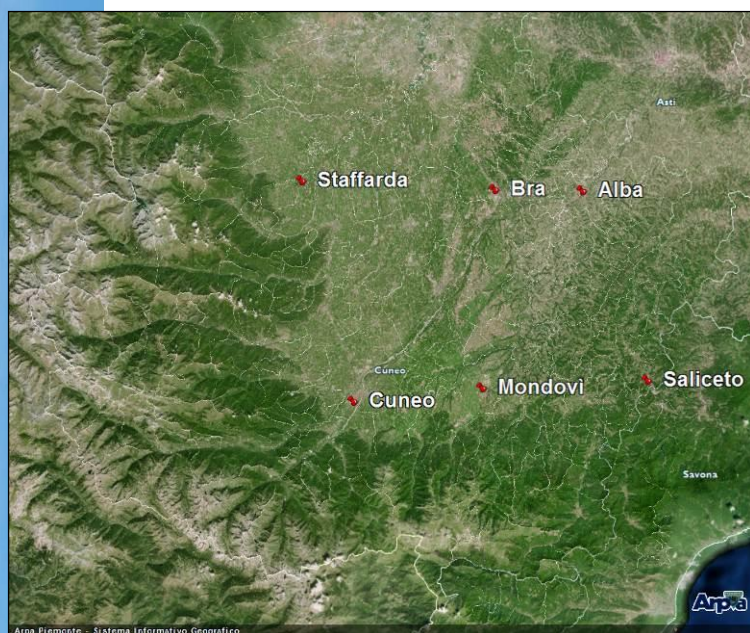


## DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD OVEST



## MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

ANNO 2017

## TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO



**MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

**SUL**

**TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO**

**ANNO 2017**

**ARPA Piemonte Dipartimento Territoriale di Cuneo**

Responsabile ad interim Ivo Riccardi

**Testi ed elaborazioni a cura di:**

Luisella Bardi, Sara Martini

***Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:***

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

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

Laboratorio del Dipartimento Provinciale Arpa di Torino - Sede di Grugliasco

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

Struttura complessa Sistemi Previsionali

Giugno 2018

## Indice

<b>PREFAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>LA RETE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>3</b>
<b>CONDIZIONI METEOCLIMATICHE DELL'ANNO 2017 .....</b>	<b>6</b>
<b>GLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002 ÷ 2017 .....</b>	<b>9</b>
MATERIALE PARTICOLATO .....	9
PM <sub>10</sub> .....	9
PM <sub>2.5</sub> .....	29
BIOSSIDO DI AZOTO – NO <sub>2</sub> .....	36
OZONO – O <sub>3</sub> .....	48
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO <sub>2</sub> .....	55
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO .....	56
I METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL .....	57
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI - BENZO(A)PIRENE .....	61
RIEPILOGO CONFRONTI NORMATIVI - ANNO 2017 .....	65
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>66</b>
<b><i>ALLEGATO - INQUINANTI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E LIMITI NORMATIVI.....</i></b>	<b><i>1</i></b>



## Prefazione

Come avviene ormai dall'inizio dell'attivazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, annualmente il Dipartimento territoriale ARPA di Cuneo fornisce un'analisi dei risultati prodotti dalle stazioni della rete provinciale.

Per quanto riguarda gli indicatori previsti dalla normativa ed i relativi confronti con i valori limite, sono stati analizzati i dati dell'ultima annualità completa, il 2017, aggiornando il confronto con gli anni precedenti. Per alcune elaborazioni eseguite per valutare le evoluzioni nel tempo degli inquinanti sono stati utilizzati anche i dati disponibili delle concentrazioni degli inquinanti del primo trimestre 2018, sebbene preliminari e non ancora sottoposti a tutte le fasi di validazione e certificazione.

Questo documento è articolato in quattro parti. Nel primo capitolo si descrive la rete di monitoraggio provinciale, la dotazione strumentale ed i principali cambiamenti che si sono verificati nel corso degli ultimi anni in seguito al programma di revisione regionale. Il secondo capitolo, il cui contenuto è stato estratto dal lavoro della Struttura Sistemi Previsionali dell'Arpa Piemonte, è stato inserito per illustrare le principali condizioni meteo climatiche dell'anno 2017 che possono aver influenzato i livelli degli inquinanti. Il capitolo terzo riporta l'analisi dei risultati ottenuti dalla rete della qualità dell'aria: presentate sotto forma di grafici le risultanze acquisite nell'ultimo anno vengono confrontate con quelle degli anni precedenti, particolari approfondimenti sono dedicati agli inquinanti per i quali permangono criticità nel rispetto dei limiti normativi.

Gli inquinanti considerati sono stati:

Materiale Particolato - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>

Biossido di azoto - NO<sub>2</sub>

Ozono – O<sub>3</sub>

Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub>

Benzene e Monossido di carbonio – CO

Metalli pesanti: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Benzo(a)pirene e IPA totali

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

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

Analogamente a quanto si è verificato nelle altre regioni del bacino padano, nel 2017 la provincia di Cuneo ha risentito di condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli per la qualità dell'aria. Nell'ambito di una situazione che dal 2003 ad oggi tende complessivamente ad una riduzione significativa dei livelli degli inquinanti della qualità dell'aria, grazie alle misure intraprese nel tempo di riduzione delle emissioni, il 2017 ha registrato un innalzamento delle concentrazioni dei principali inquinanti. Come si potrà vedere in dettaglio nei capitoli seguenti, rispetto al 2016, sono aumentati i superamenti dei limiti normativi stabiliti per il PM<sub>10</sub> ed il PM<sub>2.5</sub>, il benzo(a)pirene e l'ozono.

Come evidenziato in occasione della presentazione della Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Piemonte<sup>1</sup>, gli effetti dei cambiamenti climatici in atto, tra cui l'alternanza di siccità estrema, come quella che si è verificata nel 2017, e periodi di pioggia prolungati come

---

<sup>1</sup> <http://www.arpa.piemonte.it/news/lo-stato-dell2019ambiente-in-piemonte-fra-cambiamento-climatico-resilienza-e-politiche-per-la-sostenibilita>

nella primavera appena passata, stanno condizionando in modo sempre più evidente anche i livelli degli inquinanti dannosi per la salute, di cui la qualità dell'aria si occupa.

Sempre più si rende necessario intraprendere azioni integrate che tengano conto delle retroazioni qualità dell'aria/clima, risolvendo le criticità che alcune misure di riduzione delle sorgenti emissive possono introdurre agendo in modo benefico sugli inquinanti dannosi per la salute ed in modo dannoso per quelli clima-alteranti, o viceversa.

Di fondamentale importanza per proseguire nella riduzione delle emissioni, oltre alle misure tecnologiche, sono quelle comportamentali, per le quali è indispensabile il coinvolgimento attivo di tutti noi cittadini.

Dipartimento territoriale di Cuneo (Piemonte Sud Ovest)

Il Dirigente Responsabile ad interim

Dott. Ivo Riccardi





## La rete di monitoraggio

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

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

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

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

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

Nel luglio 2011 la Regione Piemonte, a partire dalla normativa vigente, ha redatto il "Programma di valutazione della qualità dell'aria – Luglio 2011" e sulla base di questo ha aggiornato il progetto di "Revisione del sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria", redatto nel 2007 e integrato negli anni 2008-2010 alla luce degli obblighi di rilevamento introdotti dalla direttiva 2008/50/CE.

Il processo di revisione della rete regionale ha determinato con la fine del 2013 lo spostamento della stazione di Mondovì da Largo Marinai d'Italia a via di Borgo Aragno dove è diventata rappresentativa di una zona di "traffico-urbana" e l'attivazione, a partire dal gennaio 2014, della stazione di Staffarda nel comune di Revello rappresentativa di una zona di "fondo-rurale"; ha inoltre stabilito la chiusura della stazione di Borgo San Dalmazzo al 31 dicembre 2014.

La tabella sottostante mostra le stazioni della rete provinciale di rilevamento, nella configurazione attiva nel 2017, fornendone 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	
Staffarda	fondo	rurale	agricola	Via Cascinetta	

Tabella 1) Le centraline della rete fissa provinciale della qualità dell'aria

I parametri monitorati nelle stazioni, durante l'anno 2017, 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	
Cuneo	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mondovì		X	X		X	X	X	X	
Saliceto	X	X				X		X	
Staffarda	X	X					X		

Tabella 2) Gli inquinanti misurati dalla 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 del benzo(a)pirene (IPA). Questa metodologia, richiesta dalla norma, non permette l'emissione dei dati in tempo reale.

Nella stazione di Cuneo la presenza aggiuntiva di uno strumento automatico a sorgente beta per la determinazione dei PM<sub>10</sub> garantisce una disponibilità giornaliera dell'informazione, utile ai fini modellistici.

Per la stazione di Staffarda la misura giornaliera della frazione PM<sub>2,5</sub> è realizzata con campionatore automatico a raggi beta.

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

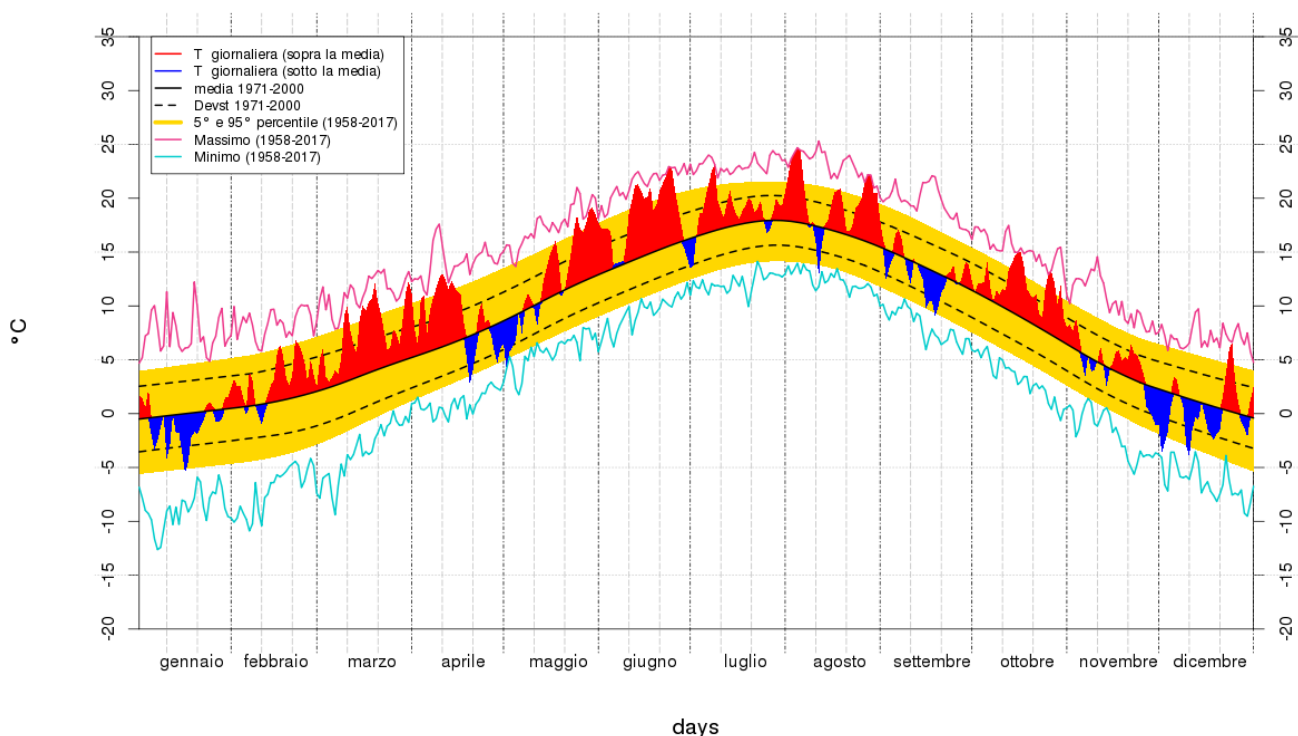
<http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa>

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

## Condizioni meteoclimatiche dell'anno 2017<sup>2</sup>

L'anno 2017 in Piemonte è stato il 3° più caldo degli ultimi 60 anni, con un'anomalia di circa +1.5°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. Nell'anno solo 3 mesi (gennaio, settembre e dicembre) hanno avuto un'anomalia termica negativa; marzo con +3.8°C ha avuto il maggiore scostamento positivo; sfiorati i +4°C anche per giugno (+3.7°C), mentre anche i contributi di ottobre (+2.9°C) e agosto (+2.4°C) sono stati rilevanti. Agosto è stato anche il mese più caldo dell'anno, mentre gennaio è risultato il più freddo ed ha avuto la maggiore anomalia negativa (-1.0°C). Gennaio e dicembre hanno avuto un'anomalia delle temperature minime di -1.8°C e -1.6°C rispettivamente. Dicembre inoltre è risultato piuttosto umido, con precipitazioni nevose già a partire dal primo giorno del mese, particolarmente intense nel cuneese.

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2017



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 13 February 2018 - ore 15:33

Figura 1) Andamento della temperatura media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2017 (valori riferiti ad un punto medio ideale posto a 900 m di quota)

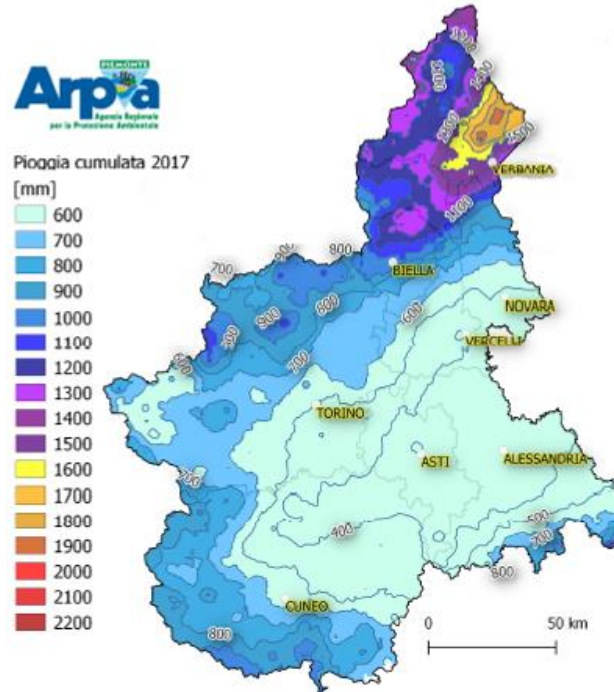
I record annuali di temperatura massima si sono verificati in 48 termometri della rete ARPA Piemonte (pari al 17% del totale), in prevalenza durante l'ondata di calore estiva dei giorni 2-5 agosto. Una decina di primati di temperatura massima annuale sono stati registrati a giugno, nei giorni 11, 23 e 24.

Nei mesi di giugno, luglio ed agosto il numero di notti tropicali ( $T_{\text{minima}} > 20^{\circ}\text{C}$ ) è stato sensibilmente superiore ai valori medi in tutte le province; anche il numero di giorni estivi ( $T_{\text{massima}} > 30^{\circ}\text{C}$ ) nei mesi da maggio a settembre è stato notevolmente superiore alle medie.

Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile, novembre e dicembre ci sono stati fino a 95 giorni di gelo ( $T_{\text{minima}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ ) a Boves (CN). Nel cuneese le temperature più basse sono state registrate durante le ondate di gelo che si sono verificate nei periodi 7-10 gennaio e intorno al 10 dicembre.

<sup>2</sup> Estratto da "Il clima in Piemonte – Anno 2017" Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Febbraio 2018

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2017 in Piemonte sono state pari a 700 mm circa (distribuzione spaziale delle precipitazioni cumulate nella figura 2) e sono risultate inferiori alla norma 1971-2000, con un deficit di circa 351 mm (distribuzione spaziale delle anomalie precipitative nella figura 3), che corrisponde al 33%; il 2017 è il 4° anno più secco nella distribuzione storica degli anni 1958-2017.



**Distribuzione storica di prec : anno 2017**

Figura 2) Valore cumulato annuo della precipitazione sul Piemonte nel 2017

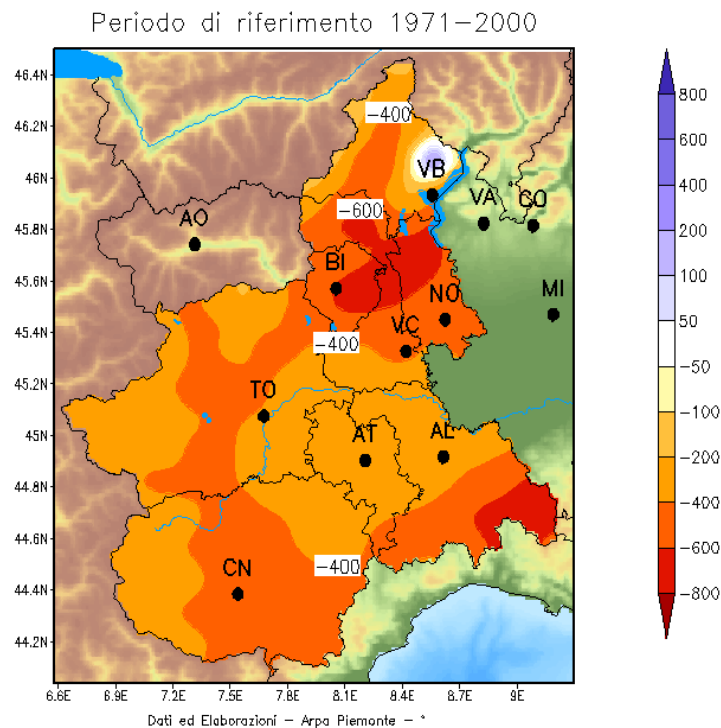


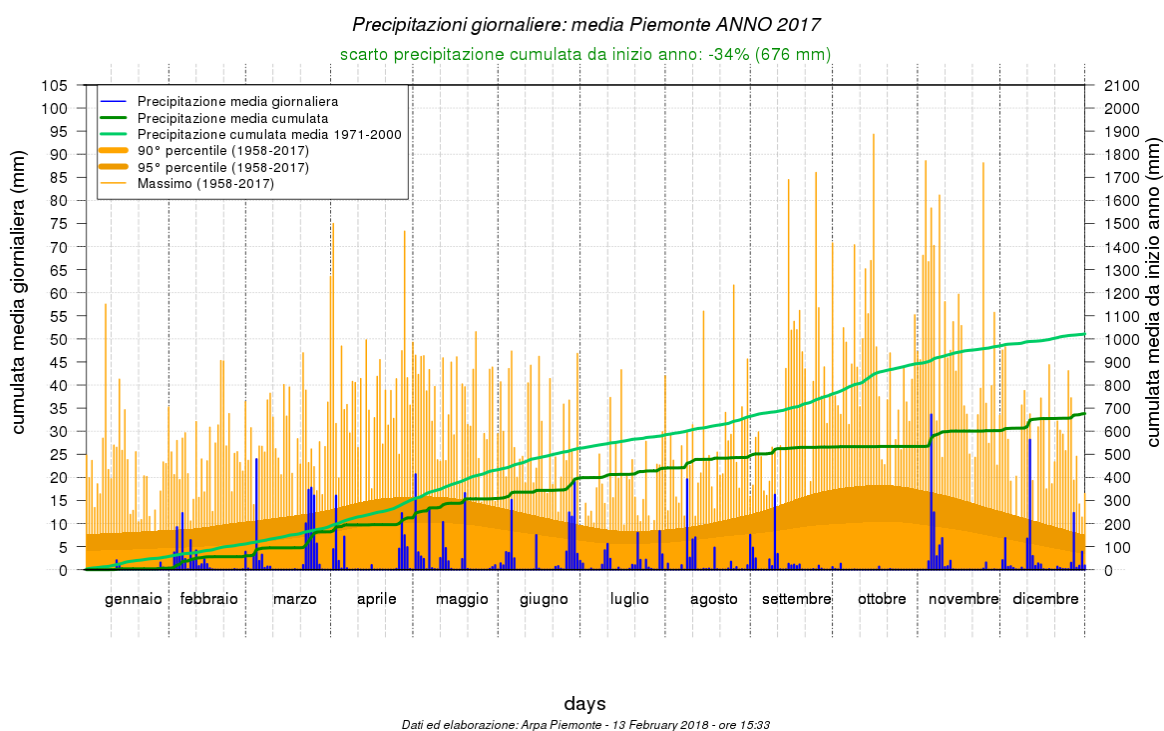
Figura 3) Anomalia percentuale di precipitazione per l'anno 2017 rispetto alla norma 1971-2000

Solo i mesi di marzo e dicembre hanno avuto una precipitazione superiore alla norma, mentre il contributo più rilevante, all'anomalia pluviometrica negativa, è stato dato dai mesi di ottobre e gennaio in cui sono caduti, rispettivamente, solo 3 ed 8 mm di pioggia.

Particolarmente significativo il lungo periodo secco autunnale (figura 4), proprio in quella parte dell'anno climaticamente più piovosa in Piemonte. A partire dall'11 settembre e fino al 4 novembre, non si è mai osservata, in Piemonte, una giornata con precipitazione media superiore ai 5 mm.

Questo periodo di siccità meteorologica lungo 55 giorni consecutivi, ha influenzato anche tutte le attività legate alla disponibilità della risorsa idrica.

Il periodo di siccità meteorologica più lungo ed esteso del 2017, si è quindi concluso con un evento di precipitazioni intense e diffuse sulla regione. Il giorno più piovoso dell'anno è stato infatti il 5 novembre anche se non si sono verificati record annuali di precipitazione in 24 ore.



*Figura 4) Andamento della precipitazione cumulata giornaliera media sul Piemonte per l'anno 2017 (valori riferiti ad un punto medio posto a 900 m di quota)*

Nel 2017 si sono avuti, complessivamente sulla regione, 84 giorni di foehn; la distribuzione nei diversi mesi è riportata nella tabella.

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
7	5	9	9	3	4	8	4	7	8	6	14

*Tabella 3) Numero di giorni di foehn per mese*

L'anno 2017 è risultato deficitario dal punto di vista dei fenomeni nebbiosi, in particolare per gli episodi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m): infatti si sono verificati solo 12 episodi, praticamente la metà rispetto ai 25 attesi dalla climatologia recente del periodo 2004-2016. Sono mancati all'appello soprattutto gli episodi nebbiosi dei mesi di ottobre e dicembre, e nessun mese ha avuto un numero di giorni nebbiosi superiore alla norma.

Invece i giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) sono risultati 96, rispetto ai 128 attesi, con un deficit del 25%. In questo caso solo febbraio ed aprile hanno avuto uno scarto positivo.

## Gli inquinanti nel periodo 2002 ÷ 2017

### 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 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.

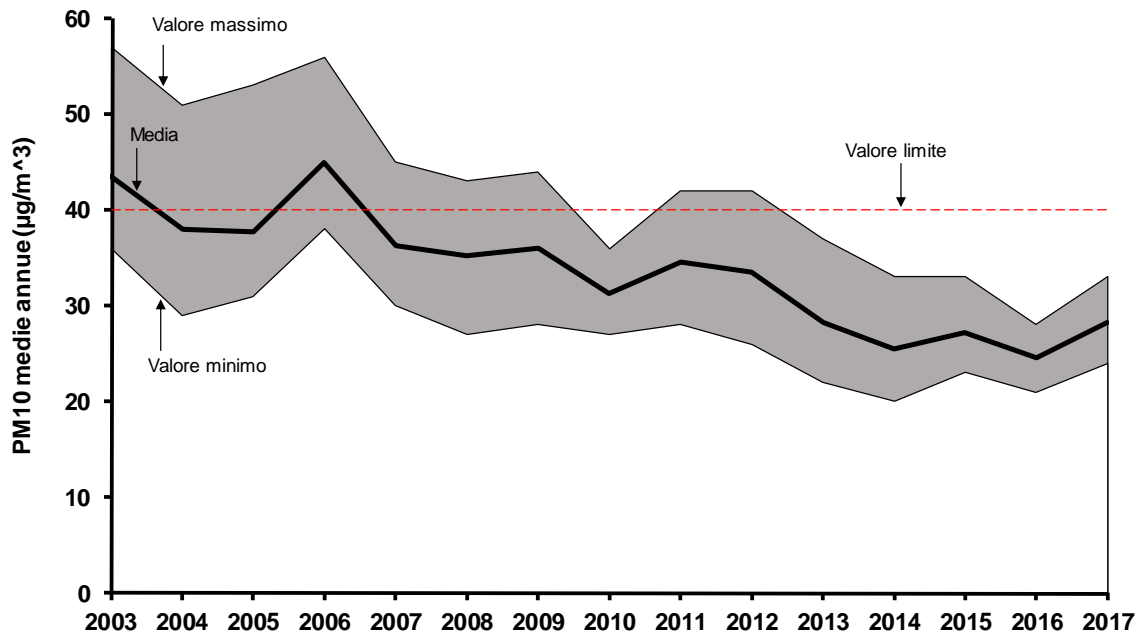


Figura 5) PM<sub>10</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

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. Nel 2017 le concentrazioni hanno però subito una nuova crescita ed il valore medio e minimo sono tornati ai livelli del 2013.

La figura 6, che rappresenta l'intervallo dei numeri di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> registrati dalle stazioni della provincia di Cuneo, dimostra come, nonostante il miglioramento che si è verificato nel tempo anche per questo indicatore, il limite stabilito per la protezione della salute sulle concentrazioni giornaliere sia ancora disatteso su parte del territorio provinciale e, nel corso del 2017, anche il numero di superamenti sia tornato a livelli analoghi a quelli del 2013.

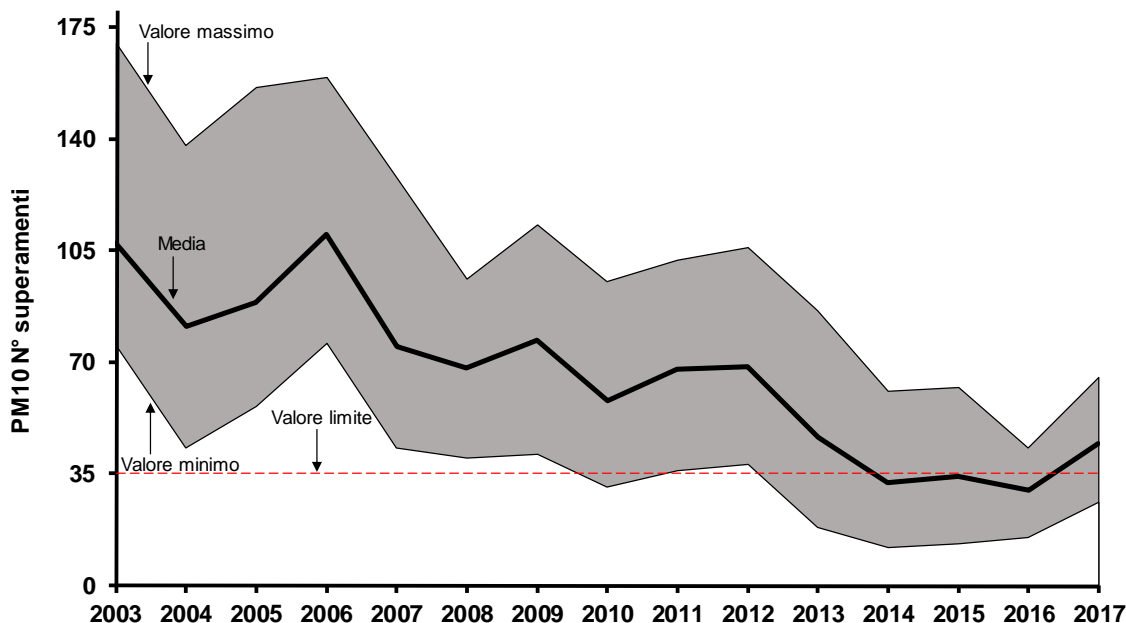


Figura 6)  $PM_{10}$ : Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui del limite giornaliero di  $50 \mu g/m^3$  rilevati dalle stazioni della provincia.

Complessivamente, sul numero medio provinciale<sup>3</sup> di superamenti per anno dal 2003 al 2017 (figura 7), il calcolo del trend, eseguito con il metodo di Theil-Sen, dimostra una tendenza decrescente statisticamente significativa ( $p < 0.001$ ) con una variazione annua media provinciale stimata in -4.9 superamenti/anno ed un intervallo di confidenza al 95% compreso tra [-6.7, -3.5] superamenti/anno.

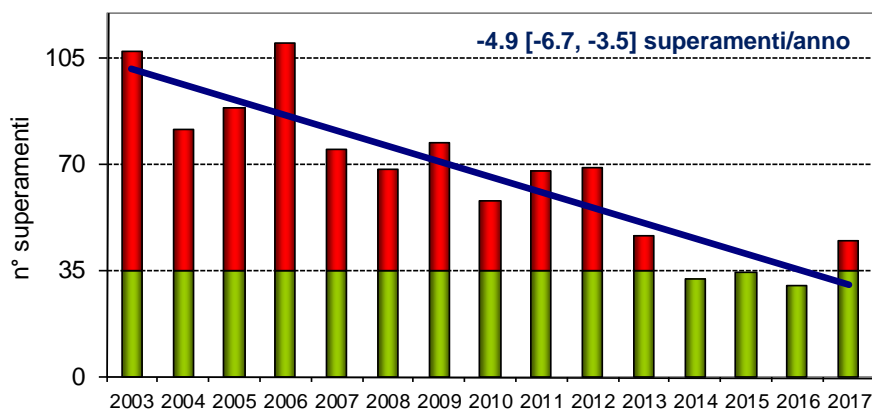


Figura 7)  $PM_{10}$ : numero medio di superamenti del limite giornaliero delle stazioni della provincia con misura attiva dal 2003 (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

L'inquinamento da polveri sottili nella provincia di Cuneo è generalmente caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti a emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona di pianura della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano, soprattutto per quanto riguarda inquinanti cosiddetti "ubiquitari" come le polveri sottili. Monitoraggi condotti nel 2013 e nel 2014 hanno confermato la stazione urbana di Bra

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



Madonna dei Fiori come stazione fissa di riferimento rappresentativa dell'inquinamento medio delle postazioni urbane per tutto il territorio di pianura della zona Nord della provincia di Cuneo<sup>4</sup>.

Per scendere nel dettaglio della situazione riscontrata da ogni stazione della rete provinciale, nei grafici delle figure 8 e 9 sono rappresentati i confronti delle concentrazioni medie annue e dei numeri di superamenti del limite giornaliero di PM<sub>10</sub> registrati presso le stazioni attive nel 2017 a partire, ove disponibili, dai dati del 2002. Per ogni stazione è anche indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata (TU=Traffico Urbana, FU=Fondo Urbana, FR= Fondo Rurale), informazioni importanti per le valutazioni, in quanto indicative di pressioni differenti.

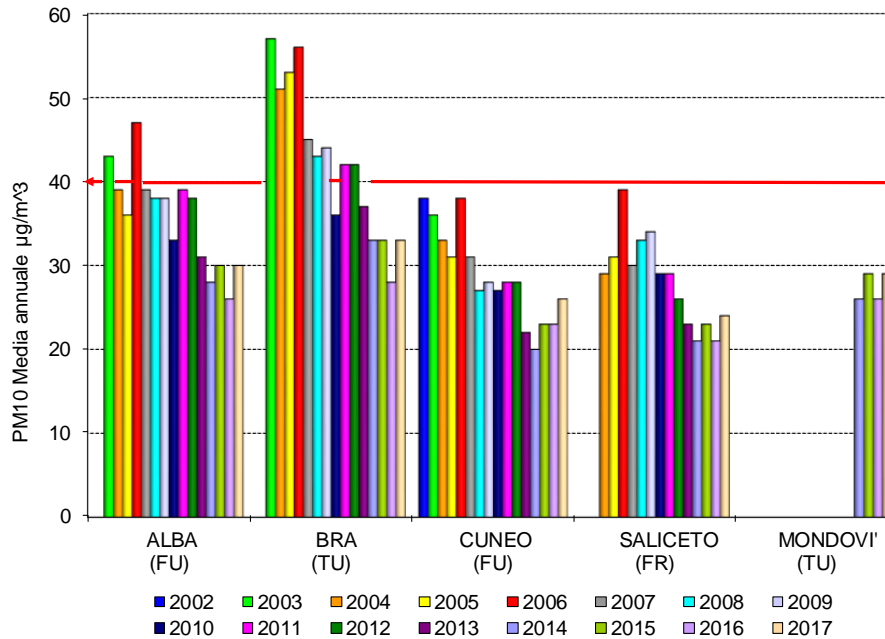


Figura 8) PM<sub>10</sub>: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%)

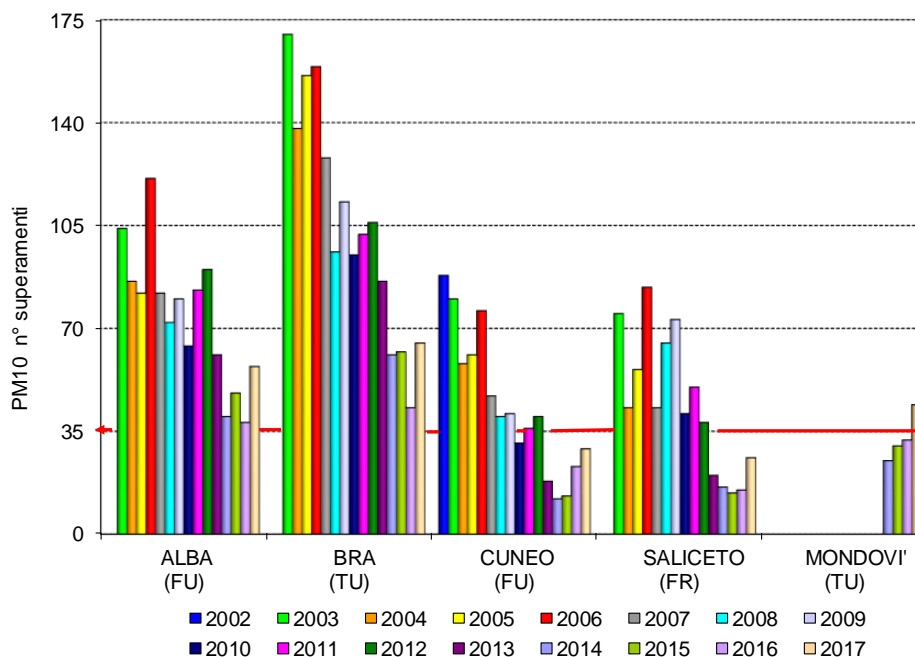


Figura 9) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati >=90%).

<sup>4</sup> Studio sulla qualità dell'aria nel territorio del quadrante Nord Ovest della provincia di Cuneo - Luglio 2013 - maggio 2014 - Arpa Piemonte, Dipartimento di Cuneo

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneQuadranteNordOvest2014.pdf>

Nel 2017, in tutte le stazioni, sia la concentrazione media che il numero di superamenti del limite giornaliero sono aumentati rispetto al 2016.

Per le stazioni di Alba e Bra, che, proprio per la loro collocazione geografica, risentono maggiormente dell'inquinamento da polveri sottili che caratterizza il bacino padano e per le quali non si è ancora arrivati al rispetto del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub>, il 2016 aveva rappresentato il minimo storico dei livelli di PM<sub>10</sub>. Nel 2017, con l'aumento dei livelli delle polveri sottili che si è verificato, i superamenti del limite giornaliero di PM<sub>10</sub> sono stati circa 20 in più rispetto a quelli registrati nell'anno precedente, ovvero 57 presso la stazione di fondo urbano di Alba Tanaro e 65 in quella di traffico urbano di Bra Madonna dei Fiori.

A Mondovì, dove la misura del PM<sub>10</sub> è iniziata solo dal 2014 con lo spostamento della stazione in via Torino, nel 2017 si è sfiorato per la prima volta il limite stabilito per le concentrazioni giornaliere (44 superamenti contro i 35 concessi). In tale sito, i dati del 2017 confermano una situazione intermedia tra quella più critica a livello provinciale, rappresentata dalle stazioni di Alba e Bra, e quella più contenuta delle stazioni di Cuneo e Saliceto. Sebbene il sito sia caratterizzato dalle concentrazioni di fondo limitate tipiche della zona pedemontana, risente fortemente delle emissioni locali del traffico veicolare a causa della posizione a ridosso di una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante.

A differenza di quanto si è verificato presso le stazioni della zona nord della provincia, dove la situazione è gradualmente migliorata fino al 2016, nelle stazioni di Mondovì e Cuneo il numero di superamenti ha raggiunto il minimo nel 2014, per crescere progressivamente negli anni successivi.

Nella tabella sottostante per ogni anno di misura è riportata la data in cui è stato riscontrato il 36° superamento del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>. Nel 2017, presso le stazioni di Alba e Bra, il superamento si è verificato già nel mese di ottobre, mentre nel 2016 - il loro "anno migliore" per la qualità dell'aria finora registrato, era avvenuto solamente a dicembre. In rosso è evidenziato il 2006, "anno peggiore" per l'inquinamento da polveri sottili dall'inizio dei monitoraggi, in cui il 36° superamento si registrò già nella prima metà di febbraio sia ad Alba che Bra.

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

Tabella 4) Data del 36° superamento del limite sulla concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> per le stazioni di fondo urbano di Alba Tanaro e di traffico urbano di Bra e Mondovì per ogni anno di misura (in rosso l'anno in cui il superamento si è verificato prima ed in verde l'anno in cui è stato più tardivo).

## La situazione regionale nel 2017

Per poter comprendere la situazione provinciale è bene avere una visione della situazione delle polveri sottili su una scala spaziale più ampia. Nei due grafici che seguono sono raffigurate in ordine decrescente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dell'anno 2017 per le stazioni della rete della regione Piemonte che hanno raggiunto una percentuale di dati validi superiore al 90%. Vicino al nome di ciascuna stazione è indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata e, tra parentesi, i corrispondenti valori relativi agli anni 2015 e 2016, ove disponibili.

Dalle informazioni contenute in tali grafici emerge come, nel 2017, la situazione sia peggiorata a livello regionale: mentre nel 2016 il valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  era stato superato solamente in una stazione da traffico della città metropolitana, nel 2017 il superamento è stato registrato in 5 stazioni (figura 9) e tutte le stazioni della rete regionale hanno evidenziato un aumento del numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (figura 10). Complessivamente lo sfioramento del limite giornaliero è stato riscontrato nel 70% delle stazioni della rete.

Comune alle altre regioni del bacino padano è stata, nel 2017, la situazione di peggioramento dell'inquinamento da polveri riscontrata in Piemonte; l'Arpa Emilia Romagna, ad esempio, evidenzia<sup>5</sup> come nella loro regione le concentrazioni di polveri siano state superiori a quelle osservate nel 2016 e in linea con quelle misurate nel 2015 con valori tuttavia inferiori rispetto agli anni fino al 2010.

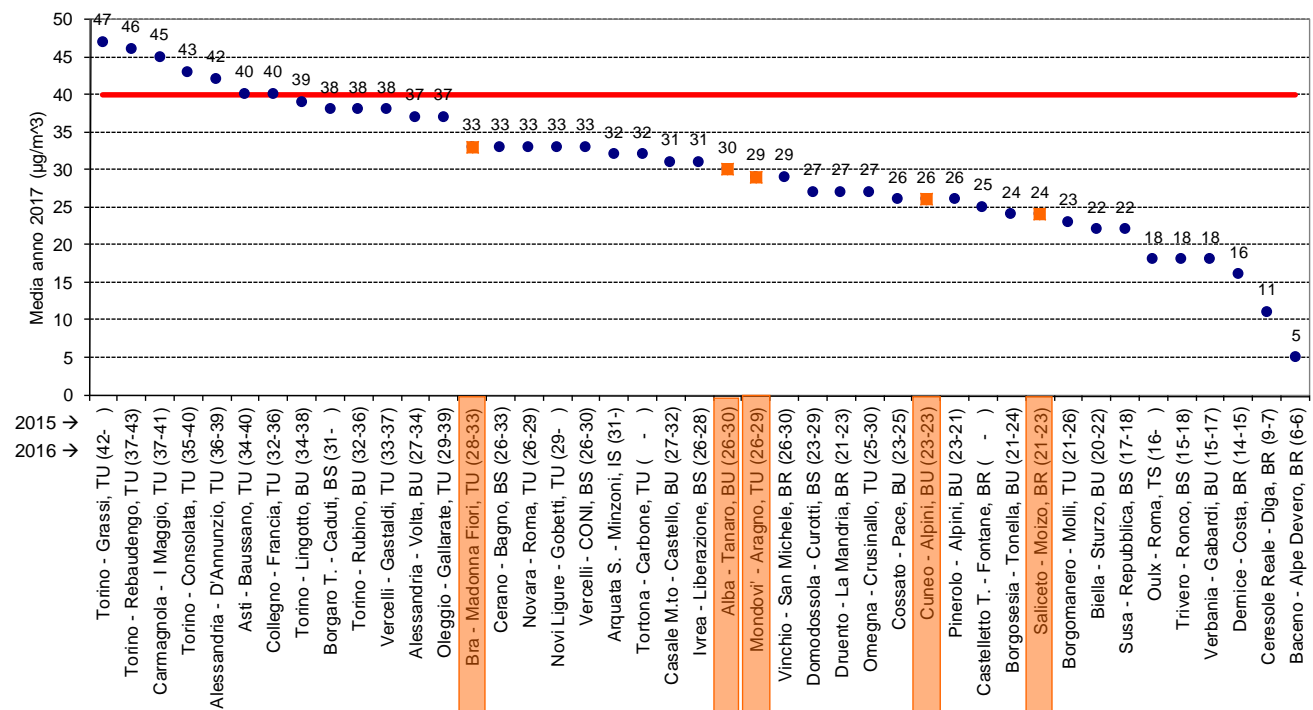


Figura 9)  $PM_{10}$ : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2017 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2016 e del 2015; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

<sup>5</sup> Fonte: Arpa Emilia Romagna – Qualità dell'aria in Emilia-Romagna – I dati del 2017

[https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/aria/2018/RelazioneAriaSintesi2017\\_23gennaio.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/aria/2018/RelazioneAriaSintesi2017_23gennaio.pdf)

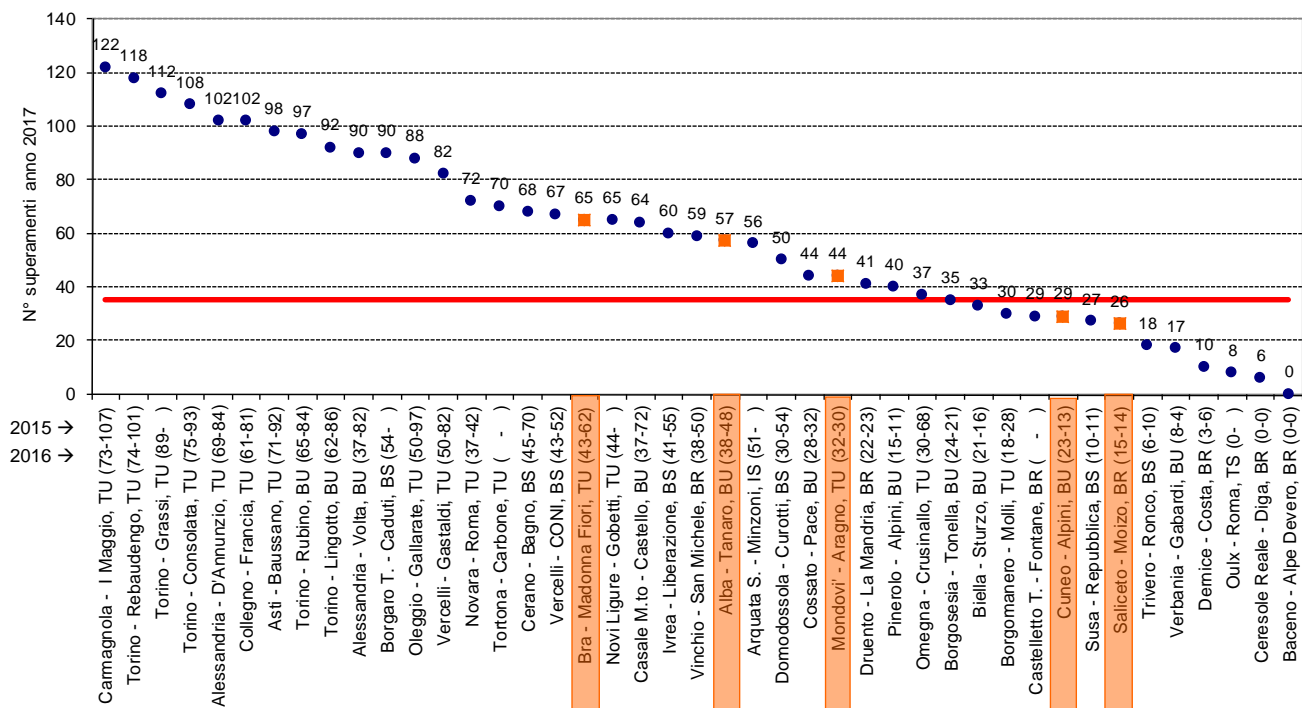


Figura 10) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2017 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2016 e del 2015; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> sono rappresentate sulla mappa regionale nelle figure 11 e 12 con scale di colore. Le stazioni con percentuale di dati validi superiore al 90% sono state suddivise per tipologia: a sinistra le stazioni di fondo e a destra quelle da traffico.

Come già visto per gli anni precedenti, anche per il 2017 le concentrazioni medie più elevate ed i numeri di superamenti del limite giornaliero maggiori si sono verificati presso le stazioni da traffico urbane del capoluogo regionale e delle città poste nella zona centrale, di pianura, della regione. Tali stazioni, oltre ad essere influenzate dalle emissioni locali del traffico, per la loro ubicazione risentono maggiormente del fenomeno di accumulo degli inquinanti che caratterizza tutto il bacino padano, in particolare per gli inquinanti che hanno lunghi tempi di permanenza in atmosfera, come il materiale particolato.

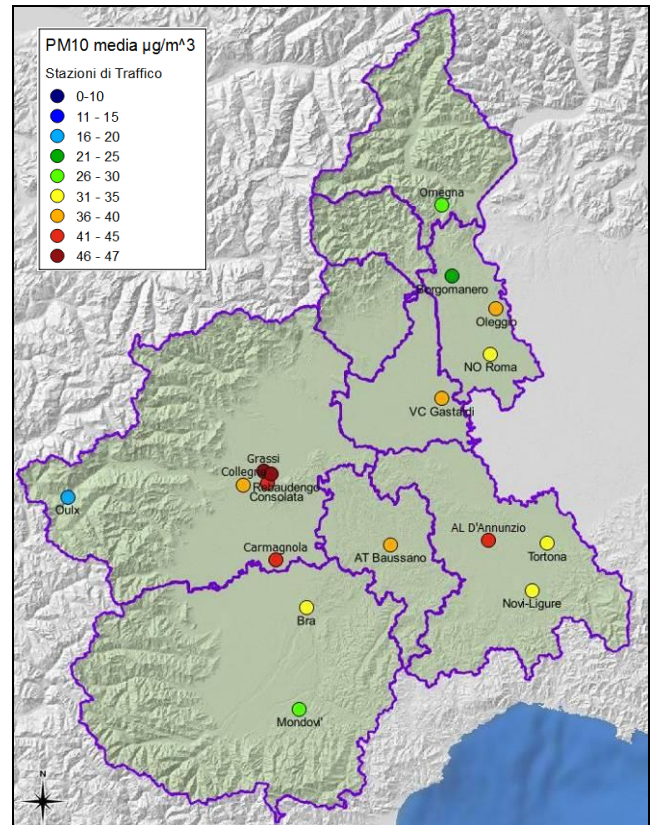
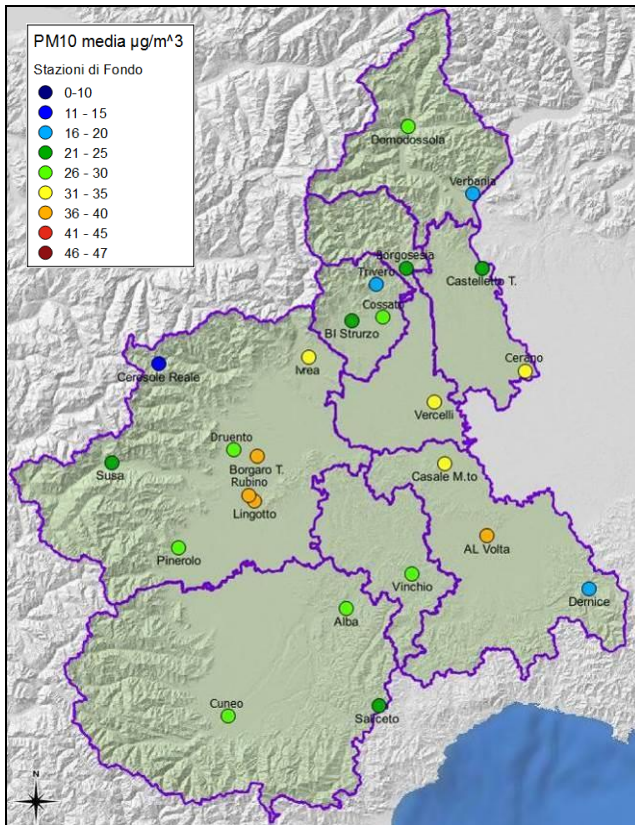


Figura 11) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie dell'anno 2017 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

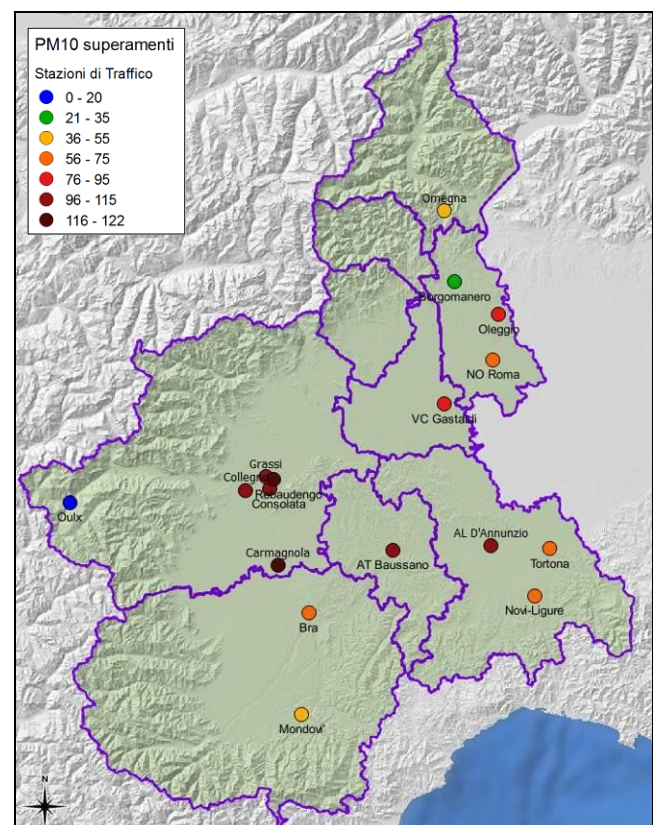
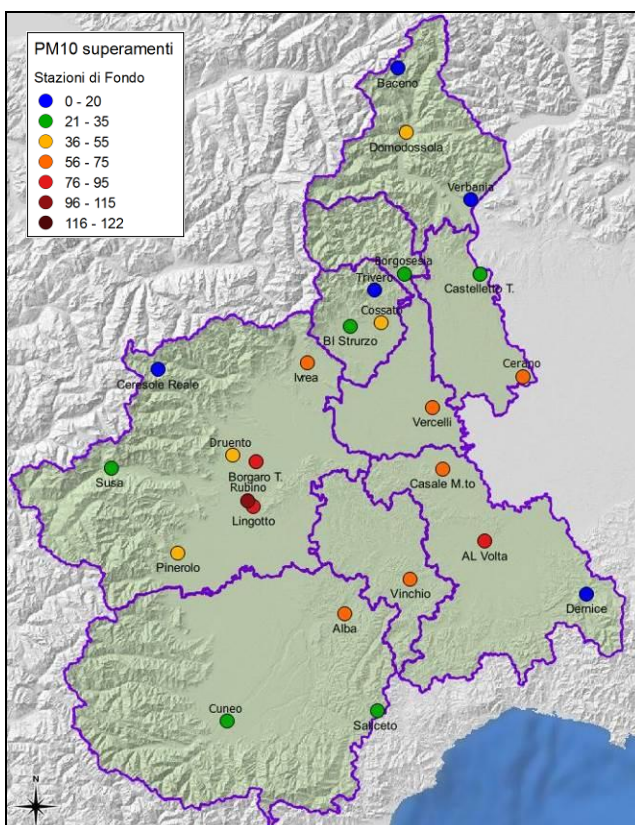


Figura 12) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti della concentrazione giornaliera di 50 µg/m³ dell'anno 2017 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

Nelle mappe della figura seguente sono state rappresentate con scale di colore, per ogni stazione che ha mantenuto negli ultimi due anni lo stesso metodo di misura, le differenze tra la media del PM<sub>10</sub> relativa all'anno 2017 e quella dell'anno 2016 (nella mappa di sinistra) e le differenze tra il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> del 2017 e quello del 2016 (mappa di destra).

Dalle figure emerge come i peggioramenti più cospicui si siano verificati nella parte centrale della regione, già generalmente caratterizzata dai maggiori livelli di polveri sottili; proprio per questo tali peggioramenti del 2017 possono essere attribuiti principalmente ad una maggiore occorrenza di condizioni di accumulo.

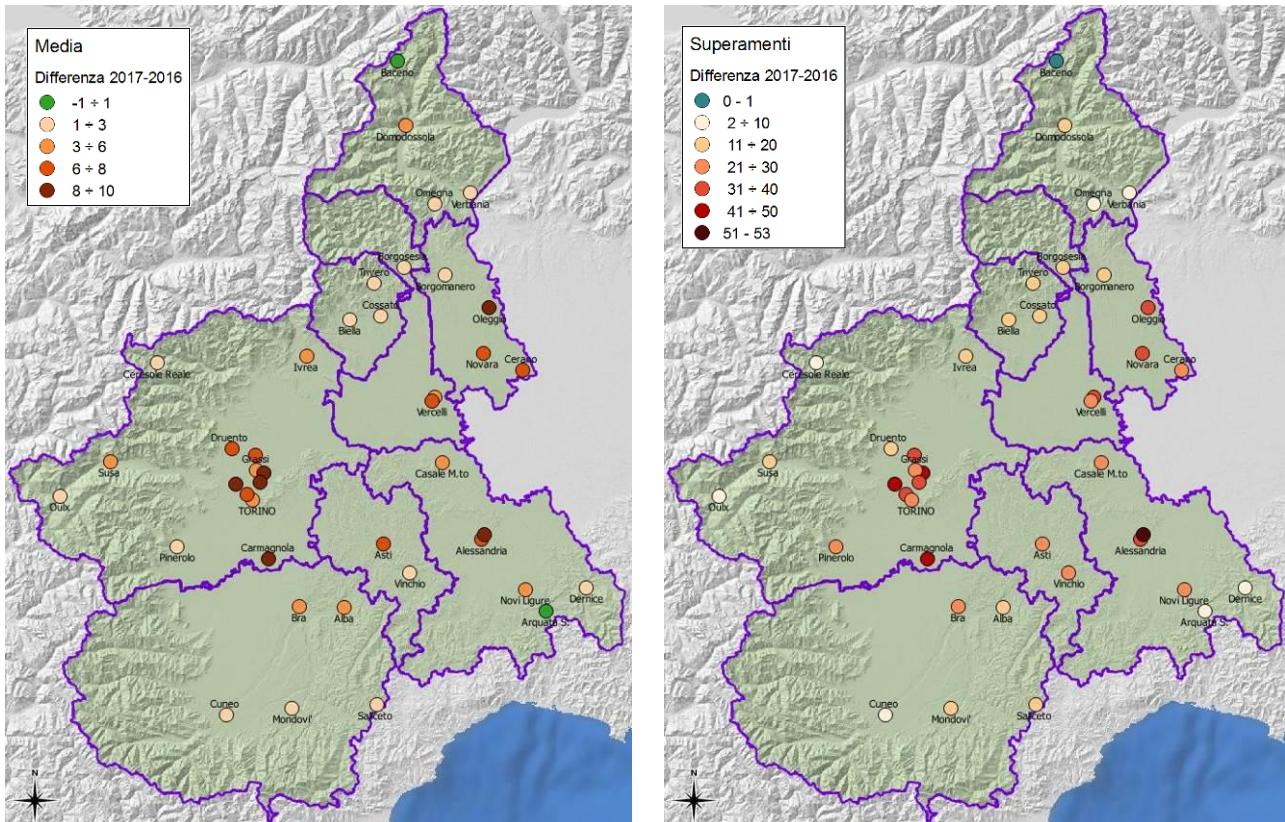


Figura 13) PM<sub>10</sub>: differenza tra le medie del 2017 e quelle del 2016 (sinistra); differenza tra il numero di superamenti della concentrazione giornaliera di 50 µg/m<sup>3</sup> del 2017 e del 2016 (destra).

## Le concentrazioni del 2017 e l'influenza delle condizioni meteorologiche

La differenza delle condizioni meteorologiche da un anno all'altro condiziona fortemente la variabilità interannuale dei valori 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, sicuramente non esaustive dell'argomento.

Una prima analisi considera i dati delle precipitazioni annuali della provincia di Cuneo (media delle stazioni meteorologiche di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto – figura 14). Esaminando la serie dal 2003 al 2017 si osserva come nel 2017 le precipitazioni siano state molto più limitate, sia in termini di quantitativi cumulati che di numero di giorni con precipitazioni<sup>6</sup>, rispetto agli anni precedenti, in particolare rispetto agli anni dal 2008 al 2016. 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). È piuttosto evidente che le precipitazioni atmosferiche contribuiscano a determinare le oscillazioni inter-annuali del numero di superamenti, che complessivamente tendono comunque ad una riduzione nel tempo.

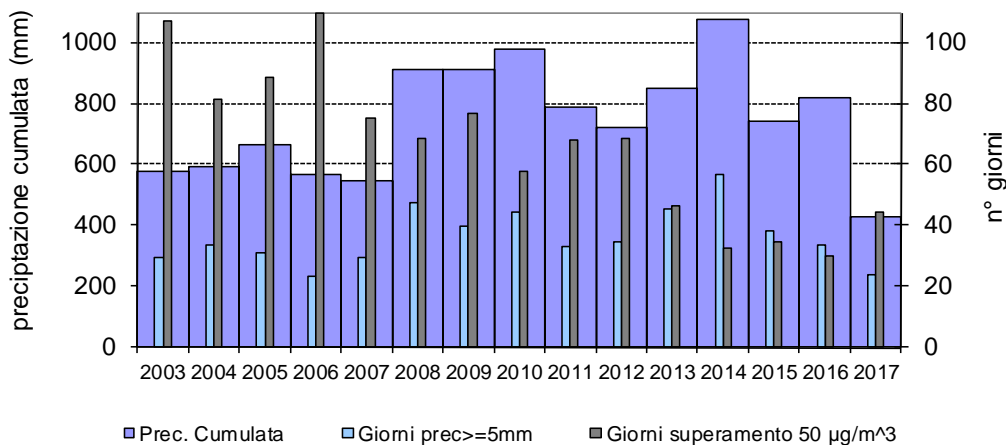


Figura 14) Medie provinciali della precipitazione cumulata, del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM<sub>10</sub> (media delle stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto).

Per passare al dettaglio giornaliero delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate dalle stazioni della provincia di Cuneo nell'anno 2017, nella figura 15 ne è rappresentata la serie temporale. 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

<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.

principalmente condizionate dai fattori meteoroclimatici. Proprio per questo motivo gli andamenti registrati nella provincia di Cuneo sono risultati in accordo anche con quanto rilevato dalle stazioni delle altre province e regioni del bacino Padano, ed i superamenti del limite giornaliero registrati rientrano all'interno dei periodi di accumulo rilevati dalle stazioni di Torino e del capoluogo lombardo con cui sono stati confrontati.

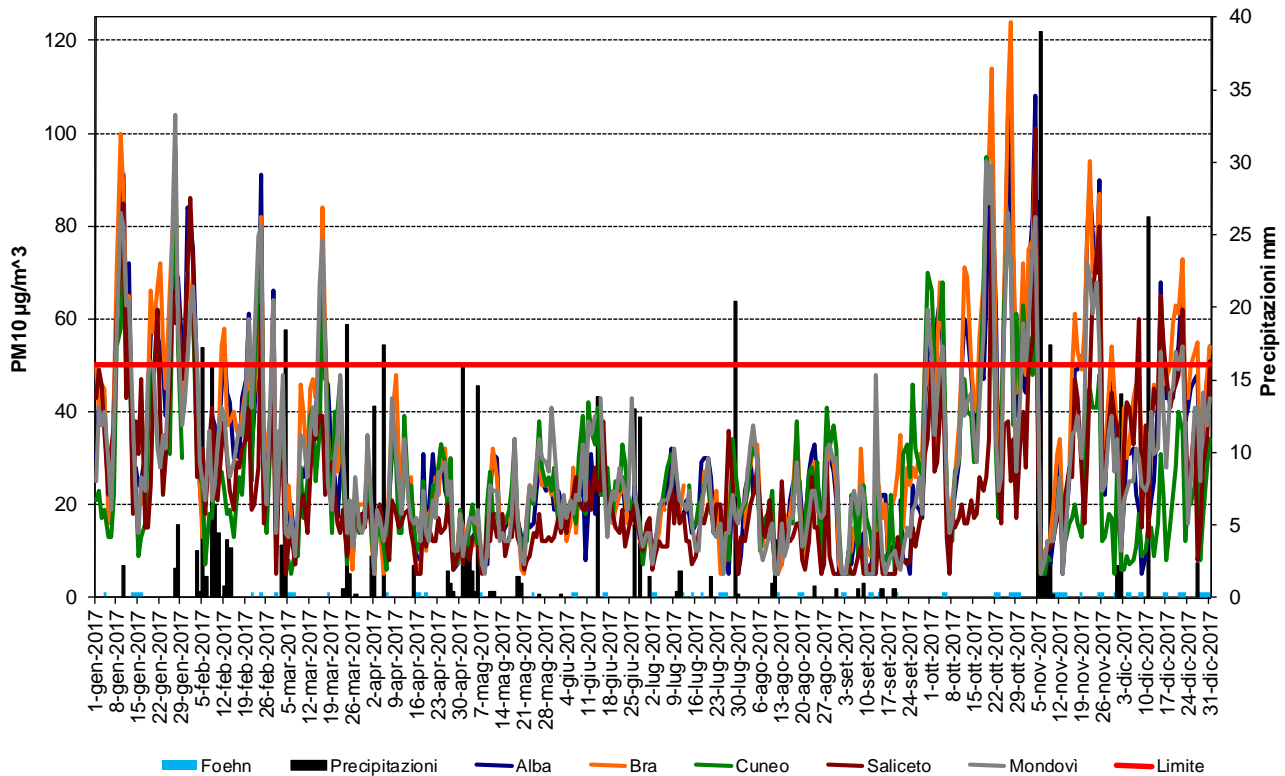


Figura 15)  $PM_{10}$ : concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2017.

Come sottolineato anche dall'Arpa Emilia Romagna, nel 2017 le condizioni meteorologiche sono state particolarmente sfavorevoli alla qualità dell'aria. Sia nella prima parte dell'anno (gennaio e febbraio), sia nella stagione autunnale (ottobre e novembre), si sono verificati lunghi periodi con condizioni di alta pressione, assenza di precipitazioni e scarsa ventilazione: questo ha determinato un numero particolarmente elevato di giornate con condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti<sup>7</sup>. Tra questi periodi si evidenziano, per intensità e durata, dai dati della provincia di Cuneo (figura 15), gli episodi di inquinamento dell'ultima decade di gennaio, perdurata fino ai primi di febbraio e gli episodi del mese di ottobre, legati al lungo periodo siccitoso che si è verificato nell'autunno e a cui, in Piemonte, verso la fine del mese hanno contribuito anche le emissioni legate agli incendi boschivi che si sono sviluppati nelle valli torinesi e nelle valli Stura e Varaita del cuneese.

I grafici dei superamenti mensili di figura 16 confermano come i mesi dello scorso anno con più superamenti siano stati proprio gennaio ed ottobre. Nel confronto con valori minimi, medi e massimi delle serie storiche, particolarmente elevato risulta essere stato il numero di superamenti del mese di ottobre, in tutte le stazioni ad eccezione di quella di Saliceto.

Scendendo nel dettaglio mensile anche del numero di giorni con precipitazioni che si sono verificati nel 2017 in confronto con valori minimi, medi e massimi della serie storica 2003-

<sup>7</sup> Qualità dell'aria in Emilia-Romagna. I dati del 2017

[https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/aria/2018/RelazioneAriaSintesi2017\\_23gennaio.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/aria/2018/RelazioneAriaSintesi2017_23gennaio.pdf)



2016 (figura 17) e analizzando i dati di due stazioni meteorologiche scelte come rappresentative una della zona sud (stazione di Cuneo Cascina vecchia) e una della zona nord della provincia (stazione di Bra Museo Craveri), emerge come le precipitazioni, ovvero uno dei principali agenti di abbattimento delle polveri, nei mesi di gennaio ed ottobre siano state totalmente assenti.

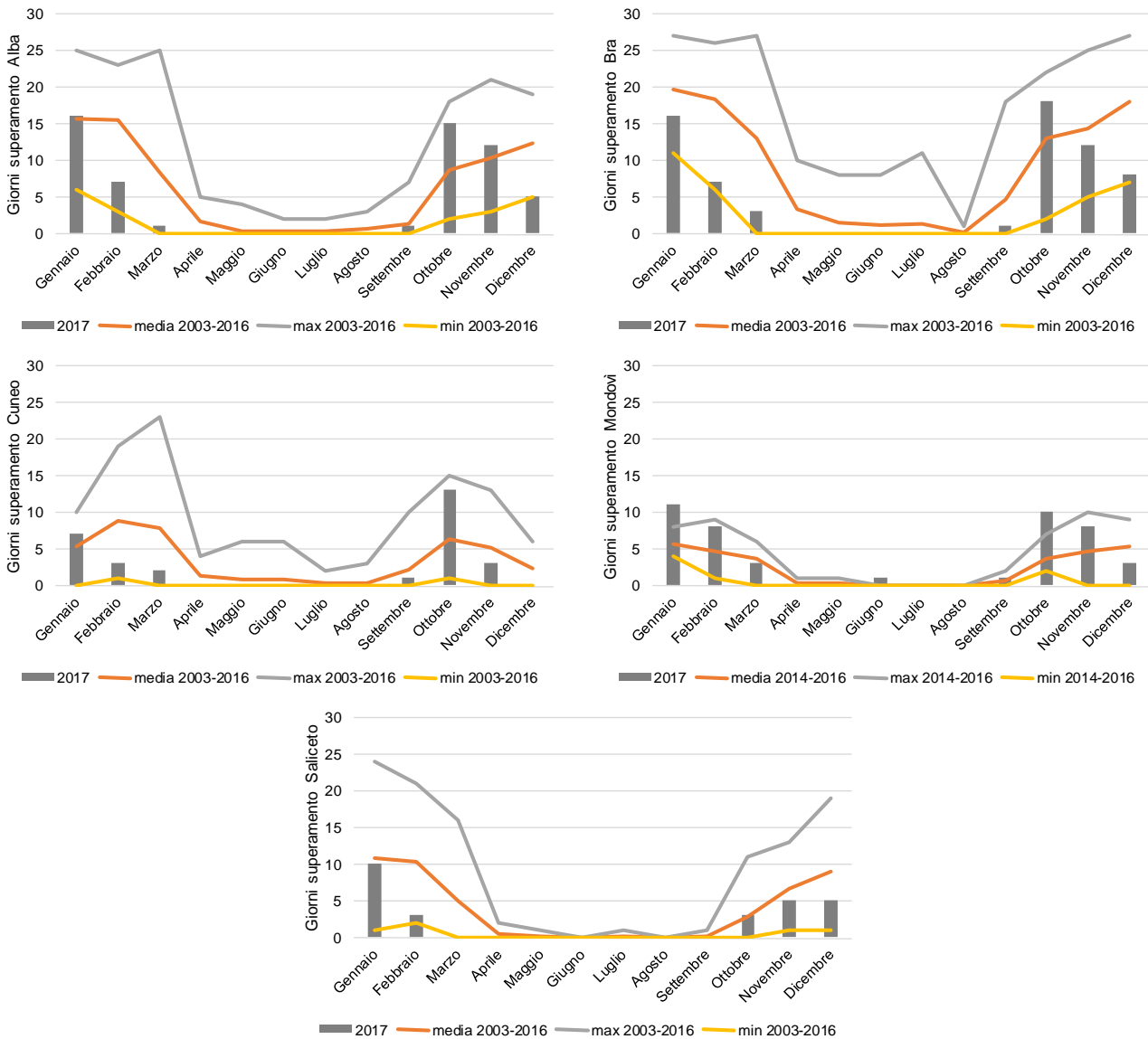


Figura 16) Numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei  $PM_{10}$  per le diverse stazioni della provincia di Cuneo.

Ritornando ai grafici di figura 16 si può anche osservare come i superamenti che si riscontrano presso le stazioni della zona nord della provincia di Cuneo (Alba e Bra) siano generalmente più numerosi di quelli registrati dalle stazioni della zona sud. Le differenze dei numeri di giorni di pioggia tra le due zone (grafici di figura 17) risultano tuttavia molto contenute o comunque non tali da spiegare le differenze riscontrate tra i superamenti.

Se la variabilità spaziale tra le due zone considerate è limitata per le precipitazioni atmosferiche, risulta invece essere molto elevata per la ventosità: i giorni con velocità del vento superiore a 1.5 m/s sono molto più numerosi nella zona sud della provincia rispetto alla zona nord (figura 18).

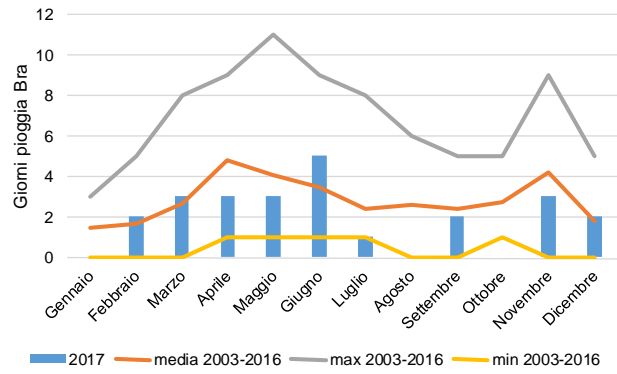
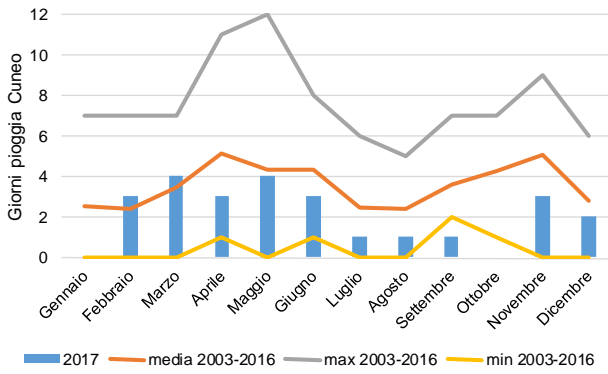


Figura 17) Numero di giorni con precipitazioni  $\geq 5$  mm registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Cascina vecchia (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

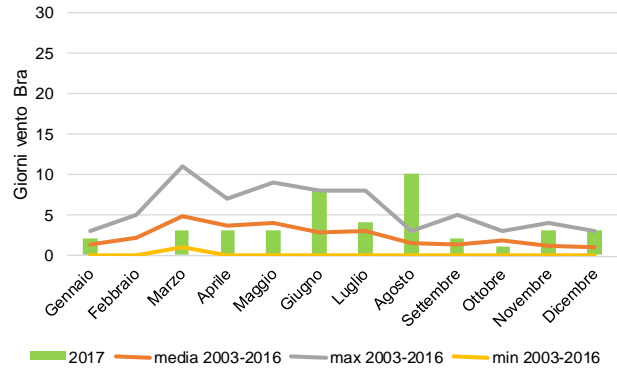
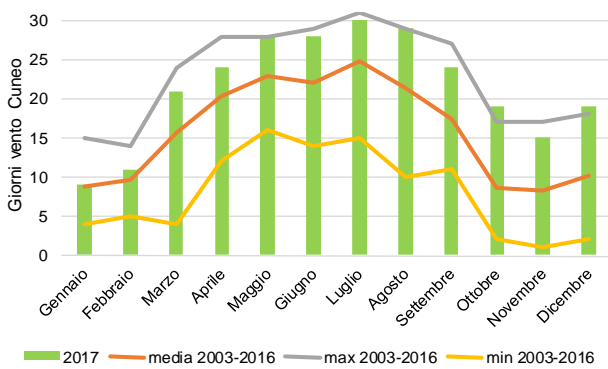


Figura 18) Numero di giorni con velocità media del vento  $> 1.5$  m/s registrati dalle stazioni meteo di Cuneo Camera di Commercio (sinistra) e Bra museo Craveri (destra).

In che modo il vento influenzi le concentrazioni delle polveri sottili si può appurare dai grafici della figura 19, dove sia per Cuneo (a sinistra) che per Bra (a destra), sono rappresentate con box plots le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  del 2017 suddivise nelle due categorie: giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s e giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s. Per entrambi i siti è evidente la differenza, statisticamente significativa, tra i livelli di  $PM_{10}$  registrati nelle due tipologie di giornate considerate.

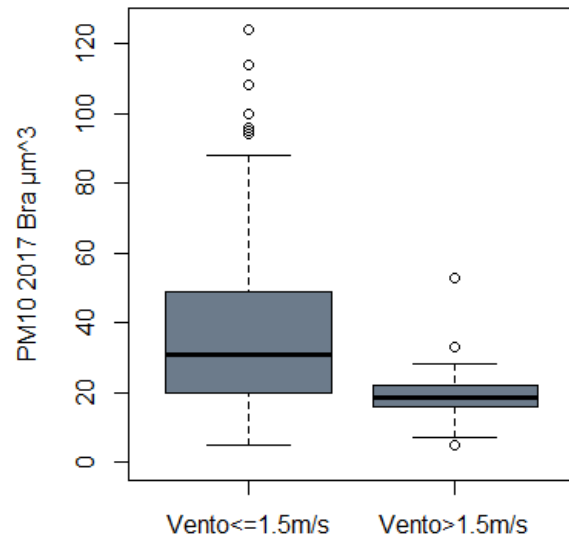
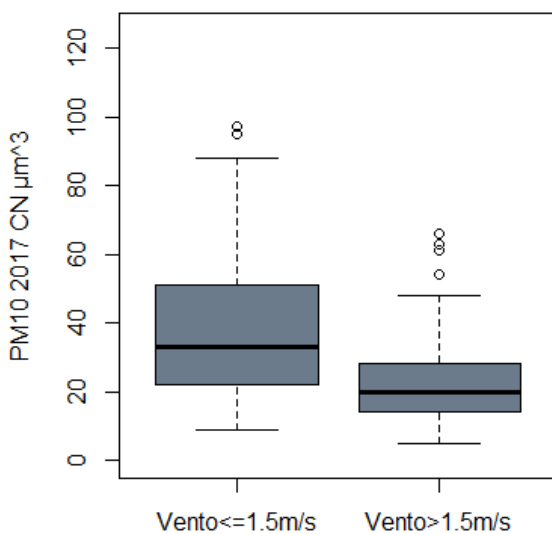


Figura 19) Box plots delle concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  di Cuneo (a sinistra) e Bra (a destra) dell'anno 2017 suddivise tra giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s e giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s.

I grafici a box non esplicitano però l'informazione sul numero di dati rispettivamente presenti nelle due categorie di giornate individuate, pertanto gli stessi dati sono stati elaborati con grafici ad istogramma: nella figura 20 sono rappresentati i numeri di giorni in cui sono state registrate, presso la stazione di Cuneo, le diverse classi di concentrazioni di PM<sub>10</sub> per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale ad 1.5 m/s (a sinistra) e giornate con velocità media del vento superiore ad 1.5 m/s (a destra). Le stesse elaborazioni sono state fatte per i dati della stazione di Bra e rappresentate con gli istogrammi di figura 21.

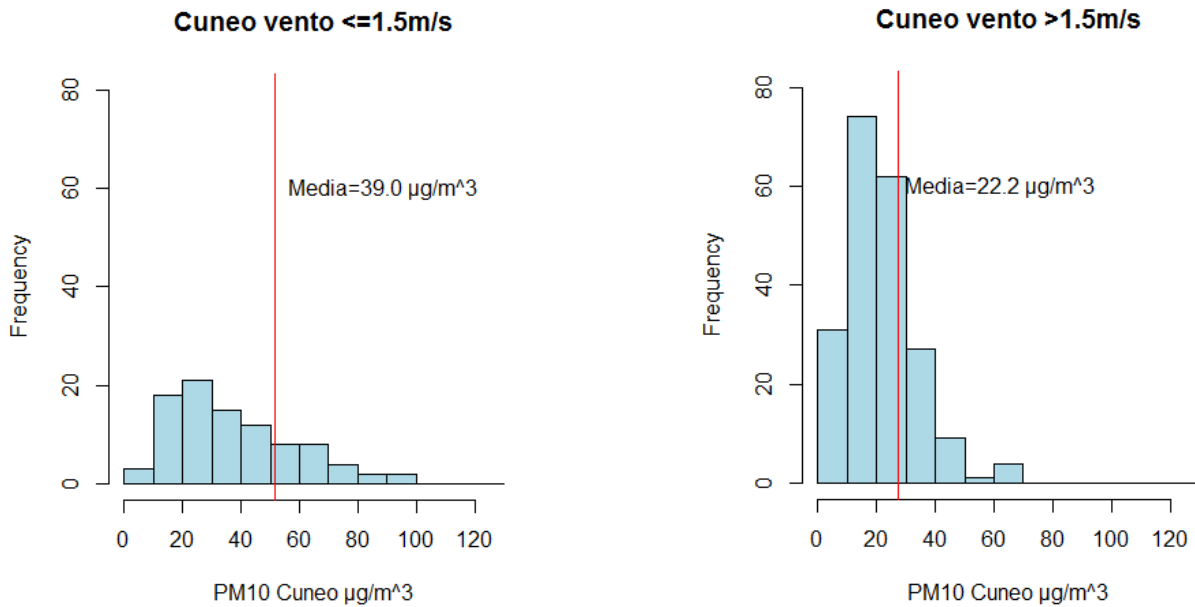


Figura 20) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> di Cuneo dell'anno 2017 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

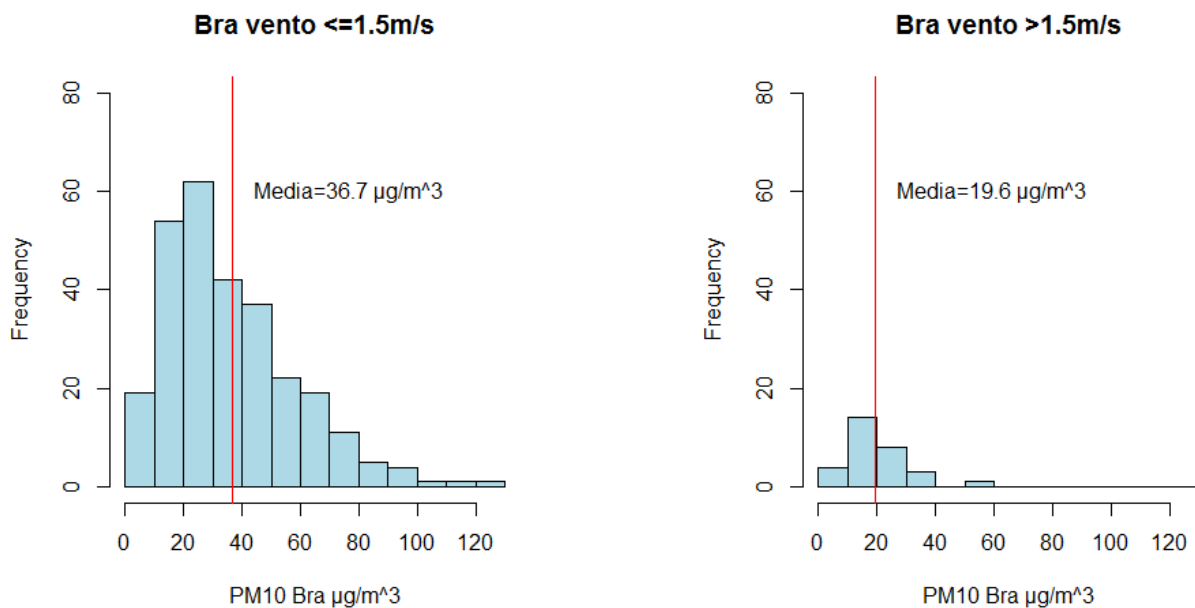


Figura 21) Istogrammi delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> di Bra dell'anno 2017 per le giornate con velocità media del vento inferiore o uguale a 1.5 m/s (a sinistra) e superiore a 1.5 m/s a destra (sono state escluse dalle valutazioni le giornate con precipitazioni nel giorno stesso o nel giorno precedente).

Come si può osservare dagli istogrammi delle due stazioni, il vento presenta la stessa efficacia nella rimozione delle polveri in entrambe le zone, porta infatti la concentrazione media dei giorni con vento superiore a 1.5 m/s ad un valore molto simile per i due siti. 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 30 a Bra, più di 200 a Cuneo.

Al contrario delle giornate ventose o con precipitazioni atmosferiche, i periodi caratterizzati da alta pressione persistente, assenza di precipitazioni e scarsa ventilazione favoriscono, grazie alla conformazione orografica del bacino padano, il progressivo accumulo degli inquinanti che tendono a distribuirsi in modo piuttosto omogeneo al suo interno. Nella parte in alto di figura 22 è riportata l'immagine ripresa il 18 ottobre 2017 dal satellite MODIS, dove, grazie anche all'assenza di copertura nuvolosa, è visibile in modo chiaro, sotto forma di nebbiolina grigia, l'inquinamento da polveri sottili che si stava progressivamente accumulando nella pianura padana da più di dieci giorni consecutivi di assenza di fenomeni di rimozione. Sull'immagine sono state riportate le concentrazioni di PM<sub>10</sub> (PM<sub>2.5</sub> per Staffarda) rilevate nello stesso giorno dalle stazioni della rete.

Nell'immagine in basso, relativa al giorno seguente, in modo meno evidente a causa della presenza di copertura nuvolosa in quota, si può vedere come, al di sotto delle nuvole lo strato di nebbiolina grigia avesse ridotto ulteriormente la visibilità rispetto al giorno precedente. Tale peggioramento è confermato dai dati di concentrazione misurati dalle stazioni della rete, che risultano ulteriormente aumentate rispetto alla situazione già critica del giorno precedente, ed evidenziano il superamento del limite normativo in tutte le stazioni ad eccezione della stazione di Saliceto. Tale sito, sicuramente grazie alla sua posizione a margine del bacino padano e rivolta verso la Liguria, non ha risentito delle condizioni di accumulo degli inquinanti che hanno caratterizzato il mese di ottobre 2017, ed hanno determinato in tutte le altre stazioni un numero di superamenti superiore alla media (si veda pag. 18 e figura 16).

Si può pertanto concludere che le precipitazioni sono processi fondamentali per determinare l'abbattimento delle polveri e la loro assenza in lunghi periodi del 2017 ha contribuito a determinare le criticità riscontrate per i livelli di PM<sub>10</sub>. Le precipitazioni non presentano però una variabilità spaziale che possa essere responsabile delle attuali differenze rilevate nei livelli di polveri sottili tra la zona nord e la zona sud della provincia. Si è riscontrato invece che 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.

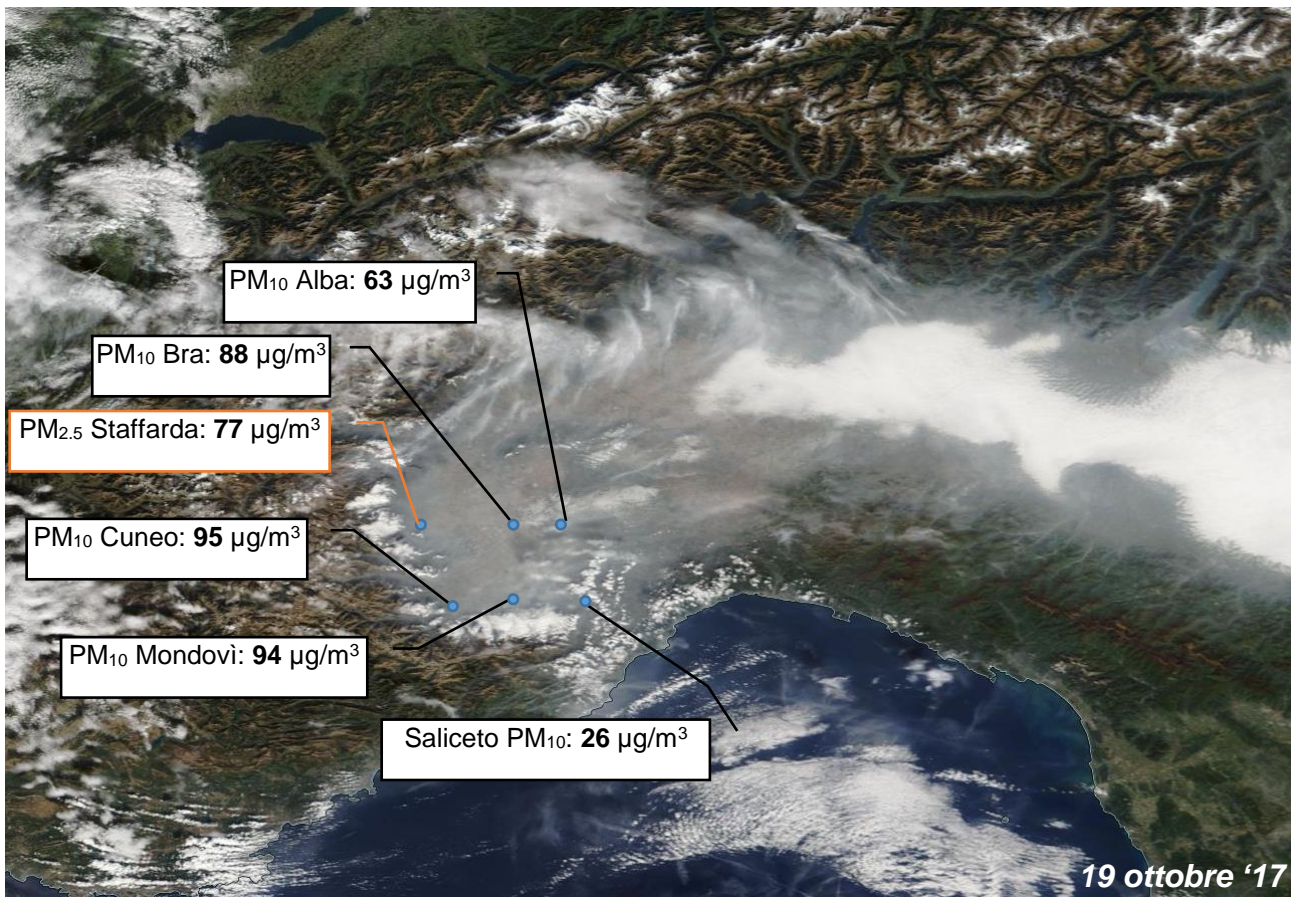
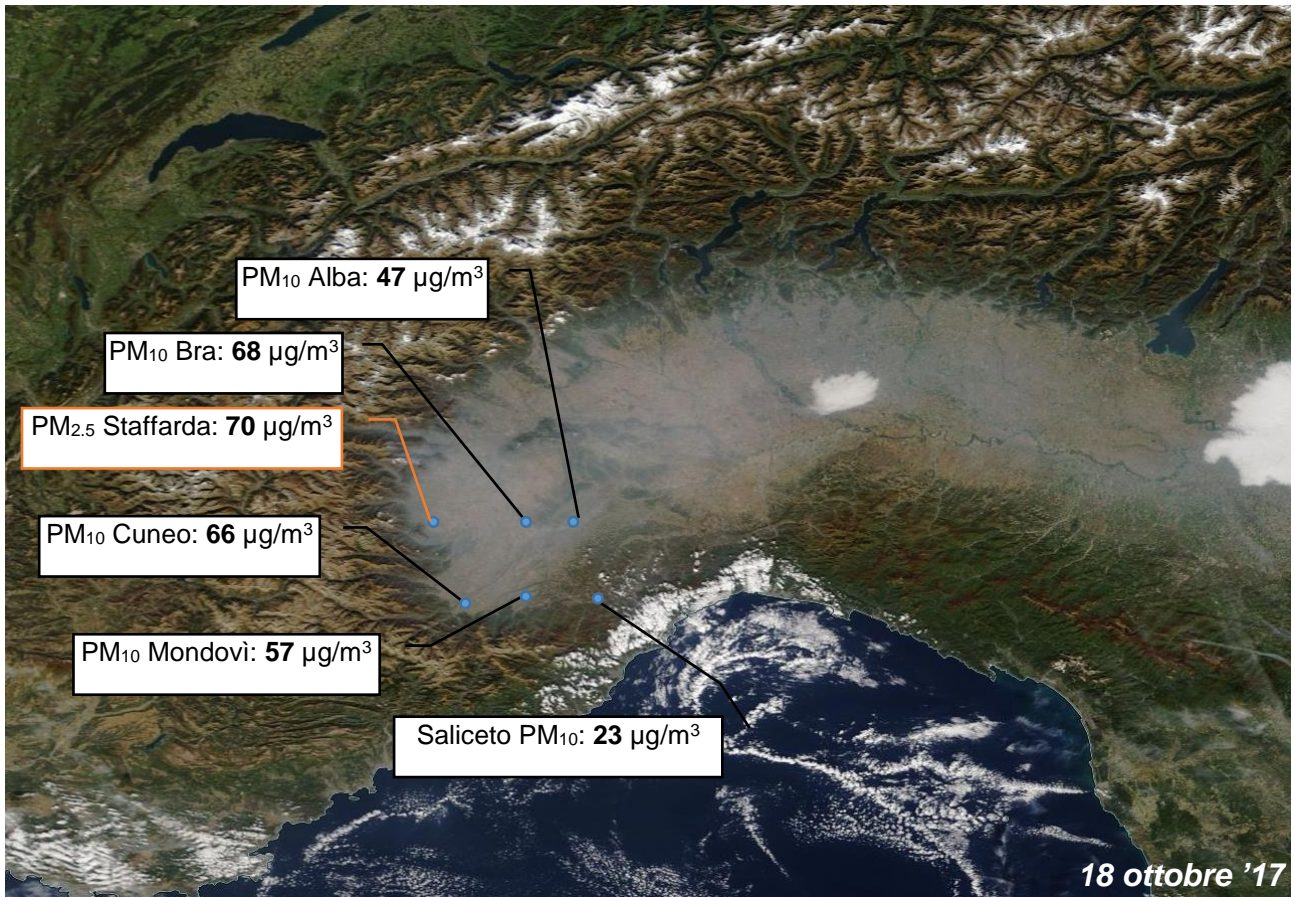


Figura 22) Immagini satellite MODIS del 18 e 19 ottobre 2017. Fonte: NASA Worldview <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

La presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche nelle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate dall'inizio del 2003, è stata valutata e quantificata utilizzando 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).

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

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

Nonostante l'aumento delle concentrazioni che si è verificato nel 2017, i trend complessivi calcolati sull'intero periodo 2003 ÷ 2017 confermano riduzioni con elevata significatività statistica ( $p < 0.001$ ) delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> per tutte le stazioni. Tuttavia per il sito di Cuneo, l'aumento delle concentrazioni che in tale stazione si è verificato già a partire dal 2015, sta progressivamente riducendo il valore del trend (il valore massimo di riduzione, pari a -1.1 µg/m<sup>3</sup>/anno è relativo al periodo 2003 ÷ 2014).

Nella tabella 5 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) del periodo 2003 ÷ 2017 e per i relativi intervalli di confidenza. La variazione maggiore è riscontrata nel sito di Bra, che è però partito da livelli più elevati di PM<sub>10</sub>. Tuttavia anche la variazione percentuale, indicata nella stessa tabella e rappresentata graficamente per ogni stazione nella figura 23, che rende più significativo il confronto tra stazioni caratterizzate da livelli differenti di concentrazioni, è maggiore in tale sito. La percentuale di riduzione riscontrata nel sito di Cuneo è analoga a quella riscontrata a Saliceto, mentre quella di Alba è la più contenuta.

STAZIONE	Variazione annua (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale (%/anno)	TREND PM10
ALBA	-0.85 [-1.08, -0.66]	-2.05 [-2.49, -1.67]	<b>Decrescente</b>
BRA	-1.69 [-1.96, -1.42]	-3.08 [-3.49, -2.69]	<b>Decrescente</b>
CUNEO	-0.88 [-1.07, -0.69]	-2.65 [-3.07, -2.20]	<b>Decrescente</b>
SALICETO	-0.9 [-1.12, -0.73]	-2.60 [-3.06, -2.21]	<b>Decrescente</b>

Tabella 5) Trend stimati delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> sul periodo 2003÷2017 (significatività statistica  $p < 0.001$ ).

<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).

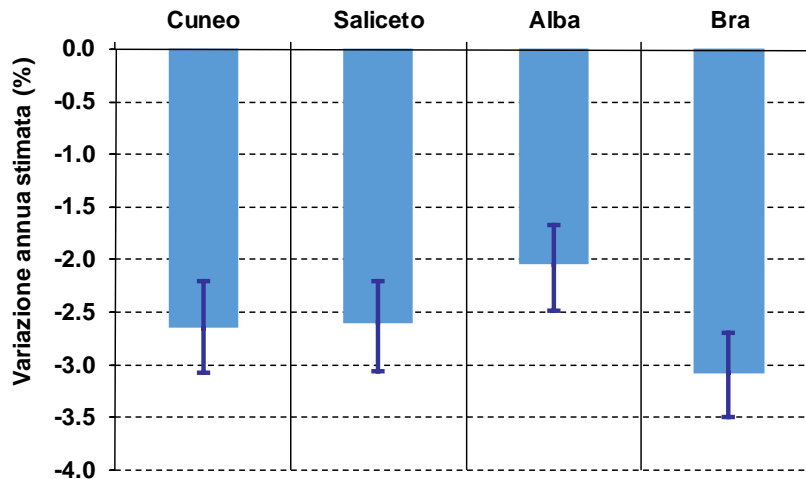


Figura 23) Variazione annua media stimata (in percentuale) delle concentrazioni di  $PM_{10}$ . Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

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

I risultati, riportati nei grafici della figura 24 per ciascuna stazione attiva dal 2003, rappresentano le medie dei  $PM_{10}$  dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio) di ciascun anno. Per ogni grafico la linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%, mentre in alto ed in verde è riportata la variazione percentuale media per anno e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

La serie storica analizzata comprende i dati dal gennaio 2003 al febbraio 2018. L'ultimo trimestre invernale comprende pertanto i mesi di dicembre 2017, gennaio e febbraio 2018.

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

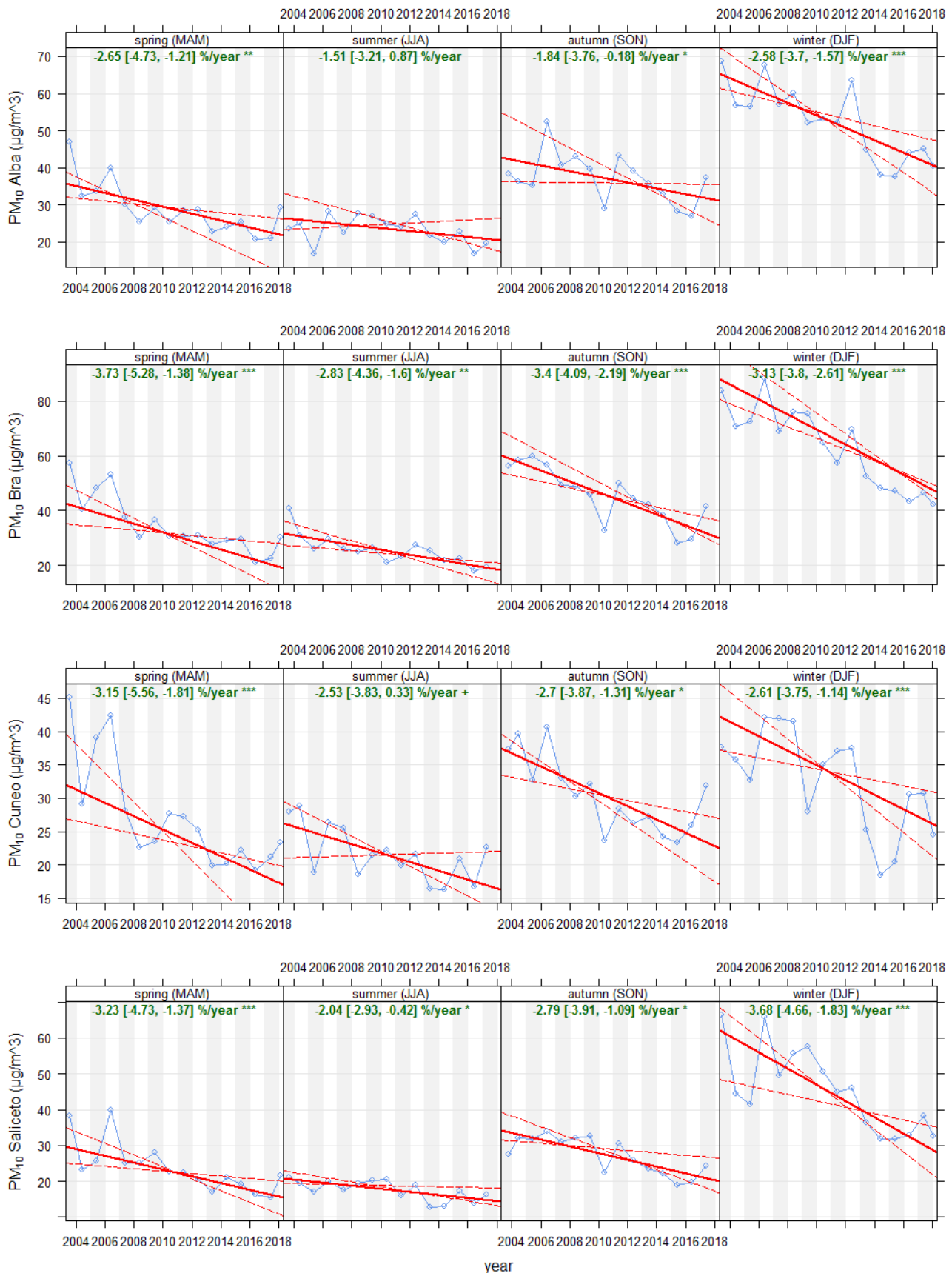


Figura 24) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di PM<sub>10</sub> sul periodo gennaio 2003 ÷ febbraio 2018 (significatività statistica: “\*\*\*\*” = p<0.001; “\*\*\*” = p<0.01; “\*\*” = p<0.05; “+” = p<0.1).



Evidenze delle riduzioni delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> sono chiaramente rappresentate anche dai grafici di figura 25, dove si può vedere come, nei primi anni di misura i livelli di PM<sub>10</sub> fossero molto elevati e con differenze significative in tutti i siti, indici della presenza di differenti criticità emissive locali e come, progressivamente negli anni, le concentrazioni si siano ovunque ridotte portando i livelli dei diversi siti di misura a valori prossimi tra di loro.

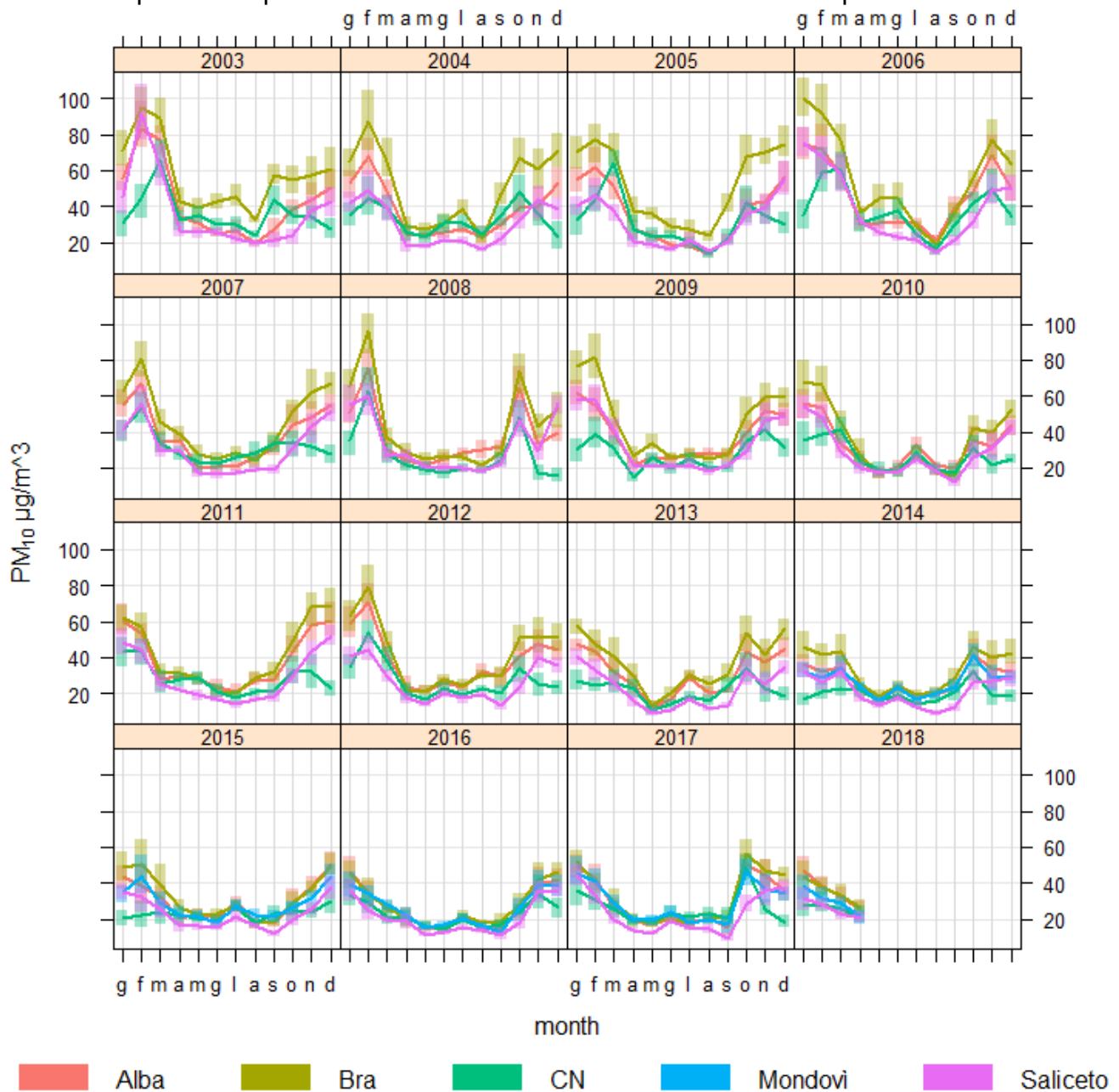


Figura 25) Concentrazioni medie mensili di PM<sub>10</sub> misurate dal gennaio 2003 all'aprile 2018 in tutte le stazioni della provincia di Cuneo (la banda colorata rappresenta l'intervallo di confidenza al 95%).

Tali riduzioni sono sicuramente attribuibili alle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti progressivamente messe in campo sulle diverse tipologie di sorgenti, in particolare grazie alle nuove e migliori tecnologie adottate nelle industrie, negli impianti di combustione e nei motori.

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, questi sforzi, purtroppo non sono ancora sufficienti a far rientrare i livelli della zona nord della provincia (rappresentata dalle stazioni di Alba e Bra) al di sotto dei limiti stabiliti dalla normativa al fine di evitare, prevenire o ridurre

gli effetti nocivi per la salute umana. Per pervenire a tale rispetto occorrerà continuare ad agire in modo sempre più omogeneo e su ampia scala spaziale, migliorando anche le emissioni provenienti dalla combustione di biomassa ed agendo sulle sorgenti di inquinanti precursori, in particolare la zootecnia ed il traffico.

## PM<sub>2.5</sub>

Il 2017 è il settimo anno completo di dati della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM<sub>2.5</sub>, frazione “fine” o “respirabile”) misurato presso la stazione di Cuneo, ed il quarto anno per le stazioni di Mondovì e Staffarda. Mentre per le stazioni di Cuneo e Mondovì viene eseguita la determinazione, con tecnica gravimetrica, sia del PM<sub>2.5</sub> che del PM<sub>10</sub>, nella stazione di fondo rurale di Revello Staffarda è eseguita la misura della sola frazione fine, con misuratore automatico a raggi beta.

La normativa vigente per la qualità dell'aria stabilisce per questa frazione delle polveri un limite sulla media annua pari a 25 µg/m<sup>3</sup>.

Nella figura 26 sono rappresentate le concentrazioni medie misurate nei rispettivi anni di campionamento del PM<sub>2.5</sub> presso le tre stazioni e, per le stazioni di Cuneo e Mondovì, è riportato anche il confronto con le concentrazioni medie della frazione sottile (PM<sub>10</sub>).

I livelli più elevati di questo inquinante sono stati finora osservati presso la stazione di Staffarda, dove la media annua aveva superato il limite di 25 µg/m<sup>3</sup> stabilito per il PM<sub>2.5</sub> già nel 2015, e lo ha nuovamente superato nel 2017 con un valore medio pari a 27 µg/m<sup>3</sup>.

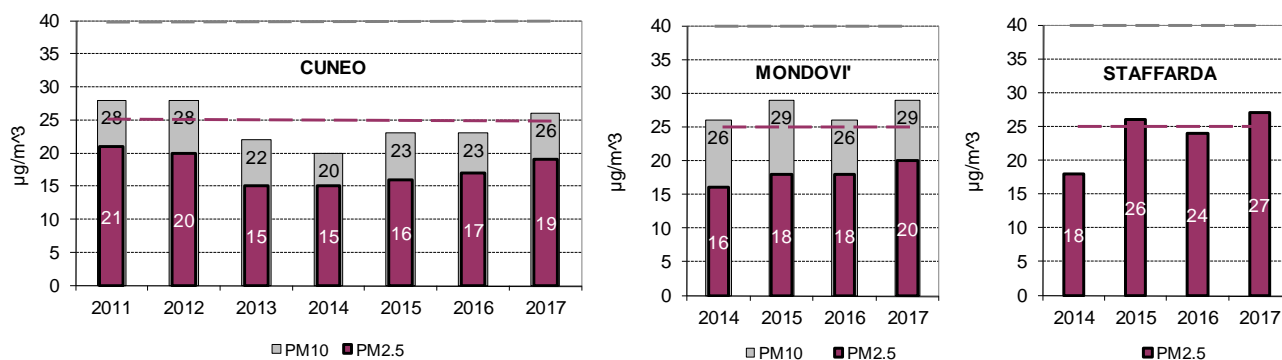


Figura 26) PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie annue a Cuneo, Mondovì e Staffarda (solo PM<sub>2.5</sub>).

Sebbene nella provincia di Cuneo la frazione fine sia monitorata in continuo solamente presso queste tre stazioni, in modo del tutto analogo al PM<sub>10</sub>, si può affermare che i livelli più elevati di PM<sub>2.5</sub> siano presenti nella zona nord della provincia di Cuneo, ovvero nella zona di pianura dove la conformazione orografica favorisce l'accumulo degli inquinanti e la formazione della componente secondaria; componente che rientra prevalentemente nella frazione più fine del particolato.

Questo è confermato dal confronto con i dati delle altre stazioni del Piemonte rappresentato con scale di colore nella mappa di figura 27. Analogamente a quanto evidenziato dalle mappe del PM<sub>10</sub>, le concentrazioni medie più elevate sono state infatti riscontrate nella zona centrale della regione.

A differenza del 2016 in cui il limite annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> era stato superato in una sola stazione del Piemonte, nel 2017 il superamento si è verificato in 8 delle 24 stazioni regionali in cui il PM<sub>2.5</sub> è stato monitorato.

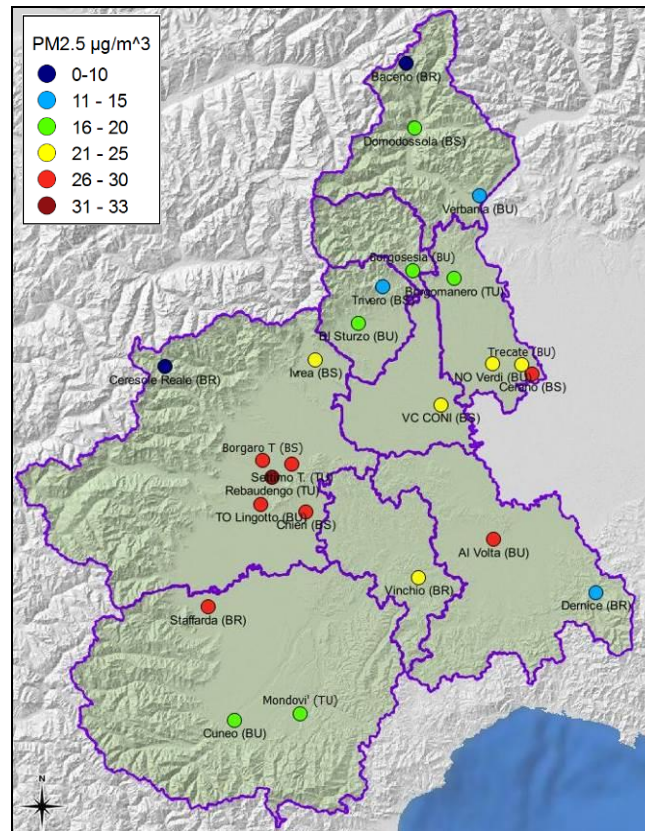


Figura 27)  $PM_{2.5}$ : concentrazioni medie dell'anno 2017 delle stazioni della Regione Piemonte (tra parentesi è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

Nella mappa della figura 28 per ogni stazione sono state rappresentate con scale di colore, le differenze tra la media del  $PM_{2.5}$  relativa all'anno 2017 e quella dell'anno 2016.

Dalla mappa emerge come nel 2017 la situazione sia peggiorata rispetto all'anno precedente in tutte le stazioni della regione (ad eccezione delle stazioni di Trecate nel vercellese). Come per il  $PM_{10}$ , gli aumenti maggiori di  $PM_{2.5}$  si sono verificati nella parte centrale della regione, ovvero nella zona già generalmente caratterizzata dai livelli di polveri più elevati.

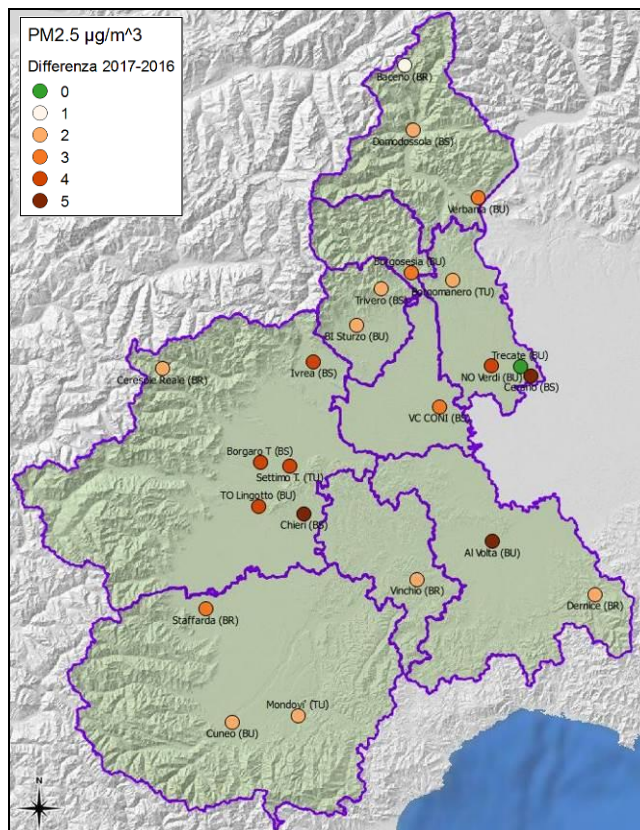


Figura 28)  $\text{PM}_{2.5}$ : differenza tra le concentrazioni medie dell'anno 2017 e quelle del 2016.

Tornando all'analisi dei dati delle tre stazioni della provincia di Cuneo, nei grafici della figura 29 sono rappresentate le medie mensili delle concentrazioni di  $\text{PM}_{2.5}$  misurate dal gennaio 2014 all'aprile 2018.

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

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

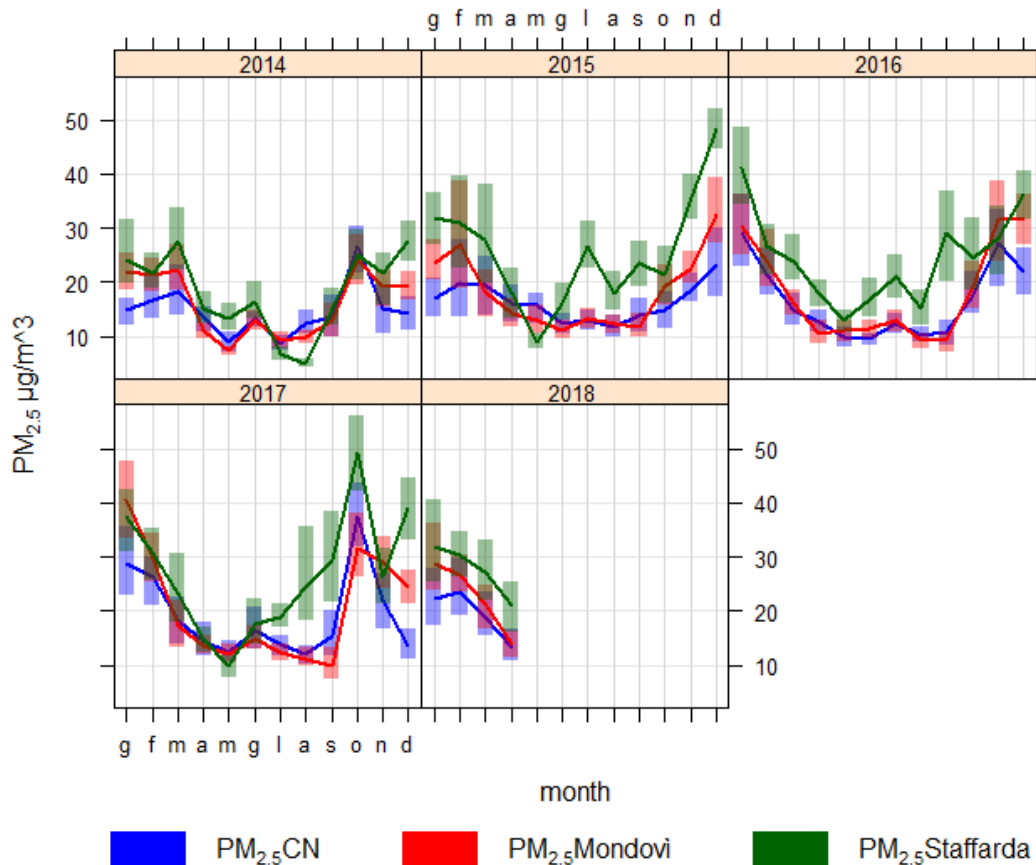


Figura 29)  $PM_{2.5}$ : medie mensili delle concentrazioni misurate a Cuneo, Mondovì e Staffarda dal gennaio 2014 all'aprile 2018.

Nei grafici di figura 30, per le stazioni di Cuneo e Mondovì, che misurano entrambe le frazioni del particolato, sono rappresentate le medie mensili delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  e della frazione grossolana ( $PM_{10}-PM_{2.5}$ ), ovvero quella con diametro compreso tra 2.5  $\mu m$  e 10  $\mu m$ .

In entrambe le stazioni si osserva come le variabilità stagionali delle concentrazioni di  $PM_{2.5}$  siano molto simili a quelle che contraddistinguono il  $PM_{10}$ . La correlazione tra frazione fine e sottile delle polveri (figura 31) è infatti significativa e molto forte in entrambi i siti, con una riduzione nel periodo estivo.

La frazione grossolana invece generalmente non subisce particolari variazioni stagionali<sup>12</sup>, presenta per lo più aumenti nei mesi estivi e siccitosi, quando è favorito il sollevamento di polvere dal suolo. La frazione grossolana della stazione di Mondovì presenta, rispetto a quella di Cuneo, concentrazioni maggiori e più variabilità. Ciò è verosimilmente attribuibile alla sua prossimità ad una strada caratterizzata da un elevato traffico veicolare, ed in particolare alla componente "non exhaust" del traffico, ovvero alle emissioni che non provengono dal tubo di scarico dei motori, ma che sono dovute all'usura di freni, pneumatici e alla risospensione delle polveri depositate al suolo che il passaggio dei veicoli determina.

Le medie mensili dei rapporti  $PM_{2.5}/PM_{10}$  (figura 32) assumono proprio per questo valori differenti per le due stazioni, con valori più elevati nella stazione di fondo. Per entrambi i siti la percentuale di particolato fine ( $PM_{2.5}$ ) presente nel  $PM_{10}$  è maggiore nel periodo invernale.

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

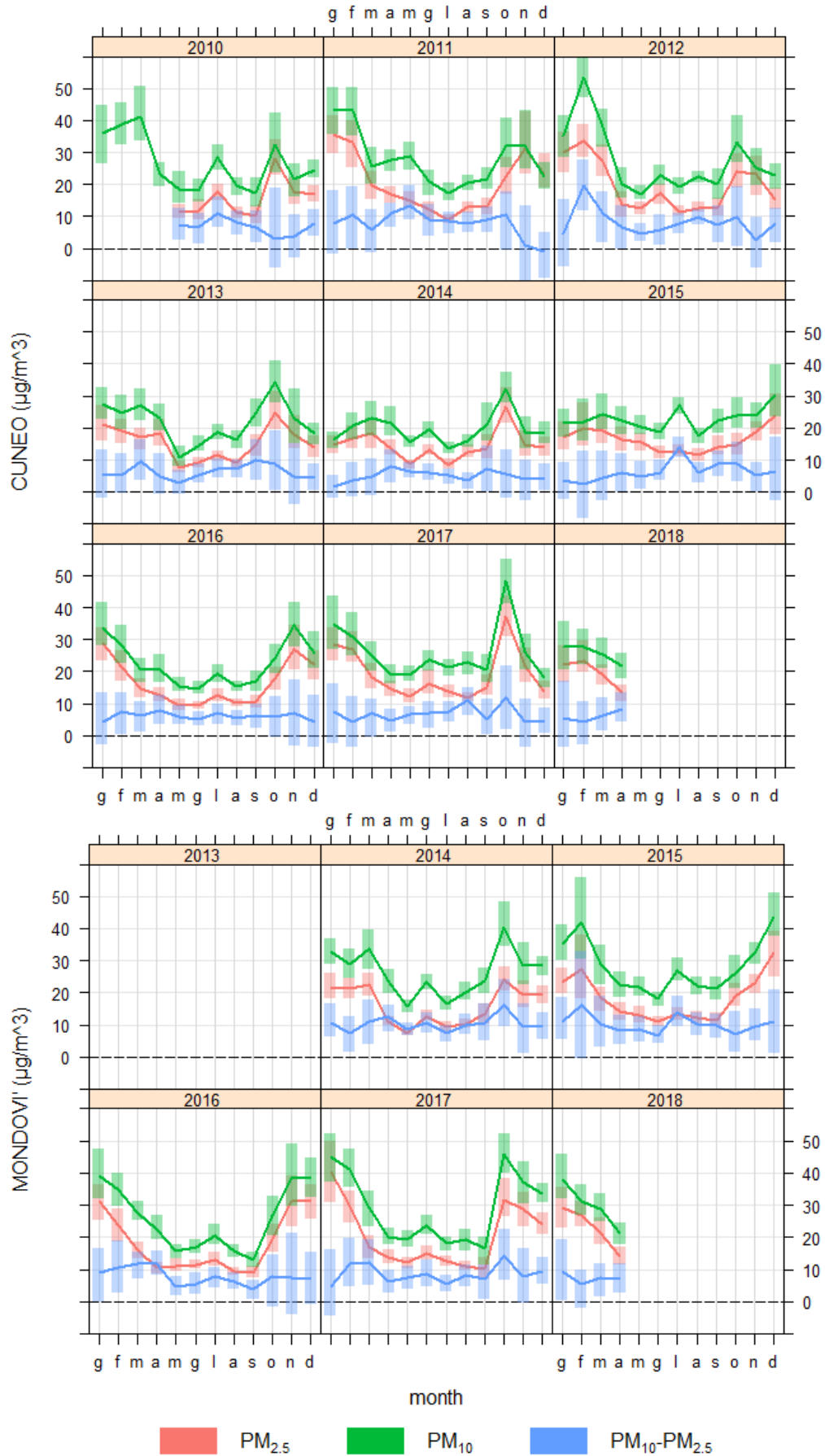


Figura 30) Medie mensili delle concentrazioni della frazione “fine” (PM<sub>2.5</sub>), “sottile” (PM<sub>10</sub>) e “grossolana” (PM<sub>10-PM<sub>2.5</sub></sub>) misurate a Cuneo e Mondovì.

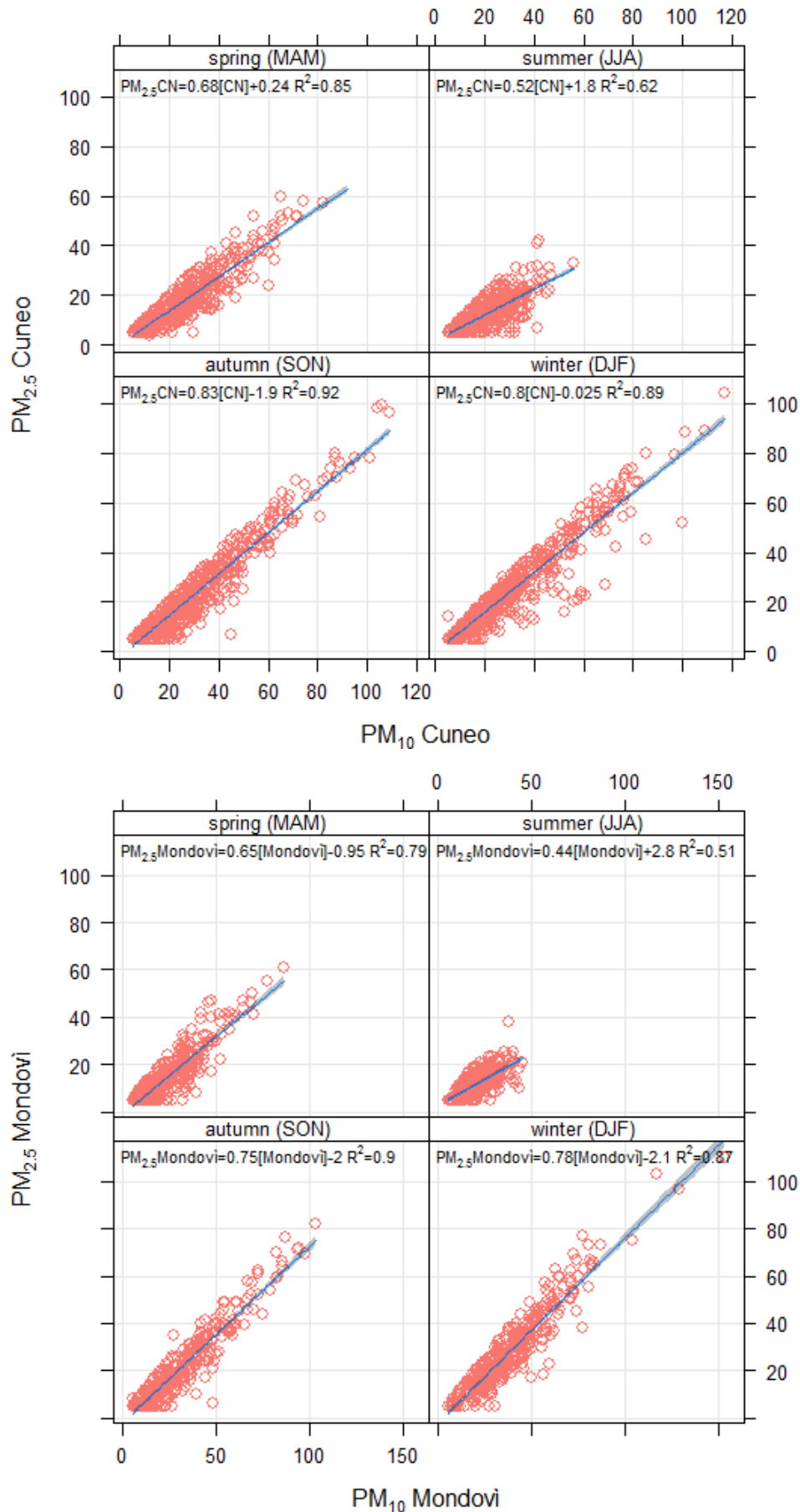


Figura 31) Grafici a dispersione e regressioni lineari tra le concentrazioni giornaliere di PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> suddivisi per stagione.



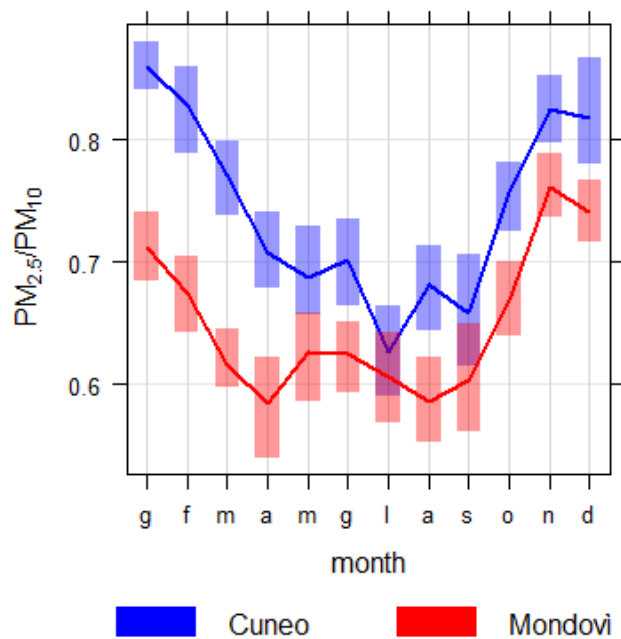


Figura 32) Medie mensili dei rapporti tra le concentrazioni della frazione “fine” (PM<sub>2.5</sub>) e “sottile” (PM<sub>10</sub>) misurate a Cuneo e a Mondovì dal 2014 al 2017.

## 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 33 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 si è risolta su tutto il territorio della provincia, seguito da una riduzione graduale e più lenta che negli ultimi tre anni sembra essersi arrestata.

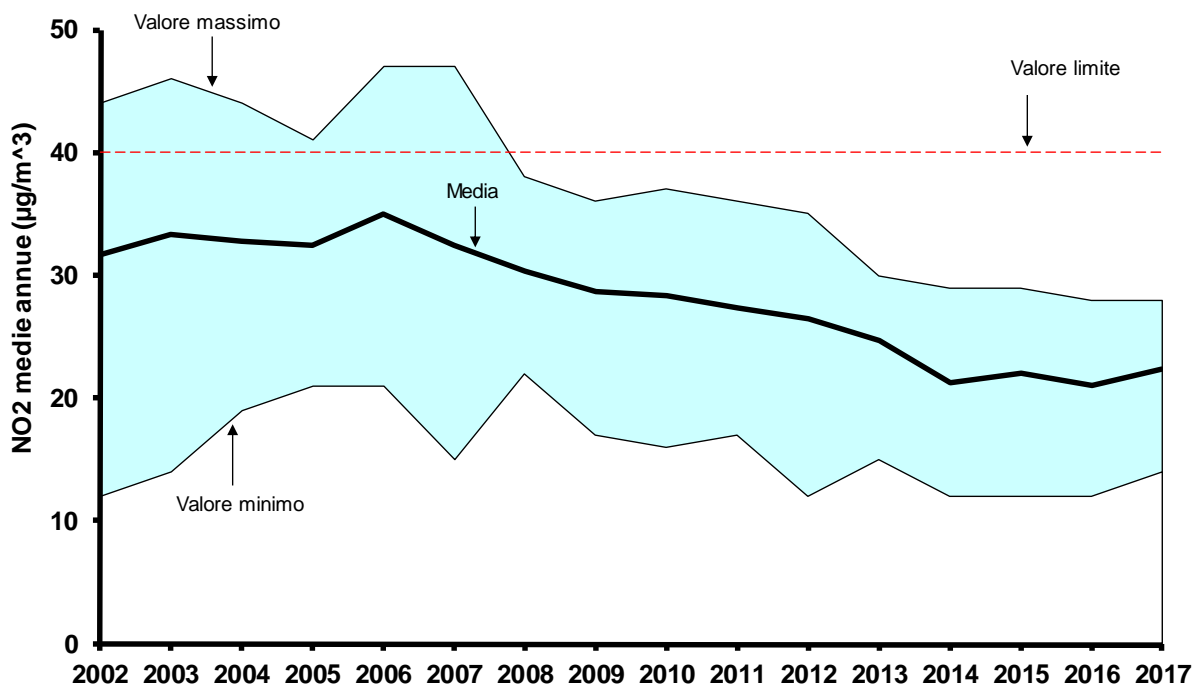


Figura 33) NO<sub>2</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni della provincia.

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

Il dettaglio delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto rilevate in tutte le stazioni della rete provinciale attive nel 2017 sono riportate, nel grafico sottostante, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

Il 2017 è stato il quarto anno completo di dati per le stazioni di traffico urbano di Mondovì Aragno e di fondo rurale di Revello Staffarda. Nel grafico sono state affiancate, per Mondovì,

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

Rispetto all'anno precedente, nel 2017 le medie annue sono aumentate in tutte le stazioni, ad eccezione di quelle di Cuneo e Mondovì Aragno. In quest'ultima stazione, che risulta fortemente condizionata dalla prossimità alla strada statale 28 e dalle emissioni dei veicoli che vi transitano, la media si mantiene come valore più elevato della rete. Il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è tuttavia rispettato anche in questo sito.

Per la prima volta le medie annue delle stazioni della provincia di Cuneo hanno assunto lo stesso valore nelle diverse stazioni urbane ( $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , eccezione a Mondovì:  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e nelle stazioni rurali ( $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

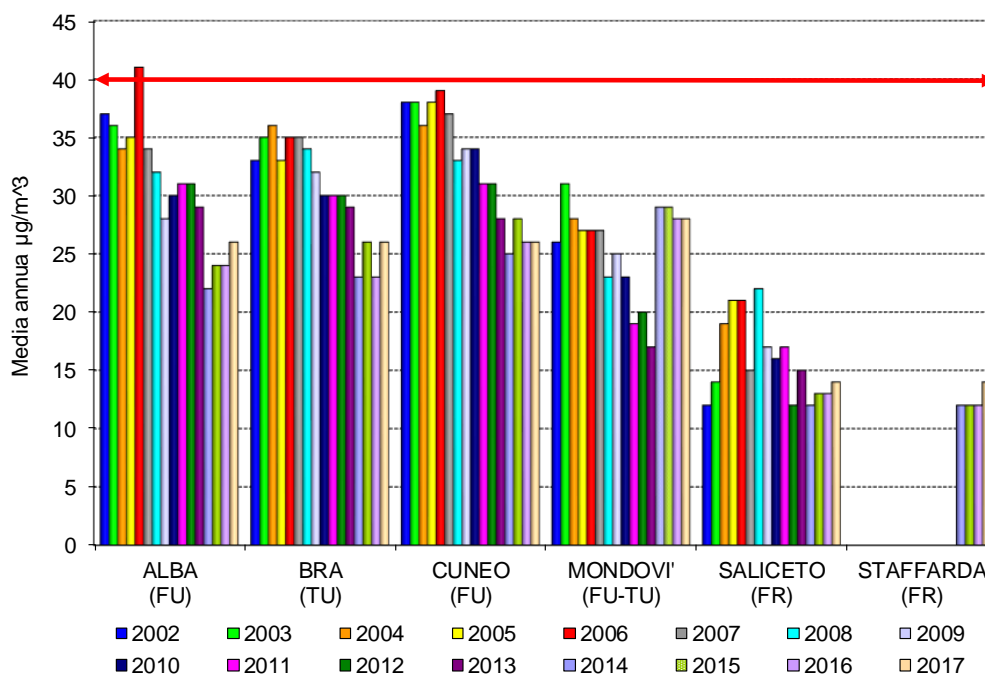


Figura 34) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie annue confrontate con il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sulle ascisse, dopo il nome, è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, FU=Fondo Urbana, FR=Fondo Rurale).

Il limite orario di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , per la quale la normativa ammette 18 superamenti per anno civile, è stato ampiamente rispettato anche nel 2017 in tutti i siti della provincia.

Per avere dei riferimenti relativi al rispetto di tale limite, nella pagina seguente per ogni stazione sono rappresentati i valori delle massime concentrazioni orarie di ogni anno (figura 35) e, nella figura 36, i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile). Nonostante gli aumenti che i livelli di tale indicatore hanno subito in quasi tutte le stazioni nell'ultimo anno, essi si mantengono a valori pari o inferiori alla metà del limite normativo.

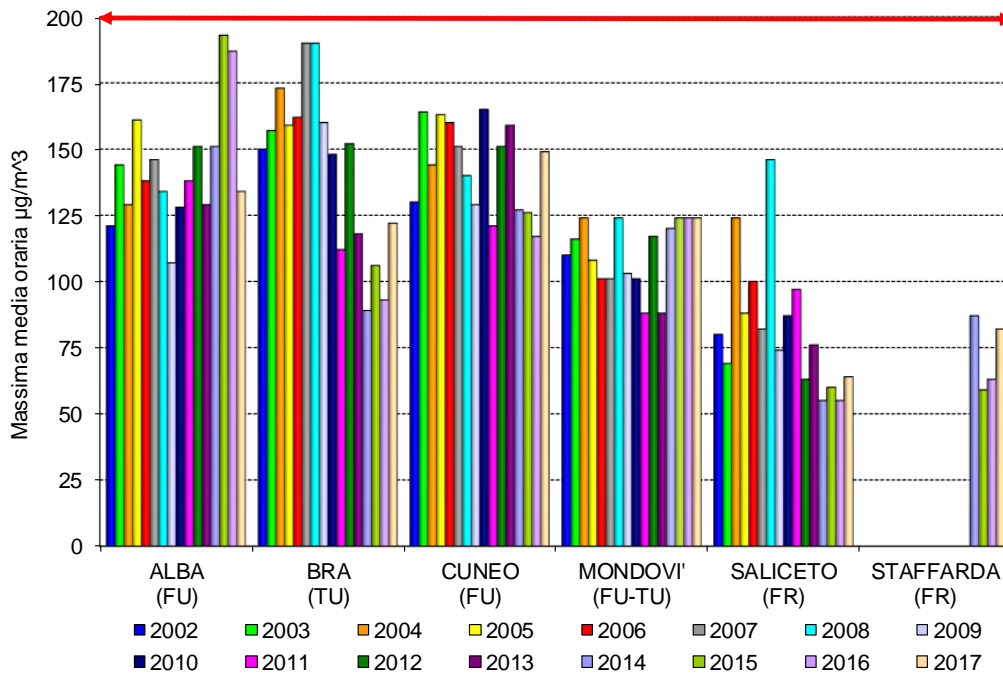


Figura 35) NO<sub>2</sub>: massime concentrazioni medie orarie confrontate col limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>

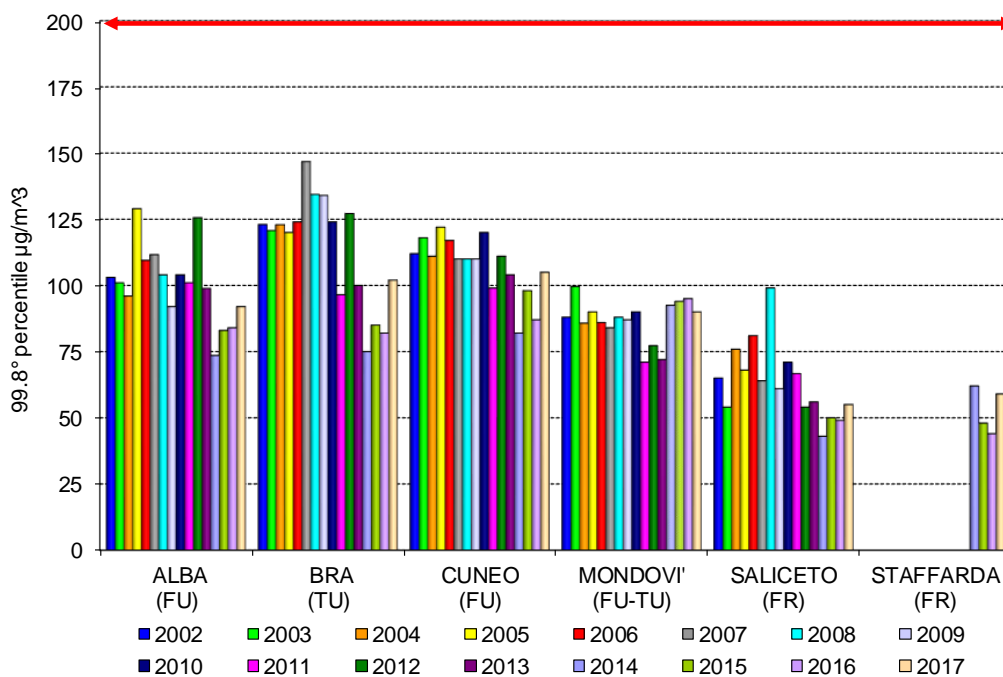


Figura 36) NO<sub>2</sub>: diciannovesime concentrazioni orarie più elevate di ciascun anno (99.8° percentile) confrontate con il limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>

Nella figura 37 sono rappresentate le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO<sub>2</sub> per le stazioni attive a partire dal 2002. Tali medie mobili, calcolate fino al marzo 2018, consentono di evidenziare le forti variazioni stagionali del parametro, caratterizzate, in assenza di anomalie emissive, da concentrazioni più elevate nella stagione fredda e minori nella stagione calda.

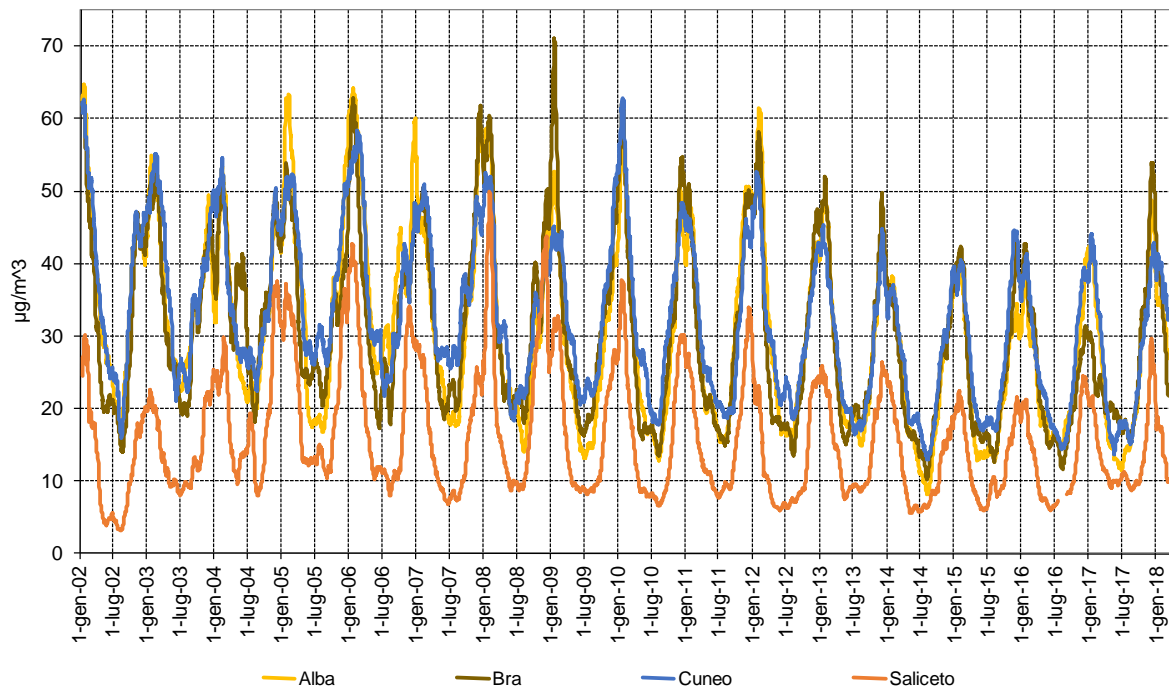


Figura 37) NO<sub>2</sub>: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere per le stazioni attive a partire dal 2002.

Il dettaglio sugli ultimi tre anni è rappresentato nella figura 38 dove sono stati inseriti anche i dati delle stazioni di Mondovì e Staffarda, attive a partire dal 2014.

Tra le peculiarità delle diverse stazioni che emergono dal grafico, per Mondovì-Aragno si evidenzia la presenza di picchi nei periodi estivi che innalzano le concentrazioni a livelli superiori a quelli delle altre stazioni, probabilmente determinati dalle emissioni locali del traffico. Un'altra anomalia estiva si verifica presso la stazione di Staffarda che, coerentemente con il fatto di essere una stazione di fondo rurale e analogamente all'altra stazione di fondo rurale di Saliceto, presenta un massimo con concentrazioni contenute nel periodo invernale, ma in ciascun anno presenta un secondo picco centrato nel mese di luglio, con livelli di concentrazioni non molto inferiori a quelli invernali (in particolare nell'estate 2017 le concentrazioni sono del tutto analoghe a quelle dell'inverno precedente). Tali livelli estivi sono verosimilmente riconducibili alle emissioni dei motori utilizzati, per estrarre l'acqua dai pozzi irrigui, nei dintorni della centralina dove è praticata la coltura del mais.

Tra le concentrazioni dell'inverno 2017-2018 emerge per tutte le stazioni, ad eccezione di quella di Cuneo, un elevato picco nel mese di dicembre seguito da un crollo delle concentrazioni nel mese di gennaio che potrebbe essere attribuito alle peculiarità meteorologiche del periodo ed in particolare alla rilevante differenza termica<sup>13</sup> tra il mese di dicembre '17, particolarmente freddo e ricco di precipitazioni nevose, ed il mese di gennaio '18, caratterizzato da un'anomalia termica positiva di +2.7°C.

<sup>13</sup>Il Clima in Piemonte – Inverno 2017/2018 Arpa Piemonte- sistemi previsionali – Aprile 2018  
[https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi\\_pdf/2018/climaInverno2018.pdf](https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi_pdf/2018/climaInverno2018.pdf)

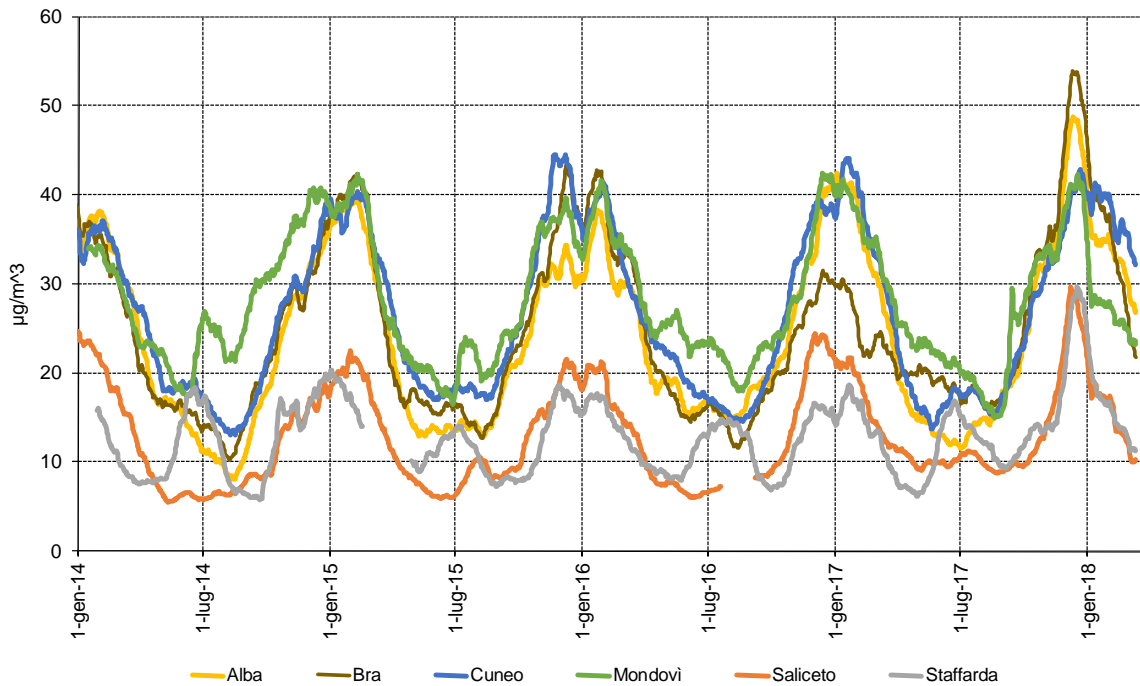


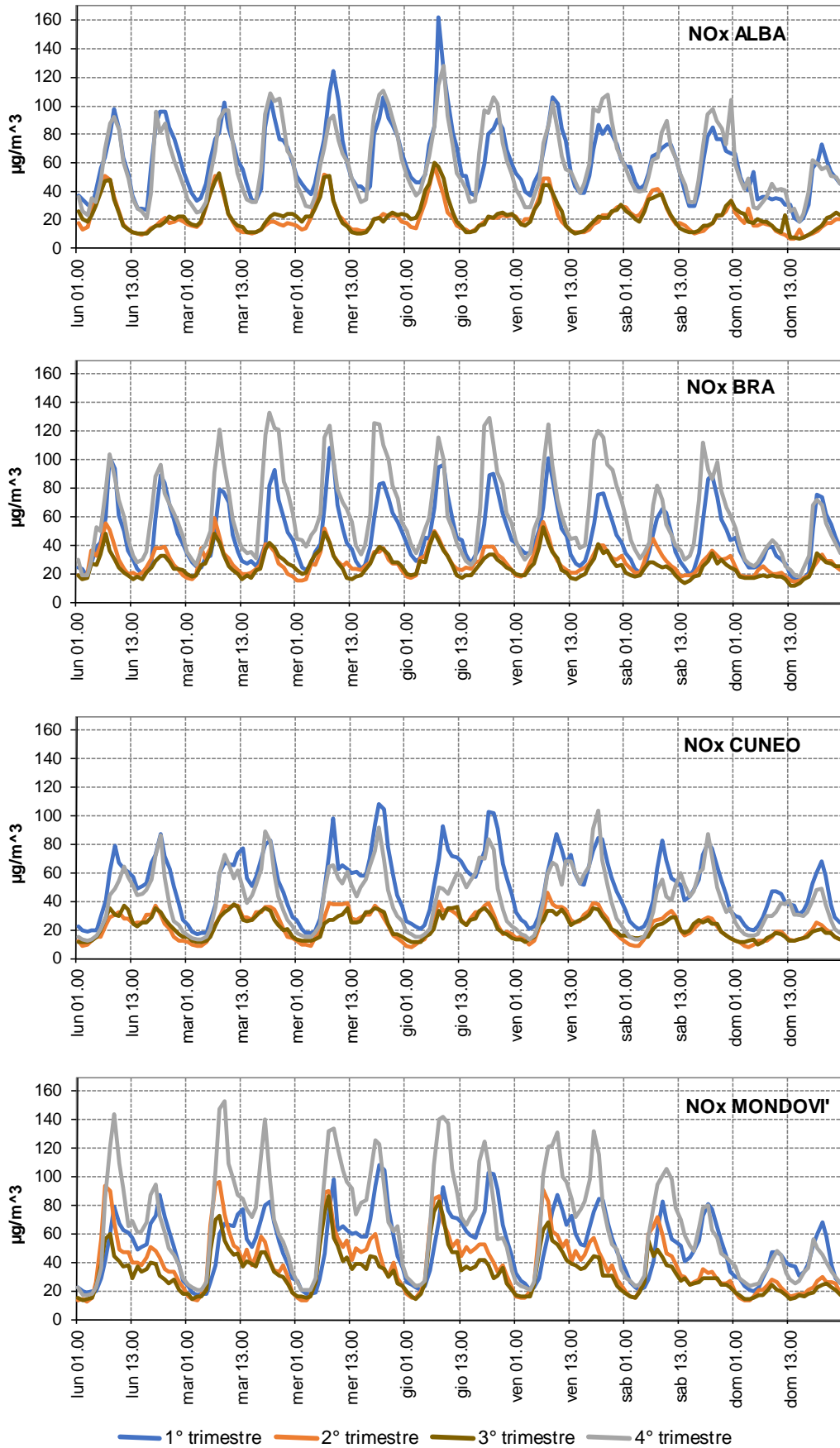
Figura 38) NO<sub>2</sub>: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere per le stazioni attive a partire dal 2014.

Siccome per gli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per ogni stazione sono state calcolate le “settimane medie” su base oraria dell’anno 2017, suddividendo i dati in trimestri e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana.

Le elaborazioni sono state eseguite sui dati orari degli ossidi totali di azoto, dati dalla somma di biossido e ossido di azoto e i risultati sono rappresentati in figura 39: oltre alle differenze tra i trimestri freddi e quelli caldi, sono ben visibili le modulazioni orarie delle concentrazioni legate direttamente alle attività antropiche, con picchi evidenti coincidenti con le ore di punta del traffico, concentrati generalmente intorno alle ore 8-9 del mattino e 18-20 di sera, ed in taluni casi anche intorno alle ore 12-13 (i grafici sono riferiti all’ora solare). Evidente per i siti urbani è la riduzione delle concentrazioni nelle domeniche.

L’influenza del traffico è particolarmente evidente per la stazione di Mondovi dove, anche nei due trimestri più caldi, le concentrazioni medie dei giorni feriali raggiungono valori elevati nelle ore di punta del traffico e si riducono nettamente durante le domeniche.

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



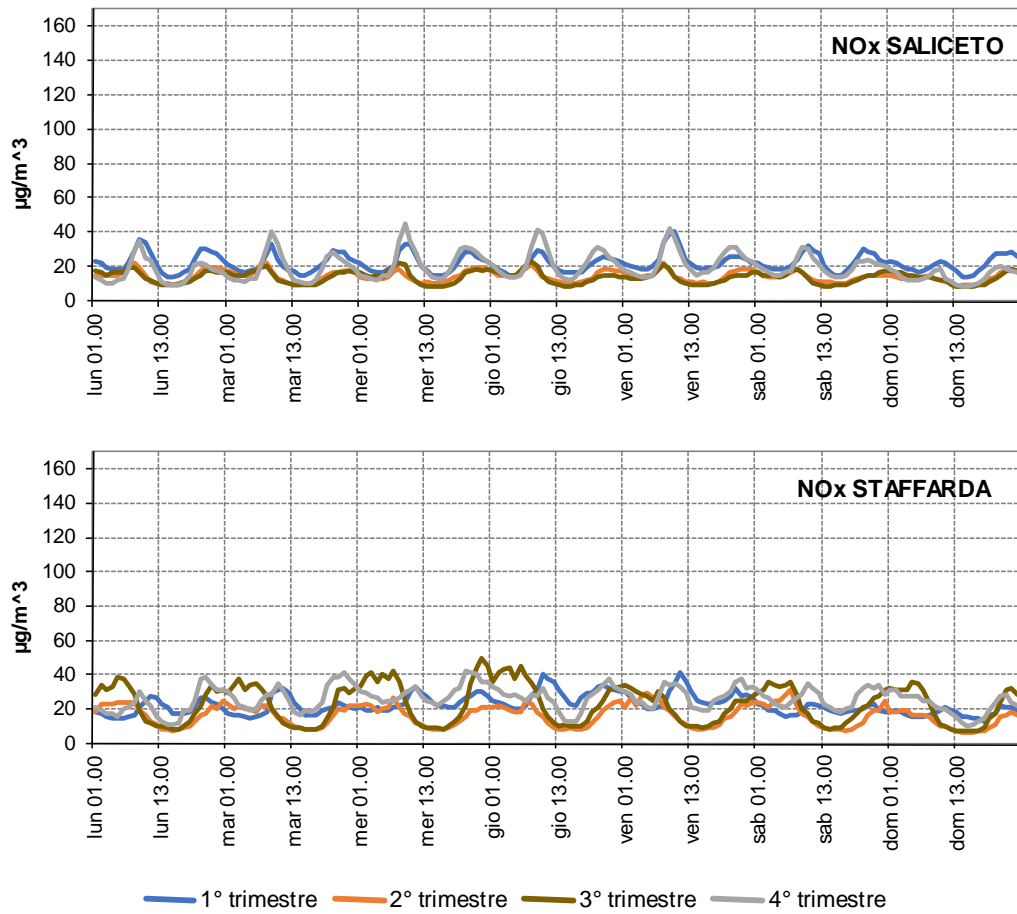


Figura 39) NO<sub>x</sub>: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2017



## La situazione regionale

La situazione regionale per il biossido di azoto per l'anno 2017 è illustrata nella figura 40 che, per le stazioni della rete regionale che hanno ottenuto più del 90% di dati validi, riporta in ordine decrescente le concentrazioni medie dell'anno con l'indicazione della tipologia di stazione e delle caratteristiche della zona in cui essa è posizionata. Ove disponibili tra parentesi sono indicate le concentrazioni dei due anni precedenti.

Rispetto al 2016, nel 2017 il 54% delle stazioni ha registrato un aumento della concentrazione media annua, ed in 5 stazioni da traffico urbano non è stato rispettato il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

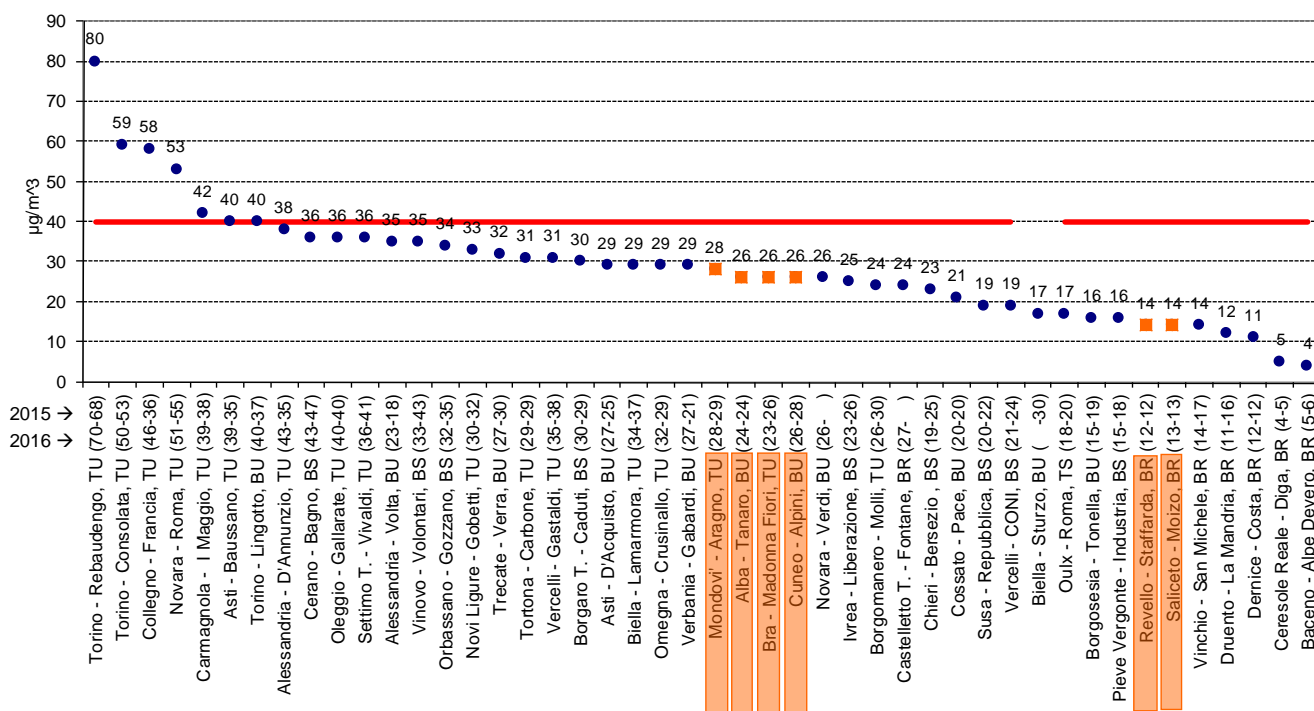


Figura 40)  $\text{NO}_2$ : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2017 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale; tra parentesi le concentrazioni medie del 2016 e del 2015; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

In modo analogo a quanto presente nel rapporto ISPRA<sup>14</sup> le valutazioni delle evoluzioni delle serie storiche sono state eseguite sia sulle concentrazioni di  $\text{NO}_2$  che su quelle di  $\text{NO}_x$ , intese come somma dei due ossidi  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}$ . È infatti importante valutare le tendenze anche degli  $\text{NO}_x$  sia perché sono precursori dell'ozono troposferico, sia perché, eventuali differenze nei trend degli ossidi complessivi, rispetto al solo biossido, potrebbero essere legate all'evoluzione del parco veicolare.

Nei grafici di figura 41 per ogni stazione sono confrontati gli andamenti delle medie mensili di  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$  dal gennaio 2003 al dicembre 2017. Interessante è la forte discontinuità presente nei dati di Mondovì dovuta allo spostamento della stazione da una zona di fondo ad una postazione di traffico avvenuto a fine 2013.

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

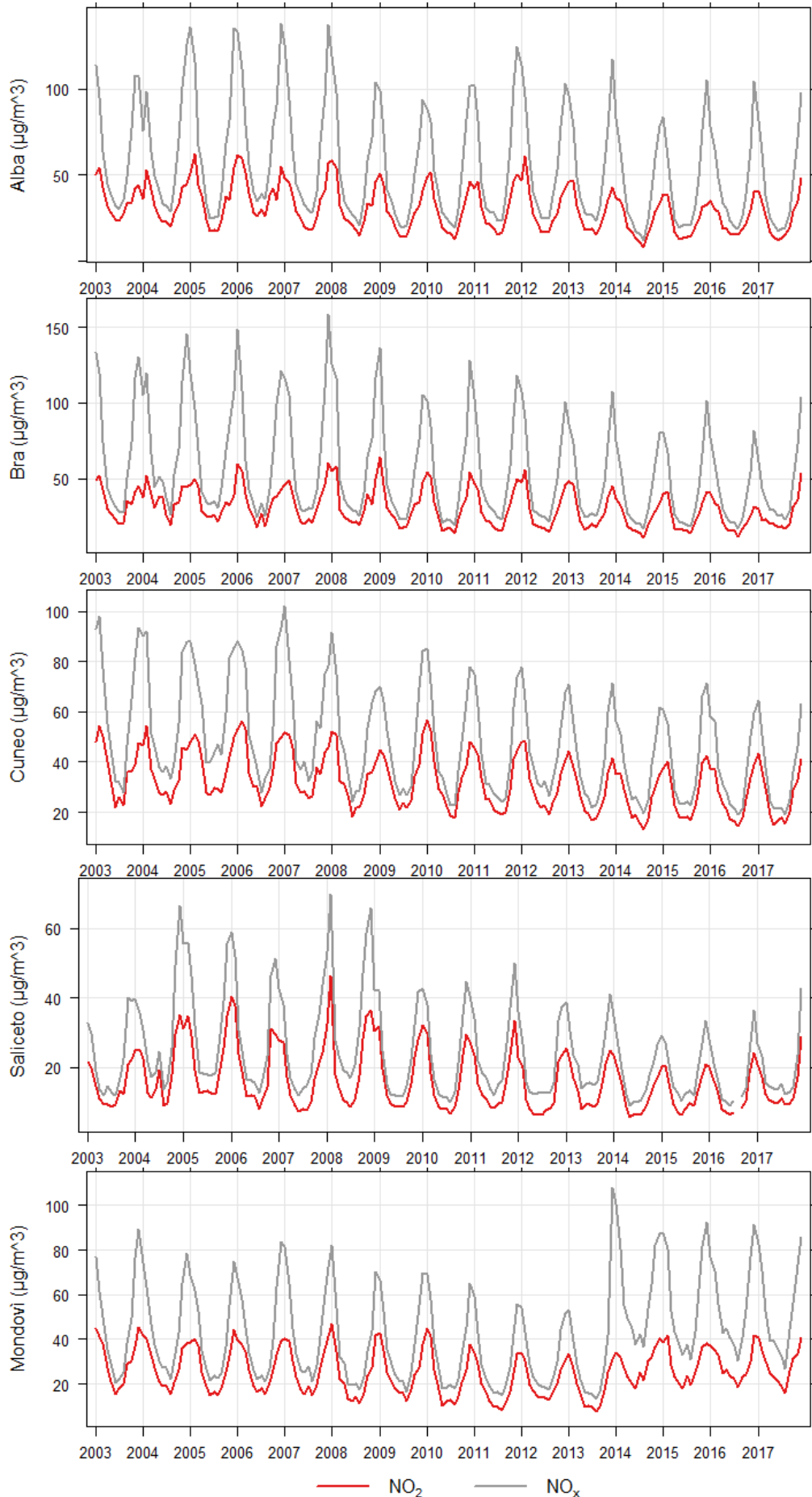


Figura 41) NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>: concentrazioni medie mensili misurate dal 2003 al 2017

Per la discontinuità presente nei dati di Mondovì e per la brevità della serie storica a disposizione per il sito di Staffarda, l'analisi dei trend non è stata eseguita sui dati di queste stazioni. Per il sito di Bra invece, in modo analogo a quanto fatto per i PM<sub>10</sub>, dopo aver verificato l'assenza di discontinuità significative, l'analisi dei trend degli ossidi di azoto è stata eseguita considerando come unica serie storica i dati della stazione di via Piumati e quelli di Madonna dei Fiori.

Le elaborazioni sono state realizzate a partire dai dati orari misurati dal 1 gennaio 2003 al 31 dicembre 2017, utilizzando i medesimi software e metodi già utilizzati per il PM<sub>10</sub>.

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

I valori ottenuti per i coefficienti angolari dei trend (che quantificano la variazione annua) con i relativi intervalli di confidenza sono riassunti nella tabella 6 per gli NO<sub>x</sub> e nella tabella 7 per gli NO<sub>2</sub> sia in termini di microgrammi/m<sup>3</sup> all'anno che, al fine di rendere più significativo il confronto tra stazioni caratterizzate da livelli differenti di concentrazioni, come variazione percentuale. I trend percentuali sono confrontati graficamente nella figura 42 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.

STAZIONE	Variazione annua NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale (%/anno)	TREND NO <sub>x</sub>
ALBA	-1.74 [-2.05, -1.5]	-2.57 [-2.99, -2.31]	<i>Decrescente</i>
BRA	-1.71 [-2.6, -0.93]	-2.84 [-3.29, -2.48]	<i>Decrescente</i>
CUNEO	-1.91 [-2.13, -1.73]	-3.15 [-3.42, -2.92]	<i>Decrescente</i>
SALICETO	-0.75 [-0.96, -0.58]	-2.65 [-3.16, -2.14]	<i>Decrescente</i>

Tabella 6) Trend stimati delle concentrazioni di NO<sub>x</sub> (significatività statistica  $p < 0.001$ ).

STAZIONE	Variazione annua NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale (%/anno)	TREND NO <sub>2</sub>
ALBA	-0.96 [-1.13, -0.81]	-2.62 [-2.95, -2.29]	<i>Decrescente</i>
BRA	-0.55 [-0.8, -0.35]	-2.37 [-2.76, -2.03]	<i>Decrescente</i>
CUNEO	-0.99 [-1.13, -0.88]	-2.51 [-2.77, -2.3]	<i>Decrescente</i>
SALICETO	-0.46 [-0.58, -0.35]	-2.47 [-2.96, -1.95]	<i>Decrescente</i>

Tabella 7) Trend stimati delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> (significatività statistica  $p < 0.001$ ).

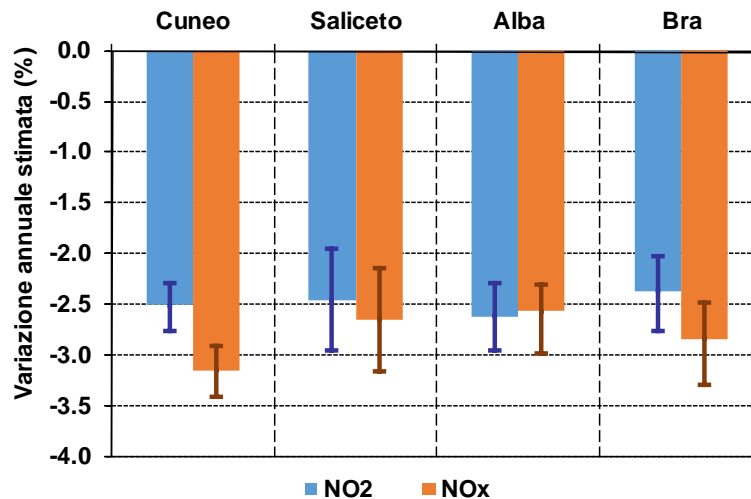


Figura 42) Variazione annua media stimata (in percentuale) delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>. Le barre indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

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

Lo studio, già citato, prodotto da ISPRA sull'analisi dei trend dei dati delle stazioni italiane per il periodo 2003-2012, segnala una situazione analoga a quella riscontrata in provincia di Cuneo, ovvero una variazione percentuale prevalentemente maggiore per gli NO<sub>x</sub> rispetto all'NO<sub>2</sub> ed evidenzia come questo sia coerente con l'evoluzione del parco veicolare, che ha determinato complessivamente una diminuzione di NO<sub>x</sub>, ma anche un aumento della quota di NO<sub>2</sub> primario emesso direttamente allo scarico, come risultato dell'aumento notevole del parco veicolare alimentato a gasolio. Tale evoluzione può effettivamente essere responsabile anche di parte dei risultati evidenziati dalle stazioni della nostra provincia, in particolare per i siti più influenzati dalle emissioni del traffico. Per la stazione di Cuneo inoltre un contributo significativo alle riduzioni di NO<sub>x</sub> evidenziate, che risultano essere le più cospicue della provincia, si può sicuramente attribuire alle riduzioni riscontrate nelle emissioni dell'industria pesante locale<sup>15</sup>.

Come già è stato valutato per il PM<sub>10</sub>, siccome anche le concentrazioni degli NO<sub>x</sub> presentano una spiccata stagionalità, ed il contributo di alcune sorgenti è differente nei diversi periodi dell'anno, un'ulteriore valutazione dei trend è stata eseguita suddividendo i mesi nelle diverse stagioni. Nei grafici di figura 43 sono rappresentate le medie dei NO<sub>x</sub> dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio) di ciascun anno. In ogni grafico la linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%, mentre in alto ed in verde è riportata la variazione percentuale media per anno e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

La serie storica analizzata comprende i dati dal gennaio 2003 al febbraio 2018. L'ultimo trimestre invernale comprende pertanto i mesi di dicembre 2017, gennaio e febbraio 2018. Per tutte le stazioni l'analisi evidenzia riduzioni statisticamente significative in tutte le stagioni, la significatività statistica minore è per lo più relativa ai periodi estivi.

<sup>15</sup> *Evoluzione della qualità dell'aria nei comuni di Borgo San Dalmazzo, Cuneo e zone limitrofe*. Arpa Piemonte Dipartimento territoriale di Cuneo - Aprile 2017  
[https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/Relazione-Evoluzione%20QA\\_%20BSD\\_Cuneo2016.pdf](https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/Relazione-Evoluzione%20QA_%20BSD_Cuneo2016.pdf)

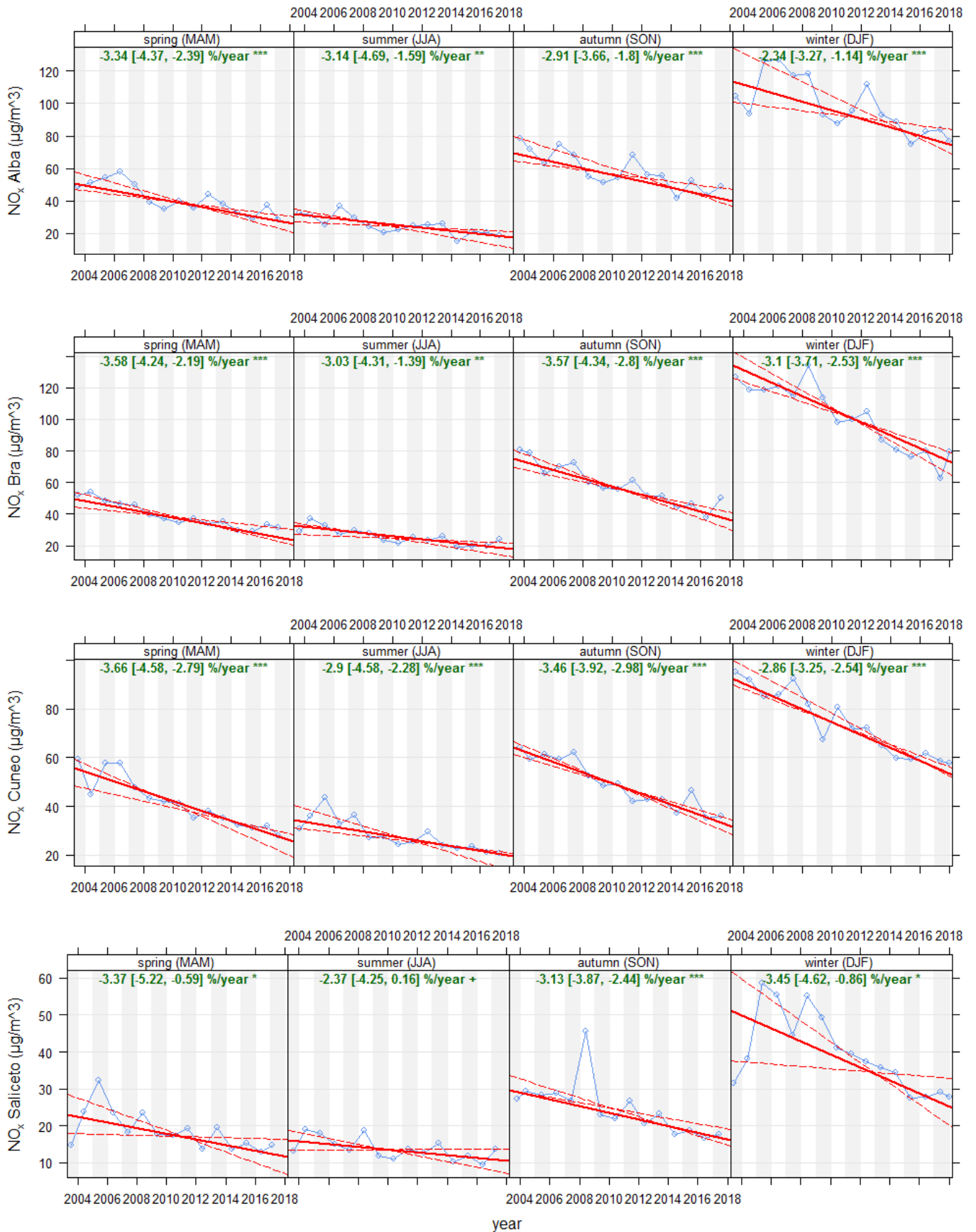


Figura 43) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di NO<sub>x</sub> (significatività statistica: “\*\*\*\*” = p<0.001; “\*\*\*” = p<0.01; “\*\*” = p<0.05; “+”=p<0.1)

## Ozono – O<sub>3</sub>

Mentre le polveri sottili costituiscono una problematica peculiare delle stagioni fredde, un inquinante che tipicamente genera preoccupazioni per i suoi effetti sulla salute umana nel periodo estivo è l'ozono, inquinante esclusivamente secondario che si forma a partire da inquinanti precursori (ossidi di azoto e composti organici volatili) in condizioni di elevata radiazione solare ed elevata temperatura. 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 44 rappresenta, per le stazioni della provincia di Cuneo e per ogni anno del periodo dal 2002 al 2017, 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>.

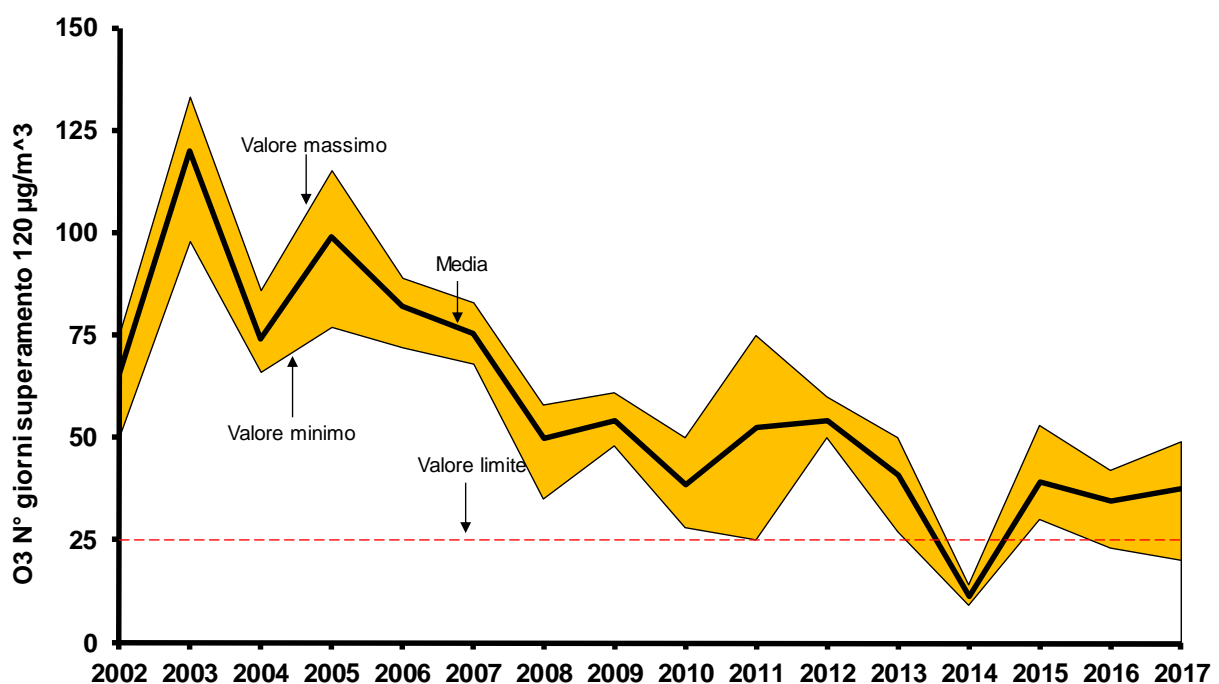


Figura 44) O<sub>3</sub>: Valore massimo, medio e minimo del numero superamenti annui dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore) rilevati dalle stazioni della provincia.

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 e per l'ambiente nel suo complesso, che rimane pertanto superato anche nella nostra provincia.

Oltre a tale valore obiettivo, ai fini della protezione della salute umana, il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m<sup>3</sup> e 240 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente.

Mentre nell'estate 2016, grazie all'assenza di picchi termometrici di particolare rilievo, non si erano verificati superamenti della soglia di informazione, nel 2017 sono stati registrati superamenti di tale soglia nelle due stazioni di misura della zona nord della provincia, ovvero ad Alba e Staffarda. I superamenti si sono verificati tutti nella giornata dell'11 giugno,

durante la quale sono stati anche registrati in Piemonte alcuni primati di temperatura massima annuale.

Che la temperatura sia uno degli elementi fondamentali per innescare i processi di formazione dell'ozono si può dedurre dal grafico di figura 45, dove il range delle concentrazioni massime orarie registrate dalle stazioni della rete provinciale in ciascun giorno del 2017 sono rappresentate insieme ai valori di temperatura massima giornaliera registrati presso la stazione meteo di Fossano (scelta poiché in posizione centrale nella provincia). È visibile la generale concomitanza tra i picchi di temperatura e di concentrazione, oltre al superamento della soglia di informazione che si è verificata l'11 giugno. In nessuna postazione è stata superata la soglia di allarme.

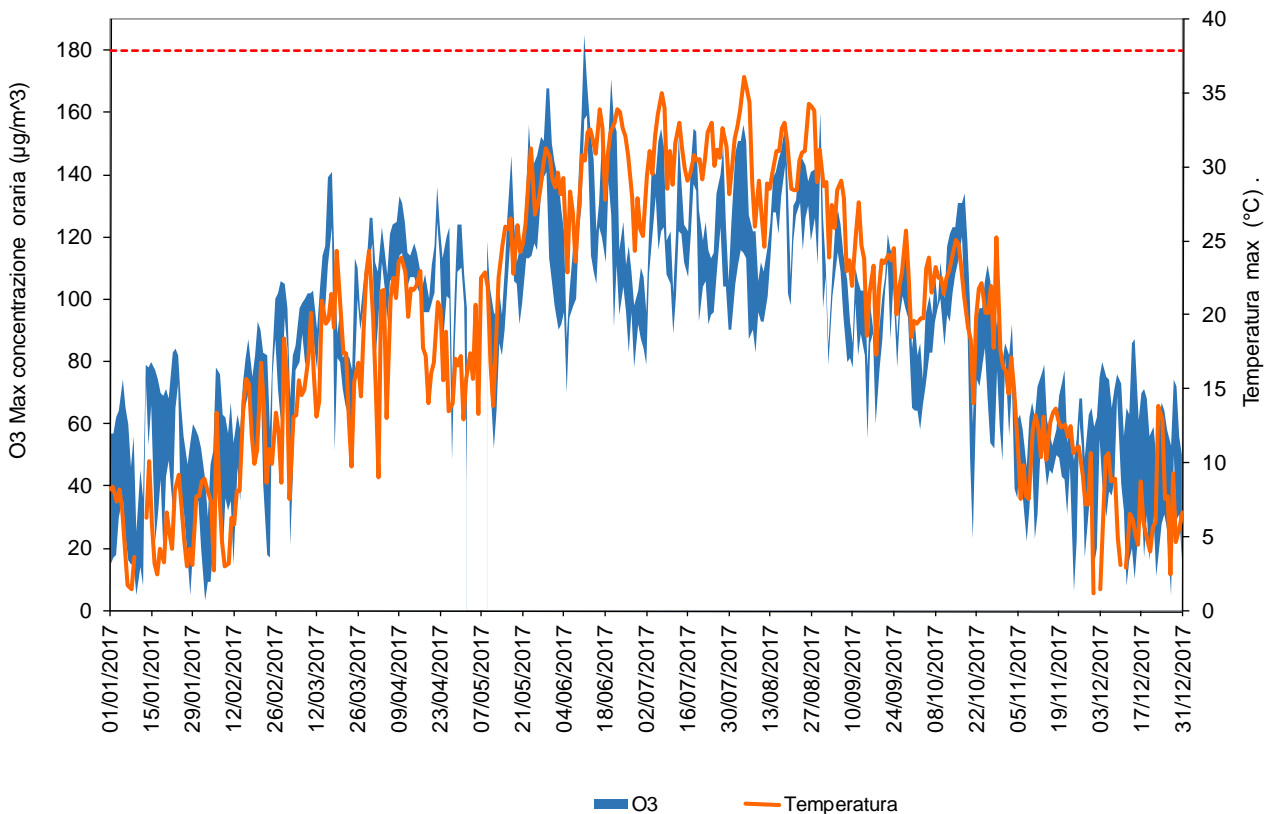


Figura 45) O<sub>3</sub>: Concentrazioni massime orarie delle stazioni della rete provinciale nel 2017 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano; tratteggiato in rosso il livello della soglia di informazione.

Nella figura 46 è rappresentata, per il 2017, 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 µg/m<sup>3</sup> che, sebbene non in modo continuativo, hanno interessato tutto il periodo compreso tra la seconda metà di maggio e la fine di agosto.

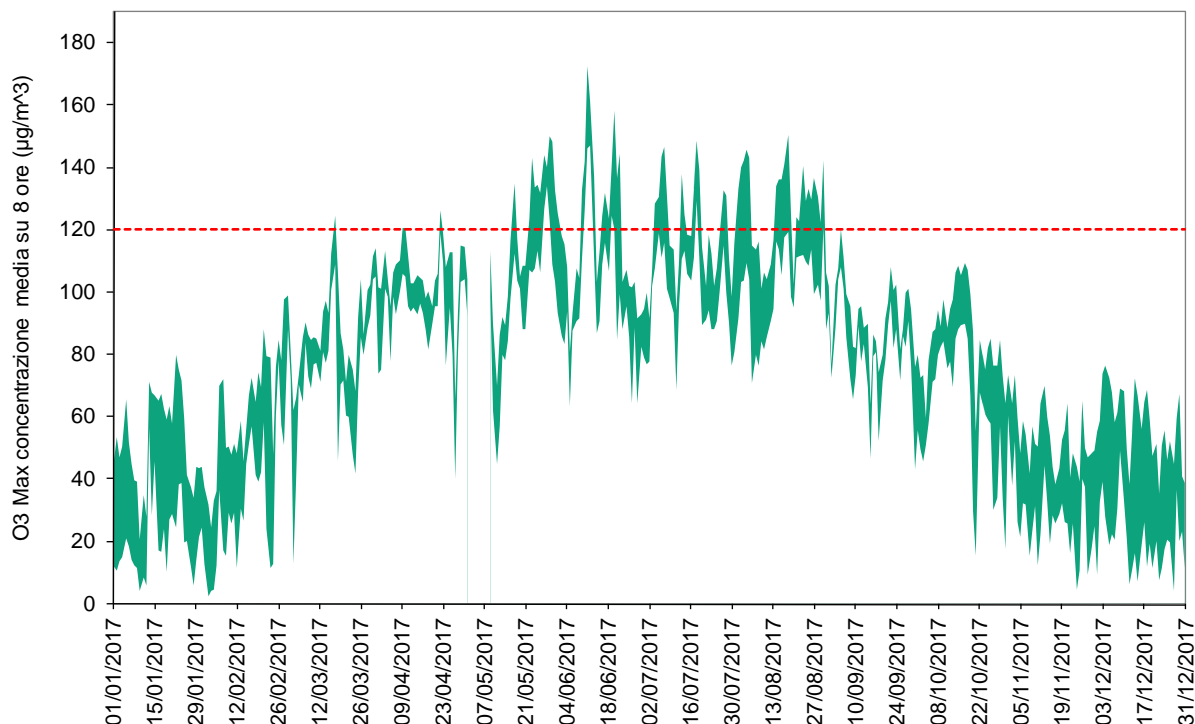


Figura 46) O<sub>3</sub>: range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le stazioni della rete provinciale nel 2017; tratteggiato in rosso il livello obiettivo.

Il dettaglio, per ogni stazione della provincia, sui numeri di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per ciascun anno di monitoraggio sono rappresentati nel grafico della figura 47. 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.

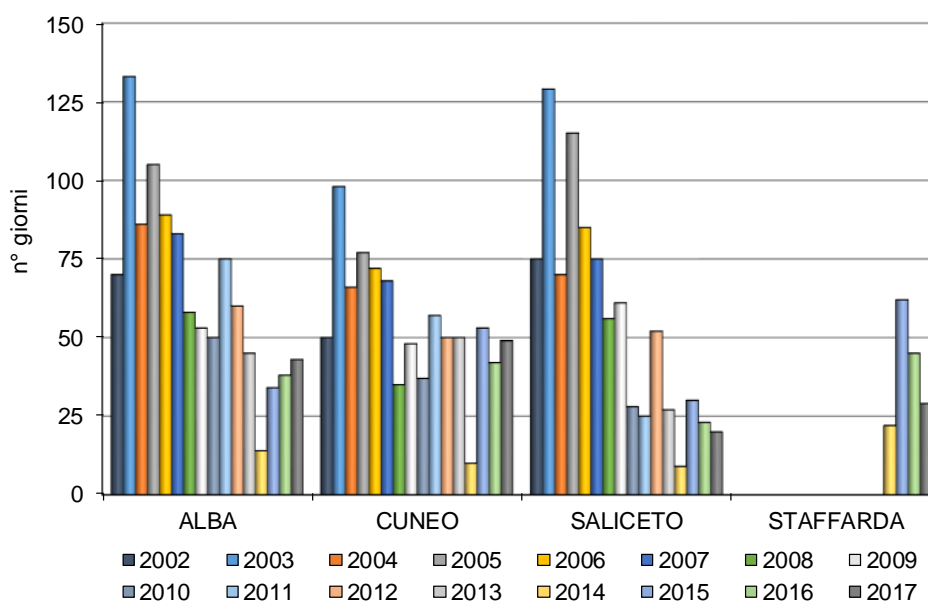


Figura 47) O<sub>3</sub>: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore)



Rispetto al 2016, la stazione di Staffarda ha registrato nel 2017 una riduzione rilevante del numero di giorni di superamento (da 45 a 29), avvicinandosi al dato dell'altra stazione di fondo rurale (Saliceto, 20 giorni), mentre nelle due stazioni urbane il numero di giorni di superamento si è mantenuto decisamente elevato (43 al Alba, 49 a Cuneo).

A partire dal triennio 2010-2012 la normativa stabilisce, come valore obiettivo per la protezione della salute umana, che il livello di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  calcolato come media massima su 8 ore non venga superato più di 25 giorni per anno civile come media di tre anni.

Dal grafico sottostante emerge come nell'ultimo triennio il numero medio dei giorni di superamento si sia confermato inferiore alla soglia prevista nel sito di Saliceto e ne sia molto distante negli altri siti.

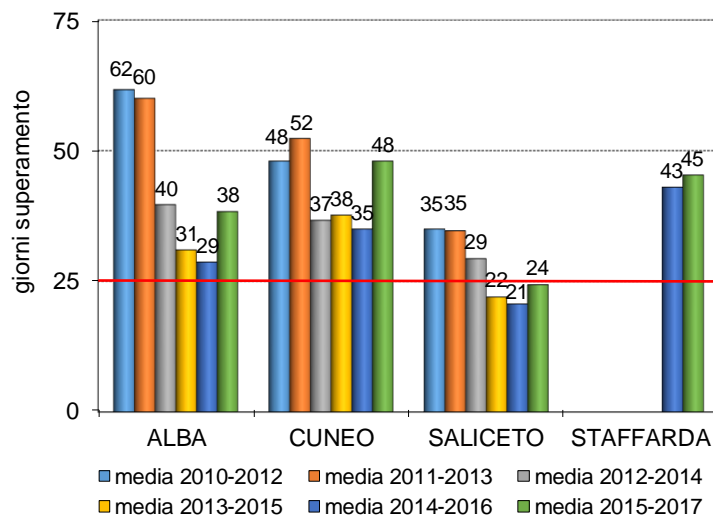


Figura 48)  $\text{O}_3$  valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come massima media giornaliera su 8 ore.

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 tale indicatore 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  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ .

Nella figura 49 sono rappresentati i valori disponibili dell'AOT40 per le stazioni di fondo rurali presenti in provincia di Cuneo. Nonostante la riduzione dei valori che si è verificata dal 2007, dal grafico si riscontra, ancora per gli anni più recenti, l'ampio superamento dell'obiettivo a lungo termine in entrambi i siti. Anche il valore obiettivo è disatteso, infatti il valore minimo della media sui cinque anni nella stazione di Saliceto è quello relativo al periodo 2013÷2017 ed è pari a  $18707 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ .

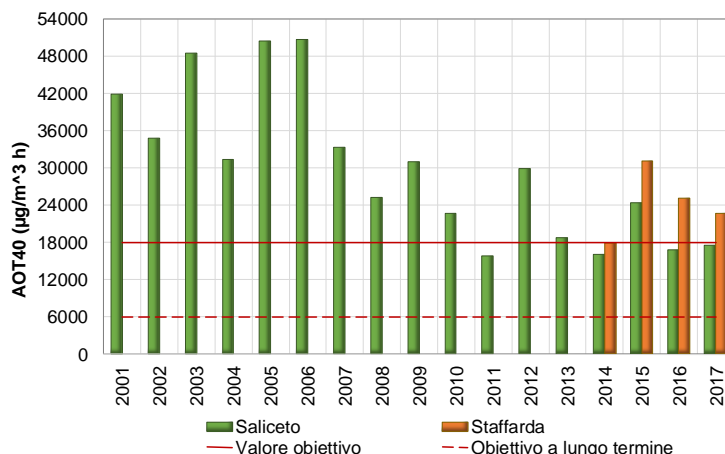


Figura 49) O<sub>3</sub>: Valori dell'AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb), che esprime l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per i recettori sensibili (colture agrarie), per le stazioni di fondo rurali della provincia.

I valori per l'anno 2017 degli indicatori da confrontare con gli obiettivi per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione sono rappresentati nelle mappe seguenti per tutte le stazioni della regione Piemonte disponibili. Tali mappe evidenziano come la situazione dell'inquinamento da ozono sia tutt'ora fortemente critica in tutta la regione.

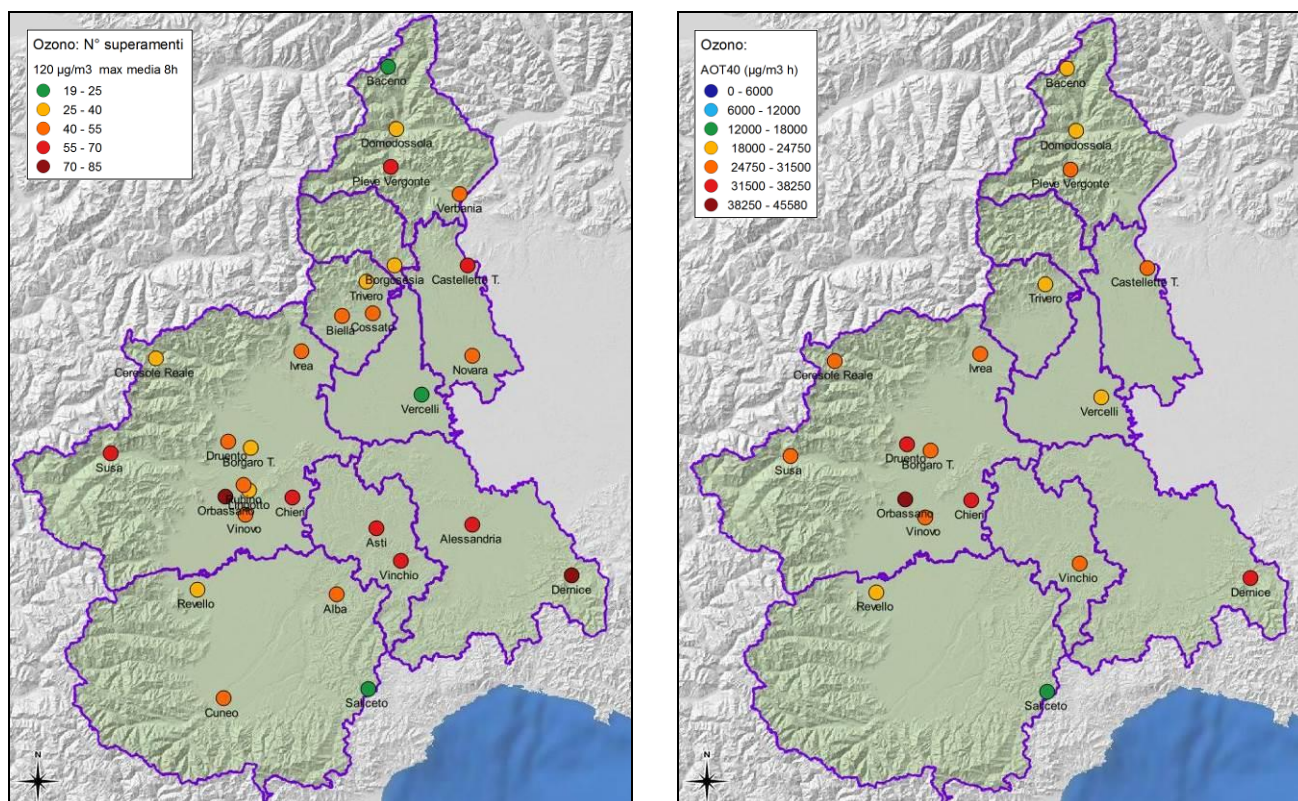


Figura 50) O<sub>3</sub>: per l'anno 2017 numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (a sinistra), AOT40 per le stazioni rurali e suburbane del Piemonte (a destra).

### Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

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

I risultati illustrati nei grafici seguenti rappresentano, per ogni anno dal 2003 al 2017, 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/ $\text{m}^3$  all'anno, che come variazioni percentuali.

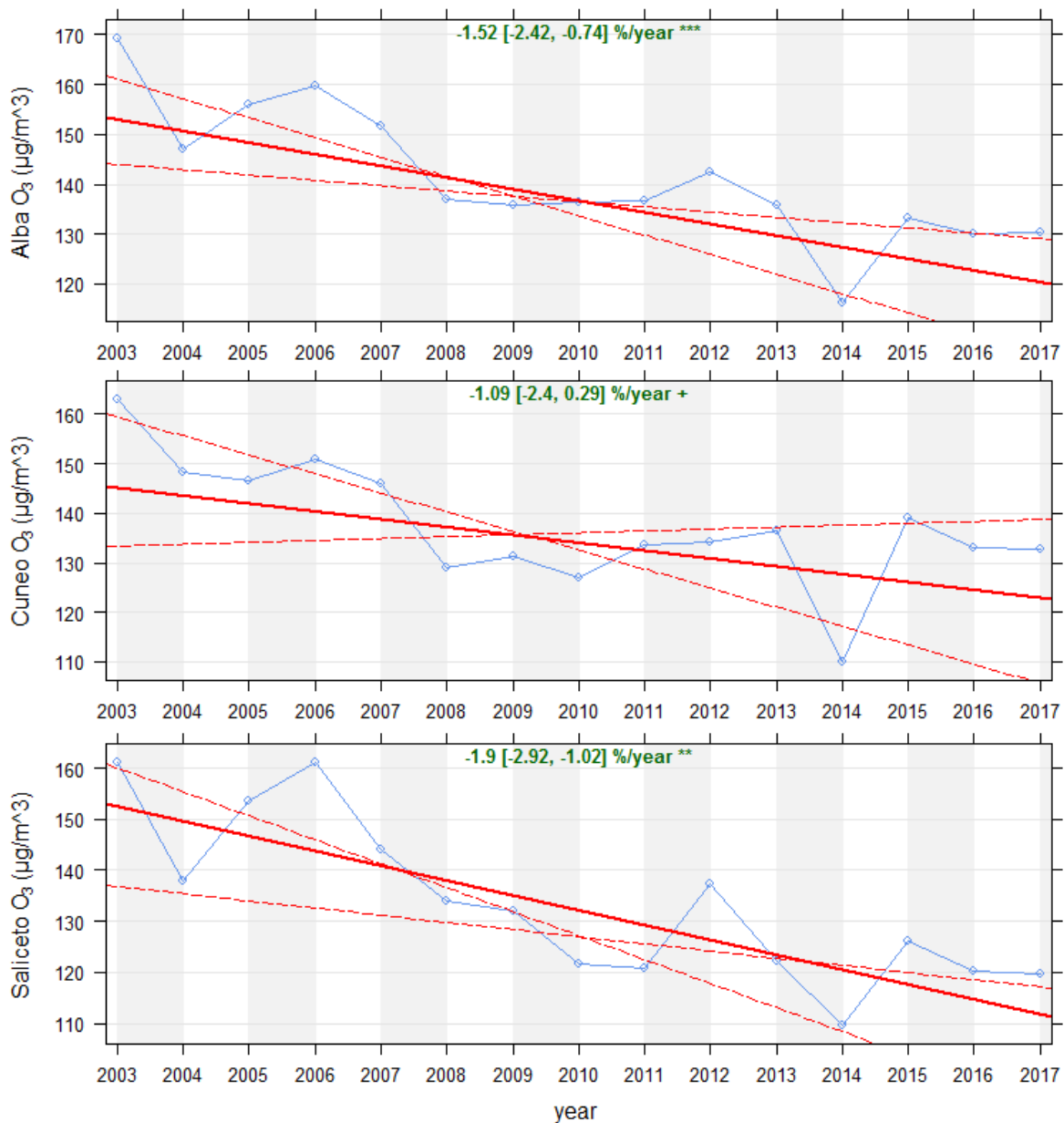


Figura 51)  $\text{O}_3$ : Stima dei trend del 93.2° percentile (25° valore più elevato dell'anno) delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore (significatività statistica: "\*\*\*\*" =  $p < 0.001$ ; "\*\*\*" =  $p < 0.01$ ; "+" =  $p < 0.1$ )

STAZIONE	Variazione annua O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> /anno)	Variazione percentuale O <sub>3</sub> (%/anno)	TREND O <sub>3</sub>
ALBA	-2.33 [-3.9, -1.06]	-1.52 [-2.42, -0.74]	<i>Decrescente</i>
CUNEO	-1.58 [-3.83, 0.39]	-1.09 [-2.4, 0.29]	<i>Non significativo</i>
SALICETO	-2.9 [-4.68, -1.4]	-1.9 [-2.92, -1.02]	<i>Decrescente</i>

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

L'analisi evidenzia trend di riduzione significativi per i dati di ozono misurati presso le stazioni di Alba e Saliceto, mentre non è statisticamente significativo il trend della stazione di Cuneo.

## Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub>

Il biossido di zolfo era ritenuto, fino agli anni '80, il principale inquinante atmosferico. Con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor tenore di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO<sub>2</sub> nell'aria. A livello regionale le concentrazioni di SO<sub>2</sub> in atmosfera si sono stabilizzate nell'ultimo decennio su valori molto bassi e al di sotto dei valori limite, pertanto già dal 2010 la misura di questo inquinante era stata mantenuta, per la provincia di Cuneo, esclusivamente presso le stazioni di Cuneo e Borgo San Dalmazzo dove, nei primi anni di monitoraggio, erano state riscontrate criticità locali. In seguito alla dismissione di quest'ultima stazione, avvenuta a fine 2014, la misura è 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 2017 confermano i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

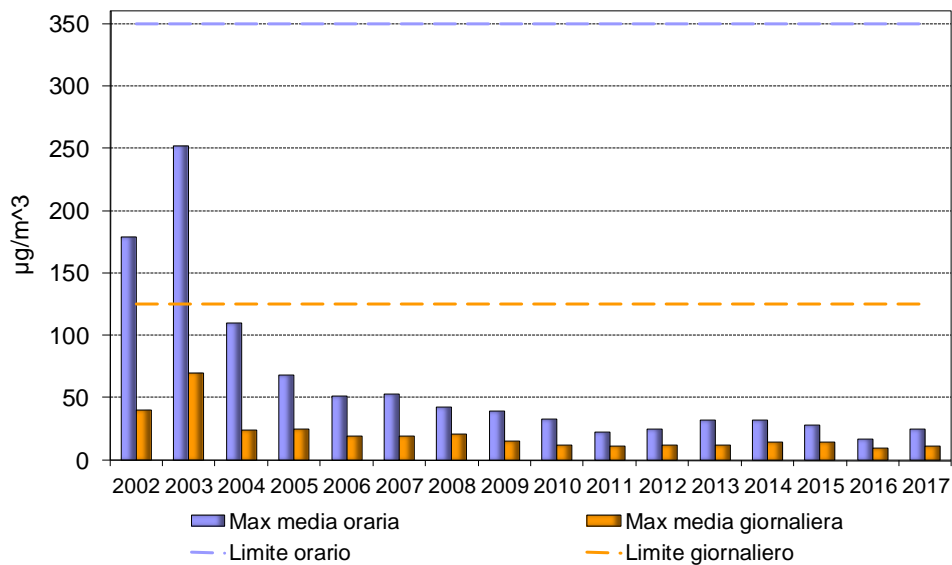


Figura 52) SO<sub>2</sub>: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo.

## 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.

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 2017. I valori confermano i livelli raggiunti negli anni precedenti e le differenze tra le stazioni non sono significative.

	ALBA	CUNEO	MONDOVI'	Limite
<b>CO</b> <b>Massima media su 8 ore (mg/m<sup>3</sup>)</b>	-*	1.4	1.4	<b>10</b>
<b>Benzene</b> <b>Media anno (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1.0	0.8	1.1	<b>5</b>

Tabella 8) Massima media su 8 ore del CO e media annuale del benzene per l'anno 2017 (\*la misura del CO presso la stazione di Alba è terminata il 1/04/2016, i valori registrati fino a quella data erano del tutto analoghi a quelli registrati dalle altre stazioni della provincia).

Nei grafici della figura 53 sono rappresentati, su scale normalizzate, "giorni medi" e "settimane medie" dell'anno 2017 per il benzene ed il monossido di carbonio delle stazioni di Cuneo e Mondovì. L'ora di riferimento è quella solare; le fasce colorate rappresentano l'intervallo di confidenza al 95% della media.

L'accordo tra gli andamenti evidenzia l'influenza del traffico per i due inquinanti.

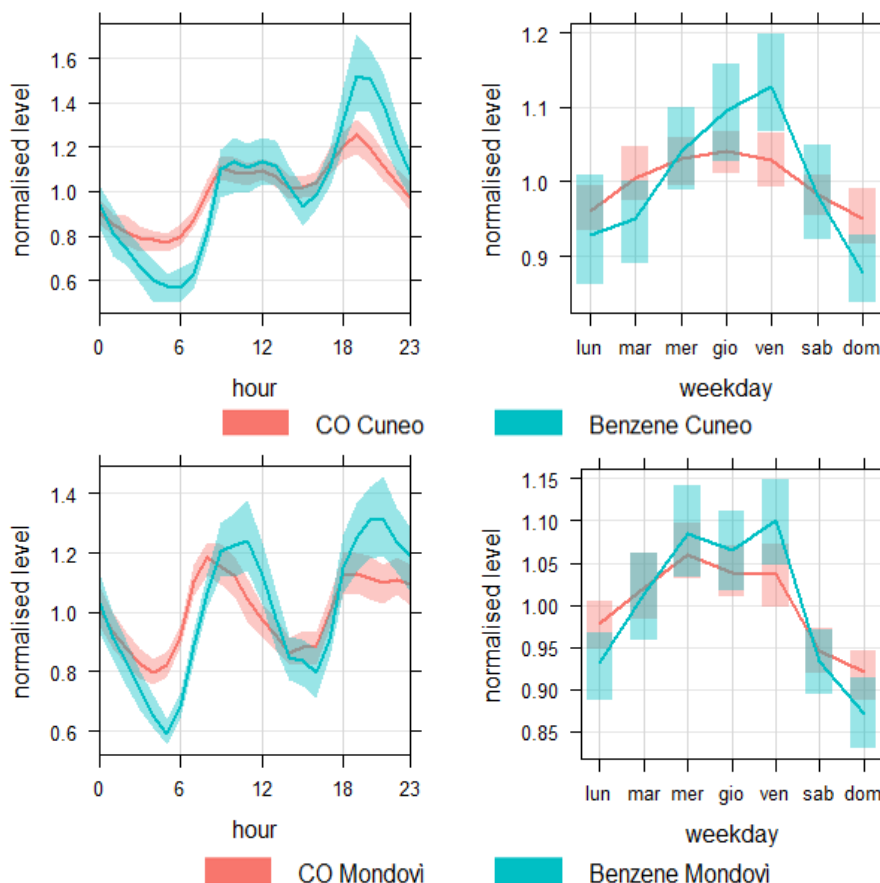


Figura 53) Benzene e CO: giorni medi e settimane medie dell'anno 2017 su scale normalizzate.

## ***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 9 sono riportate le concentrazioni medie dell'anno 2017 determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM<sub>10</sub>) campionato presso le stazioni della provincia di Cuneo. Molti dei valori ottenuti, anche negli anni precedenti, in particolare per l'arsenico ed il cadmio, corrispondono al limite di rilevabilità analitica del metodo.

	<b>Piombo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Arsenico (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cadmio (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nichel (ng/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Alba</b>	0.004	0.7	0.1	1.4
<b>Bra</b>	0.005	0.7	0.1	1.7
<b>Cuneo</b>	0.003	0.7	0.1	0.9
<b>Saliceto</b>	0.004	0.7	0.1	1.2
<b>Mondovì</b>	0.004	0.7	0.1	1.5
<b>Valore di riferimento</b>	<b>0.5</b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>20.0</b>

Tabella 9) *Metalli: concentrazioni medie dell'anno 2017 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.

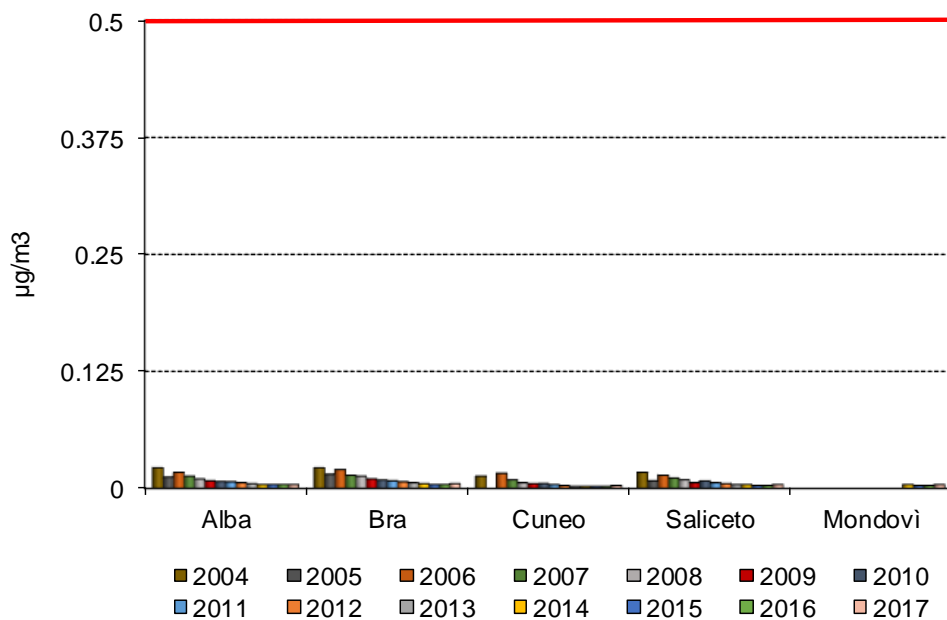


Figura 54) Piombo: confronto medie annuali

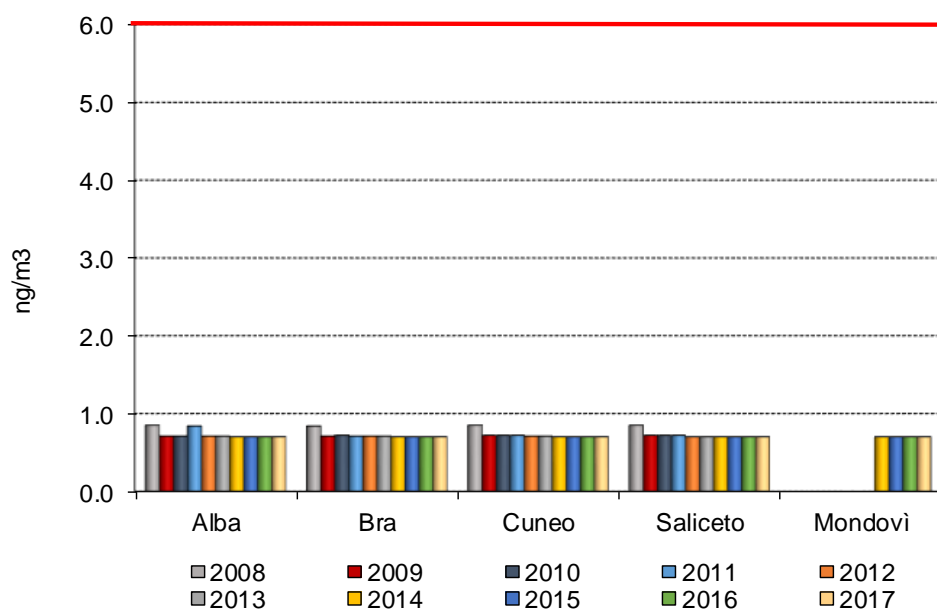


Figura 55) Arsenico: confronto medie annuali.



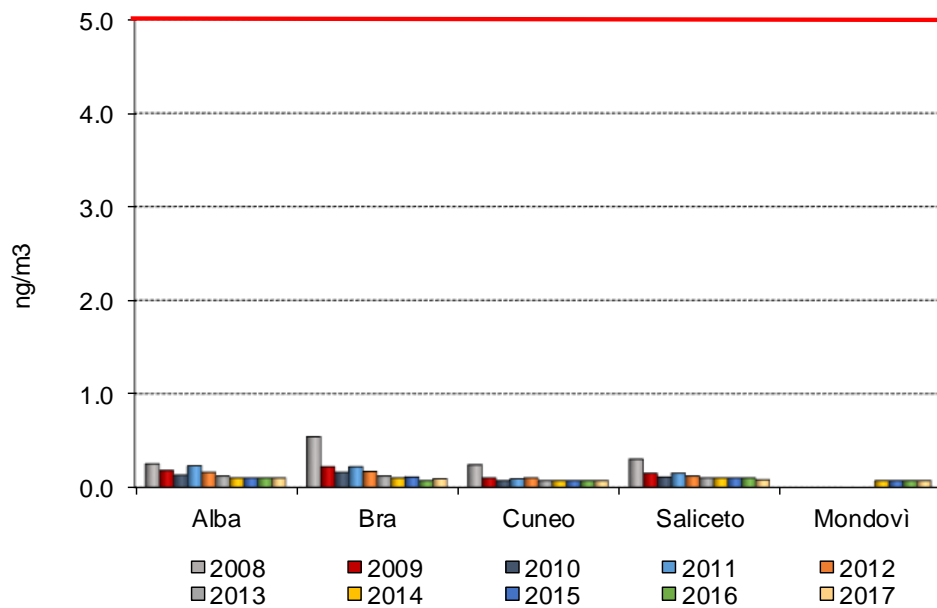


Figura 56) Cadmio: confronto medie annuali.

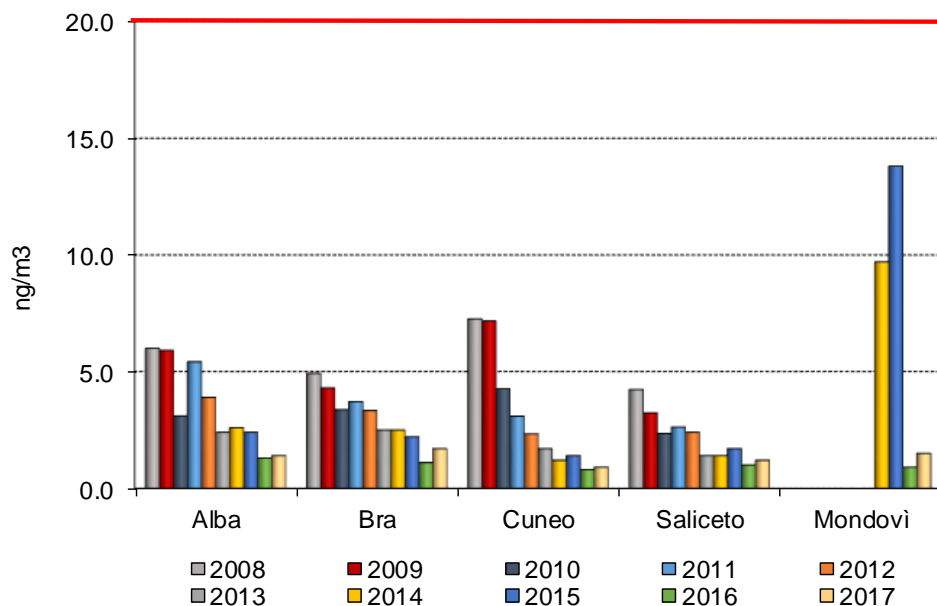


Figura 57) Nichel: confronto medie annuali.

Presso la stazione di Mondovì-Aragno, durante i primi due anni di monitoraggio (2014 e 2015), erano state riscontrate anomalie nelle concentrazioni di Nichel dei mesi estivi che innalzavano le medie annue a valori che, sebbene inferiori al valore obiettivo stabilito dalla normativa, erano molto più elevati di quelli delle altre stazioni. I dati del 2016, integrati e confermati anche da un ulteriore punto di campionamento<sup>16</sup>, erano risultati confrontabili con il limite di rilevabilità analitico ed in linea con le concentrazioni misurate presso le altre

<sup>16</sup> Per approfondimenti: "Anomalie delle concentrazioni di Nichel nell'aria rilevate dalla centralina di Mondovì e campagna di monitoraggio presso la scuola di Borgo Aragno nel periodo 21 giugno – 6 ottobre 2016" – Arpa Piemonte, Dipartimento di Cuneo  
<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneMondov2016Nichel.pdf>

stazioni provinciali. Nel 2017, la concentrazione media annuale (pari a  $1.5 \text{ ng/m}^3$ ) e la massima mensile ( $6.7 \text{ ng/m}^3$  del mese di giugno) si sono confermate come confrontabili con quelle delle altre stazioni.

## 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. In provincia di Cuneo criticità per il rispetto del valore obiettivo stabilito dalla normativa per il benzo(a)pirene sono state riscontrate negli anni a Saliceto, proprio a causa del diffuso uso della legna negli impianti di riscaldamento.

La serie storica delle medie annuali delle concentrazioni di questo inquinante è rappresentata nella figura 58 per tutte le stazioni provinciali con disponibilità di dati pari almeno al 90%.

Il dato della stazione di Cuneo, praticamente invariato rispetto agli anni precedenti, si conferma come il più basso della provincia. In tutte le altre stazioni, rispetto al 2016, quando il dato relativo alla stazione di Saliceto era sceso per la prima volta al di sotto del valore obiettivo previsto dalla normativa di 1.0 ng/m<sup>3</sup>, le concentrazioni nel 2017 sono nuovamente aumentate ed il valore di Saliceto è tornato a superare il riferimento normativo.

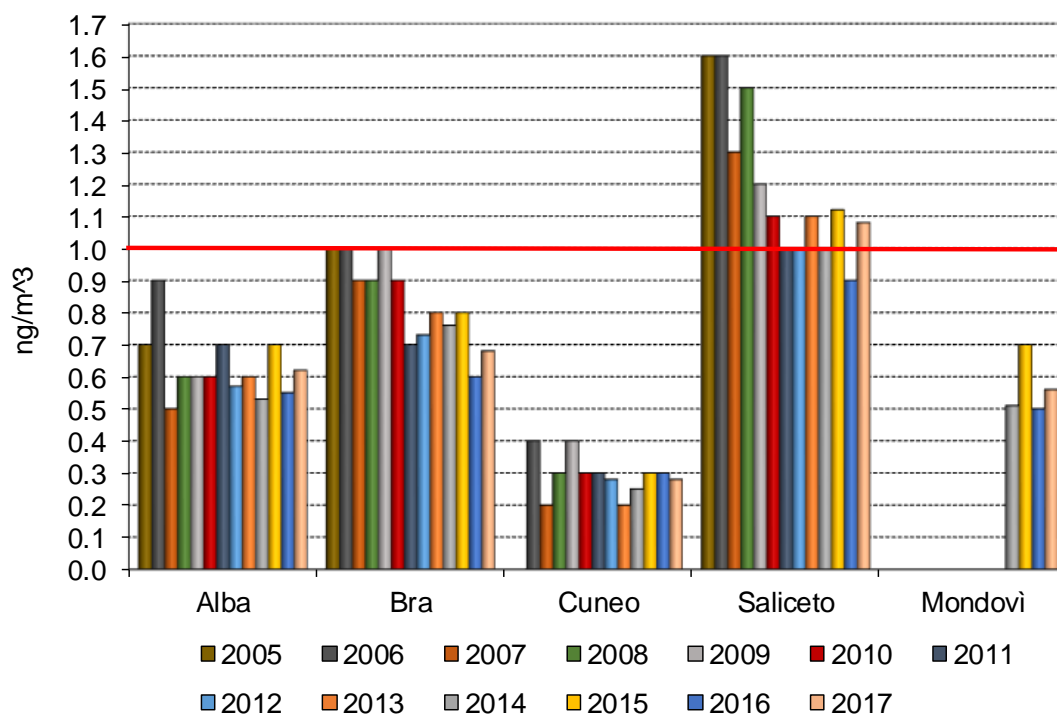


Figura 58) Benzo(a)pirene: medie annuali.

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 (figura 59), 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.

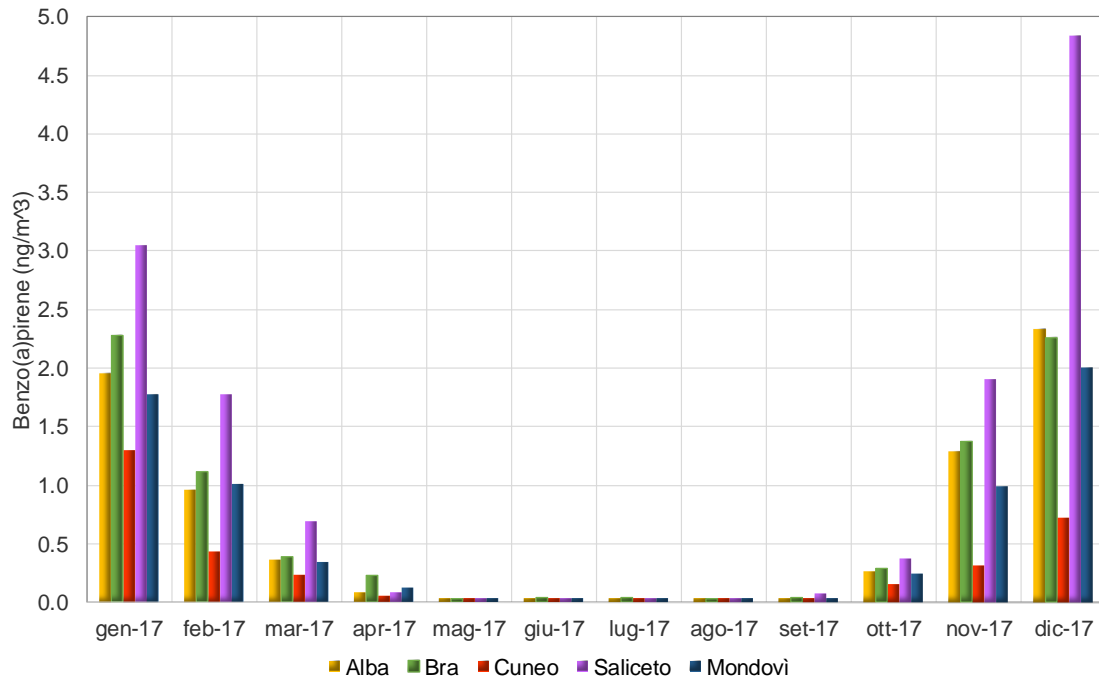


Figura 59) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2017.

A partire dal 2014 la determinazione nel particolato atmosferico è stata estesa alle seguenti molecole di IPA: Indeno(1,2,3-cd)pirene, Crisene, Pirene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(a)antracene e Benzo(b+j+k)fluorantene.

Relativamente al 2017 nella figura 60 per ogni stazione sono riportate le concentrazioni mensili complessive degli IPA determinati (denominati come "IPA totali") e nella figura 61 il loro contributo percentuale alle concentrazioni di PM<sub>10</sub>. Come si può osservare, essi costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico (generalmente inferiore allo 0.1%), tuttavia il loro rilievo tossicologico è molto elevato.

Se le emissioni di IPA fossero costanti nei diversi mesi dell'anno, il grafico di figura 60 evidenzerebbe un aumento delle concentrazioni di IPA nei mesi freddi dell'anno determinato dall'aumento tipico del PM<sub>10</sub> ed il grafico del loro contributo percentuale al PM<sub>10</sub> di figura 61 sarebbe piatto (questo è quanto si riscontra ad esempio per il piombo presente nel PM<sub>10</sub>). Dal confronto di figura 60 e 61 invece emerge chiaramente come nei mesi freddi dell'anno non solo aumentino le concentrazioni di IPA, ma anche il loro contributo percentuale al PM<sub>10</sub>. Tale aumento è sicuramente causato dal contributo delle emissioni derivanti dalla combustione della legna nel riscaldamento domestico, che si attiva nei mesi freddi e che si incrementa al diminuire delle temperature esterne.

È inoltre evidente come la situazione della stazione di Saliceto si discosti dalle altre, con contributi degli IPA al PM all'incirca doppi rispetto alle altre stazioni.

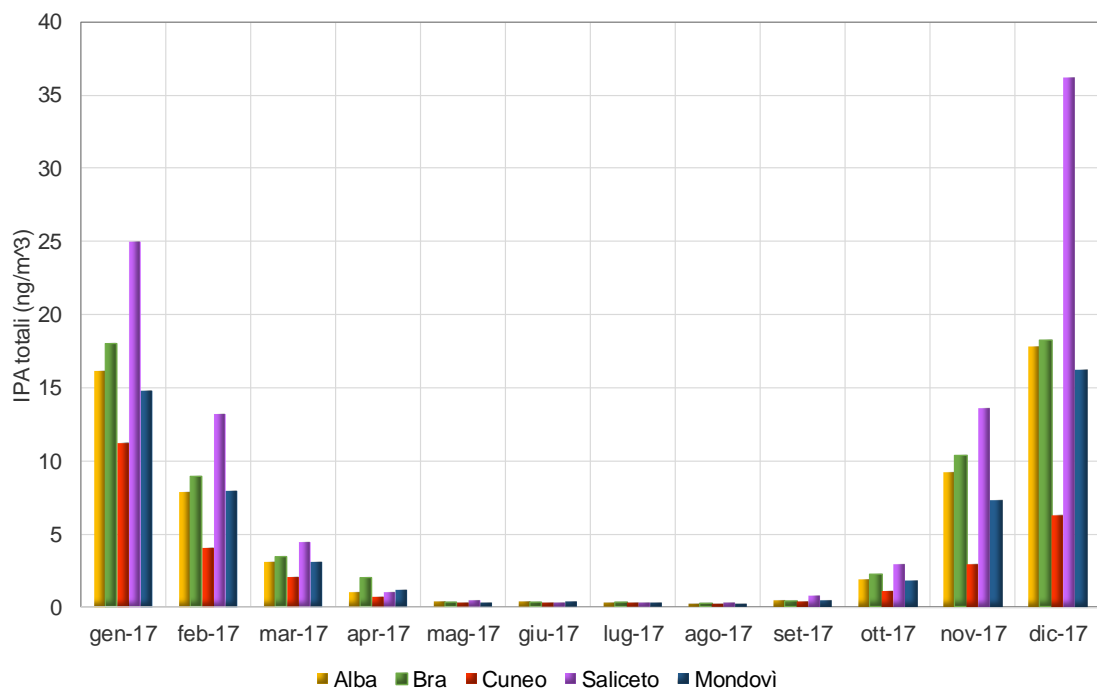


Figura 60) IPA totali: concentrazioni medie mensili dell'anno 2017.

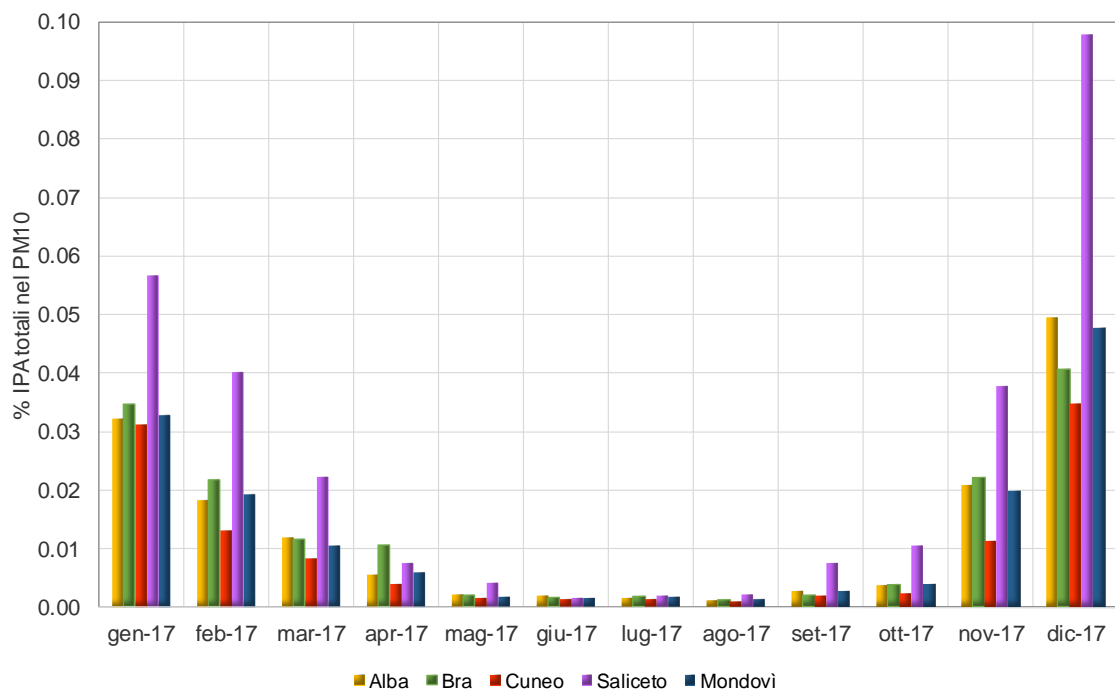


Figura 61) Percentuale IPA totali nel PM<sub>10</sub>: medie mensili dell'anno 2017.

Per le diverse stazioni nella figura 62 sono riportate con grafici a dispersione le concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene del 2017 in funzione dei corrispondenti valori di PM<sub>10</sub>.

Per ogni stazione è stata valutata l'interpolazione tra le due serie di dati ed è stato osservato come la relazione tra il benzo(a)pirene ed il materiale particolato, sebbene sia rappresentata anche in modo significativo da una relazione lineare ( $R^2 > 0.84$ , grafici in alto di figura 62), sia ancor meglio rappresentata da una relazione quadratica ( $R^2 > 0.96$ , grafici in basso di figura

62), ovvero il benzo(a)pirene cresca più velocemente di quanto cresca il PM<sub>10</sub>. Ciò conferma per tutti i siti di misura l'influenza della combustione della biomassa nelle concentrazioni del benzo(a)pirene.

In questi grafici e nel calcolo della regressione, sono stati esclusi i dati dei mesi di ottobre e dicembre (rappresentati in arancione), in quanto i relativi dati di benzo(a)pirene e PM<sub>10</sub> rappresentano "anomalie" che non seguono il normale andamento della regressione tra le due variabili. L'ottobre 2017 è stato infatti caratterizzato, a causa del lungo periodo siccitoso e delle persistenti condizioni di accumulo, dalle concentrazioni di PM<sub>10</sub> più elevate di tutto l'anno (ad eccezione della stazione di Saliceto), ma da concentrazioni di B(a)P più simili a quelle estive che a quelle invernali. All'opposto, nel mese di dicembre le concentrazioni di PM<sub>10</sub>, rispetto agli altri mesi freddi dell'anno, sono state limitate dalle precipitazioni nevose che si sono verificate, ma le concentrazioni di benzo(a)pirene sono state tra le più elevate dell'anno (verosimilmente a causa delle condizioni particolarmente fredde e umide che hanno richiesto un potenziamento del riscaldamento domestico).

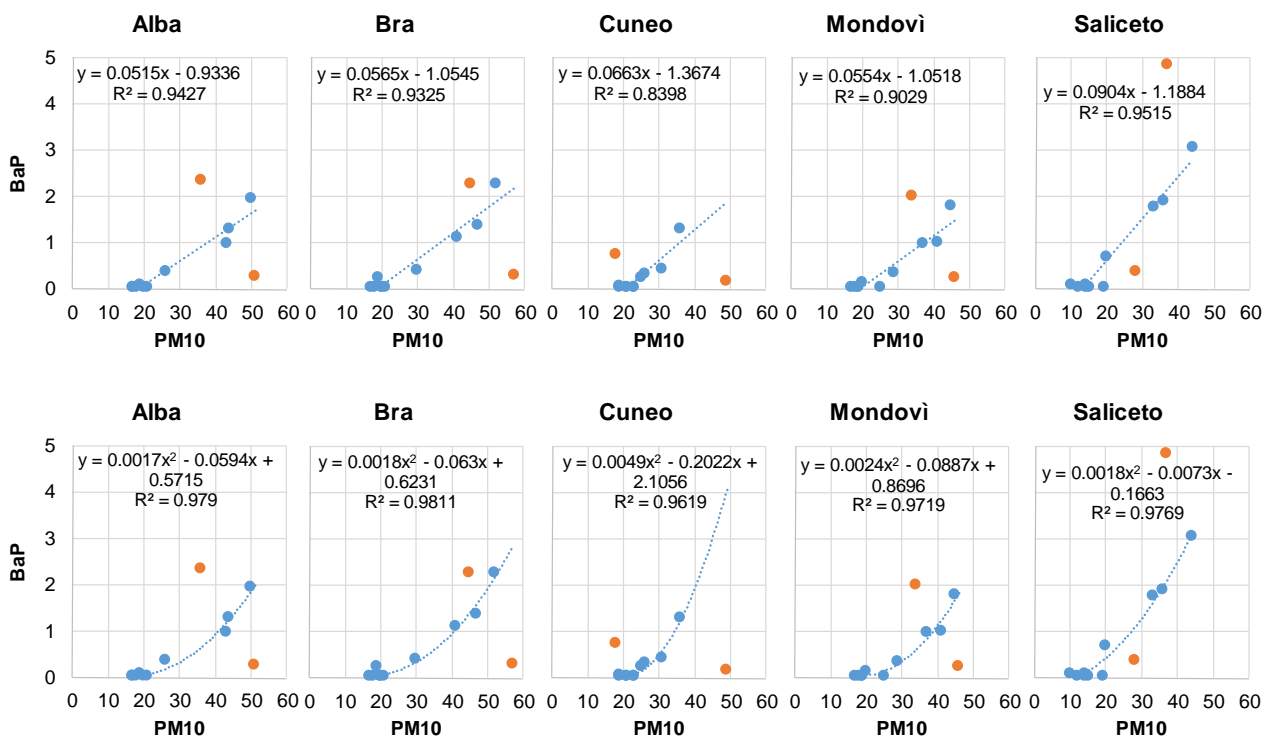


Figura 62) Concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene dell'anno 2017 in funzione delle concentrazioni medie mensili di PM<sub>10</sub>. Regressione lineare nei grafici in alto, regressione quadratica nei grafici in basso. In arancione i mesi di ottobre e dicembre esclusi dalle regressioni.

## Riepilogo confronti normativi - anno 2017

Nella tabella seguente sono riassunti i confronti dei dati misurati nell'anno 2017 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	2017: DATI RILEVATI					
			Alba	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO <sub>2</sub>	350 µg/m <sup>3</sup> media oraria	24 volte / anno civile	-	-	25 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	134 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	122 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	149 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	124 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	64 µg/m <sup>3</sup> max media oraria	82 µg/m <sup>3</sup> max media oraria
	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	26 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>	28 µg/m <sup>3</sup>	14 µg/m <sup>3</sup>	14 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	30 µg/m <sup>3</sup>	33 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>	29 µg/m <sup>3</sup>	24 µg/m <sup>3</sup>	-
	50 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	35 volte / anno civile	57 superamenti	65 superamenti	29 superamenti	44 superamenti	26 superamenti	-
		Data del 36° superamento		25 ott	19 ott	-	4 nov	-
PM <sub>2.5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	-	-	19 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	-	27 µg/m <sup>3</sup>
CO	10 mg/m <sup>3</sup> media mobile su 8 ore	-	-	-	1.4 mg/m <sup>3</sup>	1.4 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Benzene	5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	1.0 µg/m <sup>3</sup>	-	0.8 µg/m <sup>3</sup>	1.1 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)	43 giorni	-	49 giorni	-	20 giorni	29 giorni
	180 µg/m <sup>3</sup> media oraria (soglia di informazione)	-	3 superamenti	-	0 superamenti	-	0 superamenti	2 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)	-	0.6 ng/m <sup>3</sup>	0.7 ng/m <sup>3</sup>	0.3 ng/m <sup>3</sup>	0.6 ng/m <sup>3</sup>	1.1 ng/m <sup>3</sup>	-
Pb	0.5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0.004 µg/m <sup>3</sup>	0.005 µg/m <sup>3</sup>	0.003 µg/m <sup>3</sup>	0.004 µg/m <sup>3</sup>	0.004 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)	-	1.4 ng/m <sup>3</sup>	1.7 ng/m <sup>3</sup>	0.9 ng/m <sup>3</sup>	1.5 ng/m <sup>3</sup>	1.2 ng/m <sup>3</sup>	-

Tabella 10) Confronto con i limiti normativi per l'anno 2017

## Conclusioni

I dati di SO<sub>2</sub>, CO, benzene e metalli pesanti rilevati nella provincia di Cuneo nel 2017 confermano come le concentrazioni di questi inquinanti siano ormai stabilizzate su valori molto bassi e rispettino ampiamente i limiti stabiliti dalla normativa vigente, analogamente a quanto si verifica a livello regionale.

Relativamente agli inquinanti per i quali permangono criticità a livello non solo provinciale, ma di intero bacino padano, i significativi miglioramenti che sono stati registrati dall'inizio dei monitoraggi non sono ancora sufficienti a garantire il mantenimento stabile dei limiti fissati dalla normativa per la tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso.

La conformazione orografica del bacino padano, di cui la provincia di Cuneo rappresenta l'estremo sud-ovest, favorisce l'accumulo degli inquinanti, in particolare di quelli che, per la loro natura secondaria, sono caratterizzati da lunghi tempi di permanenza in atmosfera (PM e ozono). In tale situazione, la variabilità delle condizioni meteorologiche, sempre più caratterizzata dall'alternanza di siccità estrema, come quella del 2017, e periodi di pioggia prolungati come nella primavera 2018, condiziona fortemente la variabilità interannuale dei livelli degli inquinanti della qualità dell'aria.

Dopo un 2016 in cui, grazie all'assenza di lunghi periodi di accumulo, si era raggiunto il minimo storico per i livelli di polveri sottili, nel 2017 le condizioni meteorologiche sono state particolarmente sfavorevoli alla qualità dell'aria. In particolare l'assenza di precipitazioni in lunghi periodi ha contribuito a determinare l'aumento, in tutte le stazioni della provincia, dei livelli di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>.

Per le stazioni di Alba e Bra nel 2017 i superamenti del limite giornaliero di PM<sub>10</sub> sono stati circa 20 in più rispetto a quelli registrati nell'anno precedente, ovvero 57 presso la stazione di fondo urbano di Alba Tanaro e 65 in quella di traffico urbano di Bra Madonna dei Fiori. Tali stazioni sono rappresentative dell'inquinamento medio dei siti urbani di tutto il territorio di pianura della zona nord della provincia di Cuneo che, per la posizione geografica, risentono maggiormente dell'inquinamento caratteristico del bacino padano. In queste postazioni il numero massimo definito dalla norma di 35 superamenti per anno non è ancora mai stato rispettato.

Presso la stazione di fondo rurale di Revello-Staffarda, unica stazione della zona nord della provincia ad eseguire la misura del PM<sub>2.5</sub>, il limite sulla media annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> è stato superato, a causa del fondo regionale di inquinamento di cui anche questo sito risente.

La zona sud della provincia è caratterizzata da una maggior ventosità, che permette una migliore diluizione degli inquinanti e pertanto livelli inferiori di concentrazioni rispetto alla zona nord<sup>17</sup>. Ciononostante presso la stazione da traffico urbano di Mondovì nel 2017 si è sfiorato per la prima volta il limite stabilito per le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> (44 superamenti contro i 35 concessi).

Tra le sostanze determinate nel PM<sub>10</sub>, sono state nuovamente riscontrate criticità per le concentrazioni di benzo(a)pirene campionate nel sito di Saliceto, che nel 2017 sono tornate a superare il limite normativo. Sebbene negli altri siti di misura siano inferiori al limite, le concentrazioni di benzo(a)pirene risultano ovunque influenzate dall'uso della legna negli impianti di riscaldamento.

---

<sup>17</sup> Si veda il paragrafo "Le concentrazioni del 2017 e l'influenza delle condizioni meteorologiche"



La situazione dell'inquinamento da ozono si mantiene critica nella provincia di Cuneo, come peraltro in tutta la regione. Oltre ai superamenti della soglia di informazione che nel 2017 sono tornati a verificarsi nelle due stazioni di misura della zona nord della provincia, rimangono disattesi ovunque gli obiettivi a lungo termine stabiliti sia per la protezione della salute umana che per la protezione della vegetazione. Tra i valori obiettivo solo quello per la protezione della salute risulta inferiore alla soglia prevista, ma unicamente presso la stazione di Saliceto.

Solamente per l' $\text{NO}_2$  i limiti normativi, raggiunti nel 2008, continuano a mantenersi ampiamente rispettati in tutta provincia, malgrado gli aumenti che anche per questo inquinante si sono verificati nel 2017. L'analisi dei trend, eseguita sia sul biossido che sugli  $\text{NO}_x$ , evidenzia tendenze alla diminuzione con elevata significatività statistica in tutte le stazioni della provincia, con variazioni percentuali maggiori per gli  $\text{NO}_x$  rispetto all' $\text{NO}_2$  presso le stazioni di Cuneo e Bra.

Tali miglioramenti sono sicuramente attribuibili alle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti progressivamente messe in campo sulle diverse tipologie di sorgenti, in particolare all'evoluzione del parco veicolare e alle riduzioni riscontrate nelle emissioni dell'industria pesante locale. Indubbiamente la diminuzione dei livelli di ossidi di azoto ha anche portato alle significative diminuzioni rilevate per le polveri sottili e l'ozono. In atmosfera gli ossidi di azoto agiscono infatti da precursori, ovvero subiscono delle trasformazioni chimiche che portano alla formazione di inquinanti "secondari": dell'ozono nell'estate e, nell'inverno, del cosiddetto "particolato secondario", generalmente compreso nella frazione più fine delle polveri e pertanto più problematico per la salute umana, perché in grado di penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio.

Come evidenziato sopra, le riduzioni di PM e ozono non sono ancora sufficienti a determinare il rispetto dei limiti stabiliti dalla normativa al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana. A causa della conformazione orografica del bacino padano e dell'influenza, sempre più pesante delle condizioni meteorologiche sulla qualità dell'aria, per pervenire a tale rispetto occorrerà continuare a perseguire la diminuzione delle emissioni in atmosfera in modo sempre più omogeneo e su scala spaziale sempre più ampia, migliorando anche le emissioni provenienti dalla combustione di biomassa ed agendo su tutte le sorgenti di inquinanti precursori, tra cui la zootecnia ed il traffico.



## **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.

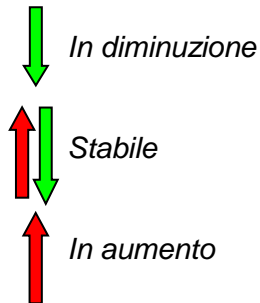
**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**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 inferiore a 2.5 µm.			
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino</b> , ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarmento delle polveri depositate sulle strade)</b> e gli <b>impianti di riscaldamento</b> rappresentano le fonti più significative.			
<b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>imnesso direttamente</b> in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da <b>trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs, NH<sub>3</sub></b> .			
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del <b>lungo tempo di permanenza nell'aria</b> (da giorni a settimane) che ne consente il <b>trasporto su grandi distanze</b> . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.			
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- il PM<sub>10</sub>, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali.</li> <li>- Il PM<sub>2.5</sub>, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare.</li> </ul> Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b> , quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b> . Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti. La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che <b>può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante</b> ; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.			
<b>Misura</b> <i>gravimetrica</i>	Il PM <sub>10</sub> e il PM <sub>2.5</sub> sono determinati mediante campionamento su filtro e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.			
 <b>Situazione critica</b> 	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM <sub>10</sub> , <b>è in miglioramento</b> anche se <b>continua a rappresentare una delle criticità più significative ed i limiti sono tuttora disattesi</b> . Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento.			
<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore limite</b>	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
<b>PM10</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 per anno civile	1 gennaio 2005
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>		1 gennaio 2005
<b>PM2.5</b>	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>		1 gennaio 2015

## 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'attività batterica sui composti dell'azoto, dall'attività vulcanica e dai fulmini: ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenti la fonte più significativa.</p>			
<b>Tipologia</b> primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria. La maggior parte dell'NO<sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, 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 azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti, e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.</p>			
<b>Misure</b> chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).</p>			
<b>Situazione</b> stabile  	<p>L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO<sub>2</sub> che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO<sub>2</sub>, ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.</p>			
<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	<b>Valore limite</b>	<i>N° superamenti ammessi</i>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
<b>Biossido di Azoto</b>	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	18 per anno civile	1 gennaio 2010
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	1 gennaio 2010

## 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>critica</i> 	I superamenti dei riferimenti normativi continuano ad essere significativi a livello europeo nonostante la riduzione di lungo termine osservata negli ultimi 25 anni. Data l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, l'andamento delle concentrazioni di $O_3$ può variare considerevolmente negli anni ed è difficilmente controllabile.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	valore	N° superamenti ammessi
<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)

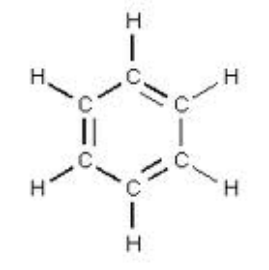




## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<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</b> <b>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>	<p>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.</p> <p>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>.</p> <p>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.</p>
<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> <i>buona</i> 	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza.


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

## BENZENE

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


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

## MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

<b>Caratteristiche</b>  <b>CO</b>	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli <b>incendi boschivi</b>, <b>le eruzioni dei vulcani</b>, <b>le emissioni da oceani e paludi</b>.</p> <p>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.</p>
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	<p>Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.</p>
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.</p>
<b>Effetti salute</b>	<p>Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, <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.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
<b>Misure</b> <i>Assorbimento IR</i>	<p>Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>).</p>
 <b>Situazione</b> <i>buona</i> 	<p>Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmitte catalitiche. Ciò ha determinato, nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, una riduzione significativa della sua concentrazione.</p>

<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>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
<b>Monossido di carbonio</b>	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-	1 gennaio 2005

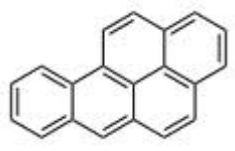


## METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

<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> <i>buona</i> ↓	Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione.

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

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

## IPA - Benzo(a)pirene

<p><b>Caratteristiche</b> <b>Benzo(a)pirene</b></p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.</p> <p>Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida.</p> <p>Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p>
<p><b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano.</p> <p>La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle <b>eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi</b>.</p> <p>Le fonti antropiche sono dovute ai <b>processi di combustione</b> incompleta di materiale organico e all'uso di <b>olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento</b>. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al <b>traffico stradale</b> sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane, mentre nelle aree rurali un importante contributo deriva dalla combustione della legna.</p>
<p><b>Tipologia</b> <i>primario</i></p>	<p>È un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza</b> <b>spazio temporale</b></p>	<p>In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di <b>qualche giorno o settimana</b>; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare <b>anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione</b>.</p>
<p><b>Effetti</b> <i>salute</i></p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporta vari <b>danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare</b>.</p> <p>In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie. L'organo legislativo ha pertanto stabilito un valore obiettivo per tale composto.</p>
<p><b>Misura</b> <i>GC da filtro PM<sub>10</sub></i></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM<sub>10</sub>) contenuta in un volume noto di aria è raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana è sottoposta ad estrazione con solvente e nell'estratto i singoli composti degli IPA sono quantificati mediante tecnica gascromatografica.</p>
<p><b>Situazione</b> <i>stabile</i></p>  	<p>L'andamento rileva una forte dipendenza stagionale e una situazione peggiore nelle stazioni non urbane rispetto a quelle urbane a causa del contributo ascrivibile all'uso del legno come combustibile. L'andamento nel corso degli anni rileva comunque un miglioramento.</p>

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

(\*) 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