

# Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

Comune di Belluno Loc. Tisoì

Periodo di attuazione:  
12 luglio - 13 settembre 2018



Relazione tecnica

**ARPAV**  
**Commissario Straordinario**  
*Riccardo Guolo*

**Dipartimento Provinciale di Belluno**  
*Anna Favero*

**Progetto e realizzazione**  
**Servizio Monitoraggio e Valutazioni**

*Antonella Bortoluzzi*

*Massimo Simionato*  
*Riccardo Tormen*

**Con la collaborazione di:**

**Dipartimento Regionale Laboratori - Servizio Laboratorio di Venezia**

**Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio - Servizio Centro Meteorologico di Teolo - Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale *Maria Sansone***

**Belluno aprile 2019**

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

# INDICE

1 - Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio .....	4
2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione .....	4
3 - Contestualizzazione meteo climatica.....	8
4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento .....	10
4.1 Inquinanti monitorati.....	10
4.2 Normativa di riferimento .....	17
5 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite .....	20
6 - Efficienza di campionamento .....	21
7 - Analisi dei dati rilevati.....	22
7.1 - Rappresentazione grafica dei dati .....	22
8- Conclusioni .....	25
ALLEGATO 1: GLOSSARIO .....	26
ALLEGATO 2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI .....	28

## **1 - Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio**

Il Dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno, in accordo con il comune di Belluno, ha programmato per il 2018 una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria in loc. Tisoi, posizionando una stazione mobile di monitoraggio sul lato sud del fabbricato dell'ex scuola primaria. Questo monitoraggio si inserisce in un programma concordato con l'Amministrazione Comunale teso a consolidare la conoscenza della qualità dell'aria delle zone pedemontane del comune di Belluno, a quote superiori rispetto al fondovalle in cui è ubicata la stazione di Parco città di Bologna.

L'indagine prevede due fasi, di cui una nel periodo primaverile-estivo e l'altra, da poco conclusa, nel periodo autunnale-invernale .

La relazione che segue si riferisce alla prima fase del monitoraggio, eseguita fra il 12 luglio e il 13 settembre 2018, e contiene la sintesi dei risultati analitici, in riferimento ai limiti di legge vigenti, e la rappresentazione grafica del trend degli inquinanti misurati.

Per il monitoraggio è stato utilizzato un laboratorio mobile attrezzato con specifiche apparecchiature le cui caratteristiche tecnico analitiche sono descritte di seguito.

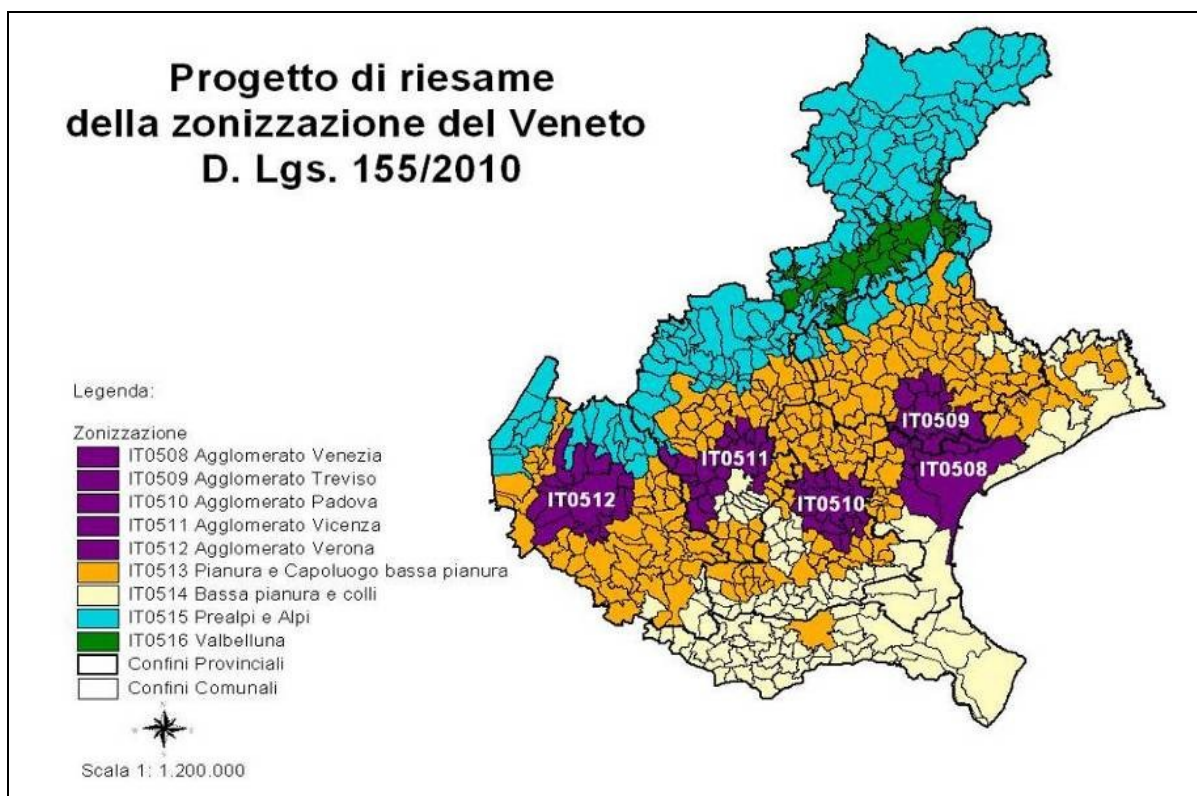
## **2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione**

In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa), la zonizzazione del territorio nazionale è il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente. A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna zona o agglomerato è classificata allo scopo di individuare le modalità di valutazione 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 territorio di competenza, tuttavia tale zonizzazione necessitava di un riesame ai fini di rispettare tutti i requisiti richiesti dall'appendice I al D.Lgs. 155/2010, riconducibili principalmente alle caratteristiche orografiche e meteo climatiche, al carico emissivo e al grado di urbanizzazione del territorio.

Il riesame della zonizzazione è stato effettuato da ARPAV-Osservatorio Regionale Aria per conto della Regione Veneto, con la supervisione del Ministero dell'Ambiente, necessario per omogeneizzare e integrare le diverse zone a livello sovra regionale.

La nuova zonizzazione del Veneto è stata approvata con delibera della Giunta Regionale n.2130/2012, efficace dal gennaio 2013. Il Veneto risulta 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).** Coincide con la zona montuosa della regione, comprende i Comuni con altitudine della casa comunale maggiore di 200m, generalmente non interessati dal fenomeno dell'inversione termica, a ridotto contributo emissivo e con basso numero di abitanti.

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

Il sito della presente indagine ha coordinate geografiche ; 1744891;5117190 UTM Gauss Boaga (geobrowser) e, con un altitudine di 555 m, ricade nella zona Val Belluna (IT0516).

Le immagini che seguono identificano il punto di collocazione del laboratorio mobile.





Localizzazione del Comune di Belluno nella provincia di Belluno

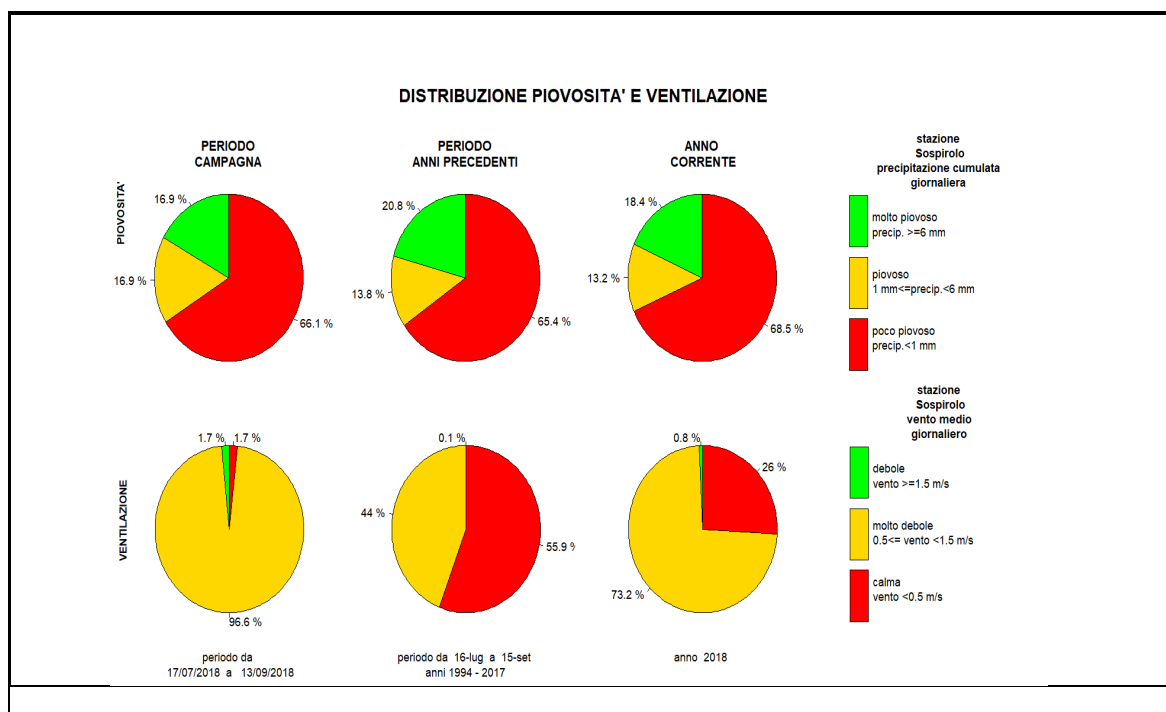
### 3 - Contestualizzazione meteo climatica

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari nei quali si riporta la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi così rappresentate:

- 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 empirica in base ad un campione pluriennale di dati.

Per analizzare la situazione meteorologica, si è utilizzata la stazione meteo ARPAV di Sospirolo (cod. 25), dotata di anemometro a 5 m, distante circa 10 km dal sito di svolgimento della campagna di misura, e, come quest'ultimo, collocata nella fascia pedemontana della Val Belluna. Si sottolinea che, mentre le informazioni sulla piovosità possono essere ritenute completamente rappresentative anche per Tisoi, in riferimento al vento, a causa della complessità dell'orografia del territorio circostante, le valutazioni effettuate sono indicative di quanto si è verificato nell'area pedemontana, ma non esaustive di eventuali caratteristiche peculiari dell'area di svolgimento della campagna di misura.



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).

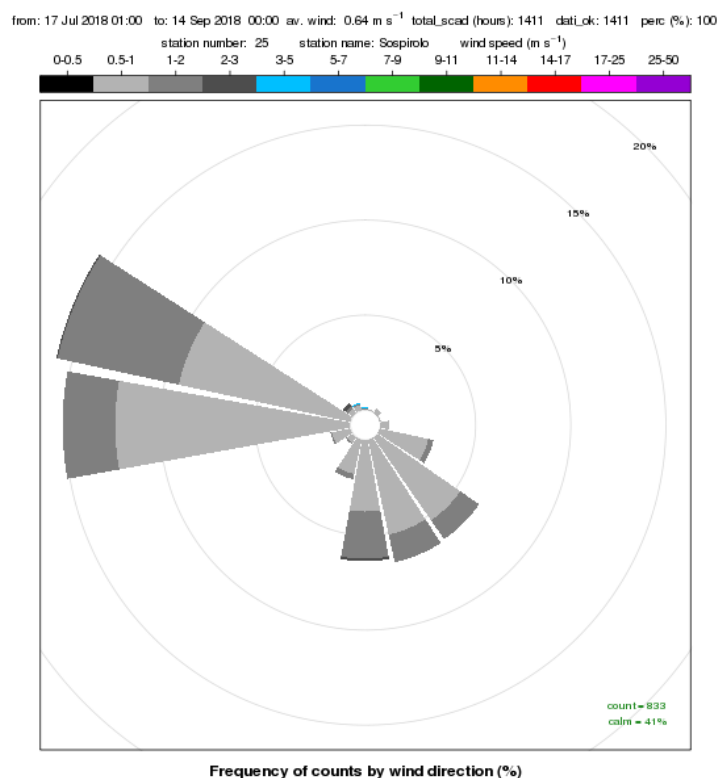


I diagrammi circolari mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati misurati presso la stazione meteorologica ARPAV di Sospirolo, in tre periodi:

- 17 luglio – 13 settembre 2018, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 16 luglio – 15 settembre dall'anno 1994 all'anno 2017 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2018 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni molto piovosi sono stati leggermente meno frequenti rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti, mentre la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è simile a quella dell'anno corrente, salvo una frequenza leggermente superiore dei giorni piovosi (classe di dispersione intermedia);
- i giorni con calma di vento sono quasi del tutto assenti e ben meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti; la classe di dispersione intermedia (venti molto deboli) rappresenta la quasi totalità dei casi.



Rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Sospirolo nel periodo 17 luglio - 13 settembre 2018

La rosa dei venti registrati presso la stazione di Sospirolo illustra la provenienza media dei venti durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince

che le direzioni di provenienza del vento prevalenti sono ovest-nordovest (circa 16% dei casi) e ovest (circa 15%) seguite da sud-est, est-sudest e sud (ognuna delle tre poco più del 6%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 41%; la velocità media pari a circa 0.6 m/s. Le componenti meridionali evidenziano la presenza di brezze diurne, mentre quelle dai settori occidentali sono riconducibili alle brezze notturne. Tale regime dei venti rilevati presso la stazione di Sospirolo è compatibile con quello del sito della campagna di misura; tuttavia, come osservato sopra, potrebbero esservi delle differenze, sia sull'intensità che sulla direzione del vento, dovute al fatto che i due siti si trovano in punti differenti di un'area caratterizzata da presenza di ostacoli orografici.

#### **4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento**

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori in continuo per la misura degli inquinanti chimici indicati dalla normativa vigente relativa alla qualità dell'aria ambiente e, più precisamente: ozono (O<sub>3</sub>), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), polveri (PM10).

Inoltre, contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati inviati al laboratorio ARPAV alcuni campioni di polveri PM10 per la successiva determinazione analitica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

#### **4.1 Inquinanti monitorati**

##### **Polveri (PM10)**

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 PM10, cioè il particolato che ha un diametro inferiore a 10 µm;
- le polveri PM2,5, che costituiscono in genere circa il 60-90% delle PM10 e rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 µm.

Di recente lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha riclassificato alcune sostanze della lista dei cancerogeni noti e, fra queste, ha ufficializzato l'entrata delle polveri sottili e dell'inquinamento atmosferico in genere, 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:

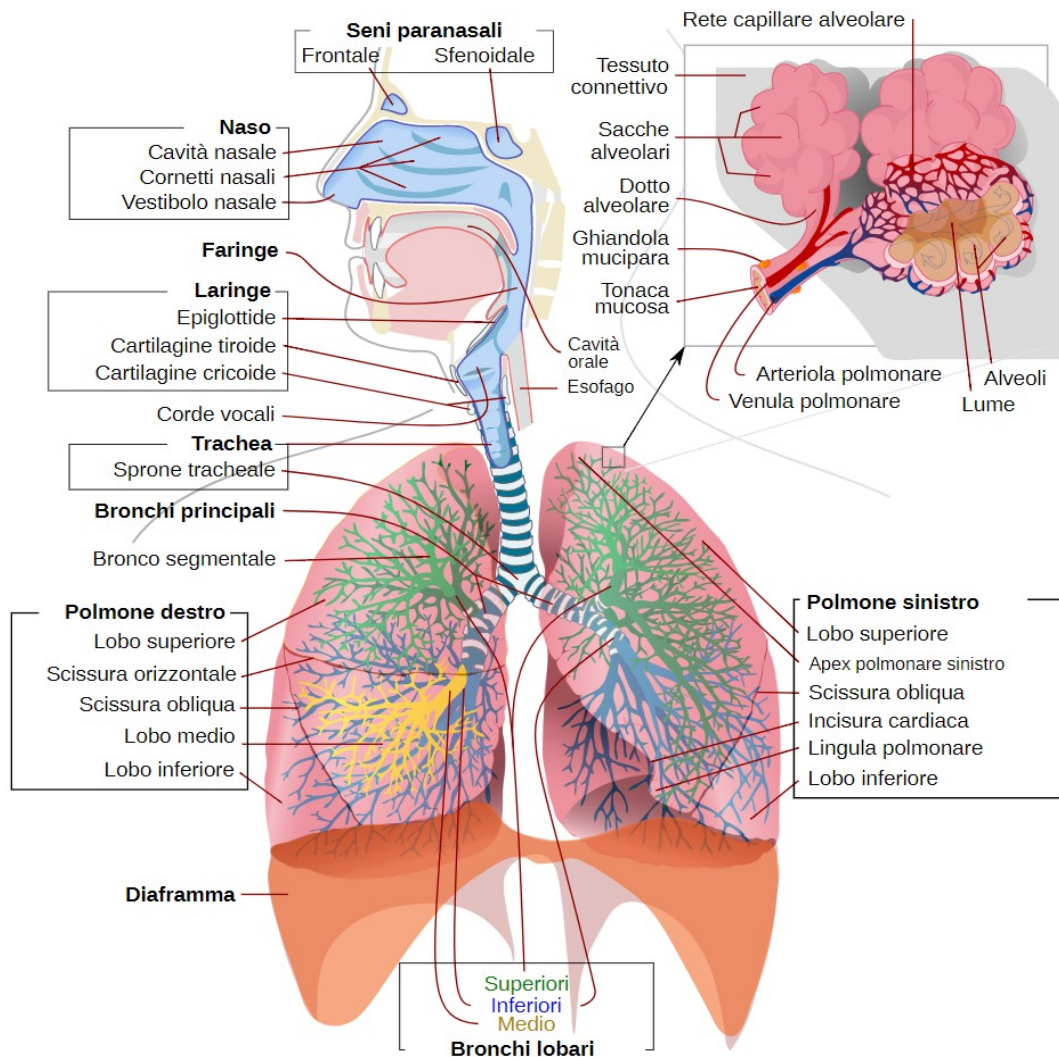
- processi di combustione di legno, derivati del petrolio, residui agricoli;
- emissioni prodotte in vario modo dal traffico veicolare (emissioni dei gas di scarico, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale);
- processi industriali;
- emissioni prodotte da altri macchinari e veicoli (mezzi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

Una volta emesse, le polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro più sottile, ad esempio PM1, possono rimanere in circolazione per circa un mese.

Le polveri sottili nei centri urbani sono prodotte, principalmente, da fenomeni di combustione derivanti dal traffico veicolare e dagli impianti di riscaldamento, che sono le cause, anche, dell'inquinamento da PM10, 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. Le dimensioni delle particelle in sospensione sono 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.



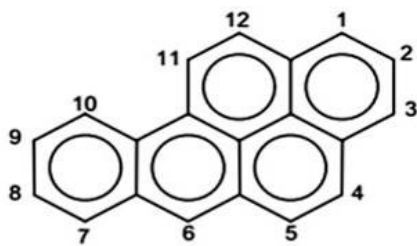
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Respiratory\\_system\\_complete\\_it.svg/925px-Respiratory\\_system\\_complete\\_it.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Respiratory_system_complete_it.svg/925px-Respiratory_system_complete_it.svg.png)

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 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 le combustioni in genere, in particolare gli impianti di riscaldamento domestico, i veicoli a motore, i processi industriali.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza degli IPA, soprattutto durante i mesi freddi e nelle aree contraddistinte da climi rigidi, come la provincia di Belluno. Le caratteristiche delle emissioni variano in funzione sia della tipologia di combustibile utilizzato sia della configurazione tecnica del sistema di combustione a servizio dell’impianto di riscaldamento.

Ad esempio, è noto che il particolato prodotto dalla combustione del legname ha un maggior contenuto di IPA rispetto al gasolio. È importante anche ricordare che i sistemi di riscaldamento che bruciano metano hanno un’emissione di IPA praticamente nulla.

Nelle zone urbane, sono rilevanti le emissioni di IPA dovute ai processi di combustione che sostengono i veicoli a motore, quindi al traffico veicolare, in particolare i motori diesel.

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 alla composizione degli IPA.

Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che bruciano 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.

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

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



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

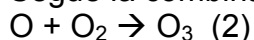
Normalmente si forma nella stratosfera dove svolge un ruolo essenziale per la vita terrestre, in quanto fornisce un eccellente schermo in grado di filtrare le radiazioni ultraviolette (UV), potenzialmente cancerogene. Tuttavia circa il 10% dell'Ozono è contenuto nello strato atmosferico che sovrasta la superficie terrestre, cioè nella troposfera.

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

La reazione chimica di produzione di ozono in troposfera ha inizio con la fotolisi del biossido di azoto: questa molecola si scinde per effetto della radiazione solare,  $h\nu$ , con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, e produce monossido d'azoto e ossigeno atomico:



Segue la combinazione dell'ossigeno atomico con l'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 viene 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 (3) è inibita dalla reazione (4) che le sottrae il reagente monossido di azoto; pertanto, l'ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può 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 che coinvolgono NO<sub>x</sub> e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi vanno ricordati il toluene, l'etene, il propene e l'isoprene.

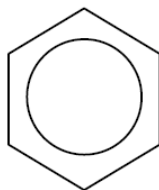
Dopo l'emissione, i precursori si disperdono nell'ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche.

Il tempo necessario affinché la radiazione solare agisca sui precursori e formi quantità apprezzabili di ozono può variare da poche ore a qualche giorno. Per questo motivo non c'è una correlazione lineare fra le concentrazioni di O<sub>3</sub> in un dato luogo e la quantità di precursori ivi presenti. Inoltre, il tempo necessario alla formazione di ozono permette alle masse d'aria, e agli inquinanti in esse contenuti, di percorrere notevoli distanze, fino a centinaia di chilometri, riversando i loro effetti in aree diverse da quelle di produzione. Quindi il problema dell'inquinamento da ozono non può essere considerato un fenomeno esclusivamente locale, bensì di ampia scala.

Le concentrazioni di ozono sono fortemente influenzate dalle condizioni atmosferiche; poiché le reazioni che portano alla sua formazione sono di tipo fotochimico, le concentrazioni dell'inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare. Ne consegue 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 importanti effetti irritanti sui tessuti animali e degenerazione dei tessuti vegetali. L'esposizione dell'organismo umano ad alte concentrazioni di ozono, tipicamente per brevi periodi, provoca irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e all'apparato respiratorio, più marcate nel caso di attività fisica particolarmente intensa. Può, inoltre, accentuare i sintomi di patologie esistenti, quali allergie, asma e altre malattie dell'apparato respiratorio. Va detto, infine, che gli effetti dell'ozono tendono rapidamente a cessare con l'esaurirsi del fenomeno di accumulo.

## Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)



Product Name:	BENZENE
CAS:	71-43-2
MF:	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
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 descritti:



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

Inquinante	Principali sorgenti di emissione
Particolato Fine*/** PM10	Traffico autoveicolare on road e off road, impianti riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali, fenomeni di risollevarimento
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare on road e off road (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili), impianti riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali
Biossido di Azoto* NO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare 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 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 di emissione antropiche in atmosfera
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare on road off road, evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali, impianti di riscaldamento
Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo	Sorgenti sia naturali sia antropiche (processi industriali quali produzioni di vernici, finiture, combustione di materiali plastici in PVC, trasporto)

**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 gli 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 PM<sub>2,5</sub>.

Nelle Tabelle che seguono si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, correlati all'esposizione acuta della popolazione, e limiti di legge a mediazione di 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	Il raggiungimento del valore obiettivo per la protezione della vegetazione sarà valutato nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014.
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 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite

Le campagne di monitoraggio descritte in questa relazione hanno misurato gli inquinanti di seguito indicati:

- Polveri (PM10)
- Benzo(a)pirene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)
- Ozono
- Benzene

L'analizzatore in continuo per la determinazione dell'ozono, presente a bordo della stazione rilocabile, utilizza la fotometria ultravioletta e ha caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010. Eseguce in automatico acquisizione del campione d'aria, misura e registrazione dei risultati, con riferimento all'ora solare: i volumi d'aria prelevati sono normalizzati a una temperatura di 20°C e una pressione di 101,3 kPa.

Il campionamento del particolato inalabile PM10 (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, posta all'interno della stazione rilocabile, che utilizza filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore.

Le apparecchiature utilizzate sono conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010; il volume campionato si riferisce ai valori di temperatura e di pressione atmosferica rilevati all'atto delle misurazioni.

Il campionamento degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), con riferimento al benzo(a)pirene, e del PM10 è stato effettuato su filtri in quarzo o in nitrato di cellulosa: le determinazioni analitiche sono state eseguite applicando, rispettivamente, il metodo UNI EN 15549 che utilizza la cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC), e il metodo UNI EN 12341 di determinazione gravimetrica.

La determinazione gravimetrica del PM10 è stata effettuata su tutti i campioni raccolti, mentre le determinazioni del Benzo(a)Pirene sono state eseguite in conformità agli obiettivi di qualità dei dati previsti dall'allegato I al D.Lgs. 155/2010.

Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate su filtri in quarzo, utilizzando la spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e la spettrofotometria di assorbimento atomico con fornello a grafite - metodo UNI EN 14902.

Il campionamento del benzene è stato effettuato su fiale di carbone attivo per un periodo di 24 ore; la determinazione analitica utilizza la gas-cromatografia, previo desorbimento termico del campione.

Con riferimento ai risultati riportati al successivo punto 7, si è scelto di attribuire ai dati inferiori al limite di rilevabilità un valore pari alla metà del limite medesimo, valore più probabile secondo una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale. Inoltre si è deciso di escludere dalle elaborazioni statistiche successive gli "outliers" cioè i valori anomali e aberranti, chiaramente distanti dalle altre osservazioni disponibili.

## **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 dei 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 misurazioni indicative, 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 della campagna di monitoraggio svolta a Tisoi, per i parametri monitorati in continuo è stata raggiunta una resa del 98% per le polveri PM10, ozono e benzene, mentre per il Benzo(a)Pirene la resa è stata del 100%. Infine, il grado di copertura annuale sarà calcolato al termine del secondo periodo d'indagine.

## 7 - Analisi dei dati rilevati

Questo paragrafo illustra i risultati ottenuti per ciascun inquinante monitorato, li confronta con i limiti e i valori obiettivo previsti dalla normativa e accenna al loro andamento stagionale, rappresentato in forma grafica nel sottoparagrafo 7.1.

**Polveri PM10:** nel corso del monitoraggio non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> fissato dal D.Lgs 155/2010; la media si è attestata a 15 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>.

		PM10 (µg/m <sup>3</sup> )		
		Stazione rilocabile	Belluno Parco Bologna	Belluno La Cerva
Periodo 12/07/2018 13/09/2018	Media	15	11	17
	n° superamenti	0	0	0
	n° dati	63	61	63
	% superamenti	0	0	0

Riepilogo delle concentrazioni di polveri PM10 misurate a Tisoi.

**Ozono:** per questo inquinante non si sono registrati superamenti della soglia di informazione alla popolazione, pari a 180 µg/m<sup>3</sup>, e il dato massimo orario è stato di 171 µg m<sup>3</sup>.

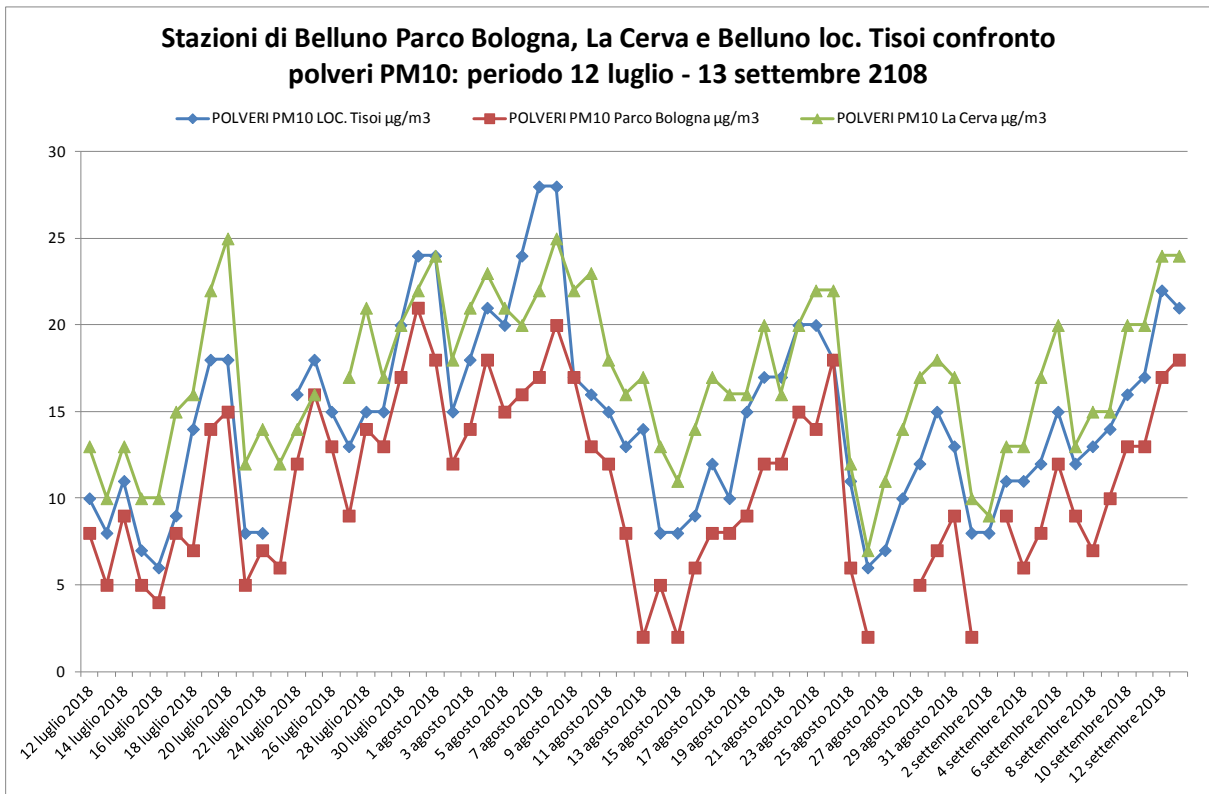
**Benzene:** le concentrazioni rilevate sono state sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale pari a 0,25 µg/m<sup>3</sup>, di molto inferiore al limite annuale di 5 µg/m<sup>3</sup>.

**Benzo(a)Pirene:** la media dei valori riscontrati nella fase estiva del monitoraggio è risultata sempre inferiore al limite di rilevabilità strumentale pari a 0,01 ng/m<sup>3</sup>, inferiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana, fissato in 1 ng/m<sup>3</sup>.

### 7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

Questo paragrafo contiene alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati ed evidenzia le eventuali correlazioni con i fattori climatici e le fonti di emissione. La durata della campagna di monitoraggio ha consentito di valutare l'andamento stagionale, settimanale e giornaliero degli inquinanti, di seguito rappresentato in forma grafica.

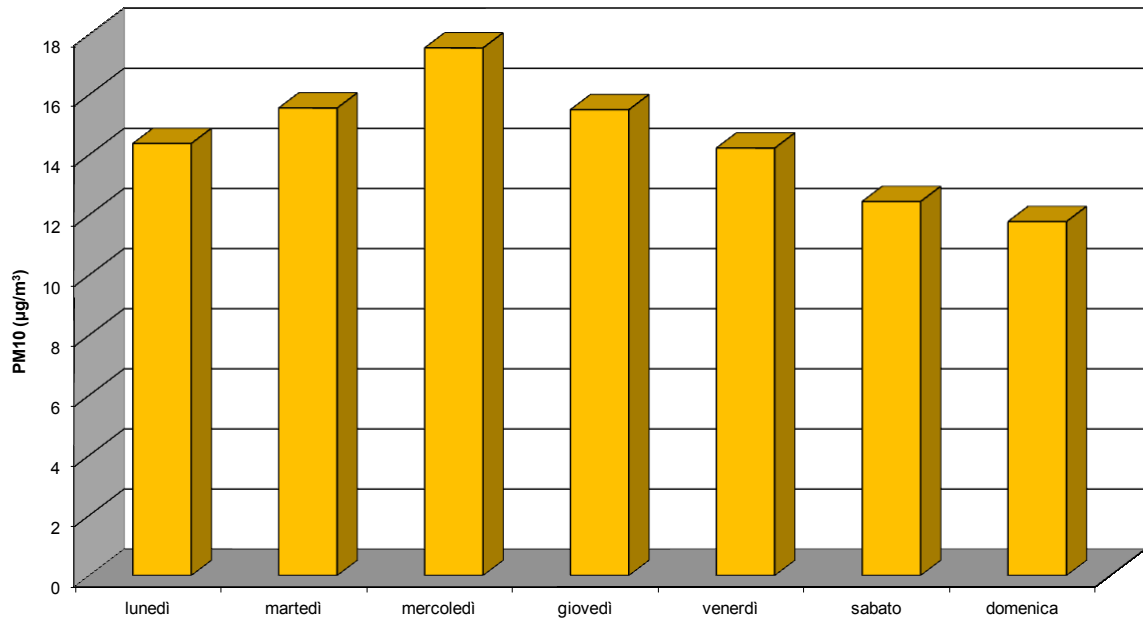
Il confronto della concentrazione di polveri PM10 con le stazioni di riferimento di Belluno Parco Bologna e La Cerva indica una buona correlazione con entrambi i siti. I valori registrati a Tisoi si collocano, spesso, in posizione intermedia tra quelli delle due stazioni citate con differenze di concentrazioni poco significative.



Non è stato possibile costruire il grafico lineare del Benzo(a)Pirene e neppure del benzene in quanto i valori sono risultati sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

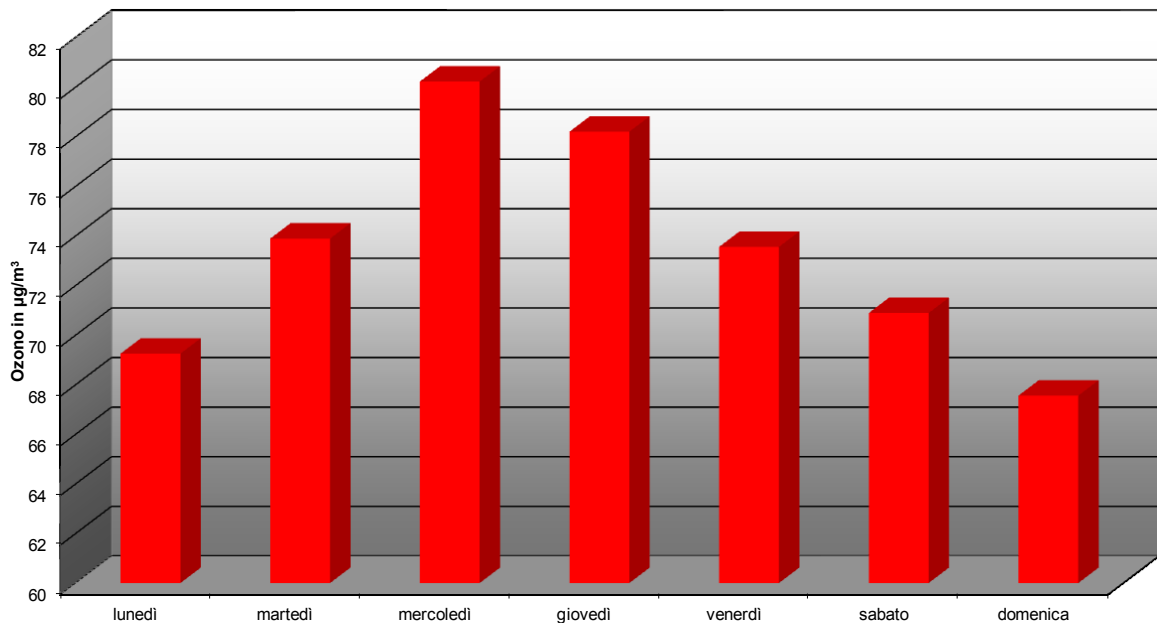
La base dati è stata quindi elaborata per costruire una settimana tipo, al fine di verificare in quali giorni ci sono state le maggiori concentrazioni di inquinanti.

COMUNE DI BELLUNO LOC.TISOI : SETTIMANA TIPO POLVERI PM10  
DAL 12 LUGLIO AL 13 SETTEMBRE 2018



L'andamento delle polveri PM10 indica valori più elevati nella giornata di mercoledì.

COMUNE DI BELLUNO LOC. TISOI: SETTIMANA TIPO OZONO  
DAL 12 LUGLIO AL 13 SETTEMBRE 2018



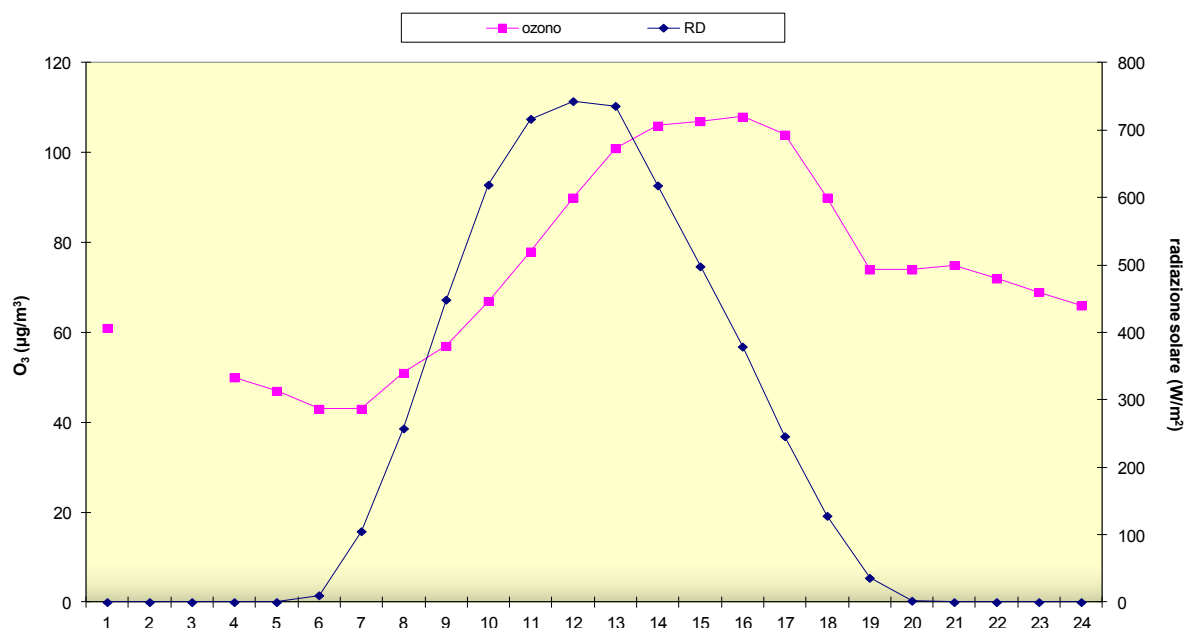
L'andamento settimanale dell'ozono ha un massimo di concentrazione nella giornata di mercoledì.

Il diagramma che segue, infine, rappresenta il giorno tipo per quanto riguarda la concentrazione di ozono, inquinante monitorato in continuo, ed evidenzia le fasce



orarie di maggiore concentrazione nell'arco della giornata. L'elaborazione è stata eseguita in base all'ora solare; l'interruzione nella linea dei grafici è dovuta alla mancanza del dato in corrispondenza della fase di taratura quotidiana dello strumento.

COMUNE DI BELLUNO LOC. TISOI: GIORNO MEDIO OZONO (O<sub>3</sub>) E RADIAZIONE SOLARE GIORNO TIPO DAL 12 LUGLIO AL 13 SETTEMBRE 2018



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 pomeriggio.

## 8- Conclusioni

Questa prima fase del monitoraggio della qualità dell'aria, relativa al periodo estivo, ha rilevato il caratteristico trend dell'ozono, correlato all'intensità della radiazione solare ma senza nessun superamento della soglia di informazione alla popolazione. Non sono stati registrati superamenti del limite giornaliero per le polveri PM10. Per quanto riguarda il benzene e il Benzo(a)Pirene i valori sono stati sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale, in linea con le variazioni stagionali di questi inquinanti, più abbondanti nel periodo invernale.

Una valutazione complessiva sulla qualità dell'aria della zona indagata sarà possibile solo a conclusione della fase invernale del monitoraggio, attualmente appena conclusa.

## **ALLEGATO 1: 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.

## **ALLEGATO 2: 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 ( $\text{SO}_2$ ), degli ossidi di azoto ( $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ), dell'ozono ( $\text{O}_3$ ) e del monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ) 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.

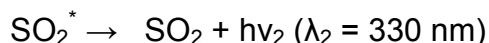
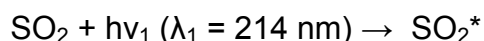
### **Analizzatore di CO**

- **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  $4.67 \mu\text{m}$ .  
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 mezze lune 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 $\text{SO}_2$**

- **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  $\text{SO}_2$  assorbono

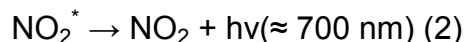
energia, a questa lunghezza d'onda, passando ad uno stato eccitato e permanendo in tale stato per delle frazioni di secondo. Successivamente, parte di queste molecole eccitate ritorna allo stato fondamentale con emissione di radiazione alla lunghezza d'onda di circa 330 nm (fluorescenza):



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 normata 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 PM2.5" 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 PM2.5 (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 (PM2.5) 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 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) 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 PM10, 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 PM10 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 PM10, dopo l'avvenuta pesata del particolato, per trattamento chimico e determinazione analitica (spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo, ICP-MS).





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)