

II RESPONSABILE

Prot. 7878 /H10.02
(trasmessa esclusivamente via PEC)

Cuneo, 29/01/2020

Ill.mo Signor Sindaco del Comune di
PONTECHIANALE
pontechianale@cert.ruparpiemonte.it

Spett.le Assessorato Ambiente
PROVINCIA di CUNEO
protocollo@provincia.cuneo.legalmail.it

Spett.le Dipartimento Prevenzione
Azienda ASL CN1 Cuneo
aslcn1@legalmail.it

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

Rif. DOQUI: B5.16 – ATTIVITA' ANNO 2019 – H10_2019_00886/ARPA.

Oggetto: Trasmissione dei risultati relativi al monitoraggio della qualità dell'aria svolto nel Comune di Pontechianale dal 21 maggio al 27 giugno 2019 nell'ambito del Progetto MITIMPACT

Con la presente si inviano le risultanze del monitoraggio della qualità dell'aria eseguito con il laboratorio mobile nella Frazione Maddalena del Comune di Pontechianale dal 21 maggio al 27 giugno 2019.

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 21 Allegato pagine 11)

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

OGGETTO: Monitoraggio della qualità dell'aria nella Frazione Maddalena del comune di Pontechianale dal 21 maggio al 27 giugno 2019 nell'ambito del Progetto MITIMPACT

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



Progetto finanziato dal Programma
INTERREG V-A FRANCIA ITALIA ALCOTRA 2004-2020

Arpa Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest – Struttura Semplice Attività di Produzione

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

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

INDICE

INTRODUZIONE	2
ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA	5
BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂	5
MATERIALE PARTICOLATO – PM ₁₀	8
OZONO – O ₃	11
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂ MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE	16
SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI	17
CONCLUSIONI.....	20
<i>ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna</i>	<i>1</i>
<i>ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi</i>	<i>3</i>

INTRODUZIONE

MITIMPACT¹ è un progetto Alcotra, che coinvolge la Valle Varaita, nel quale vengono studiati dati e strategie per mitigare l'impatto dell'inquinamento da ozono, in particolare sull'ambiente forestale, nelle aree al confine tra Italia e Francia. Tra i vari monitoraggi previsti nel suo ambito, rientrano le due campagne di misura eseguite nel 2018 e nel 2019 nella frazione Maddalena di Pontechianale con l'ausilio del laboratorio mobile. Oltre a contribuire alle finalità del progetto, i dati da esso misurati sono stati analizzati per trarre informazioni sullo stato della qualità dell'aria locale e la presente relazione illustra i principali risultati della campagna del 2019, effettuata nel periodo compreso tra il 21 maggio ed il 27 giugno.

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 O₃, ossidi di azoto NO-NO₂-NO_x, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO₂, benzene e materiale particolato PM₁₀). È inoltre dotato di sensori per la misura degli indicatori meteorologici che più condizionano la formazione e dispersione degli inquinanti.

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

In questo documento il capitolo centrale è dedicato ai risultati ottenuti per i diversi inquinanti monitorati della qualità dell'aria. I dati forniti dal 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.

Nel capitolo successivo è descritta la situazione meteorologica del periodo di monitoraggio, in particolare per gli aspetti che più condizionano i livelli dell'inquinamento atmosferico, ed è presente un'analisi dei principali parametri meteorologici misurati nel sito dal laboratorio mobile, o dalle stazioni della rete meteoidrografica regionale più prossime.

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

La maggior parte delle elaborazioni sono state realizzate con il software R, in particolare con il pacchetto Openair², strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

¹ <http://www.mitimpact.com/it>

² Carslaw, D.C. and K. Ropkins (2012). "openair – an R package for air quality data analysis". Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, pp. 52-61

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

Comune

PONTECHIANALE – Località Maddalena

Ortofoto - indicazione del sito di monitoraggio con il laboratorio mobile



LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Pontechianale – Località Maddalena
Coordinate UTM WGS84	X= 343489 m; Y= 4942815 m (quota 1607 m s.l.m.)
Periodo	dal 21 maggio al 27 giugno 2019



Strumentazione Laboratorio mobile:

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

ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

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

Il biossido di azoto viene monitorato in tutte le stazioni della rete fissa della provincia di Cuneo; ognuna di esse è rappresentativa di una realtà specifica e, nell'insieme, forniscono un intervallo di concentrazioni che descrive la qualità dell'aria media incidente sul territorio della provincia.

A partire dalle concentrazioni medie orarie misurate nella frazione Maddalena di Pontechianale e presso le stazioni fisse della provincia di Cuneo dal 21 maggio al 27 giugno 2019, sono state calcolate le medie giornaliere rappresentate nella figura 1. Esse confermano per Pontechianale la situazione già riscontrata nell'estate 2018, caratterizzata da livelli di ossidi di azoto molto bassi rispetto ai dati delle stazioni della provincia, confrontabili solamente con quelli misurati nel sito di fondo rurale di Saliceto. Per le stazioni poste in aree urbane la diminuzione delle concentrazioni che si verifica periodicamente, in corrispondenza dei giorni festivi, indica la forte influenza locale del traffico veicolare.

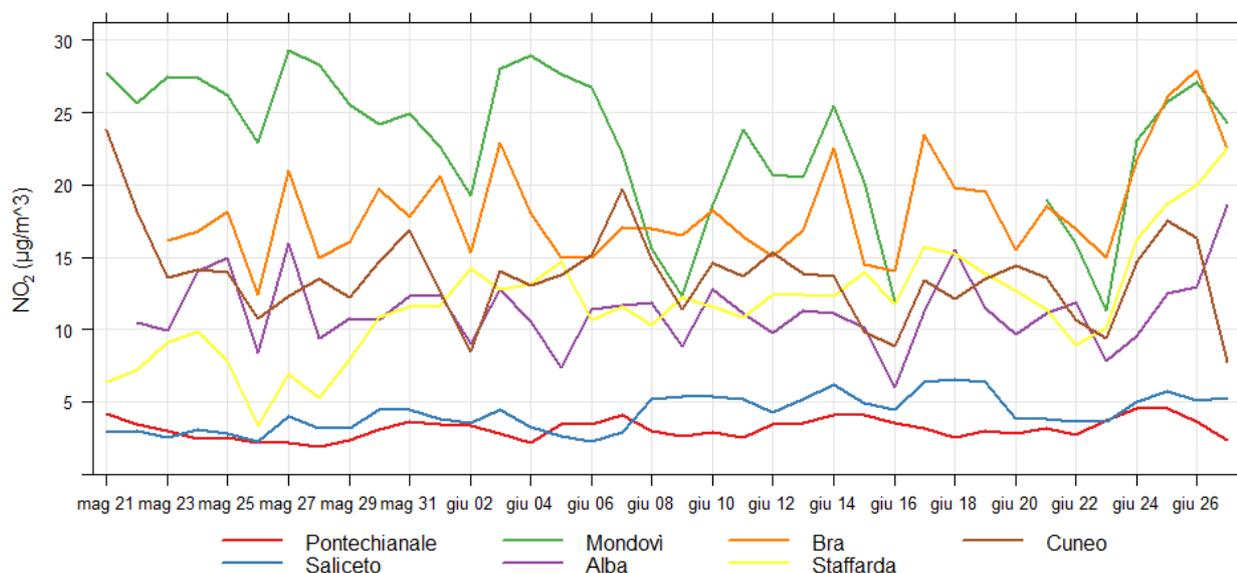


Figura 1) NO₂: concentrazioni medie giornaliere rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Pontechianale e presso le centraline della provincia di Cuneo.

Per confrontare le concentrazioni orarie misurate dal laboratorio mobile con quelle misurate dalle stazioni fisse nei medesimi periodi si è utilizzata la rappresentazione con grafici a box plot (figura 2).

Il box plot sintetizza la posizione dei dati orari ottenuti nella campagna di misura: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75°

percentile³), 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 presente sotto il grafico sono riportati i valori delle concentrazioni medie, mediane e massime orarie di NO₂ relativi ai diversi siti 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.

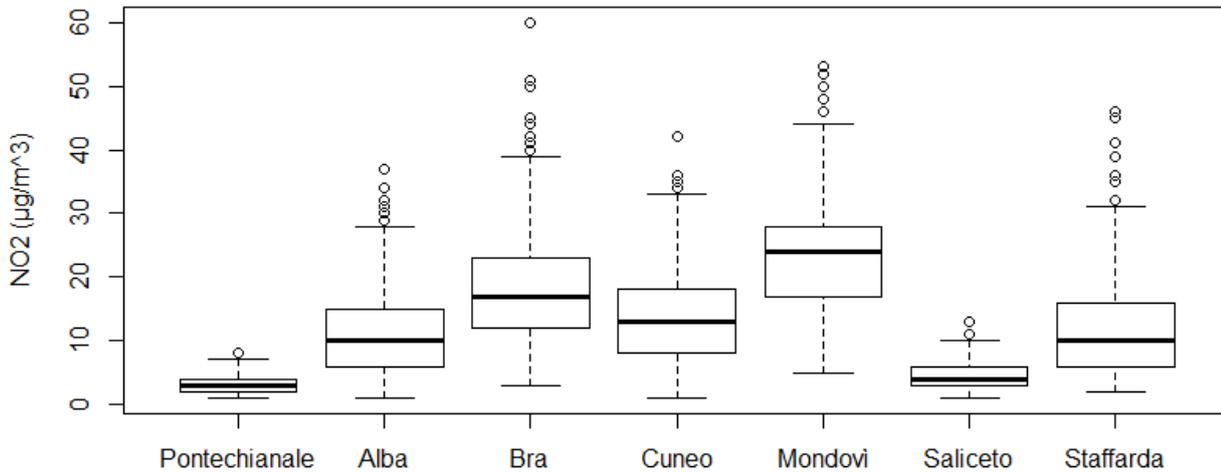


Figura 2) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Pontechianale e presso le centraline della provincia (periodo 21 maggio ÷ 27 giugno '19)

NO ₂ (µg/m ³) 21 maggio ÷ 27 giugno '19	Pontechianale	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	3	11	18	14	23	4	12
Mediana	3	10	17	13	24	4	10
Massimo	8	37	60	42	53	13	46

Tabella 1) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie e massime orarie rilevate a Pontechianale e presso le centraline della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

Il box plot relativo ai dati del laboratorio mobile evidenzia come le concentrazioni orarie misurate a Pontechianale siano contenute rispetto a quelle delle stazioni urbane della rete, e presentino una limitata variabilità. Valore medio e mediana corrispondono a quanto riscontrato nella campagna del 2018.

Fare un confronto diretto con i limiti normativi non è corretto, in quanto la campagna di monitoraggio si riferisce ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno ed è inoltre stata svolta nel periodo estivo che, grazie al maggiore rimescolamento dell'atmosfera, è generalmente caratterizzato da livelli contenuti di ossidi di azoto. Tuttavia, il confronto con i dati delle centraline della rete fissa, permette di ipotizzare una situazione di rispetto dei limiti fissati dalla norma per il biossido di azoto.

³ Percentile di ordine k (P_k) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

L'andamento del giorno medio dell'NO₂ di Pontechianale, ottenuto mediando i dati rilevati alla stessa ora di tutti i giorni di misura, è rappresentato in figura 3, dove è confrontato con quello della stazione di Cuneo relativo allo stesso periodo. La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

Le concentrazioni del giorno medio di Cuneo presentano il tipico andamento ricorrente fortemente condizionato dalle attività antropiche, che generalmente determinano un aumento delle concentrazioni durante le ore diurne, con picchi nelle ore di punta del traffico. I dati di Pontechianale evidenziano invece come le attività antropiche locali determinino un'influenza molto limitata alle concentrazioni di NO₂.

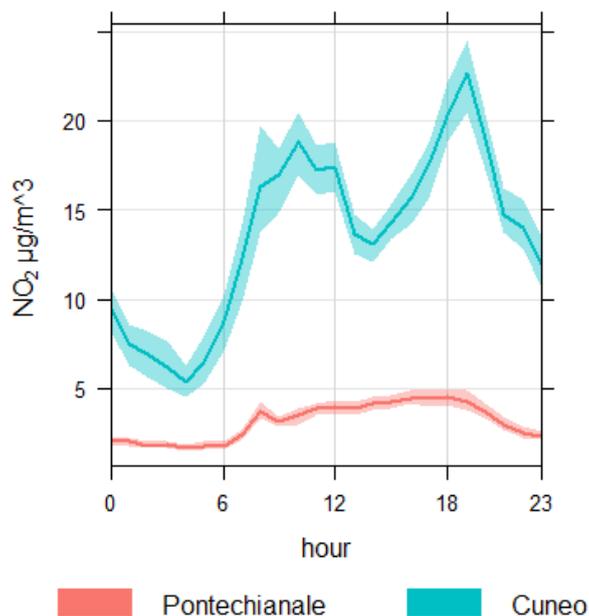


Figura 3) NO₂: giorno medio della campagna di monitoraggio di Pontechianale confrontato con quello della centralina fissa di Cuneo (periodo 21 maggio ÷ 27 giugno '19).

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, tecnica basata sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol che consente di ottenere misure con cadenza oraria.

Le concentrazioni giornaliere di PM₁₀, misurate nella campagna del 2019 nel sito di Pontechianale, nella figura 4 sono confrontate con l'intervallo di concentrazioni rilevate dalle stazioni della rete fissa della provincia di Cuneo (banda grigia) e con i dati della stazione di fondo rurale di Ceresole Reale, in provincia di Torino, che si trova alla medesima quota di Pontechianale (1620 m s.l.m.).

Nel grafico è indicato il limite giornaliero di 50 µg/m³ che la normativa prevede non venga superato per più di 35 giorni all'anno. Sono riportati inoltre i millimetri di precipitazione giornaliera cumulata registrati dalla stazione meteorologica di Pontechianale ed un indicatore di presenza di Foehn nel territorio regionale.

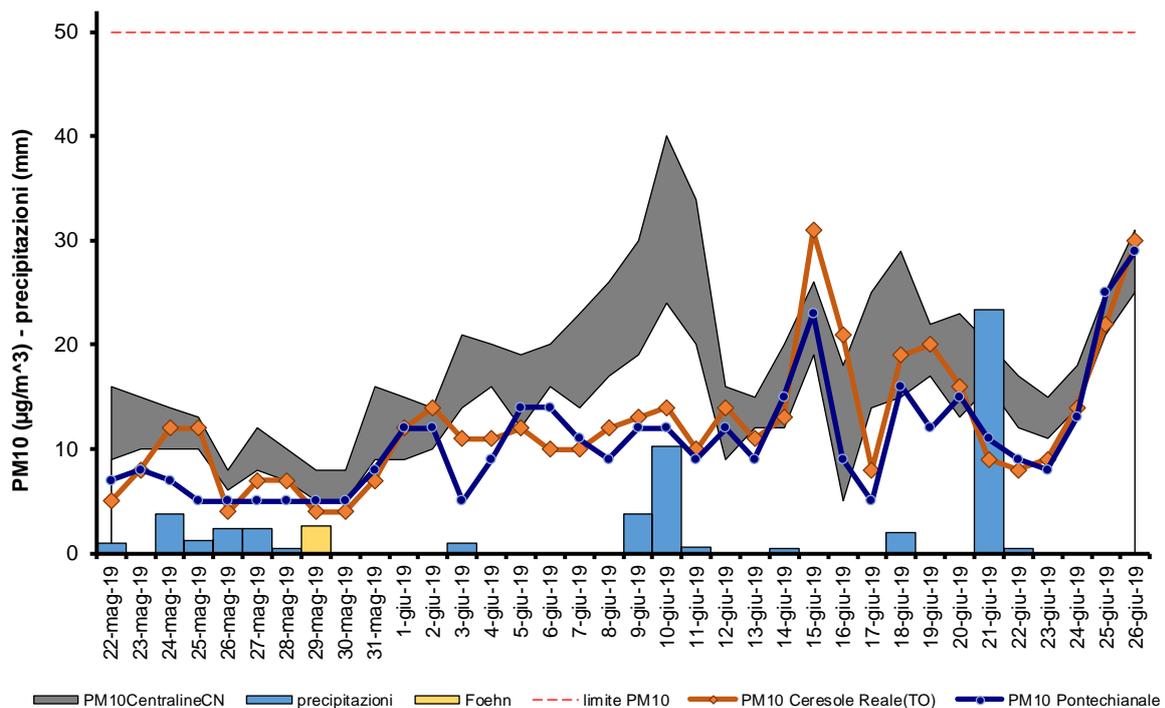


Figura 4) PM₁₀: concentrazioni medie giornaliere rilevate a Pontechianale e presso la centralina di Ceresole Reale (TO); intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo; precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo Pontechianale – Castello ed episodi di Foehn.

Come era stato riscontrato dai dati della campagna del 2018, anche in questo grafico si può osservare come i valori delle concentrazioni giornaliere misurate da fine maggio a fine giugno 2019 a Pontechianale siano confrontabili con quelle rilevate nella stazione fissa di Ceresole Reale e siano per lo più inferiori ai valori misurati dalle centraline della rete fissa provinciale, sebbene le loro variazioni nel tempo siano generalmente in accordo.

La coerenza tra gli andamenti, verificata anche a livello regionale, è legata alle caratteristiche che contraddistinguono il particolato sottile e in particolare 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.

Nella figura 4 si può osservare come, a causa della stagione favorevole alla diluizione degli inquinanti in cui si è svolto il monitoraggio e dei frequenti episodi di rimozione, su tutto il territorio coperto dalle centraline considerate, e anche nel sito di Pontechianale, le concentrazioni siano state sempre molto al di sotto del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concentrazioni medie e massime giornaliere di PM_{10} ottenute nella campagna 2019 di Pontechianale, sono confrontate nella tabella seguente con quelle ottenute, nello stesso periodo, da ciascuna centralina della rete fissa della provincia di Cuneo e dalla stazione di Ceresole Reale.

PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 22 maggio ÷ 26 giugno '19	Pontechianale	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)	Ceresole Reale (FR)
Media	11	15	17	15	18	16	12
Massimo	29	26	33	31	40	29	31
N. dati	36	36	36	36	36	36	36

Tabella 2) PM_{10} : confronto tra concentrazioni medie e massime giornaliere rilevate a Pontechianale, presso le centraline della provincia di Cuneo e di Ceresole Reale in provincia di Torino (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

Nella provincia di Cuneo, l'inquinamento da polveri sottili è generalmente caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti ad emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona di pianura della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano. Tra i siti della provincia dotati di stazioni fisse, quelli di Cuneo, Saliceto e Mondovì, grazie alla collocazione geografica, sono caratterizzati da una maggiore ventilazione e pertanto da concentrazioni di polveri sottili più contenute di Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo della pianura e dove esistono ancora criticità per il rispetto dei limiti normativi.

Grazie alla stagione favorevole alla dispersione in cui è stata svolta la campagna di misura e alle frequenti precipitazioni che si sono verificate, i livelli di inquinamento da polveri sottili sono stati bassi su tutto il territorio provinciale, con differenze limitate e non significative tra le diverse stazioni. Anche in questo caso tuttavia, come già nel precedente monitoraggio, i dati di Pontechianale risultano statisticamente inferiori in media a quelli di tutte le stazioni della rete della provincia di Cuneo, ma equivalenti a quelli di Ceresole Reale. Essi individuano pertanto una zona, che si può definire "montana", caratterizzata da livelli di polveri sottili più bassi rispetto a quelli misurati dalle stazioni fisse della provincia, ma con andamento temporale delle concentrazioni giornaliere analogo.

Per valutare la presenza di variazioni ricorrenti a livello orario delle concentrazioni sono stati elaborati i dati di PM₁₀ acquisiti con cadenza oraria dal nefelometro del laboratorio mobile. Il giorno medio del periodo di monitoraggio, ottenuto mediando i dati rilevati alla stessa ora di tutti i giorni misura, è rappresentato nella figura 5 insieme a quello del PM₁₀ determinato, presso la stazione di Cuneo, con misuratore automatico ad attenuazione beta. Sebbene il PM₁₀ sia “ubiquitario” su vasta scala spaziale, e presenti quindi un “livello di fondo” comune a livello regionale, gli andamenti del giorno medio mettono in evidenza i contributi delle sorgenti locali di PM₁₀ che si vanno a sommare a tale fondo. In entrambi i siti, ancorché con quantitativi molto differenti, le concentrazioni iniziano ad aumentare a partire dalle prime ore del mattino e presentano un picco più consistente nelle ore serali evidenziando l’influenza delle attività antropiche (verosimilmente dovute principalmente al traffico e, nel sito di Pontechianale, al riscaldamento domestico).

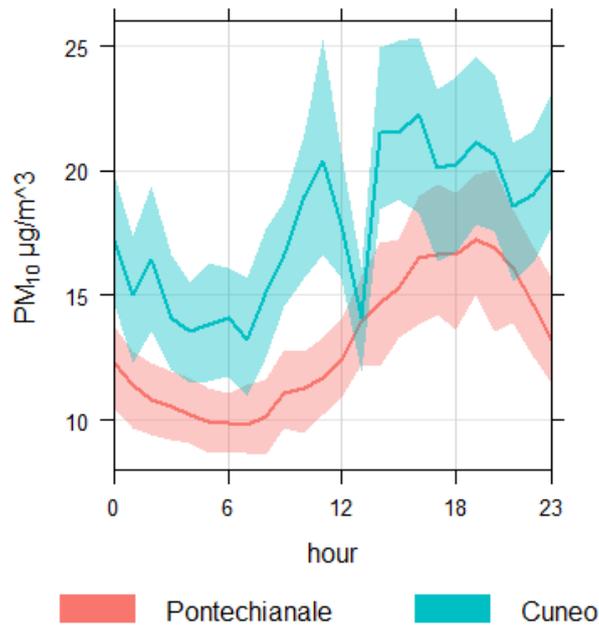


Figura 5) PM₁₀: confronto dei giorni medi del sito di Pontechianale e della stazione di Cuneo-Alpini.

OZONO – O₃

Negli strati alti dell'atmosfera, l'ozono è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti dal sole.

Nella parte bassa dell'atmosfera, vicino alla crosta terrestre, dove si svolge la vita di uomini, animali e vegetali, la presenza di ozono costituisce un problema per la salute, per gli effetti che può determinare principalmente a carico delle vie respiratorie, e per la vegetazione, per i danni che può portare all'apparato fogliare inducendo senescenza precoce, diminuzione dell'attività fotosintetica e della produzione.

L'ozono qui presente è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente questa molecola ha un andamento caratteristico nell'arco della giornata: concentrazioni più basse nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino che aumentano con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare dalla tarda mattinata al pomeriggio. Analogamente l'ozono presenta un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

Gli inquinanti che nelle ore diurne portano alla formazione dell'ozono, nelle ore notturne (in assenza di irraggiamento solare) sono in grado di reagire e distruggere lo stesso ozono. Quando l'ozono prodotto nelle zone più inquinate è trasportato dalle masse d'aria in luoghi remoti, l'assenza di inquinamento da precursori ne permette l'accumulo. Per questo motivo l'ozono raggiunge livelli elevati nelle aree rurali e di montagna, dove, oltre ai danni sanitari per la popolazione, costituisce un problema particolare per i danni che può causare alla vegetazione.

Nella figura 6 le concentrazioni orarie di ozono misurate a Pontechianale nella campagna di monitoraggio del 2019 sono rappresentate insieme a quelle rilevate nel medesimo periodo dalle stazioni della rete della provincia di Cuneo dotate della strumentazione per la sua misura.

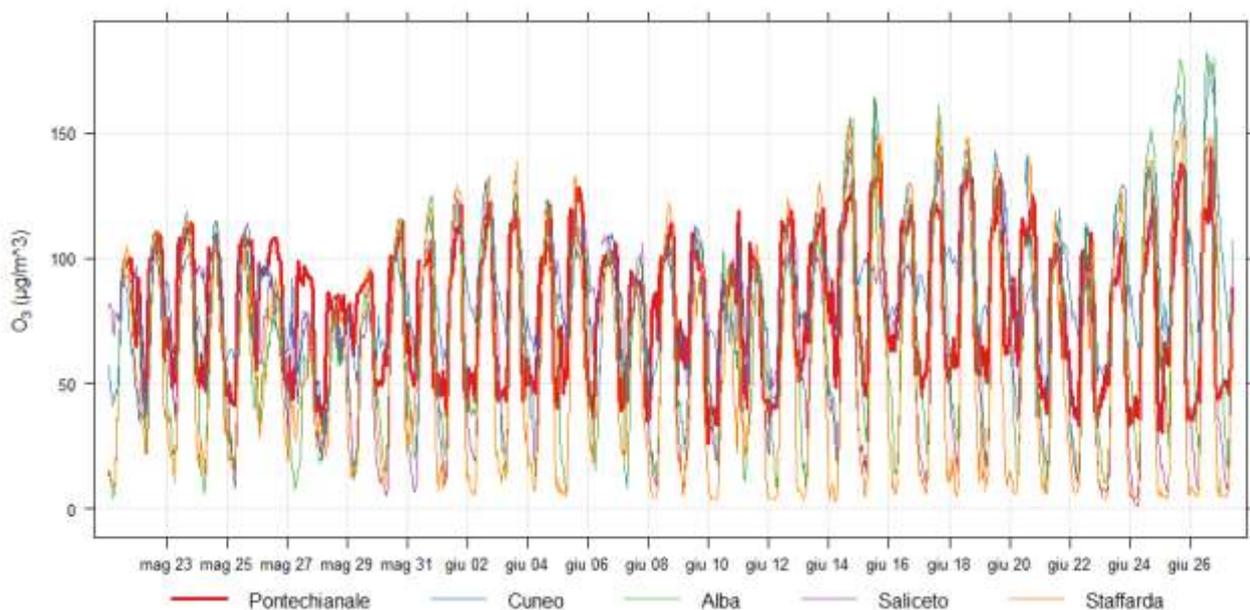


Figura 6) O₃: concentrazioni orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Pontechianale e presso le centraline della provincia di Cuneo.

Come già riscontrato nel 2018, anche in questo caso, sebbene la leggibilità del grafico sia limitata dalla grande quantità di dati, nel confronto con i dati misurati dalle stazioni della rete è possibile osservare come le concentrazioni di ozono misurate a Pontechianale interessino i livelli elevati e non scendano mai ai valori minimi che vengono misurati dalle stazioni fisse.

Come per il PM₁₀, anche per quest'altro inquinante "ubiquitario" è stato fatto un confronto con i dati misurati presso la stazione di fondo rurale di Ceresole Reale, in provincia di Torino, che si trova alla medesima quota altimetrica di Pontechianale (1620 m s.l.m.). Nella figura 7 si vede come le concentrazioni orarie misurate nelle due stazioni di montagna siano piuttosto simili.

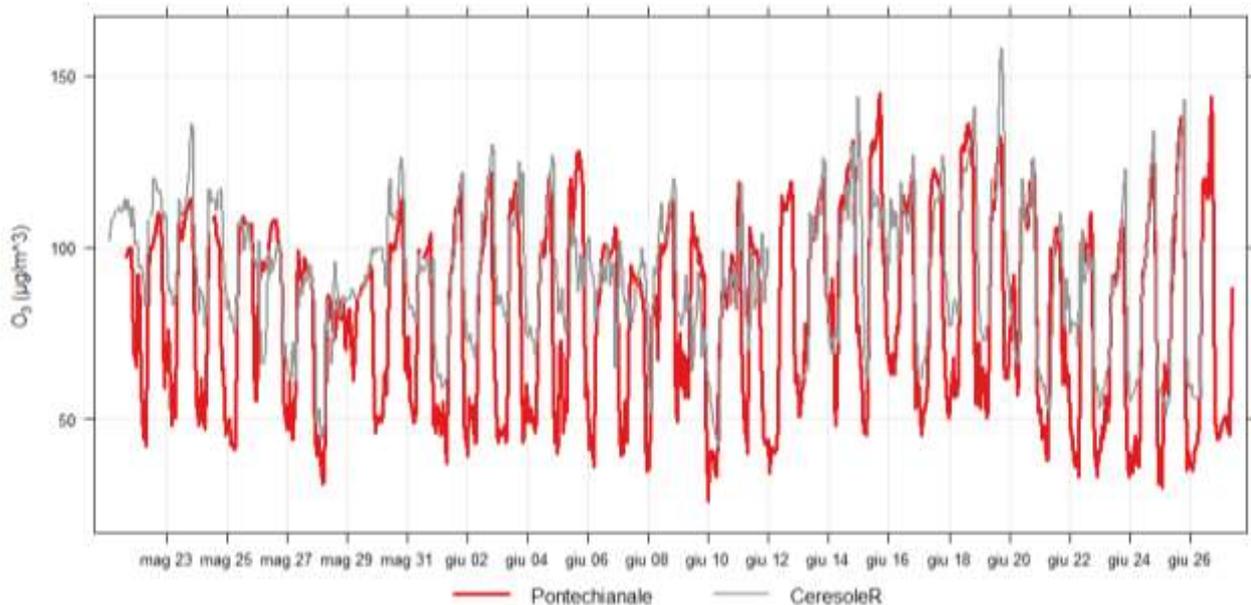


Figura 7) O₃: concentrazioni orarie rilevate nei siti di Pontechianale e Ceresole Reale.

Nella figura seguente, i giorni medi delle concentrazioni misurate nello stesso periodo a Pontechianale, Ceresole Reale, Alba e Saliceto evidenziano il comportamento giornaliero dell'ozono. Nei due siti di montagna i livelli di ozono, nettamente superiori a quelli delle altre due stazioni durante le ore notturne, possono essere attribuiti ai bassi livelli di ossidi di azoto, che limitano il consumo di ozono.

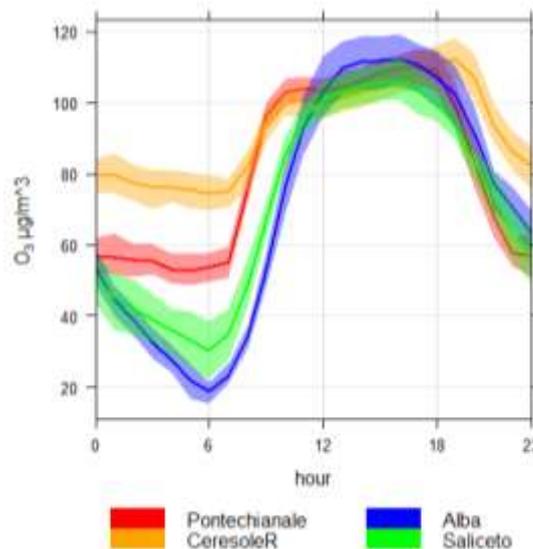


Figura 8) O₃: giorno medio della campagna di Pontechianale confrontato con quello delle centraline fisse di Ceresole Reale, Alba e Saliceto (periodo: 21 maggio ÷ 27 giugno '19).

I giorni medi dell'ozono e della temperatura dell'aria misurati dal laboratorio mobile a Pontechianale sono confrontati su scala normalizzata nella figura seguente. Dalla coerenza tra gli andamenti si deduce come l'aumento della temperatura inneschi la formazione di ozono.

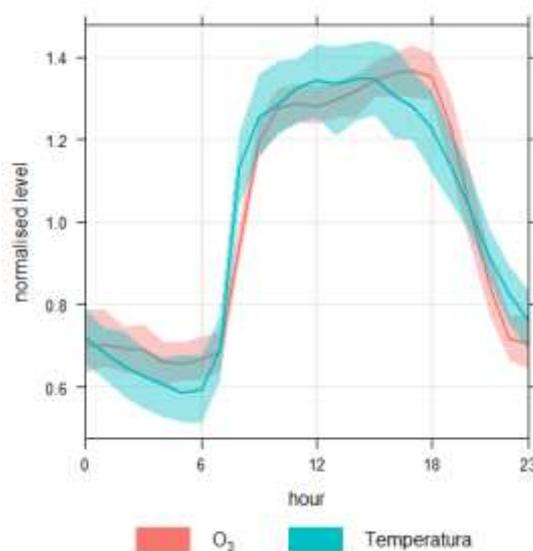


Figura 9) Confronto tra i giorni medi dell'O₃ e della temperatura misurati a Pontechianale su scala normalizzata (periodo: 21 maggio ÷ 27 giugno '19).

Le concentrazioni orarie medie, mediane e massime relative al periodo di misura a Pontechianale, ottenute dal laboratorio mobile e dalle stazioni fisse di Ceresole Reale e della rete della provincia di Cuneo sono riportate nella tabella 3. Sebbene nei siti montani i picchi diurni di ozono si mantengano per lo più a valori inferiori rispetto agli altri siti, la scarsa riduzione delle ore notturne fa sì che, in questi siti lontani dalle principali fonti di inquinamento, le concentrazioni medie siano elevate.

O ₃ (µg/m ³) 22 maggio ÷ 26 giugno '19	Pontechianale	Ceresole Reale (FR)	Alba (FU)	Cuneo (FU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	81	91	70	88	71	59
Mediana	83	91	69	85	76	51
Massimo	145	158	182	178	145	156
N° superamenti 120 µg/m ³	7	6	7	10	5	11

Tabella 3) O₃: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Pontechianale, presso la stazione di Ceresole Reale e quelle della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m³ e 240 µg/m³ rispettivamente. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana, che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a 120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le centraline della provincia.

Nell'estate 2018 su tutto il territorio regionale non si erano verificati superamenti della soglia di allarme, mentre superamenti della soglia di informazione erano stati registrati in poche stazioni al di fuori della provincia di Cuneo. Nell'estate 2019 la situazione è stata più critica: tre stazioni del Piemonte hanno registrato superamenti della soglia di allarme e in

tutte le provincie si sono verificati superamenti della soglia di informazione. Questi sono stati registrati in corrispondenza delle ondate di calore e i più critici si sono verificati tra il 26 ed il 29 giugno, giorni caratterizzati da caldo eccezionale. Nella provincia di Cuneo i superamenti della soglia di informazione sono stati registrati presso la stazione di Alba nella giornata del 26 giugno, superamenti del valore obiettivo si sono invece verificati in tutti i siti di misura della provincia, compreso quello di Pontechianale, in diversi periodi.

Relativamente al periodo della campagna di misura a Pontechianale, nel grafico di figura 10 sono riportati i valori massimi giornalieri delle concentrazioni medie su 8 ore misurate dal laboratorio mobile, confrontate con l'intervallo dei valori misurati dalle centraline fisse della provincia di Cuneo, di Ceresole Reale e con il valore obiettivo per la salute umana (in rosso).

Il buon accordo tra gli andamenti 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 temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile: sebbene la temperatura non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono si vede una corrispondenza tra gli andamenti della temperatura e quelli della concentrazione di ozono.

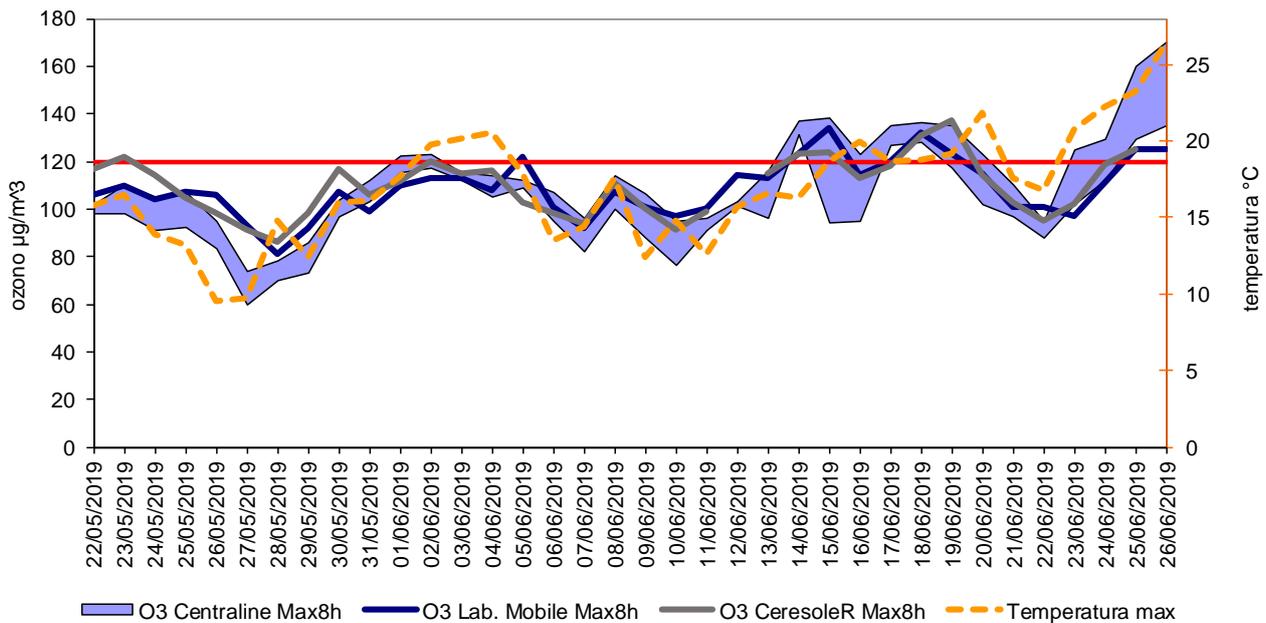


Figura 10) O₃: massime giornaliere delle concentrazioni medie su 8 ore registrate con il laboratorio mobile a Pontechianale e presso le centraline fisse della provincia di Cuneo. Temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

Poiché le concentrazioni massime giornaliere su otto ore del sito di Pontechianale risultano statisticamente confrontabili in media con quelle di Ceresole Reale, si deduce che la situazione di criticità presente tutt'oggi anche nel sito di montagna della provincia di Torino⁴ nel rispetto del numero massimo di superamenti stabiliti per il valore obiettivo per la protezione della salute umana, si possa estendere anche al sito di Pontechianale.

La normativa della qualità dell'aria, oltre ai valori limite e obiettivo per la protezione della salute, stabilisce degli obiettivi per la protezione della vegetazione. L'indicatore di riferimento è l'AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb) che esprime l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per i

⁴ Per approfondimenti "[Uno sguardo all'aria. Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria. Anno 2018](#)"

recettori sensibili. Tale indicatore è calcolato mediante la somma delle eccedenze orarie del valore di 40 ppb ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), rilevate tra le ore 8 e le 20 di ogni giorno da maggio a luglio (da aprile a settembre per la protezione delle foreste). Per tale indicatore la normativa fissa un valore obiettivo, pari a $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ come media su 5 anni, ed un obiettivo a lungo termine di $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.

In Piemonte anche questi valori sono tutt'ora disattesi. Sebbene, la limitatezza nel tempo della campagna di monitoraggio non permetta di valutare direttamente tale indicatore per il sito di Pontechianale, la confrontabilità dei dati qui misurati con i dati della rete, fa dedurre che la situazione di inquinamento da ozono sia critica per la protezione della vegetazione anche in questo sito di montagna.

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂ MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e le modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo, che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare (6-7%), in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria.

Per il **biossido di zolfo** il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due classi di limiti per la protezione della salute umana: uno, relativo alla media oraria, pari a 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile.

Anche nella campagna di misura del 2019, i valori orari misurati con il laboratorio mobile nel sito di Pontechianale (valore massimo orario nella campagna 2019: 7 µg/m³), analogamente a quanto rilevato nei medesimi periodi presso le altre centraline della qualità dell'aria della provincia dove l'SO₂ viene monitorato, sono di due ordini di grandezza inferiori ai limiti normativi, e sono pertanto prossimi ai limiti di rilevabilità strumentali.

Per il **monossido di carbonio** la normativa stabilisce un valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi cinque anni a valori inferiori a 2 mg/m³.

A Pontechianale anche nella campagna svolta nel 2019 i valori sono risultati analoghi a quanto rilevato nello stesso periodo dalle centraline della rete, con una massima concentrazione media su 8 ore pari a 0.2 mg/m³. Anche per questo inquinante i livelli sono ormai confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi.

Il Decreto Legislativo 155/2010 riprende per il **benzene** il valore limite per la protezione della salute umana già specificato dalla legislazione precedente di 5 µg/m³ su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. A differenza delle centraline fisse, siccome il monitoraggio eseguito con il laboratorio mobile riguarda un intervallo di tempo limitato dell'anno, non è possibile trarre conclusioni dirette sul rispetto del limite annuale. Tuttavia, dal confronto con quanto rilevato nello stesso periodo presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche nel sito di Pontechianale non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. La concentrazione media ottenuta, pari a 0.2 µg/m³, è infatti del tutto analoga a quelle ottenute nello stesso periodo presso le altre stazioni.

SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI

Siccome le condizioni meteorologiche influenzano fortemente i livelli delle concentrazioni degli inquinanti, nel seguito ne sono analizzate le principali evoluzioni relativamente al periodo di monitoraggio della qualità dell'aria a Pontechianale.

Il 23 maggio il Piemonte è stato interessato da un modesto promontorio anticiclonico, ma già dalla sera del 24 l'avvicinamento di una saccatura di matrice atlantica ha attivato fenomeni temporaleschi sul Piemonte occidentale. Sull'intera regione i giorni più caldi del mese di maggio sono risultati, per i valori medi, il 24 e, per i valori massimi, il 31 maggio, a causa dell'espansione dell'anticiclone delle Azzorre verso l'Europa centro-occidentale.

In Piemonte nel mese di giugno 2019 i giorni mediamente più freschi sono risultati il 6 ed il 7 quando la nostra regione è stata lambita da una circolazione depressionaria. Il 10 giugno è risultato il giorno più piovoso del mese con 17.7 mm medi sul territorio piemontese. Il 13 giugno ha avuto le temperature minime più basse del mese con 9.8 °C sull'intero territorio regionale. I temporali più intensi del mese si sono verificati tra il 20 ed il 22 giugno 2019 quando una saccatura di matrice atlantica è gradualmente transitata dalle coste atlantiche iberiche verso la penisola balcanica. Il caldo da primato degli ultimi giorni di giugno 2019 è stato causato da un'area di alta pressione di matrice africana. Nel corso di questa eccezionale ondata di calore il 46% dei termometri della rete ARPA Piemonte ha registrato il primato assoluto di temperatura massima ed il 27 giugno 2019 si è registrata la più elevata temperatura sul Piemonte dal 1958 ad oggi, superando l'11 agosto 2003.⁵

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile nella borgata Maddalena di Pontechianale si ricava che, su base oraria, la temperatura minima del periodo del monitoraggio è stata di 0.8 °C registrata il 30 maggio, la media di 11.9 °C e la massima di 28 °C, raggiunta il 27 giugno.

Nel grafico della figura 11 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere del periodo di monitoraggio insieme alla radiazione totale giornaliera misurate dal laboratorio mobile.

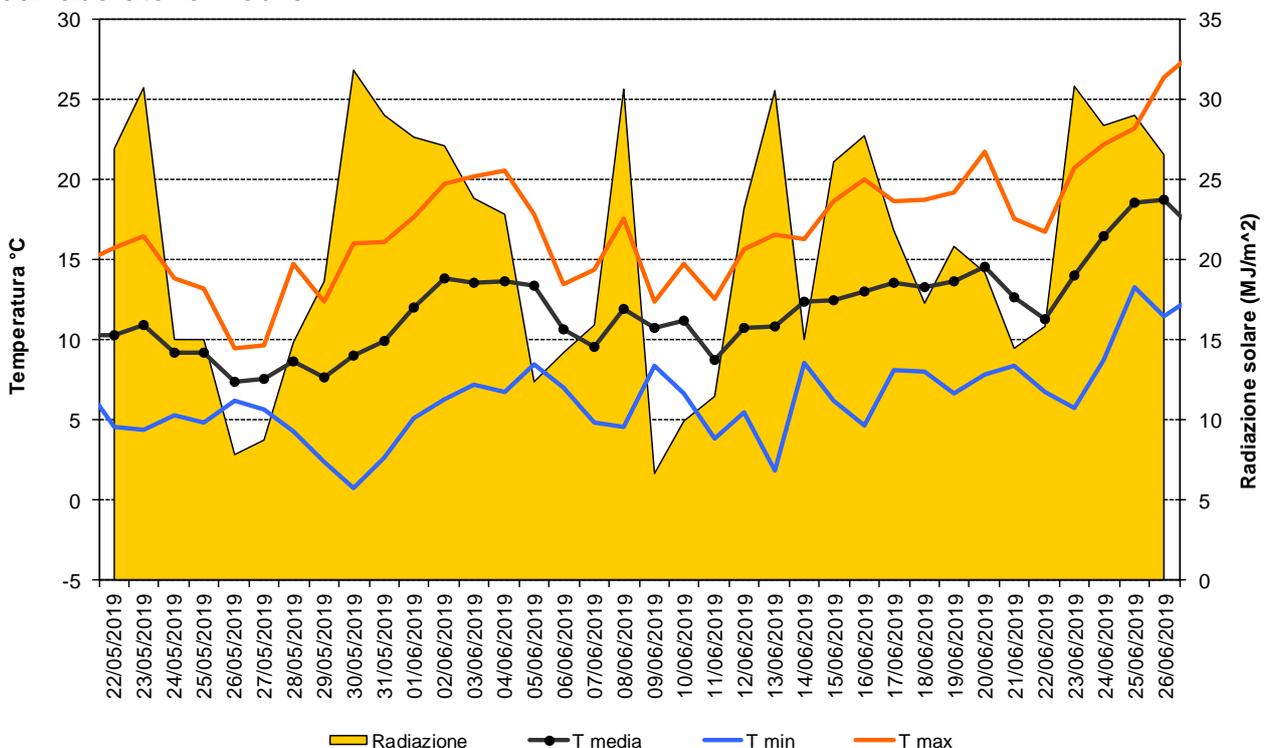


Figura 11) Temperatura dell'aria (medie, minime e massime giornaliere) e totale giornaliero della radiazione solare globale registrate con il laboratorio mobile a Pontechianale.

⁵ Il clima in Piemonte. Maggio - Giugno 2019. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

Nella figura 12 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 Pontechianale - Castello.

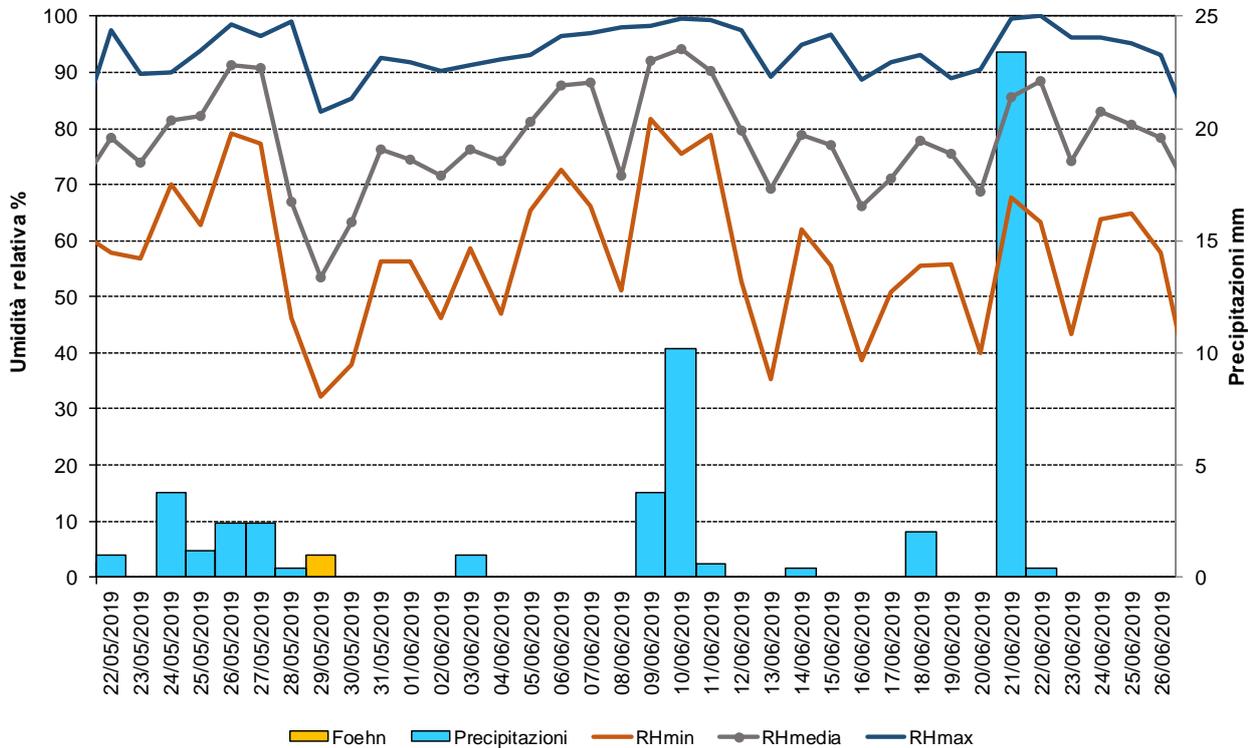


Figura 12) Umidità relativa dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Pontechianale; precipitazione cumulata giornaliera misurata dalla stazione meteo Pontechianale-Castello; giorni di Foehn sul territorio regionale.

Le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento registrate dal laboratorio mobile sono rappresentate nella figura 13.

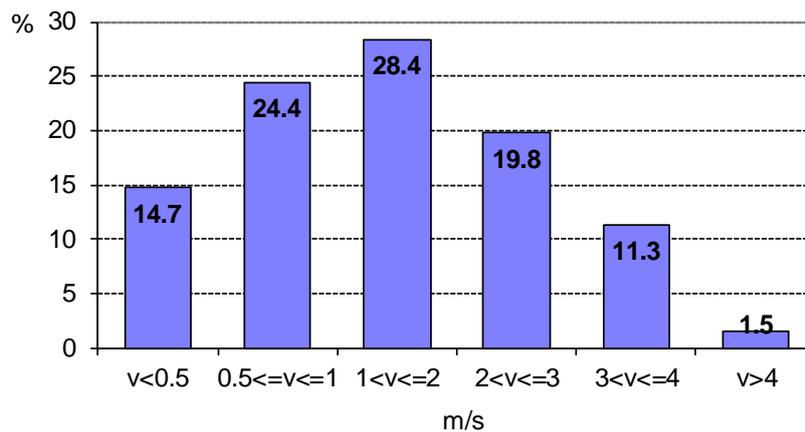


Figura 13) Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento a Pontechianale – località Maddalena (periodo: 21 maggio ÷ 27 giugno '19).

Nella figura seguente sono rappresentate le frequenze dei settori di provenienza dei venti calcolate per i dati registrati dal laboratorio mobile. Esse evidenziano una forte influenza delle brezze monte-valle, con vento proveniente da Ovest e OvestNordOvest nelle ore notturne e EstSudEst e SudEst nelle ore diurne.

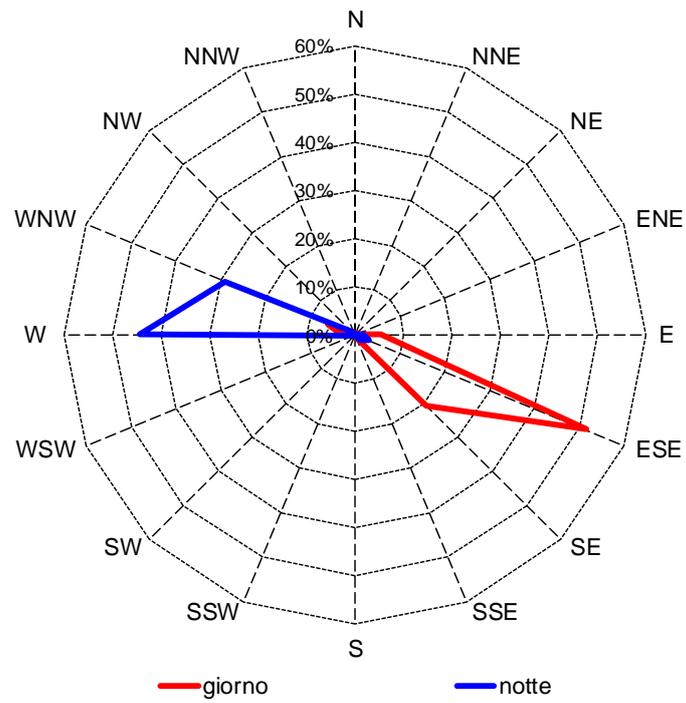


Figura 14) Rosa dei venti a Pontechianale – località Maddalena (periodo: 21 maggio ÷ 27 giugno '19).

CONCLUSIONI

Nel periodo compreso tra il 21 maggio ed il 27 giugno 2019 nella frazione Maddalena di Pontechianale è stato condotto il secondo monitoraggio della qualità dell'aria previsto nell'ambito del progetto europeo MITIMPACT. La valle Varaita, insieme alla valle Stura di Demonte in Italia, alla Costa Azzurra nei dintorni di Nizza e al Parco regionale del Mercantour in Francia, sono le aree individuate dal progetto per lo studio e la salvaguardia delle foreste dai danni causati dall'ozono.

Mentre il problema del buco dell'ozono si riferisce all'assottigliamento dello strato di ozono naturalmente presente nella parte alta dell'atmosfera, di cui abbiamo bisogno per proteggerci dalle radiazioni ultraviolette, l'inquinamento da ozono si riferisce all'aumento della sua presenza nell'aria che respiriamo, soprattutto nei periodi estivi, che può avere effetti dannosi sulla salute dell'uomo e sull'ambiente.

L'ozono troposferico è l'inquinante più pericoloso per le foreste, in particolare per quelle mediterranee, che si estendono in una regione dove l'ozono atmosferico può raggiungere concentrazioni molto elevate. È un inquinante di natura secondaria, ovvero non generato direttamente da attività antropiche, che si forma in atmosfera a seguito di complesse reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC), originati sia dalle attività umane sia di origine naturale; tali reazioni sono favorite nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di temperature elevate. La stabilità dell'ozono consente alle masse d'aria provenienti dalle zone più inquinate di trasportarlo in luoghi anche molto lontani. Questa caratteristica rende perciò possibile la sua presenza nelle aree rurali più remote, sia in pianura che in montagna, dove l'assenza di inquinamento da precursori ne permette l'accumulo in concentrazioni elevate.

Dopo il primo monitoraggio condotto a Pontechianale con il laboratorio mobile dal 17 agosto al 25 settembre 2018, il secondo è stato svolto dal 21 maggio al 27 giugno 2019 proprio perché l'inquinamento da ozono è tipico dei mesi della primavera e dell'estate.

Oltre che per le finalità legate al progetto, i dati dei diversi inquinanti monitorati sono stati elaborati, confrontati con quelli registrati dalle stazioni della rete fissa ai fini di una valutazione del rispetto dei limiti stabiliti dalla normativa per la protezione della salute umana, e messi a disposizione in questo documento.

L'ozono è, insieme alle polveri sottili nel periodo invernale, uno dei due inquinanti per cui permangono in Piemonte ed anche in provincia di Cuneo superamenti dei limiti normativi annuali stabiliti sia per la protezione della salute che della vegetazione⁶. I dati di ozono misurati a Pontechianale nelle campagne del 2018 e del 2019 evidenziano concentrazioni medie elevate, dovute al fatto che, sebbene durante il giorno i livelli di ozono non raggiungano i picchi massimi misurati nelle stazioni di pianura, nelle ore notturne subiscono una scarsa riduzione. Dal confronto dei dati misurati a Pontechianale con quelli delle stazioni fisse di misura della qualità dell'aria della provincia di Cuneo e di Ceresole Reale (sito di misura della provincia di Torino che si trova alla medesima quota di Pontechianale) si deduce che anche nel sito di Pontechianale la situazione di inquinamento da ozono sia critica e non rispetti i valori obiettivo e gli obiettivi a lungo termine stabiliti dalla normativa di riferimento per la protezione della salute e della vegetazione.

Per quanto riguarda il PM₁₀, anche nel monitoraggio del 2019, come già in quello del precedente anno, i dati di Pontechianale sono risultati statisticamente inferiori in media a quelli di tutte le stazioni della rete della provincia di Cuneo, ma equivalenti a quelli di Ceresole Reale. Essi individuano pertanto una zona, che si può definire "montana",

⁶ [Relazione della qualità dell'aria 2018](#) – Territorio della provincia di Cuneo, Arpa Piemonte

caratterizzata da livelli di polveri sottili più bassi rispetto a quelli misurati dalle stazioni fisse della provincia, ma con andamento temporale analogo. Si può pertanto dedurre che nell'abitato di Pontechianale non sussistano criticità nel rispetto dei limiti normativi per questo inquinante.

In analogia a quanto riscontrato su tutto il territorio regionale, a Pontechianale il laboratorio mobile non ha evidenziato criticità per il monossido di carbonio, il benzene ed il biossido di zolfo. Questi sono inquinanti le cui concentrazioni si sono notevolmente ridotte negli anni, anche nelle zone urbane, grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche qualitative dei combustibili. Concentrazioni molto basse nel confronto con le stazioni della rete sono state misurate a Pontechianale anche per gli ossidi di azoto, inquinanti prodotti in tutti i processi di combustione ma che hanno poche sorgenti nel sito di montagna.

ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna

Pontechianale frazione Maddalena, 22/05/2019 ÷ 26/06/2019	
	SO₂ (µg/m³)
Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	6
Media dei valori orari	4
Massima media oraria	7
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
	CO (mg/m³)
Minima media giornaliera	0.1
Massima media giornaliera	0.2
Media dei valori orari	0.2
Massima media oraria	0.3
Percentuale ore valide	93%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.2
Massimo medie 8 ore	0.2
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
	Benzene (µg/m³)
Minima media giornaliera	0.1
Massima media giornaliera	0.5
Media dei valori orari	0.2
Massima media oraria	7.9
Percentuale ore valide	99%
	NO₂ (µg/m³)
Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	5
Media dei valori orari	3
Massima media oraria	8
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0

	O₃ (µg/m³)
Minima media giornaliera	67
Massima media giornaliera	98
Media dei valori orari	81
Massima media oraria	129
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	37
Media delle medie 8 ore	81
Massimo medie 8 ore	134
Percentuale medie 8 ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	26
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	7
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0
	PM₁₀ (µg/m³)
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	29
Media delle medie giornaliere:	11
Numero giorni validi	36
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0

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

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

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

I parametri monitorati sono i seguenti:

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

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

Caratteristiche: elementi distintivi dell'inquinante

Tipologia: suddivisione in base all'origine in

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

Fonte:

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

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

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

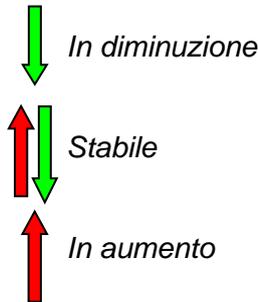
Misura: indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

Situazione: - condizione attuale  *Criticità assente*

 *Criticità moderata*

 *Criticità elevata*

- andamento negli anni dell'inquinante:



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

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

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

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

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

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

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2.5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino , ecc..., e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade) e gli impianti di riscaldamento rappresentano le fonti più significative.
Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", imnesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃ .
Permanenza spazio temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> - il PM₁₀, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il PM_{2.5}, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio , quali asma, bronchiti ed enfisemi . Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti. <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti.</p> <p>I materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>
Misura <i>gravimetrica</i>	Il PM ₁₀ e il PM _{2.5} sono determinati mediante campionamento su filtro e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.
 Situazione critica 	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM ₁₀ , è in miglioramento e anche se nell'ultimo anno per la prima volta dall'inizio delle misure i limiti sono stati rispettati continua a rappresentare una delle criticità più significative in quanto le condizioni meteo climatiche ne influenzano fortemente l'andamento.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi
PM10	24 ore	50 µg/m ³	35 per anno civile
	anno civile	40 µg/m ³	
PM2.5	anno civile	25 µg/m ³	

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

Caratteristiche NO ₂	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO₂, N₂O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO₂ è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, perché, oltre ad essere tossici, svolgono un ruolo fondamentale nella formazione dello "smog fotochimico". Sono infatti importanti precursori dell'ozono in estate e del PM₁₀ in inverno.</p>
Fonte naturale antropica	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'attività batterica sui composti dell'azoto, dall'attività vulcanica e dai fulmini: ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresentano la fonte più significativa.</p>
Tipologia primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria. La maggior parte dell'NO₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, ed è quindi di natura secondaria.</p>
Permanenza spazio temporale	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO₂ e quattro giorni per l'NO.</p>
Effetti salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO₂ sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti, e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.</p>
Misure chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m³).</p>
 Situazione stabile 	<p>L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO₂ che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO₂, ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.</p>

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

OZONO

Caratteristiche <i>O₃</i>	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	È un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante) , che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane) , in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
Tipologia <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili . L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico.
Permanenza spazio temporale	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare . Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante . I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza .
Misura <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i>	La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di O ₃ ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di O ₃ è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³).
 Situazione <i>critica</i> 	I superamenti dei riferimenti normativi continuano ad essere significativi a livello europeo nonostante la riduzione di lungo termine osservata negli ultimi 25 anni. Data l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, l'andamento delle concentrazioni di O ₃ può variare considerevolmente negli anni ed è difficilmente controllabile.

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

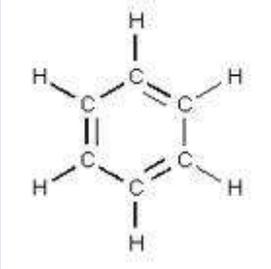
(**) Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (=40 parti per miliardo) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni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

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

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

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite		
Ossido di Zolfo	1 ora	350 µg/m ³		
	1 giorno	125 µg/m ³		

BENZENE

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

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

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Caratteristiche CO	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli incendi boschivi, le eruzioni dei vulcani, le emissioni da oceani e paludi.</p> <p>La fonte antropica più significativa è rappresentata dal traffico veicolare, in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo e fasi di decelerazione): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli impianti di riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche, gli inceneritori di rifiuti, per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.</p>
Tipologia <i>primario</i>	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.
Permanenza spazio temporale	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.
Effetti salute	<p>Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, ad elevate concentrazioni, esiti letali. A basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza. Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
Misure <i>Assorbimento IR</i>	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 ³).
 Situazione <i>buona</i> ↓	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.

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