

## Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

### Comune di Auronzo Loc. Palus San Marco

Periodo di attuazione:  
27 giugno - 2 settembre 2019  
22 gennaio – 4 maggio 2020



Relazione tecnica

**Progetto e realizzazione**  
**Dipartimento Provinciale di Belluno**  
**Responsabile: Anna Favero**  
**Servizio Monitoraggio e Valutazioni**  
**Responsabile Dirigente delegato: Simonetta Fuser**  
**Massimo Simionato Riccardo Tormen Stefania Ganz**

**Con la collaborazione di:**  
**Dipartimento Regionale Laboratori**  
**Responsabile: F. Daprà**  
**Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio**  
**Responsabile: S. Micheletti**  
**Servizio Centro Meteorologico di Teolo M. Sansone**

**NOTA: "È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte."**

**Belluno ottobre 2020**

# INDICE

INTRODUZIONE .....	4
1 – Articolazione della campagna di monitoraggio .....	4
2 - Caratteristiche del sito.....	4
3 - Contestualizzazione meteo climatica .....	6
4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	8
4.1 Inquinanti monitorati .....	8
4.2 Normativa di riferimento .....	17
5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi .....	20
6 - Efficienza di campionamento.....	21
7 - Analisi dei dati rilevati .....	21
7.1 - Rappresentazione grafica dei dati.....	24
8 - Conclusioni.....	30
ALLEGATO1: GLOSSARIO .....	32
ALLEGATO2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI.....	34

## **INTRODUZIONE**

Su richiesta dell'amministrazione comunale di Auronzo, il dipartimento ARPAV di Belluno si è reso disponibile all'attuazione di due campagne di monitoraggio sul territorio comunale: una in ambito urbano e una in posizione più decentrata a elevata naturalità. La prima posizione coperta dal monitoraggio è stata quella di Palus San Marco, all'interno della proprietà della struttura ricettiva "Villa Gregoriana". A questa ha fatto seguito il monitoraggio presso il palaghiaccio cittadino, condotto tra fine estate 2019 e gennaio 2020.

Questa relazione illustra in modo sintetico i risultati ottenuti nel sito di Palus San Marco nel corso della campagna estiva del 2019 e di quella invernale del 2020, in riferimento ai limiti di legge vigenti; essa offre inoltre una breve rappresentazione grafica dei risultati, per meglio evidenziare l'andamento degli inquinanti nel corso dell'indagine.

### **1 – Articolazione della campagna di monitoraggio**

Come accennato precedentemente, la campagna di monitoraggio è articolata in due fasi, una estiva e una invernale. Infatti, considerata la variazione stagionale delle concentrazioni di molti inquinanti e l'influenza delle condizioni meteo-climatiche sul loro accumulo, le campagne di misura mediante laboratorio mobile sono ripetute in due diversi periodi dell'anno, uno nel semestre estivo e l'altro nel semestre invernale. I risultati dei due periodi sono valutati congiuntamente per poter ottenere un giudizio complessivo della qualità dell'aria, in relazione alle diverse condizioni di rimescolamento che si instaurano nella troposfera nel corso dell'anno e, quindi, alle diverse dinamiche di dispersione degli inquinanti. Per il monitoraggio è stato utilizzato un laboratorio mobile attrezzato con specifiche apparecchiature le cui caratteristiche tecnico analitiche sono descritte di seguito.

### **2 - Caratteristiche del sito**

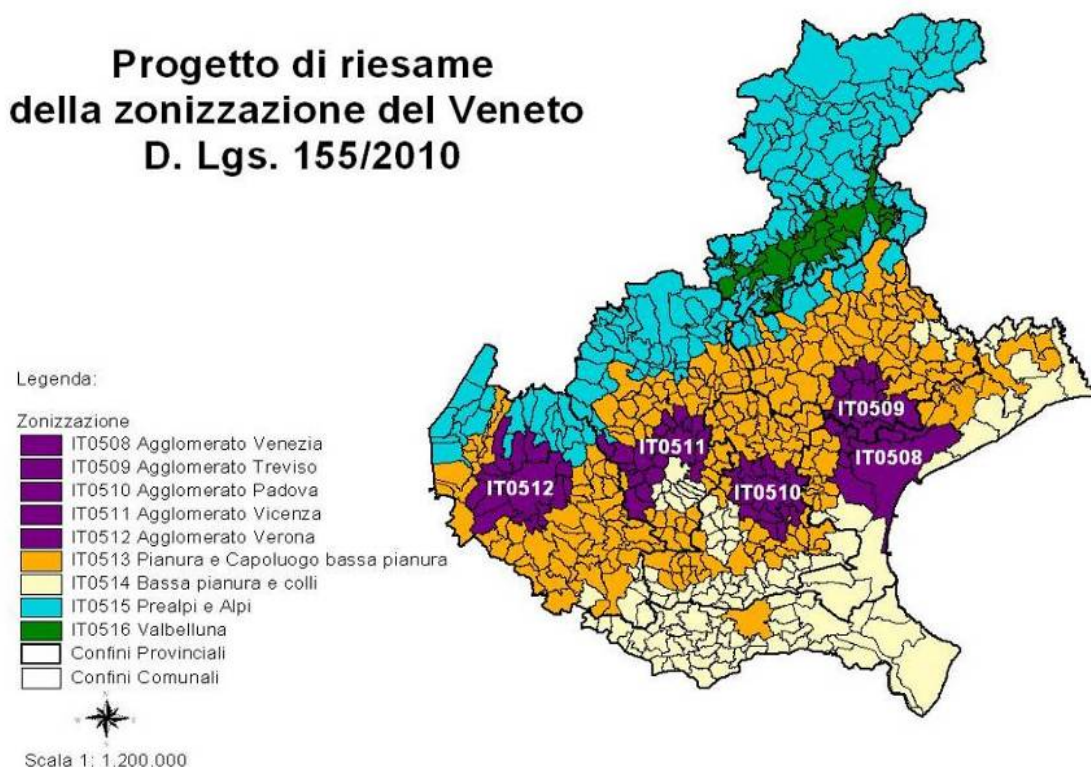
In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010, di attuazione della direttiva 2008/50/CE, la zonizzazione del territorio nazionale è il presupposto su cui si fonda l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente. A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna area o agglomerato è stata classificata in base a criteri generali; è seguita una seconda fase di approfondimento sito specifica, mediante misurazioni e mediante altre tecniche in conformità alle disposizioni del decreto.

La Regione Veneto, con DGR n. 3195/2006, aveva provveduto alla zonizzazione del proprio territorio; tuttavia era necessario un approfondimento mirato, in relazione ai requisiti richiesti dall'appendice I al D.Lgs. 155/2010, in particolare per quanto riguarda le caratteristiche orografiche e meteo climatiche, il carico emissivo e il grado di urbanizzazione del territorio.

La prima zonizzazione è stata, quindi, riesaminata da ARPAV per conto della Regione Veneto, con la supervisione del Ministero dell'Ambiente, al fine di ottenere una valutazione omogenea e integrata delle diverse zone a livello sovra regionale.

La nuova zonizzazione del territorio veneto è stata approvata con Delibera della Giunta Regionale n.2130/2012, efficace dal gennaio 2013 e, in base ad essa, il

Veneto è attualmente suddiviso in 5 agglomerati e 4 zone, di cui due di pianura e due di montagna.



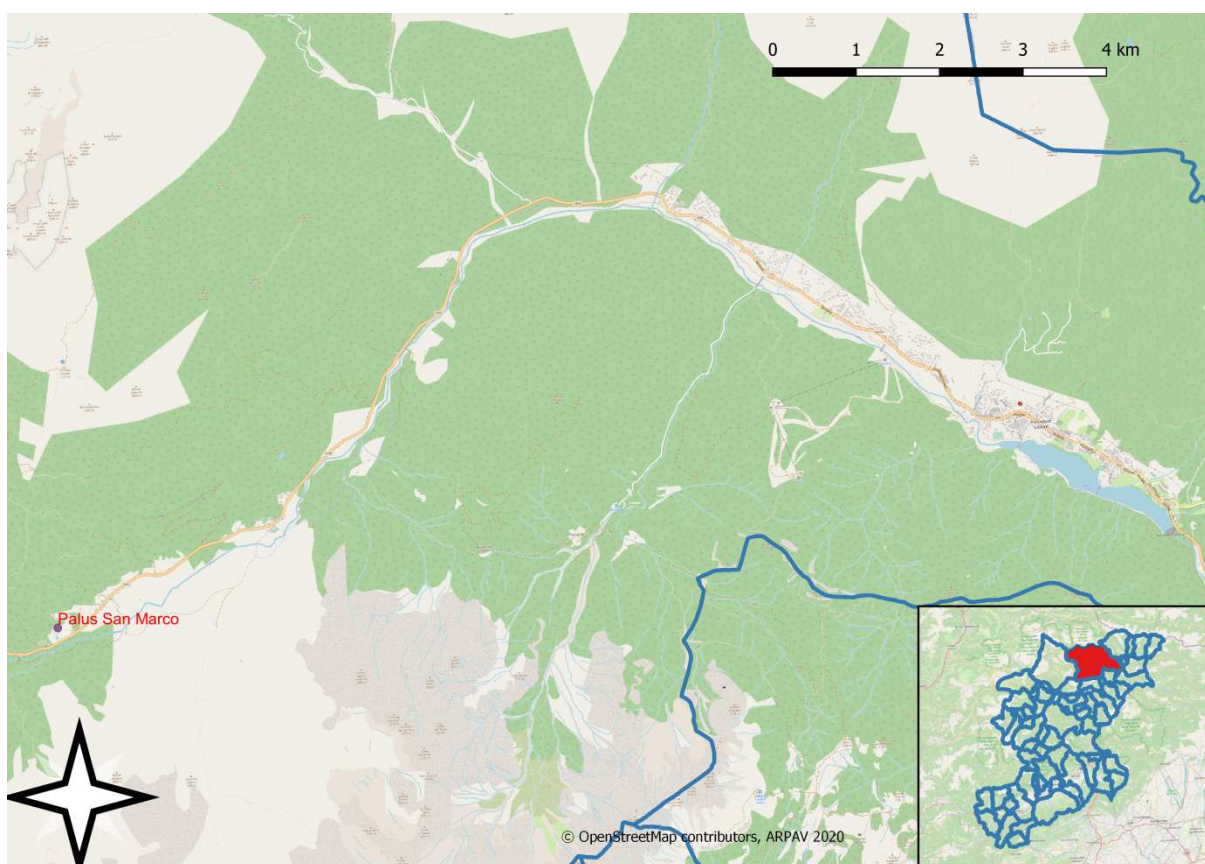
I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

**Prealpi e Alpi (IT0515).** Coincidente con la parte montuosa della regione, comprende i Comuni con altitudine della casa comunale maggiore di 200 m, generalmente non interessati dal fenomeno dell'inversione termica, a ridotto contributo emissivo e con basso numero di abitanti.

**Val Belluna (IT0516).** E' costituita dall'omonima valle in provincia di Belluno, identificata dalla porzione di territorio intercomunale, inferiore all'isolinea dei 600 m di quota, interessata da fenomeni, anche persistenti, di inversione termica, con contributo emissivo significativo ed elevata urbanizzazione nel fondovalle. Interseca 29 Comuni della provincia di Belluno e comprende il Comune Capoluogo.

Il sito della presente indagine ha coordinate Gauss Boaga fuso Ovest 1752043; 5158598 e ricade nella zona Prealpi e Alpi (IT0515).

Le immagini che seguono identificano il punto di collocazione del laboratorio mobile all'interno del comune di Auronzo di Cadore e del comune stesso nel contesto provinciale.



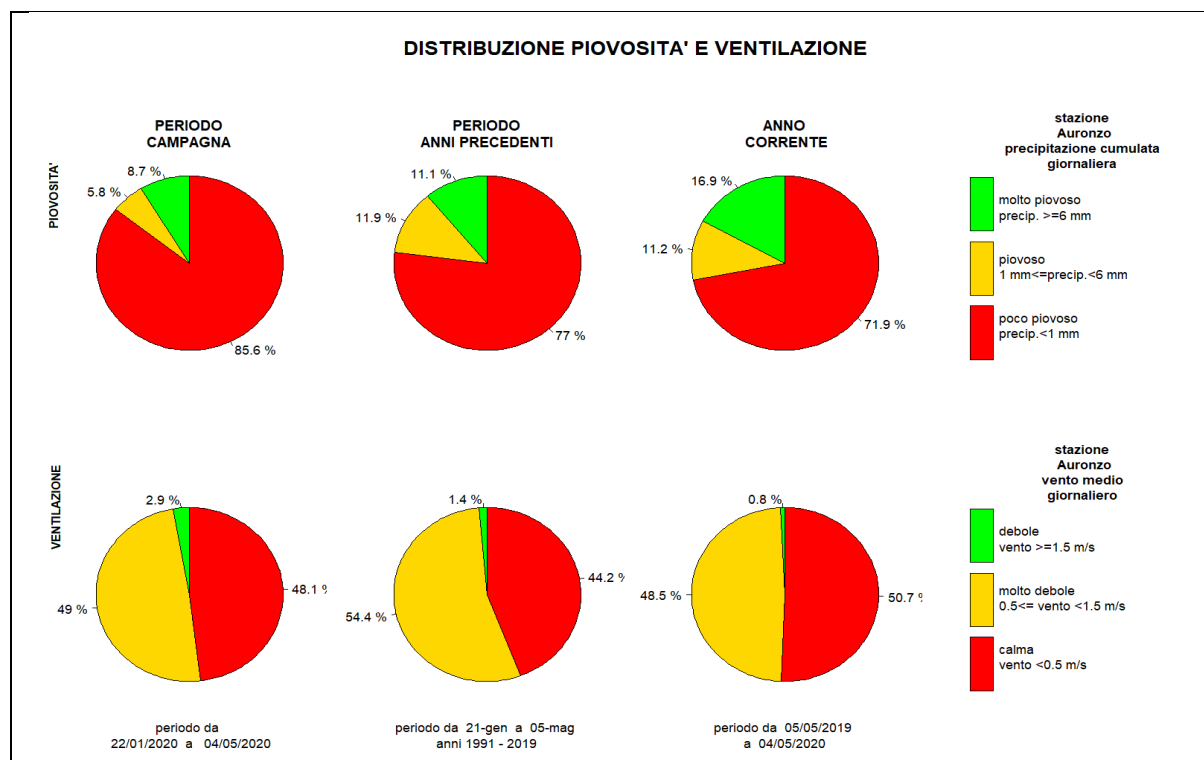
### 3 - Contestualizzazione meteo climatica

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari che riportano la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi:

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 0.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti,
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 0.5 m/s e 1.5 m/s): situazioni debolmente dispersive,
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 1.5 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati; in particolare per il vento medio giornaliero si sono utilizzati intervalli tali da consentire il confronto tra venti di debole intensità. Per analizzare la situazione meteorologica si è utilizzata la stazione ARPAV di Auronzo (cod. 53), dotata di anemometro a 5 m. Essa dista dal luogo di svolgimento della campagna di misura circa 10 km e può essere ritenuta adeguatamente rappresentativa per le considerazioni sulla piovosità. Invece, per quanto riguarda il vento, pur essendo la stazione 53 in fondovalle come il luogo dove

si è svolta la campagna, tuttavia le due località si trovano in due valli orientate in maniera diversa; pertanto si ritiene plausibile l'informazione sull'intensità del vento, mentre l'informazione sulle direzioni prevalenti dei venti rilevati presso la stazione ARPAV di Auronzo non può essere ritenuta rappresentativa di quella specifica della località di Palus San Marco.



diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

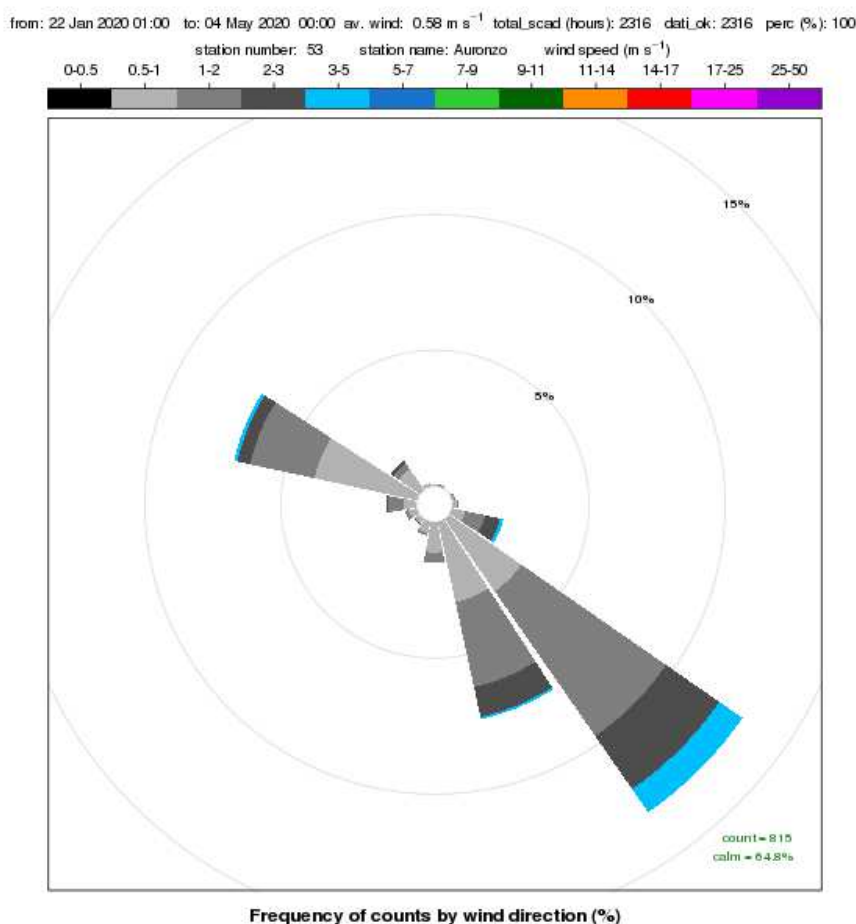
Nella precedente immagine si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (Auronzo) in tre periodi:

- 22 gennaio – 4 maggio 2020, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 21 gennaio – 5 maggio dall'anno 1991 all'anno 2019 (pentadi di riferimento, ovvero PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 5 maggio 2019 – 4 maggio 2020 (ANNO CORRENTE).

Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che durante il periodo di svolgimento della campagna di misura:

- i giorni poco piovosi sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente;

- i giorni con calma di vento sono stati un po' più numerosi rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti e leggermente meno frequenti rispetto all'anno corrente.



rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Auronzo nel periodo 22 gennaio – 4 maggio 2020

La rosa dei venti registrati presso la stazione di Auronzo durante lo svolgimento della campagna di misura illustra la prevalenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.6 m/s) con una frequenza di circa il 65% dei casi. La velocità media è pari a circa 0.6 m/s. I venti sono orientati lungo la direzione sud-est nord-ovest, che è quella dell'asse principale della vallata nel punto in cui è posta la stazione 53 di ARPAV. Come detto sopra, l'area di svolgimento della campagna di qualità dell'aria è in una vallata orientata in maniera diversa (all'incirca sud-ovest nord-est), quindi la rosa dei venti registrati presso la stazione di Auronzo è da ritenersi non significativa per la località Palus San Marco.

## 4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

### 4.1 Inquinanti monitorati

La stazione rilocabile utilizzata è dotata di analizzatori in continuo per la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente e più precisamente: monossido



di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), monossido e ossidi di azoto (NO - NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) e polveri (PM<sub>10</sub>).

Inoltre, contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati raccolti su filtro e inviati al laboratorio ARPAV alcuni campioni di polveri PM<sub>10</sub> per la successiva determinazione analitica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

### **Materiale particolato - Polveri (PM<sub>10</sub>)**

Per materiale particolato (PM) aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche, solide e liquide, sospese in aria ambiente, formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, di origine sia antropica sia naturale. La suddivisione granulometrica distingue due frazioni:

- le polveri PM<sub>10</sub>, cioè il particolato che ha un diametro inferiore a 10 µm;
- le polveri PM<sub>2.5</sub>, che costituiscono, in genere, circa il 60-90% delle PM<sub>10</sub>, e rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2.5 µm.

Lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha riclassificato alcune sostanze della lista dei cancerogeni noti e, fra questi, ha ufficializzato l'entrata delle polveri sottili e, in genere, dell'inquinamento atmosferico nella categoria 1, cioè fra i cancerogeni riconosciuti per l'uomo.

Parte delle polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti, naturali e antropiche (particelle primarie); parte, invece, deriva da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (particelle secondarie).

L'abbattimento e/o l'allontanamento delle polveri è legato, in gran parte, alla meteorologia. Pioggia e neve abbattono le particelle, il vento le sposta anche sollevandole, mentre le dinamiche verticali connesse ai profili termici e/o eolici le disperdono.

Le più importanti sorgenti naturali sono:

- incendi boschivi;
- polveri al suolo risollevate e trasportate dal vento;
- aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.);
- emissioni vulcaniche;
- aerosol marino.

Le più rilevanti sorgenti antropiche sono:

- processi di combustione di legno, derivati del petrolio, residui agricoli;
- emissioni prodotte in vario modo dal traffico veicolare (emissioni dei gas di scarico, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale);
- processi industriali;
- emissioni prodotte da altri macchinari e veicoli (mezzi di cantiere e agricoli, aeroplani, treni, ecc.).

Una volta emesse, le polveri PM<sub>10</sub> possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro più sottile, ad esempio PM<sub>1</sub>, possono rimanere in circolazione per circa un mese.

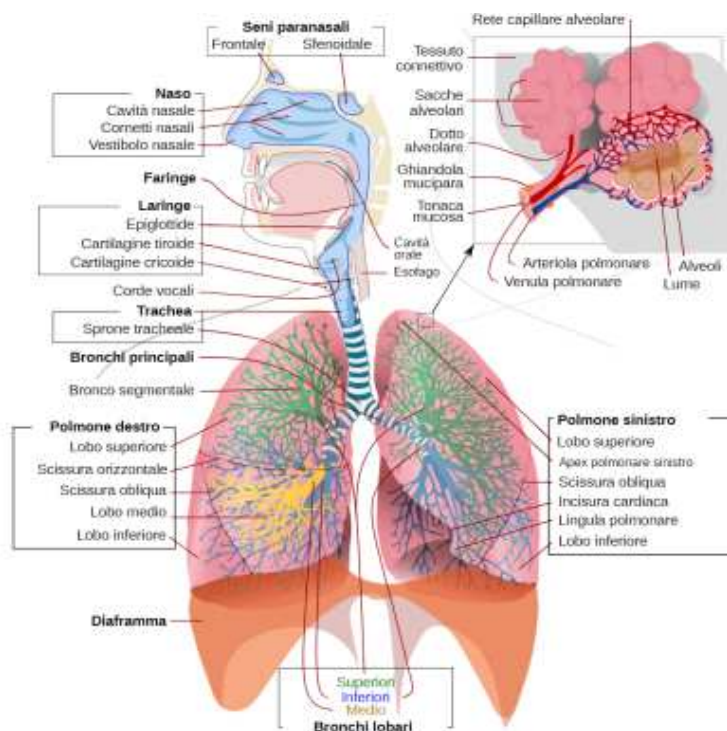
Nei centri urbani, le polveri sottili sono prodotte, principalmente, dai fenomeni di combustione annessi al traffico veicolare e agli impianti di riscaldamento, che sono le cause, anche, dell'inquinamento da PM<sub>10</sub>, il più pericoloso per la salute umana.

Il particolato emesso dai camini di altezza elevata può essere trasportato dagli agenti atmosferici anche a grandi distanze; per questo motivo, parte dell'inquinamento di fondo riscontrato in una determinata città può provenire anche da fonti lontane dal centro urbano.

La dimensione delle particelle in sospensione è il parametro principale che ne caratterizza il comportamento.

L'apparato respiratorio è un canale che si diparte dalle prime vie aeree, naso e bocca, cui seguono la faringe, la laringe e la trachea; quest'ultima prosegue nei due bronchi principali che si dividono, poi, all'interno dei polmoni, a costituire l'albero bronchiale. Con successive ramificazioni e riduzioni del lume, l'albero bronchiale finisce con i bronchioli alveolari che, negli alveoli polmonari, garantiscono lo scambio gassoso fra il sangue e l'ossigeno atmosferico. E' facile quindi immaginare che le particelle di dimensioni maggiori siano trattenute nelle porzioni a lume maggiore mentre quelle più sottili riescano a penetrare sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla loro deposizione, che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.

La deposizione si verifica quando la velocità delle particelle si azzerava per effetto delle forze di resistenza inerziale che annullano la velocità di trascinarsi dell'aria; questa decresce dal naso sino agli alveoli polmonari. Pertanto, procedendo dal naso, o dalla bocca, attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

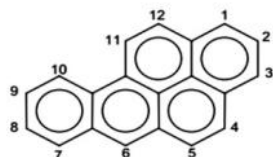


[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Respiratory\\_system\\_complete\\_it.svg/925px-Respiratory\\_system\\_complete\\_it.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Respiratory_system_complete_it.svg/925px-Respiratory_system_complete_it.svg.png)

Di File:Respiratory system complete en.svg - LadyofHats, Jmarchntranslation by: Daniele Pugliesi - File:Respiratory system complete en.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5662028>

## Benzo(a)Pirene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti dalla combustione incompleta di composti organici e, pertanto, derivano da fonti per la massima parte di tipo antropico, anche se esistono apporti dovuti a incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche. Il principale IPA è il benzo(a)pirene (B(a)P), unico tra questi composti soggetto alla normativa sull'inquinamento atmosferico. I processi che lo originano comportano la concomitante formazione di altri IPA non soggetti alla normativa.



Product Name: BENZO[A]PYRENE

CAS: 50-32-8

MF: C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>

MW: 252.31

EINECS: 200-028-5

Tratto da /www.chemicalbook.com

Molti IPA sono stati classificati dallo IARC come “probabili” o “possibili cancerogeni per l'uomo”; il benzo(a)pirene è stato classificato come “cancerogeno riconosciuto per l'uomo”.

Le principali sorgenti antropiche di questi composti sono i processi di combustione quali: il riscaldamento domestico, il traffico veicolare e i processi di combustione industriale.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza degli IPA, soprattutto durante i mesi freddi e nelle aree caratterizzate da climi rigidi, come la provincia di Belluno. Le caratteristiche delle emissioni sono, ovviamente, funzione sia della tipologia di combustibile utilizzata sia della struttura tecnica dell'impianto di riscaldamento. Ad esempio, è noto che il contenuto di IPA nel particolato derivante dalla combustione di legname è maggiore rispetto a quello derivante dalla combustione del gasolio. È importante sottolineare che gli impianti di riscaldamento alimentati a metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla, risultando i più “puliti” per questo inquinante.

Nelle zone urbane, le emissioni di IPA dovute al traffico veicolare, in particolare ai processi di combustione dei motori diesel, sono rilevanti. Le quantità emesse sono correlate all'efficienza e alla qualità tecnica del motore, al grado di manutenzione, alla quantità di IPA presenti nel carburante, nonché alla presenza ed efficienza di sistemi di riduzione delle emissioni.

Nei processi combustivi si possono verificare, inoltre, reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche della composizione degli IPA.

Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che utilizzano oli combustibili o gasoli.

In genere, gli IPA presenti nell'aria, pur essendo chimicamente stabili, possono degradare reagendo con la luce del sole. I composti di massa maggiore si adsorbono al particolato aerodisperso e si depositano, poi, al suolo. Per la loro relativa stabilità e per la capacità di aderire alle polveri, possono essere trasportati anche a grandi distanze dal luogo di produzione.

### **Monossido di Carbonio (CO)**

Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, prodotto dai processi di combustione incompleta di qualsiasi materiale organico, cioè in carenza di ossigeno comburente. Inalato, si lega con l'emoglobina, una proteina presente nei globuli rossi e deputata al trasporto dell'ossigeno, formando la carbossiemoglobina, molecola molto più stabile di quella che si forma tra emoglobina e ossigeno; in questo modo il CO impedisce il normale trasporto dell'ossigeno ai tessuti periferici, determinando effetti tossicologici di diversa entità.

Fortunatamente, le concentrazioni abitualmente rilevate nell'atmosfera urbana producono effetti sulla salute reversibili e non acuti.

Il CO è una molecola stabile che, in atmosfera, non è soggetta a reazioni chimiche; ha un tempo di permanenza di quattro mesi circa. La sua concentrazione decresce progressivamente all'aumentare della distanza dalle sorgenti di emissione, cioè principalmente le strade e il traffico veicolare che le percorre.

Le fonti più importanti di CO sono, infatti, i veicoli a motore, e quindi il traffico, gli insediamenti produttivi e le abitazioni.

La quantità emessa varia in relazione al tipo di motore ed è maggiore in quelli a benzina rispetto ai diesel che, utilizzando più aria, ottengono una combustione più completa. Rilevante è anche il regime del motore: la produzione di CO è maggiore in avviamento, in decelerazione e al minimo, mentre è minore a velocità di crociera. Nel traffico urbano, quindi, la quantità di CO prodotta dai veicoli è relativamente elevata a causa delle frequenti decelerazioni, accelerazioni e soste con il motore al minimo. La concentrazione di CO nei gas di scarico è influenzata anche dal sistema di alimentazione del motore, dalla sua regolazione e dalla presenza o meno dei dispositivi di limitazione delle emissioni. Il progressivo rinnovo del parco autoveicolare e i provvedimenti di fluidificazione del traffico hanno portato, a parità di veicoli circolanti, a una riduzione delle emissioni.

### **Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)**

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per la qualità dell'aria ci si riferisce, principalmente, al monossido di azoto (NO), al biossido (NO<sub>2</sub>) e alla loro somma pesata.

Il biossido di azoto è un inquinante prevalentemente secondario, prodotto dell'ossidazione del monossido di azoto, emesso direttamente in atmosfera in proporzione minore. Svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico poiché costituisce l'intermedio di base per la produzione di altri inquinanti secondari pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso, che possono depositarsi al suolo per via umida, con le precipitazioni, o per via secca,

determinando il fenomeno delle piogge acide, responsabili di danni alla vegetazione e agli edifici.

Si tratta inoltre di un gas irritante per le mucose e responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni).

La formazione del biossido di azoto richiede ambienti ad alta densità energetica, come ad esempio le combustioni dei motori, in eccesso di ossigeno. In queste condizioni l'ossigeno disponibile, favorito dalle alte temperature, si lega alle molecole di azoto presenti nell'aria, dando origine dapprima al monossido di azoto e poi al biossido di azoto.

La quantità prodotta cresce con la temperatura di combustione e con la velocità di raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione della molecola in azoto ed ossigeno.

Le miscele "ricche", cioè in difetto di aria, producono emissioni con limitate concentrazioni di monossido d'azoto poiché la camera di combustione non raggiunge temperature molto elevate e la concentrazione di ossigeno è limitata; viceversa, è elevata la concentrazione di idrocarburi e monossido di carbonio, per effetto della combustione incompleta.

Miscele "povere", cioè con eccesso di aria, determinano maggiori concentrazioni di NO nelle emissioni, e limitano la resa del motore a causa dell'eccesso di aria che raffredda la camera di combustione. Quando i fumi si mescolano con aria allo scarico, si forma una significativa quantità di biossido d'azoto per ossidazione del monossido ad opera dell'ossigeno.

Altre importanti fonti di ossidi d'azoto sono gli impianti di combustione degli insediamenti produttivi, gli impianti di riscaldamento domestico e le pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti azotati, a causa dei processi ossidativi dell'ammoniaca.

## **Ossidi di Zolfo (SO<sub>x</sub>)**

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e l'anidride solforica (SO<sub>3</sub>), con predominanza della prima; questi composti sono comunemente indicati come SO<sub>x</sub>. L'anidride solforosa, o biossido di zolfo, è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. A basse concentrazioni, gli effetti del biossido di zolfo sulla salute umana sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e a irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose. È inoltre accertata una sinergia dannosa in caso di esposizione combinata con il particolato, dovuto probabilmente alla capacità di quest'ultimo di trasportare il biossido di zolfo nelle aree più interne del polmone.

L'SO<sub>2</sub> è responsabile anche dell'ingiallimento delle foglie delle piante poiché interferisce con la formazione e il funzionamento della clorofilla. La presenza di ozono ha un'azione sinergica sugli effetti dell'SO<sub>2</sub>, cioè ne aumenta l'effetto negativo sugli organismi vegetali.

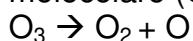
Il biossido di zolfo si forma nel processo di combustione, per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili fossili quali carbone, olio combustibile e gasolio. Le fonti di emissione principali sono, dunque, legate agli impianti di produzione di energia per via termica, agli impianti di riscaldamento, a tutte le combustioni industriali e al traffico.

L'anidride solforosa emessa in atmosfera tende a ossidarsi in anidride solforica che, per reazione di idratazione con l'umidità e la pioggia, produce acido solforico, corrosivo, i cui effetti si riscontrano anche sui materiali da costruzione, sui metalli e sulle vernici.

In particolare, l'acido solforico trasforma i carbonati insolubili dei monumenti e delle opere d'arte in solfati solubili, dilavati poi dalla pioggia. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di elevate quantità di emissioni può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificare nelle zone più basse.

## Ozono (O<sub>3</sub>)

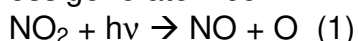
L'ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente in ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>) e un atomo di ossigeno libero, estremamente reattivo



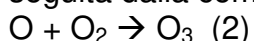
Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici sia inorganici.

L'ozono presente nella bassa troposfera è principalmente il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti presenti nell'atmosfera, detti precursori, nelle quali interviene l'azione dell'irraggiamento solare. I principali precursori coinvolti sono gli ossidi di azoto e i composti organici volatili (COV).

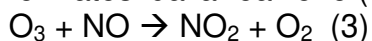
La produzione di ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del biossido di azoto, ovvero la scissione di questa molecola da parte della radiazione solare,  $h\nu$ , con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, in monossido d'azoto ed ossigeno atomico:



seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:



Una volta prodotto, l'ozono può a sua volta reagire con il monossido di azoto formatosi dalla reazione (1) per riformare il biossido di azoto di partenza:



L'ozono è quindi prodotto dalla reazione (2) e successivamente rimosso dalla reazione (3) in un ciclo a produzione teoricamente nulla.

In troposfera sono però presenti specie molto reattive chiamate "radicali perossilchilici", convenzionalmente indicati come RO<sub>2</sub>, prodotte dalla ossidazione di idrocarburi e altri composti organici volatili. Il monossido di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:



In presenza di radicali perossilchilici la reazione (4) risulta competitiva rispetto alla reazione (3), la quale non ha modo di avvenire, essendo uno dei reagenti, il monossido di azoto, rimosso dalla reazione (4); l'ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può quindi accumularsi in atmosfera.

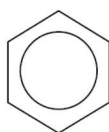
I precursori coinvolti nel ciclo dell'ozono possono essere di origine antropica, a seguito di combustioni ed evaporazione di solventi organici, o derivare da sorgenti naturali di emissione quali incendi e vegetazione.

Nei centri urbani gli inquinanti coinvolti nella produzione di ozono derivano principalmente dal traffico veicolare. Nella complessa serie di reazioni coinvolgenti  $\text{NO}_x$  e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi si ricordano il toluene, l'etene, il propene e l'isoprene. Dopo l'emissione, i precursori si disperdono nell'ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche. Affinché dai precursori, con l'azione della radiazione solare, si formi ozono in quantità apprezzabili, è necessario un certo periodo di tempo che può variare da poche ore ad alcuni giorni. Questo fa sì che le concentrazioni di  $\text{O}_3$  in un dato luogo non siano linearmente correlate alle quantità di precursori emessi nella zona considerata. Inoltre, visto il tempo necessario per la formazione di ozono, le masse d'aria contenenti  $\text{O}_3$ , COV ed  $\text{NO}_x$  possono percorrere notevoli distanze, anche centinaia di chilometri, determinando effetti in aree diverse da quelle di produzione. Da ciò deriva che il problema dell'inquinamento da ozono non può essere valutato strettamente su base locale, ma deve essere considerato su ampia scala.

Le concentrazioni di ozono sono, quindi, fortemente influenzate dalle condizioni atmosferiche; le reazioni che portano alla sua formazione sono reazioni fotochimiche e quindi le concentrazioni dell'inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare e diminuiscono con l'aumentare della nuvolosità. La conseguenza è che i valori massimi di concentrazione di ozono si registrano nel tardo pomeriggio estivo.

L'ozono è una molecola altamente reattiva che, a elevati livelli, può produrre effetti irritanti importanti sui tessuti animali e la degenerazione dei tessuti vegetali. L'esposizione ad alte concentrazioni di ozono, tipicamente per brevi periodi, dà origine, nell'uomo, a irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e all'apparato respiratorio, sintomi che possono essere più marcati nel caso di attività fisica particolarmente intensa. Inoltre l'esposizione a elevate concentrazioni di ozono può accentuare gli effetti di patologie esistenti, quali asma, malattie dell'apparato respiratorio e allergie. Va detto infine che gli effetti dell'ozono tendono a cessare piuttosto velocemente con l'esaurirsi dell'episodio di accumulo di questo inquinante.

## Benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )



Product Name:	<a href="#">BENZENE</a>
CAS:	<a href="#">71-43-2</a>
MF:	$\text{C}_6\text{H}_6$
MW:	78.11
EINECS:	200-753-7

Il benzene è un idrocarburo aromatico a struttura esagonale. Conosciuto anche come benzolo, è la molecola aromatica più semplice e per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici.

A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore a rapida evaporazione e altamente infiammabile.

La sua origine in ambiente è sia naturale sia antropica; fra le fonti naturali, che peraltro hanno un ruolo minimo, si ricordano gli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell'aria è, invece, un sottoprodotto delle attività umane e, fra queste, principalmente le combustioni parziali.

Per quanto riguarda l'apporto dovuto al traffico, le emissioni dei mezzi a benzina prevalgono rispetto ai diesel e provengono, per circa il 95%, dai gas di scarico; il restante 5% è causato dall'evaporazione del carburante dal serbatoio e dal motore durante le soste e i rifornimenti.

Lo IARC classifica il benzene come sostanza cancerogena per l'uomo di classe I.

Si riassumono, di seguito, le principali sorgenti di emissione degli inquinanti considerati.

**Sorgenti emissive dei principali inquinanti (\* = Inquinante Primario, \*\* = Inquinante Secondario).**

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Particolato Fine*/** PM10	Traffico veicolare on road e off road, impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali, fenomeni di risollevarimento
Monossido di Carbonio* CO	Traffico veicolare on road e off road (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili), impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali
Biossido di Azoto* NO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, traffico veicolare on road e off road, centrali termoelettriche, attività industriali (processi di combustione con ossigeno e azoto atmosferici)
Biossido di Zolfo* SO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili), veicoli diesel
Ozono** O <sub>3</sub>	Non ci sono significative sorgenti antropiche di emissione in atmosfera
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico veicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento



## 4.2 Normativa di riferimento

L'esigenza di evitare, prevenire e ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente è la finalità della vigente normativa in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, ossia del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, di attuazione della Direttiva 2008/50/CE.

A tal fine, il Decreto individua gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente, stabilisce metodi e criteri di valutazione uniformi sul territorio nazionale, utilizza le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente per individuarne gli effetti sulla salute umana e sull'ambiente e per stabilire le azioni di contrasto, prevedendo altresì il monitoraggio delle tendenze a lungo termine e degli eventuali miglioramenti determinati dalle azioni intraprese.

La norma individua, quindi:

- valori limite degli inquinanti per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- livelli critici per la protezione dei recettori naturali e degli ecosistemi;
- valori obiettivo per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana;
- obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

Per tutti gli inquinanti sopra considerati sono in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, di attuazione della Direttiva 2008/50/CE.

Il D.Lgs. 155/2010, in effetti, ha riordinato e unificato la norma previgente, mantenendone il sistema di limiti e di prescrizioni, lasciando invariate le sostanze da controllare, con i relativi limiti, e regolamentando - per la prima volta a livello nazionale - il particolato PM2.5.

Nelle Tabelle che seguono si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge mediati sul breve periodo, correlati all'esposizione acuta della popolazione, e limiti di legge mediati su lungo periodo, correlati all'esposizione cronica della popolazione. Sono infine indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione della vegetazione.

### Riferimenti di legge per l'esposizione acuta - D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE
PM10	Valore limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione Media oraria *	180 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di allarme Media oraria *	240 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme **	400 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>
CO	Valore limite Media massima giornaliera calcolata su 8 h	10 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme **	500 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>

\* per l'applicazione dell'articolo 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento di tre ore consecutive

\*\* misurato per 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 Km<sup>2</sup> oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

### Riferimenti di legge per l'esposizione cronica - D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
PM10	Valore limite Media su anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	
PM2.5	Valore limite Media su anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della salute Media massima giornaliera calcolata su 8 h da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni	120 µg/m <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata su 8 h nell'arco dell'anno civile	120 µg/m <sup>3</sup>	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita
NO <sub>2</sub>	Valore limite Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	
Pb	Valore limite Media su anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Valore limite Media su anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	
As	Valore obiettivo Media su anno civile	6 ng/m <sup>3</sup>	
Ni	Valore obiettivo Media su anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	
Cd	Valore obiettivo Media su anno civile	5 ng/m <sup>3</sup>	
B(a)P	Valore obiettivo Media su anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>	

## Riferimenti di legge per la vegetazione - D.Lgs. 155/2010

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
SO <sub>2</sub>	Livello critico per la vegetazione Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	Livello critico per la vegetazione (1 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>x</sub>	Limite critico per la vegetazione Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	18000 µg/m <sup>3</sup> h come media su 5 anni	
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	6000 µg/m <sup>3</sup> h come media su 5 anni	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita

\* AOT 40= Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 Parts Per Billion definito come la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie di ozono e la soglia prefissata 40 ppb, relativamente alle ore di luce.

## 5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti allestiti a bordo delle stazioni rilocabili hanno caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C e una pressione di 101,3 kPa) e realizzano acquisizione, misura e registrazione dei dati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare). La determinazione del particolato inalabile PM10 è stata realizzata con analizzatore in continuo (mediante principio di misura ad attenuazione di raggi beta), che utilizza filtri da 47 mm di diametro in nitrato di cellulosa e cicli di prelievo di 24 ore.

Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al Benzo(a)Pirene) sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento su filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008.

Le determinazioni del Benzo(a)Pirene sono state eseguite seguendo frequenze utili a rispettare l'adeguamento agli obiettivi di qualità dei dati previsti dall'allegato I al D.Lgs. 155/2010.

## 6 - Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità dei dati di cui all'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce i criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione. Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misure effettuate con i mezzi mobili, il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno), con una resa del 90%; in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi, di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1 ottobre - 31 marzo) e in quello estivo (1 aprile - 30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.

Anche per gli IPA e per gli altri metalli la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (con una resa del 90%); è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6%, purché si dimostri il rispetto dell'incertezza estesa nel calcolo della media annuale.

In relazione a quanto sopraesposto, nel corso delle due fasi del monitoraggio svolto a Palus San Marco, è stata raggiunta una resa complessiva ponderata tra i due periodi del 100% per il benzene e per il Benzo(a)Pirene, del 95% per il CO, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, del 94% per l'ozono. Il grado di copertura su base annuale, sebbene ottenuto sommando campionamenti svolti in anni diversi, testimonia l'elevata rappresentabilità dell'indagine che ha raggiunto un valore del 41% (172 giorni).

## 7 - Analisi dei dati rilevati

In questo paragrafo si illustrano i risultati ottenuti per ogni inquinante monitorato rispetto ai valori limite e ai valori obiettivo previsti dalla normativa; si formulano, poi, alcune considerazioni sulla loro variazione stagionale, rappresentata graficamente nel sottoparagrafo 7.1.

**Polveri PM<sub>10</sub>:** nel periodo di monitoraggio non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di esposizione, pari a 50 µg/m<sup>3</sup>. Il dato massimo è stato di 25 µg/m<sup>3</sup>. Il valore medio del periodo si è attestato sui 10 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Il periodo invernale a Palus San Marco è stato connotato da una presenza di questo inquinante davvero modesta, inferiore addirittura alla media estiva e con valori comunque estremamente bassi. La media ponderata dei due periodi, sebbene afferenti ad annate diverse, testimonia la favorevole situazione per il PM<sub>10</sub>.

		PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Stazione rilocabile di Auronzo Palus San Marco
27 giugno - 2 settembre 2019	Media	13
	n° superamenti	0
	n° dati	67
	% superamenti	0
22 gennaio - 4 maggio 2020	Media	10
	n° superamenti	0
	n° dati	104
	% superamenti	0
MEDIA PONDERATA	Media	11
	n° superamenti	0
	n° dati	171
	% superamenti	0

**Benzene:** il valore medio dei dati giornalieri di benzene, anche nel periodo invernale, è stato di  $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , risultando di molto inferiore al limite annuale fissato in  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

		Benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Stazione rilocabile di Auronzo Palus San Marco
27 giugno - 2 settembre 2019	MEDIA	0.4
	n° dati	68
22 gennaio - 4 maggio 2020	MEDIA	0.4
	n° dati	104
MEDIA PONDERATA	MEDIA	0.4
	n° dati	172

**Benzo(a)Pirene:** i valori di Benzo(a)Pirene rilevati nel periodo invernale sono stati di poco superiori al limite di rilevabilità strumentale e quindi di molto inferiori all'obiettivo annuale fissato in  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Anche dal punto di vista del contenuto di IPA, le minime quantità di polveri campionate a Palus San Marco non presentano valori significativi di questi inquinanti legati alla combustione della biomassa.

		<b>Benzo(a)Pirene (ng/m<sup>3</sup>)</b>
		<b>Stazione rilocabile di Auronzo Palus San Marco</b>
<b>27 giugno - 2 settembre 2019</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.01 (&lt; L.R.)</b>
	<b>n° dati</b>	<b>35</b>
<b>22 gennaio - 4 maggio 2020</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.1</b>
	<b>n° dati</b>	<b>72</b>
<b>MEDIA PONDERATA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.1</b>
	<b>n° dati</b>	<b>107</b>

**Ozono:** non si sono registrati superamenti della soglia di informazione alla popolazione, pari a 180 µg/m<sup>3</sup> né, quindi, superamenti della soglia di allarme, pari a 240 µg/m<sup>3</sup>. Il dato massimo orario rilevato è stato di 113 µg/m<sup>3</sup>.

**Anidride solforosa:** le concentrazioni rilevate sono di gran lunga inferiori ai limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 5 µg/m<sup>3</sup>, da confrontarsi col limite di 350 µg/m<sup>3</sup>.

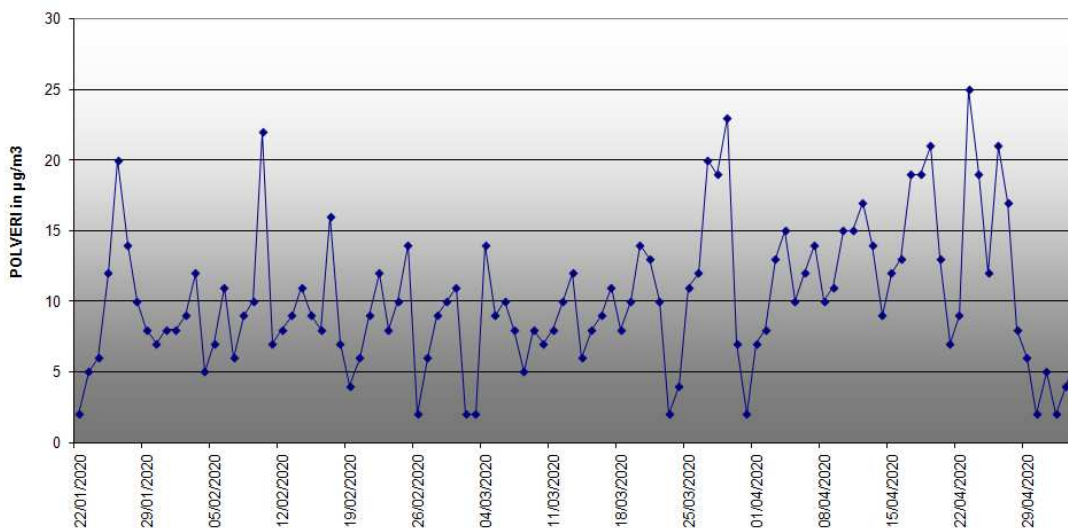
**Biossido di azoto:** le concentrazioni misurate sono rimaste sotto ai limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato nel periodo di monitoraggio è stato di 121 µg/m<sup>3</sup>, da confrontarsi con il limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> che non dovrebbe essere superato più di 18 volte all'anno. Il dato medio del periodo è di 32 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite annuale per la protezione della salute umana, fissato in 40 µg/m<sup>3</sup>.

**Monossido di carbonio:** le concentrazioni rilevate sono inferiori ai limiti di legge. Il valore massimo della media mobile a otto ore è stato di 0.7 mg/m<sup>3</sup>, molto inferiore al limite fissato in 10 mg/m<sup>3</sup>.

## 7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

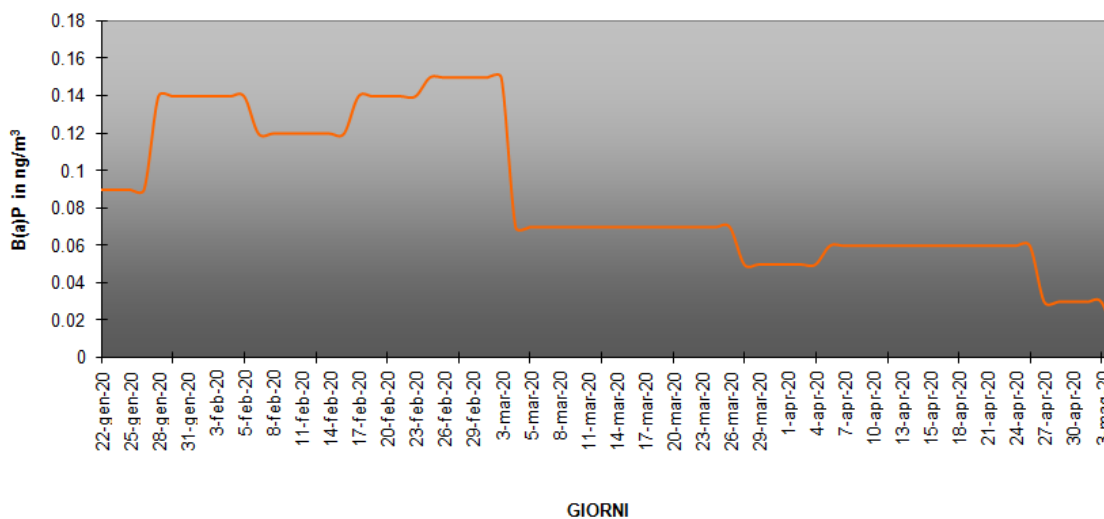
Questo paragrafo contiene alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati, evidenziando le eventuali correlazioni con i fattori climatici e con le fonti di emissione.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: MEDIE GIORNALIERE DI PM10  
 DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



Il grafico dei valori giornalieri delle polveri PM10 nel periodo invernale a Palus San Marco mostra un andamento altalenante ma con valori bassi, non dissimile da quello rilevato nella precedente campagna estiva.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: MEDIE GIORNALIERE DI BENZO(a)PIRENE  
 DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020

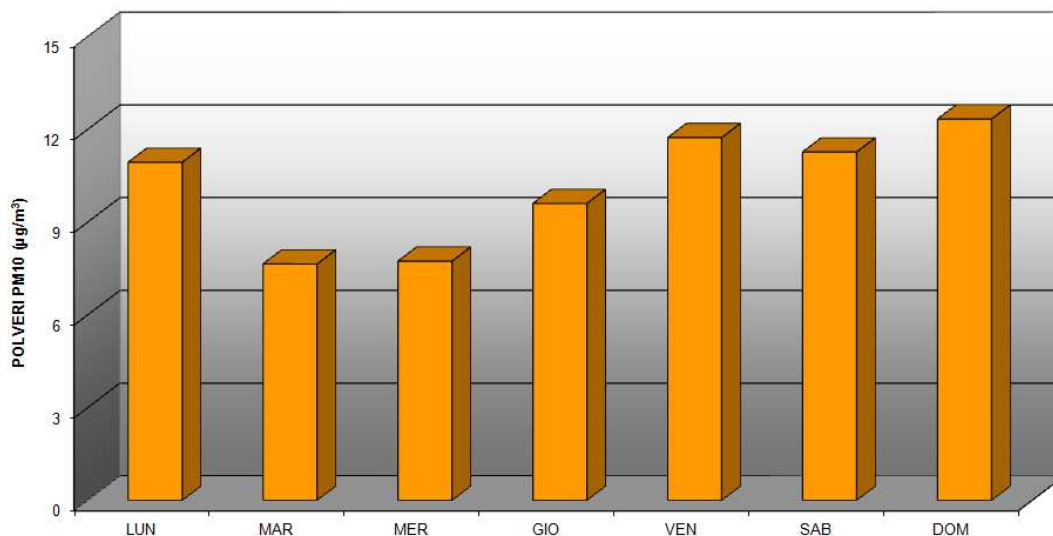




Il grafico lineare del Benzo(a)Pirene, sebbene caratterizzato da valori ben al di sotto del limite, rispecchia il consueto andamento di questo inquinante, più presente nella fase iniziale dell'inverno e in costante diminuzione con l'avvicinarsi della primavera.

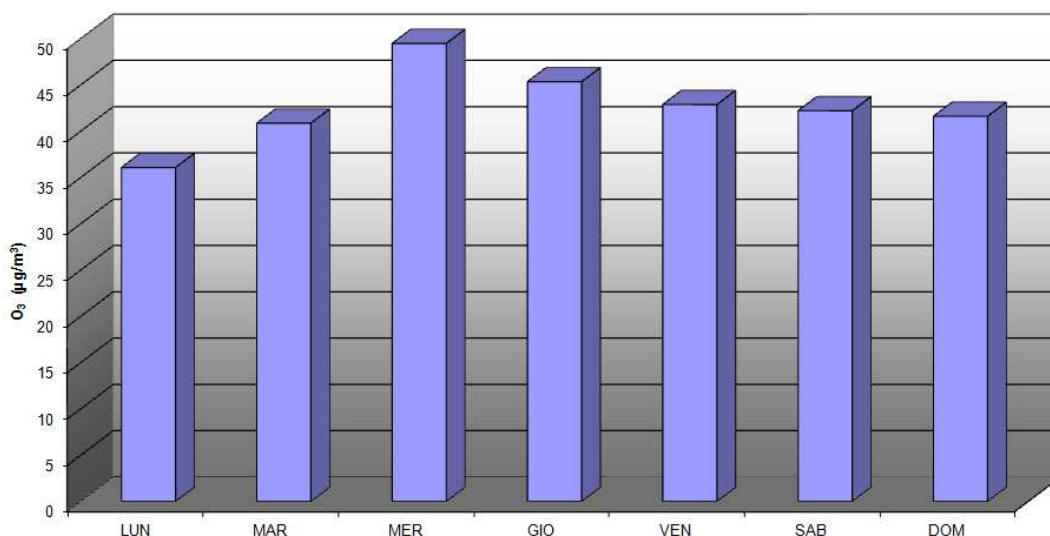
I dati sono stati quindi elaborati per costruire una settimana-tipo e verificare in quali giorni-tipo si sono riscontrate le maggiori concentrazioni di inquinanti.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO POLVERI PM10  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



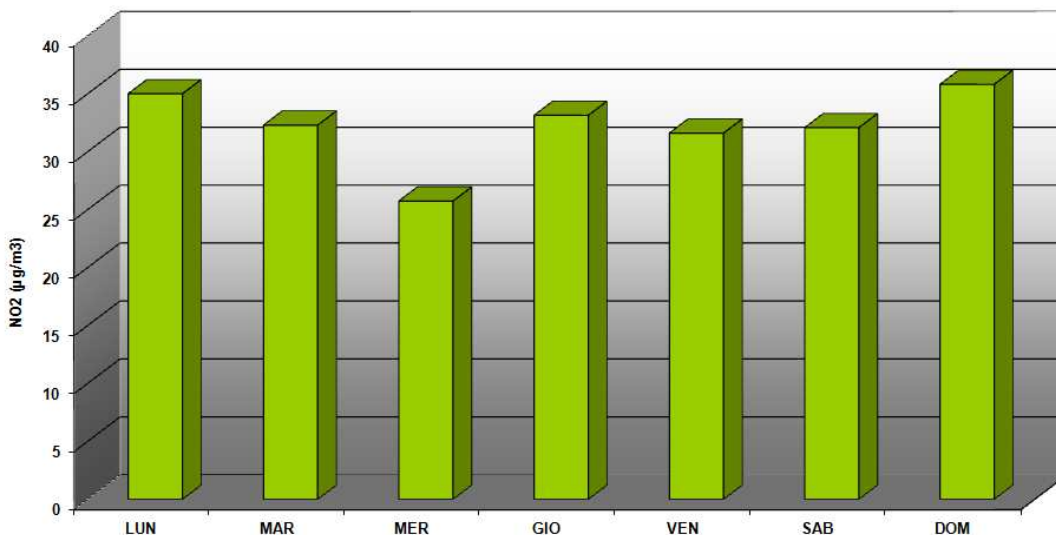
La concentrazione delle polveri PM10 ha un intervallo di oscillazione ridotto ma con una tendenza ad un leggero aumento nel fine settimana.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO OZONO (O<sub>3</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



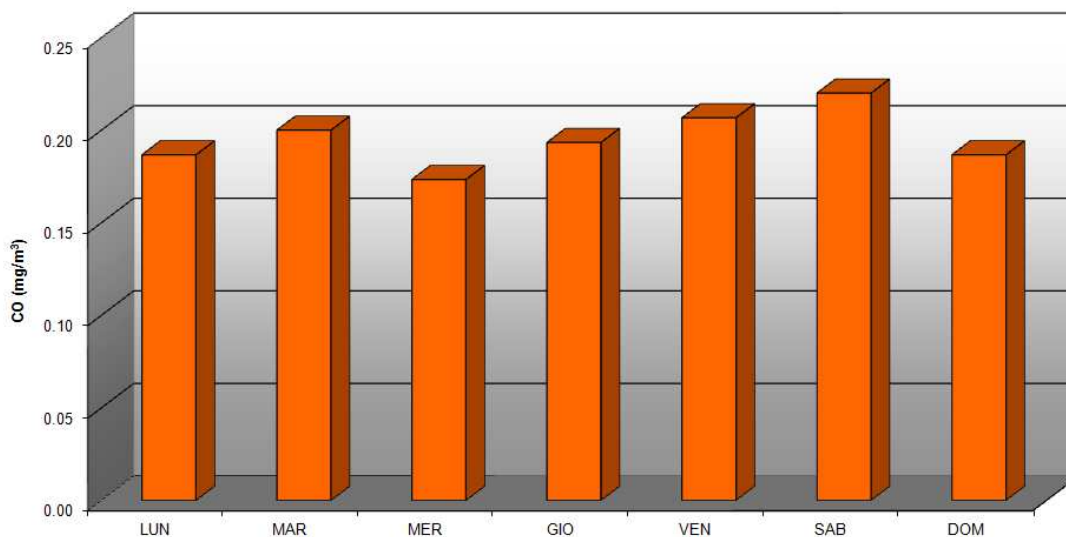
Il massimo relativo settimanale dell'ozono si ha nella giornata di mercoledì.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO BISSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



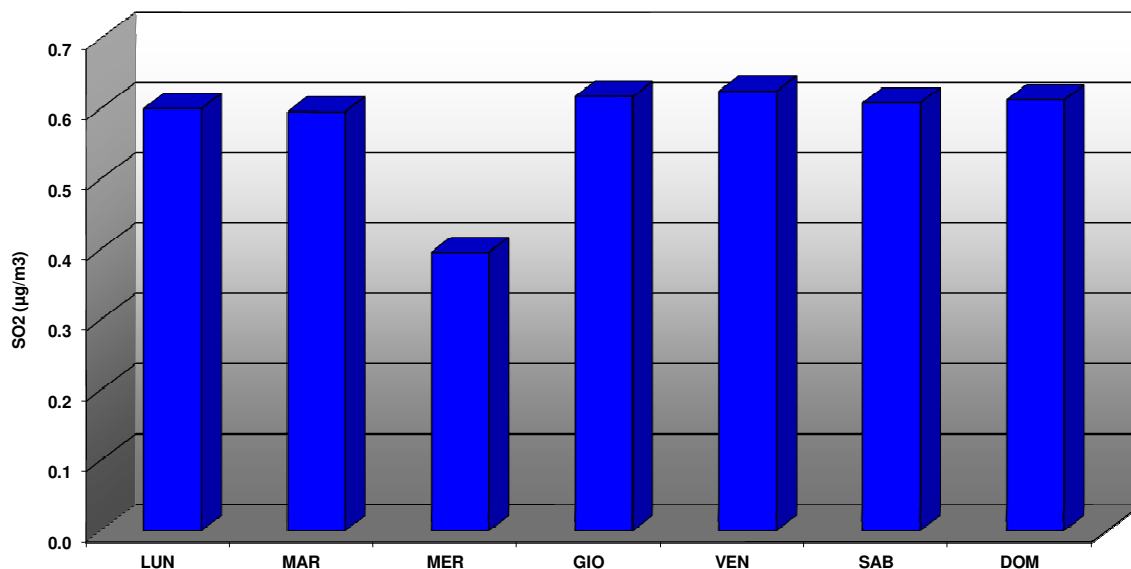
La concentrazione del biossido d'azoto presenta una lieve escursione settimanale raggiungendo comunque un massimo relativo nella giornata di domenica.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



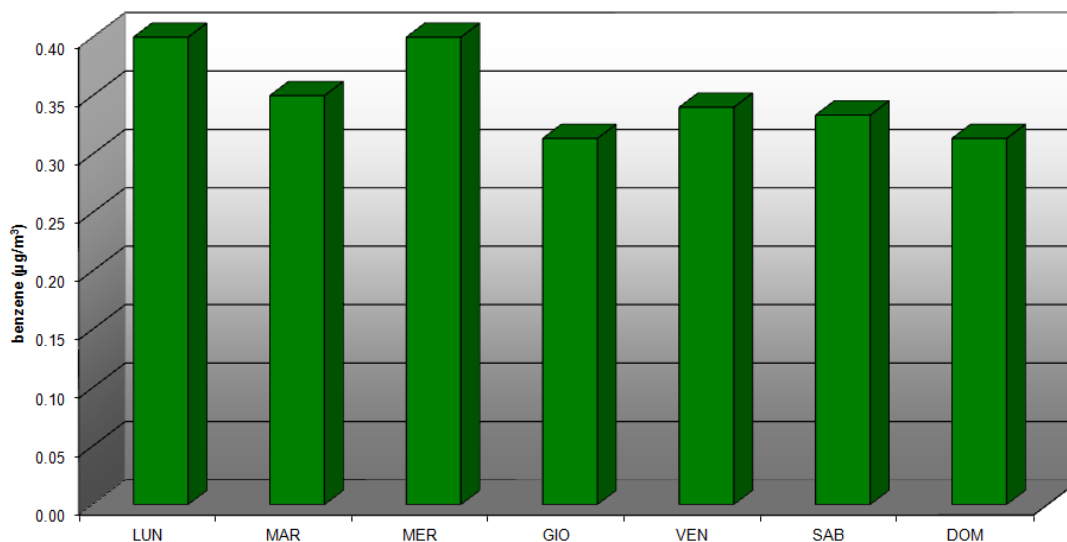
La concentrazione del monossido di carbonio ha variazioni settimanali molto ridotte con una massimo relativo nella giornata di sabato.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO<sub>2</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



L'anidride solforosa non presenta variazioni giornaliere apprezzabili, essendo i dati sempre al di sotto del limite di rilevabilità.

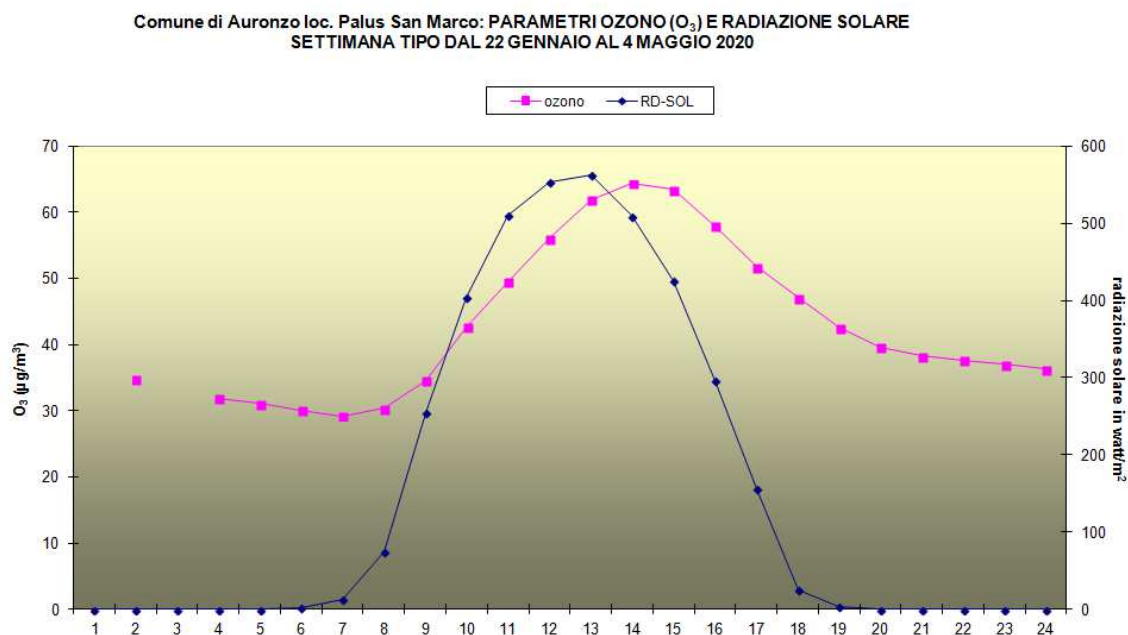
Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO BENZENE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



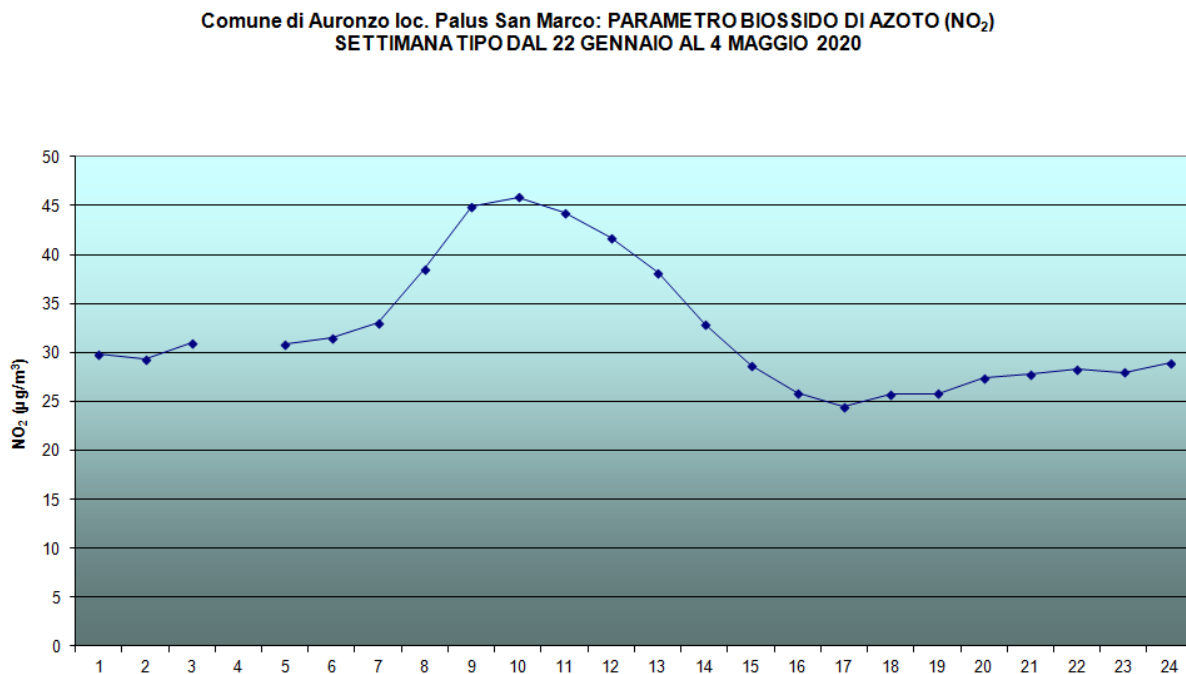
Il benzene presenta valori di concentrazione molto bassi con minime variazioni nel corso della settimana.

I diagrammi che seguono rappresentano, infine, il giorno tipo, e quindi la variazione giornaliera degli inquinanti monitorati in continuo e le fasce orarie di maggiore concentrazione nell'arco della giornata. L'elaborazione è stata eseguita in base

all'ora solare; l'interruzione dei grafici è dovuta alla mancanza del dato in corrispondenza della fase di taratura quotidiana dello strumento.

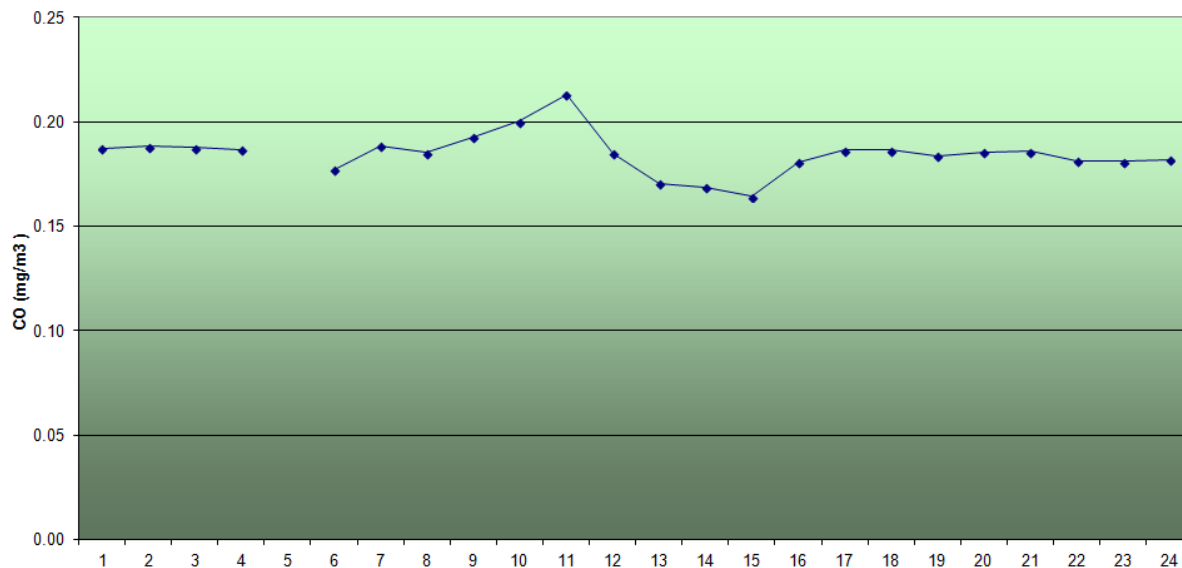


L'ozono ha un andamento associato a quello della radiazione solare il cui picco (tracciato blu) precede di alcune ore il picco dell'ozono; quest'ultimo raggiunge la massima concentrazione nel primo pomeriggio.



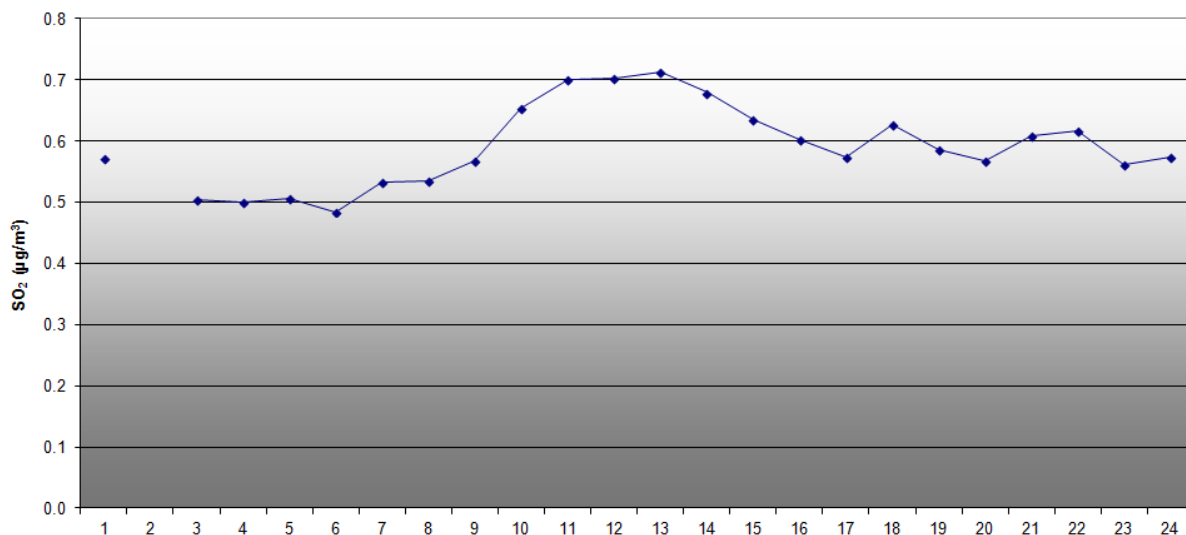
L'andamento del biossido d'azoto presenta un leggero picco alla mattina, analogamente a quanto riscontrato nella campagna estiva ma con valori superiori.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



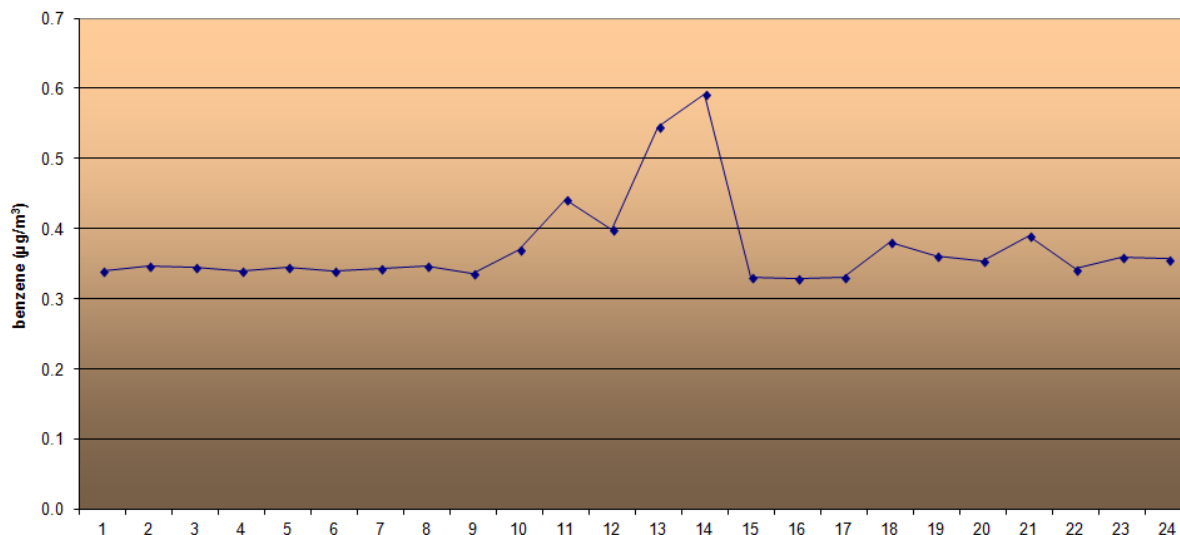
Il monossido di carbonio rimane su valori molto bassi per l'intera giornata, con un leggero incremento a metà mattina.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO<sub>2</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



L'anidride solforosa presenta concentrazioni molto basse con un leggerissimo incremento a metà giornata.

Comune di Auronzo loc. Palus San Marco: PARAMETRO BENZENE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 22 GENNAIO AL 4 MAGGIO 2020



Il benzene, pur rimanendo sempre su valori estremamente bassi, un incremento relativo a metà giornata.





Non è stato possibile effettuare questo tipo di elaborazioni per il PM10 in quanto l'analizzatore in continuo, conformemente alle indicazioni normativa, fornisce solamente le medie giornaliere.

## 8 - Conclusioni

Con il monitoraggio eseguito nei mesi invernali del 2020 a Palus San Marco si è conclusa un'indagine della qualità dell'aria che ha coperto un notevole arco di tempo, con ben 172 giorni di campionamento in totale.

Il quadro che emerge, riferito ad anni differenti ma periodi stagionali contigui, descrive una situazione molto positiva per tutti gli inquinanti monitorati. Nella fase estiva l'ozono, sorvegliato speciale in questo periodo dell'anno, è rimasto ampiamente al di sotto della soglia di informazione alla popolazione, mentre in inverno le polveri PM10 si sono attestate su concentrazioni del tutto simili a quelle registrate nella fase estiva. Anche gli inquinanti presenti nella frazione più fine del particolato, di cui il Benzo(a)Pirene è il riferimento normato per legge, sono rimasti ampiamente al di sotto dei limiti. Anidride solforosa, monossido di carbonio e benzene si sono mantenuti su valori molto bassi, spesso nell'intorno del limite di rilevabilità strumentale. Solo il Biossido d'azoto, nella fase invernale del monitoraggio, ha avuto un relativo incremento, probabilmente dovuto a picchi di concentrazione in occasione delle operazioni di sgombero neve con la pala meccanica.

Come sintesi finale di valutazione dei dati, è stata infine elaborata una scheda riassuntiva dello stato di qualità dell'aria, riferita a entrambi i periodi di monitoraggio e a tutti i parametri rilevati, nella quale sono riportati i parametri misurati e il relativo giudizio sintetico riferito ai limiti previsti dal D.Lgs.155/2010.

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Sintesi dei principali elementi di valutazione
Polveri (PM10)	D.Lgs. 155/10		Nessun superamento del valore limite giornaliero. Concentrazione media ponderata dei periodi di monitoraggio inferiore al limite annuale.
Ozono (O <sub>3</sub> )	D.Lgs. 155/10		Nessun superamento della soglia di informazione alla popolazione prevista dalla normativa
Benzo(a)pirene (IPA)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media ponderata dei periodi di monitoraggio inferiore al valore obiettivo previsto dalla normativa
Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media ponderata dei periodi di monitoraggio inferiore al limite previsto dalla normativa.

Giudizio sintetico	
	Positivo
	Intermedio
	Negativo

## ALLEGATO1: GLOSSARIO

### **Agglomerato:**

zona costituita da un'area urbana o da un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro oppure da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci, avente: 1) una popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure 2) una popolazione inferiore a 250.000 abitanti e una densità di popolazione per km<sup>2</sup> superiore a 3.000 abitanti.

### **AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)**

espresso in ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )\*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e 40 ppb, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati, ogni giorno, tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

### **Inquinante**

Qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso.

### **Margine di tolleranza:**

Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal D.Lgs. 155/2010.

### **Media mobile (su 8 ore)**

La media mobile su 8 ore è una media calcolata sui dati orari scegliendo un intervallo di 8 ore; ogni ora l'intervallo viene aggiornato e, di conseguenza, ricalcolata la media. Ogni media su 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale l'intervallo di 8 ore si conclude. Ad esempio, il primo periodo di 8 ore per ogni singolo giorno sarà quello compreso tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso. La media mobile su 8 ore massima

### **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

### **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.

### **Soglia di informazione**

livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste.

### **Sorgente (inquinante)**

Fonte da cui ha origine l'emissione della sostanza inquinante. Può essere naturale (acque, sole, foreste) o antropica (infrastrutture e servizi). A seconda della quantità di inquinante emessa e delle modalità di emissione una sorgente può essere puntuale, diffusa, lineare.



**Valore limite**

Livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso.

**Valore obiettivo**

Concentrazione nell'aria ambiente stabilita al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente, il cui raggiungimento, entro un dato termine, deve essere perseguito mediante tutte le misure che non comportino costi sproporzionati.

**Zonizzazione**

Suddivisione del territorio in aree a diversa criticità relativamente all'inquinamento atmosferico, realizzata in conformità al D.Lgs. 155/2010.

## ALLEGATO2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Per ciascun inquinante la normativa individua lo specifico metodo di riferimento per la misurazione, il principio chimico-fisico di misura e le modalità di funzionamento della strumentazione utilizzata per il monitoraggio.

Il monitoraggio di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), degli ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>), dell'ozono (O<sub>3</sub>) e del monossido di carbonio (CO) viene realizzato mediante l'impiego di strumentazione automatica (analizzatori) contenuta nelle centraline fisse e/o mobili. Il campionamento dell'aria avviene con frequenza oraria e ciascuno strumento determina la concentrazione dell'inquinante specifico mediante un principio analitico caratteristico. I metodi di riferimento per la valutazione di biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio sono descritti nel Decreto Legislativo 155/2010 (Allegato VI).

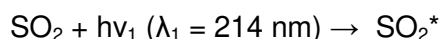
Un analizzatore è tipicamente costituito da un sistema di aspirazione dell'aria (una pompa) che ne preleva una parte immettendola in una piccola camera, detta "cella di misura" e che contiene i dispositivi per la misura.

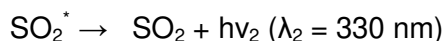
### Analizzatore di CO

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14626:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva".
- Principio di misura: Assorbimento I.R.
- Modalità di funzionamento: Gli analizzatori di CO operano secondo il principio dell'assorbimento IR in accordo alla legge di Lambert-Beer; sfruttando un massimo di assorbimento del CO a 4.67 µm.  
Alla medesima lunghezza d'onda assorbono anche composti assai comuni come l'acqua e l'anidride carbonica. Per eliminare tali interferenze, viene impiegato un dispositivo chiamato "Ruota di correlazione", costituito da una ruota divisa in due mezzelune: una contiene azoto e l'altra una miscela di CO in azoto a concentrazione nota.  
Nella camera di misura, facendo girare tale ruota con una certa frequenza, i raggi IR passano alternativamente nelle due mezzelune arrivando poi al detector. Dalla differenza dei segnali e la successiva elaborazione si ottiene quindi la sola misura del CO, eliminando le interferenze e consentendo inoltre una elevata sensibilità.

### Analizzatore di SO<sub>2</sub>

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14212:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta".
- Principio di misura: fluorescenza
- Modalità di funzionamento: Nella camera di misura, attraversata dal flusso di aria campione, una lampada UV emette, con una certa frequenza, una radiazione alla lunghezza d'onda di 214 nm. Le molecole di SO<sub>2</sub> assorbono energia, a questa lunghezza d'onda, passando ad uno stato eccitato e permanendo in tale stato per delle frazioni di secondo. Successivamente, parte di queste molecole eccitate ritorna allo stato fondamentale con emissione di radiazione alla lunghezza d'onda di circa 330 nm (fluorescenza):

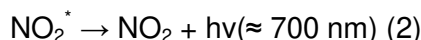




La radiazione emessa viene misurata da un detector ed elaborata insieme al segnale registrato in assenza di radiazione eccitante. Si ha così la misura della concentrazione di  $\text{SO}_2$ .

### **Analizzatore di NO - NO<sub>2</sub>- NO<sub>x</sub>**

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14211:2012 “Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza
- Principio di misura: chemiluminescenza
- Modalità di funzionamento: in questo analizzatore si sfrutta la reazione di chemiluminescenza tra l'NO e l'ozono:



Nella camera di misura entrano contemporaneamente l'aria ambiente ed un flusso di ozono generato a parte dall'analizzatore. Ozono e monossido di azoto reagiscono istantaneamente per produrre  $\text{NO}_2^*$  eccitato (1), che successivamente torna nel suo stato fondamentale (2) emettendo una radiazione elettromagnetica nella regione dell'UV (chemiluminescenza).

La radiazione emessa per chemiluminescenza è correlata con la concentrazione di NO e viene quindi registrata da un detector.

Per poter misurare anche  $\text{NO}_2$ , l'aria campione, prima di giungere in camera di misura, viene alternativamente fatta passare attraverso un convertitore catalitico in grado di ridurre l' $\text{NO}_2$  presente in NO. In questo modo si ottiene in camera di misura la concentrazione totale degli ossidi di azoto,  $\text{NO}_x$ . Dalla differenza tra gli ossidi totali e il solo NO si ottiene infine la misura di  $\text{NO}_2$ .

### **Analizzatore di O<sub>3</sub>**

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14625:2012 “Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta”.
- Principio di misura: assorbimento UV
- Modalità di funzionamento: l'analizzatore di ozono sfrutta l'assorbimento di questo gas nell'UV a  $\lambda=254 \text{ nm}$  e poi ne calcola la concentrazione mediante la legge di Lambert-Beer. Nella camera di misura entra in modo alternato aria ambiente tal quale ed aria ambiente preventivamente passata attraverso un filtro selettivo per l'ozono. Una lampada UV, in grado di emettere alla lunghezza d'onda appropriata, fa sì che parte della radiazione venga assorbita dalle molecole di ozono, causando una diminuzione di intensità che viene registrata da un detector. Dall'alternanza delle misure con e senza ozono, lo strumento ne determina la concentrazione in aria ambiente.

### **Misure di PM10**

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 12341:2014 “Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2.5.
- Principio di misura: gravimetria, assorbimento radiazione  $\beta$
- Modalità di funzionamento: il metodo di riferimento per la determinazione del materiale particolato PM10 si basa sulla raccolta della “frazione PM10 ” su apposito filtro e successiva determinazione della sua massa per via gravimetrica, in laboratorio, dopo che è avvenuto il condizionamento del filtro in condizioni controllate di temperatura ( $20^{\circ} \text{C} \pm 1$ ) e di umidità ( $50 \pm 5\%$ ). Oltre al metodo di riferimento, ci sono i metodi equivalenti per la misura del PM10 (ad esempio strumentazione automatica che sfrutta il principio dell'assorbimento della radiazione  $\beta$  da parte della polvere campionata). La determinazione del particolato fine in atmosfera (PM10) viene eseguito mediante diversi tipi di strumenti, di seguito descritti:
- Campionatori di PM10

Questi strumenti sono costituiti da una pompa che aspira l'aria ambiente attraverso una testa di prelievo, la cui geometria è stata disciplinata a livello internazionale ed è in grado di selezionare le polveri con diametro aerodinamico inferiore ai  $10 \mu\text{m}$ . con una efficienza del 50%.La componente del particolato selezionata dalla testa viene quindi fatta passare attraverso una membrana filtrante di opportuna porosità e costituita da diversi materiali (quarzo, fibra di vetro, teflon, esteri di cellulosa, ecc.) dipendentemente dal tipo di analisi richiesta sul filtro.La membrana viene poi pesata in laboratorio e per differenza con la tara (filtro bianco) si ha la massa del particolato. Il campionatore contiene anche un contatore volumetrico in grado di registrare il volume di aria aspirata, corretto in modo continuo mediante vari sensori di temperatura e pressione interni ed esterni, per ricondurlo alle condizioni ambientali.Dalla conoscenza quindi del volume di aria campionata e della massa del particolato si calcola la concentrazione di PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Analizzatori di PM10

Questi strumenti, analogamente ai campionatori, registrano un volume di aria passato attraverso una membrana filtrante. Sono però anche in grado di determinare la massa del particolato, sfruttando il principio dell'attenuazione dei raggi beta emessi da una piccola sorgente radioattiva. Questi analizzatori possono avere un sistema di campionamento basato su filtri singoli (come i campionatori) oppure avere un nastro che scorre ad intervalli di tempo selezionabili e regolari, sui cui “tratti” viene depositato il particolato. Unendo i dati di volume e quelli di massa, tali strumenti forniscono direttamente il valore di concentrazione di PM10.

### **Misure di PM2.5**

- Norma tecnica di riferimento: Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 12341:2014 “Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2.5.
- Principio di misura: gravimetria, assorbimento radiazione  $\beta$ .
- Modalità di funzionamento: il metodo di riferimento per la determinazione del materiale particolato PM2.5 si basa sulla raccolta della “frazione PM<sub>2.5</sub> ” su apposito filtro e successiva determinazione della sua massa per via gravimetrica, in laboratorio, dopo che è avvenuto il condizionamento del filtro in condizioni controllate di temperatura ( $20^{\circ} \text{C} \pm 1$ ) e di umidità ( $50 \pm 5\%$ ). Oltre al metodo di riferimento, ci

sono i metodi equivalenti per la misura del PM<sub>2.5</sub> (ad esempio strumentazione automatica che sfrutta il principio dell'assorbimento della radiazione  $\beta$  da parte della polvere campionata). La determinazione del particolato fine in atmosfera (PM<sub>2.5</sub>) viene eseguito mediante diversi tipi di strumenti: campionatori gravimetrici o analizzatori automatici.

### **Misure di Benzene**

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 14662:2005, parti 1, 2 e 3, "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzene".
- Principio di misura: gascromatografia
- Modalità di funzionamento: il monitoraggio del benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) viene realizzato mediante strumentazione automatica (analizzatore BTEX) che effettua il campionamento dell'aria ambiente con frequenza oraria e successiva analisi gascromatografica o mediante campionamento dell'aria su fiale di carbone per un periodo di 24 h, successivo desorbimento del campione raccolto mediante desorbimento termico e infine analisi gascromatografica da realizzarsi in laboratorio.

### **Misure di Benzo(a)pirene**

- Norma tecnica di riferimento: UNI EN 15549:2008 "Qualità dell'aria. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo(a)pirene in aria ambiente".
- Principio di misura: cromatografia HPLC.
- Modalità di funzionamento: il Benzo(a)pirene è determinato sul campione di PM<sub>10</sub>, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (cromatografia HPLC per il B(a)P).

### **Misure di Metalli**

- Norma tecnica di riferimento: Il metodo di riferimento per la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM<sub>10</sub> del particolato in sospensione".
- Principio di misura: spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo.
- Modalità di funzionamento: i metalli (Arsenico, Cadmio, Nichel) sono determinati sul campione di PM<sub>10</sub>, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo, ICP-MS).

ARPAV - Dipartimento Provinciale di Belluno  
Servizio Monitoraggio e valutazioni

campagna di monitoraggio della qualità dell'aria  
Comune di Auronzo Palus San Marco

Dipartimento Provinciale di Belluno  
Via F. Tomea 5, 32100 Belluno  
Italia  
Tel. +39 0437 935596  
e-mail: [dapbl@arpa.veneto.it](mailto:dapbl@arpa.veneto.it)  
PEC: [dapbl@pec.arpav.it](mailto:dapbl@pec.arpav.it)



ARPAV  
Agenzia Regionale  
per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale  
del Veneto  
Direzione Generale  
Via Ospedale Civile 24  
35137 Padova  
Italy  
Tel. +39 049 823 93 01  
Fax +39 049 660 966  
E-mail: [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)  
E-mail certificata: [protocollo@arpav.it](mailto:protocollo@arpav.it)  
[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)