali sostanze, intervengono le caratteristiche stagionali dell'atmosfera e le forzanti meteorologiche a grande scala e a scala locale. Le concentrazioni dei tipici inquinanti "invernali" (in particolare polveri sottili e ossidi di azoto) generalmente raggiungono i valori massimi nei mesi freddi dell'anno (quando la limitata radiazione solare e le basse temperature riducono al minimo la capacità dispersiva dell'atmosfera e favoriscono i processi di formazione della frazione secondaria delle polveri), per diminuire in modo progressivo nei mesi primaverili (quando il graduale aumento della radiazione solare e della temperatura determina la crescita dell'altezza dello strato di

<sup>17</sup> Analisi sul territorio piemontese degli effetti sulla qualità dell'aria e sulle emissioni in atmosfera dei provvedimenti legati all'emergenza COVID-19. Arpa Piemonte – Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali



atmosfera in cui gli inquinanti si diluiscono e, contemporaneamente, si riducono le emissioni provenienti dal riscaldamento degli ambienti).

Il blocco delle attività dovuto all'emergenza Covid-19 ha coinciso con il cambiamento della stagione, pertanto, per poter valutare le variazioni delle concentrazioni degli inquinanti che si sono verificate a seguito delle restrizioni, al netto degli effetti stagionali, è indispensabile fare un confronto con gli stessi periodi degli anni precedenti. Ed è importante prendere come riferimento più anni, anziché uno solo. A parità di stagione, infatti, le condizioni meteorologiche che si verificano e che hanno influenza sui livelli degli inquinanti, possono essere diverse da un anno all'altro; prendendo una finestra di quattro anni si ottiene una mediazione tra le possibili condizioni. Occorre inoltre considerare la possibilità che l'inquinante in analisi presenti un trend negli anni che dipende dal cambiamento del quadro emissivo. In questo caso considerare un numero di anni troppo elevato potrebbe portare a un valore di riferimento alterato e la variazione stimata potrebbe essere condizionata dal trend e non solo dal fattore in oggetto. Questa possibilità esiste in effetti anche prendendo in considerazione un quadriennio e, per questo motivo, l'analisi comprende anche i mesi di gennaio e febbraio 2020, non ancora influenzati dai provvedimenti Covid-19, per fornire un elemento di riscontro della coerenza tra il 2020 e gli anni precedenti. Per lo stesso motivo il confronto non viene eseguito solamente con il valor medio del periodo di riferimento, ma anche con l'intero range dei valori compreso tra il valore minimo e il massimo misurati nei diversi anni.

L'analisi si concentra su ossidi di azoto e polveri sottili perché, oltre all'ozono, che però è tipicamente estivo, sono gli inquinanti che presentano ancora problematiche nella nostra provincia come in tutto il bacino Padano, e per questo motivo sono monitorati in tutte le stazioni. Per altri inquinanti, come benzene, monossido di carbonio, biossido di zolfo è ancora in corso la misura in alcune stazioni, tuttavia le concentrazioni hanno ormai raggiunto livelli prossimi ai limiti di rilevabilità e proprio per questo motivo non sono emerse variazioni significative a seguito del lockdown.

Le differenze nell'origine e nella natura chimica degli inquinanti determinano differenze notevoli nei loro comportamenti in atmosfera. Gli ossidi di azoto, essendo prodotti direttamente dalle combustioni, subiscono l'influenza diretta delle sorgenti emissive, pertanto in ambito urbano le variazioni delle concentrazioni sono direttamente legate alle variazioni del traffico locale. Per le polveri sottili - PM10 - la situazione è più complessa: una parte è di origine primaria, emessa principalmente dal settore del riscaldamento civile (in particolare dalla combustione della biomassa legnosa), un'altra invece di natura secondaria, in larga parte prodotta dalla trasformazione di altre sostanze reattive, quali l'ammoniaca, gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili, emesse da molte fonti diverse. Inoltre, le polveri sottili hanno tempi lunghi di permanenza in atmosfera, cosa che permette loro di distribuirsi piuttosto uniformemente su vasta scala. Per questi motivi è corretto supporre che le limitazioni alle attività, entrate in vigore a seguito dell'emergenza coronavirus, abbiano determinato effetti diversi per i due inquinanti.

La valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria determinati dalle restrizioni introdotte per contenere la diffusione del SARS-CoV-2 è stata eseguita sui dati di tutto l'anno 2020 e su quelli misurati fino al 31 agosto 2021, va tenuto però in considerazione che i dati dell'anno in corso sono preliminari poiché non ancora sottoposti a validazione di 2° livello.

Le stazioni di fondo rurale, Saliceto e Revello-Staffarda, non hanno evidenziato variazioni significative per nessun inquinante della qualità dell'aria in quanto distanti da importanti sorgenti emissive e, pertanto, già normalmente sottoposte a livelli di inquinamento contenuti.



Le elaborazioni presentate nel seguito sono relative alle stazioni urbane della qualità dell'aria della provincia di Cuneo, ovvero quelle posizionate nelle città di Alba, Bra, Cuneo e Mondovì.

### **Andamento temporale delle concentrazioni**

Le serie temporali delle concentrazioni degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, dati dalla somma di NO e NO<sub>2</sub>) e delle polveri sottili (PM<sub>10</sub>) misurate dal 1° gennaio al 31 dicembre da ciascuna stazione della provincia sono riportate nelle figure delle pagine seguenti. Per poter permettere una migliore leggibilità dei grafici, a partire dalle concentrazioni giornaliere, sono state rappresentate le medie mobili calcolate su sette giorni.

In ognuno di questi grafici le concentrazioni del 2020 (in rosso) e del 2021 (in giallo) sono confrontate con i valori massimi, minimi (banda grigia del grafico) e medi (linea grigio scuro) misurati dalla medesima stazione negli anni presi come riferimento (2016-2019).

Gli andamenti evidenziano innanzitutto il comportamento stagionale degli inquinanti, ovvero come le concentrazioni generalmente diminuiscano in modo progressivo nel passaggio dall'inverno ai mesi estivi per crescere nuovamente nell'autunno.

Relativamente agli ossidi di azoto, i dati del 2020 di tutte le stazioni urbane della provincia mostrano una repentina riduzione delle concentrazioni a partire dalla seconda decade di marzo, con valori inferiori ai minimi del periodo di riferimento (banda grigia) per tutta la "Fase 1" dell'emergenza sanitaria, durata fino al 3 maggio, e concentrazioni inferiori ai valori medi del periodo di riferimento fino a inizio giugno.

Concentrazioni inferiori ai valori medi e, in taluni casi, inferiori anche ai valori minimi degli anni di riferimento, si riscontrano anche nell'autunno 2020 e nel periodo delle festività natalizie, interessati da nuove misure per il contenimento della pandemia. Riduzioni importanti rispetto al periodo di riferimento sono presenti inoltre nei dati del 2021, sebbene più limitate rispetto a quelle della Fase 1 del lockdown del 2020.

Per quanto riguarda le polveri sottili è in primo luogo necessario osservare nei grafici come, oltre all'andamento stagionale, emergano importanti oscillazioni delle concentrazioni nel corso dell'anno, dovute all'avvicinarsi di condizioni meteorologiche differenti: massimi di concentrazione generalmente corrispondenti a periodi di alta pressione persistente e minimi in corrispondenza di fenomeni di rimozione degli inquinanti (precipitazioni, vento). Essendo la meteorologia una forzante determinante per i livelli di concentrazioni delle polveri sottili, al fine di stimare l'impatto delle misure di contenimento sulle concentrazioni del PM<sub>10</sub>, si dovrebbero confrontare i dati misurati con quelli di un ipotetico scenario, caratterizzato dalla medesima meteorologia, ma senza restrizioni, ovvero in condizioni emissive "normali". Ciò si potrebbe realizzare con una valutazione modellistica di chimica e trasporto su larga scala spaziale molto complessa, che esula dai compiti della struttura scrivente, ma che è stata realizzata a livello di Bacino Padano nell'ambito del progetto Life PrepAir e dettagliata in un apposito report cui si rimanda<sup>18</sup>. Dal solo confronto delle serie temporali delle concentrazioni misurate non è possibile individuare scostamenti significativi rispetto agli anni precedenti attribuibili a variazioni delle emissioni conseguenti al lockdown.

Una situazione particolare si evidenzia per tutte le stazioni nel periodo compreso tra metà ottobre e fine novembre 2020, con concentrazioni elevate sia rispetto alle settimane precedenti che successive, ma essa è sicuramente da attribuire alle persistenti condizioni di stabilità anticiclonica e alle conseguenti rare precipitazioni che si sono verificate in tale periodo. Si sottolinea invece come il picco di concentrazioni rilevato da tutte le stazioni della provincia nei giorni intorno al 23-25 febbraio 2021 e ben visibile nei grafici, sia dovuto ad un fenomeno di trasporto di polvere e sabbia dal Sahara che ha interessato anche il Piemonte.

<sup>18</sup> <https://www.lifeprepare.eu/wp-content/uploads/2020/09/COVIDQA-Prepair-2-17Settembre2020.pdf>

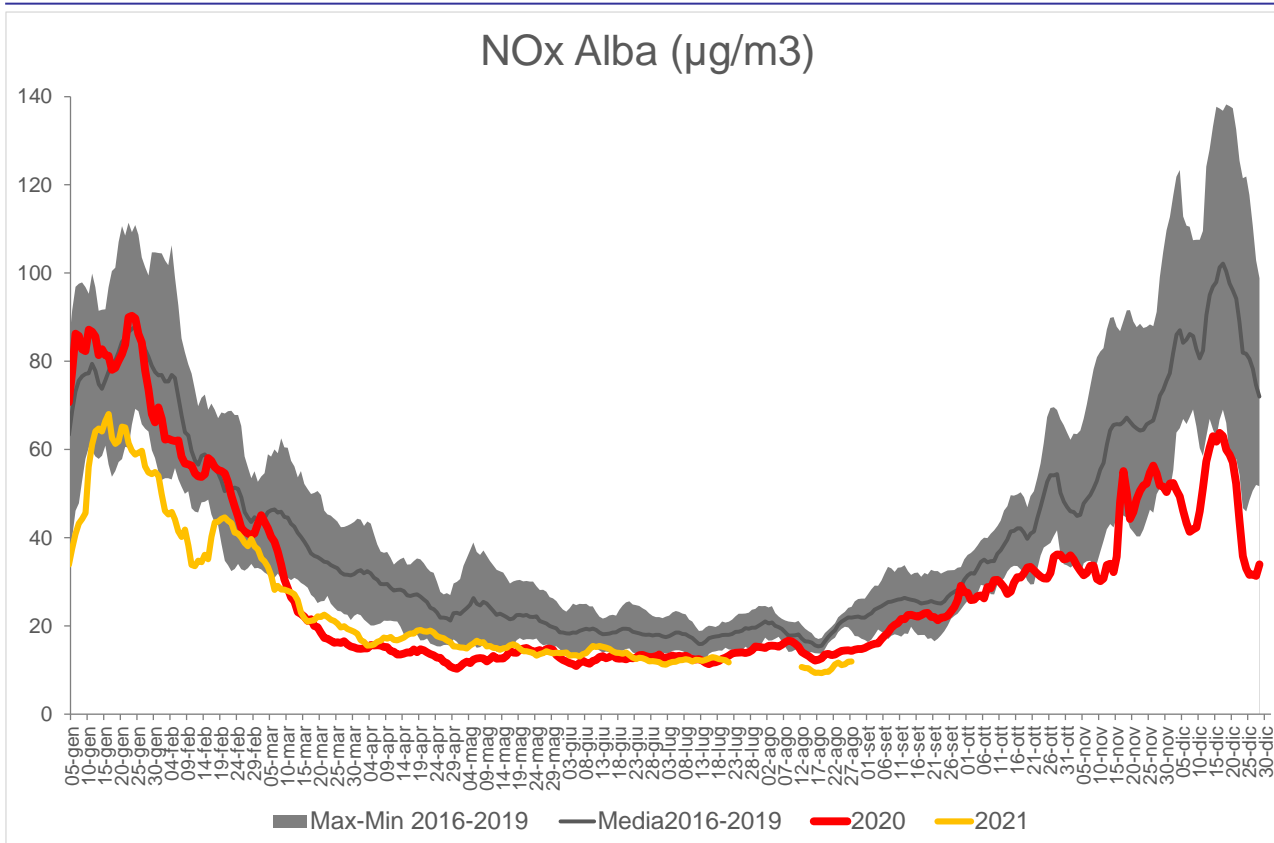


Figura 4) NOx Alba: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

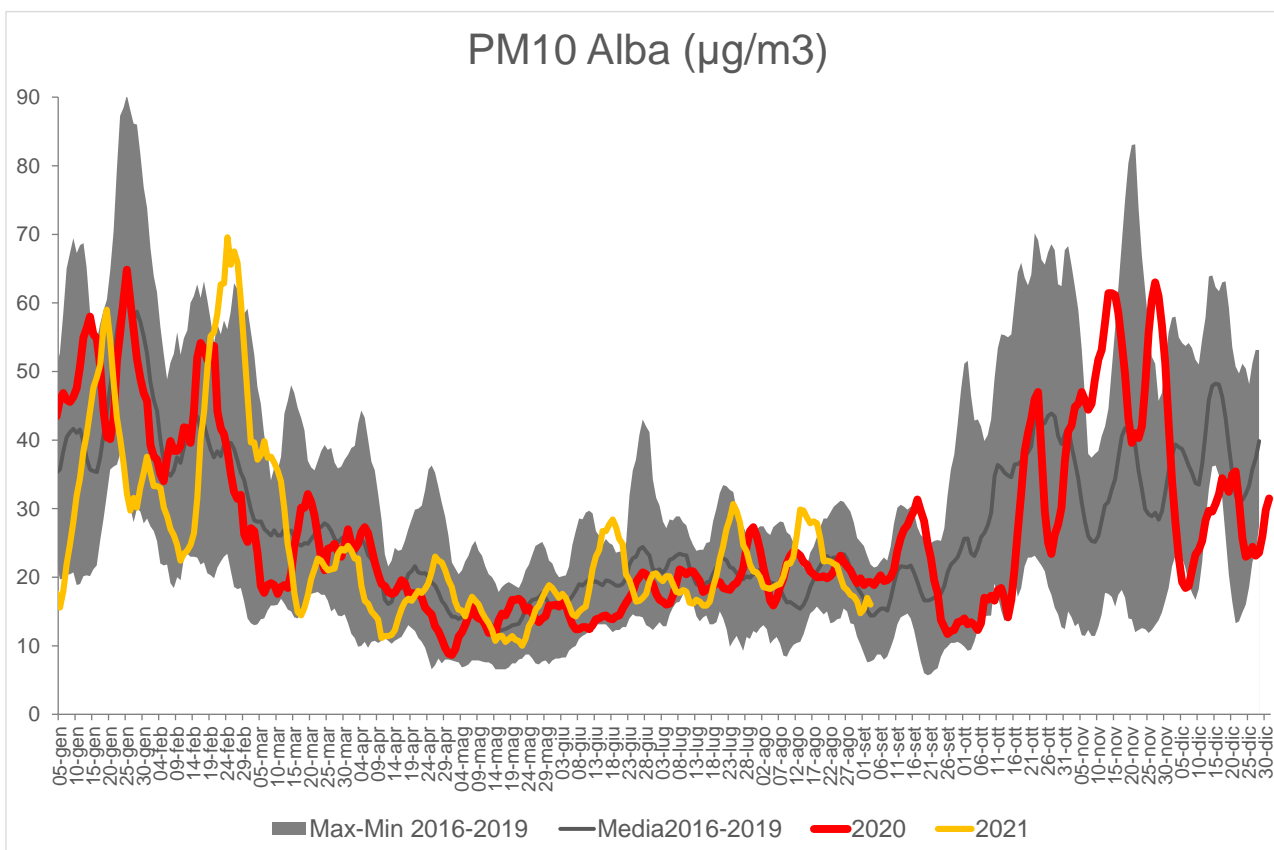


Figura 5) PM10 Alba: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

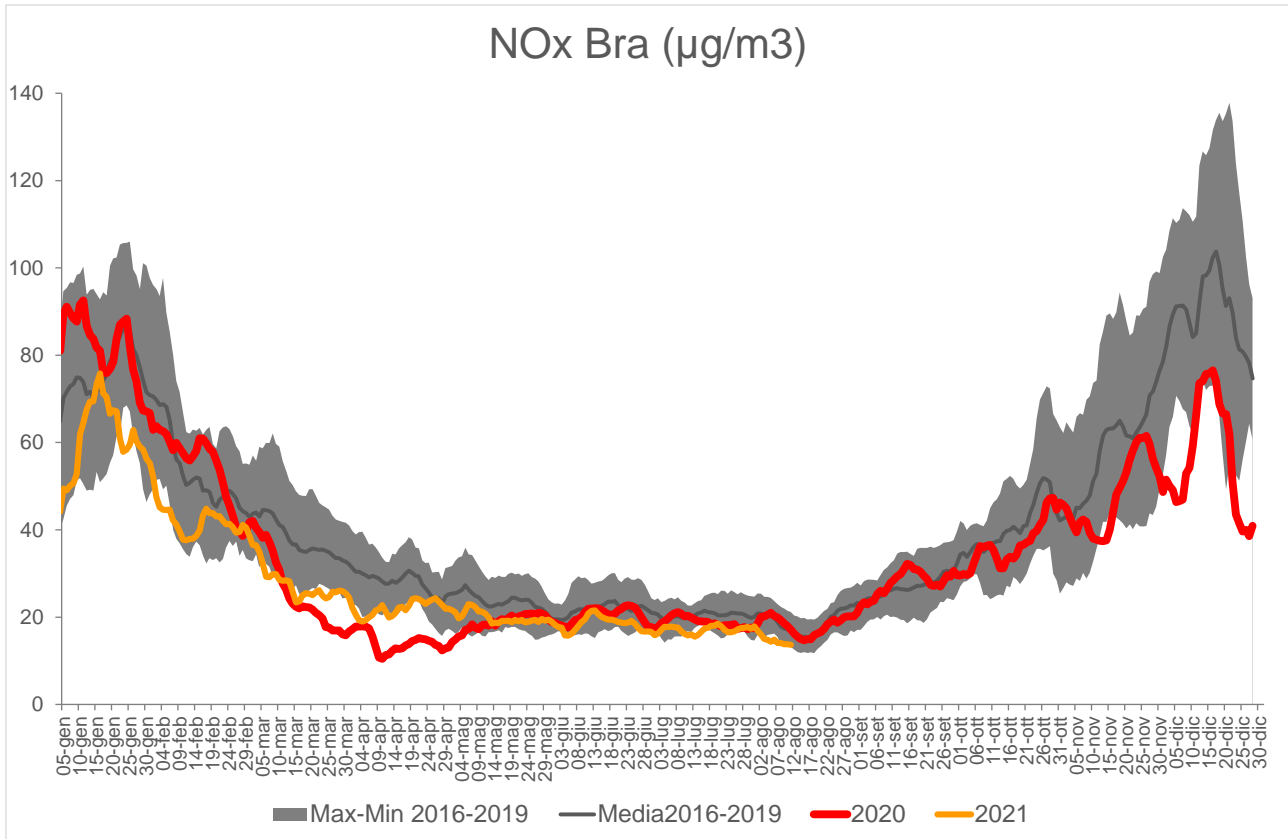


Figura 6) NOx Bra: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

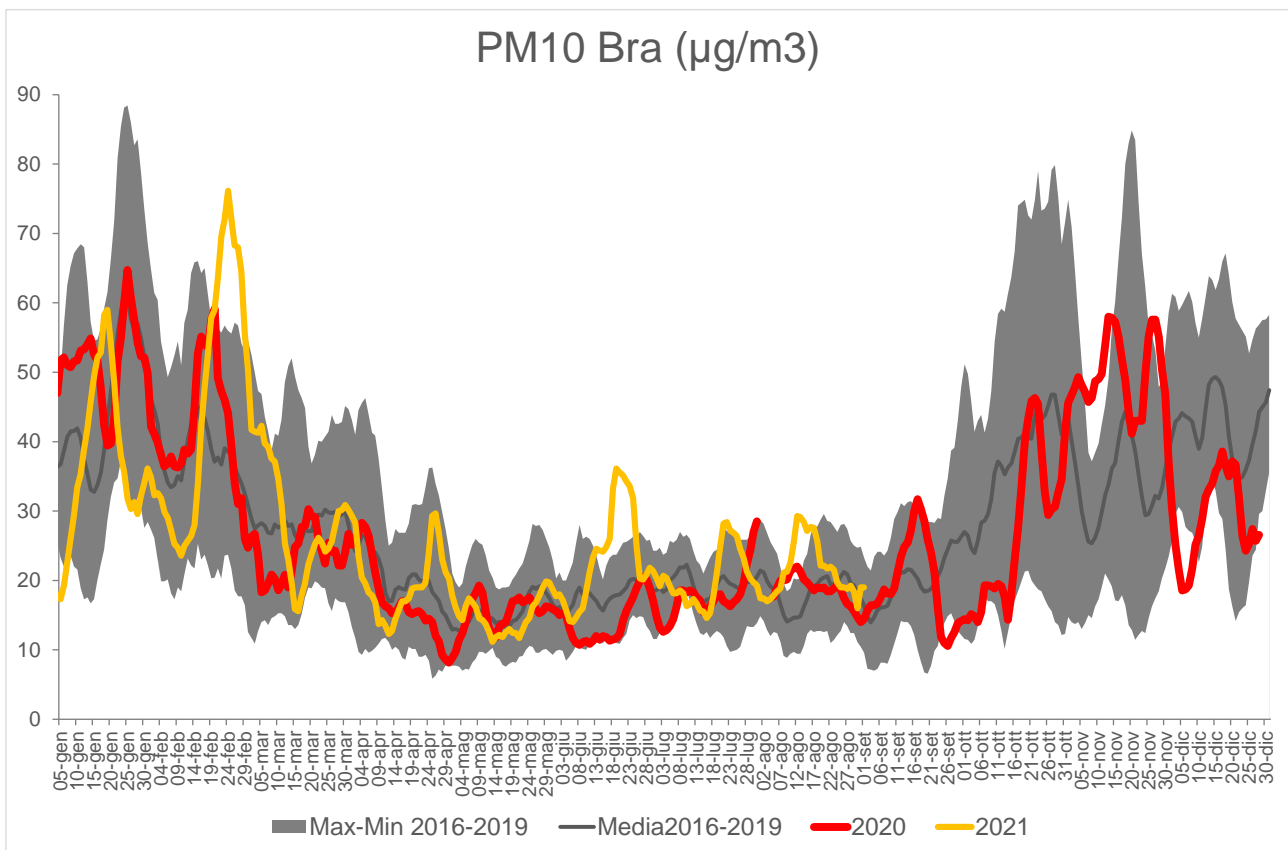


Figura 7) PM10 Bra: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

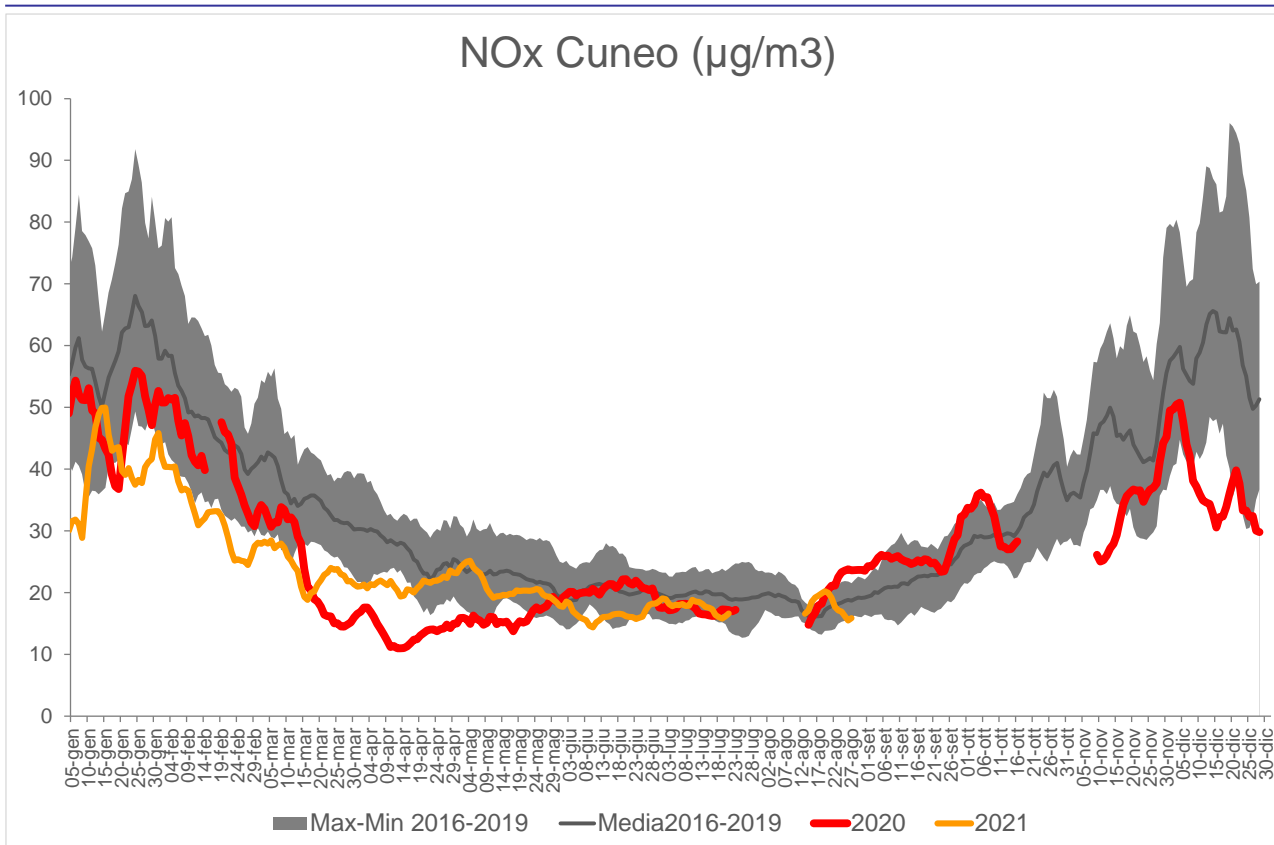


Figura 8) NOx Cuneo: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

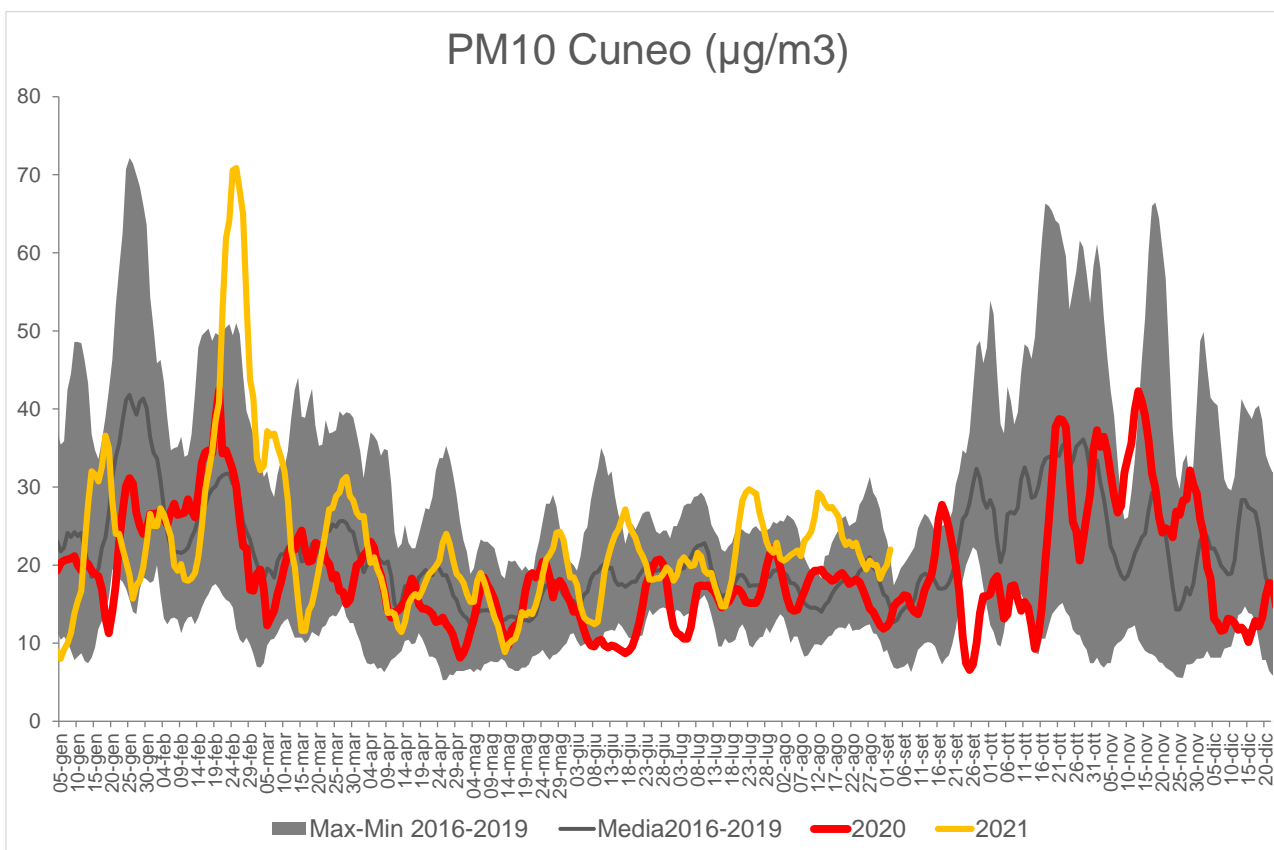


Figura 9) PM10 Cuneo: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

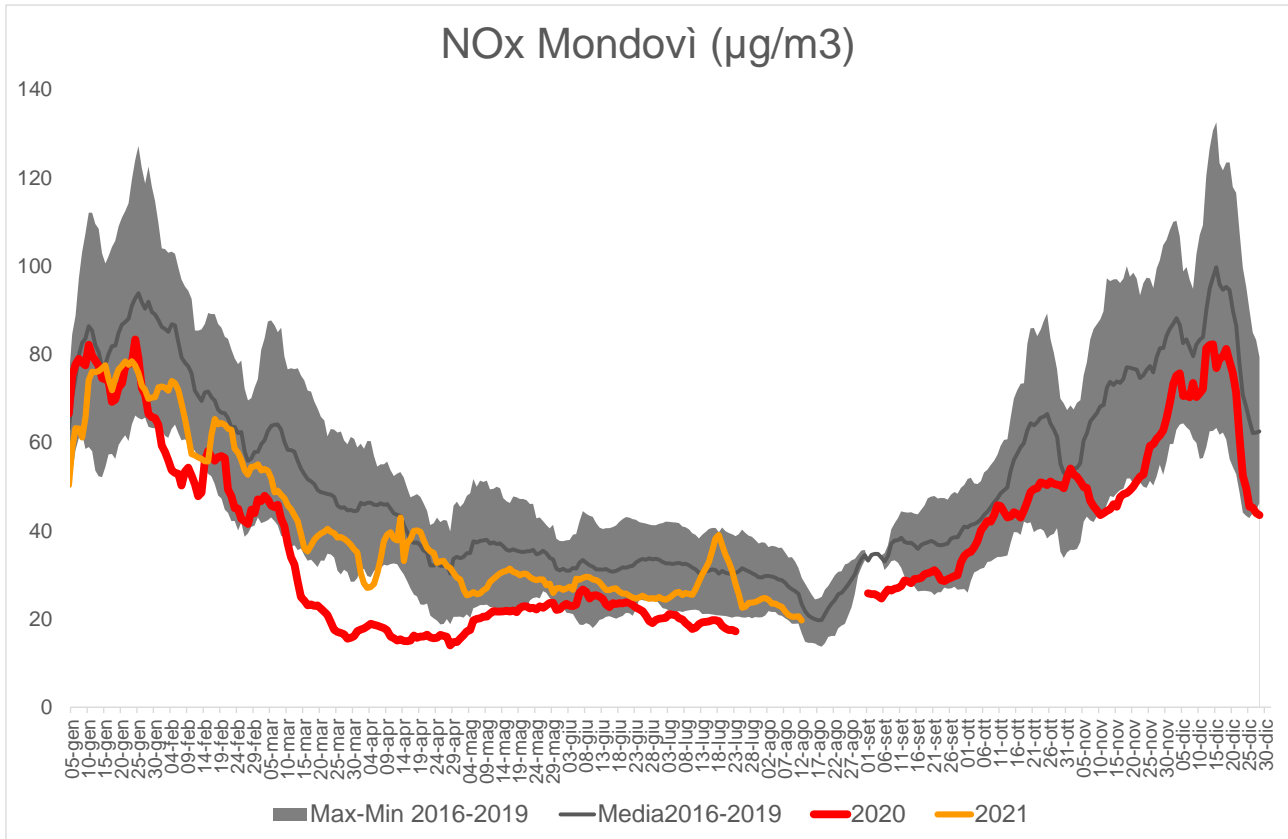


Figura 10) NOx Mondovì: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

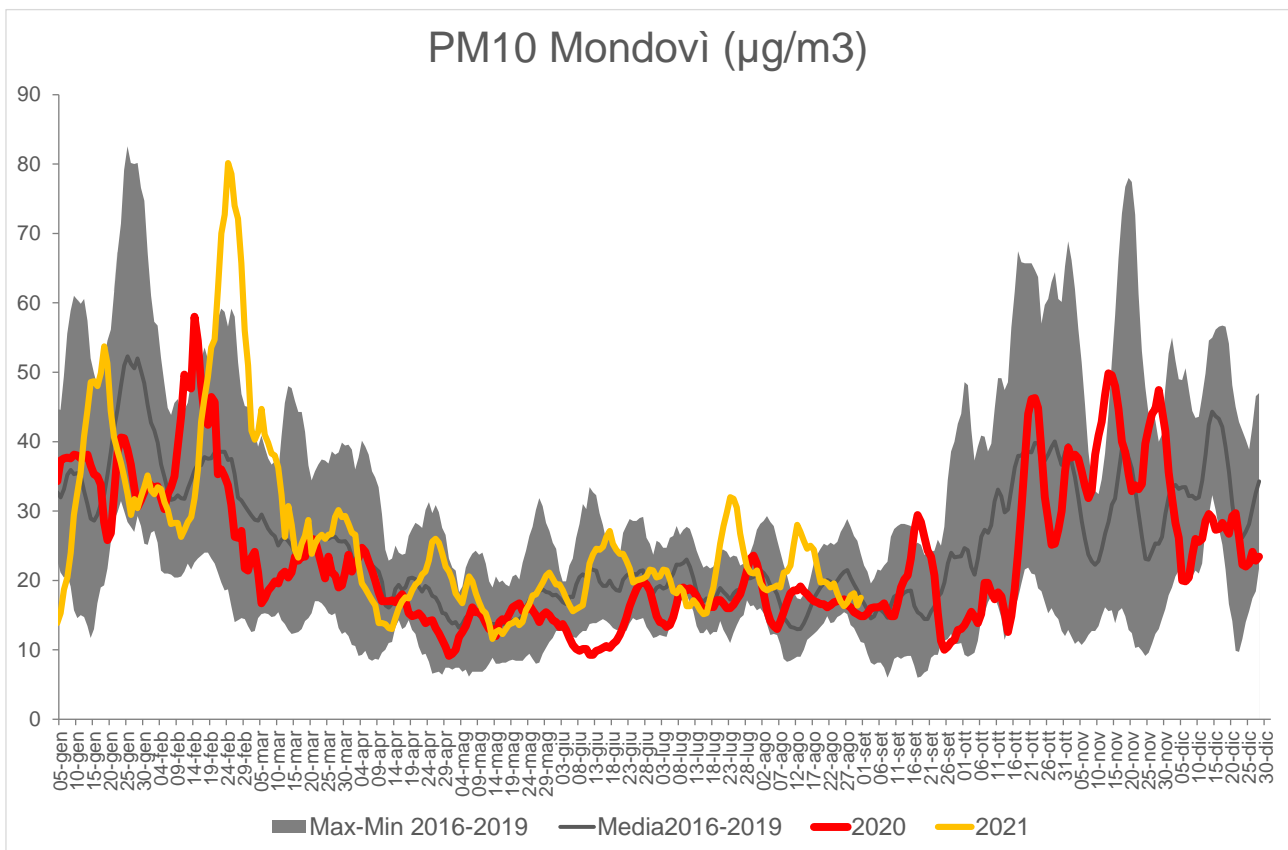


Figura 11) PM10 Mondovì: serie temporale delle medie mobili su 7 giorni delle concentrazioni giornaliere del 2020 e del 2021 confrontate con i dati del periodo di riferimento.

### **Dettaglio del periodo 1° gennaio ÷ 3 giugno 2020**

Per valutare più nel dettaglio le variazioni delle concentrazioni degli inquinanti che si sono verificate nel periodo con le maggiori restrizioni ed escludere la variabilità stagionale, sono stati analizzati i dati misurati dal 1° gennaio 2020 al 3 giugno 2020, suddividendoli nei seguenti intervalli temporali: 1° gennaio ÷ 13 marzo 2020, considerato come periodo “pre-lockdown” ovvero di normale attività antropica; 14 marzo ÷ 3 maggio 2020, periodo della più restrittiva “Fase1” del lockdown; 4 maggio ÷ 3 giugno, “Fase2”, meno restrittiva del lockdown.

Nelle figure 12 e 13 per ogni stazione i diversi boxplot<sup>19</sup> confrontano le concentrazioni misurate dal 1° gennaio al 13 marzo di ciascun anno compreso dal 2016 al 2020. L'analisi di tale periodo, non ancora influenzato dai provvedimenti per il Covid-19, permette di valutare la coerenza tra il 2020 e gli anni precedenti. In questa fase non si evidenziano differenze sostanziali tra il 2020 e gli anni precedenti per gli ossidi di azoto (figura 12), mentre le polveri sottili (figura 13) nel 2020 presentano una variabilità più ampia e concentrazioni anche più elevate rispetto ai due anni precedenti e più simile a quella del 2017.

I boxplot del periodo 14 marzo ÷ 3 maggio di ciascun anno sono confrontati, per ogni stazione, nelle figure 14 e 15. In tale periodo per gli ossidi di azoto è netta la differenza tra i dati registrati nel 2020 e nello stesso periodo degli anni precedenti. Per le polveri sottili, sebbene la mediana del periodo 2020 non mostri variazioni particolari rispetto agli anni di riferimento, si osserva come nel 2020 la variabilità dei dati sia più contenuta (scatola più stretta) e le concentrazioni più elevate siano a livelli inferiori (si consideri in particolare il 75° percentile) e confrontabili solamente con quelle del 2019, anno con una meteorologia particolarmente favorevole alla diluizione degli inquinanti.

Per l'ultimo periodo preso in esame, 4 maggio ÷ 3 giugno, occorre come prima cosa considerare come le concentrazioni in gioco siano ridotte rispetto ai mesi precedenti, a causa delle migliori condizioni dispersive della stagione. Nel confronto con gli anni 2016-2019 le concentrazioni degli NOx del 2020 si mantengono a livelli inferiori, nonostante la differenza sia ridotta rispetto alla Fase1. Per quanto riguarda le polveri sottili i dati del 2020 sono del tutto compatibili con i livelli degli anni precedenti, già contenuti a causa della stagione (figure 16-17).

---

<sup>19</sup> Il box plot sintetizza la posizione di tutti i dati considerati: la scatola (il rettangolo centrale) contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile<sup>19</sup>), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i “baffi”, delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) e sono indicati come pallini.

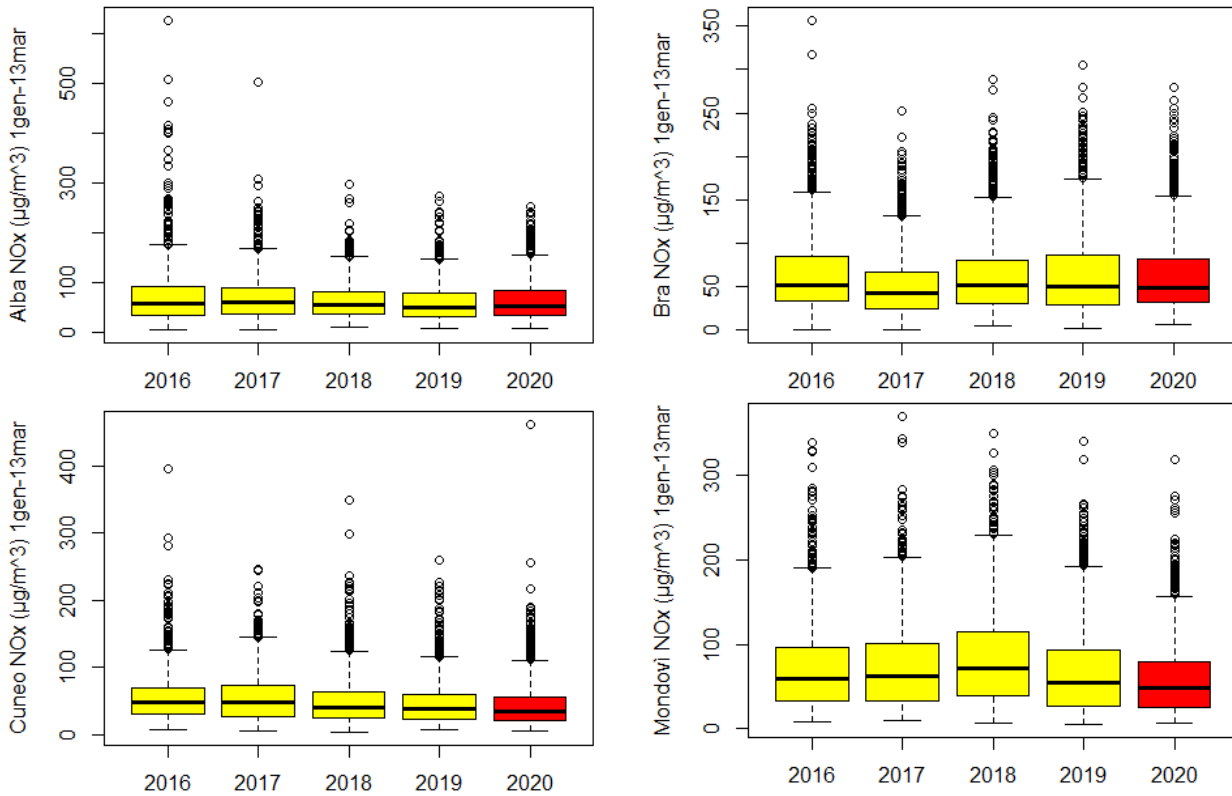


Figura 12) NOx: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie per il periodo compreso tra il 1° gennaio ed il 13 marzo di ciascun anno dal 2016 al 2020.

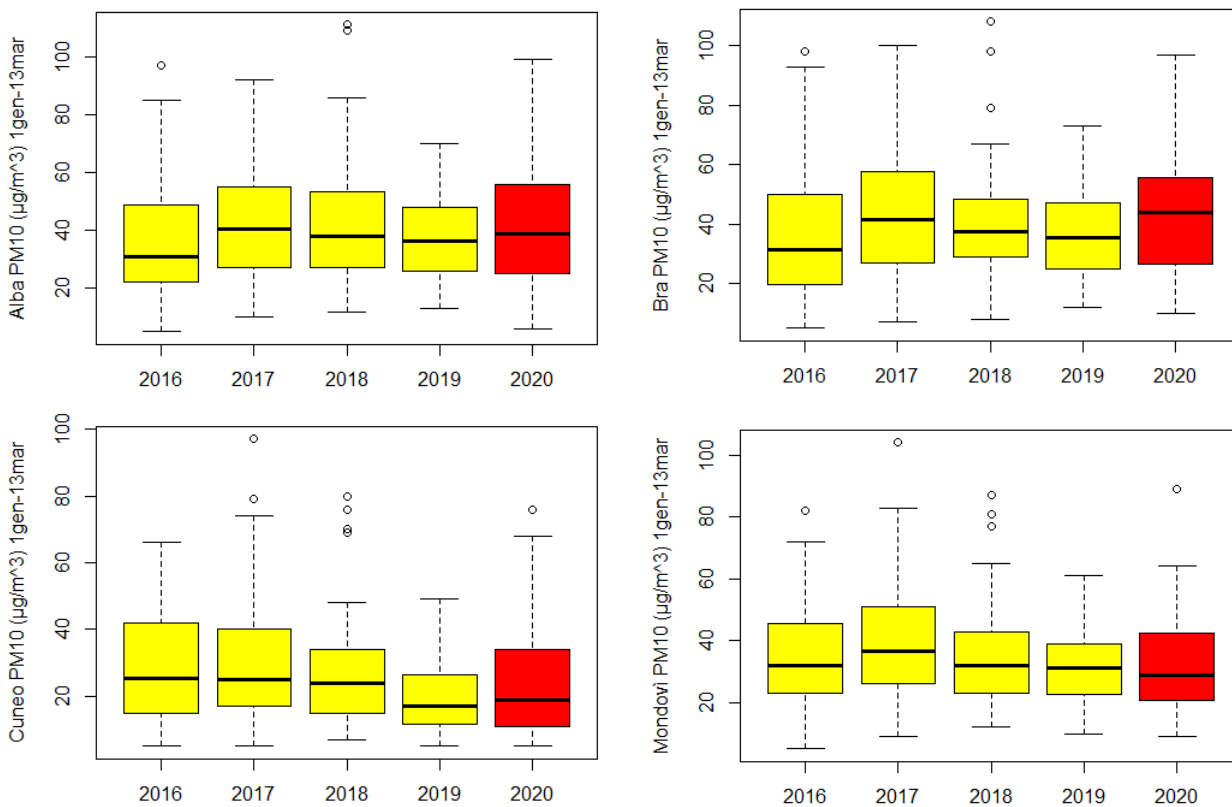


Figura 13) PM10: confronto dei boxplot delle concentrazioni giornaliere per il periodo compreso tra il 1° gennaio ed il 13 marzo di ciascun anno dal 2016 al 2020.



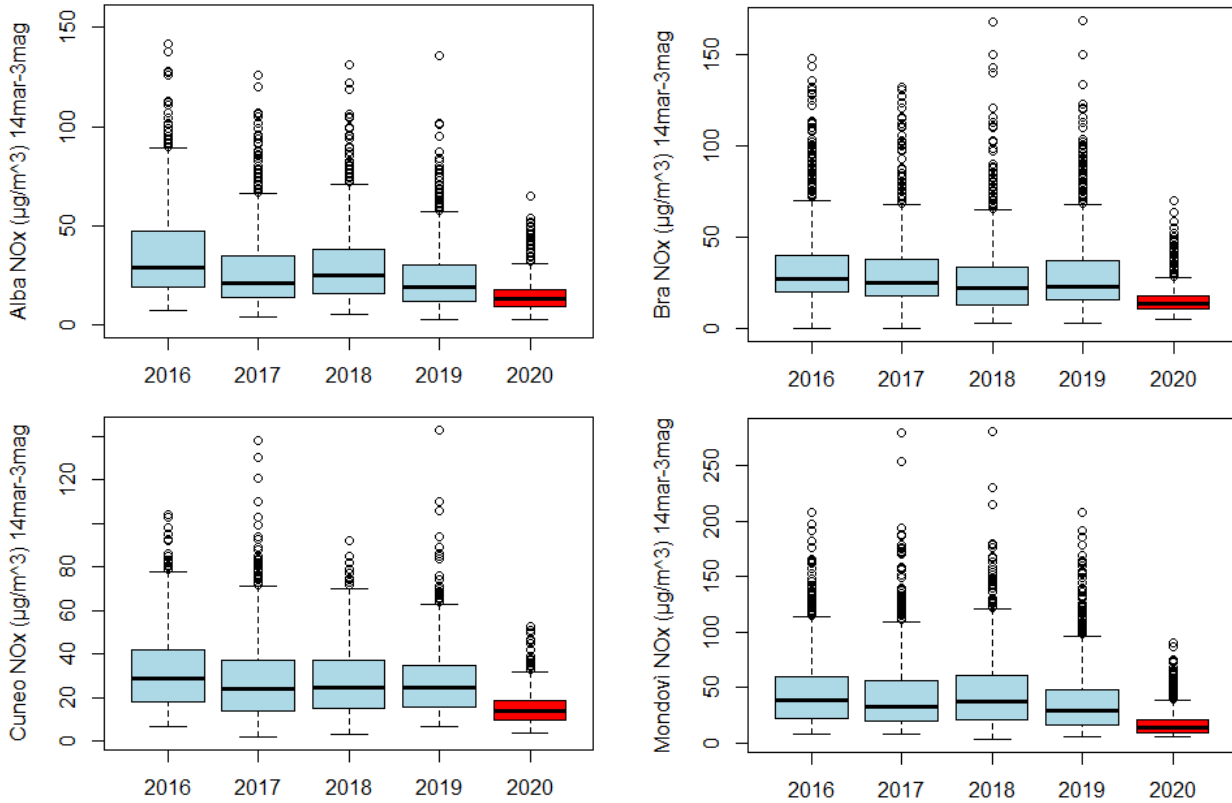


Figura 14) NOx: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie per il periodo compreso tra il 14 marzo ed il 3 maggio di ciascun anno dal 2016 al 2020.

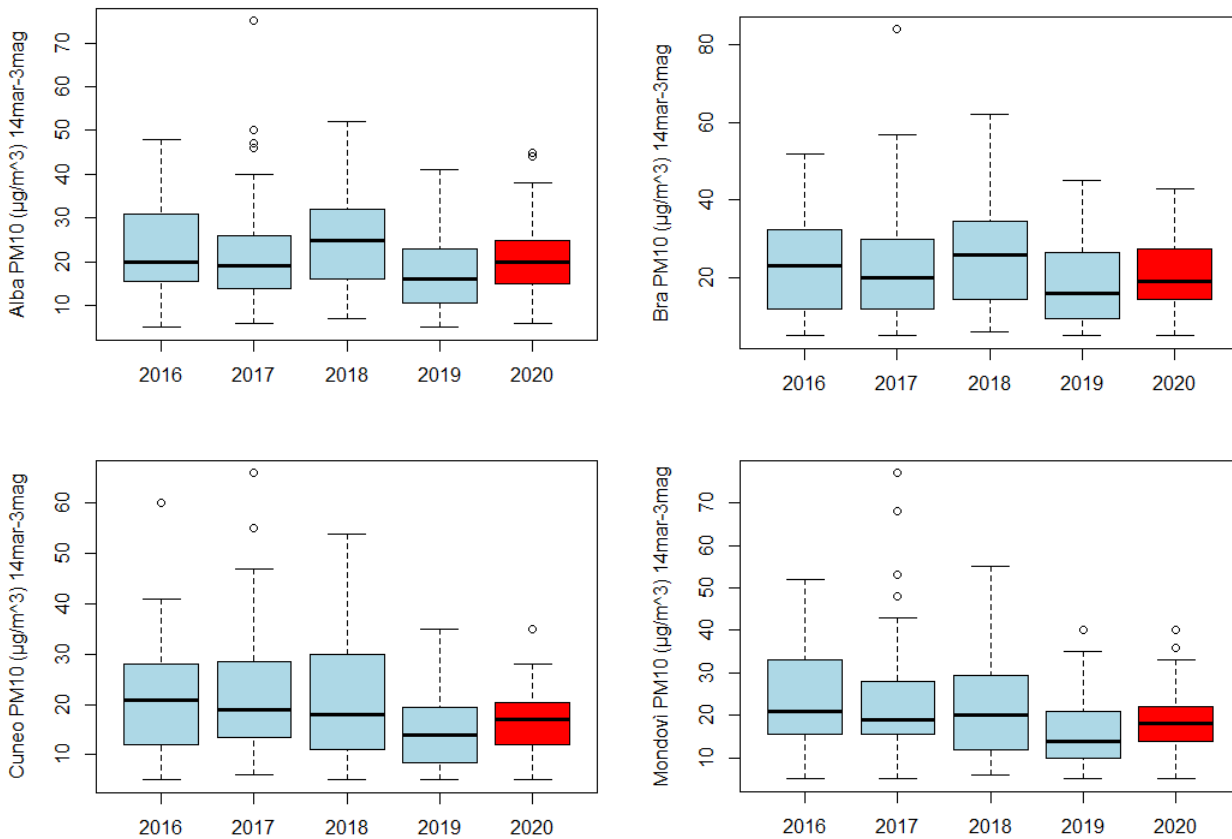


Figura 15) PM10: confronto dei boxplot delle concentrazioni giornaliere per il periodo compreso tra il 14 marzo ed il 3 maggio di ciascun anno dal 2016 al 2020.

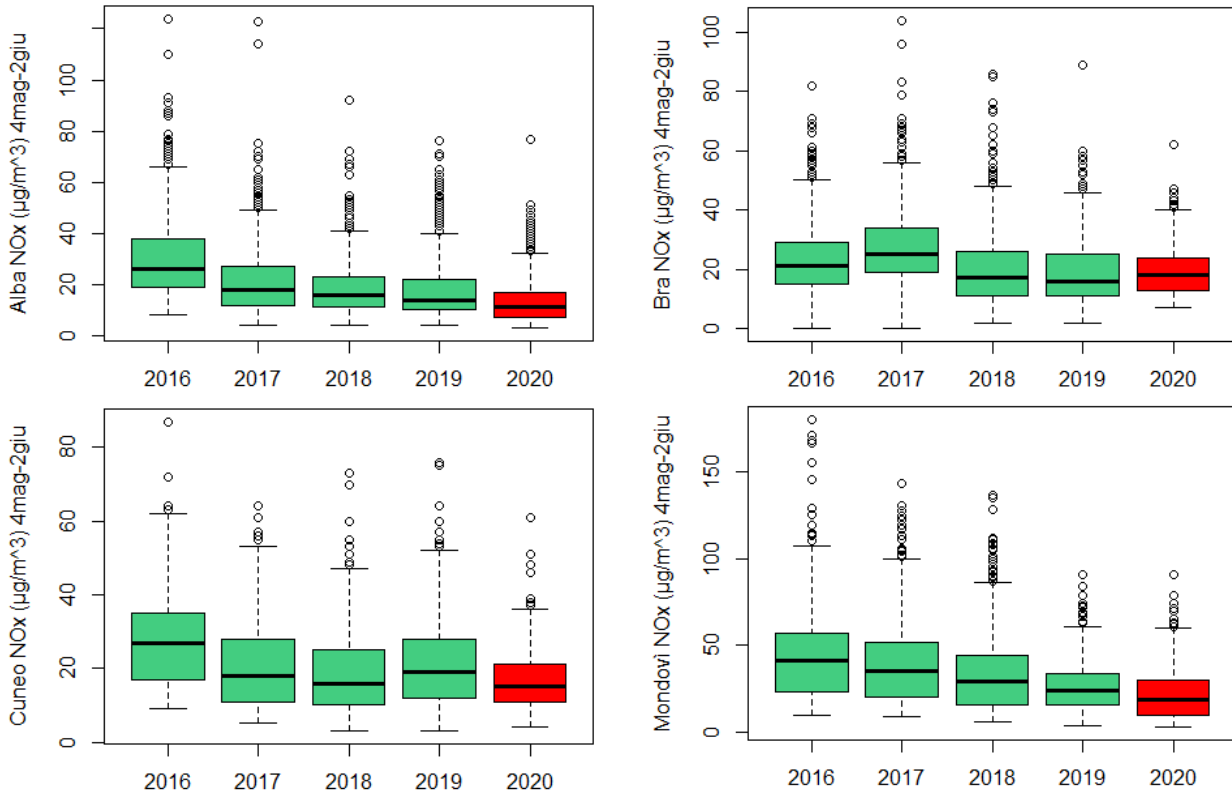


Figura 16) NOx: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie per il periodo compreso tra il 4 maggio ed il 3 giugno di ciascun anno dal 2016 al 2020.

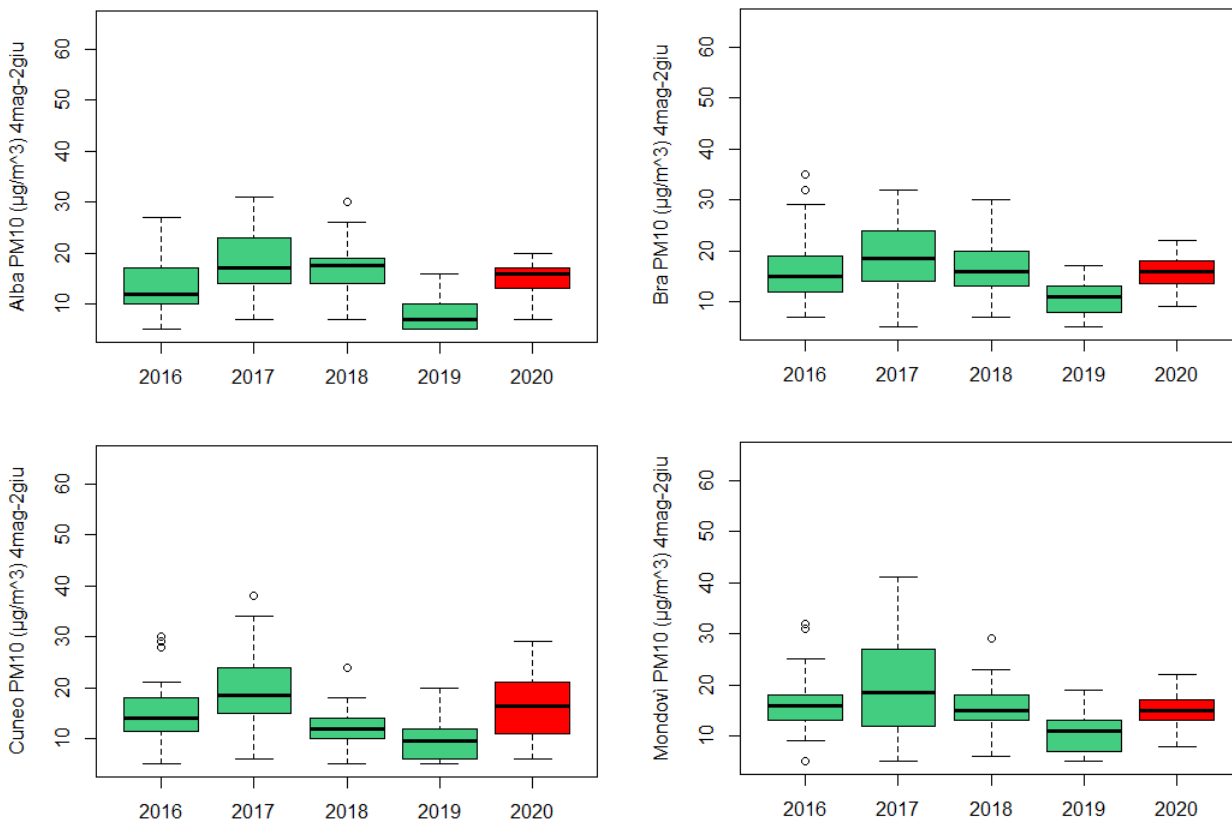


Figura 17) PM10: confronto dei boxplot delle concentrazioni giornaliere per il periodo compreso tra il 4 maggio ed il 3 giugno di ciascun anno dal 2016 al 2020.

Relativamente alla fase più restrittiva (14 marzo ÷ 3 maggio) nella tabella 3, per i due inquinanti e per ciascuna stazione, sono riportati i valori di media, mediana e 75° percentile del 2020 e degli anni di riferimento e la loro riduzione percentuale.

14 mar÷3 mag	Media			Mediana			75° percentile		
	2016÷2019 µg/m <sup>3</sup>	2020 µg/m <sup>3</sup>	Riduzione	2016÷2019 µg/m <sup>3</sup>	2020 µg/m <sup>3</sup>	Riduzione	2016÷2019 µg/m <sup>3</sup>	2020 µg/m <sup>3</sup>	Riduzione
Alba NO <sub>x</sub>	29	15	-49%	24	13	-45%	38	18	-52%
Alba PM <sub>10</sub>	22	21	-6%	20	20	0%	28	25	-11%
Bra NO <sub>x</sub>	30	16	-47%	24	14	-42%	37	18	-52%
Bra PM <sub>10</sub>	23	20	-12%	21	19	-11%	31	27	-12%
Cuneo NO <sub>x</sub>	29	17	-42%	26	15	-42%	39	20	-48%
Cuneo PM <sub>10</sub>	20	16	-18%	18	17	-6%	26	21	-22%
Mondovì NO <sub>x</sub>	43	17	-60%	34	14	-59%	56	21	-63%
Mondovì PM <sub>10</sub>	21	18	-14%	19	18	-3%	28	22	-21%

Tabella 3) NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub>: confronto tra media, mediana e 75° percentile del periodo 14 marzo ÷ 3 maggio del 2020 e degli anni di riferimento (2016 ÷ 2019), riduzione percentuale tra il periodo del 2020 e degli anni di riferimento.

I test statistici condotti confermano come le concentrazioni degli ossidi di azoto, misurate tra il 14 marzo ed il 3 maggio 2020 da ciascuna stazione urbana della provincia, siano significativamente inferiori ai valori minimi del corrispondente periodo 2016-2019. Per i PM10 invece solamente i dati delle stazioni di Cuneo e Mondovì sono significativamente inferiori ai valori medi del periodo di riferimento, per le altre stazioni urbane le differenze non sono statisticamente significative.

### Il rame presente nel PM10

Sebbene le riduzioni delle concentrazioni delle polveri sottili riscontrate nel periodo del lockdown siano limitate nei confronti con il periodo di riferimento, le concentrazioni mensili del rame (Cu), che vengono determinate sui filtri di PM10 delle stazioni di Bra e Mondovì, mostrano valori inferiori o prossimi ai valori minimi del periodo 2016-2019 (figura 18). La riduzione è particolarmente marcata per la stazione di Mondovì, che per la sua posizione a ridosso della strada statale 28 è fortemente condizionata dall'emissione dei veicoli che vi transitano. Il rame nella letteratura scientifica risulta essere uno dei metalli aerodispersi più strettamente legati al traffico veicolare ed in particolare all'usura dei freni.

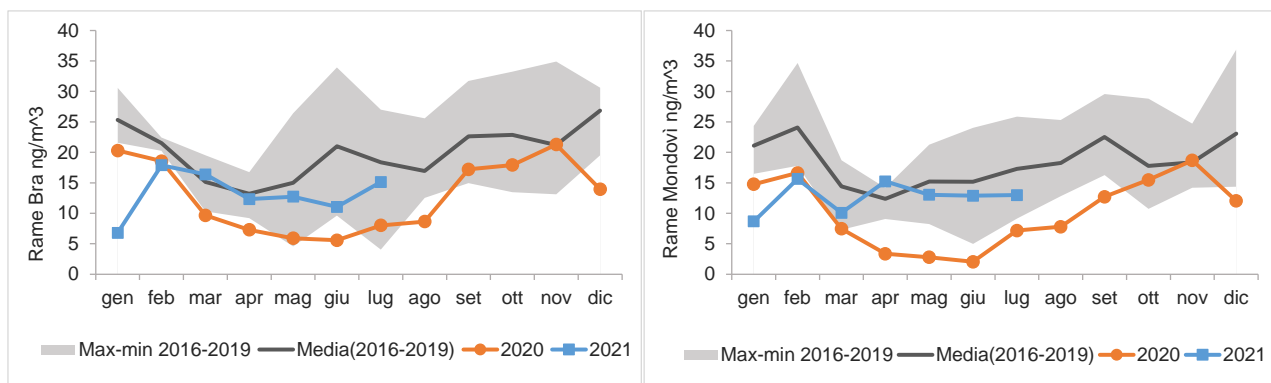


Figura 18) Rame: concentrazioni medie mensili di Bra e Mondovì nel 2020 e nei primi otto mesi del 2021 confrontate con la variabilità mensile dei dati degli anni 2016-2019.

### Analisi delle variazioni mensili degli ossidi di azoto

Nei grafici a boxplot delle figure seguenti, per ogni stazione di misura sono confrontate, mese per mese, le distribuzioni dei valori orari degli ossidi di azoto del 2020, dei primi otto mesi del 2021 e degli anni di riferimento (2016-2019). Nella tabella 4 sono riportate le riduzioni percentuali delle medie e delle mediane delle concentrazioni orarie di ciascuno dei mesi considerati. Le riduzioni più importanti sono state raggiunte nel mese di aprile 2020, quando le concentrazioni registrate dalle stazioni urbane sono diminuite del 47-58% rispetto al periodo di riferimento.

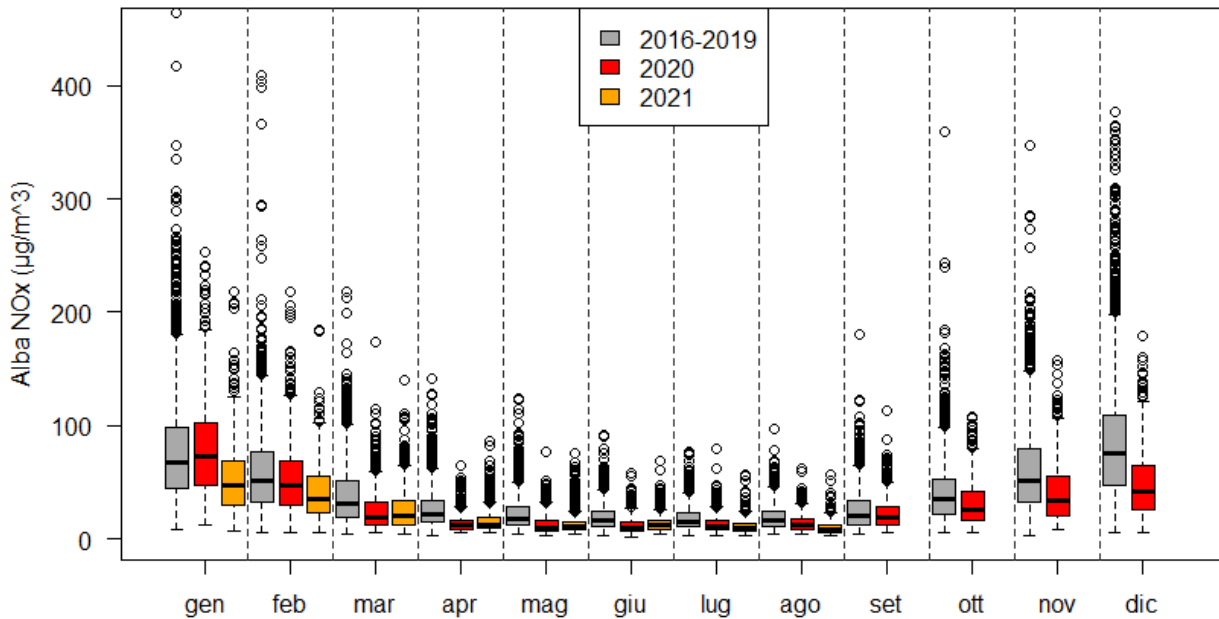


Figura 19) NOx Alba: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie su base mensile per il periodo di riferimento (2016-2019), il 2020 ed i primi otto mesi del 2021

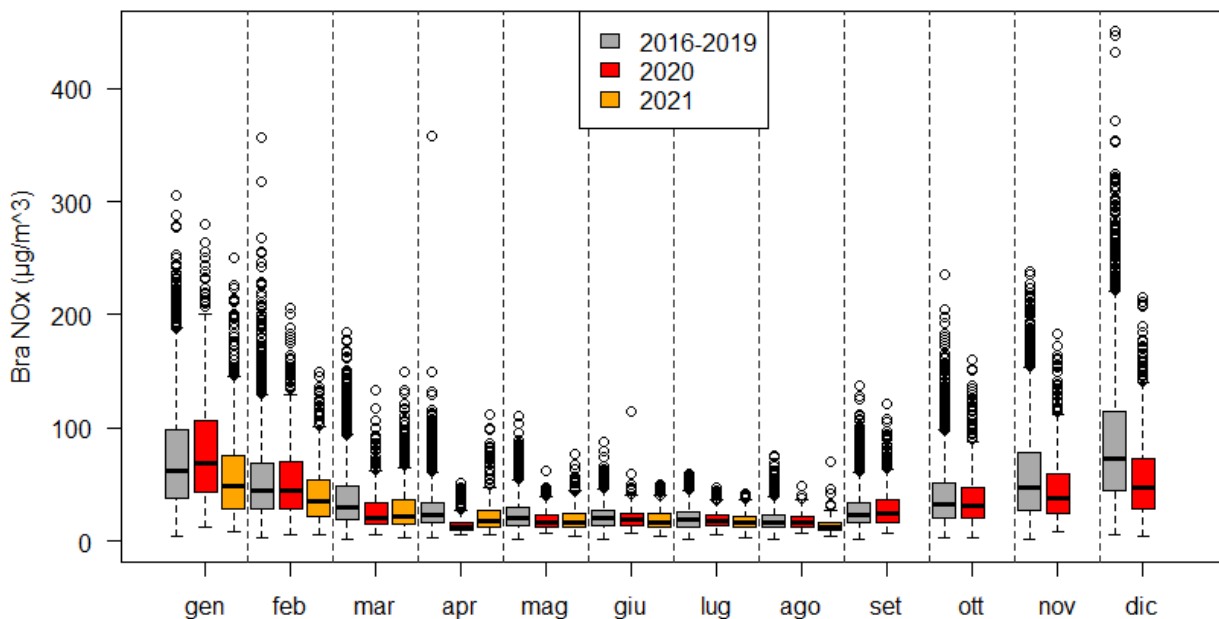


Figura 20) NOx Bra: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie su base mensile per il periodo di riferimento (2016-2019), il 2020 ed i primi otto mesi del 2021

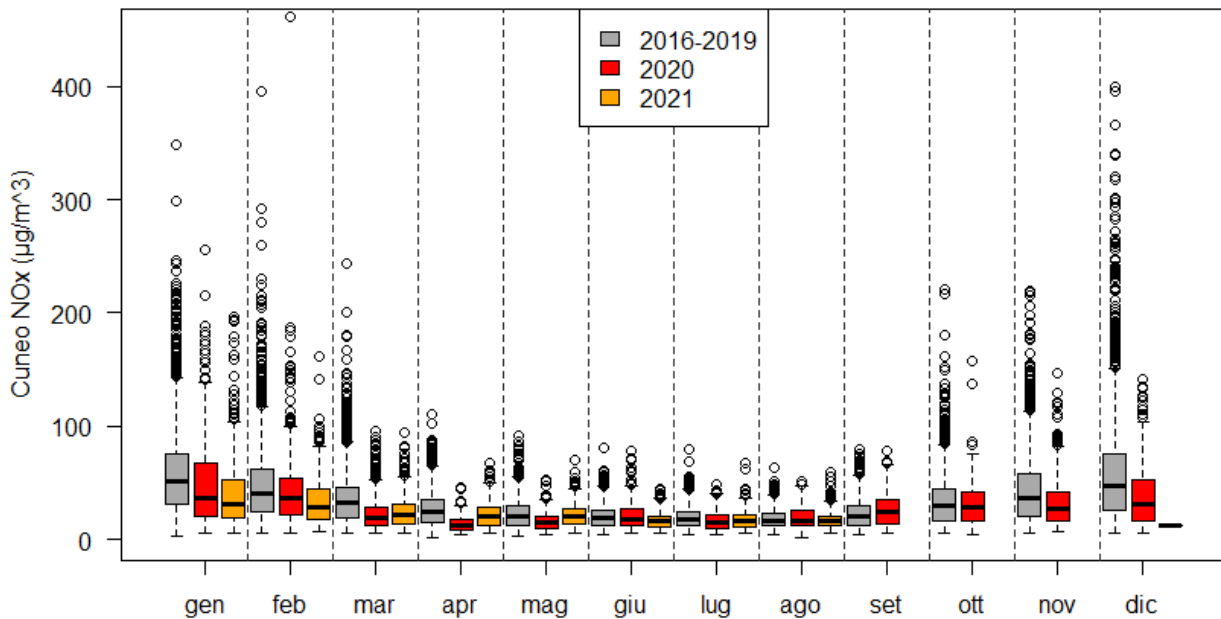


Figura 21) NOx Cuneo: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie su base mensile per il periodo di riferimento (2016÷2019), il 2020 ed i primi otto mesi del 2021

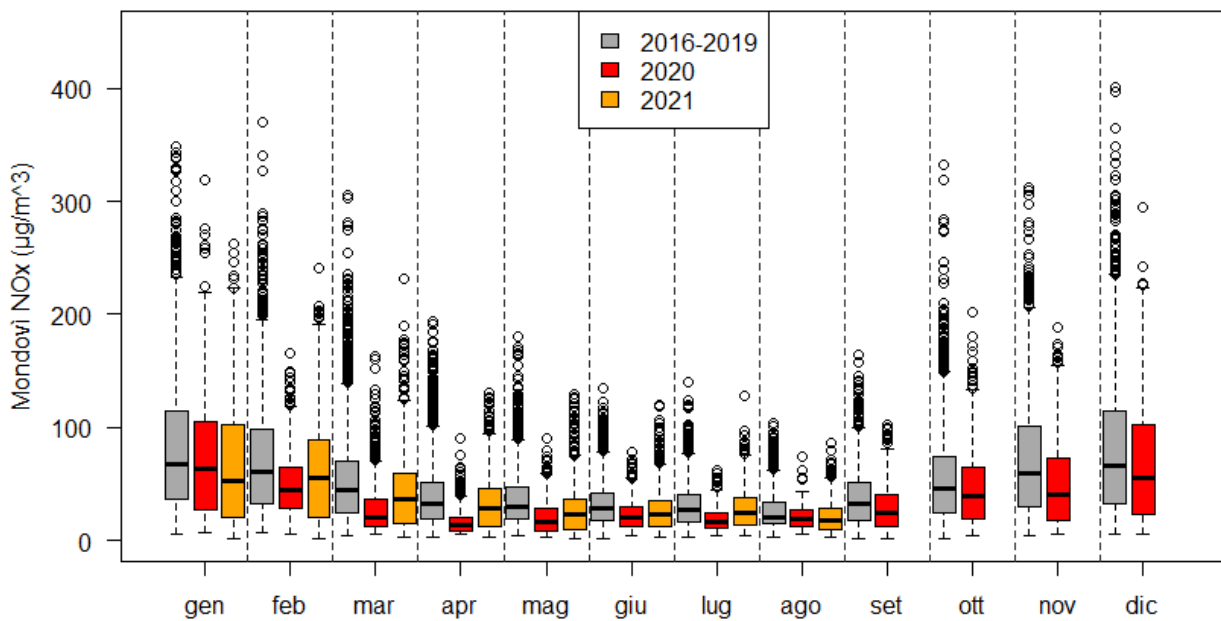


Figura 22) NOx Mondovì: confronto dei boxplot delle concentrazioni orarie su base mensile per il periodo di riferimento (2016÷2019), il 2020 ed i primi otto mesi del 2021

Variazione rispetto al 2016-2019		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Alba NOx	2020 Media	5%	-10%	-36%	-48%	-41%	-34%	-25%	-26%	-11%	-24%	-32%	-44%
	2020 Mediana	7%	-8%	-39%	-45%	-44%	-38%	-27%	-29%	-10%	-26%	-35%	-45%
	2021 Media	-30%	-31%	-34%	-35%	-35%	-27%	-34%	-45%				
	2021 Mediana	-29%	-31%	-35%	-41%	-39%	-25%	-33%	-47%				
Bra NOx	2020 Media	10%	1%	-30%	-49%	-21%	-7%	-8%	-6%	5%	-9%	-19%	-36%
	2020 Mediana	11%	0%	-33%	-43%	-19%	-5%	-5%	-6%	4%	-6%	-19%	-36%
	2021 Media	-20%	-23%	-24%	-22%	-17%	-15%	-16%	-26%				
	2021 Mediana	-21%	-20%	-27%	-22%	-19%	-15%	-16%	-29%				
Cuneo NOx	2020 Media	-18%	-11%	-34%	-47%	-30%	3%	-13%	9%	16%	-6%	-26%	-36%
	2020 Mediana	-29%	-12%	-41%	-46%	-29%	-5%	-17%	0%	20%	-7%	-25%	-33%
	2021 Media	-33%	-32%	-32%	-19%	-8%	-17%	-10%	-4%				
	2021 Mediana	-39%	-29%	-31%	-17%	-5%	-16%	-6%	-6%				
Mondovì NOx	2020 Media	-11%	-29%	-47%	-58%	-42%	-29%	-39%	-15%	-24%	-16%	-29%	-17%
	2020 Mediana	-4%	-26%	-56%	-56%	-43%	-29%	-37%	-10%	-24%	-14%	-32%	-17%
	2021 Media	-18%	-13%	-18%	-14%	-23%	-17%	-9%	-18%				
	2021 Mediana	-21%	-10%	-20%	-13%	-23%	-18%	-11%	-14%				

Tabella 4) NO<sub>x</sub>: riduzione, rispetto ai corrispondenti mesi degli anni di riferimento (2016÷2019), delle medie e mediane delle concentrazioni orarie di ciascun mese del 2020 e dei primi otto mesi del 2021.

### Giorno tipo e settimana tipo degli ossidi di azoto

Nelle figure seguenti sono confrontati i “giorni tipo” degli ossidi di azoto per ciascun mese del 2020, dei primi otto mesi del 2021 e dei quattro anni precedenti. Il giorno tipo viene calcolato mediando i valori registrati alla stessa ora di ciascun giorno ed evidenzia l’evoluzione delle concentrazioni orarie nell’arco di una giornata. I grafici mostrano come, rispetto agli anni precedenti, nei periodi interessati dalle restrizioni siano nettamente in calo i picchi corrispondenti alle ore di punta del traffico stradale.

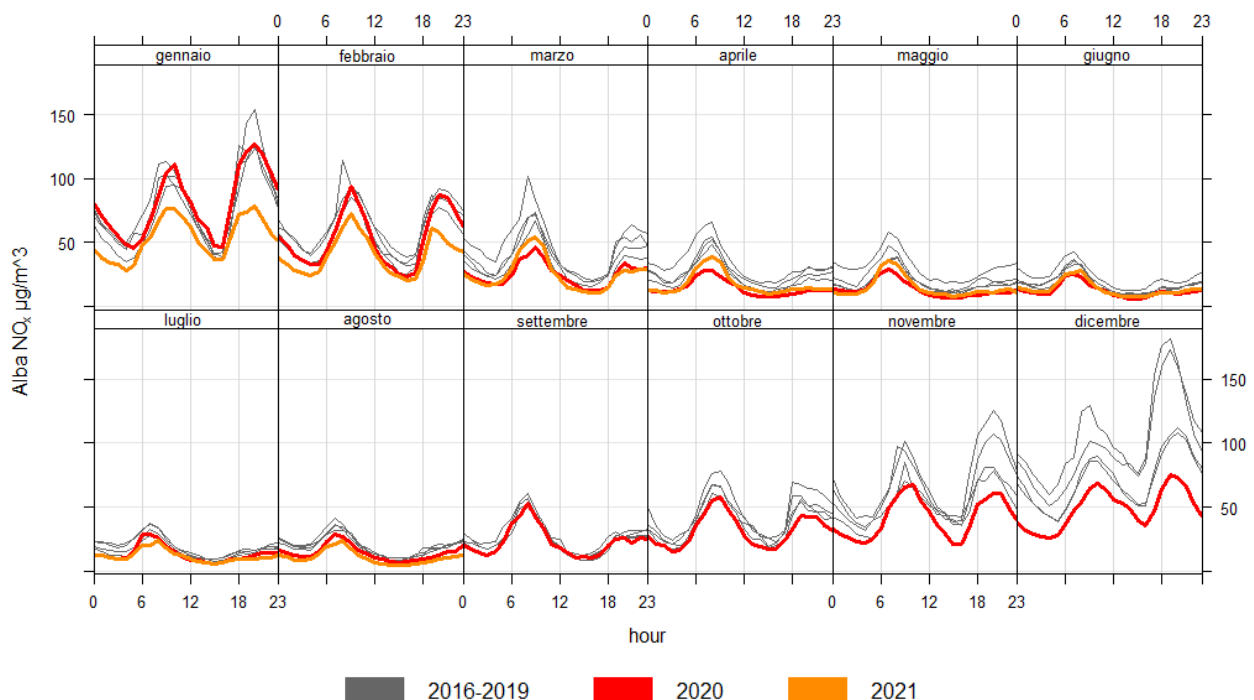


Figura 23) NO<sub>x</sub> Alba: confronto tra il giorno tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelli degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

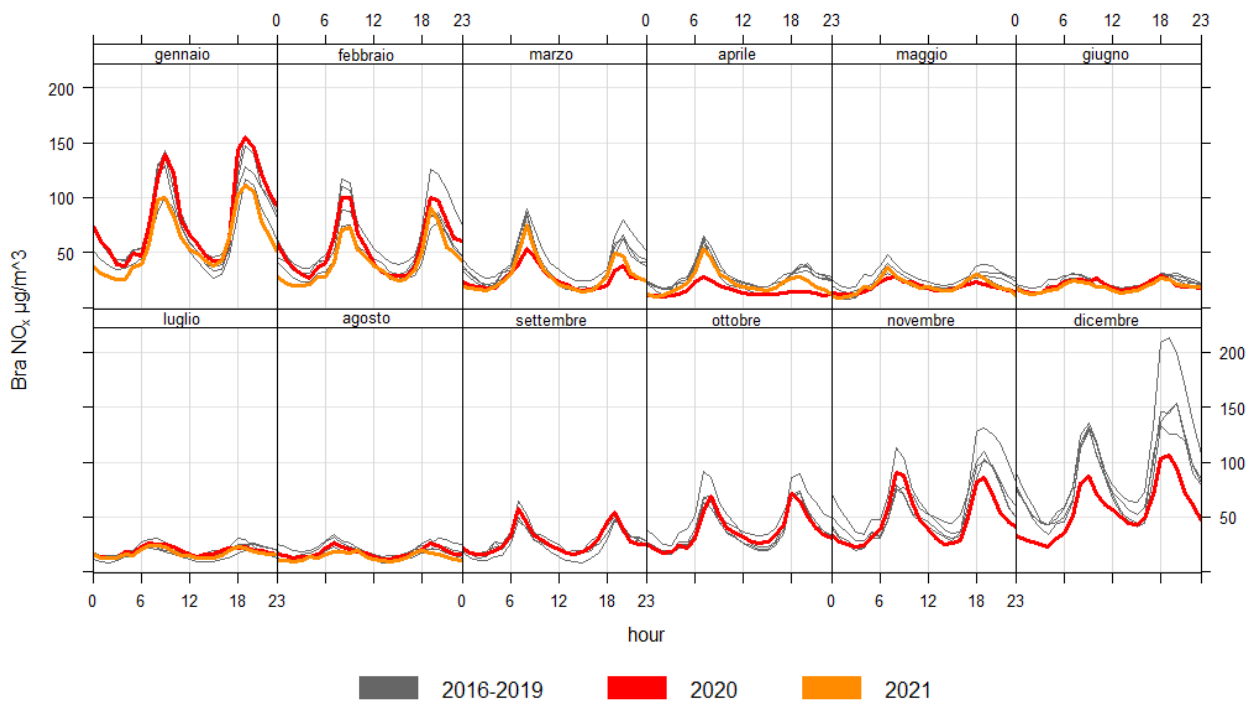


Figura 24) NOx Bra: confronto tra il giorno tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelli degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

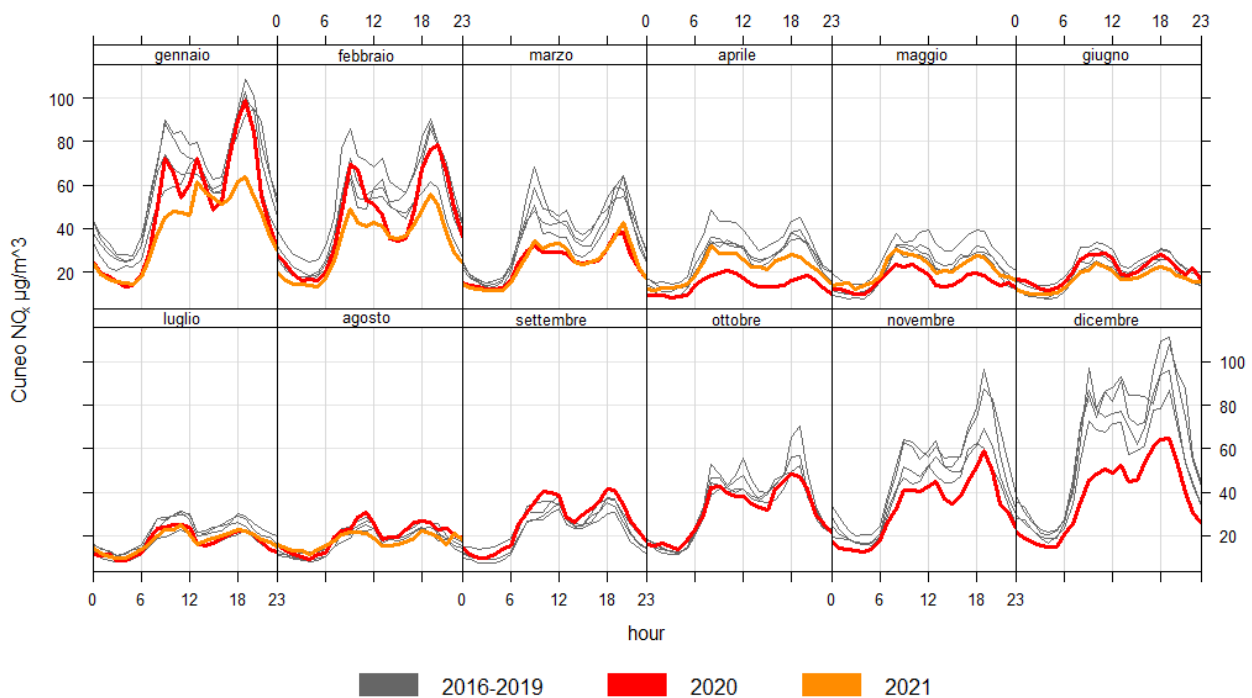


Figura 25) NOx Cuneo: confronto tra il giorno tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelli degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).



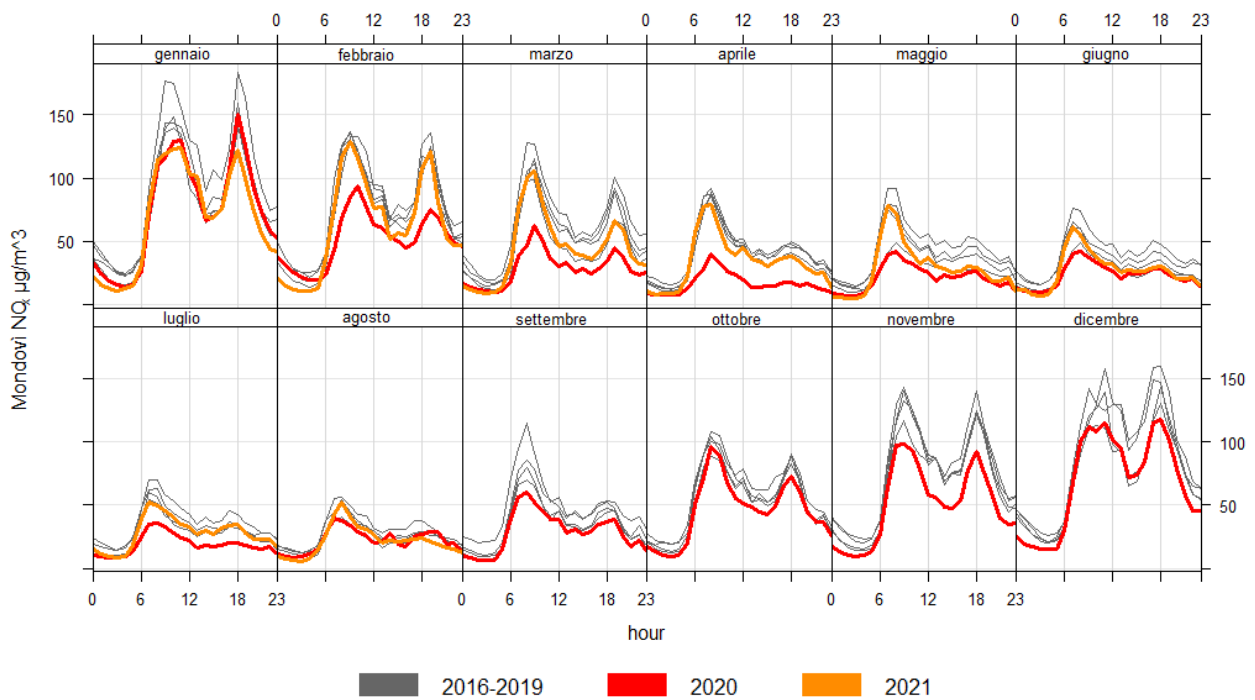


Figura 26) NOx Mondovì: confronto tra il giorno tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelli degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

L'analisi delle settimane medie (ottenute mediando le concentrazioni rilevate nello stesso giorno di ciascuna settimana) sono rappresentate nel seguito. Oltre ai valori generalmente limitati rispetto ai corrispondenti periodi di riferimento si può notare come tutte le stazioni mostrino una particolare riduzione nelle domeniche degli ultimi tre mesi del 2020.

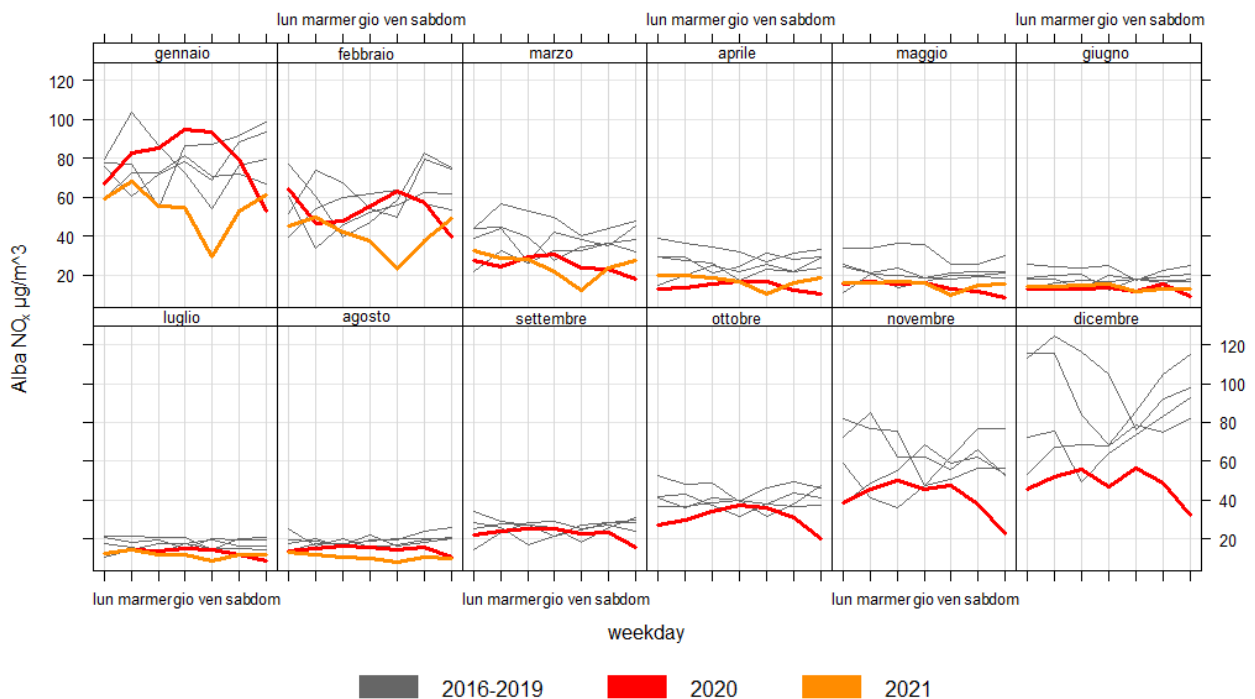


Figura 27) NOx Alba: confronto tra la settimana tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelle degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

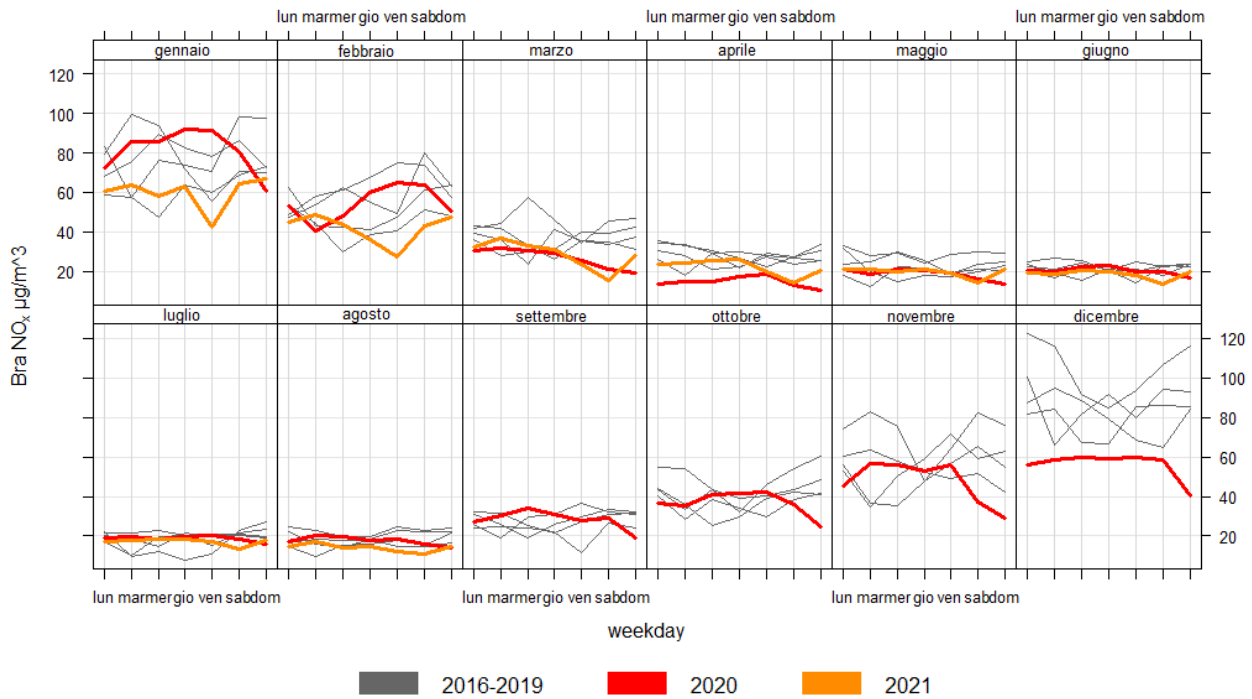


Figura 28) NOx Bra: confronto tra la settimana tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelle degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

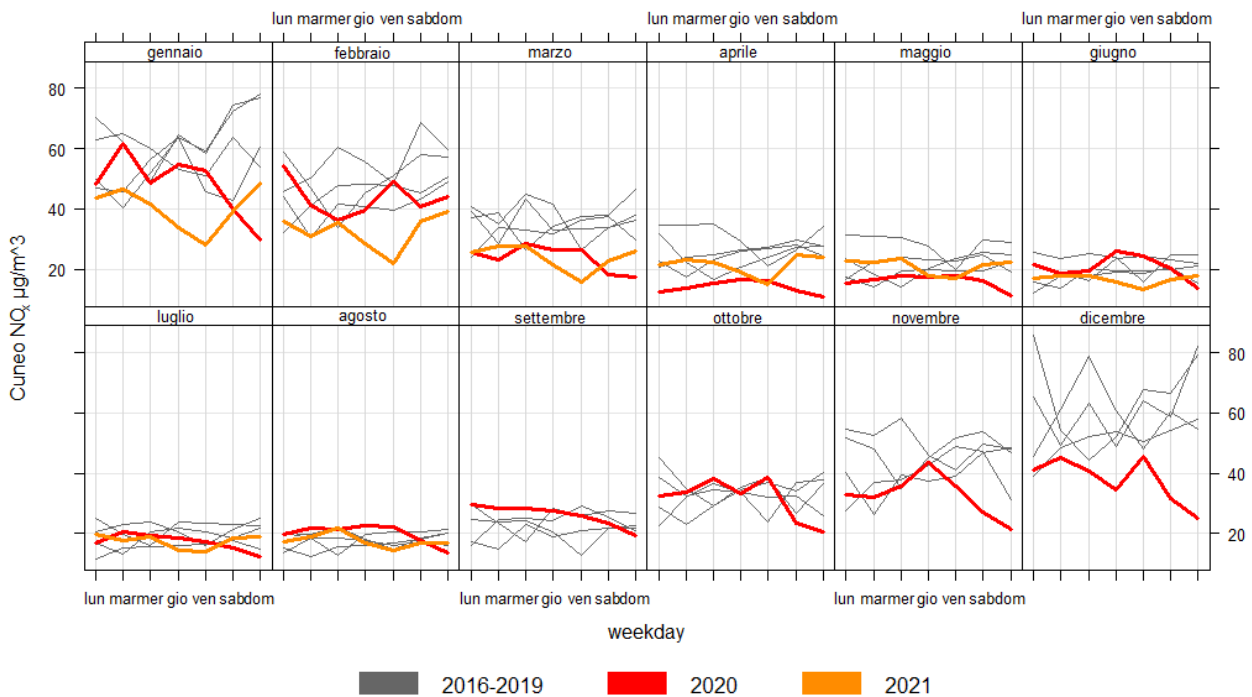


Figura 29) NOx Cuneo: confronto tra la settimana tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelle degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

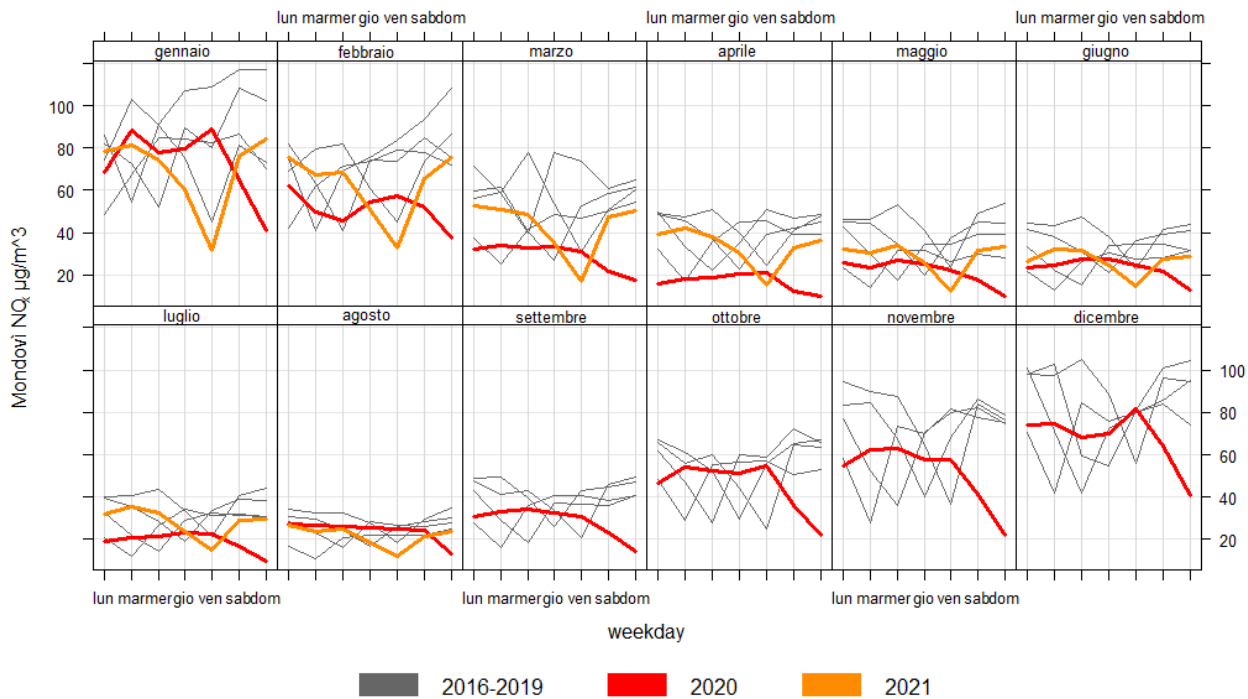


Figura 30) NOx Mondovì: confronto tra la settimana tipo di ciascun mese del 2020 e del 2021 (fino ad agosto) con quelle degli anni del periodo di riferimento (2016 ÷ 2019).

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati della qualità dell'aria della provincia di Cuneo del 2020 e dei primi otto mesi del 2021, condotta per gli inquinanti tutt'ora problematici per la salute umana, evidenzia come le importanti riduzioni delle emissioni degli ossidi di azoto, dovute alle restrizioni introdotte per contenere l'emergenza da COVID-19, abbiano avuto un riscontro nelle concentrazioni misurate in aria ambiente. Come attestato in questo rapporto, gli ossidi di azoto misurati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria hanno registrato riduzioni significative in tutte le stazioni urbane, ed hanno raggiunto la riduzione più importante nel mese di aprile 2020, quando sono diminuite del 47-58% rispetto al periodo di riferimento (anni 2016-2019).

Per le polveri sottili, sebbene l'approccio corretto avrebbe richiesto il confronto tra le concentrazioni misurate durante il lockdown e lo scenario determinato con meteorologia reale ed emissioni senza restrizioni (stimato con modello matematico), analogamente agli ossidi di azoto, si è valutata la differenza rispetto ai quattro anni precedenti delle concentrazioni misurate. Dal confronto sono emerse riduzioni soprattutto nei valori più elevati delle concentrazioni, ma le variazioni sono state nel complesso limitate a causa dell'importante influenza che le condizioni meteorologiche continuano ad avere sui livelli delle polveri sottili. Le concentrazioni mensili del rame (tracciante del traffico) presente nel PM10, denotano tuttavia una riduzione del contributo del traffico veicolare alla frazione primaria delle polveri sottili.

Per comprendere la scarsa riduzione delle concentrazioni del PM10 riscontrata con il lockdown, occorre innanzitutto ricordare che il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", immesso direttamente in atmosfera, ma per maggior parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico-fisiche che coinvolgono diverse sostanze, dette "precursori", quali ammoniaca, ossidi di azoto, biossido di zolfo e composti organici volatili. Durante il lockdown, la frazione primaria, se da una parte ha avuto una riduzione dei contributi del trasporto stradale e delle industrie, dall'altra ha avuto un effetto di aumento del contributo

del riscaldamento, legato al maggiore fabbisogno energetico in ambito domestico (si veda lo studio di Arpa Piemonte del giugno 2020<sup>20</sup>). Siccome il riscaldamento (in particolare a biomassa) nei mesi freddi dell'anno rappresenta il contributo principale alle emissioni di particolato primario PM10, la situazione è rimasta praticamente invariata dal punto di vista emissivo fino alla prima metà di aprile 2020.

Relativamente alla frazione secondaria del particolato, il fatto che l'ammoniaca non abbia subito variazioni per l'assenza di restrizioni alle attività del settore agricolo-zootecnico, insieme alla mancanza di riduzione dei composti totalmente o parzialmente secondari riscontrata dalle analisi condotte sul particolato campionato dal progetto Life PrepAir<sup>21</sup>, fanno ipotizzare che durante il lockdown i precursori siano stati presenti in quantità sufficiente a sostenere la formazione di particolato secondario.

Come riportato nelle conclusioni del Report 3 del progetto citato, per le polveri sottili i risultati mostrano come lo "spegnimento" o la riduzione di una parte delle sorgenti degli inquinanti non sia sufficiente a determinare una variazione apprezzabile nella formazione della frazione secondaria del particolato e confermano che gli interventi per una riduzione del particolato devono essere coordinati, a livello di bacino, e riguardare tutte le attività che concorrono alla produzione dei precursori (principalmente agricoltura e combustioni, quali traffico, biomassa e comparto industriale e dei servizi) agendo in maniera incisiva sulle emissioni.

---

<sup>20</sup> *Analisi sul territorio piemontese degli effetti sulla qualità dell'aria e sulle emissioni in atmosfera dei provvedimenti legati all'emergenza COVID-19.* Arpa Piemonte – Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

<sup>21</sup> *REPORT 3 COVID-19 Studio degli effetti delle misure Covid-19 sulla composizione chimica del particolato nel Bacino Padano.* Gennaio 2021. Progetto LIFE PrepAir

## **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.

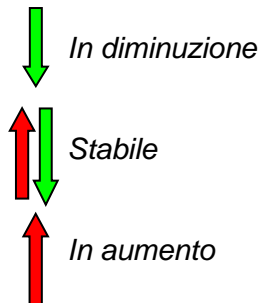
**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**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, risollevarimento 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>	<p>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:</p> <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> <p>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>.</p> <p>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.</p>		
<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 rappresentano 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>		
<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	<b>Valore limite</b>	<i>N° superamenti ammessi</i>
<b>Biossido di Azoto</b>	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	

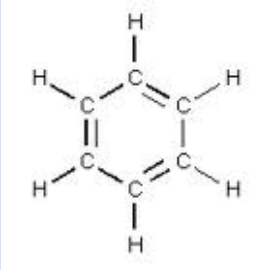


(\*\*) Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>·h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00,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

## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> SO <sub>2</sub>	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 meteorologiche (piogge acide)</b> . 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>  <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. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. 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. 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. 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. 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'Agenda 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</b> , <b>le eruzioni dei vulcani</b> , <b>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</b> , <b>le centrali termoelettriche</b> , <b>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 salute</b>	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>	<i>N° superamenti ammessi</i>
<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

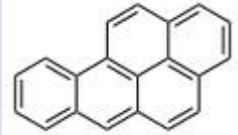


<b>Caratteristiche</b> Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali, tendono ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) 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 ( <i>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</i> ) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <i>combustioni</i> , dai <i>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</i> e dalle <i>abrasioni dei materiali</i> .
<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: <i>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</i> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <i>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</i> .
<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> Benzo(a)pirene</p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.</p> <p>Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida.</p> <p>Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p>
<p><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