Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

REGIONE DEL VENETO

Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

Comune di Belluno
Loc. Cirvoi

Periodo di attuazione:

15 novembre 2018 - 14 gennaio 2019

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 Unità Operativa Meteorologia, Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale. dr.ssa M. Sansone

Belluno giugno 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

INTRODUZIONE 4

1 – Articolazione della campagna di monitoraggio 4

2 - Caratteristiche del sito 4

3 - Contestualizzazione meteo climatica 7

4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento 9

4.1 Inquinanti monitorati 9

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 22

8 - Conclusioni 30

ALLEGATO1: GLOSSARIO 31

ALLEGATO2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI 33

Analizzatore di CO 33

Analizzatore di SO_2 33

Analizzatore di NO - NO_2- NO_x 34

Analizzatore di O_3 34

Misure di PM10 34

Misure di PM2.5 35

Misure di Benzene 36

Misure di Benzo(a)pirene 36

Misure di Metalli 36

INTRODUZIONE

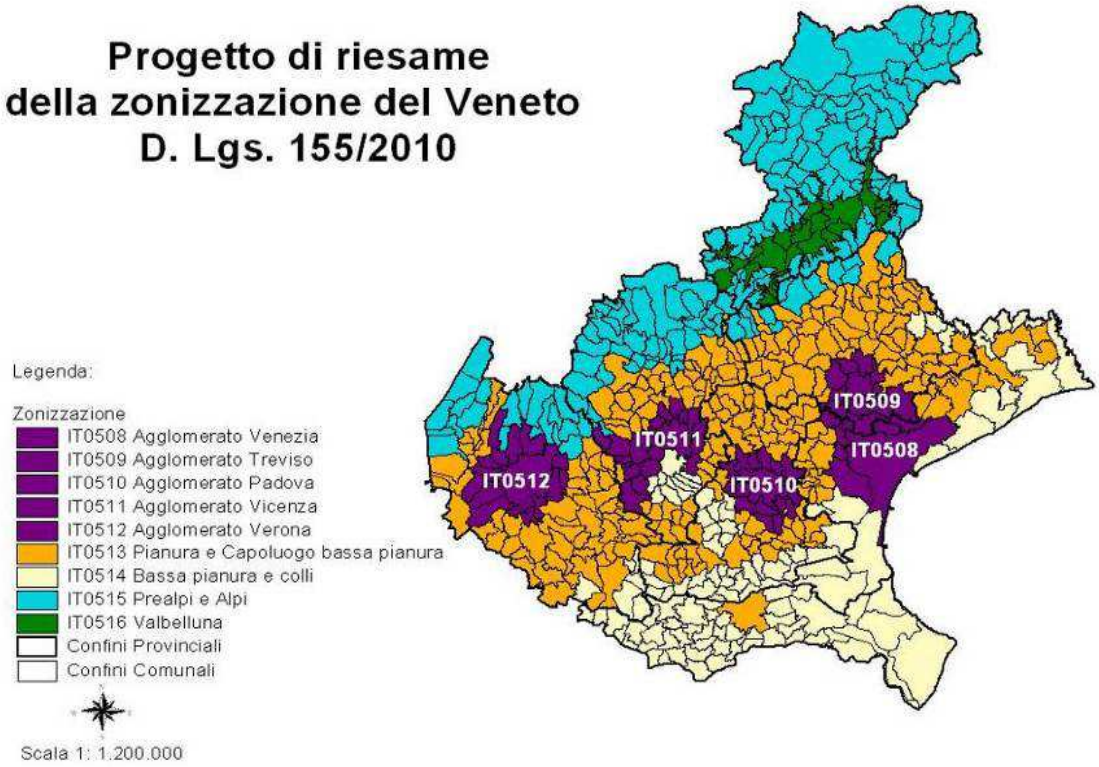
Questa relazione illustra in modo sintetico i risultati rilevati a Belluno presso la scuola primaria di Badilet in loc. Cirvoi nel primo periodo di monitoraggio, condotto dal 28 novembre 2018 al 14 gennaio del 2019, in riferimento ai limiti di legge vigenti; ne offre inoltre una breve rappresentazione grafica, per meglio evidenziare l'andamento degli inquinanti nel corso dell'indagine.

1 – Articolazione della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio si è articolata in due fasi, una invernale oggetto della presente relazione tecnica e una primaverile-estiva, ancora in corso. 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 di monitoraggio saranno 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 geografiche 1750341;5111404 UTM Gauss Boaga (geobrowser) e ricade nella zona Val Belluna (IT0516).

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

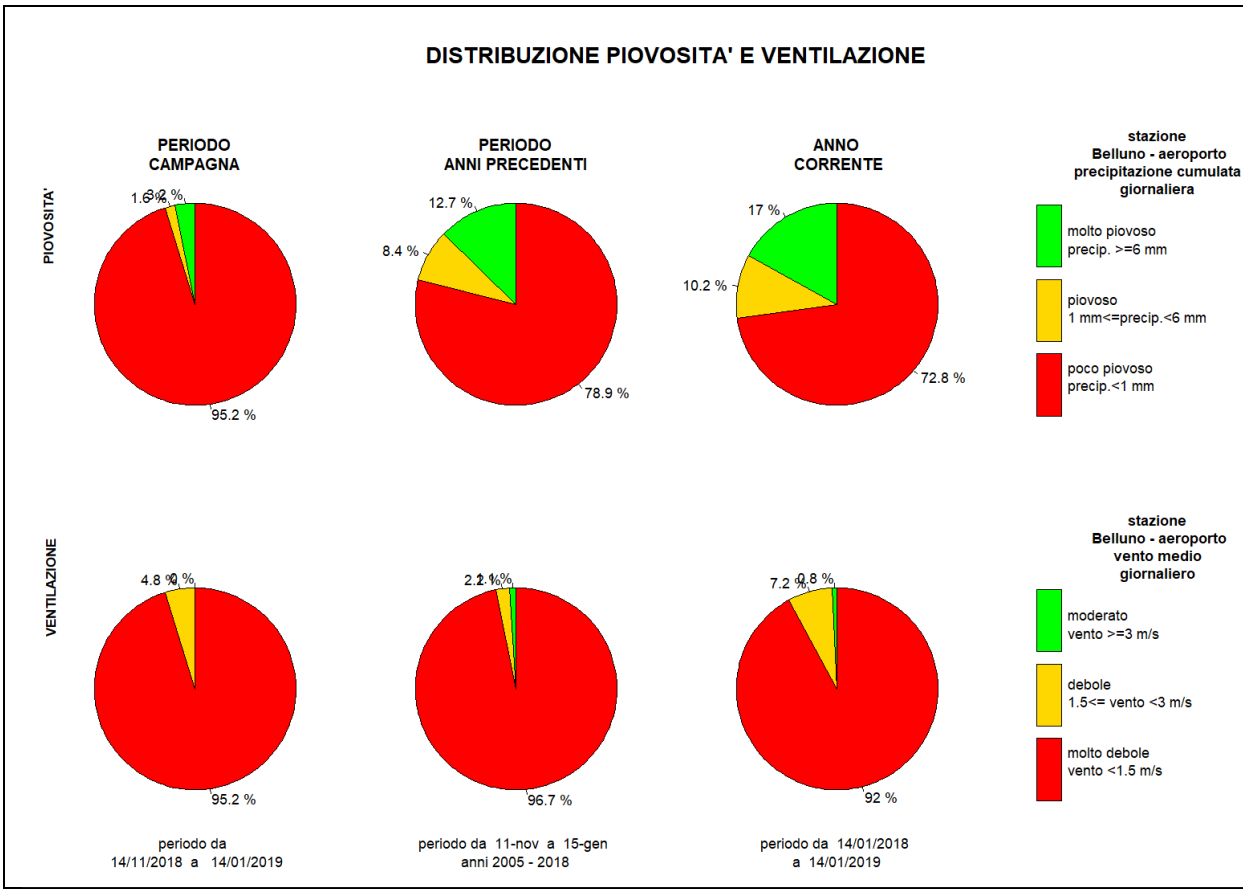
Localizzazione del comune di Belluno nel territorio provinciale

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:

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 1.5 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 1.5 m/s e 3 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 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.



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).

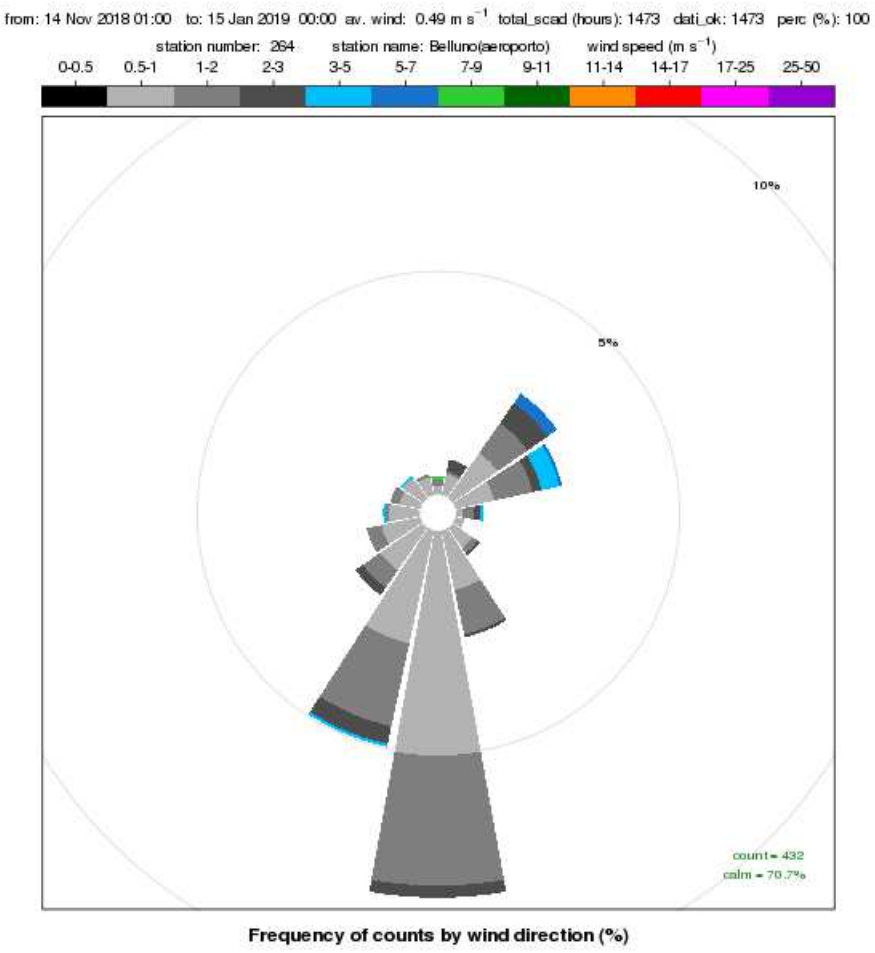
Nella figura sopra riportata si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (264 Belluno Aeroporto[1]) in tre periodi:

[1] La stazione meteorologica di Belluno Aeroporto è fra quelle gestite da ARPAV la più vicina al sito della campagna di misura (distanza inferiore a 10 km): i dati da essa registrati sono rappresentativi per l'area della campagna di misura per quanto riguarda la precipitazioni. Per il vento, pur essendo i due siti relativamente vicini ed entrambi in Valbelluna, dal momento che si

- 15 novembre 2018 - 14 gennaio 2018, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 11 novembre - 15 gennaio dall'anno 2005 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 14 gennaio 2018 – 14 gennaio 2019 (ANNO CORRENTE).

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

- le giornate poco piovose sono state più frequenti rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti sia all'anno corrente, con uno scarto maggiore rispetto a questo secondo periodo;
- i giorni con vento molto debole sono stati leggermente più frequenti rispetto all'anno corrente e leggermente meno frequenti rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti.



rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Belluno - Aeroporto nel periodo 15 novembre 2018 – 14 gennaio 2019

trovano a quote differenti e in zone caratterizzate da strutture orografiche diverse, le informazioni rilevate presso Belluno Aeroporto potrebbero essere non del tutto rappresentative dell'area della campagna di misura di qualità dell'aria, soprattutto per quel che riguarda la direzione.

Si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Belluno - Aeroporto durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che a prevalere, con circa il 71% dei casi, sono le calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s); per venti di intensità superiore alla soglia delle calme, la direzione prevalente di provenienza del vento è sud (circa 8% dei casi), seguita da sud-sudovest (circa 5%). La velocità media è stata pari a circa 0.5 m/s. Si fa presente che la rosa dei venti evidenzia un regime dei venti fortemente influenzato dall'orografia circostante, che potrebbe differire da quello del sito di svolgimento della campagna di misura.

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_2), biossido di azoto (NO_2), monossido e ossidi di azoto (NO - NO_X), ozono (O_3), benzene (C_6H_6), polveri (PM10).
Inoltre, contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati raccolti su filtro e inviati al laboratorio ARPAV alcuni campioni di polveri PM10 per la successiva determinazione analitica degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Materiale particolato - 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 o uguale 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 o uguale 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.

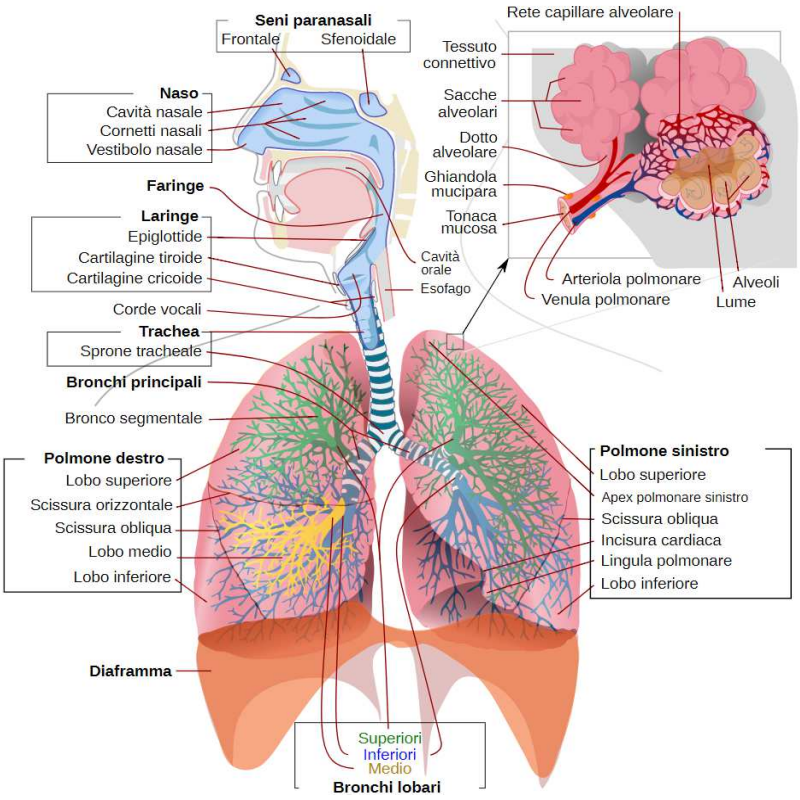
Le più importanti sorgenti naturali sono:

- 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.).

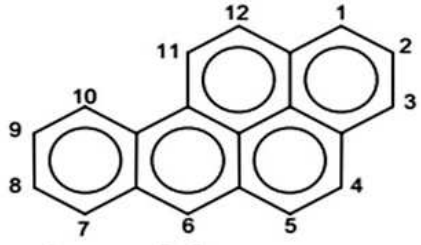
Una volta emesse, le polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro più sottile, ad esempio PM1, possono rimanere in circolazione per circa un mese.
Nei centri urbani, le polveri sottili sono prodotte, principalmente, dai fenomeni di combustione annessi al traffico veicolare e agli impianti di riscaldamento, che sono le cause, anche, dell'inquinamento da 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 azzera per effetto delle forze di resistenza inerziale che annullano la velocità di trascinamento 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
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 ($C_{20}H_{12}$)

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:	$C_{20}H12$
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 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 di 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 alla 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_2)

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_2) e alla loro somma pesata.
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_X)

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO_2) e l'anidride solforica (SO_3), con predominanza della prima; questi composti sono comunemente indicati come SO_x. 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_2 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_2, 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_3)

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_2) e un atomo di ossigeno libero, estremamente reattivo

$O_3 \rightarrow O_2 + O$

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 ed 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:

$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$ (1)

seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:

$O + O_2 \rightarrow O_3$ (2)

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:

$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$ (3)

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 perossialchilici", convenzionalmente indicati come RO_2, prodotte dalla ossidazione di idrocarburi e altri composti organici volatili. Il monossido di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:

$NO + RO_2 \rightarrow NO_2 + RO$ (4)

In presenza di radicali perossialchilici 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.

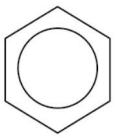
I precursori coinvolti nel ciclo dell'ozono possono essere di origine antropogenica, a seguito di combustioni ed evaporazione di solventi organici, o derivare da sorgenti naturali di emissione quali incendi e vegetazione.

Nei centri urbani gli inquinanti coinvolti nella produzione di ozono derivano principalmente dal traffico veicolare. Nella complessa serie di reazioni coinvolgenti 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 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 O_3, COV ed 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 (C_6H_6)



Product Name:	BENZENE
CAS:	**71-43-2**
MF:	C_6H_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.

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

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

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Particolato Fine*/** PM10	Traffico autoveicolare on road e off road, impianti riscaldamento, centrali termoelettriche, impianti industriali, fenomeni di risollevamento
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_2	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_2	Impianti riscaldamento, centrali termoelettriche, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili), veicoli diesel
Ozono** O_3	Non ci sono significative sorgenti antropiche di emissione in atmosfera
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare 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.

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE
PM10	Valore limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile	50 $\mu g/m^3$
O_3	Soglia di informazione Media oraria *	180 $\mu g/m^3$
O_3	Soglia di allarme Media oraria *	240 $\mu g/m^3$
NO_2	Soglia di allarme **	400 $\mu g/m^3$
NO_2	Valore limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 $\mu g/m^3$
CO	Valore limite Media massima giornaliera calcolata su 8 h	10 mg/m^3
SO_2	Soglia di allarme **	500 $\mu g/m^3$
SO_2	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 $\mu g/m^3$
SO_2	Valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte per anno civile	125 $\mu g/m^3$

* 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^2 oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
PM10	Valore limite Media su anno civile	40 µg/m^3	
PM2.5	Valore limite Media su anno civile	25 µg/m^3	
O_3	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^3	
O_3	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^3	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita
NO_2	Valore limite Anno civile	40 µg/m^3	
Pb	Valore limite Media su anno civile	0.5 µg/m^3	
C_6H_6	Valore limite Media su anno civile	5 µg/m^3	
As	Valore obiettivo Media su anno civile	6 ng/m^3	
Ni	Valore obiettivo Media su anno civile	20 ng/m^3	
Cd	Valore obiettivo Media su anno civile	5 ng/m^3	
B(a)P	Valore obiettivo Media su anno civile	1 ng/m^3	

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
SO_2	Livello critico per la vegetazione Anno civile	20 µg/m^3	
SO_2	Livello critico per la vegetazione (1 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m^3	
NO_x	Limite critico per la vegetazione Anno civile	30 µg/m^3	
O_3	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	18000 µg/m^3 h come media su 5 anni	
O_3	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^3 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 ed 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. 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 campagne di monitoraggio svolte a Belluno loc. Cirvoi, le percentuali minime di raccolta dati sono state abbondantemente superate. Solo a conclusione della seconda campagna di monitoraggio, potrà essere calcolato il grado di copertura annuale.

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 PM10: nel periodo di monitoraggio non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di esposizione, pari a 50 µg/m^3. Il dato massimo è stato di 41 µg/m^3. Il valore medio del periodo si è attestato a 15 µg/m^3, inferiore al limite annuale di 40 µg/m^3.

		PM10 (µg/m^3)		
		Stazione rilocabile di Cirvoi	**Belluno Parco Bologna**	**Belluno La Cerva**
15 novembre 2018 14 gennaio 2019	**Media**	**15**	**24**	**31**
	n° superamenti	**0**	**0**	**1**
	n° dati	**61**	**61**	**60**
	% superamenti	**0.0**	**0.0**	**3.0**

Benzene: il valore medio dei dati giornalieri di benzene, di 1,2 µg/m^3, è risultato inferiore al limite annuale fissato in 5 µg/m^3.

		Benzene (µg/m^3)
		Stazione rilocabile di Cirvoi
15 novembre 2018 14 gennaio 2019	MEDIA	1.2
	n° dati	58

Benzo(a)Pirene: la media dei valori riscontrati nel periodo di monitoraggio è di 1,1 ng/m^3, superiore all'obiettivo annuale fissato in 1 ng/m^3. Una comparazione con i dati della stazione di Belluno Parco Bologna, nello stesso periodo, ha registrato valori molto inferiori.

		Benzo(a)Pirene (ng/m^3)	
		Stazione rilocabile di Cirvoi	Stazione di confronto di Parco Bologna
15 novembre 2018 14 gennaio 2019	MEDIA	1.1	3.2
	n° dati	59	22

Ozono: non si sono registrati superamenti della soglia di informazione alla popolazione, pari a 180 µg/m^3 né, quindi, superamenti della soglia di allarme, pari a 240 µg/m^3. Il dato massimo orario rilevato è stato di 79 µg/m^3.

Anidride solforosa: le concentrazioni rilevate sono di gran lunga inferiori ai limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di 4 µg/m^3, da confrontarsi col limite di 350 µg/m^3.

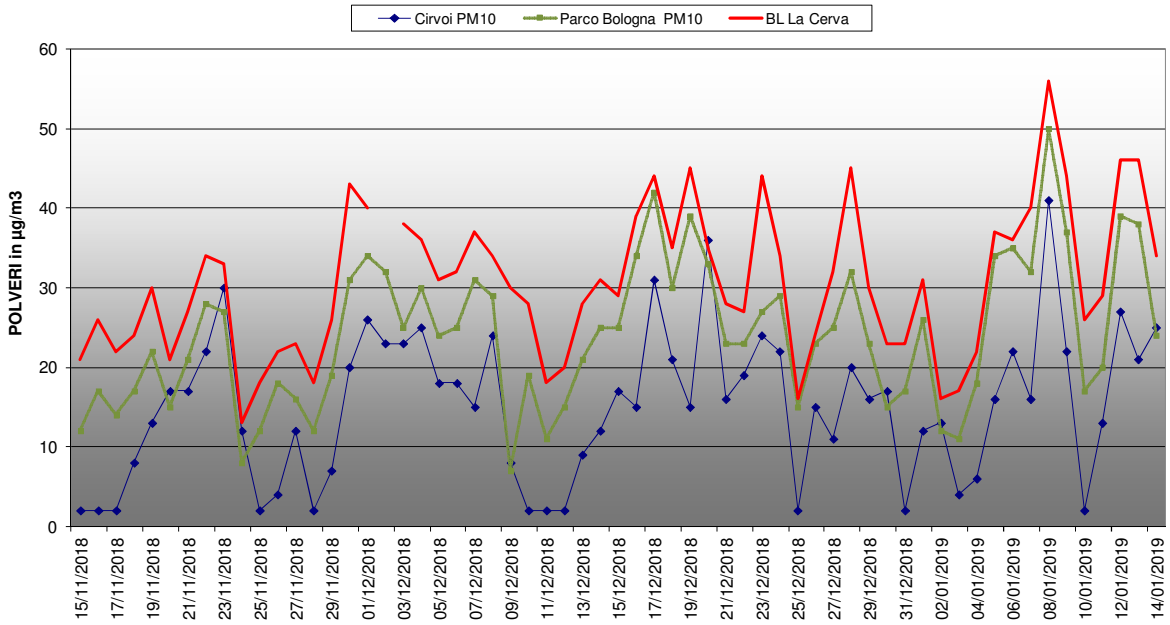
Biossido di azoto: le concentrazioni misurate sono rimaste sotto i limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato nel periodo di monitoraggio è stato di 68 µg/m^3, da confrontarsi con il limite orario di 200 µg/m^3 che non dovrebbe essere superato più di 18 volte all'anno. Il dato medio del periodo è di 28 µg/m^3, inferiore al limite annuale per la protezione della salute umana, fissato in 40 µg/m^3.

Monossido di carbonio: le concentrazioni rilevate sono inferiori ai limiti di legge. Il valore massimo della media mobile a otto ore è stato di 0,9 mg/m^3, molto inferiore rispetto al limite fissato in 10 mg/m^3.

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

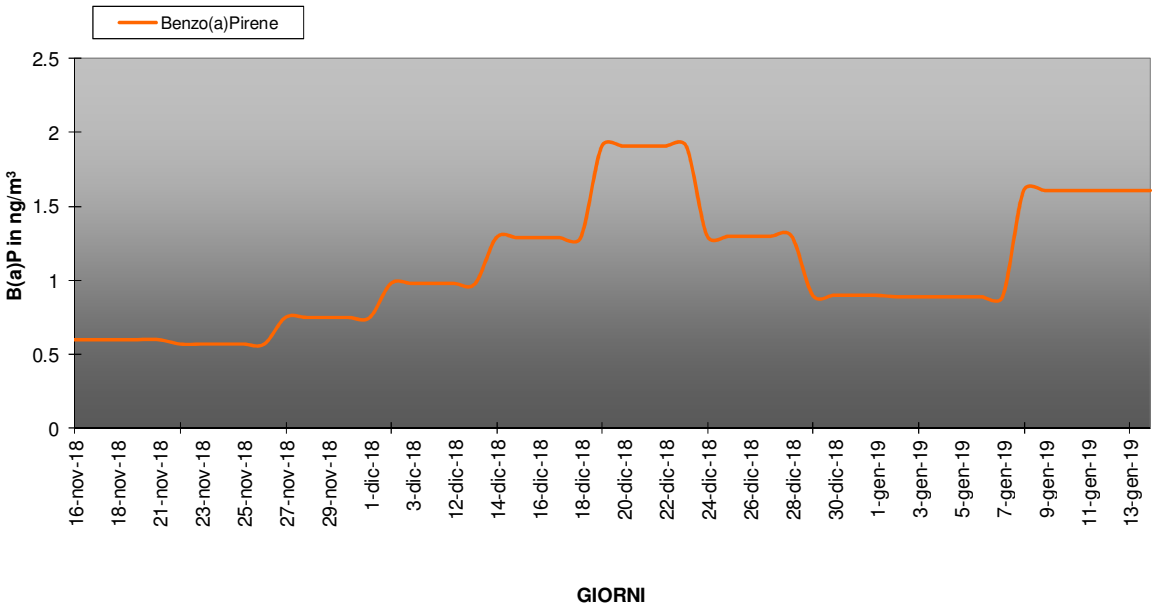
Questo paragrafo contiene alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati, evidenziando le eventuali correlazioni con i fattori climatici e con le fonti di emissione.

STAZIONI DI Belluno Cirvoi (Mezzo Mobile), Belluno Parco Bologna e Belluno La Cerva:
CONFRONTO POLVERI PM10
DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



Il grafico di confronto delle polveri PM10 con le stazioni fisse del comune di Belluno indica una elevata correlazione tra i siti di monitoraggio. Le concentrazioni di polveri sono risultate inferiori rispetto a quelle di entrambe le stazioni cittadine, 'Belluno Parco Bologna' e 'Belluno La Cerva'.

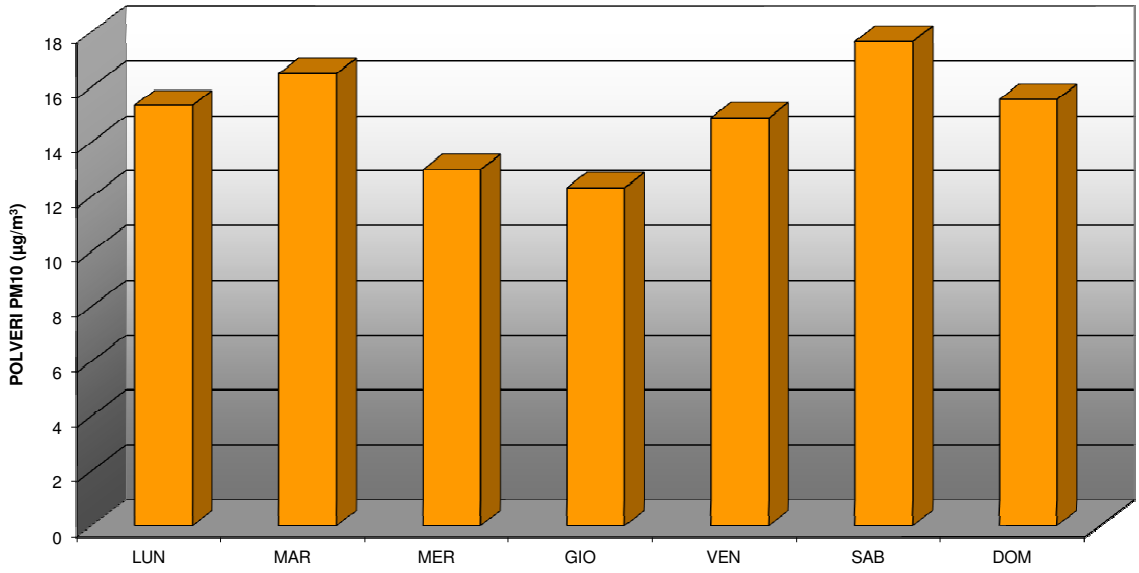
COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI : MEDIE GIORNALIERE DI BENZO(a)PIRENE DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



Il grafico lineare del Benzo(a)Pirene ha un andamento stagionale, con valori che tendono a crescere progressivamente con l'avvicinarsi del periodo invernale.

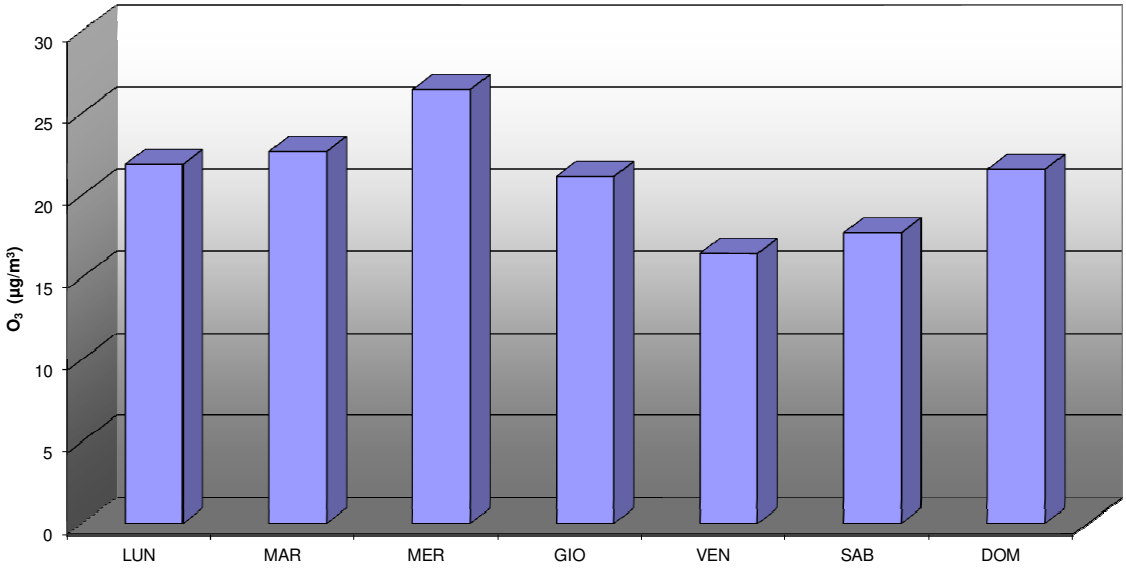
I dati sono stati quindi elaborati per costruire una settimana-tipo e verificare in quali giorni-tipo si sono riscontrate le maggiori concentrazioni di inquinanti.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO POLVERI PM10 SETTIMANA TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



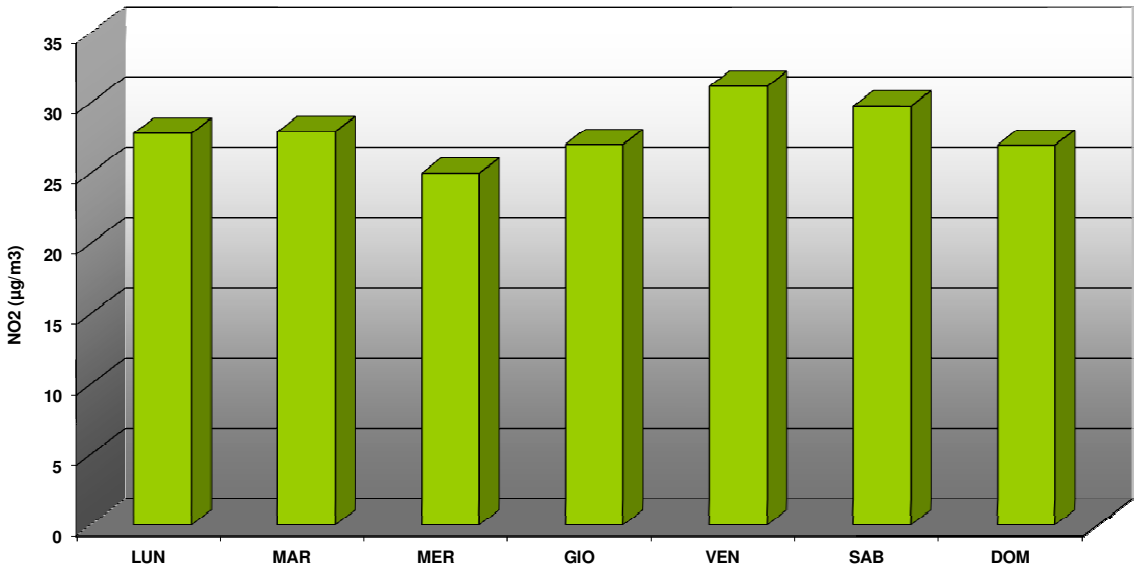
La concentrazione delle polveri PM10 ha un intervallo di oscillazione piuttosto contenuto con valori leggermente inferiori a metà settimana.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO OZONO (O_3)
SETTIMANA TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



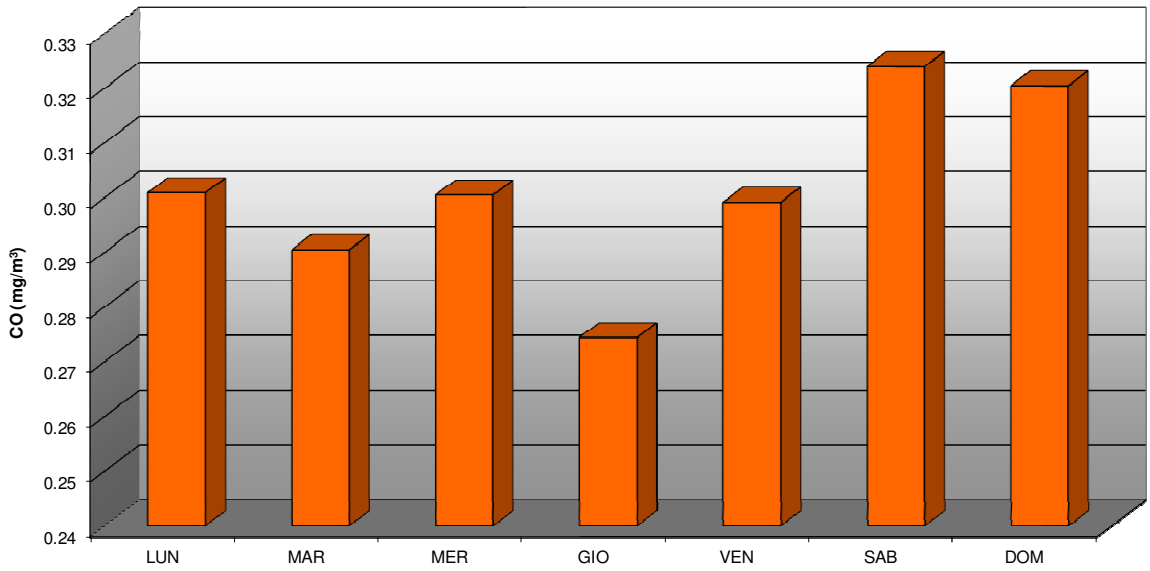
Il massimo relativo settimanale dell'ozono si manifesta nella giornata di mercoledì.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO (NO2)
SETTIMANA TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



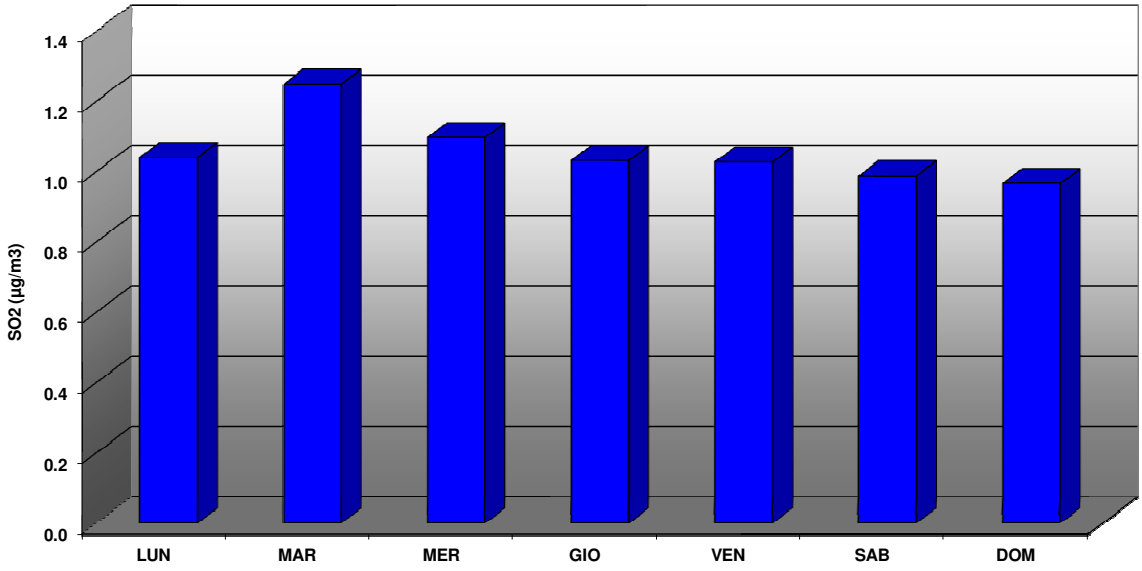
La concentrazione del biossido d'azoto ha i valori massimi nella giornata di venerdì.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) SETTIMANA TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



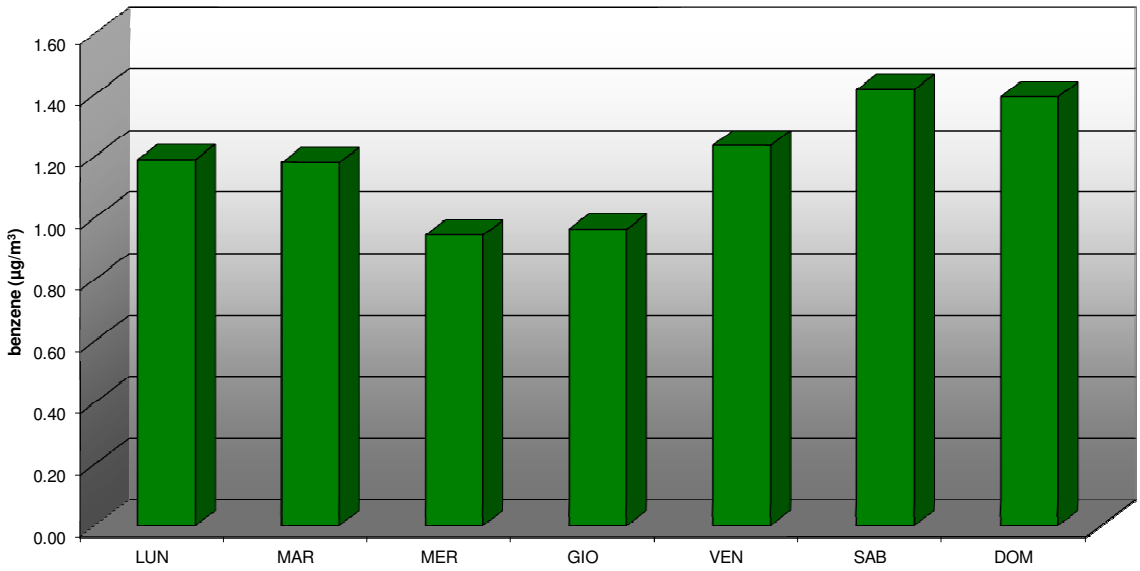
La concentrazione del monossido di carbonio presenta un massimo di concentrazione nelle giornate di sabato e domenica.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO2) SETTIMANA TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



L'anidride solforosa è presente con concentrazioni molto basse, vicine al limite di rilevabilità strumentale e, pertanto, le differenze tra le diverse giornate sono poco significative poiché appena superiori a 1 µg/m^3.

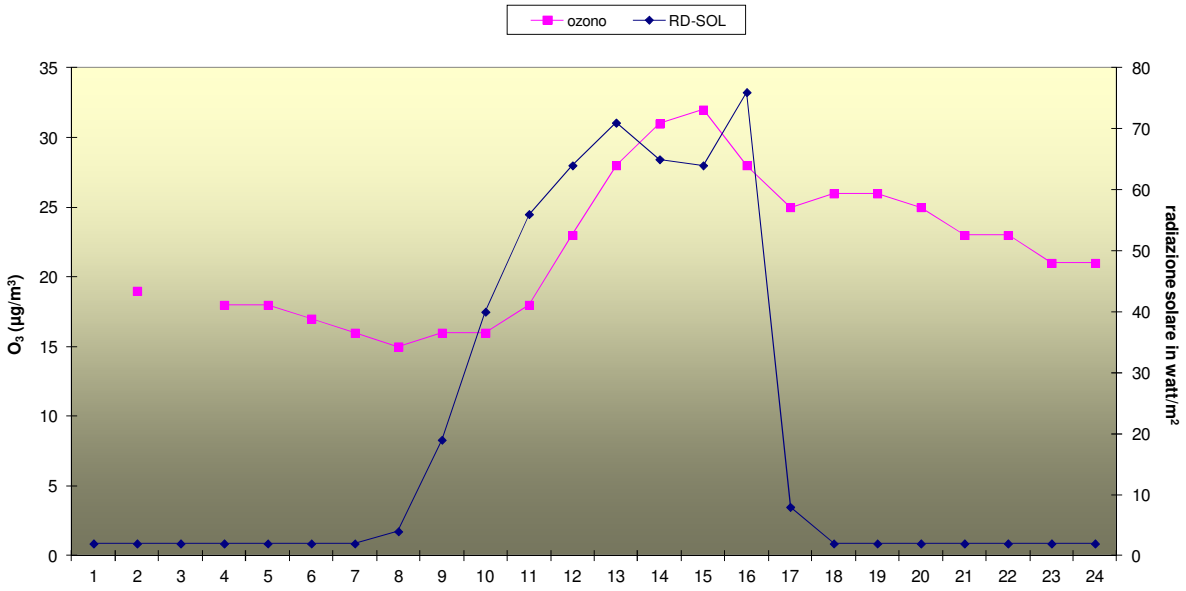
COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO BENZENE (C_6H_6)
SETTIMANA TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



Il benzene ha valori di concentrazione più elevati verso il fine settimana, con un massimo relativo nelle giornate di sabato e domenica.

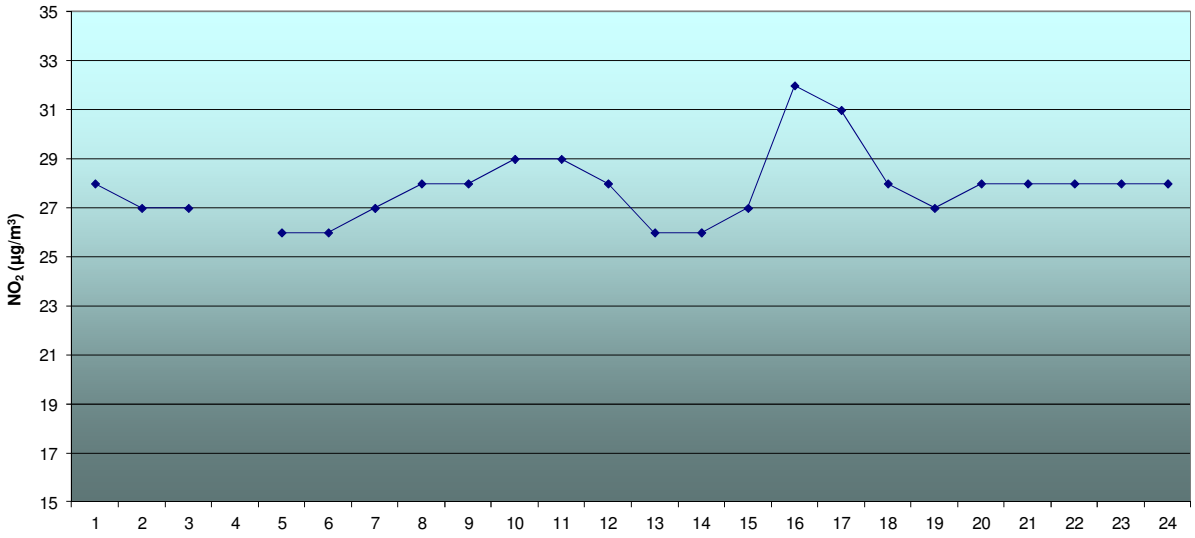
I diagrammi che seguono rappresentano, infine, il giorno tipo, e quindi la variazione giornaliera degli inquinanti monitorati in continuo e le fasce orarie di maggiore concentrazione nell'arco della giornata. L'elaborazione è stata eseguita in base all'ora solare; l'interruzione dei grafici è dovuta alla mancanza del dato in corrispondenza della fase di taratura quotidiana dello strumento.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRI OZONO (O_3) E RADIAZIONE SOLARE
GIORNO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



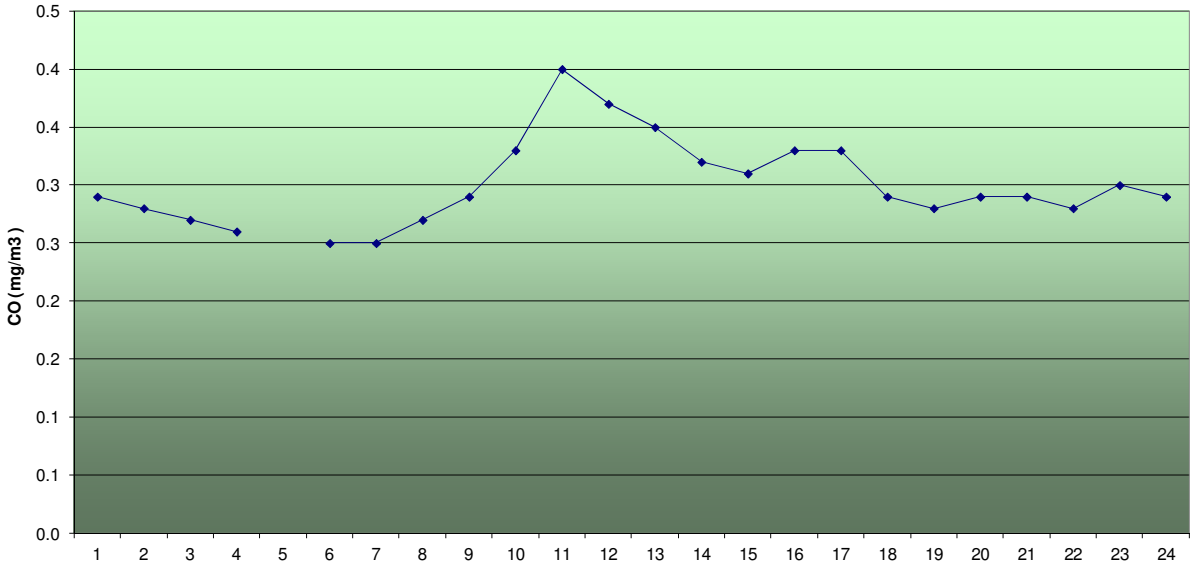
L'ozono ha un andamento associato a quello della radiazione solare il cui picco (tracciato blu) precede di alcune ore il picco dell'ozono; quest'ultimo raggiunge la massima concentrazione nel pomeriggio.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2)
GIORNO TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



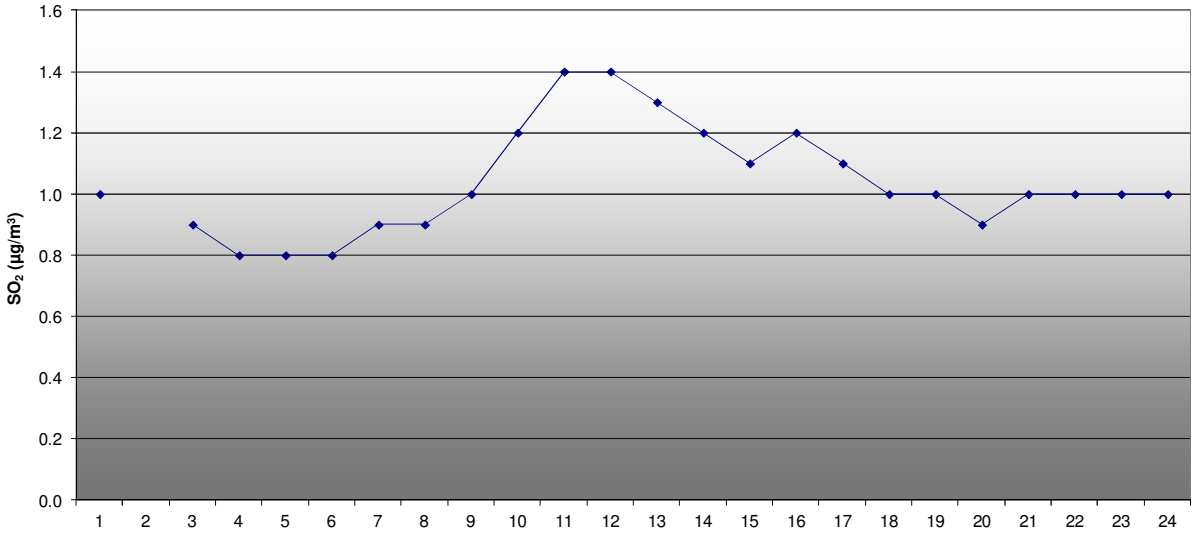
L'andamento del biossido d'azoto presenta un leggero picco alla mattina e uno più accentuato alla sera.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



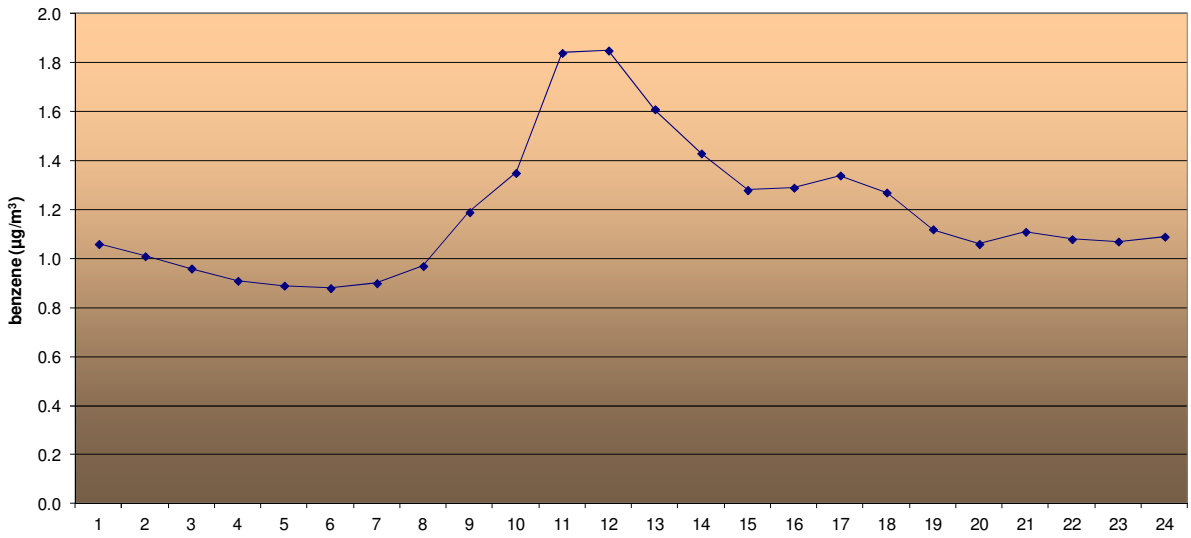
Il monossido di carbonio presenta un picco alla mattina.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO_2)
GIORNO TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



L'anidride solforosa, come il monossido di carbonio, presenta un picco alla mattina.

COMUNE DI BELLUNO LOC. CIRVOI: PARAMETRO BENZENE (C_6H_6)
GIORNO TIPO DAL 15 NOVEMBRE 2018 AL 14 GENNAIO 2019



Il benzene, analogamente a monossido di carbonio e anidride solforosa, presenta un picco alla mattina.

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

Il primo monitoraggio effettuato a Belluno loc. Cirvoi nella fase autunno-invernale ha fornito un quadro positivo per la qualità dell'aria per quanto riguarda anidride solforosa, monossido di carbonio, biossido d'azoto, ozono e polveri PM10, che si sono sempre mantenuti al di sotto dei limiti di legge per l'esposizione sia acuta sia cronica.
Per quanto riguarda il Benzo(a)Pirene, inquinate legato in modo preponderante al riscaldamento domestico, si segnalano concentrazioni elevate, tipiche dei periodi invernali, ma inferiori a quelle misurate nello stesso periodo nella stazione di riferimento di fondo valle, Belluno parco Bologna.
Una valutazione complessiva sarà formulata a conclusione della fase estiva di monitoraggio, con diverse condizioni emissive e dispersive degli inquinanti.

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^2 superiore a 3.000 abitanti.

AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)
espresso in ($\mu g/m^3$)*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 $\mu g/m^3$) 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_2), degli ossidi di azoto (NO e NO_2), dell'ozono (O_3) 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 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 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 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):

$$SO_2 + h\nu_1\ (\lambda_1 = 214\ nm) \rightarrow SO_2^*$$

$$SO_2^* \rightarrow SO_2 + h\nu_2 \ (\lambda_2 = 330 \text{ nm})$$

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 SO_2.

Analizzatore di NO - NO_2- NO_x

- 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:

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2^* + O_2 \ (1)$$

$$NO_2^* \rightarrow NO_2 + h\nu(\approx 700 \text{ nm}) \ (2)$$

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 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 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'NO_2 presente in NO. In questo modo si ottiene in camera di misura la concentrazione totale degli ossidi di azoto, NO_x. Dalla differenza tra gli ossidi totali e il solo NO si ottiene infine la misura di NO_2.

Analizzatore di O_3

- 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 λ=254 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 β
- 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° C ± 1) e di umidità (50 ± 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 β 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 µm. 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 $\mu g/m^3$.

- 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 β.
- Modalità di funzionamento: il metodo di riferimento per la determinazione del materiale particolato PM2.5 si basa sulla raccolta della "frazione $PM_{2.5}$ " 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° C ± 1) e di umidità (50 ± 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 β 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 (C_6H_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
E-mail certificata: protocollo@arpav.it
www.arpa.veneto.it