

## II RESPONSABILE

Prot. 9686 /H10.02

Cuneo, 02/02/2018

(trasmessa esclusivamente via PEC)

Ill.mo Signor Sindaco del Comune di  
ALBA

[comune.alba@cert.legalmail.it](mailto:comune.alba@cert.legalmail.it)

---

Spett.le Assessorato Ambiente  
PROVINCIA di CUNEO

[protocollo@provincia.cuneo.legalmail.it](mailto:protocollo@provincia.cuneo.legalmail.it)

---

Spett.le Dipartimento Prevenzione  
Azienda ASL CN2 Cuneo

[aslcn2@legalmail.it](mailto:aslcn2@legalmail.it)

---

e p.c. Spett.le Regione Piemonte  
Assessorato Ambiente  
Settore Risanamento Atmosferico

Rif. Vs. nota prot. ARPA n. 97196 del 17/11/2016.  
Rif. DOQUI: B5.16 – ATTIVITA' ANNO 2017 – H10\_2017\_00691/ARPA.

### **Oggetto: Trasmissione dei risultati relativi al monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Alba nel periodo compreso dal 2 febbraio al 5 aprile 2017**

Con la presente si inviano le risultanze del monitoraggio eseguito con il laboratorio mobile della qualità dell'aria nel Comune di Alba dal 2 febbraio al 5 aprile 2017. Al fine di ottemperare alle disposizioni normative vigenti e contribuire al risparmio energetico ed ambientale la presente nota sarà inviata esclusivamente via PEC; congiuntamente la relazione tecnica verrà messa a disposizione di tutta l'utenza alla pagina internet:

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

Distinti saluti

**Il Dirigente Responsabile  
della S.S. "Attività di Produzione Sud Ovest"  
Dott. Ivo Riccardi  
(firmato digitalmente)**

LB/lb

Allegati:  
Relazione tecnica (pagine 25, Allegato pagine 11)

**STRUTTURA COMPLESSA “Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest”**  
**Struttura Semplice H.10.02 “Attività di Produzione Sud Ovest”**

**OGGETTO: *Monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria nel comune di Alba nel periodo compreso dal 2 febbraio al 5 aprile 2017***

<b>Realizzazione del monitoraggio</b>	<b>Bardi Luisella Martini Sara Pellutiè Aurelio</b>	<b>Corino Flavio Pascucci Luca Tosco Marco</b>
<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Bardi Luisella</b>	
<b>Verifica ed approvazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Martini Sara</b>	
<b>Data: 2/2/2018</b>	<b>Funzione: Responsabile Produzione Nome: Riccardi Ivo</b>	

**Arpa Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest – Struttura Semplice Attività di Produzione**

Via Vecchia di Borgo San Dalmazzo, 11 - 12100 Cuneo - Tel. 0171329211

[dip.cuneo@arpa.piemonte.it](mailto:dip.cuneo@arpa.piemonte.it) - PEC [dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it](mailto:dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it) – [www.arpa.piemonte.gov.it](http://www.arpa.piemonte.gov.it)

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>ANALISI DEI DATI .....</b>	<b>5</b>
<b><i>BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub></i>.....</b>	<b>5</b>
<b><i>MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub></i>.....</b>	<b>10</b>
<b><i>BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE</i>.....</b>	<b>16</b>
<b><i>OZONO – O<sub>3</sub></i>.....</b>	<b>18</b>
<b>SITUAZIONE METEOROLOGICA .....</b>	<b>20</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>24</b>
<b><i>ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna</i> .....</b>	<b>1</b>
<b><i>ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi</i>.....</b>	<b>3</b>

## INTRODUZIONE

Il documento illustra le risultanze analitiche del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato nel comune di Alba nel periodo compreso tra il 2 febbraio ed il 5 aprile 2017.

Le misure sono state svolte, a seguito di richiesta dell'Amministrazione comunale, con lo scopo di verificare i livelli dei principali inquinanti della qualità dell'aria in Corso Langhe e l'influenza del traffico veicolare ivi circolante. Per motivi logistici, di disponibilità di spazio e alimentazione elettrica adeguata, il laboratorio mobile è stato posizionato davanti al palazzetto del sport, nel sito messo a disposizione dal Comune.

Il laboratorio mobile permette di analizzare i principali inquinanti per i quali sono fissati dei limiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (ozono O<sub>3</sub>, ossidi di azoto NO-NO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub>, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO<sub>2</sub>, benzene e materiale particolato PM10).

Si ricorda che le indagini che si svolgono con laboratorio mobile e con la strumentazione portatile descrivono in modo puntuale le situazioni di un limitato periodo temporale di acquisizione, producendo dati ovviamente influenzati dalle condizioni meteorologiche presenti nel periodo di osservazione. Per questo motivo la descrizione corretta della qualità dell'aria di una specifica località, non può far riferimento ai soli monitoraggi eseguiti in loco con campagne effettuate con mezzi mobili. Il ventaglio delle differenti tipologie di qualità dell'aria che si possono incontrare nelle varie zone degli agglomerati urbani del nostro territorio sono invece rappresentate dai dati raccolti da una rete complessa di centraline fisse, quale il "Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria", istituito sulla base dei criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie.

Nel seguito, dopo la mappa dove sono indicate le posizioni del sito di monitoraggio con il laboratorio mobile e della centralina fissa di Alba-Tanaro, una tabella riporta le indicazioni sul sito e sugli strumenti di misura utilizzati. Nel secondo capitolo sono presentati i principali risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati della qualità dell'aria. In particolare i dati forniti dal laboratorio mobile sono stati confrontati con quelli registrati, nei medesimi periodi, dalla stazione di Alba-Tanaro e dalle altre stazioni della rete fissa. Solamente da tale confronto è possibile trarre considerazioni sul rispetto di limiti normativi che hanno spesso l'intero anno civile come riferimento temporale. Nel capitolo successivo è descritta la situazione meteorologica del periodo di monitoraggio, in particolare per gli aspetti che più condizionano i livelli dell'inquinamento atmosferico, ed è presente un'analisi dei principali parametri meteorologici misurati nel sito dal laboratorio mobile e dalle stazioni della rete meteorografica regionale più prossime.

In allegato è riportata una reportistica con le principali informazioni statistiche di ogni inquinante monitorato (concentrazione media, massima oraria ecc...) e, ove possibile, il confronto con i limiti normativi. Un secondo allegato contiene delle schede descrittive delle caratteristiche di ciascuno degli inquinanti della qualità dell'aria monitorati, insieme ai riferimenti normativi in vigore.

La maggior parte delle elaborazioni sono state realizzate con il software R, in particolare con il pacchetto Openair<sup>1</sup>, strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

<sup>1</sup> Carslaw, D.C. and K. Ropkins (2012). "openair – an R package for air quality data analysis". Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, pp. 52-61

Carslaw, D.C. (2015). "The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data". Manual for version 1.1-4, King's College London

Comune

**ALBA**

Ortofoto - siti di monitoraggio



## LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Corso Langhe 52, presso il palazzetto dello sport
Coordinate UTM WGS84	X= 423449 m; Y= 4948930 m
Periodo	dal 2 febbraio al 5 aprile 2017



### Strumentazione Laboratorio mobile:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO	MODELLO	METODO DI MISURA
NO – NO <sub>2</sub>	Analizzatore API	200E	Chemiluminescenza
CO	Analizzatore API	300E	Spettrometria a infrarossi
Benzene, Toluene, Xilene	Analizzatore SYNTECH SPECTRAS	GC955 BTX ANALYSER	Gascromatografia con rilevatore a fotoionizzazione
SO <sub>2</sub>	Analizzatore API	100E	Fluorescenza
O <sub>3</sub>	Analizzatore API	400E	Assorbimento UV
PM <sub>10</sub>	Analizzatore UNITECH	LSPM10	Nefelometria
PM <sub>10</sub>	Campionatore TCR TECORA	Charlie HV-Sentinel PM	Gravimetria
Velocità e direzione vento, radiazione solare globale, temperatura, umidità, pressione	Stazione meteorologica LSI-Lastem		

## ANALISI DEI DATI

### 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.

La sequenza temporale delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> misurate con il laboratorio mobile nel sito di Corso Langhe è rappresentata nella figura sottostante insieme alle concentrazioni rilevate presso la stazione fissa di Alba - Tanaro.

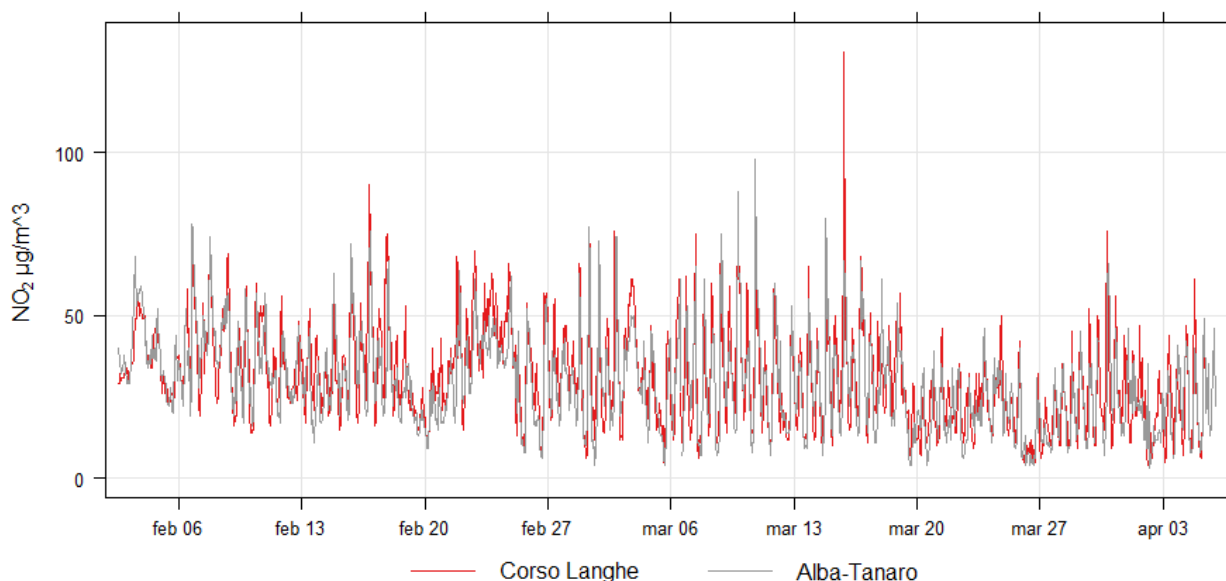


Figura 1) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Corso Langhe e presso la stazione di Alba-Tanaro.

Dalla figura si può innanzitutto osservare la coerenza tra gli andamenti nel tempo delle concentrazioni misurate nei due siti della città di Alba. È visibile inoltre una progressiva diminuzione delle concentrazioni tra il periodo invernale e quello primaverile, dovuta, in parte alla riduzione delle emissioni del riscaldamento, ma principalmente alla crescita dello strato di rimescolamento dell'atmosfera, che l'aumento di temperatura e di irraggiamento solare determinano e che consente la diluizione degli inquinanti in volumi via via più ampi.

Siccome i livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera dipendono fortemente dalle condizioni atmosferiche, per poter valutare la qualità dell'aria in un sito, è fondamentale confrontare i dati ivi misurati con quelli rilevati nello stesso periodo dalle stazioni fisse della rete. Il biossido di azoto viene monitorato in tutte le centraline della rete fissa le quali, ognuna rappresentativa di una realtà specifica, forniscono nell'insieme un intervallo di concentrazioni che ben descrive la qualità dell'aria media incidente sul territorio.

Nella figura 2 le distribuzioni di tutte le medie orarie di NO<sub>2</sub> rilevate dal laboratorio mobile durante il monitoraggio nel sito di Corso Langhe, sono rappresentate con grafici a box e confrontate con quelle ottenute, nello stesso periodo, da ciascuna stazione della rete fissa della qualità dell'aria della provincia.

Il box plot sintetizza la posizione dei più di 1400 dati orari ottenuti nella campagna di misura: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25°

e il 75° percentile<sup>2</sup>), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i "baffi", delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

Nella tabella al di sotto della figura 2 sono riportati i valori delle concentrazioni medie, mediane e massime orarie di NO<sub>2</sub> relativi alla campagna di monitoraggio del laboratorio mobile, insieme ai valori ottenuti, nello stesso periodo, dalle stazioni della rete fissa. Nella tabella è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010.

I box plot e gli indicatori evidenziano come, per il periodo in analisi, la distribuzione dei dati orari rilevati nel sito di Corso Langhe sia a livelli leggermente superiori a quelli della stazione di Alba-Tanaro.

Relativamente al periodo di monitoraggio il limite normativo orario è stato rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è ampiamente inferiore al limite di 200 µg/m<sup>3</sup> (valore limite da non superare più di 18 volte per anno civile).

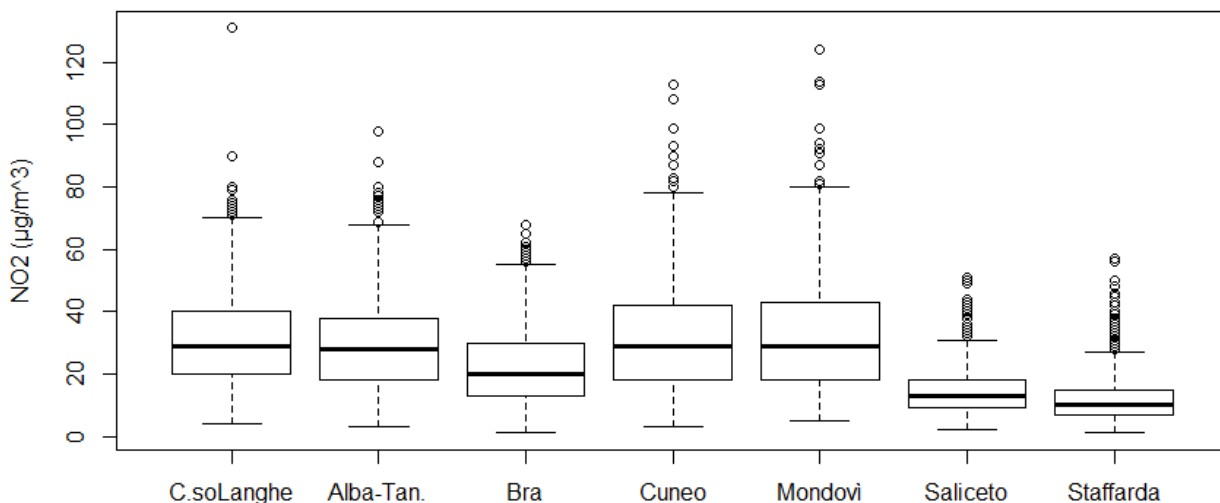


Figura 2) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile ad Alba e presso le stazioni della provincia di Cuneo (periodo 2 febbraio ÷ 5 aprile '17)

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 2 febbraio ÷ 5 aprile '17	Lab.mobile C.so Langhe	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>31</b>	29	22	32	32	14	12
Mediana	29	28	20	29	29	13	10
Massimo	<b>131</b>	98	68	113	124	51	57

Tabella 1) NO<sub>2</sub>: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate in corso Langhe ad Alba e presso le stazioni della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

La normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, oltre al limite sulle medie orarie, un limite relativo alla media annuale (40 µg/m<sup>3</sup>). Poiché le campagne di monitoraggio si riferiscono ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno, fare un confronto diretto della concentrazione media con il limite annuale non è

<sup>2</sup> Percentile di ordine k (P<sub>k</sub>) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P<sub>k</sub> siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.



corretto. È però possibile stimare l'entità della media annuale facendo riferimento ai dati registrati dalle centraline della rete fissa. Per ciascuna delle 6 stazioni della rete provinciale, le concentrazioni medie relative al periodo della campagna di misura in Corso Langhe (riportate nella tabella 1) sono state rapportate alle concentrazioni medie dell'ultimo anno civile completo di dati (2017) ed è stata calcolata la regressione lineare tra le sei coppie di dati ottenute. Nel grafico di figura 3 sono rappresentati i dati utilizzati insieme alla loro retta di regressione. Il test eseguito sul coefficiente R di Pearson indica la significatività della correlazione statistica. A partire dalla regressione lineare trovata è stata quindi stimata la seguente concentrazione media annuale, riferita all'ultimo anno completo di dati (2017), per il sito di misura di Corso Langhe ed il rispettivo errore standard:

$$\text{NO}_2 (2017) = 27.4 \pm 5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Tale valore indica il rispetto del limite normativo annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

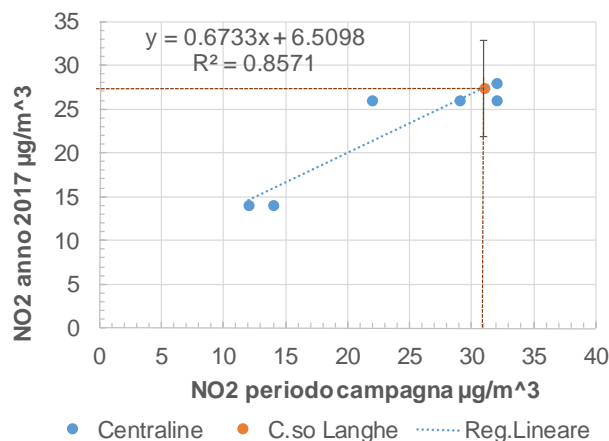


Figura 3)  $\text{NO}_2$ : stima della concentrazione media annuale nel sito di misura di Corso Langhe mediante regressione lineare tra le concentrazioni misurate dalle stazioni fisse durante il periodo della campagna e le medie dell'anno 2017.

Per il biossido di azoto l'andamento del giorno medio e della settimana media del sito di Corso Langhe sono confrontati nella figura 4 con quelli della stazione di fondo urbano di Alba-Tanaro. La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

In entrambi i siti le concentrazioni del giorno medio presentano il tipico andamento ricorrente condizionato dalle attività antropiche, che determinano un aumento delle concentrazioni durante le ore diurne, con picchi nelle ore di punta del traffico. Nel confronto tra le due postazioni di misura le concentrazioni delle ore di punta raggiungono livelli maggiori nel sito di Corso Langhe, mentre nel sito della centralina il massimo notturno si prolunga più a lungo ed il minimo delle prime ore del mattino si mantiene a livelli maggiori.

Le concentrazioni della settimana media presentano, in entrambi i siti, concentrazioni che crescono progressivamente dal lunedì al venerdì per decrescere nei due giorni del fine settimana e raggiungere un minimo la domenica.

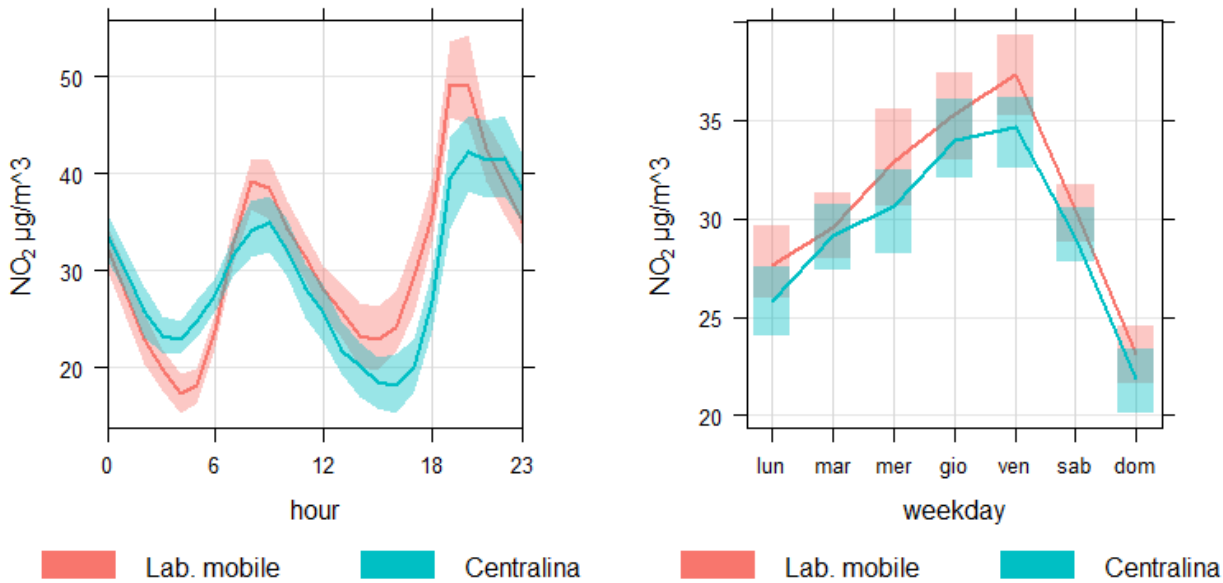


Figura 4) NO<sub>2</sub>: giorno medio e settimana media della campagna di monitoraggio di Corso Langhe e della stazione fissa di Alba (periodo 2 febbraio ÷ 5 aprile '17).

Al momento dell'emissione dai processi di combustione, gli ossidi di azoto sono costituiti principalmente dal monossido di azoto (NO), che viene poi in parte ossidato in biossido di azoto. Le concentrazioni del monossido di azoto misurate con il laboratorio mobile sono rappresentate con grafico a box plot nella figura seguente e confrontate con quelle misurate presso le stazioni fisse. Ad esclusione della stazione di Mondovì che risente della stretta vicinanza ad una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante, i livelli di concentrazioni del sito di Corso Langhe risultano essere superiori rispetto alle altre stazioni della rete, e questo è un indice dell'influenza delle emissioni del traffico veicolare che transita nel corso.

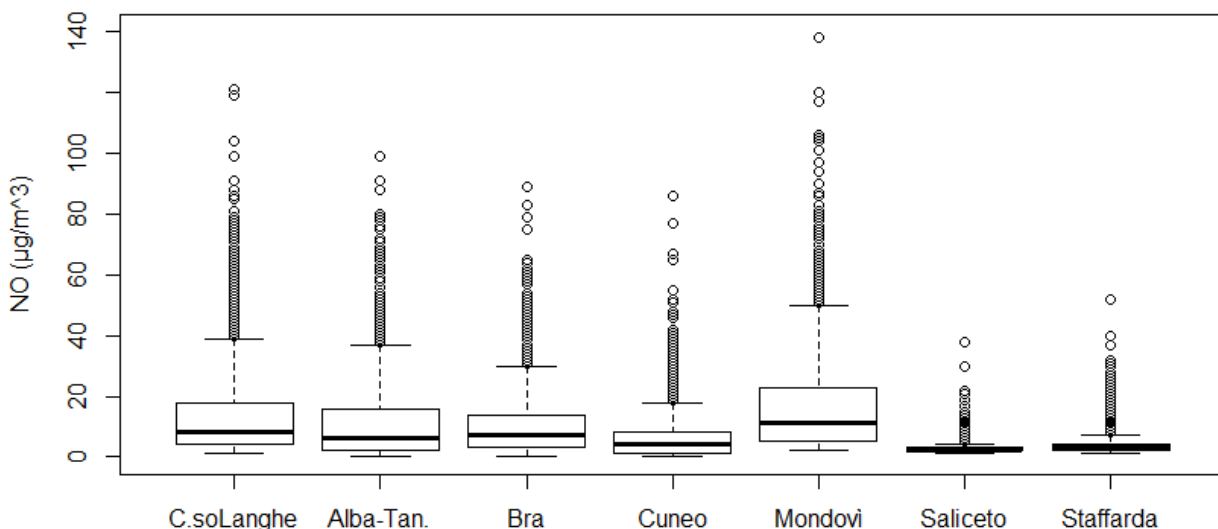


Figura 5) NO: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile ad Alba e presso le stazioni della provincia di Cuneo (periodo 2 febbraio ÷ 5 aprile '17)

Nei grafici di figura 6 il giorno medio del benzene, inquinante emesso principalmente dagli autoveicoli a benzina, è confrontato, su scala normalizzata, con quello degli ossidi di azoto – NO<sub>x</sub>, dati dalla somma del monossido e del biossido di azoto. Il buon accordo tra gli andamenti dei giorni medi dei due inquinanti conferma come la causa principale della

crescita delle concentrazioni degli ossidi di azoto nelle ore del mattino e della sera sia il traffico veicolare.

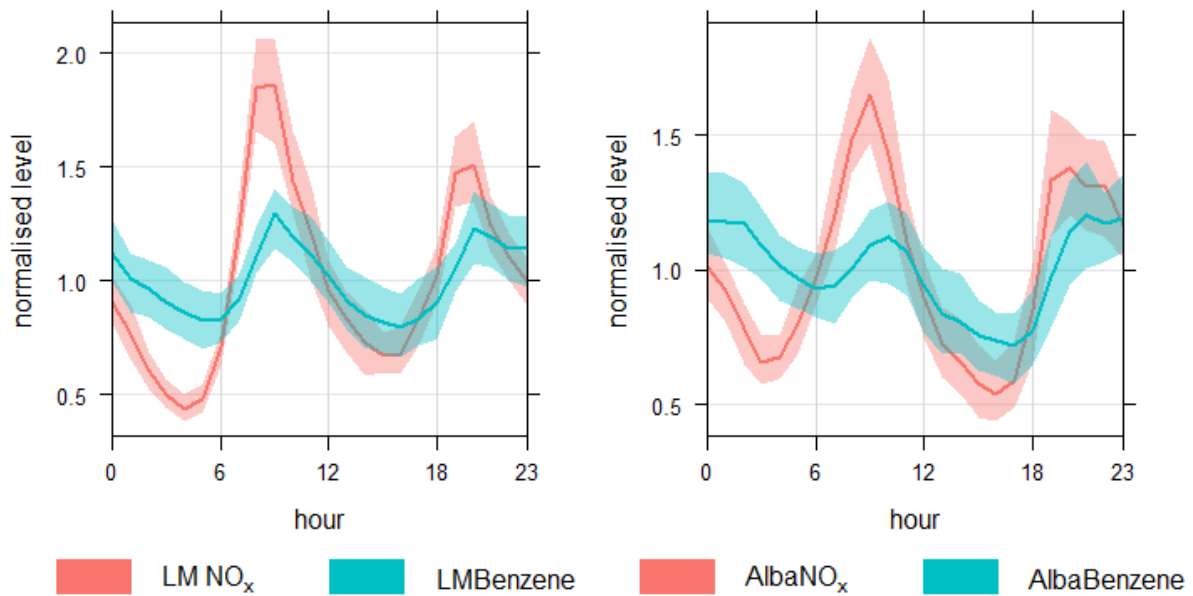


Figura 6) NO<sub>x</sub> e benzene: confronto dei giorni medi del sito di Corso Langhe (a sx) e della stazione di Alba-Tanaro (a dx).

## MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub>

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM<sub>10</sub> eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, che si basa sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol e consente di ottenere misure con cadenza oraria. Nel periodo compreso tra il 1 ed il 6 marzo il campionatore gravimetrico ha avuto problemi strumentali e pertanto le medie giornaliere sono state calcolate a partire dai dati misurati dal nefelometro.

Nella figura 7 le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub>, misurate nel sito di Corso Langhe ad Alba, sono confrontate con le concentrazioni misurate presso la stazione fissa di Alba-Tanaro e con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati da tutte le stazioni della rete fissa della provincia di Cuneo in cui il particolato viene misurato (in grigio chiaro), ampliato, in tono più scuro, con l'intervallo di valori rilevati presso le stazioni di fondo urbano di Asti D'acquisto e Alessandria Volta.

Nel grafico è indicato il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> che la normativa prevede non venga superato per più di 35 giorni all'anno. Sono riportati inoltre i millimetri di precipitazione giornaliera cumulata registrati dalla stazione meteorologica di Alba Tanaro ed un indicatore di presenza di Foehn nel territorio regionale.

Da questo grafico si può osservare come, sia gli andamenti che i valori delle concentrazioni registrate nei due siti di Alba siano in buon accordo tra loro e con i dati del PM<sub>10</sub> misurati negli stessi periodi dalle altre stazioni della rete fissa. Ciò è legato alle caratteristiche che contraddistinguono il particolato sottile, in particolare al lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) di questo inquinante che ne consente il trasporto su grandi distanze e lo rende ubiquitario su vasta scala. Questa peculiarità fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. Concentrazioni maggiori sono riscontrate, proprio per questo, nei periodi freddi dell'anno; in particolare, i periodi invernali, con situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, favoriscono l'accumulo delle polveri e sono perciò caratterizzati da concentrazioni elevate, mentre nei periodi estivi la consistente altezza dello strato di rimescolamento dell'atmosfera consente la diluizione degli inquinanti in volumi molto più ampi e pertanto determina valori di concentrazione più bassi.

Il monitoraggio in Corso Langhe è stato svolto nella parte finale dell'inverno, ovvero all'interno del periodo dell'anno generalmente più critico per l'inquinamento da polveri sottili, tuttavia, come si può osservare dalla figura, sono state frequenti sia le precipitazioni che le giornate ventose, fenomeni che hanno determinato l'abbattimento delle concentrazioni ed hanno reso la situazione molto meno gravosa rispetto al mese di gennaio<sup>3</sup>. Come dettagliato nel capitolo dedicato alle condizioni meteorologiche, i periodi con maggiore stabilità anticiclonica si sono verificati nella seconda metà di febbraio e nella seconda decade di marzo, periodi che hanno visto crescere le concentrazioni in tutta la regione, raggiungendo in alcuni giorni valori superiori al limite di 50 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Nel solo mese di gennaio 2017 presso la stazione di Alba-Tanaro sono stati registrati 16 superamenti del limite giornaliero, nel periodo del monitoraggio in Corso Langhe (3 febbraio- 4 aprile) solamente 6.

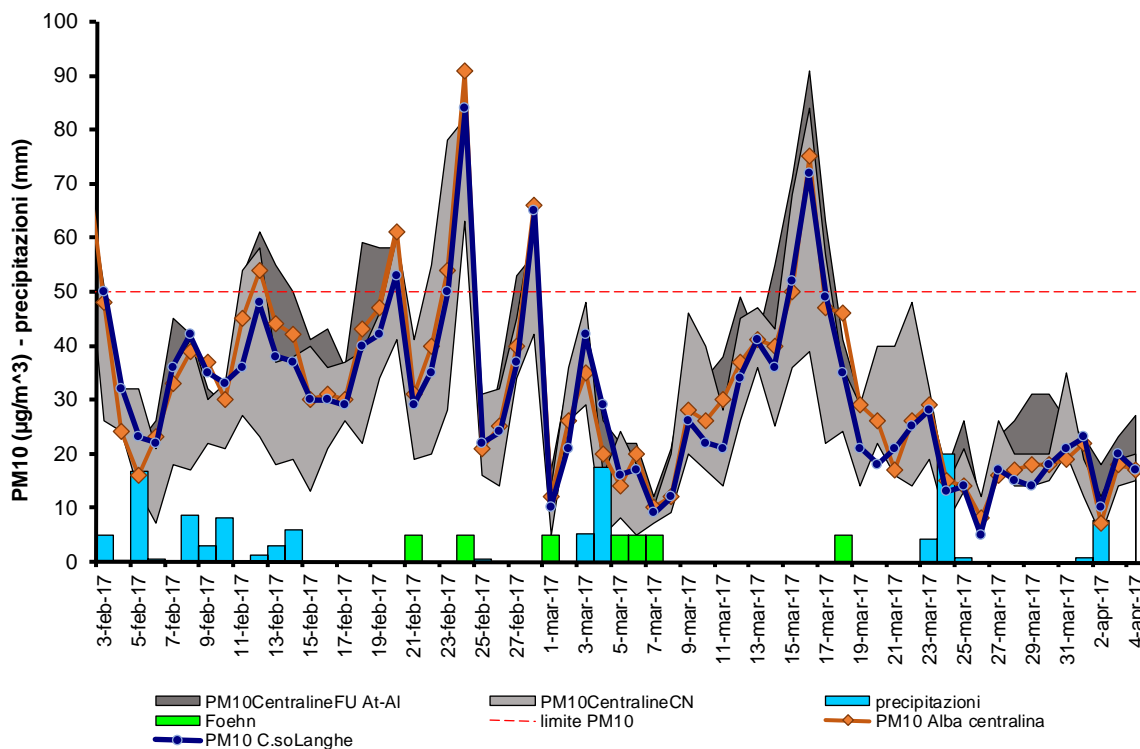


Figura 7)  $\text{PM}_{10}$ : concentrazioni medie giornaliere rilevate ad Alba; intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo (in grigio chiaro) sovrapposto a quello delle centraline di Asti D'Acquisto e Alessandria Volta (ampliamento in grigio scuro); precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo di Alba-Tanaro ed episodi di Foehn.

La distribuzione delle concentrazioni giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  ottenute nel sito di corso Langhe ad Alba, è rappresentata, nella figura della pagina seguente, con grafico a box e confrontata con quelle ottenute, negli stessi periodi, da ciascuna centralina della rete fissa della provincia di Cuneo e dalle stazioni delle città di Asti ed Alessandria. Nella tabella presente sotto la figura per ogni punto di misura sono riportati: numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  e numero di dati disponibili. Nella tabella è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010.

Per poter valutare tali dati occorre considerare che, nella provincia di Cuneo, l'inquinamento da polveri sottili è generalmente caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti ad emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona di pianura della provincia, insieme a quella delle colline delle Langhe e del Roero, 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. Pertanto, tra le stazioni della provincia, quella di Cuneo, grazie alla sua collocazione geografica, è caratterizzata da concentrazioni di polveri sottili più contenute di quelle rilevate dalle centraline di Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano e per le quali il superamento, in tutti gli anni di misura, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere conferma una situazione di criticità per il  $\text{PM}_{10}$ . La stazione di Mondovì, sebbene sia caratterizzata dalle concentrazioni di fondo contenute 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. La stazione di Saliceto, posta in zona rurale, risente nel periodo invernale delle emissioni locali di

materiale particolato provenienti dal diffuso utilizzo della biomassa legnosa come combustibile.

Per il periodo di misura, i livelli registrati presso il sito di Corso Langhe, sebbene leggermente inferiori a quelli del sito della centralina di Alba, ne risultano statisticamente confrontabili in media.

Come si può osservare dalla figura 8, nel periodo in analisi i livelli delle concentrazioni nei diversi siti di misura non hanno presentato differenze particolarmente marcate e questo è dovuto ai frequenti episodi di abbattimento delle polveri che si sono verificati. Tuttavia le distribuzioni dei dati misurati presso le stazioni di traffico di Asti Baussano ed Alessandria d'Annunzio sono a livelli superiori, sia a quelli delle stazioni di fondo delle stesse città, sia a quelli delle stazioni della provincia di Cuneo. Nonostante il maggior numero di superamenti del limite giornaliero, le distribuzioni delle stazioni di fondo di Asti D'Acquisto ed Alessandria Volta sono invece statisticamente confrontabili in media sia con quella di Alba che di Bra.

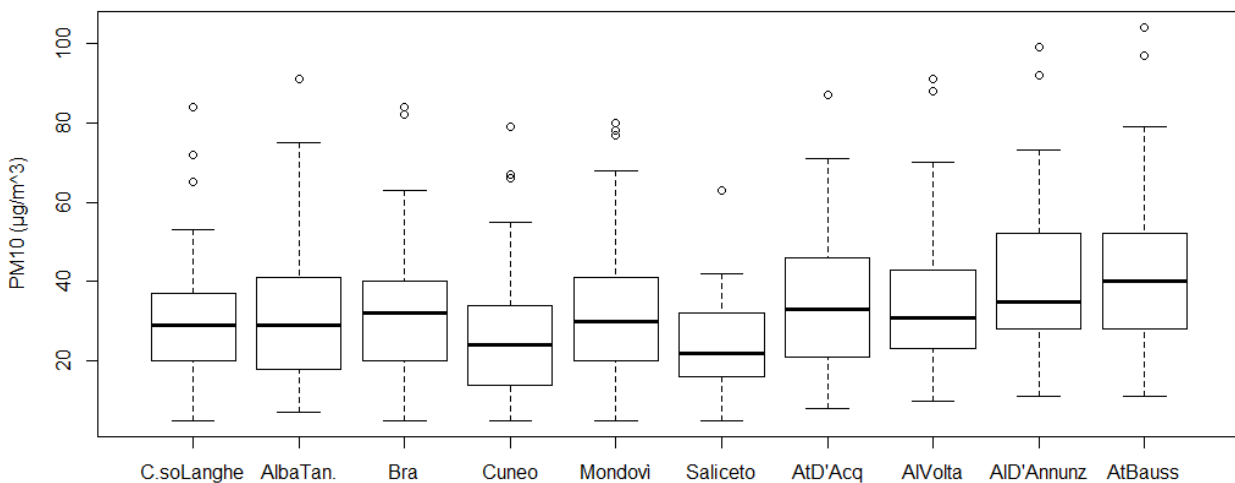


Figura 8)  $PM_{10}$ : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate in corso Langhe, dalla centralina di Alba-Tanaro, presso le altre stazioni della provincia di Cuneo e dalle stazioni di fondo e traffico delle città di Asti ed Alessandria (periodo 3 febbraio ÷ 4 aprile '17)

$PM_{10}$ 3 febbraio ÷ 4 aprile '17	Alba C.so Langhe	Alba Tanaro (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Asti D'Acquisto (FU)	Alessandria Volta (FU)	Alessandria D'Annunzio (TU)	Asti Baussano (TU)
Superamenti limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5	6	8	4	9	1	13	11	18	16
Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30	32	33	26	33	24	36	35	40	42
Mediana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	29	29	32	24	30	22	33	31	35	40
Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	84	91	84	79	80	63	87	91	99	104
Num. dati	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

Tabella 2)  $PM_{10}$ : confronto tra numero di superamenti del limite giornaliero, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevati in corso Langhe ad Alba e dalle stazioni della provincia di Cuneo e delle città di Asti ed Alessandria (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

Nella figura 9 sono rappresentate con grafici a dispersione le concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  registrate nel sito di Corso Langhe ad Alba in funzione delle concentrazioni contemporaneamente registrate presso le stazioni di Bra, Cuneo, Asti D'Acquisto e Alessandria Volta. Nella figura 10 gli stessi grafici sono prodotti con i dati della stazione di Alba-Tanaro. In tutti i casi considerati i coefficienti R di Pearson indicano correlazioni lineari significative, tuttavia il coefficiente di correlazione più elevato è, per entrambi i siti di Alba, quello ottenuto con i dati di Asti D'Acquisto.

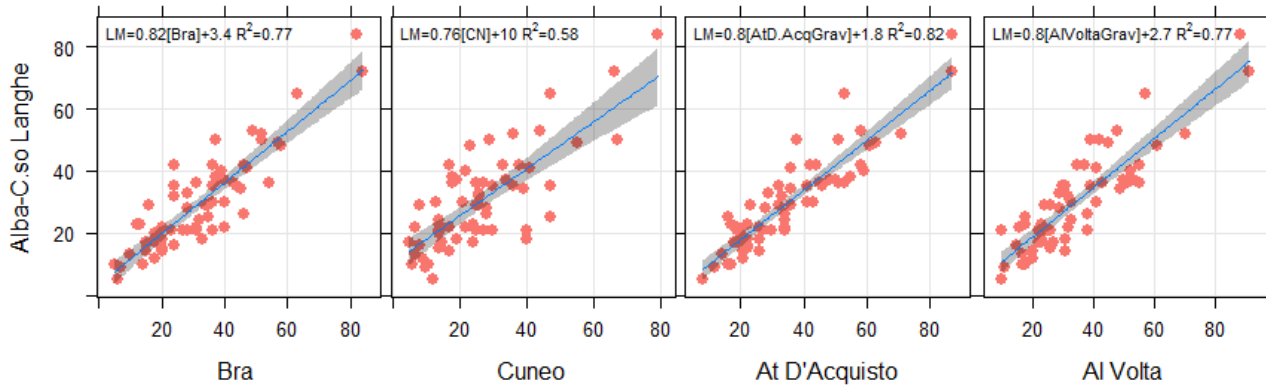


Figura 9)  $PM_{10}$ : grafici a dispersione delle concentrazioni giornaliere rilevate in Corso Langhe in funzione di quelle rilevate presso le stazioni di Bra, Cuneo, Asti D'Acquisto ed Alessandria Volta.

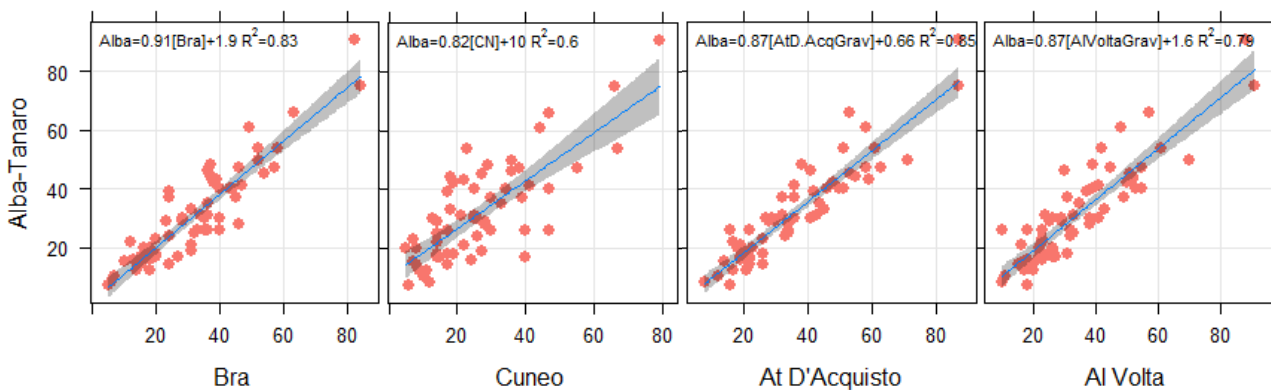


Figura 10)  $PM_{10}$ : grafici a dispersione delle concentrazioni giornaliere rilevate dalla stazione di Alba-Tanaro in funzione di quelle rilevate presso le stazioni di Bra, Cuneo, Asti D'Acquisto ed Alessandria Volta.

Analogamente a quanto eseguito per il biossido di azoto, per il sito di Corso Langhe è stata stimata la media annuale di  $PM_{10}$  facendo riferimento ai dati registrati dalle stazioni della rete fissa. Siccome le stazioni della provincia di Cuneo che misurano il  $PM_{10}$  sono cinque, al fine di aumentare la significatività statistica e ridurre l'entità degli errori standard, per il calcolo della regressione sono stati utilizzati anche i dati campionati dalle stazioni di Asti ed Alessandria già considerate nelle valutazioni precedenti<sup>4</sup>. Per ciascuna delle 8 stazioni di misura del  $PM_{10}$  le concentrazioni medie relative al periodo della campagna sono state rapportate alle concentrazioni medie dell'ultimo anno civile completo di dati (2017) ed è stata calcolata la regressione lineare tra le otto coppie.

Nel grafico di figura 11 sono rappresentati i dati utilizzati insieme alla loro retta di regressione. Il test eseguito sul coefficiente R di Pearson ottenuto indica una correlazione statisticamente significativa. A partire dalla regressione lineare trovata è stata stimata, per il sito di misura di Corso Langhe, la seguente concentrazione media annuale, riferita al 2017, ed il rispettivo errore standard:

$$PM_{10} (2017) = 29.5 \pm 6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Tale valore indica il rispetto del limite normativo annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e può essere confrontata con le medie dei valori misurati presso le stazioni fisse della provincia nel 2017:

<sup>4</sup> E' stata esclusa dal calcolo la stazione di asti D'Acquisto in quanto i dati gravimetrici di questa stazione per il 2017 hanno disponibilità <90%

	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Media anno 2017 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30	33	26	29	24

Tabella 3)  $PM_{10}$ : concentrazioni medie dell'anno 2017 per le stazioni della provincia di Cuneo.

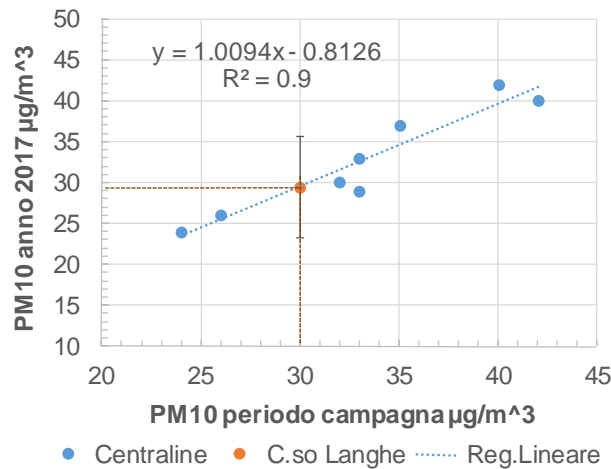


Figura 11)  $PM_{10}$ : stima della concentrazione media annuale nel sito di misura di Corso Langhe mediante regressione lineare tra le concentrazioni misurate dalle stazioni fisse durante il periodo della campagna e le medie dell'anno 2017.

Facendo riferimento al numero complessivo di superamenti registrati dalle stazioni della rete nell'ultimo anno civile, è stato inoltre stimato il numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il sito di Corso Langhe riferito all'intero 2017. Il valore stimato a partire dalla regressione lineare (correlazione statisticamente significativa – figura 12) è pari a:

$$\text{Numero superamenti (2017)} = 44 \pm 9$$

Tale valore è superiore al numero massimo consentito dalla normativa (35 per anno civile).

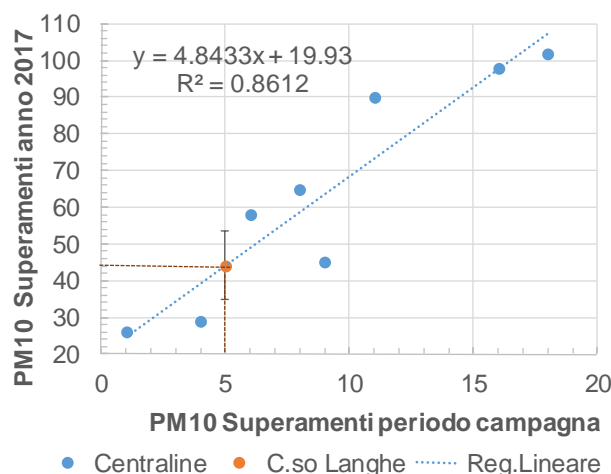


Figura 12)  $PM_{10}$ : stima del numero annuale di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il sito di misura di Corso Langhe mediante regressione lineare tra i superamenti registrati dalle stazioni fisse durante il periodo della campagna e quelli complessivi dell'anno 2017.



I dati di PM<sub>10</sub> acquisiti con cadenza oraria dal nefelometro del laboratorio mobile hanno permesso di elaborare il giorno medio che, nella figura 13, è rappresentato insieme a quello dell'NO<sub>2</sub>.

Anche se in misura nettamente inferiore rispetto agli ossidi di azoto, anche per il PM<sub>10</sub> è visibile l'influenza delle attività antropiche locali che determinano aumenti delle concentrazioni nelle ore di punta del traffico. Tuttavia per il PM<sub>10</sub> è evidente come le emissioni di queste sorgenti locali si sommino ad un livello di fondo già di per sé piuttosto consistente, dovuto alla peculiarità di questo inquinante di avere lunghi tempi di permanenza in atmosfera, che gli permettono di distribuirsi in modo ubiquitario su vasta scala.

Per il PM<sub>10</sub> la maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza al 95%, rappresentato dalla fascia colorata, è indice della rilevante influenza che questo inquinante subisce da parte delle condizioni meteorologiche, che determinano le principali variazioni nel tempo delle concentrazioni.

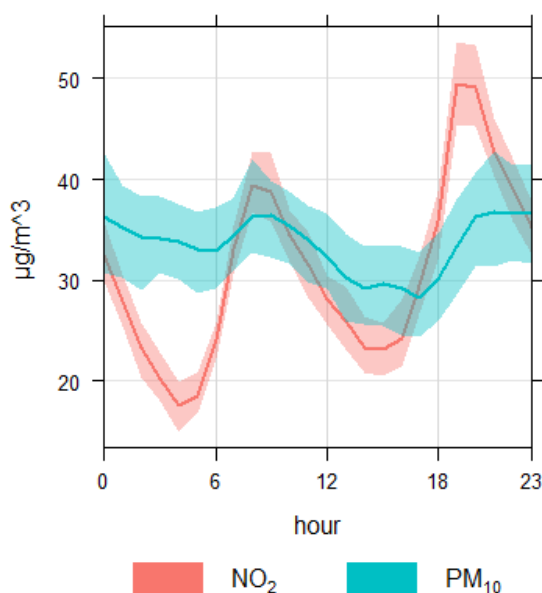


Figura 13) PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>: confronto dei giorni medi del sito di Corso Langhe.

## **BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE**

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo, che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare (6-7%), in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto 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.

Per il **biossido di zolfo** il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due classi di limiti per la protezione della salute umana: uno, relativo alla media oraria, pari a 350 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile.

Presso la stazione di Alba-Tanaro il biossido di zolfo è stato monitorato dal 2002 al 2009, ed i valori riscontrati sono sempre stati molto contenuti, nell'ambito della revisione della rete di monitoraggio attuata con l'inizio del 2010, la sua misura è stata sospesa.

I valori misurati con il laboratorio mobile nel sito di Corso Langhe ad Alba, analogamente a quanto rilevato nei medesimi periodi presso le altre stazioni della qualità dell'aria della provincia dove l'SO<sub>2</sub> viene monitorato, sono stati inferiori a 15 µg/m<sup>3</sup>, pertanto oltre ad essere di due ordini di grandezza inferiori ai limiti normativi, sono prossimi ai limiti di rilevabilità strumentali.

Per il **monossido di carbonio** la normativa stabilisce un valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi sei anni a valori inferiori a 2 mg/m<sup>3</sup>, ovvero a livelli confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi. Per questo motivo molti strumenti per la misura del CO presenti nella rete regionale sono stati dismessi nel corso del 2016. Tra questi anche quello della stazione di Alba-Tanaro, attivo dal 2002 al marzo 2016.

Nella campagna di Corso Langhe i valori rilevati di CO sono analoghi a quanto rilevato nello stesso periodo dalle centraline della rete dove la misura è ancora attiva, con una massima concentrazione media su 8 ore pari a 1.3 mg/m<sup>3</sup>.

Il Decreto Legislativo 155/2010 riprende per il **benzene** il valore limite per la protezione della salute umana già specificato dalla legislazione precedente di 5 µg/m<sup>3</sup> su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. Dal confronto con quanto rilevato presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche nel sito di Corso Langhe non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. Infatti la concentrazione media ottenuta, pari a 1.4 µg/m<sup>3</sup>, è del tutto analoga a quelle ottenute nello stesso periodo presso la stazione di Alba – Tanaro e nelle altre stazioni della provincia.

Nella figura 14 sono confrontati i giorni medi del benzene relativi al sito di Corso Langhe e al sito della centralina di Alba-Tanaro. Nella figura 15 il giorno medio del CO misurato in Corso Langhe è confrontato, con valori normalizzati, con quello del benzene misurato nello stesso sito, indicatore delle emissioni del traffico dei veicoli alimentati a benzina. Anche in questo caso il buon accordo tra i due giorni medi conferma che la causa

principale della crescita delle concentrazioni nelle ore diurne e serali sia la stessa per i due inquinanti.

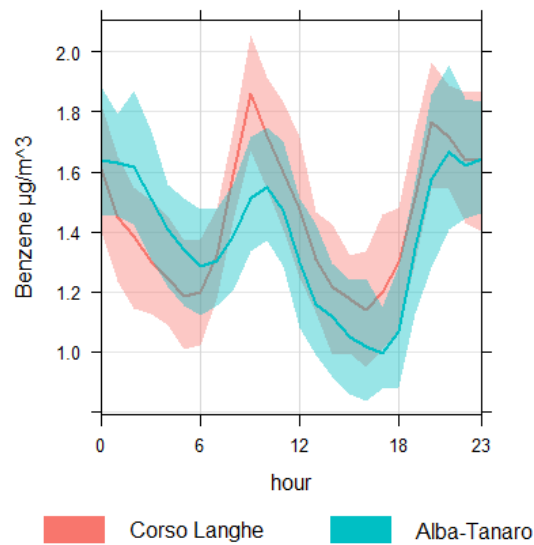


Figura 14) Benzene: confronto dei giorni medi del sito di Corso Langhe e della centralina di Alba-Tanaro.

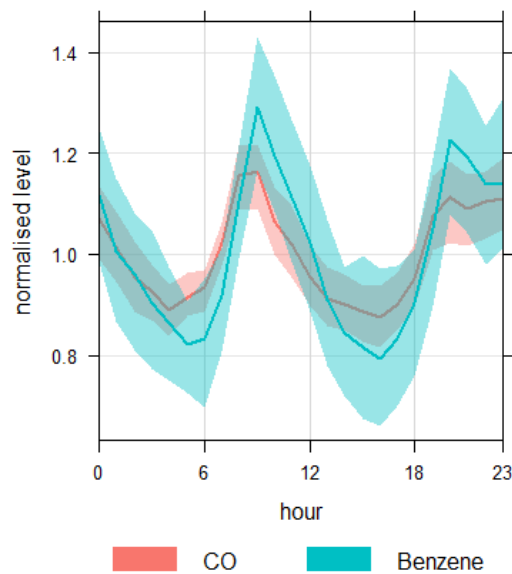


Figura 15) CO e Benzene: confronto dei giorni medi del sito di Corso Langhe.

## OZONO – O<sub>3</sub>

L'ozono presente nella parte bassa dell'atmosfera è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente i livelli di questo inquinante presentano un tipico andamento giornaliero con concentrazioni che aumentano dal mattino al pomeriggio, con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare, ed un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

Il comportamento giornaliero si può appurare nella figura seguente, dove sono rappresentati i giorni medi delle concentrazioni misurate con il laboratorio mobile in Corso Langhe e di quelle registrate, nello stesso periodo, dalla centralina fissa di Alba. Ottima è la coerenza dei giorni medi ottenuti nelle due postazioni. Livelli di ozono leggermente inferiori nelle ore centrali della giornata nel sito di Corso Langhe possono essere attribuiti alle più elevate concentrazioni di ossidi di azoto presenti in tale sito, che determinano un maggiore consumo di ozono.

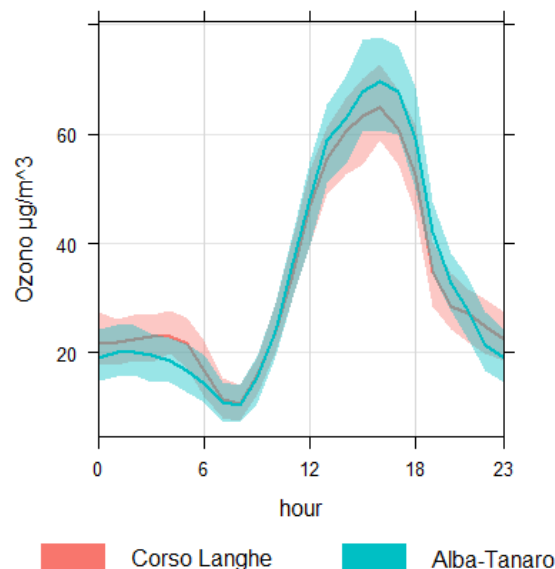


Figura 16) O<sub>3</sub>: giorno medio della campagna di Corso Langhe confrontato con quello della centralina fissa di Alba-Tanaro.

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. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana, che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a 120 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le stazioni della provincia ad eccezione di quella di Saliceto.

Compatibilmente con il periodo in cui si è svolto il monitoraggio, nei due siti di Alba, come negli altri siti della provincia di Cuneo monitorati con le stazioni fisse, non si sono verificati superamenti delle soglie di allarme e di informazione.

Il grafico di figura 17 rappresenta, per ciascun giorno di misura, i valori massimi delle concentrazioni medie su 8 ore, misurate ad Alba, confrontate con l'intervallo dei valori massimi giornalieri misurati dalle stazioni fisse della provincia di Cuneo e con il valore

obiettivo per la salute umana ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  indicato in rosso in figura). L'unico superamento del periodo è stato registrato il 16 marzo presso la stazione rurale di Revello-Staffarda.

Il buon accordo tra gli andamenti consente di affermare che i valori delle stazioni della rete sono rappresentativi anche del sito oggetto dell'indagine ambientale. Ciò si può attribuire alla peculiarità dell'inquinamento da ozono, considerato un fenomeno di mesoscala o addirittura transfrontaliero; le principali variazioni delle sue concentrazioni interessano pertanto non la scala locale ma distanze di centinaia e migliaia di chilometri.

Nello stesso grafico si possono confrontare gli andamenti delle concentrazioni di ozono con quello della radiazione solare giornaliera misurata dalla stazione meteorologica di Alba Tanaro: sebbene la radiazione non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono emerge chiaramente una corrispondenza tra il suo andamento e quello dell'ozono.

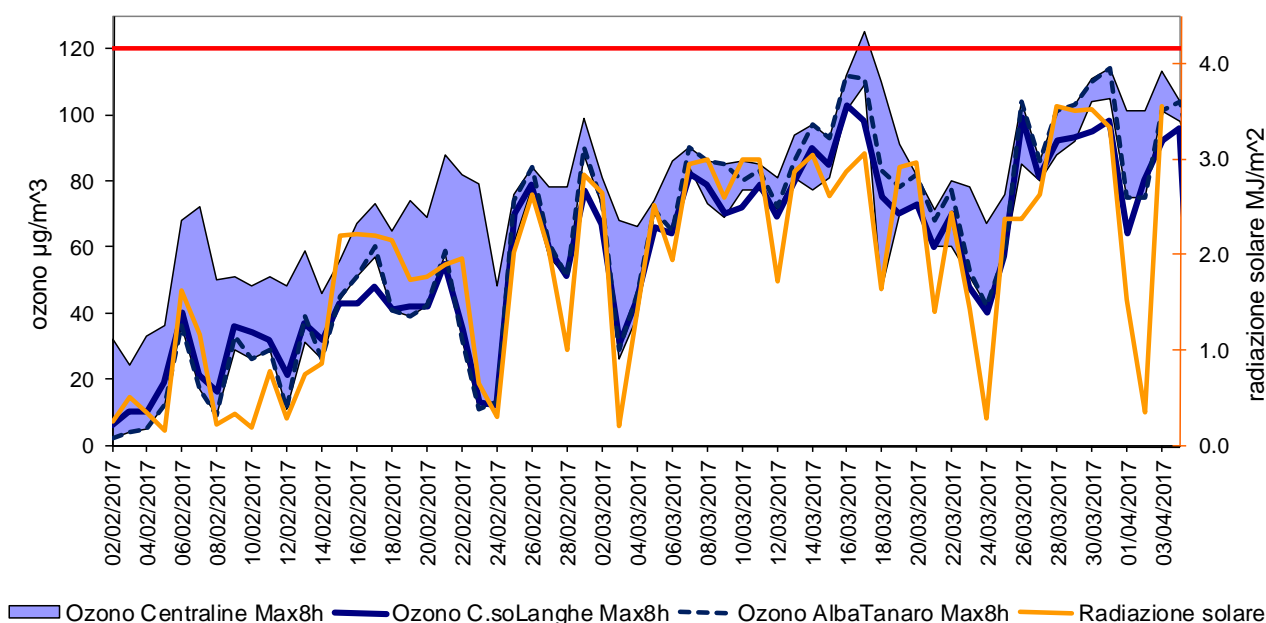


Figura 17)  $\text{O}_3$ : massime giornaliere delle concentrazioni medie su 8 ore registrate con il laboratorio mobile in Corso Langhe, presso la stazione fissa di Alba e nelle altre stazioni fisse della provincia di Cuneo. Radiazione solare giornaliera misurata dalla stazione meteorologica di Alba - Tanaro.

## SITUAZIONE METEOROLOGICA

Analizzando l'evoluzione della situazione meteorologica nel periodo del monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria ad Alba, si osserva che in Piemonte in mese di febbraio 2017 ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 2.1°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato l'11° mese di febbraio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 60 anni. Le precipitazioni sono state in linea con la media degli anni 1971-2000, con un lievissimo deficit di 0.4 mm.

Il 5 febbraio è stato il giorno del mese più ricco di precipitazioni: deboli o moderate diffuse, a carattere nevoso oltre i 400-500 m circa. A bassa quota sono caduti circa 10-15 cm di neve sul Cuneese.

Tra l'8 ed il 10 febbraio si è verificato l'ultimo episodio di neve a bassa quota del mese e della stagione invernale 2016/2017. Anche in tale occasione la quota neve è risultata più bassa nella provincia di Cuneo, localizzandosi a 300-400 m.

Il 10 febbraio è anche risultato il giorno mediamente più freddo del mese.

Nella seconda metà del mese si è avuto il passaggio a condizioni meteorologiche più consone all'inizio della stagione primaverile che non a quella invernale. Un'area di alta pressione avente il massimo tra la Germania e la Polonia è scesa progressivamente verso il bacino del Mediterraneo, interessando anche il territorio piemontese. Il 16 febbraio è risultato il giorno con le temperature massime più elevate del mese, con un valore medio delle massime pari a 15.6°C in pianura.

Il mese di febbraio 2017 in Piemonte è stato caratterizzato da condizioni di stabilità soprattutto nella seconda metà del mese; gli episodi di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) sono stati 20, mentre ne sono attesi 17 in base alla climatologia recente 2004-2016; si sono registrati 5 giorni di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m), valore esattamente uguale alla norma.

In Piemonte il mese di marzo 2017 è risultato caldo e umido rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000. Ha avuto un'anomalia termica positiva di 3.8°C, risultando il terzo mese di marzo con le temperature medie più elevate degli ultimi 60 anni; inoltre è risultato quello con i più alti valori di temperatura minima.

Ha registrato una precipitazione media di circa 105 mm, con un surplus precipitativo di 25 mm (+30%) rispetto alla norma.

La prima decade del mese di marzo 2017 ha avuto caratteristiche abbastanza dinamiche dal punto di vista meteorologico. Tra venerdì 3 e domenica 5 marzo 2017 il Piemonte è stato interessato dall'azione di una saccatura di origine atlantica, i suoi effetti sono risultati più rilevanti nella mattinata del giorno 4, risultato il più piovoso del mese in Piemonte. L'azione della saccatura ha influenzato anche i valori termici; il 3 marzo è risultato il giorno mediamente più freddo del mese. La struttura depressionaria si è allontanata verso la penisola balcanica domenica 5 marzo, ma il giorno successivo una nuova onda depressionaria, in transito dalla Francia verso l'Italia centrale, ha causato un episodio di forte vento sul Cuneese con danni ingenti.

La seconda decade del mese di marzo 2017 è stata caratterizzata da una maggiore stabilità, grazie all'espansione dell'anticiclone delle Azzorre verso l'Europa centro-occidentale; sul Piemonte non si sono verificate precipitazioni, mentre merita una citazione l'evento di foehn che si è sviluppato tra il 17 ed il 19 marzo ed ha portato a 22.9°C il valore medio delle temperature massime in pianura il giorno 19.

Un maggiore dinamismo è tornato nell'ultima decade.

Un episodio di maltempo persistente si è verificato tra martedì 22 e domenica 26 marzo, quando una circolazione depressionaria è rimasta stazionaria sulla penisola iberica, convogliando aria umida dal Mediterraneo sul territorio piemontese. Venerdì 24 le precipitazioni sono state più forti sul settore appenninico, in provincia di Asti e Alessandria, mentre sabato 25 la rotazione delle correnti da est ha favorito la risalita orografica delle

masse d'aria sul Piemonte occidentale e pertanto le piogge sono state più intense su tale zona.

Il mese si è concluso con l'espansione, verso l'Europa centrale, di un promontorio anticiclonico di matrice africana, che ha interessato direttamente anche il Piemonte con valori di temperatura superiori alla norma. Il 30 marzo è risultato il giorno più caldo del mese: il valore medio delle temperature massime in pianura è stato pari a 23.4°C.

A marzo 2017 si sono verificati 9 giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km): risultato sostanzialmente in linea con la climatologia recente 2004-2016 che ne prevede 10; non si è invece avuto nessun episodio di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m), che comunque in base alla climatologia si verifica usualmente in una sola occasione.

Il mese di aprile 2017 in Piemonte si è aperto con una situazione di instabilità meteorologica, causata da una depressione di origine atlantica. I fenomeni precipitativi hanno avuto inizio nel pomeriggio di sabato 1° aprile e sono proseguiti fino all'alba di lunedì 3 aprile. Le precipitazioni hanno interessato maggiormente il settore occidentale del Piemonte.<sup>5</sup>

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile ad Alba si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio è stata di 25.7 °C, raggiunta il 30 marzo, la media di 9.1 °C e la minima di -0.8 °C, registrata il 26 febbraio.

Nel grafico della figura 16 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere dell'intero periodo di monitoraggio. Insieme alla radiazione totale giornaliera, registrata dalla stazione meteorologica di Alba - Tanaro.

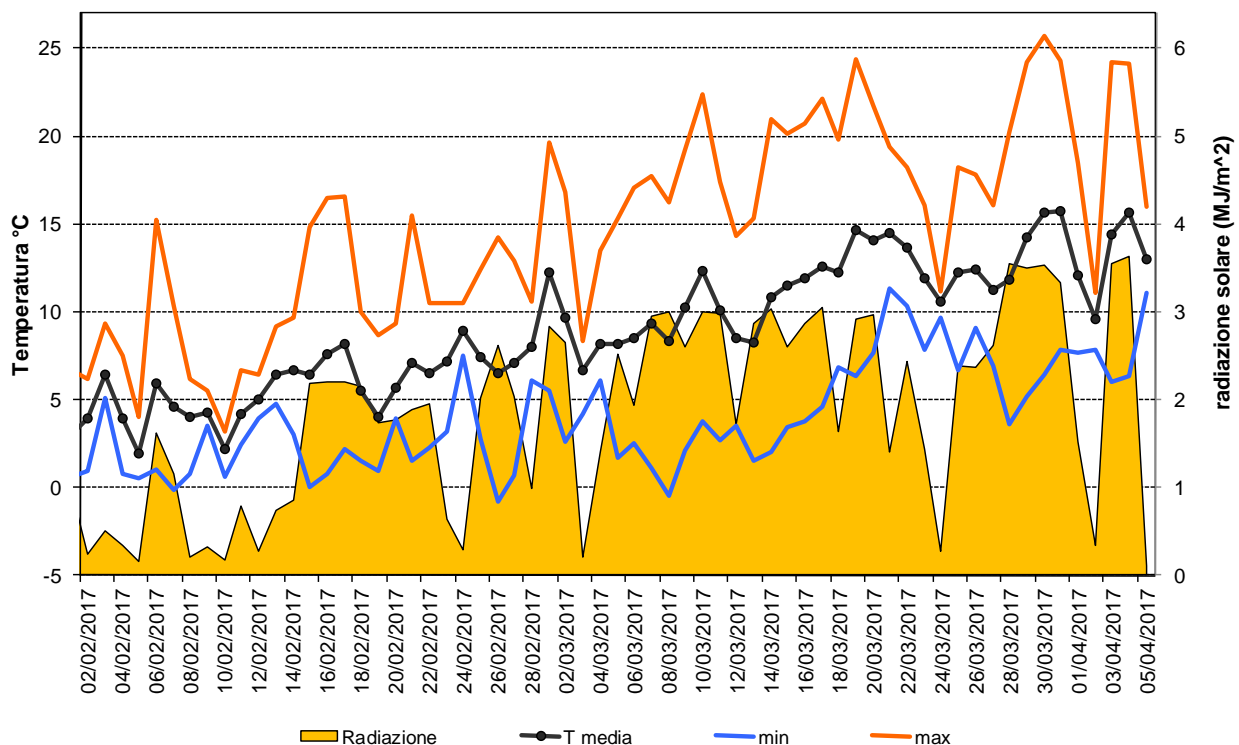


Figura 16) Temperatura dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile ad Alba. Totale giornaliero della radiazione solare globale misurata dalla stazione Alba – Tanaro.

<sup>5</sup> Il Clima in Piemonte. Febbraio 2017 – Marzo 2017 – Aprile 2017. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

Nella figura 17 sono riportati, per ciascun giorno, la media della pressione atmosferica e la precipitazione giornaliera cumulata registrate rispettivamente dalla stazione meteorologica di Bra – Museo Craveri e da quella di Alba - Tanaro.

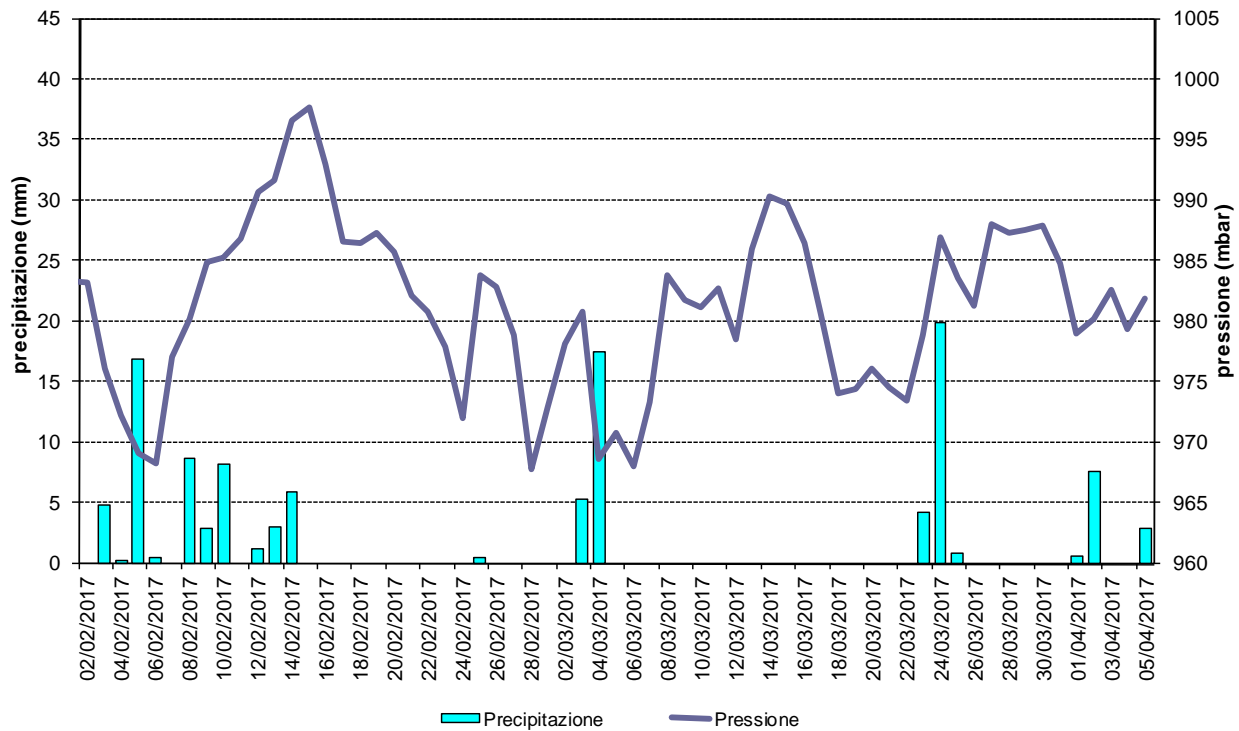


Figura 17) Precipitazione cumulata giornaliera (Alba – Tanaro) e pressione atmosferica (Bra – Museo Craveri).

Le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento registrate dal laboratorio mobile nella postazione di monitoraggio di corso Langhe ad Alba sono rappresentate nella figura 18. Nel periodo in analisi le calme di vento hanno avuto un'occorrenza del 52%.

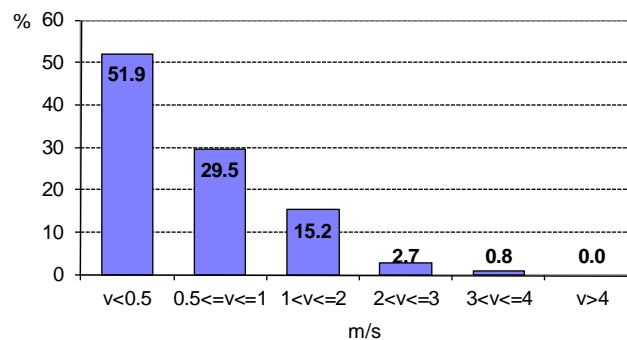


Figura 18) Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento nel sito di Alba (periodo: 2 febbraio ÷ 5 aprile 17).

Nella figura seguente sono rappresentate le frequenze dei settori di provenienza dei venti calcolate dai dati misurati dal laboratorio mobile. Esse evidenziano venti provenienti prevalentemente dal settore Nord nelle ore diurne e da Sud- SudSudEst nelle ore diurne, con un condizionamento prodotto dall'edificato, che incanala il vento nella direzione dell'asse stradale posto sulla direttrice Nord-Sud.



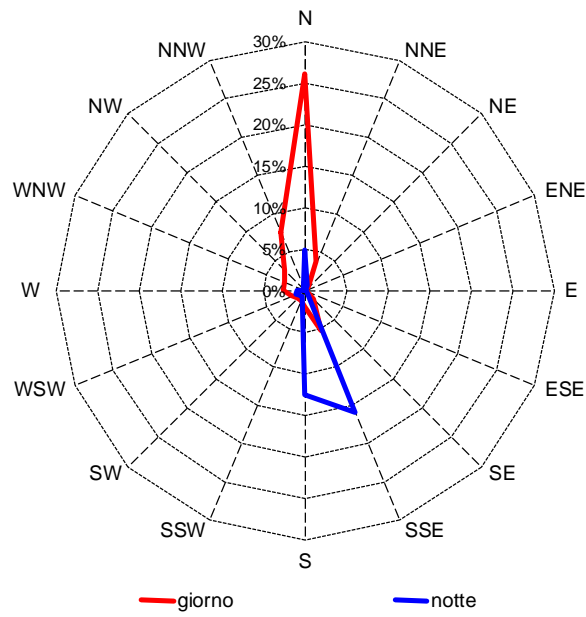


Figura 18) Rosa dei venti nel sito di corso Langhe ad Alba (periodo: 2 febbraio ÷ '5 aprile 17).

## CONCLUSIONI

In analogia a quanto riscontrato su tutto il territorio regionale, nel sito di Corso Langhe ad Alba monitorato con il laboratorio mobile non sono state evidenziate criticità per il monossido di carbonio, il biossido di zolfo ed il benzene, inquinanti le cui concentrazioni si sono notevolmente ridotte negli anni, grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche nei combustibili.

I livelli dell'ozono, inquinante tipicamente estivo, in accordo con il periodo freddo in cui è stato svolto il monitoraggio, sono stati piuttosto contenuti e coerenti con quanto misurato presso la stazione fissa della qualità dell'aria di Alba-Tanaro. Si ricorda che per l'ozono permane la criticità anche nella zona albese, in quanto il "valore obiettivo" stabilito dalla normativa per la protezione della salute umana è tuttora disatteso anche dai dati della stazione di Alba-Tanaro.

Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub>, sebbene il monitoraggio in Corso Langhe si sia svolto nella parte finale dell'inverno, ovvero all'interno del periodo dell'anno generalmente più critico per l'inquinamento da polveri sottili, le frequenti precipitazioni e giornate ventose che si sono verificate hanno determinato l'abbattimento delle concentrazioni ed hanno reso la situazione, a livello regionale, meno gravosa rispetto al mese di gennaio 2017 (mese in cui le stazioni di Alba e Bra avevano registrato 16 superamenti giornalieri). Tali frequenti fenomeni di rimozione hanno anche fatto sì che i livelli di concentrazione registrati nei diversi siti di misura della provincia non presentassero differenze particolarmente marcate.

In tale periodo di misura la situazione riscontrata nel sito di Corso Langhe è risultata analoga a quella registrata nello stesso periodo dalla stazione fissa della qualità dell'aria di Alba-Tanaro, senza evidenziare differenze significative. Pertanto, sebbene anche nel sito di Corso Langhe sia stato stimato il rispetto del limite annuale stabilito dalla normativa per le polveri sottili, si stima che il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> sia maggiore dei 35 annui consentiti.

I dati di Corso Langhe confermano quindi la criticità finora riscontrata dai dati della stazione della qualità dell'aria di Alba, con il superamento, in tutti gli anni di misura, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub>.

Si ricorda che le stazioni di Alba-Tanaro e Bra-Madonna dei Fiori, per la loro collocazione geografica, risentono maggiormente, rispetto alle altre stazioni poste nella zona sud della provincia, dell'inquinamento di fondo 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. I dati ottenuti nel corso delle campagne di monitoraggio svolte negli anni nella provincia, hanno permesso di confermare queste come stazioni di riferimento, rappresentative dell'inquinamento medio delle postazioni urbane di tutto il territorio della zona Nord della provincia di Cuneo.

Relativamente agli ossidi di azoto la situazione riscontrata nel sito di Corso Langhe evidenzia una maggiore influenza del traffico veicolare rispetto alla postazione di fondo urbano di Alba-Tanaro. Ciononostante, anche in tale sito, le concentrazioni non risultano critiche nel rispetto dei limiti normativi.

Complessivamente il sito in cui è stato posizionato il laboratorio mobile, nonostante il traffico intenso che interessa Corso Langhe, non ha evidenziato, nel periodo di monitoraggio, particolari criticità nel confronto con la stazione di fondo urbano di Alba-Tanaro, probabilmente anche grazie alla presenza di discontinuità nella struttura dell'edificato nella zona di indagine, che generalmente favorisce la dispersione degli inquinanti.

Malgrado il rispetto dei limiti per il biossido di azoto, si ritiene fondamentale continuare a perseguire la diminuzione delle emissioni in atmosfera anche di tali inquinanti. Si ricorda

che l'importanza della riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto non sta solamente nel fatto che sono di per sé inquinanti tossici, ma in quanto sono importanti precursori dell'ozono e delle polveri. Essi infatti, in atmosfera, subiscono delle trasformazioni chimiche che portano alla formazione degli 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.

Per poter pervenire al rispetto dei limiti sulla qualità dell'aria, e ad un rispetto duraturo ovvero non troppo in balia delle avversità atmosferiche che di anno in anno si possono presentare, si ritiene fondamentale continuare a perseguire, sempre più in modo omogeneo e congiunto in tutto il bacino padano, misure di contrasto all'inquinamento atmosferico, prestando molta attenzione ai precursori degli inquinanti secondari ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , COVNM,  $\text{NH}_3$ ...).



## ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna

<b>Alba, Corso Langhe</b>	
<b>03/02/2017 ÷ 4/04/2016</b>	
	<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	10
Media dei valori orari	6
Massima media oraria	12
Percentuale ore valide	92%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
	<b>CO (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.2
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	1.5
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.4
Media delle medie 8 ore	0.7
Massimo medie 8 ore	1.3
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
	<b>Benzene (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	4.3
Media dei valori orari	1.4
Massima media oraria	5.0
Percentuale ore valide	98%
	<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	11
Massima media giornaliera	48
Media dei valori orari	31
Massima media oraria	131
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>

	<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	81
Media dei valori orari	33
Massima media oraria	128
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	1
Media delle medie 8 ore	33
Massimo medie 8 ore	103
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
	<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	84
Media delle medie giornaliere:	30
Numero giorni validi	61
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>5</b>

## **ALLEGATO II - 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.

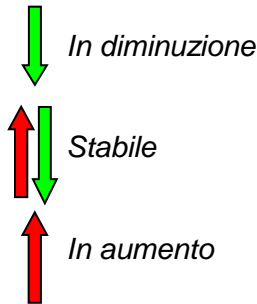
**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**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>

<p><b>Caratteristiche</b> <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i></p>	<p>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.</p>			
<p><b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, azione del vento sulla polvere e sul terreno, aerosol marino</b>, ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali</b>, particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il <b>traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade)</b> rappresentano le fonti più significative.</p>			
<p><b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i></p>	<p>Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>impresso 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>.</p>			
<p><b>Permanenza spazio temporale</b></p>	<p>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.</p>			
<p><b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i></p>	<p>Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il PM<sub>10</sub>, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali.</li> <li>- Il PM<sub>2.5</sub>, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare.</li> </ul> <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b>, quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b>. 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.</p> <p>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.</p> <p>I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>			
<p><b>Misura</b> <i>gravimetrica</i></p>	<p>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.</p>			
<p> <b>Situazione critica</b> ↓</p>	<p>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.</p>			
<p><b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010</p>	<p>Periodo di mediazione temporale</p>	<p><b>Valore limite</b></p>	<p>N° superamenti ammessi</p>	<p>Data di raggiungimento limite</p>
<p><b>PM10</b></p>	<p>24 ore</p>	<p>50 µg/m<sup>3</sup></p>	<p>35 per anno civile</p>	<p>1 gennaio 2005</p>
<p></p>	<p>anno civile</p>	<p>40 µg/m<sup>3</sup></p>	<p></p>	<p>1 gennaio 2005</p>
<p><b>PM2.5</b></p>	<p>anno civile</p>	<p>25 µg/m<sup>3</sup></p>	<p></p>	<p>1 gennaio 2015</p>

## 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, anche perché in presenza di forte irraggiamento solare, danno inizio ad una serie di reazioni secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, acido nitrico, ecc, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico" che sono importanti precursori del PM<sub>10</sub>.</p>			
<b>Fonte</b> naturale antropica	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'<b>attività batterica</b> sui composti dell'azoto, dall'<b>attività vulcanica e dai fulmini</b>: ciò produce un <b>apporto minimo</b> ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai <b>processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione</b>: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il <b>traffico veicolare</b> ne rappresentano la <b>fonte più significativa</b>.</p>			
<b>Tipologia</b> primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al <b>massimo il 5%</b> degli ossidi di azoto emessi <b>direttamente dalle combustioni in aria</b>. <b>La maggior parte</b> dell' NO<sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece <b>dall'ossidazione del monossido di azoto</b>, ed è quindi di natura secondaria.</p>			
<b>Permanenza</b> <b>spazio temporale</b>	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO<sub>2</sub> e quattro giorni per l'NO.</p>			
<b>Effetti</b> salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO<sub>2</sub> sono dovuti alla sua <b>azione irritante sugli occhi e sulle mucose dell'apparato respiratorio</b>. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono <b>riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie</b>, quali bronchite cronica e asma, e <b>riduzione della funzionalità polmonare</b>. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti <b>danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti</b>, e producono <b>fenomeni corrosivi sui metalli</b> e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un <b>invecchiamento più rapido delle strutture</b>.</p>			
<b>Misure</b> chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il <b>metodo a chemiluminescenza</b>, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).</p>			
<b>Situazione</b> 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> $O_3$	<p>L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.</p>
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>E' 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 <b>precursori</b> sia <b>naturali</b> (<b>composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante</b>), che <b>antropici</b> (<b>ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane</b>), in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.</p>
<b>Tipologia</b> <i>secondario</i>	<p>A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è <b>prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche</b> che avvengono in atmosfera <b>tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili</b>. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico o <i>smog fotochimico</i>.</p>
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>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 <b>fenomeni di accumulo anche a notevole distanze</b> dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.</p>
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	<p>I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti <b>effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare</b>. Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della <b>molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante</b>. I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono <b>alterazione chimiche</b> che ne <b>compromettono le caratteristiche e la resistenza</b>.</p>
<b>Misura</b> <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i>	<p>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 <math>O_3</math> ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di <math>O_3</math> è il microgrammo al metro cubo (<math>\mu g/m^3</math>).</p>
<b>Situazione</b>  <i>stabile</i> 	<p>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 <math>O_3</math> può variare considerevolmente negli anni ed è difficilmente controllabile.</p>

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	

(\*) il raggiungimento dell'obiettivo sarà valutato nel 2013 (riferimento triennio 2010-2012) per il valore obiettivo di protezione della salute umana e nel 2015 (riferimento quinquennio 2010-2015, per la protezione della vegetazione)

(\*\*) 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)

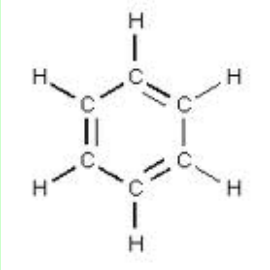
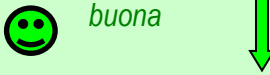
## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<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>	La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> ) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia <sup>6</sup> è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO <sub>2</sub> derivano invece dai <b>processi di combustione che utilizzano combustibili fossili</b> (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal <b>riscaldamento domestico</b> , mentre solo una percentuale molto bassa di SO <sub>2</sub> proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte <b>irritante delle vie respiratorie</b> . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio ( <b>asma, tracheiti, bronchiti</b> ) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono i <b>principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide)</b> che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO <sub>2</sub> provoca danni <b>via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale</b> . L'azione sui <b>materiali</b> interessa maggiormente i <b>metalli</b> , nei quali viene accelerato il <b>fenomeno di corrosione</b> , ed i <b>materiali da costruzione</b> (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, <b>diminuisce la resistenza meccanica dei materiali</b> , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.
<b>Misura</b> <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO <sub>2</sub> presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO <sub>2</sub> presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m <sup>3</sup> ).
<b>Situazione</b> <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 raffinazione) 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


<sup>6</sup> ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

## BENZENE

<p><b>Caratteristiche</b>  <math>C_6H_6</math></p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente.</p> <p>Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detergenti, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p><b>Fonte</b>  <i>naturale</i>  <i>antropica</i></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. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal <b>fumo di tabacco</b>.</p>
<p><b>Tipologia</b>  <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza</b>  <i>spazio temporale</i></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>  <i>salute</i></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 sufficiente evidenza di <b>cancerogenicità 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>  <i>Gasromatografia PID</i></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>  <i>buona</i></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>  CO	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
<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, fasi di decelerazione, ecc...): 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