

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

OGGETTO: *Monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Robilante nel periodo compreso dal 16 settembre al 2° dicembre 2021*

Realizzazione del monitoraggio	Bardi Luisella Martini Sara Pellutiè Aurelio	Corino Flavio Pascucci Luca Tosco Marco
Redazione	Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Bardi Luisella	
	Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Martini Sara	
Verifica ed approvazione	Funzione: Responsabile Produzione Nome: Riccardi Ivo	

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 - PEC dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it – www.arpa.piemonte.gov.it



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 - PEC dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it – www.arpa.piemonte.gov.it

INDICE

INTRODUZIONE	2
ANALISI DEI DATI	5
<i>BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂.....</i>	5
<i>MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀.....</i>	10
<i>METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</i>	16
<i>OZONO – O₃.....</i>	21
<i>BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE.....</i>	23
SITUAZIONE METEOROLOGICA	24
CONCLUSIONI.....	27
<i>ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna</i>	1
<i>ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi.....</i>	3

INTRODUZIONE

Il documento illustra le risultanze analitiche del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato nel comune di Robilante nel periodo compreso tra il 17 settembre ed il 2° dicembre 2021.

La campagna è stata svolta a seguito della richiesta pervenuta dal Comune di misurazioni della qualità dell'aria nel concentrico, volte a valutare le ricadute della combustione di biomassa legnosa che, con modalità differenti, avviene sul territorio comunale.

La qualità dell'aria è stata monitorata con il laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Cuneo che 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 O₃, ossidi di azoto NO-NO₂-NO_x, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO₂, benzene e materiale particolato PM₁₀).

Il laboratorio mobile è stato installato il 16 settembre nel cortile della scuola secondaria di 1° grado di piazza della Pace, messa a disposizione dall'Amministrazione Comunale.

La posizione del punto di monitoraggio, le indicazioni sul sito e sugli strumenti di misura utilizzati sono indicate nella mappa e nelle tabelle delle pagine che seguono.

Le indagini svolte con il laboratorio mobile descrivono in modo puntuale le situazioni di un limitato periodo temporale di acquisizione, influenzate per loro natura dalle condizioni meteo climatiche 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 di durata limitata. Il ventaglio delle differenti tipologie di qualità dell'aria riscontrabili nelle varie zone della provincia di Cuneo è invece rappresentato dai dati costantemente raccolti da una rete complessa di centraline fisse, quale la rete provinciale di riferimento, facente parte del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria.

I principali risultati ottenuti per i singoli inquinanti della qualità dell'aria monitorati a Robilante sono presentati nel capitolo centrale di questo documento. Nell'analisi, i dati misurati con il laboratorio mobile sono stati confrontati con quelli registrati, nei medesimi periodi, dalle 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. Nell'ultimo capitolo è descritta la situazione meteorologica del periodo di monitoraggio, con particolare riferimento agli aspetti che più condizionano i livelli di 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 contenente le principali informazioni statistiche di ogni inquinante monitorato durante la campagna di misura (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 Openair¹, strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

¹ 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

ROBILANTE



Ortofoto – indicazione (in blu) del punto di monitoraggio

LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Robilante, Istituto Comprensivo, piazza della Pace
Caratteristiche sito	Sito di fondo urbano
Coordinate UTM WGS84	X= 381384 m; Y= 4905536 m
Periodo	Dal 16 settembre al 2 dicembre 2021



Strumentazione Laboratorio mobile:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO	MODELLO	METODO DI MISURA
NO – NO ₂	Analizzatore API	200E	Chemiluminescenza
CO	Analizzatore API	300E	Spettrometria a infrarossi
Benzene, Toluene, Xilene	Analizzatore SYNTECH SPECTRAS	GC955 BTX ANALYSER	Gasromatografia con rilevatore a fotoionizzazione
SO ₂	Analizzatore API	100E	Fluorescenza
O ₃	Analizzatore API	400E	Assorbimento UV
PM ₁₀	Analizzatore UNITECH	LSPM10	Nefelometria
PM ₁₀	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 – NO₂

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

La sequenza temporale delle concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate con il laboratorio mobile nel sito di piazza della Pace a Robilante è rappresentata nella figura sottostante insieme ai dati della stazione della qualità dell'aria di Cuneo. Nel grafico è possibile individuare le oscillazioni che le concentrazioni subiscono nelle diverse ore del giorno a causa delle variazioni dell'attività antropica, con valori massimi nelle ore centrali della giornata e valori minimi nelle ore notturne. Emerge come, nel periodo in analisi, le concentrazioni siano state nettamente inferiori al limite orario.

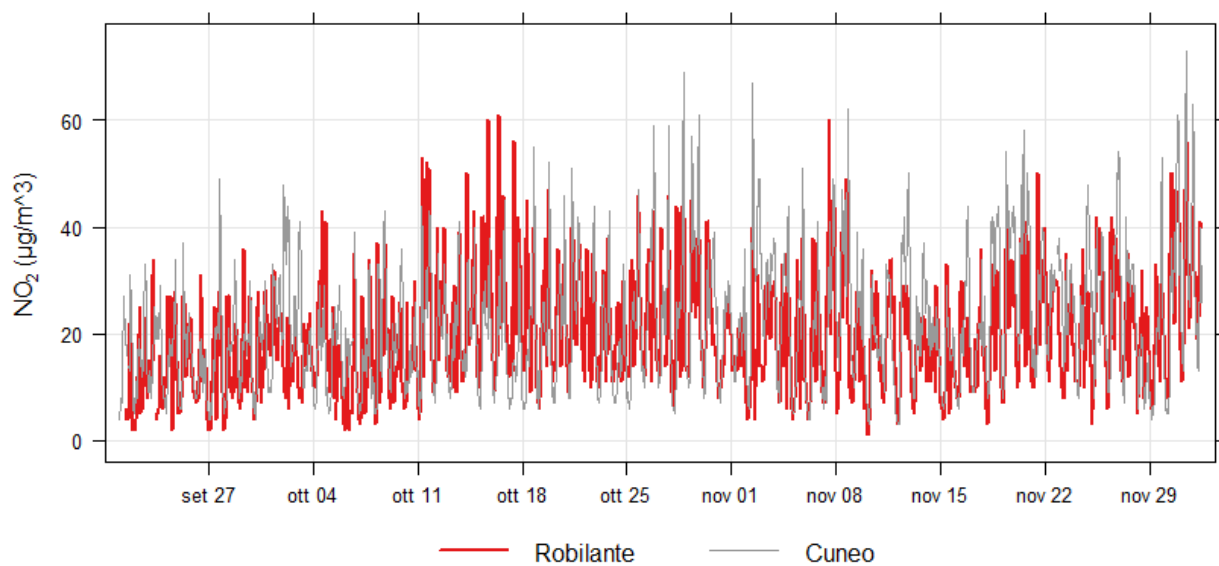


Figura 1) NO₂: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Robilante e presso la centralina dei Cuneo.

Nella figura 2 sono confrontate le sequenze delle medie giornaliere dei due siti.

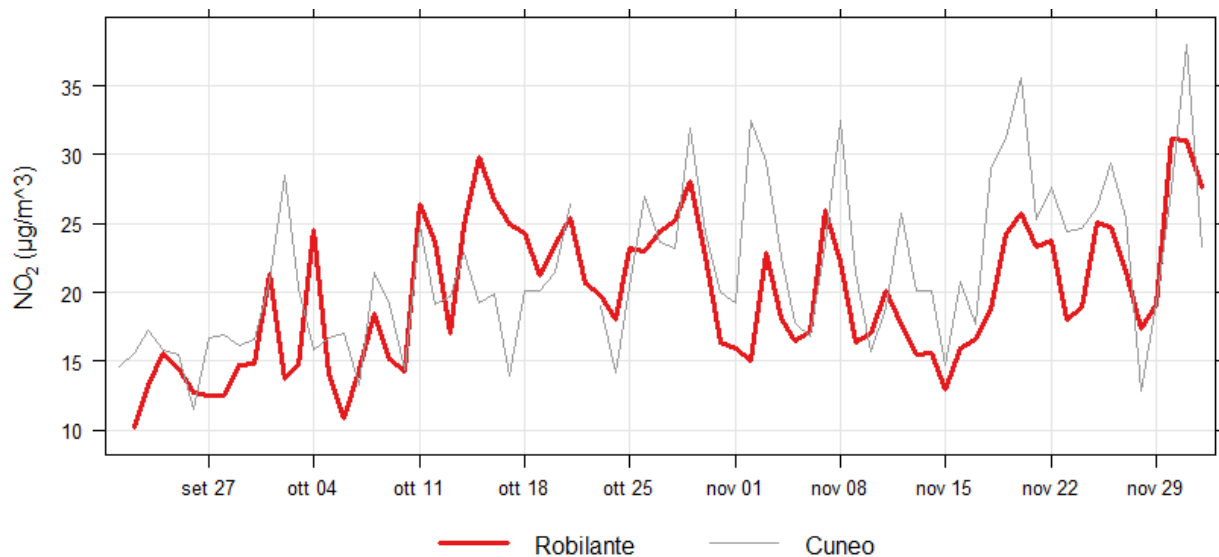


Figura 2) NO₂: concentrazioni medie giornaliere rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Robilante e presso la centralina dei Cuneo.

A differenza delle polveri sottili che si possono considerare inquinanti ubiquitari, gli ossidi di azoto sono 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 maggiormente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità, sebbene anch'esse subiscano l'influenza della meteorologia e risentano della presenza delle condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti.

Nella figura 3 la distribuzione delle concentrazioni medie orarie di NO₂ rilevate dal laboratorio mobile in piazza della Pace a Robilante, dal 22 settembre al 2 dicembre 2021, è rappresentata con grafico a box e confrontata con quelle ottenute, nello stesso periodo, da ciascuna stazione della rete fissa della qualità dell'aria della provincia di Cuneo.

Il box plot sintetizza la posizione dei più di 1700 dati orari ottenuti in tutta la campagna di misura: la scatola (il rettangolo centrale) contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile²), 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 sottostante sono riportati i valori delle concentrazioni medie, mediane e massime orarie di NO₂ registrate in tutti i punti di misura. 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.

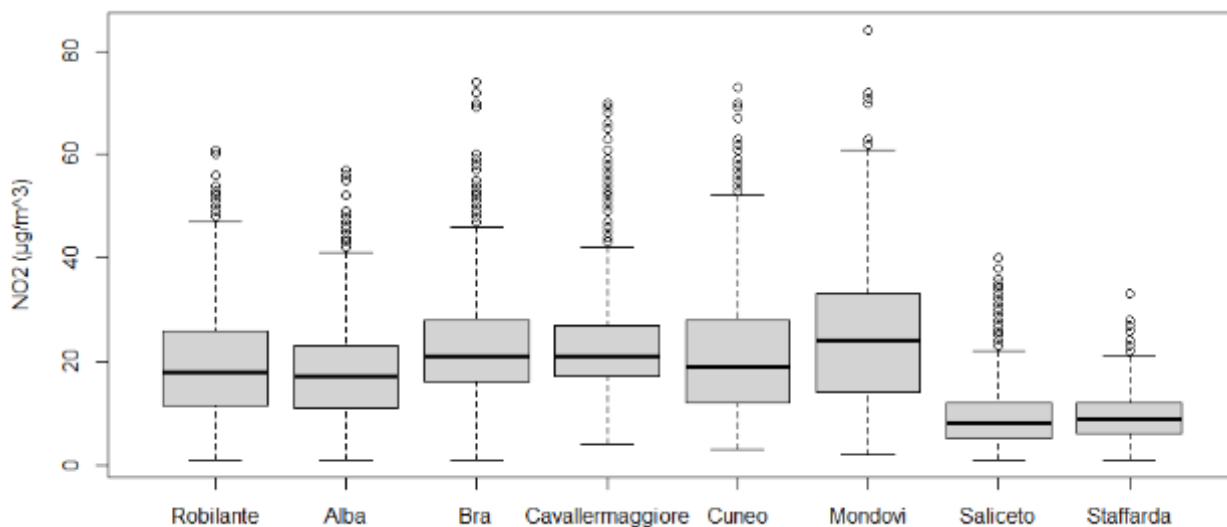


Figura 3) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Robilante e presso le stazioni della provincia di Cuneo (periodo 21 settembre ÷ 2 dicembre '21)

NO ₂ (µg/m ³) 21 sett+2 dic '21	Robilante	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	20	18	24	21	25	9	10
Mediana	18	17	22	20	25	8	9
Massimo	61	57	74	73	84	36	33

Tabella 1) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Robilante 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).

² Percentile di ordine k (P_k) 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_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al

50° percentile.

I box plot e gli indicatori evidenziano come, per il periodo in analisi, nel sito di piazza della Pace a Robilante siano stati misurati livelli di concentrazioni di NO₂ analoghi a quelli registrati dalle stazioni collocate nei centri urbani e superiori a quelli delle stazioni di fondo rurale. In particolare, i test statistici eseguiti sulle medie dei dati orari confermano una situazione intermedia tra quelle registrate dalle due stazioni di fondo urbano di Cuneo (posizionata in piazza Il Reggimento Alpini, all'angolo tra corso Galileo Ferraris e via Castellani) e quella di Alba (posizionata in via Tanaro, nei pressi del mercato ortofrutticolo). Ciò conferma la classificazione del sito di piazza della Pace a Robilante come postazione di "fondo urbano".

Relativamente al periodo di misura, il limite normativo orario è stato rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è inferiore al limite di 200 µg/m³ (valore limite da non superare più di 18 volte per anno civile). La confrontabilità con le stazioni di misura della provincia, dove il limite sulla media annua è costantemente rispettato dal 2008, garantisce, anche per il sito di Robilante, il rispetto del limite annuale.

Mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno dei tre mesi di misura sono stati elaborati i giorni medi del biossido di azoto per il sito di piazza della Pace a Robilante che, nei grafici di figura 4, sono confrontati con quelli delle stazioni di monitoraggio di Alba e Cuneo. I giorni medi mostrano l'evoluzione delle concentrazioni orarie nell'arco di una giornata media e dimostrano l'importanza del contributo antropico: le concentrazioni scendono a valori minimi intorno alle 4-5 del mattino, subiscono una crescita repentina e raggiungono un primo massimo alle 8 del mattino per poi diminuire e raggiungere un secondo massimo tra le ore 18 e le 20 (i grafici sono riferiti all'ora solare).

Nel confronto tra i tre grafici si osserva come nei mesi di ottobre e novembre le concentrazioni siano state mediamente più elevate rispetto a quelle dell'ultima decade di settembre.

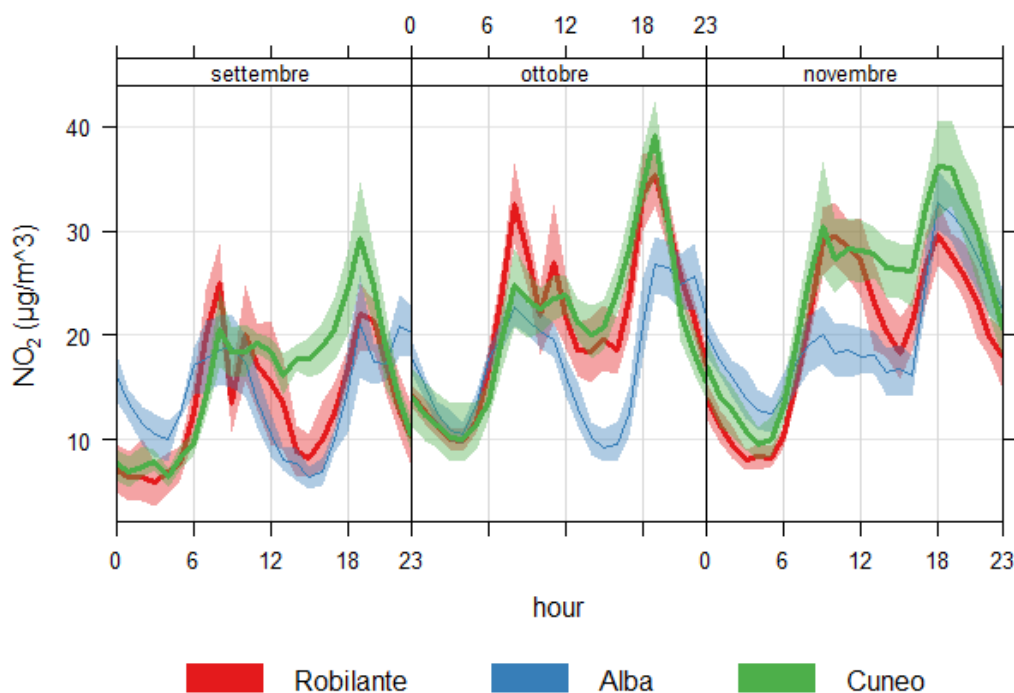


Figura 4) NO₂: giorni medi per il sito di Robilante e per le stazioni di Alba e Cuneo (21 settembre ÷ 30 novembre 2021).

Le concentrazioni orarie di NO₂ misurate a Robilante sono state analizzate anche in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento, per poter individuare particolari influenze di sorgenti locali.

Nel grafico di figura 5 le concentrazioni, suddivise per mesi, sono state rappresentate in coordinate polari dove ogni punto è identificato da un angolo che rappresenta la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro che indica la velocità del vento e da un colore che è la concentrazione media dell'inquinante corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

Da questo grafico si deduce che le concentrazioni più elevate si sono verificate in corrispondenza di vento con velocità compresa tra 0.5 e 1.5 m/s e provenienza dal quadrante SudOvest, direzione nella quale non risultano presenti impianti emissivi locali.

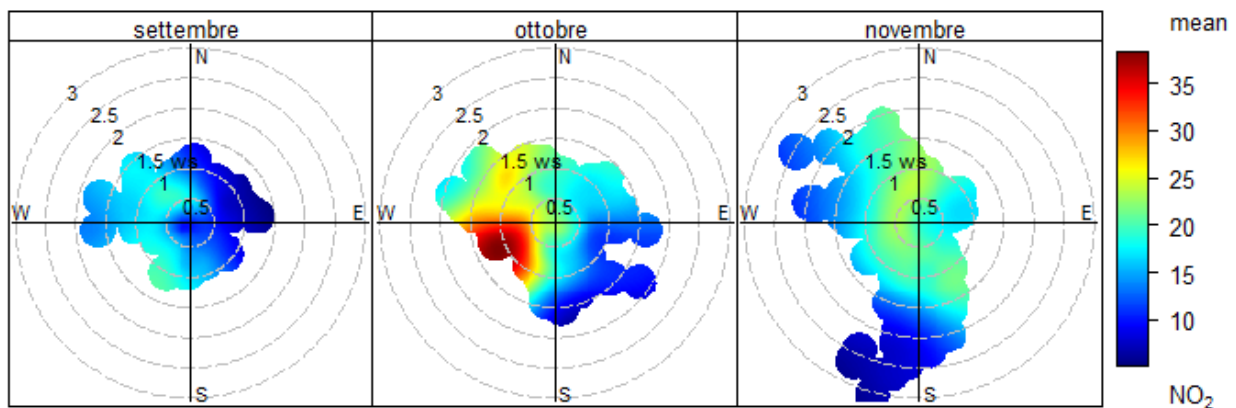
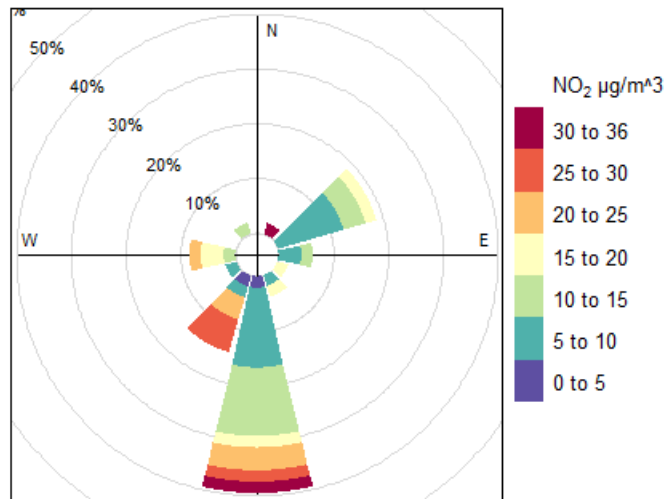


Figura 5) NO₂: concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della velocità (periodo complessivo 21 settembre ÷ 30 novembre '21).

Un'ulteriore analisi, rivolta in particolare alle potenziali ricadute dell'impianto di produzione del cemento posto a valle dell'abitato di Robilante, è stata eseguita considerando le emissioni del sito produttivo nel periodo di monitoraggio con il laboratorio mobile. Sono stati individuati i giorni (solamente il 29 e 30 settembre 2021) in cui entrambi i forni erano contemporaneamente in funzione, condizione che costituisce la configurazione emissiva con le maggiori quantità di inquinanti emessi del periodo. Per i dati di NO₂ misurati dal laboratorio mobile in questi due giorni, è stata elaborata la rosa dell'inquinante NO₂ riportata in figura 6 dove, per ciascun settore di provenienza del vento, sono rappresentate le percentuali di tempo in cui le concentrazioni dell'inquinante rientrano in determinati intervalli. Il grafico indica che le concentrazioni maggiori di NO₂ rilevate in piazza della Pace a Robilante nei due giorni considerati erano associate a vento proveniente dal settore Sud e non evidenzia ricadute particolari corrispondenti a direzioni compatibili con la direzione del cementificio.

Tutto ciò conferma quanto già riscontrato nella precedente campagna di monitoraggio³, ovvero come, grazie al regime di brezza, l'abitato di Robilante si trovi sottovento al cementificio locale in casi poco frequenti e corrispondenti a ore in cui le condizioni dell'atmosfera favoriscono il rimescolamento degli inquinanti e la loro diluizione.

³ <https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/qa-2011-2012-bassa-val-vermenagna-e-cuneese>



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 6) NO₂: frequenze degli intervalli di concentrazione in funzione della direzione di provenienza del vento nei giorni 29 e 30 settembre '21 corrispondenti alla massima configurazione emissiva del periodo dei forni del cementificio.

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ 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, tecnica basata sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol, che consente di eseguire misure con cadenza oraria.

Generalmente i livelli di concentrazione delle polveri sottili dipendono fortemente dalle condizioni atmosferiche, pertanto, per poter valutare la qualità dell'aria in un sito, è fondamentale confrontare i dati ivi misurati con quelli contemporaneamente rilevati dalle stazioni fisse della rete di monitoraggio. Nella figura 7 le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ misurate nel sito di Robilante, sono confrontate con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati dalle stazioni della rete fissa della provincia di Cuneo in cui il particolato viene misurato (banda grigia).

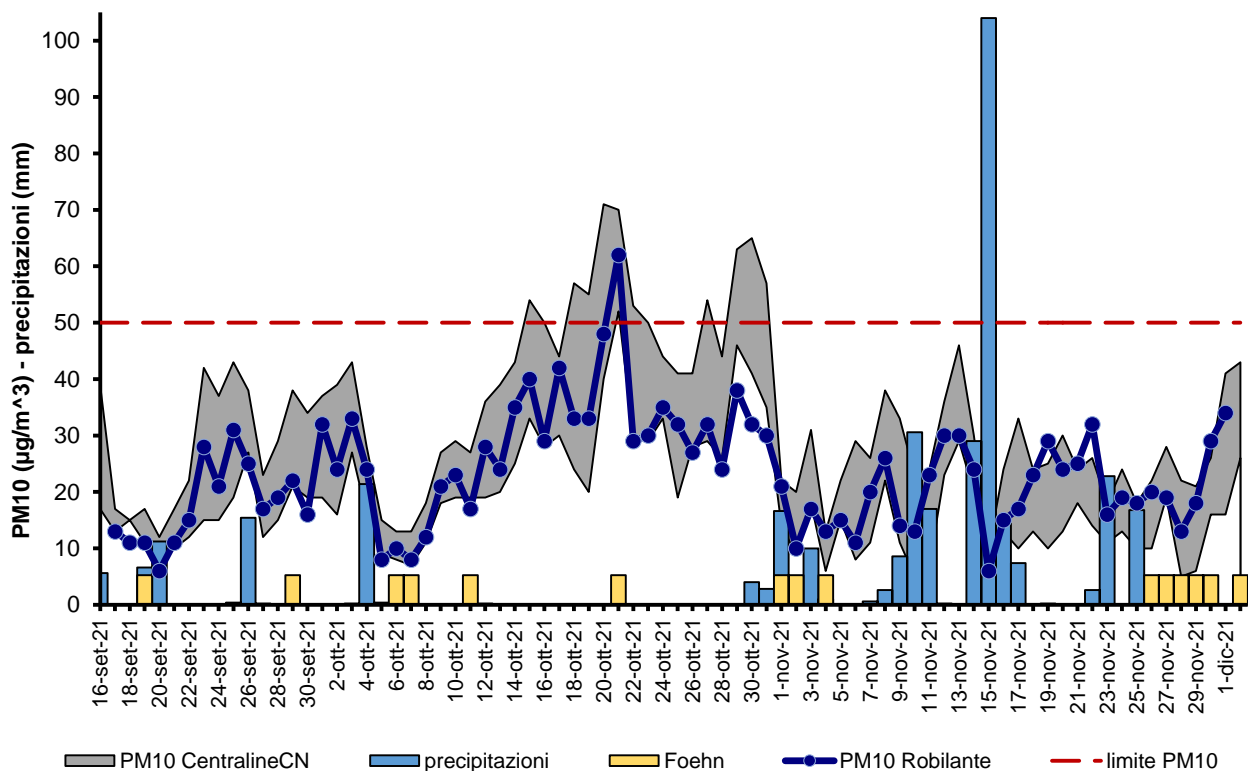


Figura 7) PM₁₀: concentrazioni medie giornaliere rilevate a Robilante; intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo; precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo Robilante-Vermenagna ed episodi di foehn nella regione.

Nel grafico è indicato il limite giornaliero di 50 µg/m³ 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 Robilante-Vermenagna ed un indicatore di presenza di foehn sul territorio regionale.

Generalmente, per questa tipologia di inquinante individuare una relazione diretta causa-effetto non è possibile, in quanto le variabili ed i meccanismi di formazione, dispersione, trasporto in gioco sono tanti e complessi.

Da questo grafico si può osservare come le variazioni nel tempo delle concentrazioni giornaliere registrate a Robilante siano coerenti con gli andamenti dei dati del PM₁₀ della rete fissa. La coerenza tra gli andamenti, verificata anche a livello regionale, è legata alle caratteristiche che contraddistinguono il particolato sottile e soprattutto al lungo tempo di

permanenza nell'aria (da giorni a settimane) di questo inquinante che ne consente il trasporto su grandi distanze rendendolo 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 mesi estivi la consistente altezza dello strato di rimescolamento dell'atmosfera consente la diluizione degli inquinanti in volumi molto più ampi, determinando pertanto valori di concentrazione più bassi. Precipitazioni atmosferiche e vento forte sono generalmente efficaci fenomeni di rimozione delle polveri sottili.

L'influenza delle precipitazioni è ben visibile nell'andamento temporale delle concentrazioni misurate nella provincia di Cuneo rappresentate in figura 7. In particolare, si osserva come le periodiche precipitazioni che si sono verificate nelle prime due settimane di monitoraggio abbiano ogni volta determinato un abbattimento delle concentrazioni e ne abbiano impedito la crescita a valori superiori al limite normativo. Il foehn del 6 e 7 ottobre ha poi contribuito ad un'ulteriore diluizione delle polveri sottili. Successivamente la prolungata assenza di precipitazioni, insieme alle persistenti condizioni di stabilità anticiclonica, ha determinato, in tutta la regione, l'accumulo delle polveri sottili e la crescita progressiva delle concentrazioni che, in alcune stazioni di pianura della provincia, hanno superato il limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ già a partire dal 15 ottobre. Le concentrazioni sono drasticamente diminuite in tutta la provincia con la pioggia del 1° novembre ed i frequenti episodi precipitativi che si sono verificati nel mese di novembre hanno mantenuto i livelli del PM_{10} a valori contenuti. Anche gli eventi di Foehn della fine di novembre hanno impedito la crescita delle concentrazioni tipica dei mesi freddi.

Nonostante nel mese di ottobre la crescita delle concentrazioni sia stata riscontrata anche a Robilante, i valori si sono mantenuti tra i più bassi misurati dalle stazioni della provincia di Cuneo ed un unico superamento è stato registrato il 21 ottobre.

La distribuzione di tutte le concentrazioni giornaliere di PM_{10} registrate a Robilante è rappresentata, nella figura della pagina seguente, con grafico a box e confrontata con quelle ottenute nello stesso periodo da ciascuna stazione della rete fissa della provincia di Cuneo dove il PM_{10} viene misurato.

Nella tabella presente sotto la figura sono riportati il numero di superamenti, le concentrazioni medie, mediane, massime giornaliere e il numero di dati disponibili di PM_{10} per ogni punto di misura. 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 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. La zona sud della provincia di Cuneo, rispetto a quella a nord, possiede una maggior ventilazione, garantita dalle brezze montane, che permette una migliore diluizione degli inquinanti⁴. Grazie quindi alla sua collocazione geografica, tra le stazioni fisse della provincia, quella della città di Cuneo è caratterizzata da concentrazioni di polveri sottili più contenute di quelle rilevate dalle centraline fisse presenti

⁴ Per approfondimenti: [Relazione della qualità dell'aria 2020 – Territorio della provincia di Cuneo, Arpa Piemonte](#)

ad Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano. I livelli riscontrati in queste due stazioni sono generalmente prossimi a quelli rilevati nelle stazioni delle città di Asti e Torino ed il superamento del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere, avvenuto in tutti gli anni di misura fino al 2017 e nuovamente nel 2020 e 2021 (per Bra), indica ancora una situazione di criticità per il PM₁₀. La stazione presente a Mondovì, sebbene sia caratterizzata dalle concentrazioni di fondo contenute tipiche della zona pedemontana, è fortemente influenzata dalle 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, nonostante si trovi in una zona rurale a margine del bacino padano, e pertanto non sia caratterizzata da livelli di fondo elevati, nel periodo invernale risente delle emissioni locali di materiale particolato provenienti dal diffuso utilizzo della biomassa legnosa come combustibile.

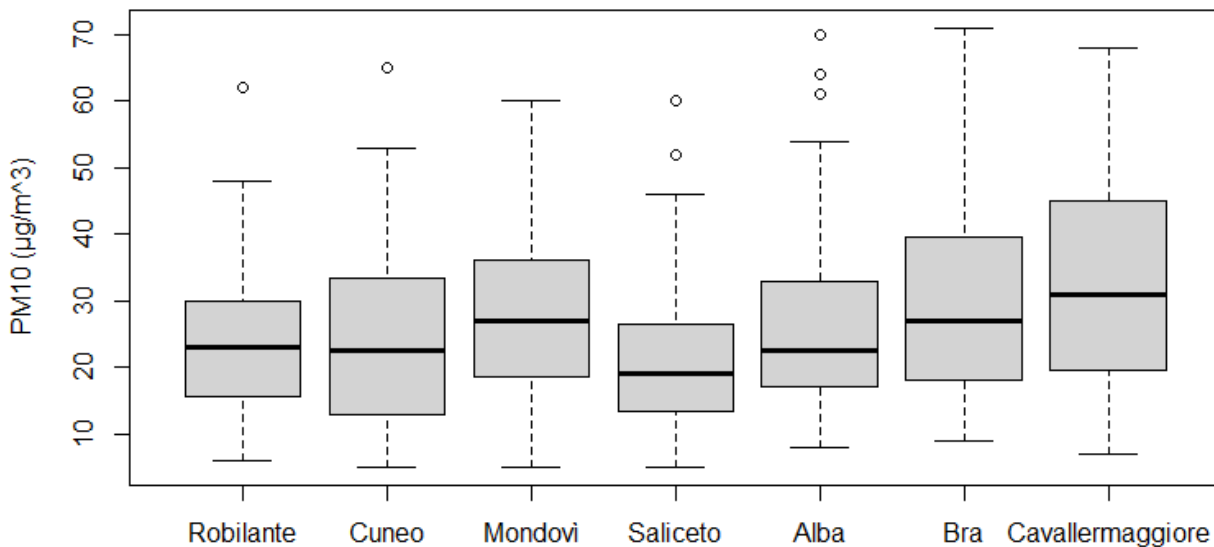


Figura 8) PM₁₀: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate a Robilante, e nelle stazioni della provincia di Cuneo (periodo 17 settembre ÷ 1° dicembre '21)

PM ₁₀ 17 settembre ÷ 1° dicembre '21	Robilante	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavallermaggiore (FS)
Superamenti limite 50 µg/m ³	1	2	4	2	4	10	9
Media (µg/m ³)	23	24	28	21	26	30	32
Mediana(µg/m ³)	23	23	27	19	23	27	31
Max (µg/m ³)	62	65	60	60	70	71	68
Num. dati	76	76	76	76	74	76	76

Tabella 2) PM₁₀: confronto tra numero di superamenti del limite giornaliero, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevati a Robilante 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, FS= fondo suburbano).

I dati del periodo in analisi, rappresentati in figura 8 e sintetizzati nella tabella 2, indicano per il sito di Robilante, una situazione di inquinamento da polveri sottili compatibile con la sua posizione geografica inserita in un contesto vallivo della zona sud della provincia, ovvero livelli statisticamente equivalenti in media a quelli misurati a Cuneo e inferiori a quelli più elevati registrati a Mondovì e dalle stazioni della zona nord.

La normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, oltre al limite sulle medie giornaliere, un limite relativo alla media annuale (40 µg/m³). Poiché le campagne di monitoraggio si riferiscono ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno, fare un confronto diretto della concentrazione media e del numero di superamenti, con i limiti annuali non è corretto. È però possibile stimare l'entità dei valori annuali di

Robilante facendo riferimento ai dati registrati dalle centraline della rete fissa. Per ciascuna stazione le concentrazioni medie relative al periodo della campagna di misura a Robilante (riportate nella tabella 3) sono state rapportate alle concentrazioni medie dell'intero 2021 ed è stata calcolata la regressione lineare tra le sei coppie di dati ottenute. I test eseguiti sui coefficienti R di Pearson ottenuti indicano una correlazione statisticamente significativa. A partire dalla regressione lineare trovata è stata quindi stimata la seguente concentrazione media annuale per il sito di misura di Robilante, riferita all'intero anno 2021, ed il rispettivo errore standard:

Robilante: media PM₁₀ (2021) = **23 ± 2** µg/m³

Il valore medio stimato rispetta ampiamente la soglia normativa annuale di 40 µg/m³ e coincide con il valore medio della stazione di Cuneo del 2021 (tabella 3).

	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavallermaggiore (FS)
Media anno 2021 µg/m ³	23	27	22	26	29	30

Tabella 3) PM₁₀: concentrazioni medie dell'anno 2021 per le stazioni della provincia di Cuneo.

Utilizzando i dati dei superamenti registrati dalle stazioni della rete nel 2021, è stato stimato anche il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ per il sito di Robilante riferito all'intero anno. Il valore ottenuto a partire dalla regressione lineare (correlazione statisticamente significativa) è pari a:

Robilante: numero superamenti (2021) = **12 ± 3**

Tale valore, inferiore al numero massimo consentito dalla normativa (35 per anno civile), risulta essere tra i più bassi della provincia di Cuneo del 2021 (riportati in tabella 4).

	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavallermaggiore (FS)
Numero superamenti anno 2021	10	23	18	24	38	40

Tabella 4) PM₁₀: superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ dell'anno 2021 nelle stazioni della provincia di Cuneo.

I dati di PM₁₀ acquisiti con cadenza oraria dal nefelometro del laboratorio mobile hanno permesso di elaborare il giorno medio delle polveri sottili, mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. Data la forte influenza che le condizioni meteo-climatiche hanno sulle concentrazioni di PM₁₀, i giorni medi sono stati valutati separatamente per i tre mesi. Essi sono rappresentati nel grafico di figura 9 insieme ai giorni medi del PM₁₀ della stazione di Bra dove la misura oraria viene eseguita con strumento automatico ad attenuazione beta. La fascia colorata rappresenta l'intervallo di confidenza al 95%.

Il giorno medio permette di individuare la presenza di variazioni ricorrenti nelle concentrazioni dovute all'influenza delle attività antropiche locali. Generalmente per il PM₁₀ sia la crescita che la diminuzione delle concentrazioni sono più lente rispetto ad altri inquinanti, come gli ossidi di azoto (si confronti pag. 7), ciò è dovuto ai maggiori tempi di permanenza in atmosfera del particolato e ai tempi necessari alla formazione della sua frazione "secondaria" che ne costituisce la parte preponderante e si origina in atmosfera dalla trasformazione di precursori quali ad esempio gli stessi ossidi di azoto, l'ammoniaca, i composti organici volatili.

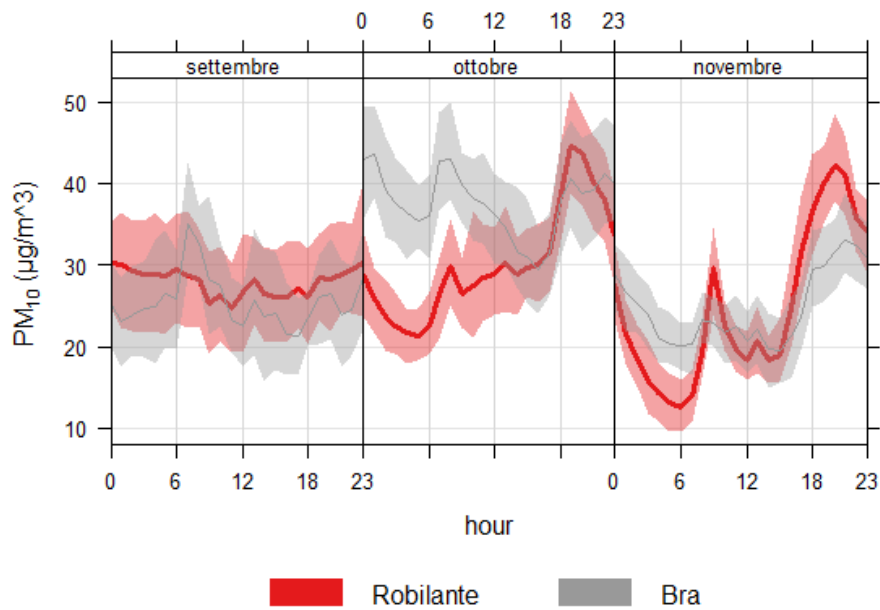


Figura 9) PM_{10} : confronto dei giorni medi del sito di Robilante e della stazione di Bra per suddiviso per mesi.

Dai grafici di figura 9 si osserva come nei dieci giorni di settembre analizzati le concentrazioni abbiano subito variazioni molto limitate nelle diverse ore del giorno, mantenendosi tuttavia a livelli non trascurabili, indice di una preponderanza del contributo dell'inquinamento di fondo regionale e della scarsa influenza delle sorgenti locali.

Nel mese di ottobre a Robilante il contributo del fondo regionale (minimo notturno) si è mantenuto a livelli elevati ma inferiori a quelli di Bra, che per la posizione geografica risente maggiormente delle condizioni di stagnazione degli inquinanti. Tali condizioni caratterizzano la zona di pianura e contribuiscono alla formazione del "fondo regionale" delle polveri sottili che, in assenza di fenomeni di rimozione (precipitazioni e vento), tende ad accumularsi uniformemente sul territorio e a raggiungere livelli elevati. Durante le ore diurne è ben visibile, nel giorno medio di Robilante, la crescita delle concentrazioni che avviene dopo le ore 6 ed il picco repentino e particolarmente elevato dopo le ore 18. Tali variazioni delle concentrazioni di PM_{10} sono caratteristiche di contributi di sorgenti locali di polveri sottili generalmente di tipo "primario", ovvero che emettono l'inquinante direttamente in forma di particolato.

Nel mese di novembre i giorni medi dei due punti di misura sono molto simili e, rispetto ai precedenti mesi, sono caratterizzati da livelli decisamente inferiori del minimo delle prime ore del mattino. Ciò indica un contributo contenuto del fondo regionale che si può spiegare dalla rimozione causata dalle frequenti precipitazioni che si sono verificate nel mese. Rimangono, molto accentuate, le variazioni delle concentrazioni nelle diverse ore del giorno, dovute a contributi di sorgenti locali di PM_{10} .

Analogamente a quanto eseguito per il biossido di azoto, le concentrazioni orarie di PM_{10} misurate a Robilante sono state analizzate anche in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento, per poter individuare particolari influenze di sorgenti locali.

Le concentrazioni, suddivise per mesi, sono state rappresentate nel grafico di figura 10 in coordinate polari dove ogni punto è identificato da un angolo che rappresenta la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro che indica la velocità del vento, e da un colore che è la concentrazione media dell'inquinante corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

I grafici evidenziano come le concentrazioni mediamente più elevate si siano verificate con vento dai quadranti Ovest e per lo più con velocità del vento basse, indice di emissioni a livello del suolo con limitata spinta di galleggiamento, quali possono essere quelle del riscaldamento domestico.

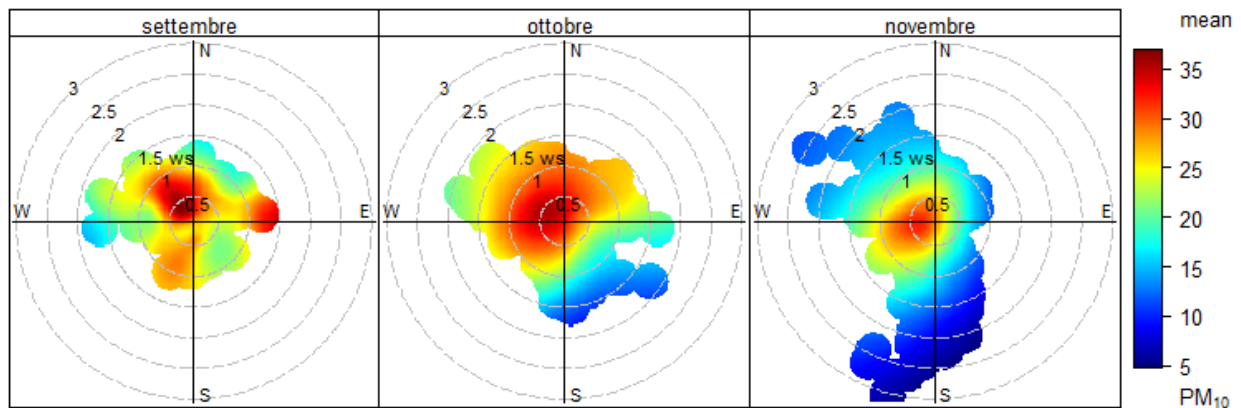


Figura 10) PM₁₀: concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della velocità (periodo complessivo 21 settembre ÷ 30 novembre '21).

METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Sui filtri di polveri campionati a Robilante dal 17 settembre al 30 novembre 2021, dopo la misura gravimetrica della concentrazione di PM₁₀, si è proceduto alla determinazione in laboratorio delle concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (nel seguito IPA) e metalli presenti.

La norma vigente per la qualità dell'aria stabilisce dei valori obiettivo per Arsenico, Cadmio, Nichel e Benzo(a)pirene ed un valore limite per il Piombo, riferiti al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolati come media su un anno civile. Pertanto per queste sostanze la determinazione è costantemente eseguita, su base mensile, per tutte le stazioni della rete fissa della qualità dell'aria dove il campionamento del PM₁₀ viene effettuato. Negli ultimi anni, a scopo di studio, la determinazione degli IPA è stata estesa, per tutte le stazioni fisse, alle molecole di Indeno(1,2,3-cd)pirene, Crisene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(a)antracene e Benzo(b+j+k)fluorantene oltre ad altri metalli, quali Cromo, Rame, Vanadio, Zinco, Antimonio e Manganese per un numero limitato di centraline.

Tutte le sostanze sopra indicate sono state ricercate anche nei filtri campionati a Robilante, aggregando, analogamente alle stazioni fisse della rete, i filtri giornalieri di ciascun mese e ottenendo le concentrazioni medie mensili di settembre (limitatamente ai filtri campionati dal 17 al 30), ottobre e novembre.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 5 per gli IPA e nella tabella 6 per i metalli. Le concentrazioni presenti in alcuni campioni, indicate con colore verde ed in corsivo, sono inferiori o prossime al limite di rilevabilità del metodo analitico. In particolare, per Cadmio, Nichel, Antimonio e Vanadio tutti i campioni hanno avuto concentrazioni non quantificabili.

Relativamente ad ottobre e novembre, in cui a Robilante i filtri sono stati campionati per tutto il mese, le concentrazioni ottenute sono confrontate nei grafici delle pagine seguenti con quelle rilevate presso le stazioni fisse della provincia. La somma delle concentrazioni di tutte le molecole di IPA (IPA totali) determinate per i campioni di Robilante, ed il loro contributo percentuale alle concentrazioni di PM₁₀, sono confrontate nei grafici di figura 11. Per ciascuno degli IPA determinati e per i metalli presenti in quantità rilevabili nei tre mesi (Zinco, Cromo, Rame, Manganese e Piombo) le concentrazioni del sito di Robilante e delle centraline sono rappresentate nelle figure 12÷15.

Generalmente le concentrazioni di IPA hanno un marcato gradiente stagionale con valori più elevati nei mesi invernali, quando sono maggiori le emissioni e minore la capacità dispersiva dell'atmosfera, e valori molto bassi e uniformi nei vari siti nei mesi estivi, quando le condizioni meteorologiche, oltre a favorire la dispersione degli inquinanti, contribuiscono alla degradazione degli IPA (ad opera di radiazione solare e temperatura). Proprio per questi motivi le concentrazioni misurate sono cresciute nei tre mesi di monitoraggio, passando dai valori prossimi al limite di quantificazione del mese di settembre ai valori elevati riscontrati nel mese di novembre (tabella 5).

Dal grafico di sinistra di figura 11 si può osservare come l'aumento delle concentrazioni nel mese di novembre si sia verificato in tutti i siti di misura, ed il grafico di destra dimostra come, tra i due mesi considerati, sia pressoché triplicato il contenuto percentuale di IPA nelle diverse stazioni. Ciò indica un aumento delle emissioni di tali inquinanti.

Nel confronto con le altre stazioni provinciali le concentrazioni del sito di Robilante risultano molto elevate e nettamente superiori anche a quelle di Saliceto, stazione della provincia di Cuneo che generalmente presenta le concentrazioni maggiori di IPA a causa del diffuso utilizzo locale della biomassa legnosa nella combustione domestica.

Dai dati dei metalli misurati a Robilante non emergono invece criticità. Dei quattro metalli per cui esistono limiti normativi, solamente Piombo e Arsenico (nel mese di ottobre) sono

stati rilevati in concentrazioni superiori ai limiti di quantificazione analitica, ma si tratta di valori molto inferiori agli indicatori normativi vigenti. Neppure il confronto con i dati misurati presso le stazioni fisse (grafici delle figure 14 e 15) evidenzia criticità, infatti i valori misurati a Robilante sono confrontabili con quelli misurati nello stesso periodo dalle stazioni della rete. La letteratura del settore considera come principale fonte di emissione di Cromo, Rame e Antimonio l'usura dei freni, e per lo Zinco, l'usura degli pneumatici.

	Benzo(a) pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3- cd)pirene (ng/m ³)	Crisene (ng/m ³)	Benzo(g,h,i) perilene (ng/m ³)	Benzo(a) antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j+k) fluorantene (ng/m ³)	IPA totali (ng/m ³)	IPA totali (% su PM ₁₀)
Robilante – piazza della Pace								
sett-21	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	0.2	0.4	0.002
ott-21	0.6	0.7	0.5	0.7	0.6	1.8	4.8	0.016
nov-21	1.6	1.5	1.7	1.7	1.7	4.1	12.2	0.061
Valore obiettivo (media anno civile)	1.0							

Tabella 5) IPA: concentrazioni rilevate nei filtri campionati a Robilante (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)).

	Arsenico (ng/m ³)	Cadmio (ng/m ³)	Nichel (ng/m ³)	Piombo (µg/m ³)	Antimonio (ng/m ³)	Cromo (ng/m ³)	Manganese (ng/m ³)	Rame (ng/m ³)	Vanadio (ng/m ³)	Zinco (ng/m ³)
Robilante – piazza della Pace										
sett-21	<i>0.7</i>	<i>0.1</i>	<i>0.7</i>	0.001	<i>0.7</i>	1.0	1.5	25.7	<i>0.7</i>	52.7
ott-21	1.7	<i>0.1</i>	<i>0.7</i>	0.002	<i>0.7</i>	1.2	6.6	5.0	<i>0.7</i>	30.9
nov-21	<i>0.7</i>	<i>0.1</i>	<i>0.7</i>	0.002	<i>0.7</i>	<i>0.7</i>	3.2	6.9	<i>0.7</i>	42.3
Valore obiettivo (media anno civile)	6.0	5.0	20.0	0.5						

Tabella 6) Metalli: concentrazioni rilevate nei filtri campionati a Robilante (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)).

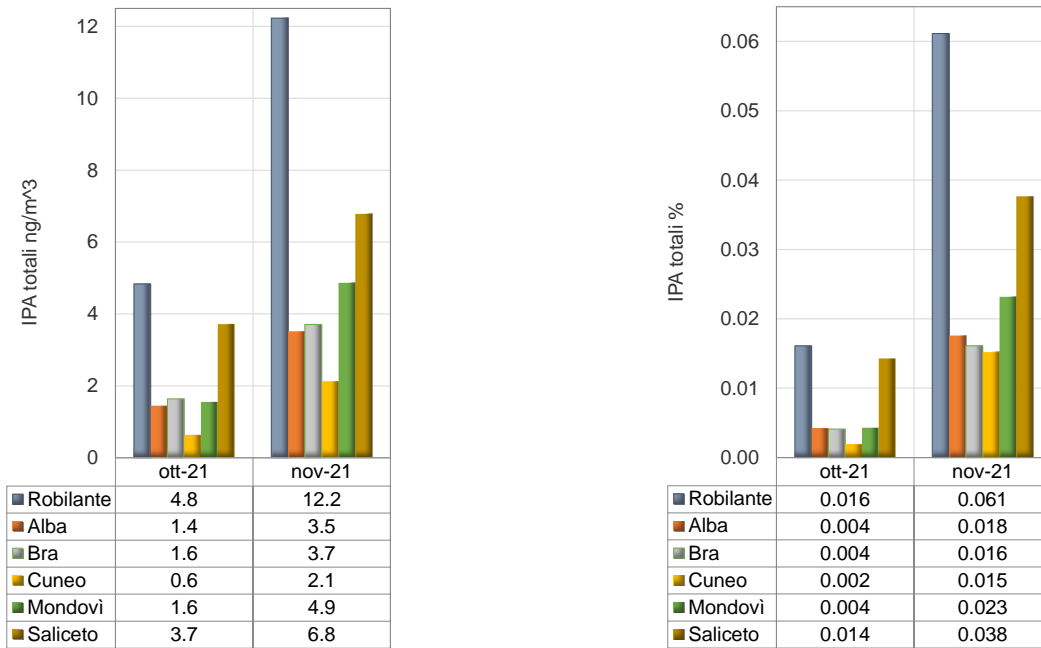


Figura 11) IPA totali (a sinistra) e percentuale di IPA nel PM₁₀ (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Robilante e presso le centraline fisse.

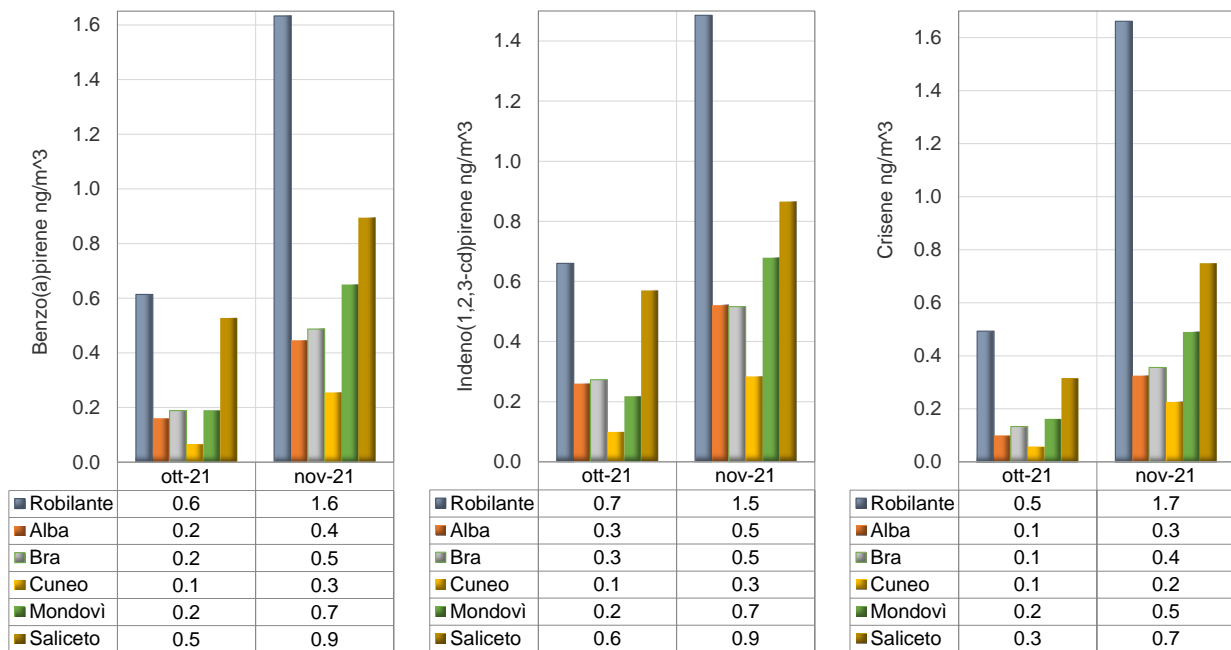


Figura 12) Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene e Crisene: Confronto delle medie mensili misurate a Robilante e presso le centraline fisse.

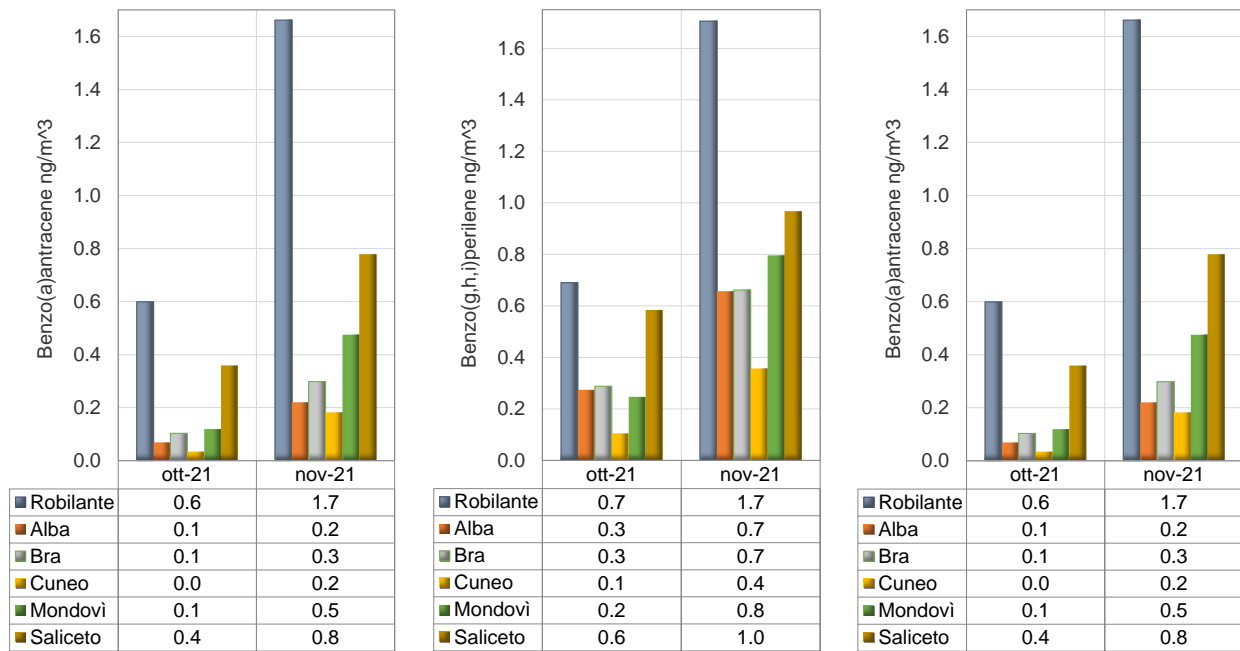


Figura 13) Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene e Benzo(a)antracene: Confronto delle medie mensili misurate a Robilante e presso le centraline fisse.

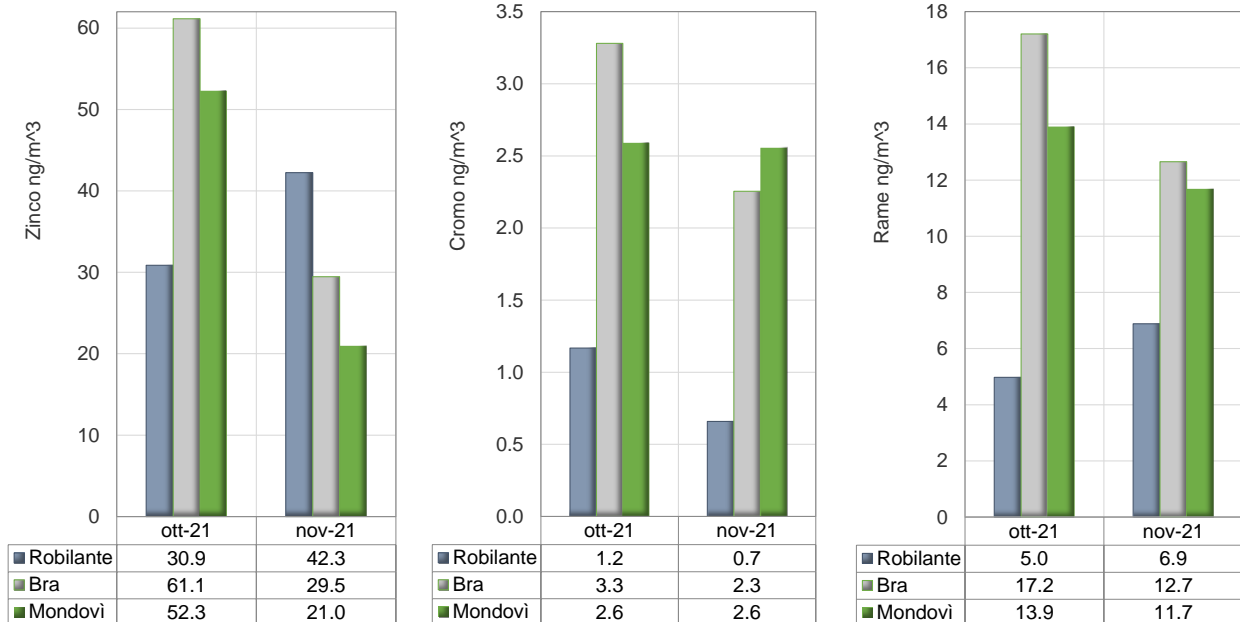


Figura 14) Zinco, Cromo e Rame: Confronto delle medie mensili misurate a Robilante e presso le centraline fisse.

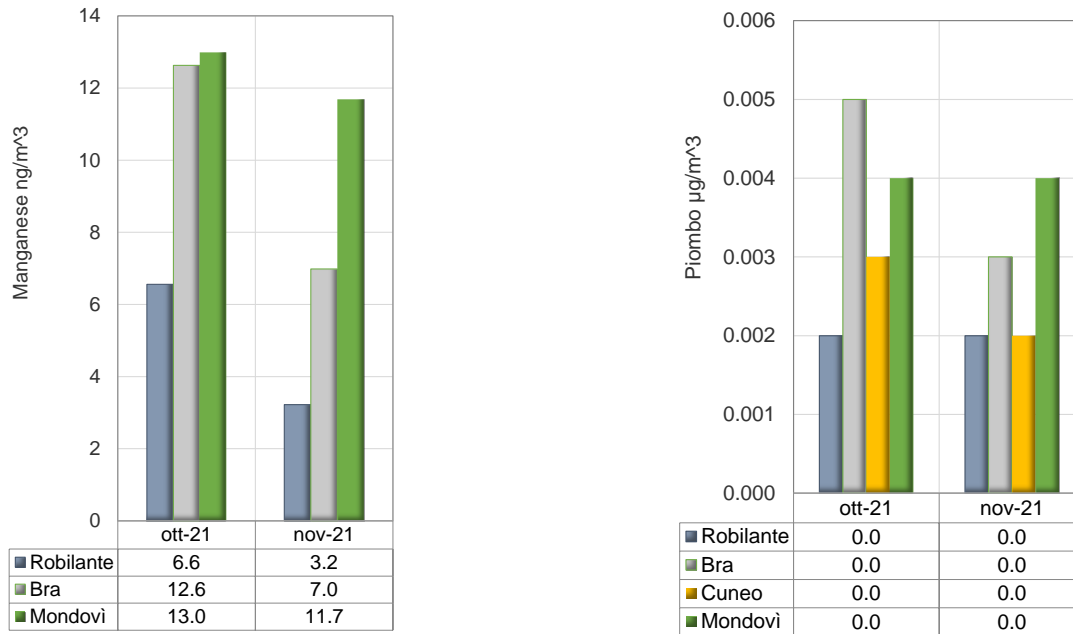


Figura 15) Manganese e Piombo: Confronto delle medie mensili misurate a Robilante e presso le centraline fisse.

Mentre la maggior parte degli IPA è classificata nel gruppo 2B (“possibili cancerogeni per l’uomo”), per il Benzo(a)pirene la cancerogenicità è accertata (è classificato nel gruppo 1 come “cancerogeno per l’uomo”). Per questo motivo tale composto è usato come indicatore di esposizione in aria per l’intera classe degli IPA, ed è stabilito un valore obiettivo per la sua concentrazione pari ad 1 ng/m³ come media per anno civile.

Per poter avere una stima della media annuale per il benzo(a)pirene di Robilante si è proceduto, in modo analogo a quanto fatto per il PM₁₀, utilizzando i dati registrati dalle centraline della rete fissa. Per ciascuna stazione la concentrazione media del benzo(a)pirene, relativa ai mesi ottobre e novembre 2021, è stata rapportata alla concentrazione media dell’intero anno civile di dati ed è stata calcolata la regressione lineare tra le cinque coppie di dati ottenute. Il test eseguito sul coefficiente R di Pearson attribuisce significatività statistica alla correlazione. A partire dalla regressione lineare calcolata e dai dati medi misurati nel sito di Robilante è stata quindi stimata la concentrazione media annuale, riferita al 2021 e l’errore standard, risultante pari a:

Sito **Robilante**: media Benzo(a)pirene (2021) = **1.0 ± 0.1** ng/m³

Tale valore stimato è pari al valore obiettivo stabilito dalla normativa per il Benzo(a)pirene al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l’ambiente nel suo complesso, indica per il sito di Robilante una situazione di criticità e risulta essere il più elevato della provincia di Cuneo per il 2021 (tabella 7).

	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavallermaggiore (FS)
Media anno 2021 ng/m ³	0.2	0.4	0.7	0.4	0.4	0.4

Tabella 7) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie dell’anno 2021 per le stazioni della provincia di Cuneo.

OZONO – O₃

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 le concentrazioni di questa molecola generalmente aumentano dalla tarda mattinata al pomeriggio con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare. L'ozono presenta inoltre un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

I giorni medi delle concentrazioni misurate con il laboratorio mobile a Robilante e dalla stazione di Cuneo sono rappresentati nei tre grafici della figura seguente suddivisi nei mesi di misura. Dai singoli grafici si può appurare il comportamento giornaliero dell'ozono che determina in particolare un massimo di concentrazione tra le ore 12 e le 17.

Il confronto tra i tre grafici evidenzia i differenti livelli di concentrazione nei diversi mesi, dovuto al comportamento stagionale di questo inquinante.

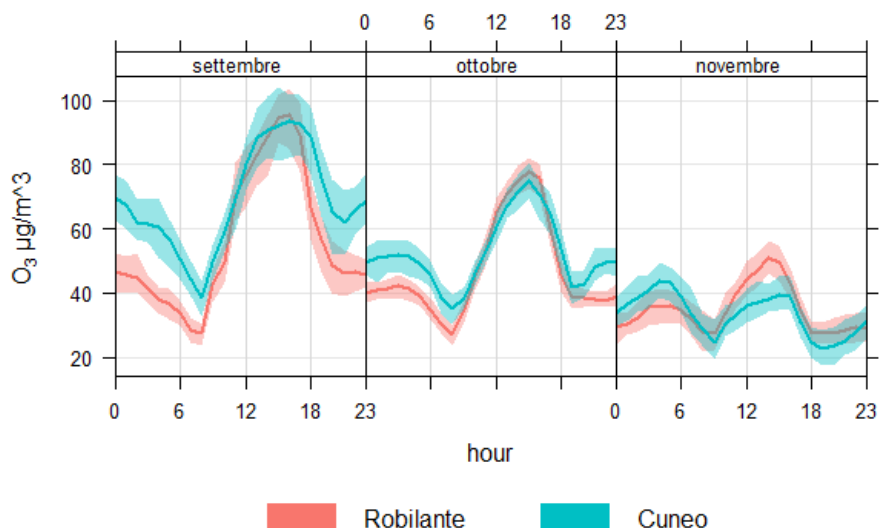


Figura 16) O₃: giorno medio di Robilante e Cuneo nei diversi mesi di misura.

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m³ e 240 µg/m³ 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/m³ 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.

Compatibilmente con la stagione fredda in cui si è svolto il monitoraggio, a Robilante, come negli altri siti monitorati con le stazioni fisse, non sono stati riscontrati superamenti né delle soglie di allarme e di informazione né del valore obiettivo.

Nella tabella sono indicate le massime concentrazioni orarie e medie su 8 ore, registrate a Robilante e presso le stazioni di fondo della provincia dove l'ozono viene misurato.

O ₃ 21 settembre ÷ 1° dicembre '21	Robilante	Alba (FU)	Cuneo (FU)	Staffarda (FR)	Saliceto (FR)
Massima media oraria (µg/m ³)	119	124	115	126	121
Massima media 8h (µg/m ³)	97	113	107	105	110

Tabella 8) O₃: confronto tra massime medie orarie e massime medie su 8 ore rilevate a Robilante e presso le stazioni di fondo della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

Il grafico di figura 17 rappresenta, per ciascun giorno di misura, le massime concentrazioni medie giornaliere calcolate su 8 ore per il sito di Robilante e per le stazioni fisse della provincia di Cuneo, che vanno confrontate con il valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il grafico evidenzia come le concentrazioni misurate in tutte le stazioni della provincia, partendo da valori prossimi al valore di riferimento nei giorni di settembre monitorati, siano andate progressivamente diminuendo e nei mesi di ottobre e novembre siano state di molto inferiori a tale soglia.

Nello stesso grafico si possono confrontare gli andamenti delle concentrazioni di ozono con quello della temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile: sebbene la temperatura non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono emerge abbastanza chiaramente una corrispondenza tra il suo andamento e quello dell'inquinante che spiega la progressiva riduzione delle concentrazioni.

Il buon accordo tra gli andamenti nei diversi siti di misura 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.

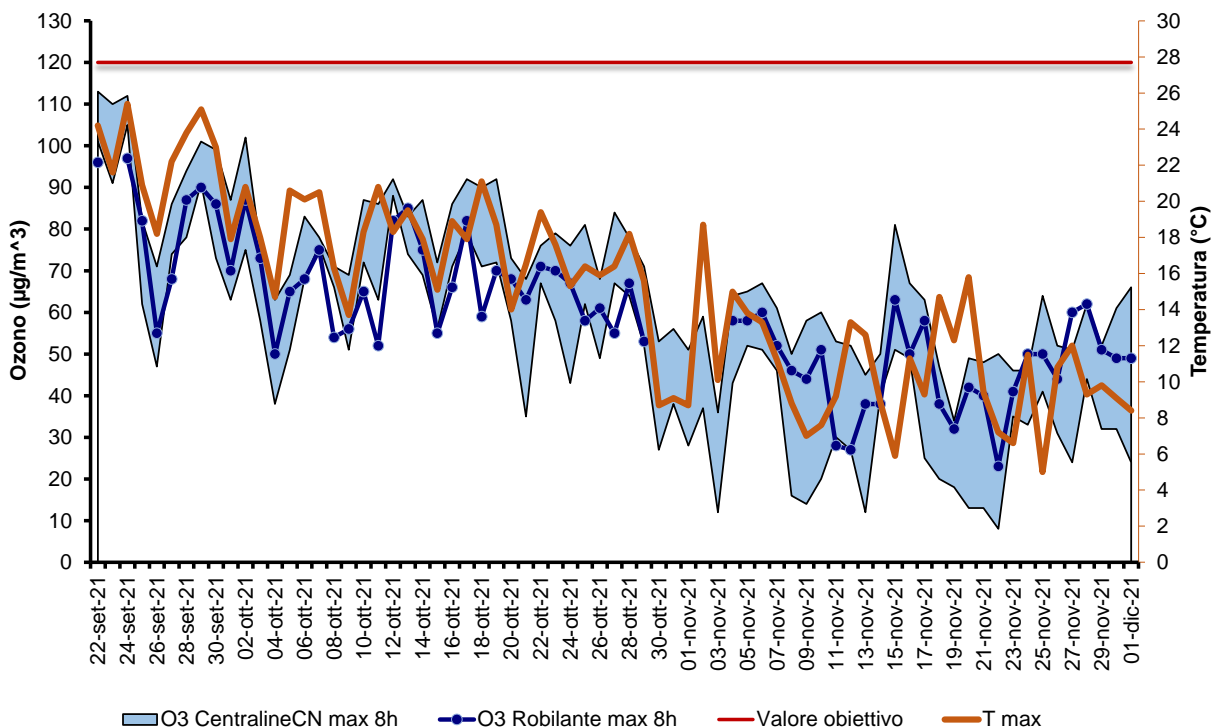


Figura 17) O_3 : massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per il sito di Robilante e per le stazioni fisse della provincia di Cuneo. Temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂, 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 SO₂ 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/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile.

Le concentrazioni orarie misurate con il laboratorio mobile in piazza della Pace a Robilante, hanno evidenziato livelli del tutto analoghi a quelli rilevati nel medesimo periodo presso la stazione della qualità dell'aria di Cuneo, con una concentrazione media oraria di 4 µg/m³ ed un valore massimo orario di 13 µg/m³. Si tratta pertanto di valori molto inferiori ai limiti normativi ed ormai 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/m³ 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 sette anni a valori inferiori a 2 mg/m³.

Nella campagna di Robilante i valori rilevati sono confrontabili con quelli rilevati nello stesso periodo dalle stazioni della rete, con una massima concentrazione media su 8 ore pari a 1.3 mg/m³. Anche per questo inquinante i livelli sono ormai confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi.

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/m³ 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 in piazza della Pace a Robilante non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. La concentrazione media ottenuta nel periodo di misura è pari a 1.0 µg/m³.

SITUAZIONE METEOROLOGICA

Siccome le condizioni meteorologiche influenzano fortemente i livelli delle concentrazioni degli inquinanti, nel seguito sono analizzate le peculiarità meteorologiche dell'autunno 2021 durante i quali si è svolta la campagna di misura della qualità dell'aria a Robilante.

In Piemonte l'autunno 2021 ha avuto una temperatura media di 10.5°C, con un'anomalia termica positiva di 1.1 °C rispetto alla media del periodo 1971-2000, ed è risultato la quindicesima stagione autunnale più calda nella distribuzione storica degli ultimi 64 anni. Settembre 2021 ha avuto lo scostamento positivo più marcato con +2.0°C, seguito da novembre 2021 con +1.0°C. Il 29 Novembre è stato il giorno mediamente più freddo del mese sul territorio piemontese con una temperatura media di 0.3°C, mentre le temperature minime più basse si sono verificate all'alba del giorno successivo con un valore medio pari a -3.2°C.

In Piemonte nell'autunno 2021 le precipitazioni sono state leggermente inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 289 mm medi ed un deficit di 22 mm (pari all'8%). Il contributo più rilevante alle precipitazioni è stato dato dal mese di novembre, in cui sono caduti 142.3 mm, pari al 49% circa della pioggia stagionale. Novembre è risultato anche l'unico mese con un surplus precipitativo, mentre ottobre e settembre hanno avuto un deficit pluviometrico attorno al 30-40%. Il giorno più piovoso è stato il 15 novembre, mentre il 25 novembre ha registrato le prime nevicate a quote collinari.

Nell'autunno 2021 si sono avuti 13 giorni con foehn: 2 a settembre, 4 a ottobre e 8 a novembre. I giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore a 1 km) sono risultati leggermente inferiori alla climatologia recente del periodo 2004-2020, con 42 episodi.⁵

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile a Robilante si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio è stata di 25.4°C, raggiunta il 24 settembre, la media di 9.1 °C e la minima di -3.8 °C, registrata il 30 novembre.

Nel grafico della figura 18 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere dell'intero periodo di monitoraggio registrate dal laboratorio mobile, insieme alla radiazione totale giornaliera misurata dalla stazione meteorologica di Cuneo.

⁵ Il Clima in Piemonte. Autunno 2021 - Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

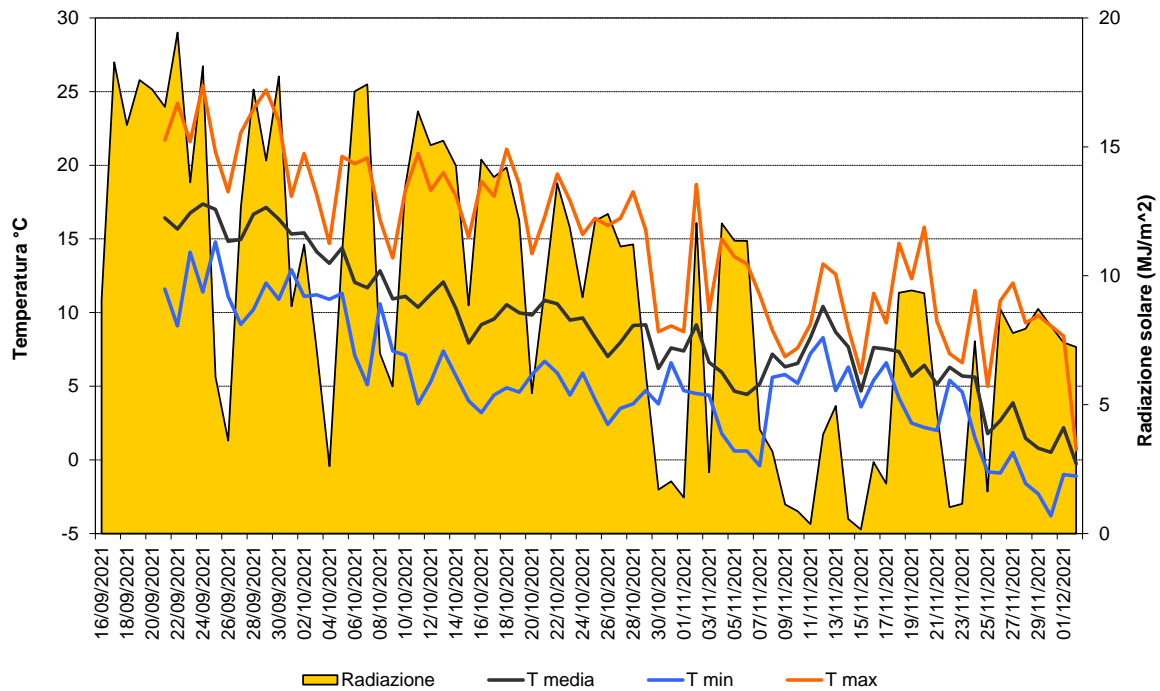


Figura 18) Temperatura dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Robilante; totale giornaliero della radiazione solare globale misurata dalla stazione meteorologica di Cuneo.

Nella figura 19 sono riportate, per ciascun giorno, il valore medio, minimo e massimo dell'umidità relativa dell'aria misurate dal laboratorio mobile, insieme alla precipitazione giornaliera cumulata registrata dalla stazione meteorologica Robilante-Vermentagna e agli episodi di foehn sul territorio regionale.

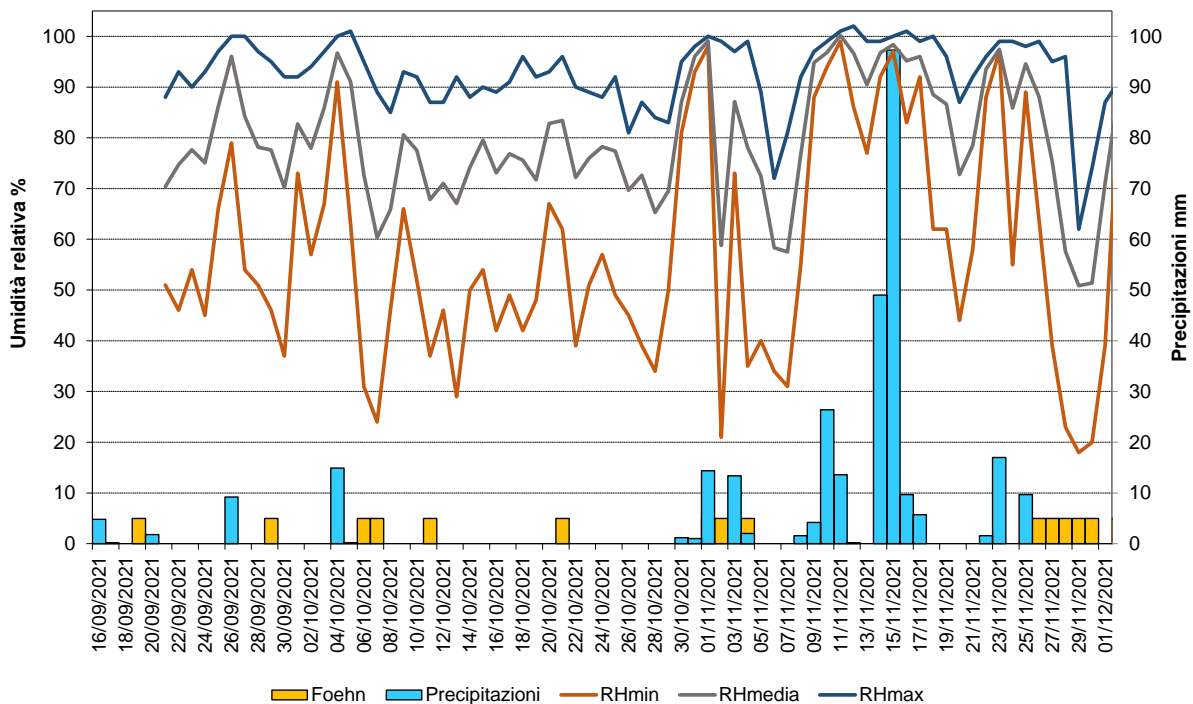


Figura 19) Umidità relativa dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile; precipitazione cumulata giornaliera misurata dalla stazione meteo Robilante-Vermentagna.

Nella figura seguente sono rappresentate le frequenze dei settori di provenienza dei venti calcolate per i dati registrati dal laboratorio mobile. Esse evidenziano un regime bimodale

dei venti, dovuto alle brezze monte-valle, con una netta prevalenza del vento dal settore Sud nelle ore notturne e vento proveniente dai due quadranti a Nord nelle ore diurne.

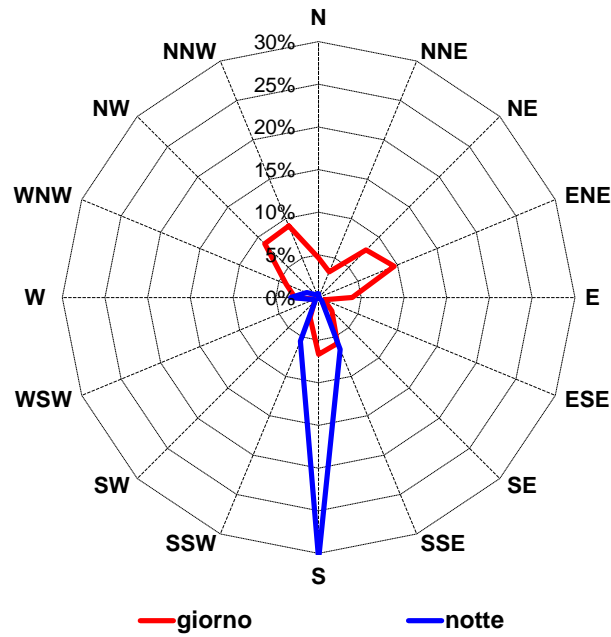


Figura 20) Rosa dei venti in piazza della Pace a Robilante (periodo: 21 settembre ÷ 2 dicembre '21).

CONCLUSIONI

Dal 16 settembre al 2 dicembre 2021 è stata eseguita una campagna di misura della qualità dell'aria nel comune di Robilante. Il monitoraggio è stato realizzato con il laboratorio mobile, dotato della strumentazione per la misura dei principali inquinanti per i quali la normativa stabilisce dei limiti (polveri sottili, ossidi di azoto, ozono, biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzene...).

Il laboratorio mobile della qualità dell'aria è stato installato nel cortile della scuola secondaria di 1° grado di piazza della Pace, postazione messa a disposizione dall'Amministrazione Comunale.

Sebbene al campionamento condotto a Robilante si siano dedicati più di due mesi, si tratta comunque di un periodo limitato rispetto all'intero anno civile cui fanno riferimento i limiti stabiliti dalla normativa, pertanto, considerando anche la forte influenza delle condizioni meteorologiche sui livelli di inquinamento, per poter valutare correttamente la qualità dell'aria del sito, è necessario analizzare i dati in riferimento a quanto rilevato dalle stazioni fisse presenti sul territorio.

In analogia a quanto riscontrato su tutto il territorio regionale, in piazza della Pace a Robilante il laboratorio mobile non ha evidenziato criticità per il monossido di carbonio, il benzene ed il biossido di zolfo. Le concentrazioni di questi inquinanti si sono notevolmente ridotte negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche qualitative dei combustibili.

I livelli dell'ozono, inquinante tipicamente estivo la cui formazione è favorita da intensa radiazione solare ed elevate temperature, in accordo con il periodo autunnale in cui si è svolto il monitoraggio, sono stati contenuti e coerenti con i dati della rete. Questa coerenza implica tuttavia che, nei periodi estivi, anche a Robilante si possano verificare le criticità per l'inquinamento da ozono che l'analisi dei dati annuali della rete della qualità dell'aria evidenzia anche per le ultime estati. In tutte le stazioni fisse sono infatti ancora disattesi gli obiettivi a lungo termine stabiliti dalla norma sia per la protezione della salute umana che per la protezione della vegetazione.⁶

I dati ottenuti per il biossido di azoto nel sito di Robilante evidenziano livelli di concentrazione analoghi a quelli registrati dalle stazioni collocate nei centri urbani e superiori a quelli delle stazioni di fondo rurale della provincia. In particolare, i test statistici eseguiti sui dati confermano una situazione intermedia tra quelle registrate dalle due stazioni di fondo urbano di Cuneo e quella di Alba. Ciò conferma la classificazione del sito di piazza della Pace a Robilante come postazione di "fondo urbano". La confrontabilità con le stazioni della provincia, dove il limite sulla media annua è costantemente rispettato dal 2008, garantisce, anche per il sito di Robilante, il rispetto dei limiti normativi annuali dell'NO₂. Non sono state evidenziate ricadute di tale inquinante provenienti dall'industria cementiera locale.

Per quanto riguarda l'inquinamento da polveri sottili (PM₁₀), l'analisi dei dati ottenuti a Robilante conferma quanto registrato presso le altre stazioni della provincia e in tutto il bacino padano, ovvero come, per tale tipologia di inquinante, le variazioni delle concentrazioni siano fortemente influenzate dalle condizioni meteorologiche.

Le precipitazioni che si sono verificate nelle prime due settimane di monitoraggio a Robilante e nel mese di novembre hanno favorito l'abbattimento delle polveri sottili e ne hanno impedito la crescita a valori superiori al limite normativo. Nel mese di ottobre invece, la prolungata assenza di precipitazioni, insieme alle persistenti condizioni di stabilità anticiclonica, ha determinato, in tutta la regione l'accumulo delle polveri sottili e la crescita

⁶ *Relazione della qualità dell'aria 2020 – Territorio della provincia di Cuneo, Arpa Piemonte*
<https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RELAZIONEQAANNO2020.pdf>

progressiva delle concentrazioni che, in alcune stazioni di pianura della provincia, hanno superato il limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più giorni. Nonostante tale aumento delle concentrazioni sia stata riscontrata anche a Robilante, in questo sito i valori si sono mantenuti tra i più bassi misurati dalle stazioni della provincia ed un unico superamento è stato registrato il 21 ottobre. Tale situazione è compatibile con la posizione geografica di Robilante, inserito in un contesto vallivo della zona sud della provincia. La maggior ventilazione presente in tale contesto garantisce una migliore diluizione degli inquinanti ed una minore influenza dell'inquinamento diffuso del bacino padano rispetto alla zona nord della provincia, con livelli di polveri sottili equivalenti in media a quelli misurati presso la stazione fissa di Cuneo.

Nonostante i dati di PM_{10} rilevati durante il monitoraggio nel sito di Robilante non abbiano evidenziato criticità nel confronto con i riferimenti normativi, gli andamenti dei giorni medi delle polveri sottili dimostrano la presenza di sorgenti locali di PM_{10} di tipo primario, compatibili con emissioni provenienti dalla combustione domestica della legna.

Le elevate concentrazioni dei diversi composti degli Idrocarburi Policiclici Aromatici, determinati nel materiale particolato campionato nell'abitato di Robilante, confermano il contributo di questa tipologia di sorgente. Il valore stimato per la media annua del benzo(a)pirene, Idrocarburo Policiclico Aromatico riconosciuto come cancerogeno per l'uomo, nel sito di Robilante raggiunge il valore obiettivo di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ stabilito dalla normativa al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso e risulta essere il più elevato della provincia di Cuneo. Tale criticità è generalmente riscontrata nei centri abitati dove è diffuso l'utilizzo della biomassa legnosa nel riscaldamento domestico.

ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna

Robilante, piazza della Pace	
21/09/2020 ÷ 2/12/2021	
	SO₂ (µg/m³)
Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	9
Media dei valori orari	4
Massima media oraria	13
Percentuale ore valide	86%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
	CO (mg/m³)
Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	0.8
Media dei valori orari	0.4
Massima media oraria	1.7
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.5
Massimo medie 8 ore	1.3
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
	Benzene (µg/m³)
Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	2.6
Media dei valori orari	1.0
Massima media oraria	7.9
Percentuale ore valide	93%
	NO₂ (µg/m³)
Minima media giornaliera	11
Massima media giornaliera	31
Media dei valori orari	20
Massima media oraria	61
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0

	O₃ (µg/m³)
Minima media giornaliera	18
Massima media giornaliera	67
Media dei valori orari	43
Massima media oraria	119
Percentuale ore valide	92%
Minimo medie 8 ore	12
Media delle medie 8 ore	43
Massimo medie 8 ore	97
Percentuale medie 8 ore valide	92%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0
17/09/2020 ÷ 1/12/2021	PM₁₀ (µg/m³)
Minima media giornaliera	6
Massima media giornaliera	62
Media delle medie giornaliere:	23
Numero giorni validi	73
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	1
01/10/2020 ÷ 30/11/2021	Benzo(a)pirene (µg/m³)
Minima media mensile	0.6
Massima media mensile	1.6
Media delle medie mensili:	1.1
Numero giorni validi	59

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

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

Caratteristiche: elementi distintivi dell'inquinante

Tipologia: suddivisione in base all'origine in

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

Fonte:

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

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

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

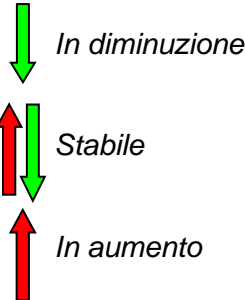
Misura: indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

Situazione: - condizione attuale  Criticità assente

 Criticità moderata

 Criticità elevata

- andamento negli anni dell'inquinante:



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

Soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.



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

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

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

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

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀ - PM_{2.5}



Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2.5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm.		
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino , ecc..., e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade) , gli impianti di riscaldamento e la zootecnia rappresentano le fonti più significative.		
Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", imnesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃ .		
Permanenza spazio temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.		
Effetti <i>salute</i> <i>ambientale</i> <i>materiali</i>	<p>Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il PM₁₀, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il PM_{2.5}, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio, quali asma, bronchiti ed enfisemi e anche danni al sistema cardiocircolatorio. Il PM inoltre agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici. Nel 2013 il particolato atmosferico è stato classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1).</p> <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione inibendo il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. I materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>		
Misura <i>gravimetrica</i>	Il PM ₁₀ e il PM _{2.5} sono determinati mediante campionamento su filtro e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10 µm o 2.5 µm.		
Situazione  	La situazione nell'ultimo decennio è in miglioramento ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano dove si verificano ancora numerosi superamenti soprattutto del limite giornaliero di 50 µg/m ³ .		
Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi
PM10	24 ore	50 µg/m ³	35 per anno civile
	anno civile	40 µg/m ³	
PM2.5	anno civile	25 µg/m ³	

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

Caratteristiche NO ₂	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO₂, N₂O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO₂ è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, perché, oltre ad essere tossici, svolgono un ruolo fondamentale nella formazione dello "smog fotochimico". Sono infatti importanti precursori dell'ozono in estate e del PM₁₀ in inverno.</p>		
Fonte 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 rappresentano la fonte più significativa.</p>		
Tipologia 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'NO₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, ed è quindi di natura secondaria.</p>		
Permanenza spazio temporale	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO₂ e quattro giorni per l'NO.</p>		
Effetti salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO₂ sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti, e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.</p>		
Misure 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/m³).</p>		
Situazione  	<p>La situazione è in miglioramento ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano, oltre che per i superamenti che ancora si verificano nei grossi centri abitati, anche per la sua natura di precursore dello smog fotochimico.</p>		

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



OZONO

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

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

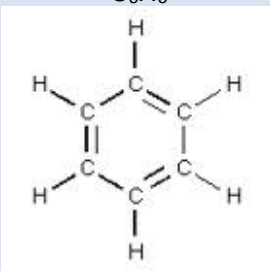


(**) Per AOT40 (espresso in µg/m³·h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂



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

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

BENZENE



<p>Caratteristiche C_6H_6</p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. È utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>		
<p>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli incendi boschivi e durante le eruzioni vulcaniche, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti. La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentata dal fumo di tabacco.</p>		
<p>Tipologia <i>primario</i></p>	<p>È un inquinante primario.</p>		
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>		
<p>Effetti <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 accertato potere cancerogeno per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>		
<p>Misura <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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>		
<p>Situazione  </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>		
<p>Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 Benzene</p>	<p><i>Periodo di mediazione temporale</i> Anno civile</p>	<p>Valore limite 5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</p>	<p><i>N° superamenti ammessi</i> -</p>

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

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

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

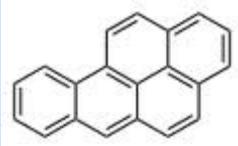

METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Caratteristiche Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali, tendono ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) e possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali (eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle combustioni , dai processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche) e dalle abrasioni dei materiali .
Tipologia <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
Permanenza spazio temporale	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM ₁₀ .
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i>	I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare .
Misura <i>ICP-MS da filtro PM₁₀</i>	La frazione fine del particolato (PM ₁₀) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente).
Situazione  	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
Piombo	Anno civile	0.5 µg/m ³
	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)
Arsenico	Anno civile	6.0 ng/m ³
Cadmio	Anno civile	5.0 ng/m ³
Nichel	Anno civile	20.0 ng/m ³

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

IPA - Benzo(a)pirene

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

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

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