

Prot. **64023** /H10.02

Cuneo, **13/07/2021**

(trasmessa esclusivamente via PEC)

Ill.mo Signor Sindaco del Comune di  
DRONERO

[comunedronero@postecert.it](mailto:comunedronero@postecert.it)

---

Spett.le Assessorato Ambiente  
PROVINCIA di CUNEO

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

---

Spett.le Dipartimento Prevenzione  
Azienda ASL CN1 Cuneo

[dip.prevenzione.aslcn1@legalmail.it](mailto:dip.prevenzione.aslcn1@legalmail.it)

---

e p.c. Spett.le Regione Piemonte  
Assessorato Ambiente  
Direzione Ambiente, Governo e Tutela del territorio  
[territorio-ambiente@cert.regione.piemonte.it](mailto:territorio-ambiente@cert.regione.piemonte.it)

Rif. DOQUI: B5.16 – H10\_2020\_01268/ARPA.

**Oggetto: Trasmissione dei risultati relativi al monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Dronero nel periodo compreso dal 30 settembre al 30 novembre 2020**

Con la presente si inviano le risultanze del monitoraggio della qualità dell'aria eseguito nel Comune di Dronero dal 30 settembre al 30 novembre 2020. Al fine di ottemperare alle disposizioni normative vigenti e contribuire al risparmio energetico ed ambientale la presente nota sarà inviata esclusivamente via PEC; congiuntamente la relazione tecnica verrà messa a disposizione di tutta l'utenza alla pagina internet:

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

Distinti saluti

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

LB/lb

Allegati:  
Relazione tecnica (pagine 35, Allegato pagine 13)

**Arpa Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

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

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

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

**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 Dronero nel periodo compreso dal 30 settembre al 30 novembre 2020**

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

**Arpa Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest – Struttura Semplice Attività di Produzione**  
Via Vecchia di Borgo San Dalmazzo, 11 - 12100 Cuneo - Tel. 0171329211

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

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>ANALISI DEI DATI .....</b>	<b>6</b>
<b><i>BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>.....</i></b>	<b>6</b>
<b><i>MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub>.....</i></b>	<b>14</b>
<b><i>METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....</i></b>	<b>19</b>
<b><i>OZONO – O<sub>3</sub>.....</i></b>	<b>25</b>
<b><i>BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE.....</i></b>	<b>27</b>
<b>MONITORAGGIO DEL TRAFFICO STRADALE .....</b>	<b>28</b>
<b>SITUAZIONE METEOROLOGICA .....</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>34</b>
<b><i>ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna .....</i></b>	<b>1</b>
<b><i>ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi.....</i></b>	<b>3</b>

## INTRODUZIONE

Il documento illustra le risultanze analitiche del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato nel comune di Dronero nel periodo compreso tra il 30 settembre ed il 30 novembre 2020.

La campagna è stata svolta a seguito della richiesta pervenuta dal Comune di nuove misurazioni della qualità dell'aria nel tratto della S.P. 422 compreso tra via Giolitti e via IV Novembre ed in relazione al traffico veicolare ivi transitante. Il laboratorio mobile della qualità dell'aria è stato installato nella postazione di via Giolitti, antistante al Municipio e all'ingresso della chiesa dei Santi Andrea e Ponzio, messa a disposizione dall'Amministrazione Comunale. Il laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Cuneo permette di analizzare i principali inquinanti per i quali sono fissati dei limiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (ozono O<sub>3</sub>, ossidi di azoto NO-NO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub>, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO<sub>2</sub>, benzene e materiale particolato PM<sub>10</sub>).

In contemporanea al monitoraggio della qualità dell'aria è stato eseguito il monitoraggio in continuo del traffico veicolare con l'utilizzo di un conta-traffico laser posizionato su via Giolitti circa 20 m a monte del laboratorio mobile.

La posizione dei punti di monitoraggio, le indicazioni sui siti 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 Dronero 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. Un capitolo è poi dedicato alla presentazione delle principali elaborazioni condotte sui dati del traffico. Nell'ultimo capitolo è invece 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 meteoidrografica 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 Openair<sup>1</sup>, strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

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

Comune

DRONERO



Ortofoto – indicazione (in blu) dei punti di monitoraggio

## LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Dronero, via G. Giolitti
Caratteristiche sito	Sito di traffico urbano
Coordinate UTM WGS84	X= 369792 m; Y= 4925072 m
Periodo	Dal 30 settembre al 30 novembre 2020



### Strumentazione Laboratorio mobile:

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

## CONTATRAFFICO LASER

Localizzazione	Dronero, via G. Giolitti
Caratteristiche sito	Sito di traffico urbano
Coordinate UTM WGS84	X= 369770 m; Y= 4925083 m
Periodo	Dal 9 ottobre al 30 novembre 2020



# ANALISI DEI DATI

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

Per gli ossidi di azoto la normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, dei limiti di concentrazione che riguardano il biossido: uno relativo alla media annuale, pari a 40 µg/m<sup>3</sup>, e l'altro alla media su un'ora, di 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 18 volte per anno civile.

La sequenza temporale delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> misurate con il laboratorio mobile nel sito di via Giolitti a Dronero è rappresentata nella figura sottostante. Da essa 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. Nella figura 2 la sequenza delle medie giornaliere evidenzia invece le riduzioni che le concentrazioni di NO<sub>2</sub> subiscono nei giorni festivi.

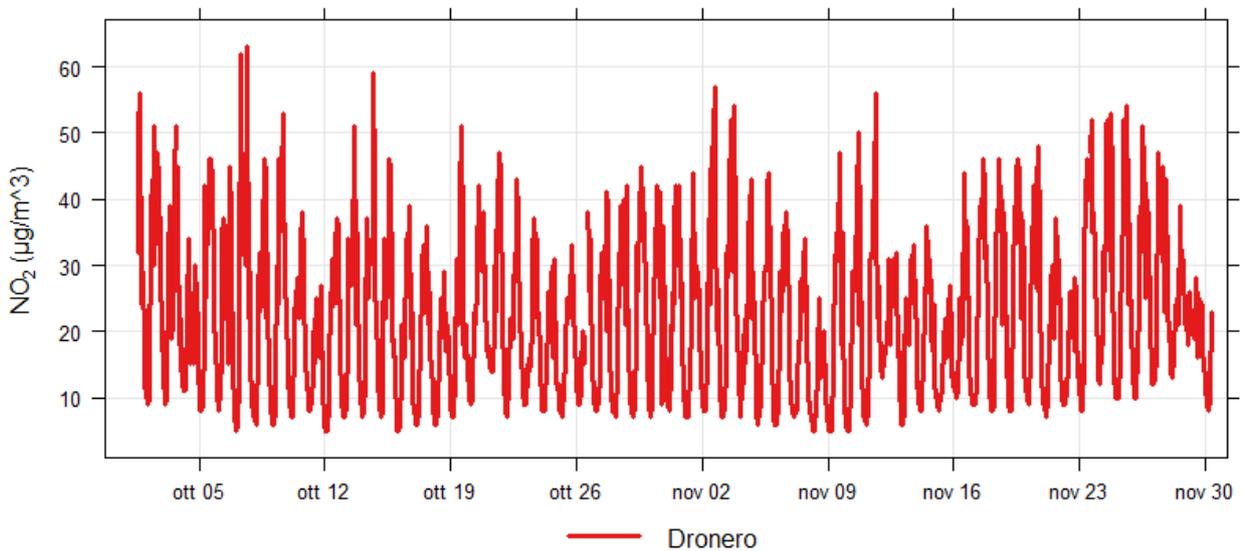


Figura 1) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Dronero.

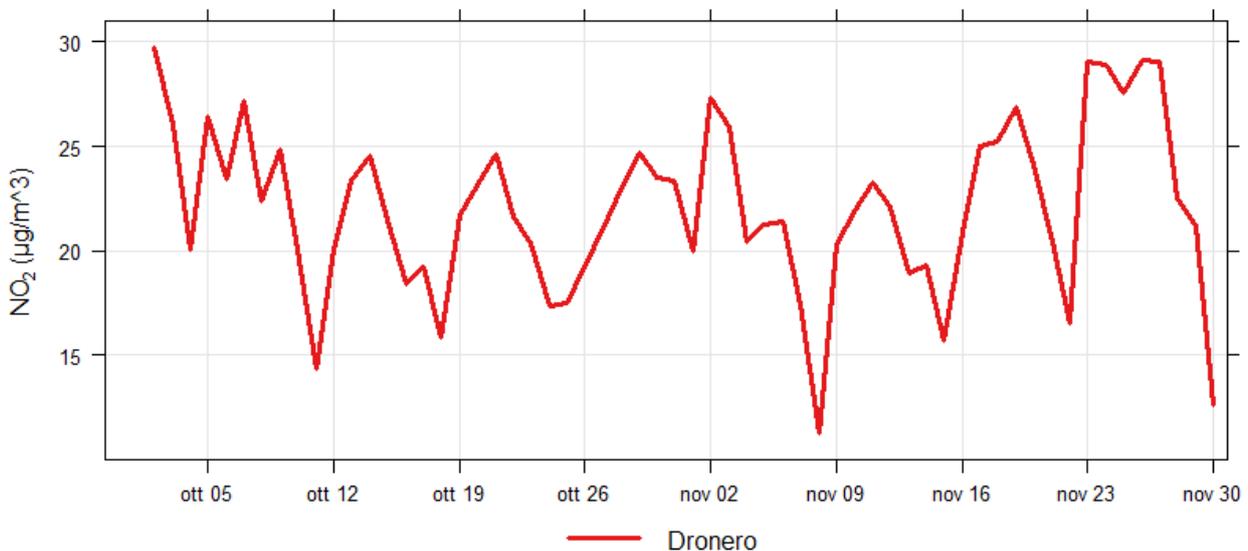


Figura 2) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie giornaliere rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Dronero.

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 NO<sub>2</sub> rilevate dal laboratorio mobile in via Giolitti a Dronero, dal 1° ottobre al 30 novembre 2020, 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 1400 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° percentile<sup>2</sup>), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i "baffi", delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori delle concentrazioni medie, mediane e massime orarie di NO<sub>2</sub> 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.

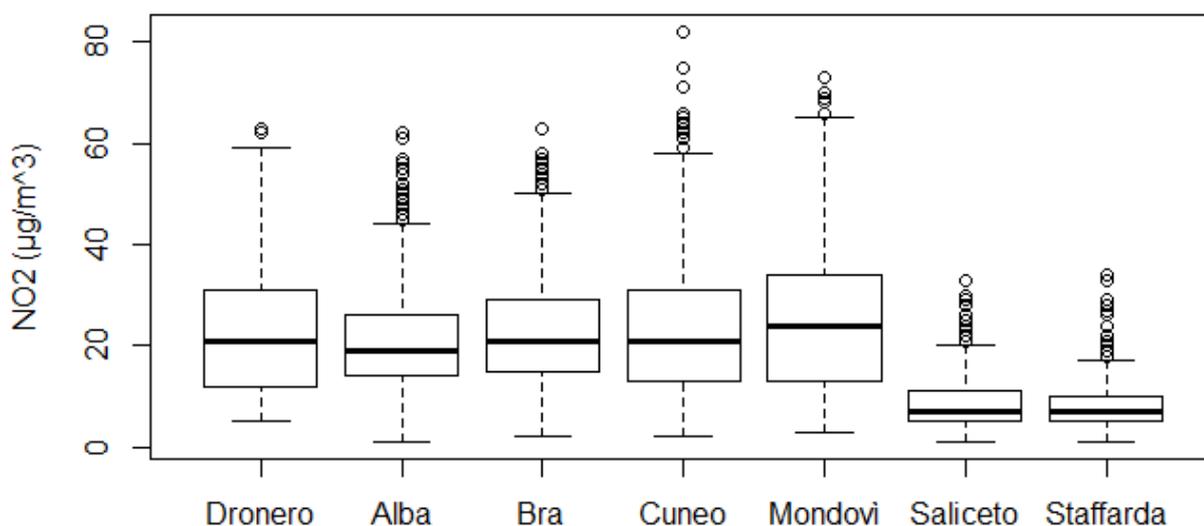


Figura 3) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo (periodo 1°ottobre ÷ 30 novembre '20)

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 ott÷30 nov '20	Dronero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>22</b>	21	23	23	25	8	8
Mediana	<b>21</b>	19	21	21	24	7	7
Massimo	<b>63</b>	62	63	82	73	33	34

Tabella 1) NO<sub>2</sub>: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Dronero 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).

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

I box plot e gli indicatori evidenziano come, per il periodo in analisi, nel sito di via Giolitti a Dronero siano stati misurati livelli di concentrazioni di NO<sub>2</sub> 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 sui dati orari confermano una situazione che, in media, è equivalente a quella registrata dalla stazione della città di Cuneo, posizionata in piazza Il Reggimento Alpini, all'angolo tra corso Galileo Ferraris e via Castellani.

Relativamente al periodo di misura, il limite normativo orario è stato rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è inferiore al limite di 200 µg/m<sup>3</sup> (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 Dronero, il rispetto del limite annuale.

Al momento dell'emissione dai processi di combustione, gli ossidi di azoto sono costituiti principalmente dal monossido di azoto (NO), che viene poi in parte ossidato in biossido di azoto. Sebbene la normativa non preveda limiti per questo inquinante, nel grafico a box plot della figura seguente sono rappresentate le concentrazioni del monossido di azoto misurate a Dronero confrontate con quelle misurate presso le stazioni fisse. Il confronto evidenzia per il sito di via Giolitti livelli di concentrazioni superiori alle altre stazioni della rete e analoghe a quelle della stazione di Mondovì-Aragno che a causa della maggiore vicinanza all'asse stradale è direttamente influenzata dalle emissioni del traffico veicolare. Ciò conferma la classificazione del sito di via Giolitti a Dronero come postazione di "traffico urbano".

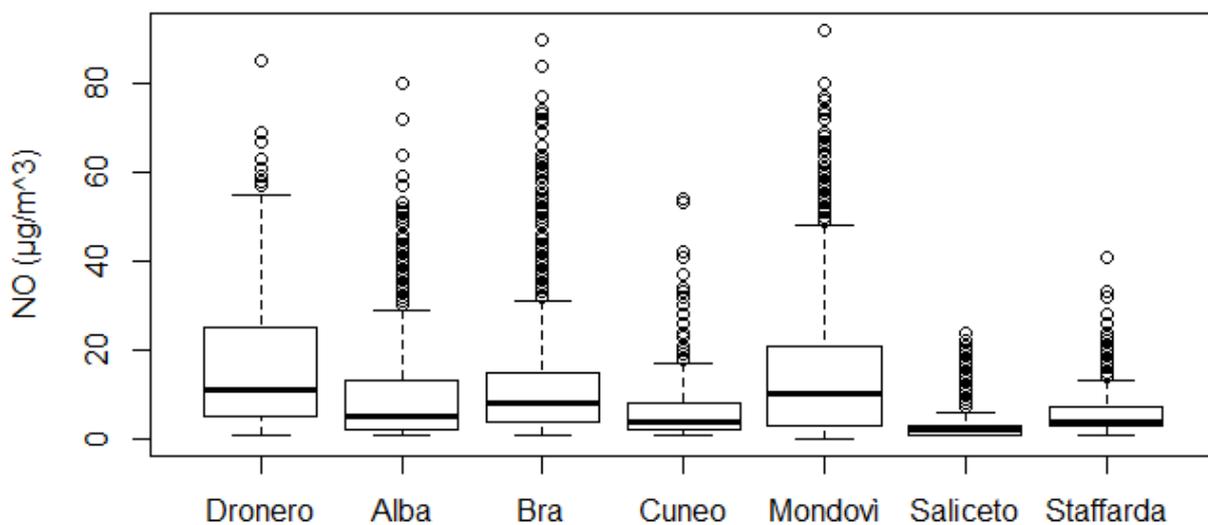


Figura 4) NO: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo (periodo 1°ottobre ÷ 30 novembre '20)

NO (µg/m <sup>3</sup> ) 1 ott÷30 nov '20	Dronero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>16</b>	10	12	6	15	3	5
Mediana	<b>11</b>	5	8	4	10	2	4
Massimo	<b>85</b>	80	90	54	92	24	41

Tabella 2) NO: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Dronero 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).

Le concentrazioni degli inquinanti nell'aria generalmente crescono avanzando dalla stagione calda a quella invernale, a causa della riduzione dell'insolazione e della conseguente riduzione delle capacità dispersive dell'atmosfera. Nei due mesi di ottobre e

novembre in cui è stata monitorata la qualità dell'aria a Dronero sicuramente le condizioni meteo-dispersive dell'atmosfera sono andate peggiorando nel tempo e non solo per questo naturale andamento stagionale, ma anche per le più frequenti e persistenti condizioni di stabilità atmosferica che si sono verificate nel mese di novembre (si veda il capitolo "Situazione meteorologica"). A fronte del peggioramento delle condizioni dispersive si è tuttavia verificata una diminuzione delle emissioni degli inquinanti da parte della sorgente "traffico". Nel corso del monitoraggio si è infatti verificata una riduzione non trascurabile nei flussi del traffico veicolare conseguente ai provvedimenti adottati per contenere l'emergenza coronavirus che, per il territorio piemontese, sono tornati ad essere più restrittivi a seguito dell'Ordinanza del Ministro della Salute del 5 novembre 2020 che ha inserito il Piemonte tra le regioni dell'area a rischio di massima gravità ("zona rossa"). A seguito di tale restrizione, a Dronero i dati registrati dal dispositivo conta-traffico (si veda il capitolo dedicato a pag. 28) hanno evidenziato una riduzione media di circa il 24% del traffico "leggero" e del 11% del traffico "pesante".

Per gli ossidi di azoto, inquinanti che come è già stato detto sono "locali", e pertanto direttamente condizionati dalle sorgenti emmissive presenti in prossimità, le concentrazioni misurate sono state analizzate anche suddividendole nei due periodi che principalmente hanno caratterizzato il monitoraggio per le restrizioni legate all'emergenza sanitaria: 1° ottobre ÷ 5 novembre 2020 e 6 ÷ 30 novembre (periodo con le restrizioni della "zona rossa"). Nelle figure e tabelle seguenti sono riportati i risultati sia per le concentrazioni di biossido di azoto che per quelle di monossido.

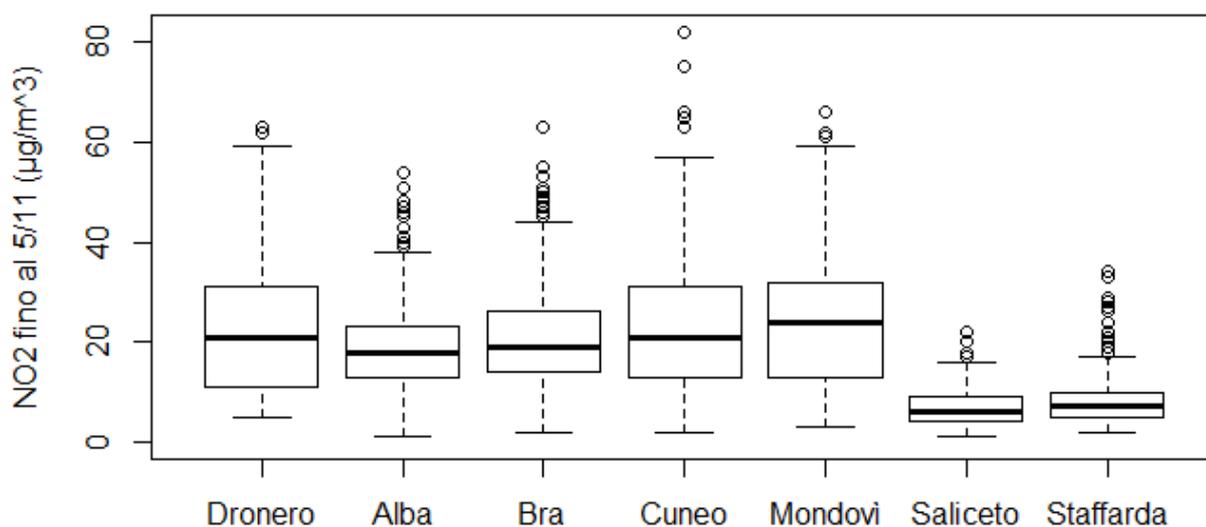


Figura 5) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo dal 1° ottobre al 5 novembre '20

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1° ott÷5 nov'20	Dronero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>22</b>	19	21	23	24	7	8
Mediana	<b>21</b>	18	19	21	24	6	7
Massimo	<b>63</b>	54	63	82	66	22	34

Tabella 3) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo.

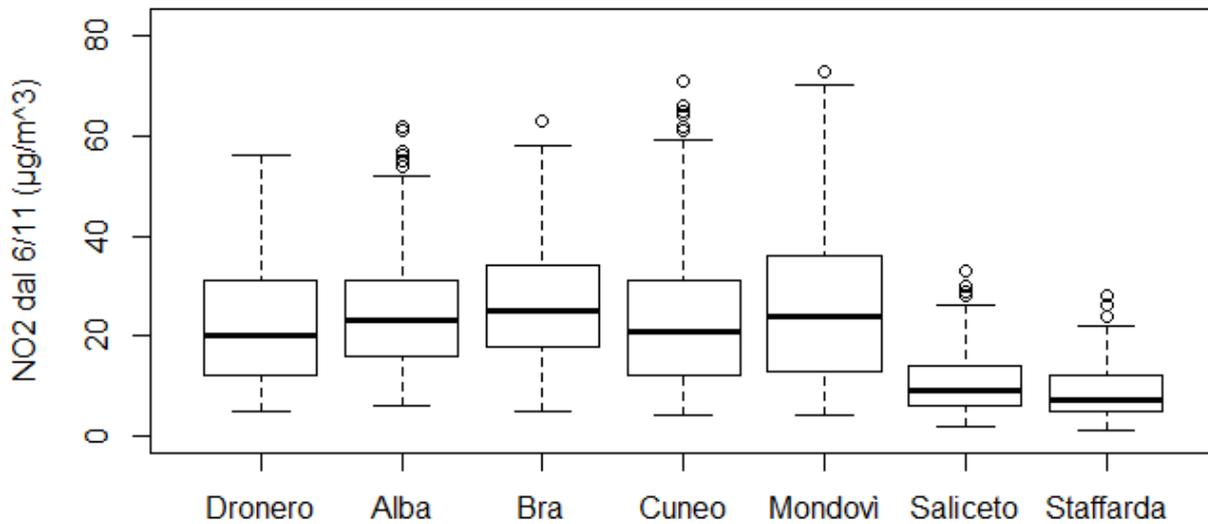


Figura 6) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 6 ÷ 30 novembre '20.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 6÷30 nov'20	Dronero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>22</b>	24	26	23	26	10	8
Mediana	<b>20</b>	23	25	21	24	9	7
Massimo	<b>56</b>	62	63	71	73	33	28

Tabella 4) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 6 ÷ 30 novembre '20.

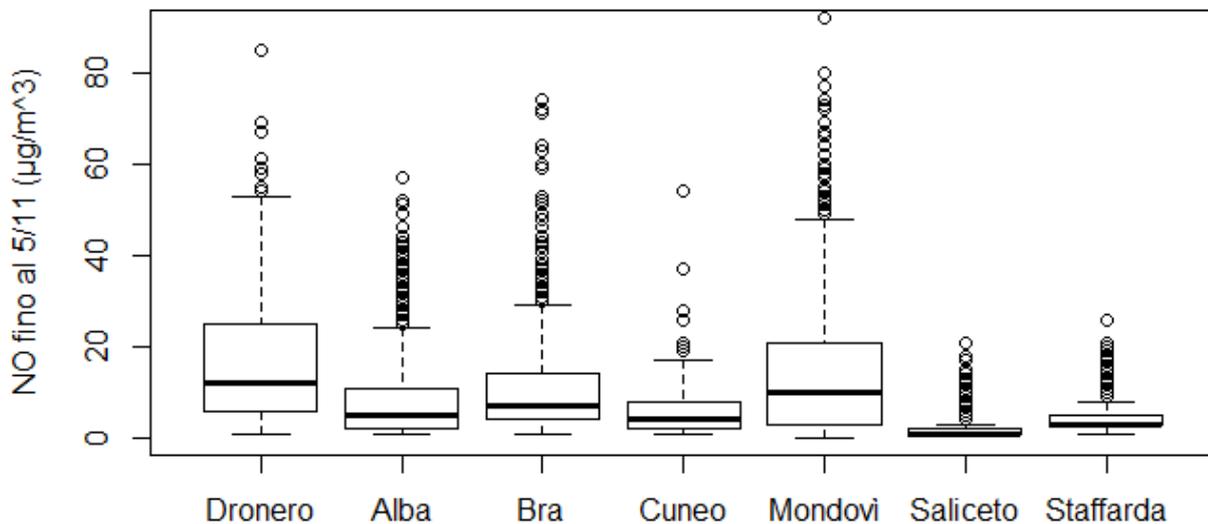


Figura 7) NO: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo dal 1° ottobre al 5 novembre '20

NO (µg/m <sup>3</sup> ) 1° ott÷5 nov'20	Dronero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>17</b>	8	11	6	15	2	5
Mediana	<b>12</b>	5	7	4	10	1	3
Massimo	<b>85</b>	57	74	54	92	21	26

Tabella 5) NO: concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 1° ottobre ÷ 5 novembre '20.

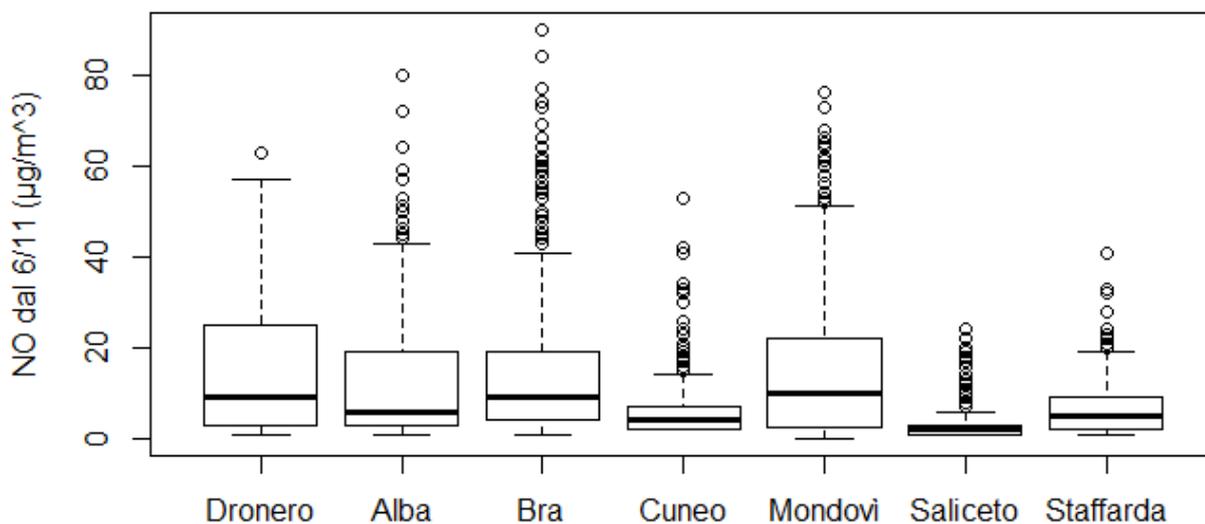


Figura 8) NO: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 6 ÷ 30 novembre '20.

NO (µg/m <sup>3</sup> ) 6÷30 nov'20	Dronero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>14</b>	12	14	6	15	3	6
Mediana	<b>9</b>	6	9	4	10	2	5
Massimo	<b>63</b>	80	90	53	76	24	41

Tabella 6) NO: concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Dronero e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 6 ÷ 30 novembre '20.

Mantenendo la suddivisione tra i due periodi, sono stati inoltre elaborati i giorni medi del biossido per il sito di via Giolitti a Dronero che, nei grafici di figura 9, sono confrontati con quelli delle stazioni di monitoraggio urbane della provincia. Essi sono ottenuti mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun periodo e mostrano l'evoluzione delle concentrazioni orarie nell'arco di una giornata media.

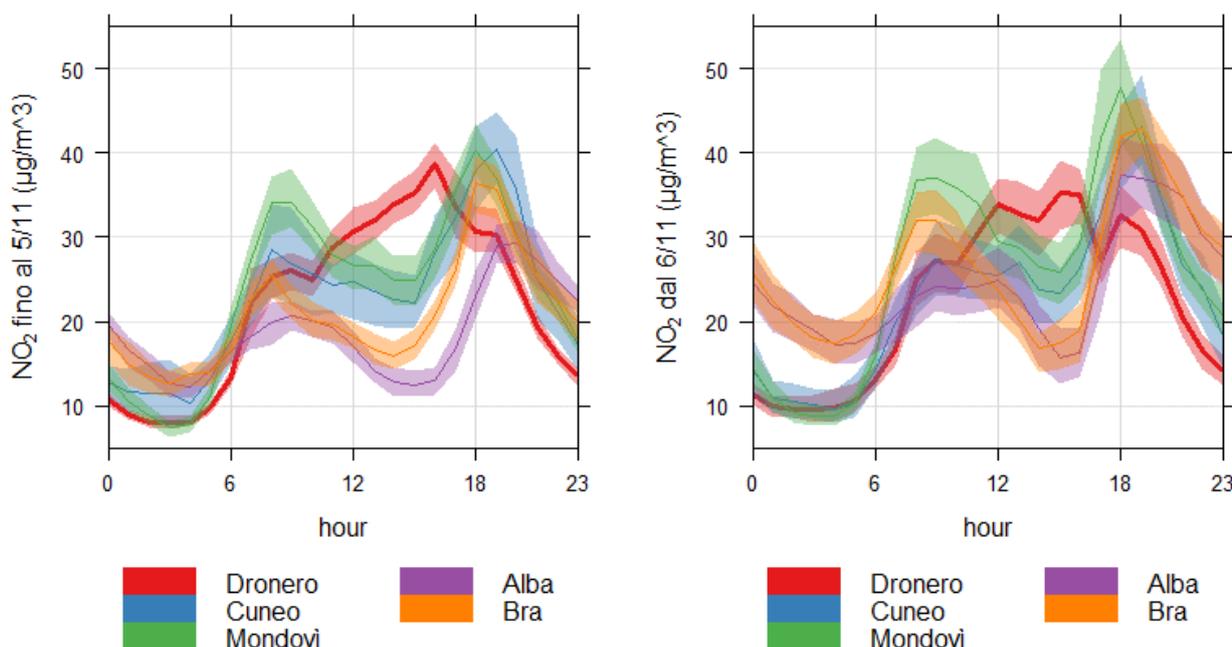


Figura 9) NO<sub>2</sub>: giorni medi per il sito di Dronero e per le stazioni urbane della provincia nei due periodi: 1° ottobre ÷ 5 novembre 2020 e 6 ÷ 30 novembre.

Dai grafici del giorno medio emerge l'importanza del contributo antropico nei siti urbani, che determina picchi di concentrazione in corrispondenza delle ore di punta del traffico, generalmente centrati intorno alle 8 del mattino ed alle 19-20 di sera (i grafici sono riferiti all'ora solare). A differenza degli altri punti di misura, nel sito di Dronero dopo il picco del mattino le concentrazioni riprendono a crescere e raggiungono il massimo assoluto nel pomeriggio intorno alle ore 16. Nel confronto tra i grafici di sinistra e quelli di destra è possibile vedere come nel mese di novembre i minimi notturni nei siti di Alba e Bra si siano mantenuti a livelli più elevati rispetto ai siti di Dronero, Cuneo e Mondovì. Ciò è indice delle condizioni di accumulo e stagnazione tipiche dei mesi freddi dell'anno di cui risentono maggiormente le stazioni della zona nord della provincia. La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

Nella figura 10 per gli stessi siti ed i medesimi periodi, sono confrontate le settimane medie del biossido. In tutte le postazioni è netta la riduzione dei giorni di fine settimana, che nel sito di Dronero è più marcata nel periodo in "zona rossa".

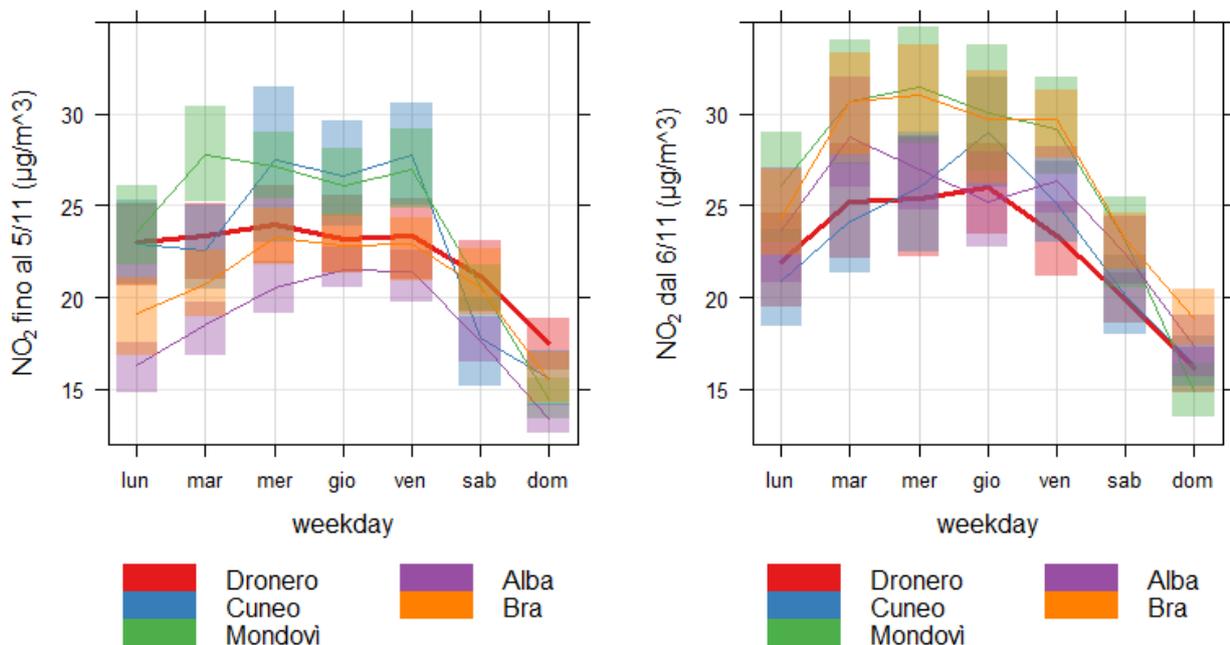


Figura 10) NO<sub>2</sub>: settimane medie per il sito di Dronero e per le stazioni urbane della provincia nei due periodi: 1° ottobre ÷ 5 novembre 2020 e 6 ÷ 30 novembre.

Con i dati misurati a Dronero sono stati inoltre elaborati i giorni medi per ciascun giorno della settimana (settimana media su base oraria) per gli ossidi totali di azoto (NO<sub>x</sub>: dati dalla somma di NO e NO<sub>2</sub>) e per il numero di veicoli misurati dallo strumento conta-traffico. I risultati sono confrontati nelle due figure seguenti per il periodo precedente e per quello successivo all'entrata in vigore delle restrizioni della "zona rossa".

Nelle valutazioni occorre sempre considerare che la dispersione degli inquinanti è un fenomeno complesso, ciò nonostante è possibile individuare un buon accordo tra gli andamenti degli ossidi di azoto e del numero di veicoli che consente di confermare l'importanza del contributo delle emissioni del traffico veicolare per il sito di indagine.

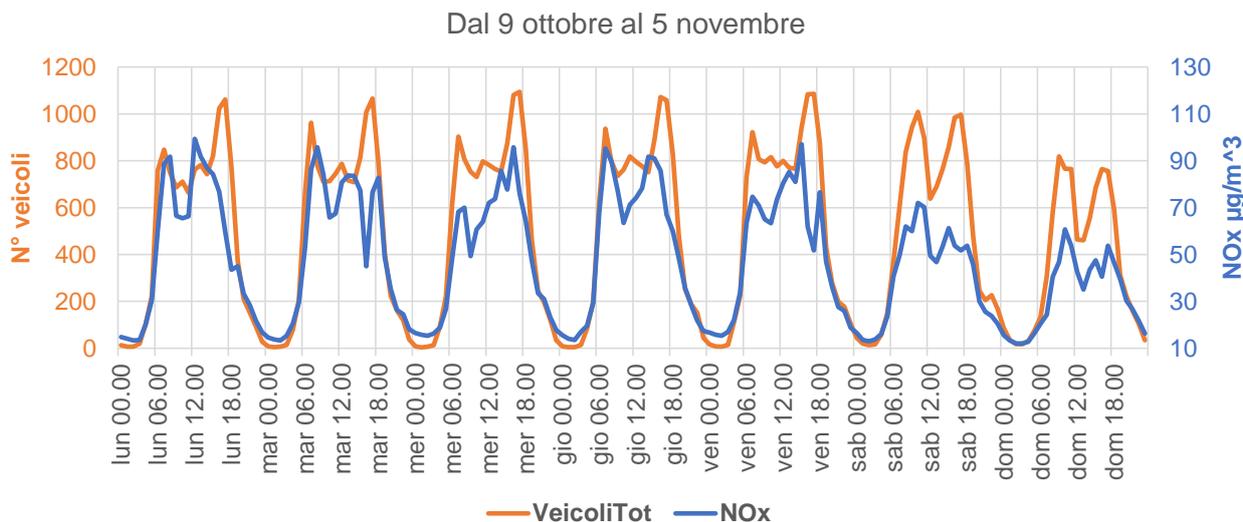


Figura 11) Numero di veicoli e NOx: settimane medie su base oraria per il sito di Dronero nel periodo compreso tra il 9 ottobre ed il 5 novembre 2020.

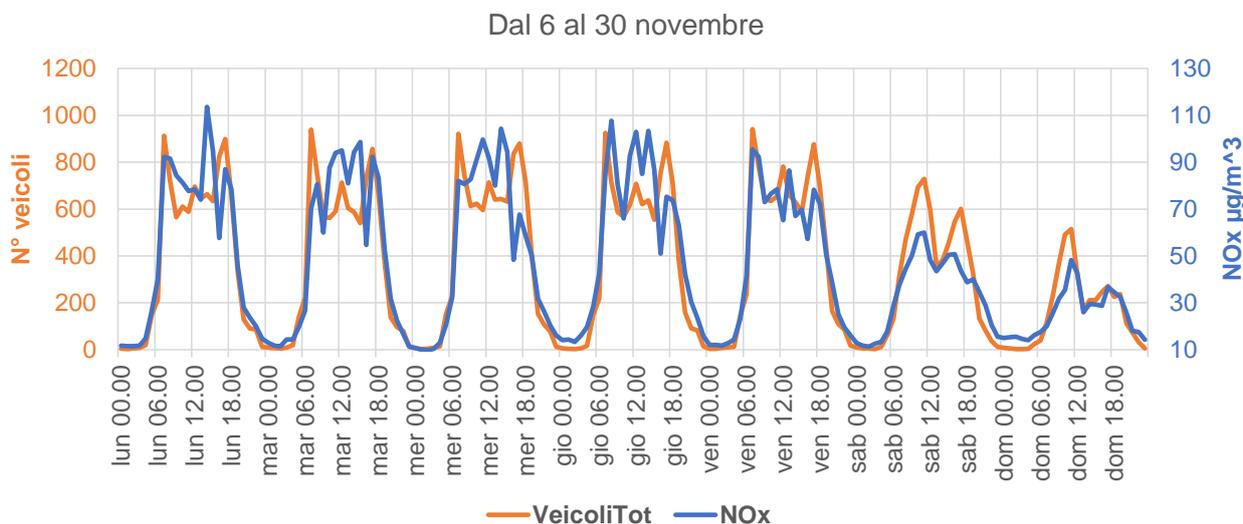


Figura 12) Numero di veicoli e NOx: settimane medie su base oraria per il sito di Dronero nel periodo di restrizioni compreso tra il 6 ed il 30 novembre 2020.

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

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM<sub>10</sub> eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, 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 13 le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> misurate nel sito di Dronero sono confrontate con i dati misurati dalla stazione della città di Cuneo oltre che con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati da tutte le stazioni della rete fissa della provincia (banda grigio chiaro).

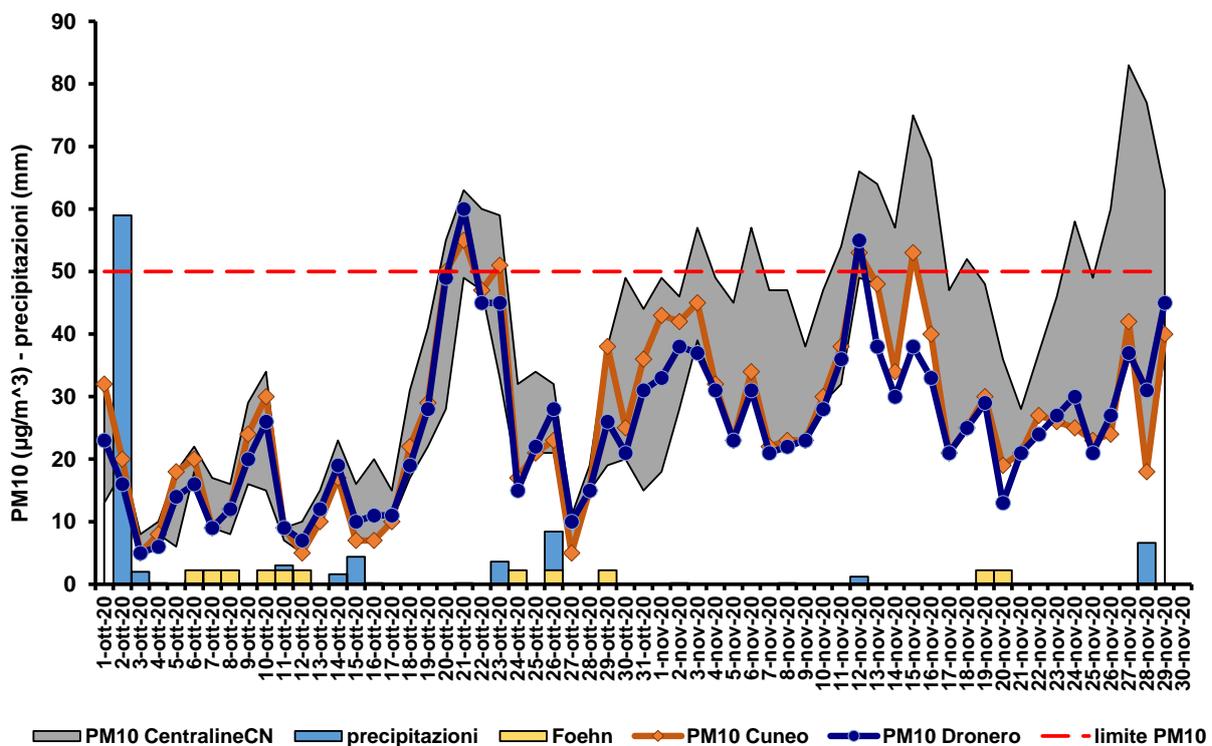


Figura 13) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie giornaliere rilevate a Dronero; intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo (in grigio chiaro); precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo di Dronero ed episodi di foehn nella regione.

Nel grafico è indicato il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> che la normativa prevede non venga superato per più di 35 giorni all'anno. Sono riportati inoltre i millimetri di precipitazione giornaliera cumulata registrati dalla stazione meteorologica di Dronero 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 Dronero siano coerenti con gli andamenti dei dati del PM<sub>10</sub> della rete fissa e non siano visibili effetti diretti delle restrizioni del traffico dovute alla gestione dell'emergenza coronavirus. 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.

Dal punto di vista meteorologico (si veda l'approfondimento a pagina 31), il primo mese del monitoraggio a Dronero è stato per lo più caratterizzato in tutto il Piemonte da frequenti episodi di precipitazioni o vento, condizioni che hanno mantenuto le concentrazioni delle polveri sottili a livelli molto inferiori al limite normativo. Solamente nel periodo compreso tra il 17 ed il 21 ottobre, l'assenza di precipitazioni e le condizioni di stabilità che si sono verificate hanno favorito la crescita delle concentrazioni che, intorno al 21 del mese hanno superato il limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fissato dalla norma. Nel mese di novembre, le scarse precipitazioni insieme alle persistenti condizioni di stabilità anticiclonica oltre a favorire la formazione delle nebbie in pianura, hanno determinato, in tutta la regione, anche l'accumulo delle polveri sottili con numerosi superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nonostante la crescita delle concentrazioni sia stata riscontrata anche a Dronero, in tale sito i valori si sono sempre mantenuti ai livelli più bassi tra quelli misurati dalle stazioni della provincia di Cuneo.

La distribuzione di tutte le concentrazioni giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  registrate a Dronero 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  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  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 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 inquinanti<sup>3</sup>. 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 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, indica

<sup>3</sup> Per approfondimenti: [Relazione della qualità dell'aria 2019](#) – Territorio della provincia di Cuneo, Arpa Piemonte

una situazione di criticità per il PM<sub>10</sub>. 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.

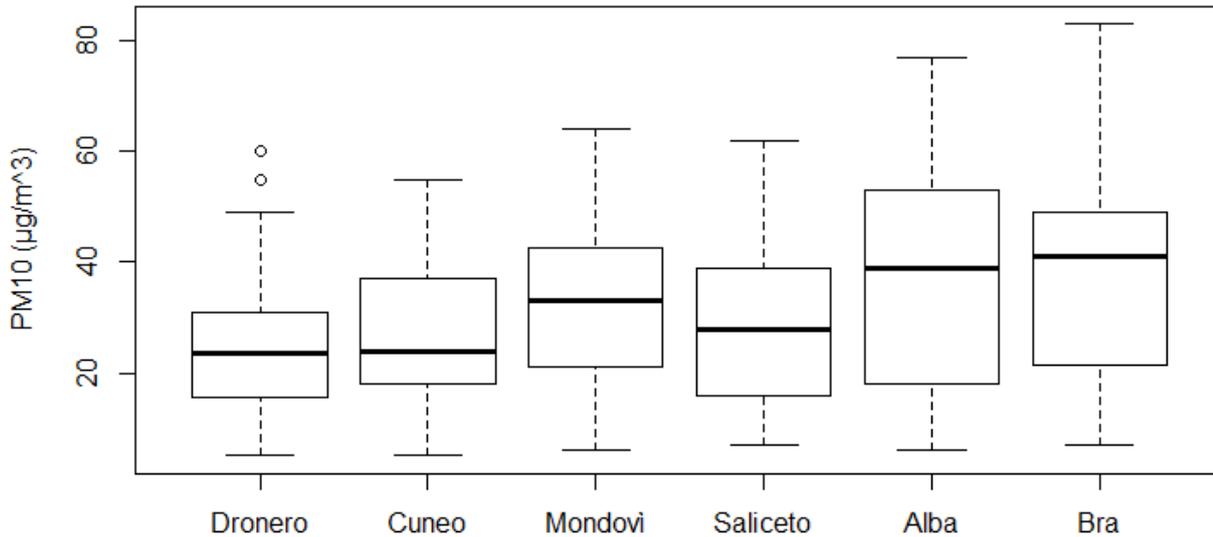


Figura 14) PM<sub>10</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate a Dronero e nelle stazioni della provincia di Cuneo (periodo 1° ottobre ÷ 29 novembre '20)

PM <sub>10</sub> 1° ottobre ÷ 29 novembre '20	Dronero	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)
Superamenti limite 50 µg/m <sup>3</sup>	2	4	9	5	16	14
Media (µg/m <sup>3</sup> )	25	27	33	29	38	39
Mediana(µg/m <sup>3</sup> )	24	24	33	28	39	41
Max (µg/m <sup>3</sup> )	60	55	64	62	77	83
Num. dati	60	60	59	55	58	59

Tabella 7) PM<sub>10</sub>: confronto tra numero di superamenti del limite giornaliero, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevati a Dronero 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).

I dati del periodo in analisi, rappresentati in figura 14 e sintetizzati nella tabella 7, indicano per il sito di Dronero, 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 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/m<sup>3</sup>). Poiché le campagne di monitoraggio si riferiscono ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno, fare un confronto diretto della concentrazione media e del numero di superamenti, con i limiti annuali non è corretto. È però possibile stimare l'entità dei valori annuali di Dronero facendo riferimento ai dati registrati dalle centraline della rete fissa. Per ciascuna

stazione le concentrazioni medie relative al periodo della campagna di misura a Dronero (riportate nella tabella 8) sono state rapportate alle concentrazioni medie dell'intero 2020 ed è stata calcolata la regressione lineare tra le cinque 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 Dronero, riferita all'intero anno 2020, ed il rispettivo errore standard:

$$\text{Dronero: media PM}_{10} (2020) = 18 \pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Il valore medio stimato rispetta ampiamente la soglia normativa annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ed è del tutto confrontabile con il valore medio della stazione di Cuneo del 2020 (tabella 8).

	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Media anno 2020 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19	27	28	23	22

Tabella 8)  $\text{PM}_{10}$ : concentrazioni medie dell'anno 2020 per le stazioni della provincia di Cuneo.

Utilizzando i dati dei superamenti registrati dalle stazioni della rete nel 2020, è stato stimato anche il numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il sito di Dronero riferito all'intero anno. Il valore ottenuto a partire dalla regressione lineare (correlazione statisticamente significativa) è pari a:

$$\text{Dronero: numero superamenti (2020)} = 5 \pm 5$$

Tale valore, inferiore al numero massimo consentito dalla normativa (35 per anno civile), risulta essere tra i più bassi della provincia di Cuneo del 2020 (tabella 9).

	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Numero superamenti anno 2020	9	44	42	19	17

Tabella 9)  $\text{PM}_{10}$ : superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'anno 2020 nelle stazioni della provincia di Cuneo.

I dati di  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$ , i giorni medi sono stati valutati separatamente per i due mesi. Essi sono rappresentati nel grafico di figura 15 insieme ai giorni medi del  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  sia la crescita che la diminuzione delle concentrazioni sono più lente rispetto ad altri inquinanti, come gli ossidi di azoto (si confronti pag. 11), 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.

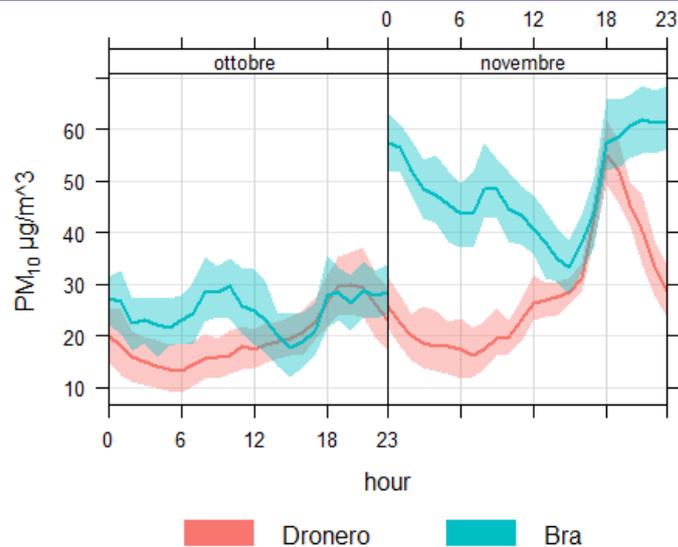


Figura 15) PM<sub>10</sub>: confronto dei giorni medi del sito di Dronero e della stazione di Bra per i mesi di ottobre e novembre 2020.

Dai grafici di figura 15 si osserva come, nonostante i valori nettamente diversi, l'andamento giornaliero delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate a Dronero sia stato molto simile nei due mesi: crescita progressiva delle concentrazioni nelle ore diurne a partire dalle ore 6 del mattino ed un picco più repentino intorno alle ore 18 (con valori nettamente più elevati nel mese di novembre), cui segue una discesa nelle ore notturne fino al minimo raggiunto alle 6 del mattino (i grafici sono riferiti all'ora solare). Nel sito di Bra oltre al picco serale, si verifica anche un picco intorno alle ore 8-9 del mattino, ma la differenza sostanziale con i dati di Dronero è che le concentrazioni si mantengono a livelli molto elevati nelle ore notturne. Ciò è dovuto alle condizioni di stagnazione degli inquinanti che caratterizzano la zona di pianura e che 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 valori elevati.

## **METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI**

Sui filtri di polveri campionati a Dronero dal 1° ottobre al 29 novembre 2020, dopo la misura gravimetrica della concentrazione di PM<sub>10</sub>, 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 PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>10</sub> 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 Dronero, aggregando, analogamente alle stazioni fisse della rete, i filtri giornalieri di ciascun mese e ottenendo le concentrazioni medie mensili di ottobre e novembre.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 10 per gli IPA e nella tabella 11 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 (Massa campione < LCL/2 + bianco). In particolare, per Arsenico, Cadmio, Antimonio e Vanadio tutti i campioni hanno avuto concentrazioni non quantificabili.

La somma delle concentrazioni di tutte le molecole di IPA (IPA totali) determinate per i campioni di Dronero, ed il loro contributo percentuale alle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, sono confrontate con quelle rilevate presso le stazioni fisse della provincia nei grafici di figura 16. Per ciascuno degli IPA determinati e per i metalli presenti in quantità rilevabili nei tre mesi (Nichel, Zinco, Cromo, Manganese, Rame e Piombo) le concentrazioni del sito di Dronero sono rappresentate nelle figure 17÷22 e confrontate con quelle delle centraline fisse.

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). Dal grafico di sinistra di figura 16 si può osservare come in tutti i siti di misura le concentrazioni di IPA abbiano assunto il valore maggiore nel mese di novembre.

Nel sito di Dronero le concentrazioni sono confrontabili con quelle delle altre stazioni, mentre Saliceto si conferma nuovamente come la stazione della provincia di Cuneo con le concentrazioni più elevate di IPA a causa del diffuso utilizzo della biomassa legnosa nella combustione domestica.

Per tutte le stazioni il contenuto percentuale di IPA (grafico di destra di figura 16) è aumentato tra ottobre e novembre, indice di un aumento delle emissioni di tali inquinanti. Nonostante le concentrazioni siano in linea con quelle degli altri punti di misura, nel sito di Dronero il contenuto percentuale di IPA nel PM<sub>10</sub> risulta essere leggermente superiore a quello delle stazioni, ma sempre inferiore a quello di Saliceto.

Anche dai dati dei metalli misurati a Dronero non emergono criticità. Dei quattro metalli per cui esistono limiti normativi, solamente Nichel e Piombo 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 20, 21 e 22) evidenza criticità, infatti i valori misurati a Dronero 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 <sup>3</sup> )	Indeno(1,2,3- cd)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	Crisene (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(g,h,i) perilene (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(a) antracene (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(b+j+k) fluorantene (ng/m <sup>3</sup> )	IPA totali (ng/m <sup>3</sup> )	IPA totali (% su PM <sub>10</sub> )
<b>Dronero – via Giolitti</b>								
<b>ott-20</b>	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.8	2.3	0.011
<b>nov-20</b>	0.8	0.6	0.8	0.6	0.6	1.6	5.0	0.017
<b>Valore obiettivo (media anno civile)</b>	<b>1.0</b>							

Tabella 10) IPA: concentrazioni rilevate nei filtri campionati a Dronero.

	Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )	Cadmio (ng/m <sup>3</sup> )	Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	Piombo (µg/m <sup>3</sup> )	Antimonio (ng/m <sup>3</sup> )	Cromo (ng/m <sup>3</sup> )	Manganese (ng/m <sup>3</sup> )	Rame (ng/m <sup>3</sup> )	Vanadio (ng/m <sup>3</sup> )	Zinco (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Dronero – via Giolitti</b>										
<b>ott-20</b>	0.7	0.1	0.8	0.002	0.7	3.6	7.5	14.4	0.7	24.5
<b>nov-20</b>	0.7	0.1	1.1	0.005	0.7	2.1	7.0	10.7	0.7	23.3
<b>Valore obiettivo (media anno civile)</b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>20.0</b>	<b>0.5</b>						

Tabella 11) Metalli: concentrazioni rilevate nei filtri campionati a Dronero (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)).

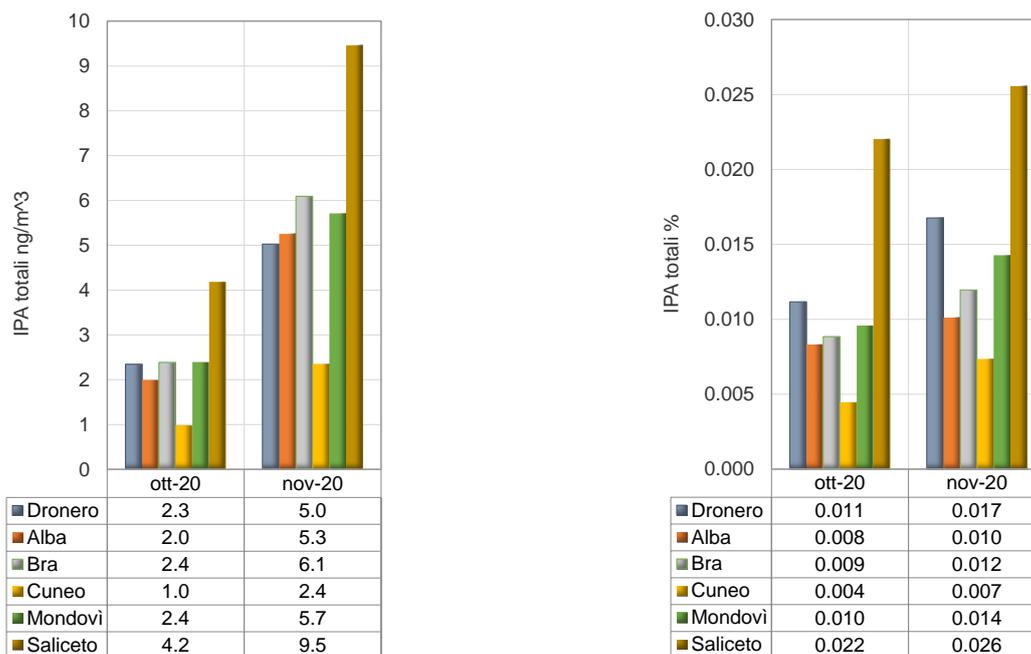


Figura 16) IPA totali (a sinistra) e percentuale di IPA nel PM<sub>10</sub> (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

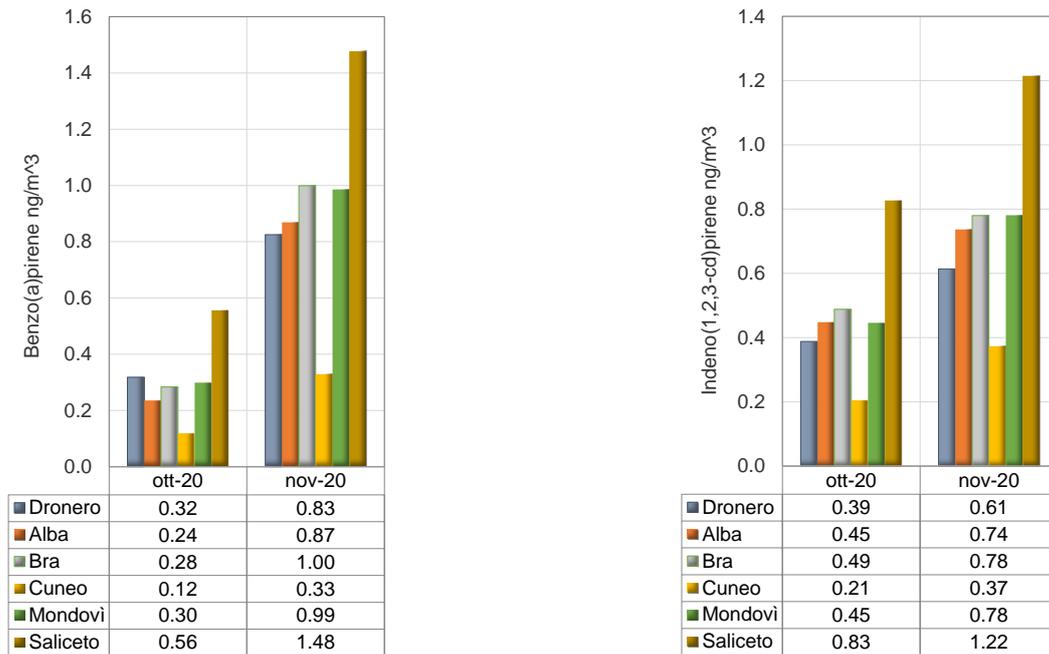


Figura 17) Benzo(a)pirene (a sinistra) e Indeno(1,2,3-cd)pirene (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

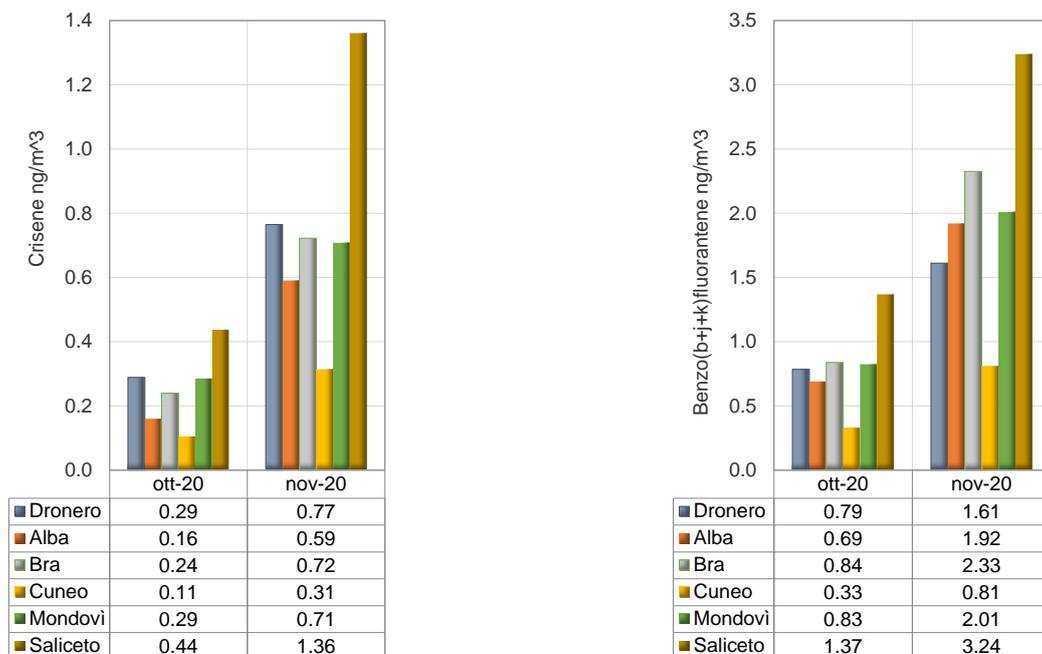


Figura 18) Crisene (a sinistra) e Benzo(b+j+k)fluorantene (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

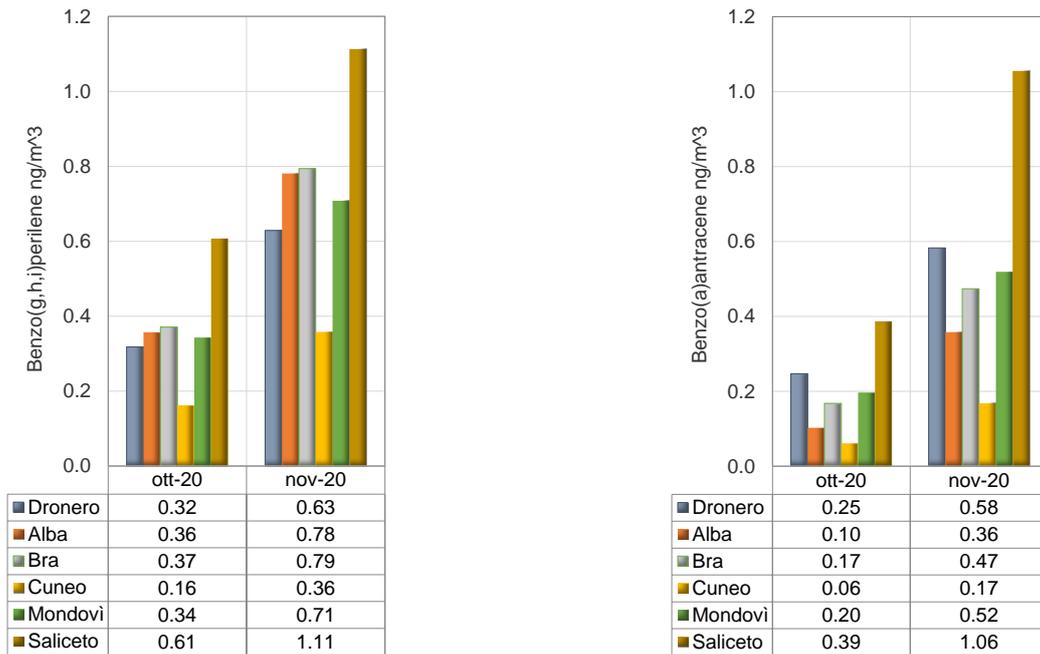


Figura 19) Benzo(g,h,i)perilene (a sinistra) e Benzo(a)antracene (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

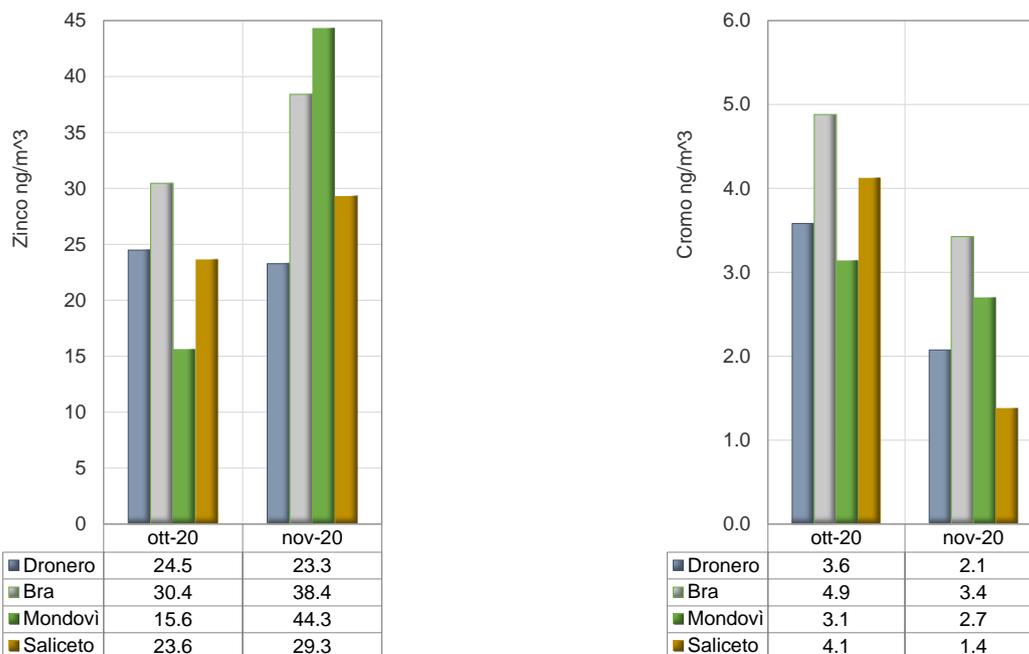


Figura 20) Zinco (a sinistra) e Cromo (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

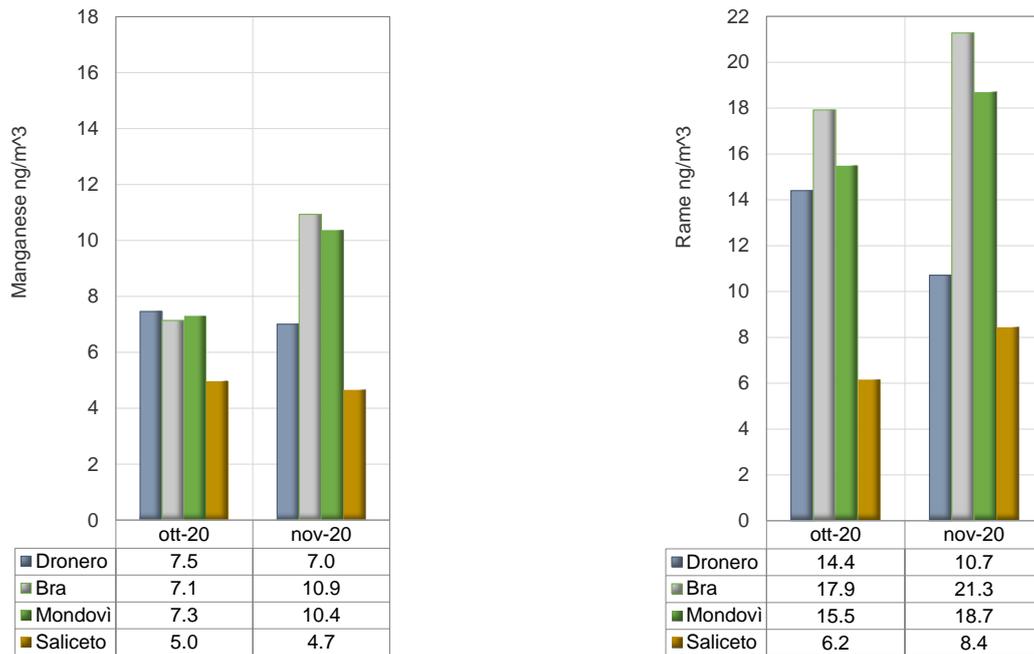


Figura 21) Manganese (a sinistra) e Rame (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

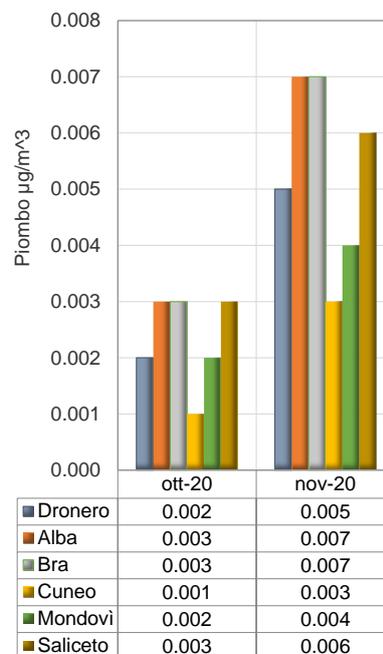


Figura 22) Piombo: Confronto delle medie mensili misurate a Dronero e presso le centraline fisse.

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  $1 \text{ ng/m}^3$  come media per anno civile.

Per poter avere una stima della media annuale per il benzo(a)pirene di Dronero si è proceduto, in modo analogo a quanto fatto per il  $\text{PM}_{10}$ , 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 2020, 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 Dronero è stata quindi stimata la concentrazione media annuale, riferita al 2020 e l’errore standard, risultante pari a:

Sito **Dronero**: media Benzo(a)pirene (2020) =  $0.5 \pm 0.1 \text{ ng/m}^3$

Tale valore stimato indica per il sito di Dronero una situazione di rispetto del 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.

## OZONO – O<sub>3</sub>

L'ozono presente nella parte bassa dell'atmosfera è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente 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 Dronero e dalle stazioni di Alba e Cuneo nei due mesi di ottobre e novembre sono rappresentati nei due grafici della figura seguente. Dai singoli grafici si può appurare il comportamento giornaliero dell'ozono che determina in particolare un massimo di concentrazione tra le ore 14 e le 17.

Il confronto tra i due grafici evidenzia la riduzione delle concentrazioni tra i due mesi, dovuto al comportamento stagionale di questo inquinante.

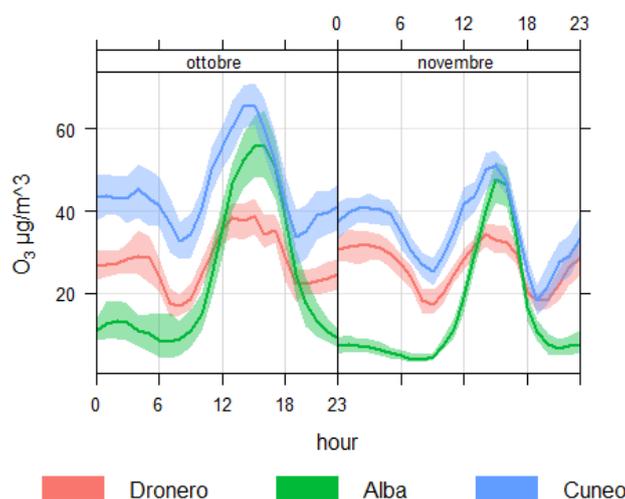


Figura 23) O<sub>3</sub>: giorno medio di Dronero nei diversi mesi di misura.

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m<sup>3</sup> e 240 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana, che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a 120 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le stazioni della provincia.

Compatibilmente con la stagione fredda in cui si è svolto il monitoraggio, a Dronero, 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.

Il grafico di figura 24 rappresenta, per ciascun giorno di misura, le massime concentrazioni medie giornaliere calcolate su 8 ore, per il sito di Dronero e per le stazioni fisse della provincia di Cuneo, che vanno confrontate con il valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup>. Il grafico evidenzia come nei mesi di ottobre e novembre le concentrazioni misurate in tutte la provincia siano state di molto inferiori a tale soglia.

Il buon accordo tra gli andamenti delle concentrazioni 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.

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

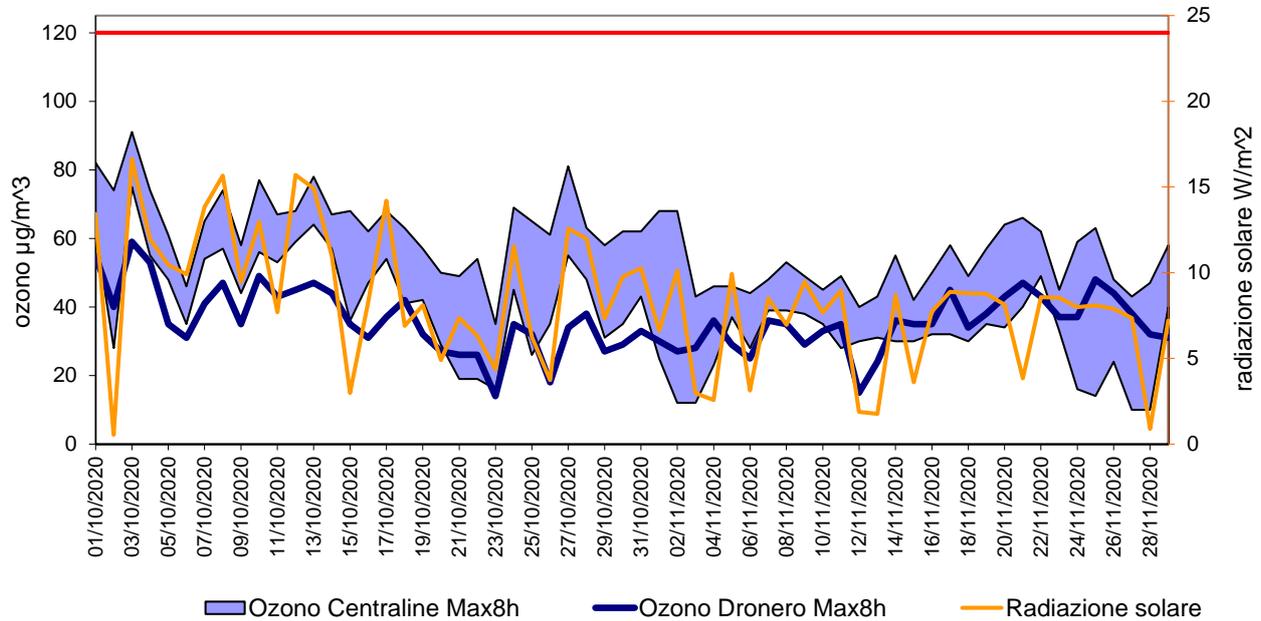


Figura 24) O<sub>3</sub>: massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per il sito di Dronero e per le stazioni fisse della provincia di Cuneo. Radiazione solare giornaliera misurata dalla stazione meteo di Costigliole Saluzzo.

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

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare (6-7%), in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO<sub>2</sub> nell'aria.

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

Le concentrazioni orarie misurate con il laboratorio mobile in via Giolitti a Dronero, 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 7 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo orario di 22 µg/m<sup>3</sup>. 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/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi sei anni a valori inferiori a 2 mg/m<sup>3</sup>.

Nella campagna di Dronero 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 1.2 mg/m<sup>3</sup>. 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/m<sup>3</sup> su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. Dal confronto con quanto rilevato presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche in via Giolitti a Dronero non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. La concentrazione media ottenuta nel periodo di misura è pari a 1.3 µg/m<sup>3</sup>.

## MONITORAGGIO DEL TRAFFICO STRADALE

Durante la campagna di misura del PM<sub>10</sub> condotta a Dronero è stato possibile eseguire anche il monitoraggio del traffico stradale utilizzando un'apparecchiatura conta-traffico laser. Installata in via Giolitti circa 20 m a monte del laboratorio mobile, essa ha rilevato dal 9 ottobre al 30 novembre 2020 i veicoli transitanti nelle due direzioni di questo tratto della S.P. 422.

Il principio di funzionamento è basato sull'emissione e la ricezione di una coppia di raggi laser (a bassa potenza - classe 1 - e, quindi, innocui per gli occupanti i veicoli) diretti perpendicolarmente all'asse stradale.

La misurazione laser gestisce un notevole numero di passaggi e presenta un'elevata autonomia, ma non è, comunque, esente da errori di rilevazione. Tali errori possono verificarsi nei seguenti casi:

- quando si verificano passaggi troppo ravvicinati (meno di 0.5 secondi l'uno dall'altro), eventualità che avviene prevalentemente quando veicoli aventi direzioni contrapposte si incrociano nella sezione di misurazione;
- quando l'asse della coppia di raggi laser è proiettato su superfici con basso coefficiente di rifrazione, oppure se gli assi dei veicoli non sono perfettamente perpendicolari all'asse della carreggiata stradale.

A partire dalle informazioni acquisite dallo strumento installato a Dronero i dati sono stati suddivisi in due categorie: quelli corrispondenti a veicoli di lunghezza inferiore o uguale a 6 m (per individuare i veicoli leggeri) e quelli relativi a veicoli di lunghezza superiore ai 6 m (per individuare i veicoli pesanti). Sono però stati registrati anche degli eventi, dovuti al passaggio contemporaneo di più veicoli nelle due direzioni, per i quali non è disponibile l'informazione sulla lunghezza dei veicoli. Si è reputato opportuno non scartare tali dati in quanto ammontano al 14% dei passaggi registrati in tutto il periodo, ma non è stato possibile classificarli tra veicoli "leggeri" o "pesanti". Essi sono stati indicati come "Non Definiti" e conteggiati nel numero totale dei veicoli. Di conseguenza i numeri dei veicoli individuati come "leggeri" o "pesanti" sono entrambi sottostimati.

I risultati delle elaborazioni condotte sia su base oraria che giornaliera sono illustrati nel seguito.

Il primo grafico (figura 25) giorno per giorno riporta il numero di tutti i veicoli transitati nelle due direzioni del tratto della SP.422 del centro urbano di Dronero dal 9 ottobre al 30 novembre 2020 ed individua quanti di questi veicoli hanno sicuramente una lunghezza superiore a 6 m.

Il grafico evidenzia gli effetti sul traffico determinati dai provvedimenti adottati per contenere l'emergenza coronavirus che, per il territorio piemontese, sono tornati ad essere più restrittivi a seguito dell'Ordinanza del Ministro della Salute del 5 novembre 2020 che ha inserito il Piemonte tra le regioni dell'area a rischio di massima gravità. Le misure previste per la cosiddetta "zona rossa" sono state applicate dal 6 novembre 2020 fino al 13 dicembre, quando il Piemonte è passato in "zona gialla", ed hanno comportato tra l'altro il divieto di spostamento, oltre che da un Comune all'altro, anche all'interno del proprio Comune, la chiusura di bar e ristoranti, negozi (ad eccezione di supermercati, beni alimentari e di necessità) e disposto il rientro in didattica a distanza per le scuole superiori e le classi di seconda e terza media.

Dai dati registrati dal conta-traffico emerge come nei giorni infrasettimanali del periodo compreso tra il 6 ed il 29 novembre 2020 il numero di veicoli con lunghezza minore o uguale a 6 m si sia ridotto in media del 24% rispetto al periodo compreso tra il 10 ottobre ed il 5 novembre, mentre il traffico dei veicoli con lunghezza superiore ai 6 m abbia subito un decremento medio dell'11%.

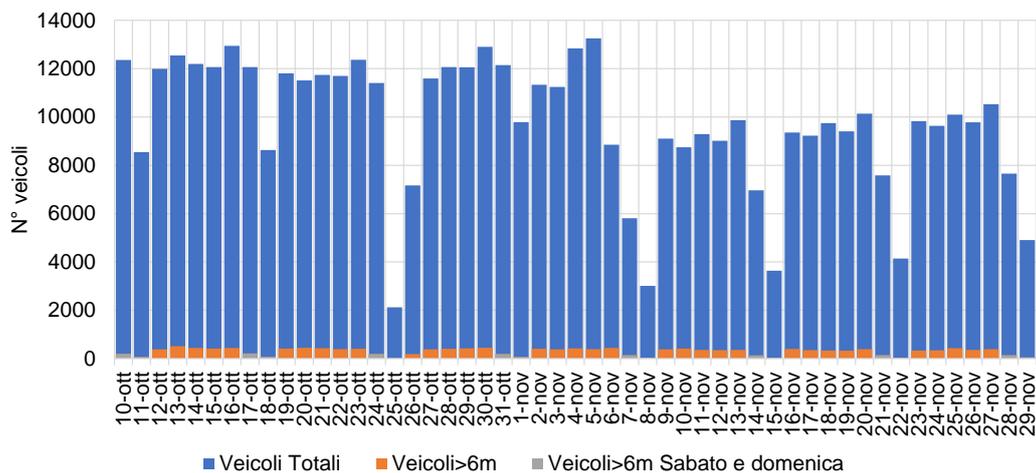


Figura 25) Traffico giornaliero dei veicoli totali e dei veicoli con lunghezza superiore a 6 m.

Nei due grafici della figura 26 sono rappresentati i veicoli giornalieri medi transitanti nei diversi giorni della settimana nel periodo precedente all'ingresso in zona rossa e nel periodo in tale zona. Tra i veicoli totali, sono individuati quelli con lunghezza superiore ai 6 m e quelli per i quali la lunghezza non è stata misurata (Non Definiti).

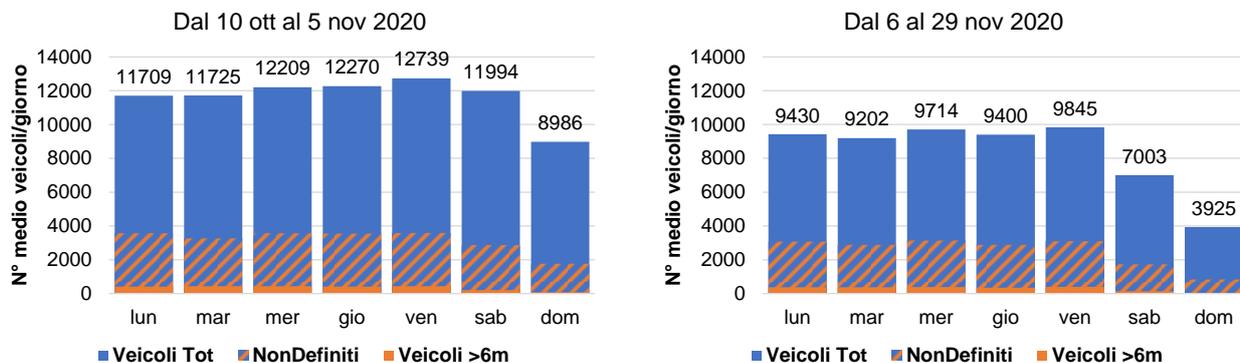


Figura 26) Traffico giornaliero della settimana media nel periodo antecedente alle restrizioni previste per la "zona rossa" (a sinistra) e nel periodo di maggiori restrizioni (a destra).

La figura 27 rappresenta la media per ogni ora di ciascun giorno della settimana del numero di veicoli totali, distinguendo i dati del periodo fino al 5 novembre da quelli del periodo successivo (i grafici sono riferiti all'ora solare).

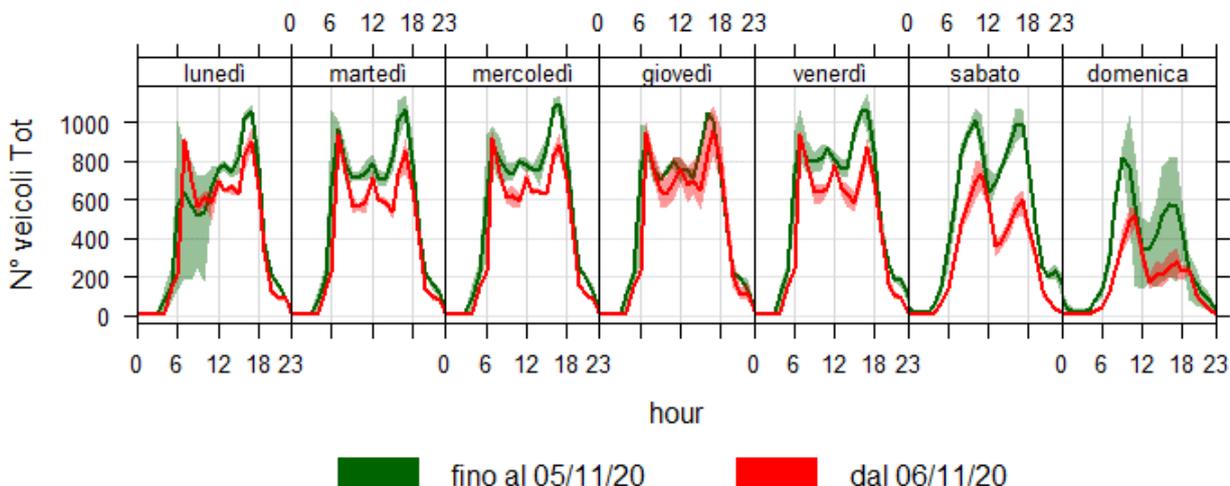


Figura 27) Traffico orario della settimana media nel periodo antecedente alle restrizioni previste per la "zona rossa" e nel periodo di maggiori restrizioni per tutti i veicoli di cui è stato registrato il passaggio.

Dal grafico seguente, dove sono considerati solamente i veicoli classificabili sicuramente come "leggeri" (con lunghezza inferiore o uguale a 6 m), emergono le differenze dei flussi di traffico nei due periodi per questa categoria di veicoli.

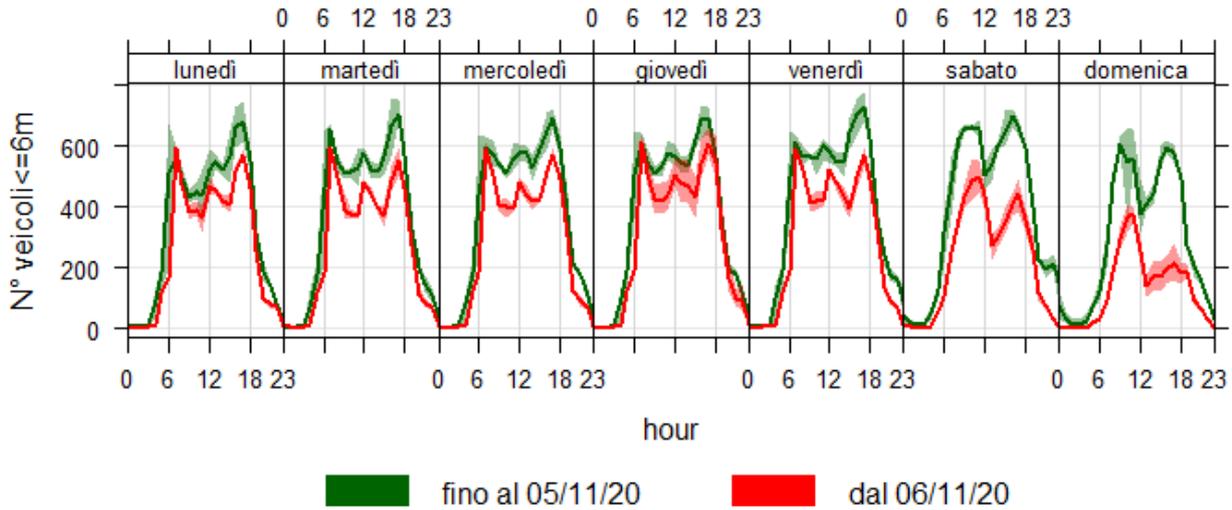


Figura 28) Traffico orario della settimana media nel periodo antecedente alle restrizioni previste per la "zona rossa" e nel periodo di maggiori restrizioni per i veicoli di lunghezza inferiore o uguale a 6 m.

La figura 29 rappresenta la media per ogni ora di ciascun giorno della settimana del numero di veicoli con lunghezza sicuramente superiore a 6 m.

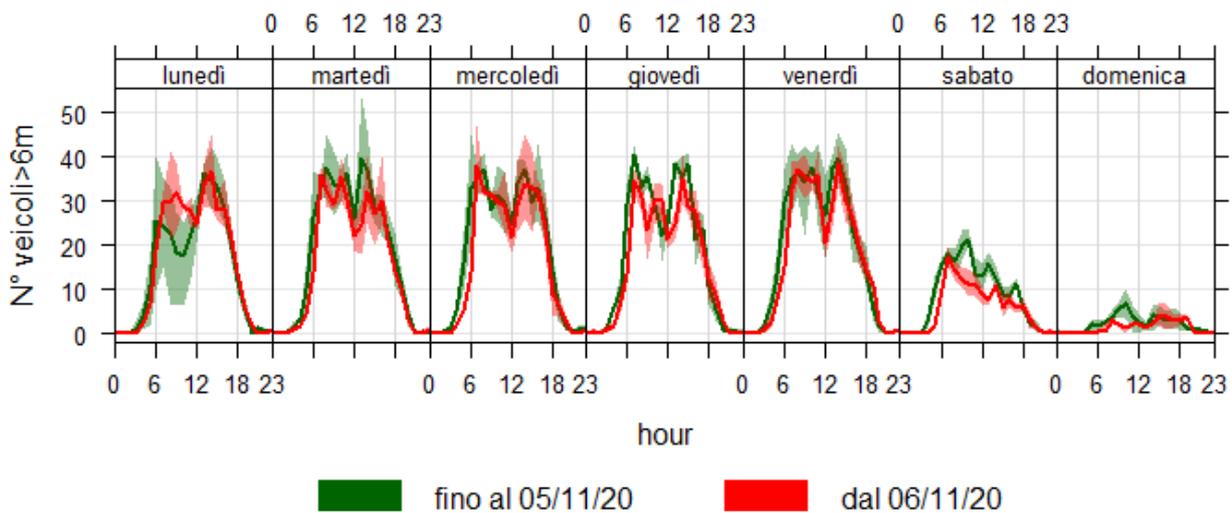


Figura 29) Traffico orario della settimana media nel periodo antecedente alle restrizioni previste per la "zona rossa" e nel periodo di maggiori restrizioni per i veicoli di lunghezza superiore a 6 m.

## SITUAZIONE METEOROLOGICA

Siccome le condizioni meteorologiche influenzano fortemente i livelli delle concentrazioni degli inquinanti, nel seguito sono analizzate le peculiarità meteorologiche dei mesi di ottobre e novembre 2020 durante i quali si è svolta la campagna di misura della qualità dell'aria a Dronero.

Nei primi giorni del monitoraggio a Dronero si è verificato in Piemonte un forte evento alluvionale. Tra il 2 e il 3 ottobre 2020 l'intera regione è stata interessata da precipitazioni eccezionali per intensità, con particolare insistenza nelle zone dell'alta val Tanaro, del Biellese, Vercellese e Verbano. La fase di maltempo ha avuto nella giornata del 2 ottobre le precipitazioni più intense; sono stati registrati i massimi assoluti di precipitazione sia in 12 ore (con il primo posto occupato da Limone Pancani con 517,6 mm), che in 24 ore (Sambughetto – VB - con 619.6 mm al primo posto).

Sui settori pianeggianti piemontesi le temperature massime più alte del mese si sono verificate il 7 ottobre quando una saccatura di matrice nordatlantica è transitata dalla catena alpina verso il medio Adriatico ed ha convogliato sul Piemonte forti correnti nordoccidentali che hanno determinato condizioni di foehn nelle vallate alpine piemontesi, con estensione alle pianure adiacenti. Le temperature minime più basse del mese in Piemonte si sono verificate il 13 ottobre 2020 per l'effetto di una circolazione depressionaria con minimo sui Balcani settentrionali.

Nel mese di ottobre 2020 si sono avuti 9 giorni con foehn, maggiori rispetto ai 4 giorni della media climatica. Si sono verificati 16 episodi di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) in lieve diminuzione rispetto ai 19 attesi dalla climatologia recente del periodo 2004-2019 ed uno solo di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m) nell'ultimo giorno del mese contro i 3 previsti dalla media.

In Piemonte novembre 2020 ha avuto una precipitazione media di 6 mm, con un marcato deficit pluviometrico di 72.6 mm (pari al 92%) rispetto alla norma degli anni 1971-2000, e si pone al secondo posto tra i corrispondenti mesi meno piovosi degli ultimi 63 anni. Il 28 novembre è stato il giorno (relativamente) più piovoso del mese con soli 1.6 mm medi sul territorio piemontese, i fenomeni precipitativi si sono verificati quasi esclusivamente sul settore sudoccidentale della regione con intensità debole localmente moderata.

La temperatura media del mese di novembre 2020 è stata di circa 7°C, con una forte anomalia termica positiva di 2.8°C rispetto alla norma climatica del periodo 1971-2000, risultando il 5° mese di novembre più caldo degli ultimi 63 anni.

Il 2 novembre 2020 è stato il giorno mediamente più caldo del mese, con una media delle temperature massime pari a 14.4°C sul territorio piemontese. Nei giorni tra il 21 ed il 23 il Piemonte è stato interessato da correnti fredde e secche nordorientali e questi sono stati i più freddi del mese. Nel mese di novembre 2020 si sono avuti 2 giorni con foehn, inferiori rispetto ai 5 giorni della media climatica. Si sono verificati 22 episodi di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) in lieve aumento rispetto ai 19 attesi dalla climatologia recente del periodo 2004-2019. Grazie alle persistenti condizioni di stabilità anticiclonica si sono verificati 8 episodi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m), il doppio rispetto ai 4 calcolati dalla media climatica degli anni 2004-2019.<sup>4</sup>

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile a Dronero si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio è stata di 22.7°C, raggiunta il 7 ottobre, la media di 9.8 °C e la minima di -0.3 °C, registrata il 22 novembre.

Nel grafico della figura 30 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere dell'intero periodo di monitoraggio registrate dal laboratorio mobile, insieme alla

<sup>4</sup> Il Clima in Piemonte. Ottobre – Novembre 2020 - Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

radiazione totale giornaliera misurata dalla stazione meteorologica di Costigliole Saluzzo (non è stato utilizzato il dato misurato dal laboratorio mobile in quanto la misura è stata parzialmente alterata dalla presenza degli edifici).

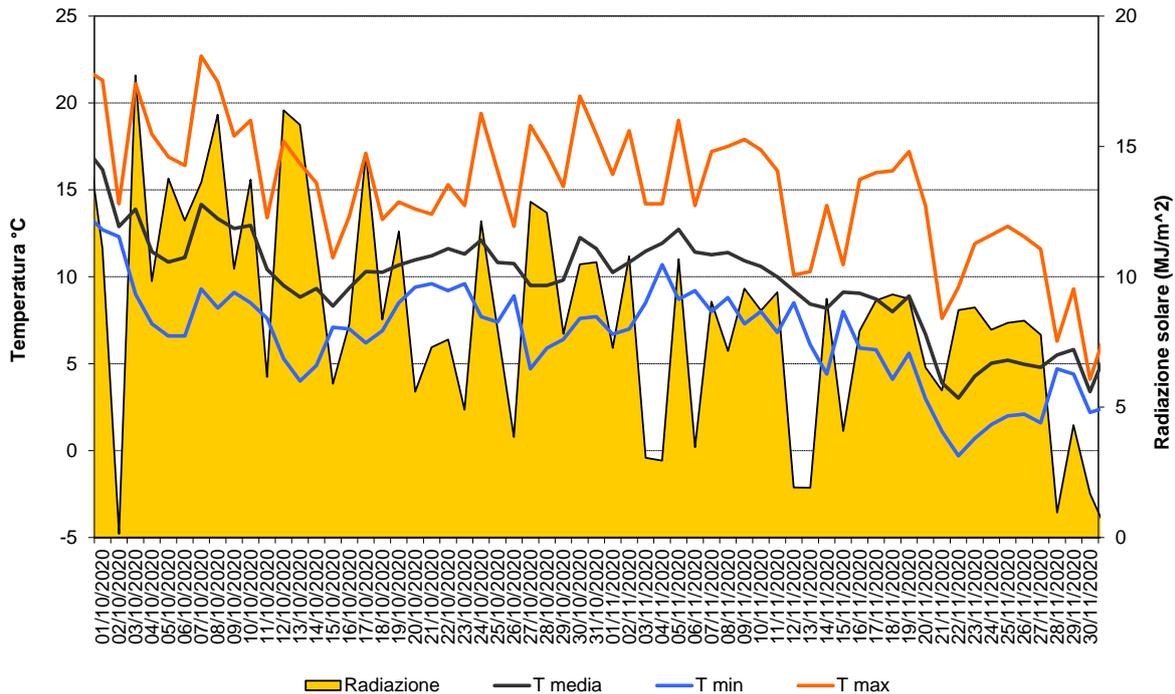


Figura 30) Temperatura dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Dronero; totale giornaliero della radiazione solare globale misurata dalla stazione meteorologica di Costigliole Saluzzo.

Nella figura 31 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 di Dronero e agli episodi di foehn sul territorio regionale.

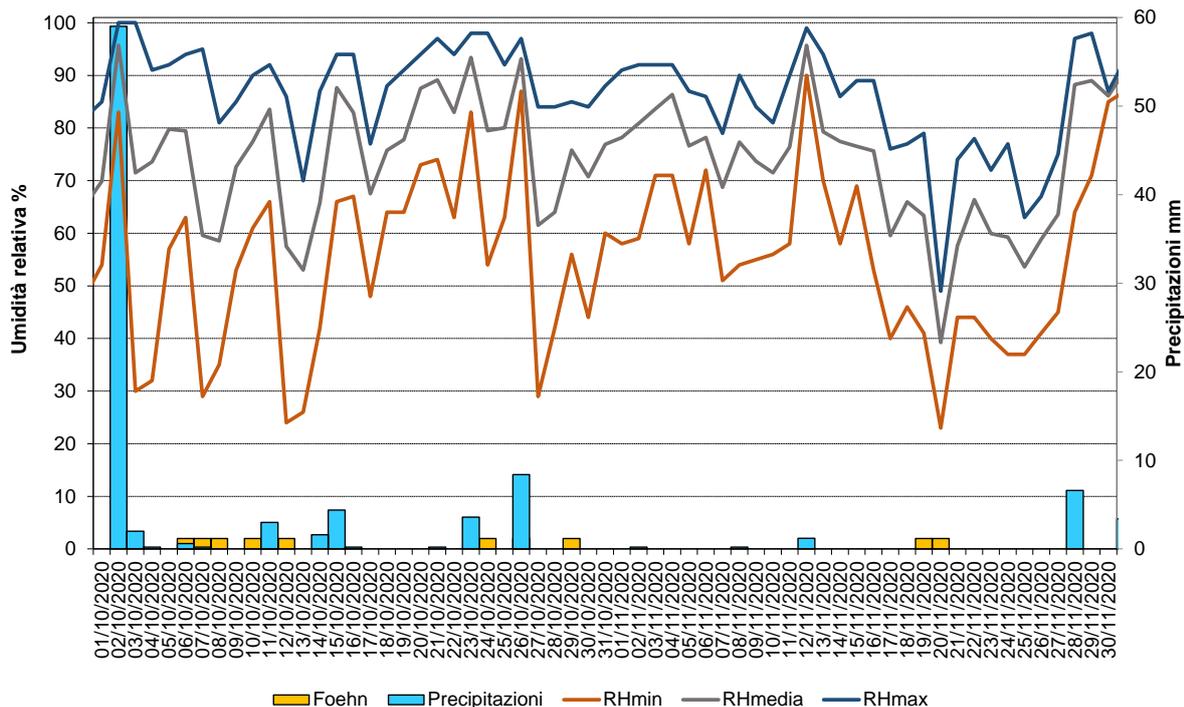


Figura 31) Umidità relativa dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile; precipitazione cumulata giornaliera misurata dalla stazione meteo di Dronero.

Le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento registrate dal laboratorio mobile nella postazione di via Giolitti a Dronero sono rappresentate nella figura 32. Verosimilmente a causa della schermatura dovuta agli edifici, il vento ha avuto per lo più velocità molto basse, complessivamente le calme di vento (velocità inferiore a 0.5 m/s) si sono presentate con un'occorrenza di circa il 53%.

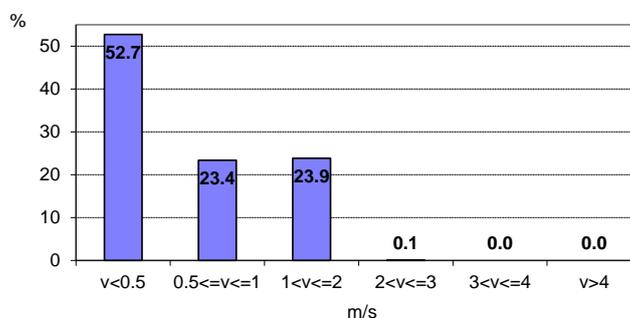


Figura 32) Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento in via Giolitti a Dronero (periodo: 1° ottobre ÷ 30 novembre '20).

Nella figura seguente sono rappresentate le frequenze dei settori di provenienza dei venti calcolate per i dati registrati dal laboratorio mobile. Esse evidenziano la forte influenza dell'edificato, con vento direzionato lungo l'asse stradale e proveniente prevalentemente dal settore OvestNordOvest sia nelle ore notturne che diurne.

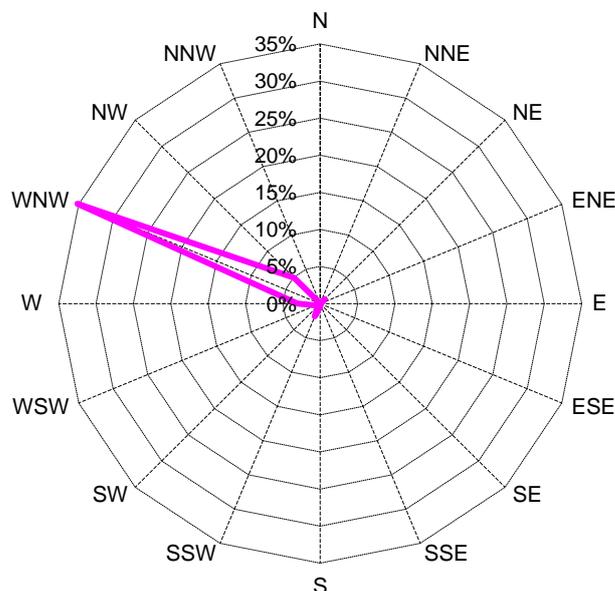


Figura 33) Rosa dei venti in via Giolitti a Dronero (periodo: 1° ottobre ÷ 30 novembre '20).

## CONCLUSIONI

Dal 30 settembre al 30 novembre 2020 è stata eseguita una campagna di misura della qualità dell'aria nel comune di Dronero. 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...); le misure sono state inoltre integrate dal monitoraggio del traffico veicolare con uno conta-traffico laser.

Il laboratorio mobile della qualità dell'aria è stato installato nella postazione di via G. Giolitti (S.P. 422), antistante al Municipio e all'ingresso della chiesa dei Santi Andrea e Ponzio, messa a disposizione dall'Amministrazione Comunale.

Sebbene al campionamento condotto a Dronero si siano dedicati 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 via G. Giolitti a Dronero 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 Dronero 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.<sup>5</sup>

I dati ottenuti per il biossido di azoto nel sito di via Giolitti a Dronero 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 che, in media, è equivalente a quella registrata dalla stazione fissa presente nella città di Cuneo. La confrontabilità con le stazioni della provincia, dove il limite sulla media annua è costantemente rispettato dal 2008, garantisce, anche per il sito di Dronero, il rispetto dei limiti normativi annuali dell'NO<sub>2</sub>. I dati particolarmente elevati del monossido di azoto nel sito di via Giolitti e la confrontabilità con i dati della stazione da traffico urbana di Mondovì-Aragno, evidenziano tuttavia la diretta e forte influenza sull'aria ambiente del traffico veicolare che, dai dati registrati dal conta-traffico, risulta avere flussi molto elevati per un centro cittadino.

Per questa tipologia di inquinanti, fortemente legati alle emissioni locali, è possibile individuare una probabile influenza della riduzione che il traffico ha subito a seguito delle restrizioni introdotte per il contenimento dell'emergenza corona-virus a partire dal 6 novembre '20. Le concentrazioni, che "naturalmente" crescono nel passaggio ai mesi più freddi a causa della riduzione delle capacità dispersive dell'atmosfera, non sono infatti aumentate nel mese di novembre e hanno mantenuto un buon accordo con gli andamenti giornalieri dei flussi di traffico.

<sup>5</sup> Relazione della qualità dell'aria 2019 – Territorio della provincia di Cuneo, Arpa Piemonte  
<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria>

Le concentrazioni di metalli e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) presenti nelle polveri campionate a Dronero nei mesi di ottobre e novembre '20, non hanno mostrato criticità. Il benzo(a)pirene, che per la sua cancerogenicità è usato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA, ha evidenziato per il sito di Dronero il rispetto del valore obiettivo stabilito dalla normativa. Dei quattro metalli per cui esistono limiti di legge, solamente Nichel e Piombo sono stati rilevati in concentrazioni superiori ai limiti di quantificazione analitica, ma si tratta di valori molto inferiori agli indicatori normativi vigenti.

Per quanto riguarda l'inquinamento da polveri sottili (PM<sub>10</sub>), l'analisi dei dati ottenuti a Dronero 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.

Nel primo mese del monitoraggio a Dronero i frequenti episodi di precipitazioni o vento che si sono verificati in tutto il Piemonte hanno mantenuto le concentrazioni delle polveri sottili a livelli molto inferiori al limite normativo. Solamente nel periodo compreso tra il 17 ed il 21 ottobre, l'assenza di precipitazioni e le condizioni di stabilità che si sono verificate hanno favorito la crescita delle concentrazioni che, intorno al 21 del mese hanno superato il limite di 50 µg/m<sup>3</sup> fissato dalla norma. Nel mese di novembre, le scarse precipitazioni insieme alle persistenti condizioni di stabilità anticiclonica oltre a favorire la formazione delle nebbie in pianura, hanno determinato, in tutta la regione, anche l'accumulo delle polveri sottili con numerosi superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>. Nonostante la crescita delle concentrazioni sia stata riscontrata anche a Dronero, in tale sito i valori si sono sempre mantenuti ai livelli più bassi tra quelli misurati dalle stazioni della provincia di Cuneo. Per il sito di Dronero i dati di PM<sub>10</sub> misurati con il laboratorio mobile evidenziano infatti una situazione di inquinamento da polveri sottili compatibile con la sua posizione geografica inserita in un contesto vallivo della zona sud della provincia. La maggior ventilazione presente in tale situazione 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.

Pertanto, nonostante le criticità ancora riscontrate in tutto il bacino padano e in buona parte della zona di pianura della provincia di Cuneo per i superamenti dei limiti stabiliti per le polveri sottili, nel sito di Dronero non si evidenziano criticità nel confronto con i riferimenti normativi. Per poter pervenire al rispetto dei limiti stabiliti per la protezione della salute umana su tutto il territorio, anche dove le condizioni meteo-climatiche sono meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti, è tuttavia necessario continuare a perseguire la riduzione delle emissioni in atmosfera, promuovendo provvedimenti strutturali in modo sempre più omogeneo e congiunto in tutto il bacino padano. Gli interventi devono riguardare tutte le attività che concorrono alla produzione di precursori (principalmente agricoltura e combustioni, quali traffico, biomassa e comparto industriale e dei servizi) agendo in maniera incisiva sulle emissioni.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Report 3 COVID-19. Studio degli effetti delle misure Covid-19 sulla composizione chimica del particolato nel bacino padano. Progetto LIFE prepAIR <https://www.lifepreparepair.eu/index.php/news/>



## ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna

<b>Dronero, via Giolitti</b>	
<b>1/10/2020 ÷ 29/11/2020</b>	
	<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	11
Media dei valori orari	7
Massima media oraria	22
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
	<b>CO (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.0
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	1.6
Percentuale ore valide	99%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.7
Massimo medie 8 ore	1.2
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
	<b>Benzene (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	2.1
Media dei valori orari	1.3
Massima media oraria	6.0
Percentuale ore valide	96%
	<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	11
Massima media giornaliera	30
Media dei valori orari	22
Massima media oraria	63
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>

	<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	49
Media dei valori orari	27
Massima media oraria	81
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	6
Media delle medie 8 ore	27
Massimo medie 8 ore	59
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
	<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	60
Media delle medie giornaliere:	25
Numero giorni validi	60
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>2</b>

## ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri monitorati sono i seguenti:

- materiale particolato - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>
- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- benzene
- monossido di carbonio (CO)
- metalli pesanti: piombo, arsenico, cadmio, nichel
- IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici): benzo(a)pirene

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

**Caratteristiche:** elementi distintivi dell'inquinante

**Tipologia:** suddivisione in base all'origine in

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

**Fonte:**

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

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

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

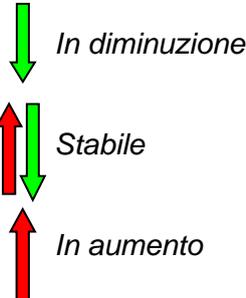
**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**Situazione:** - condizione attuale  *Criticità assente*

 *Criticità moderata*

 *Criticità elevata*

- andamento negli anni dell'inquinante:



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

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

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

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

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

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

## MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub> - PM<sub>2.5</sub>

<b>Caratteristiche</b> <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine <b>PM<sub>10</sub></b> si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine <b>PM<sub>2.5</sub></b> comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm.		
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino</b> , ecc..., e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade)</b> , gli <b>impianti di riscaldamento</b> e la <b>zootecnia</b> rappresentano le fonti più significative.		
<b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>impresso direttamente</b> in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da <b>trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs, NH<sub>3</sub></b> .		
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del <b>lungo tempo di permanenza nell'aria</b> (da giorni a settimane) che ne consente il <b>trasporto su grandi distanze</b> . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.		
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	<p>Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il PM<sub>10</sub>, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali.</li> <li>- Il PM<sub>2.5</sub>, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare.</li> </ul> <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b>, quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b> e anche <b>danni al sistema cardiocircolatorio</b>. Il PM inoltre agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici. Nel 2013 il particolato atmosferico è stato classificato dallo <b>IARC</b> come <b>cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1)</b>.</p> <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione <b>inibendo il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante</b>; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>		
<b>Misura</b> <i>gravimetrica</i>	Il PM <sub>10</sub> e il PM <sub>2.5</sub> sono determinati mediante campionamento su filtro e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10 µm o 2.5 µm.		
<b>Situazione</b>  	La situazione nell'ultimo decennio <b>è in miglioramento</b> ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano dove si verificano ancora numerosi superamenti soprattutto del limite giornaliero di 50 µg/m <sup>3</sup> .		
<b>Riferimenti normativi</b> <b>D.Lgs 155/2010</b>	<b>Periodo di mediazione temporale</b>	<b>Valore limite</b>	<b>N° superamenti ammessi</b>
<b>PM10</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 per anno civile
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	
<b>PM2.5</b>	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> NO <sub>2</sub>	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali: <math>N_2 + O_2 \rightarrow 2NO</math>    <math>2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2</math>. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO<sub>2</sub> è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, perché, oltre ad essere tossici, svolgono un ruolo fondamentale nella formazione dello "smog fotochimico". Sono infatti importanti precursori dell'ozono in estate e del PM<sub>10</sub> in inverno.</p>		
<b>Fonte</b> naturale antropica	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'<b>attività batterica</b> sui composti dell'azoto, dall'<b>attività vulcanica e dai fulmini</b>: ciò produce un <b>apporto minimo</b> ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai <b>processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione</b>: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il <b>traffico veicolare</b> ne rappresentano la <b>fonte più significativa</b>.</p>		
<b>Tipologia</b> primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al <b>massimo il 5%</b> degli ossidi di azoto emessi <b>direttamente dalle combustioni in aria</b>. <b>La maggior parte</b> dell'NO<sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece <b>dall'ossidazione del monossido di azoto</b>, ed è quindi di natura secondaria.</p>		
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO<sub>2</sub> e quattro giorni per l'NO.</p>		
<b>Effetti</b> salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO<sub>2</sub> sono dovuti alla sua <b>azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio</b>. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono <b>riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie</b>, quali bronchite cronica e asma, e <b>riduzione della funzionalità polmonare</b>. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti <b>danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi</b> coinvolti, e producono <b>fenomeni corrosivi sui metalli</b> e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un <b>invecchiamento più rapido delle strutture</b>.</p>		
<b>Misure</b> chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il <b>metodo a chemiluminescenza</b>, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).</p>		
<b>Situazione</b>  	<p>La situazione <b>è in miglioramento</b> ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano, oltre che per i superamenti che ancora si verificano nei grossi centri abitati, anche per la sua natura di precursore dello smog fotochimico.</p>		

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

## OZONO

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

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

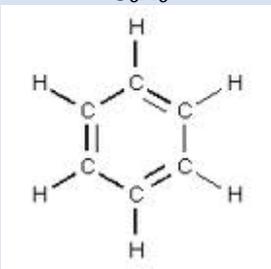
(\*\*) Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>·h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00,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

## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

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

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

## BENZENE

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

## MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

<b>Caratteristiche</b>  CO	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli <b>incendi boschivi, le eruzioni dei vulcani, le emissioni da oceani e paludi</b>.</p> <p>La fonte antropica più significativa è rappresentata dal <b>traffico veicolare</b>, in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo e fasi di decelerazione): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli <b>impianti di riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche, gli inceneritori di rifiuti</b>, per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.</p>
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	<p>Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.</p>
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.</p>
<b>Effetti</b> <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, <b>ad elevate concentrazioni, esiti letali</b>. A <b>basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza</b>. Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
<b>Misure</b> <i>Assorbimento IR</i>	<p>Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>).</p>
<b>Situazione</b>  	<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
<b>Monossido di carbonio</b>	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-

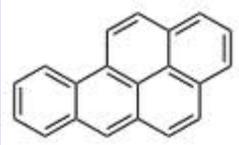
## METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

<b>Caratteristiche</b> Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali, tendono ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) e possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali ( <b>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</b> ) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <b>combustioni</b> , dai <b>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</b> e dalle <b>abrasioni dei materiali</b> .
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM <sub>10</sub> .
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i>	I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: <b>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</b> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <b>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</b> .
<b>Misura</b> <i>ICP-MS da filtro PM<sub>10</sub></i>	La frazione fine del particolato (PM <sub>10</sub> ) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente).
<b>Situazione</b>  	Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione.

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

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

## IPA - Benzo(a)pirene

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

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

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