Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

Comune di Borgo Valbelluna, loc.Trichiana

Periodo di attuazione:

16 marzo - 9 luglio 2018
15 novembre 2018 – 20 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
Stefania Ganz

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 agosto 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 18

5 - Strumentazione utilizzata e analisi eseguite.....21

6 - Efficienza di campionamento.....22

7 - Analisi dei dati rilevati 23

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati.....26

8- Conclusioni.....28

ALLEGATO 1: GLOSSARIO 30

ALLEGATO 2: METODI DI MISURA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI.....32

1 - Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio

Il Dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno, in accordo con il comune di Trichiana, successivamente confluito nel nuovo comune di Borgo Valbelluna, ha programmato per il 2018-2019 una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria presso il plesso scolastico di via Bernard, posizionando una stazione mobile di monitoraggio sul lato nord ovest del fabbricato che ospita la scuola primaria.

L'indagine, dopo una prima fase estiva dal 16 marzo al 19 luglio 2018, è stata ripetuta nel periodo invernale, dal 15 novembre 2018 al 19 gennaio 2019

La relazione che segue illustra i risultati della seconda fase del monitoraggio e contiene la sintesi dei risultati analitici, in riferimento ai limiti di legge vigenti, e la rappresentazione grafica del trend degli inquinanti misurati.

In fase di commento ai dati, si è effettuata una valutazione globale della qualità dell'aria del sito esaminato, tenendo conto delle evidenze emerse nelle due fasi.

Per il monitoraggio nel periodo invernale è stato utilizzato un laboratorio mobile di proprietà dell'Osservatorio Regionale della qualità dell'aria non dotato di analizzatore di ozono e di campionatore per BTeX. Per quanto riguarda l'ozono, trattandosi di un inquinante strettamente correlato alla radiazione solare e tipico del periodo estivo, la mancanza di misure invernali non inficia l'elaborazione dei dati. Le caratteristiche tecnico analitiche delle apparecchiature utilizzate sono descritte di seguito.

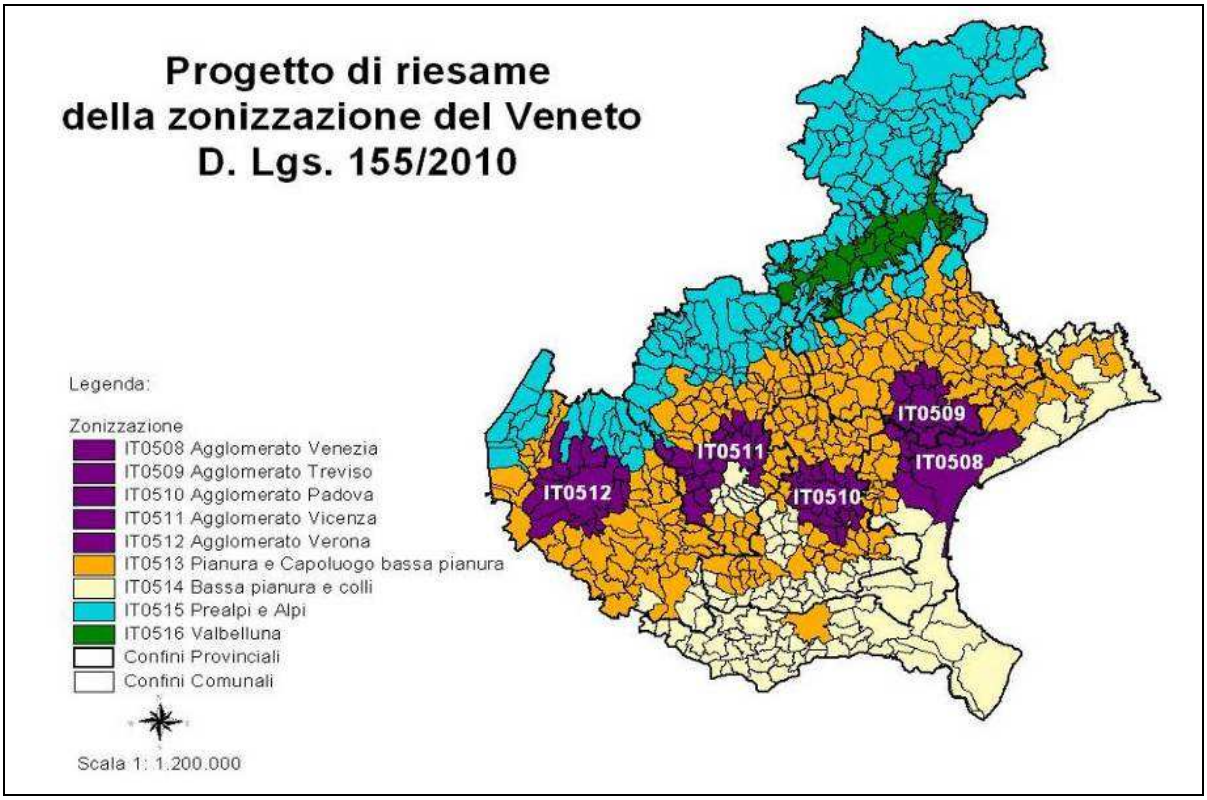
2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione

In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE), 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.

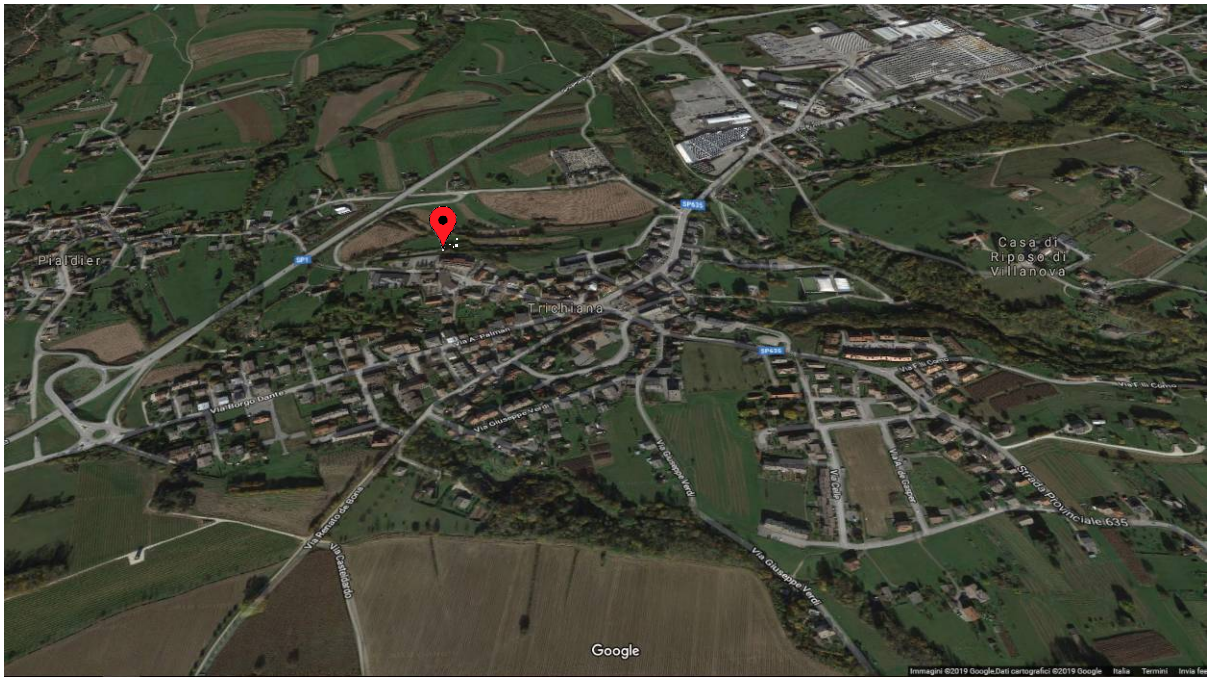


I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

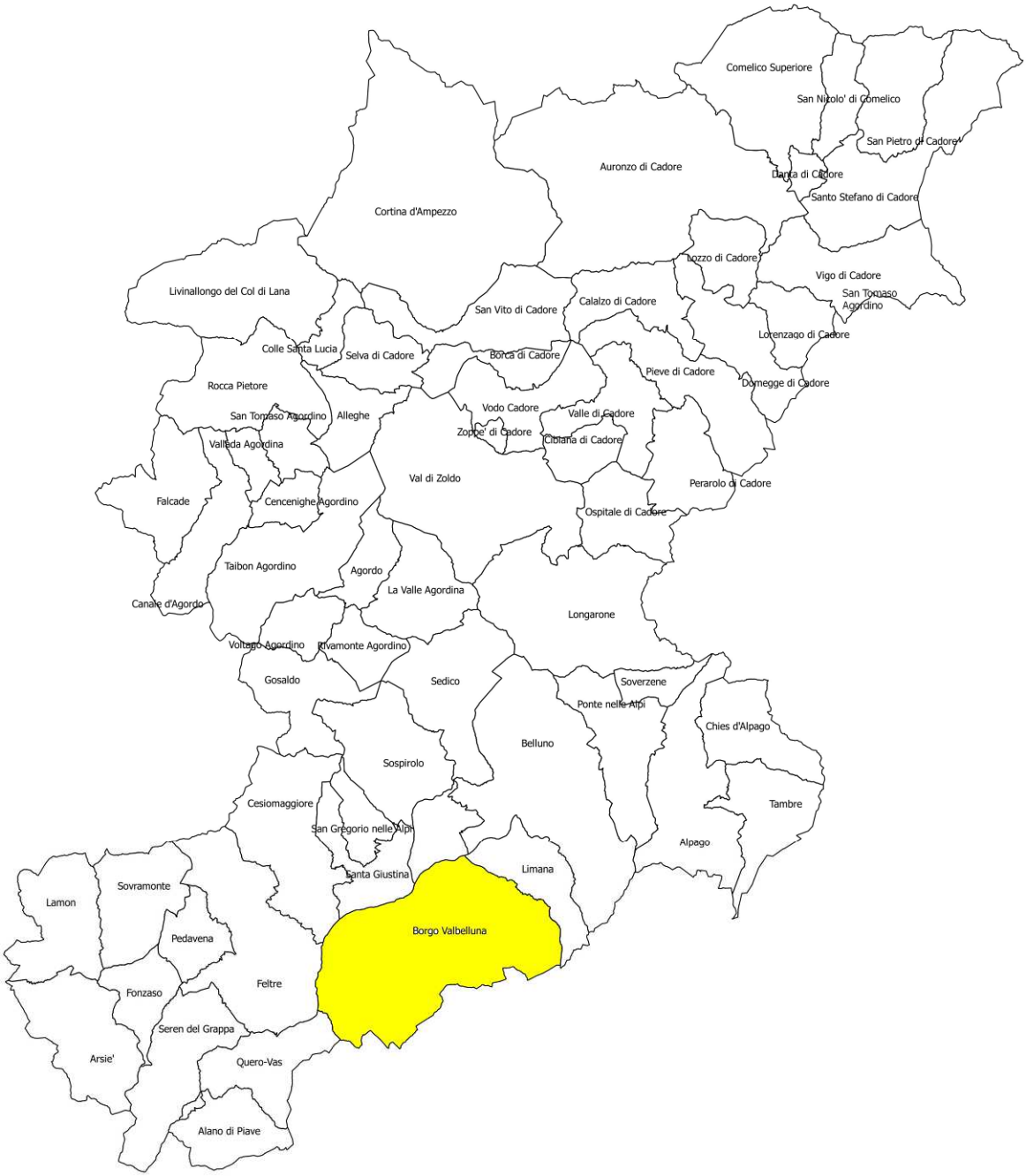
Prealpi e Alpi (IT0515). Coincide con la zona montuosa della regione, comprende i Comuni con altitudine della casa comunale maggiore di 200m, generalmente non interessati dal fenomeno dell'inversione termica, a ridotto contributo emissivo e con basso numero di abitanti.

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 1742045; 5107164 UTM Gauss Boaga (geobrowser) e, con un altitudine di 343 m, ricade nella zona Val Belluna (IT0516).



Posizionamento del mezzo mobile



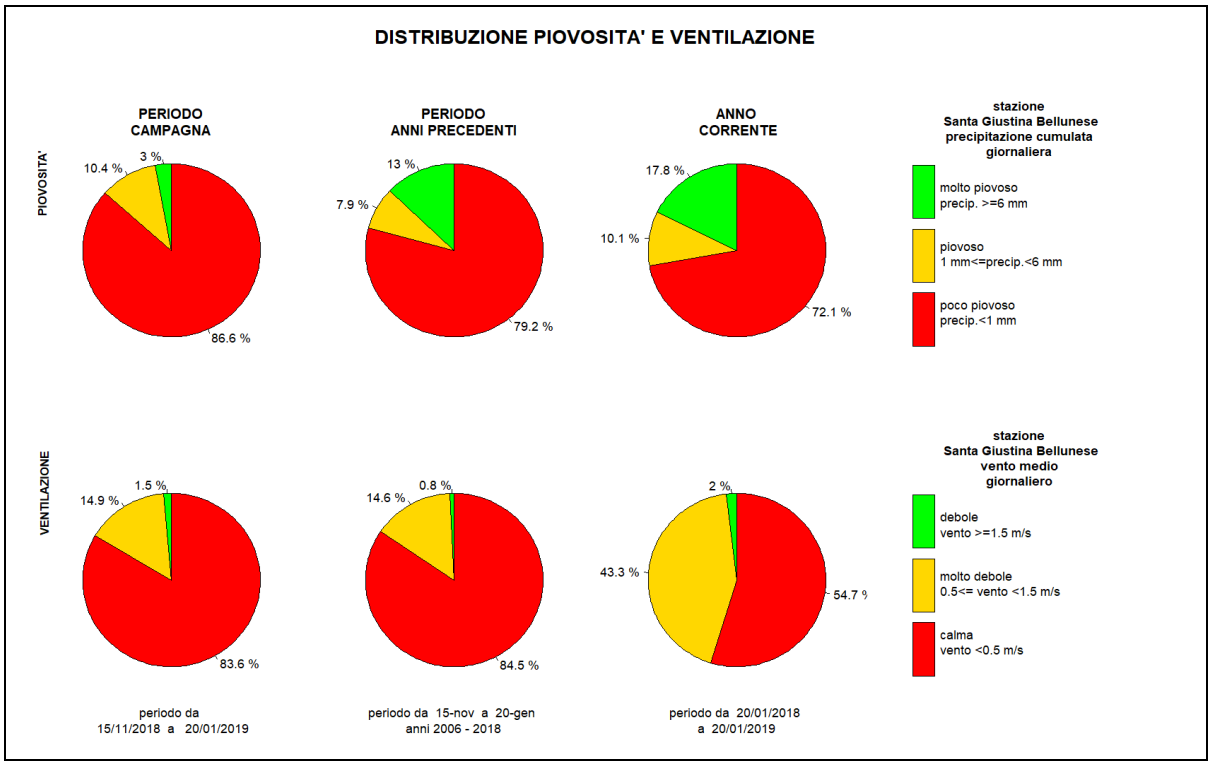
Localizzazione del comune di Borgo Valbelluna nella provincia di Belluno

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:

- 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 stati individuati in maniera soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati; in particolare per il vento medio giornaliero si sono utilizzati intervalli tali da consentire il confronto tra venti di debole intensità.



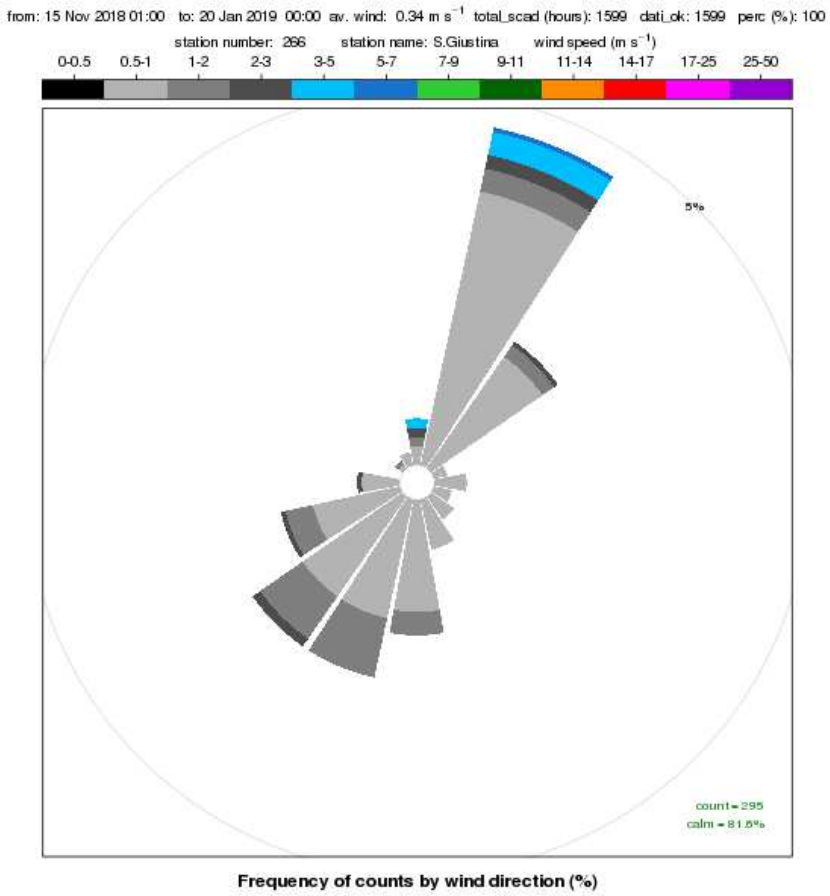
Nella figura sopra riportata si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (Santa Giustina[1] - 266 - BL) in tre periodi:

[1] La stazione meteorologica di Santa Giustina è fra quelle gestite da ARPAV la più vicina al sito della campagna di misura (distanza di circa 10 km). I dati misurati presso la stazione di Santa Giustina possono ritenersi rappresentativi per l'area di svolgimento della campagna di misura, a meno di locali

- 15 novembre 2018 – 20 gennaio 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 15 novembre – 20 gennaio dall'anno 2006 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 20 gennaio 2018 – 20 gennaio 2019 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono più frequenti rispetto a entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente;
- la distribuzione delle giornate in base alla ventosità è simile a quella dello stesso periodo degli anni precedenti, mentre rispetto all'anno corrente è ben più alta la percentuale dei giorni con calma di vento.



Nell'immagine soprastante si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Santa Giustina durante lo svolgimento della campagna di misura. È evidente che a

differenze, soprattutto relativamente al vento a causa della configurazione orografica del territorio circostante che è simile ma non identica.

prevalere sono le calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s), con una percentuale di circa 81% dei casi; per venti di intensità superiore alla soglia delle calme, la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-nordest (poco meno del 5% dei casi). La velocità media è stata pari a circa 0.3 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

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_3), benzene (C_6H_6) e 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, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 µm.

Lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha riclassificato alcune sostanze della lista dei cancerogeni noti e, fra 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:

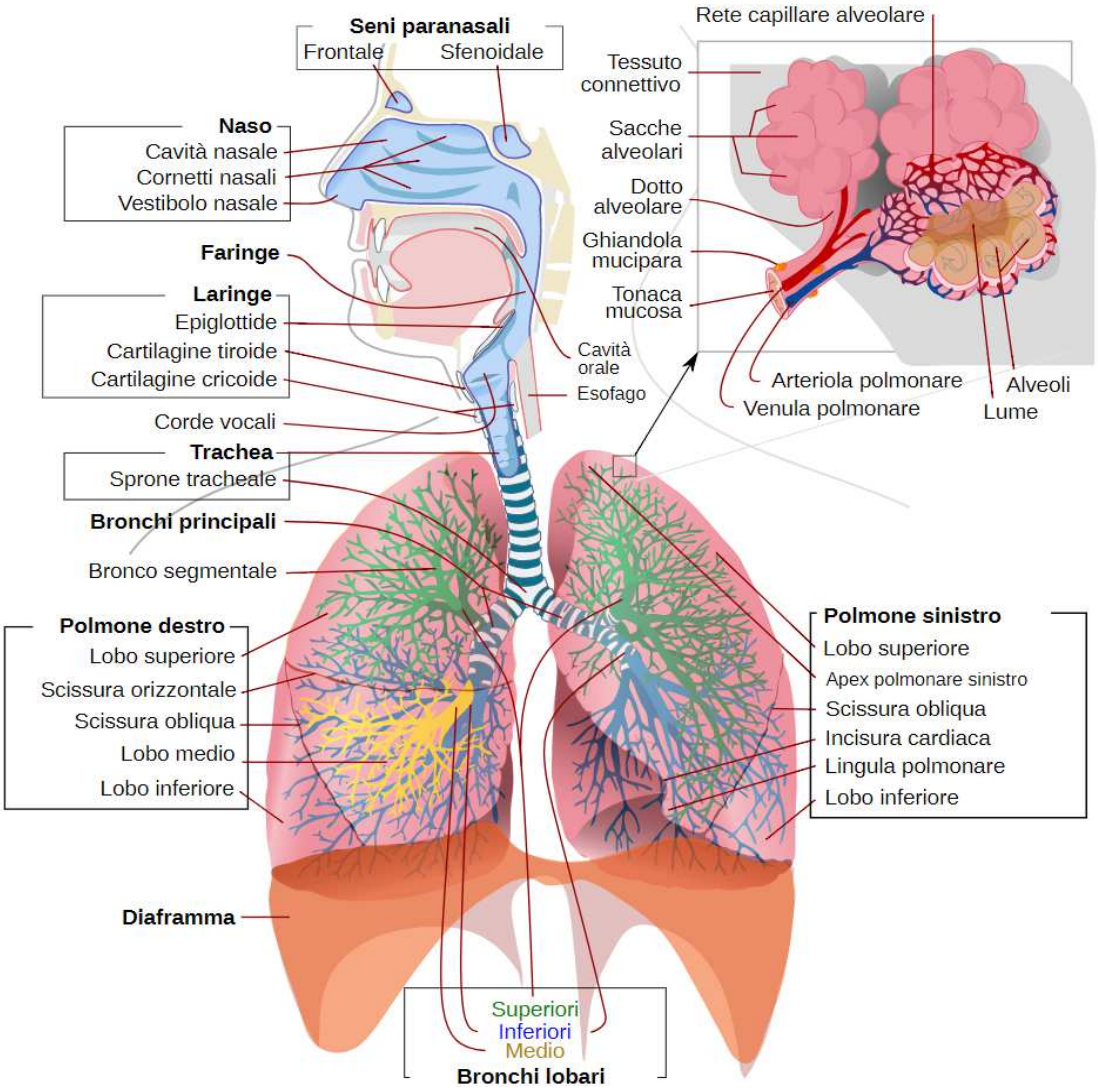
- incendi boschivi;
- polveri al suolo risollevate e trasportate dal vento;
- aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.);
- emissioni vulcaniche;
- aerosol marino.

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 azzera per effetto delle forze di resistenza inerziale che annullano la velocità di trascinamento dell'aria; questa decresce dal naso sino agli alveoli polmonari.

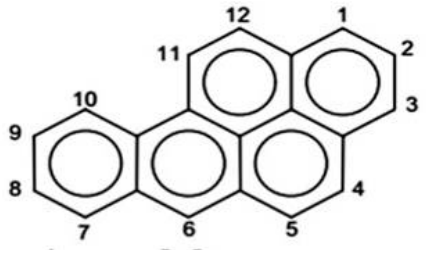
Pertanto, procedendo dal naso, o dalla bocca, attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.



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 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 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 particolato derivante dalla combustione del 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_3)

L'ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno, che si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O_2) e un atomo di ossigeno estremamente reattivo:
$O_3 \rightarrow O_2 + O$
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:
$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$ (1)
Segue la combinazione dell'ossigeno atomico con l'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 viene quindi prodotto dalla reazione (2) e successivamente rimosso dalla reazione (3) in un ciclo a produzione teoricamente nulla.

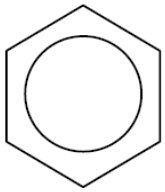
In troposfera sono però presenti specie molto reattive, chiamate "radicali perossialchilici", convenzionalmente indicati come RO_2, prodotte dalla ossidazione di idrocarburi e altri composti organici volatili. Il monossido di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:
$NO + RO_2 \rightarrow NO_2 + RO$ (4)
In presenza di radicali perossialchilici, la reazione (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_X 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_3 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_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.

Metalli

Piombo (Pb)

Il piombo è l'elemento chimico di numero atomico 82. È un metallo tenero, pesante, malleabile. Di colore bianco azzurrognolo appena tagliato, esposto all'aria si colora di grigio scuro.
E' usato nella produzione di batterie per autotrazione e di proiettili per armi da fuoco; è anche un componente del peltro e di altre leghe usate per la saldatura. In natura è abbondantemente diffuso sotto forma di solfuro, nel minerale chiamato galena e in minerali di secondaria importanza, come la cerussite e l'anglesite.
Negli anni recenti un'importante sorgente di esposizione per la popolazione è stato il piombo aerodisperso proveniente di motori a benzina, in cui era presente come antidetonante fino alla sua abolizione a partire dal 2002. Piccole quantità di piombo possono provenire da attività industriali o essere presenti in frammenti di vernici.

Arsenico (As)

È l'elemento chimico di numero atomico 33. È un noto veleno e un metalloide che si presenta in tre forme allotropiche diverse: gialla, nera e grigia.
Dal punto di vista chimico, l'arsenico è molto simile al suo omologo, il fosforo, tanto che lo sostituisce parzialmente in alcune reazioni biochimiche. Scaldato, si ossida rapidamente a ossido arsenioso, dal tipico odore agliaceo. L'arsenico e alcuni suoi composti sublimano, passando direttamente dalla fase solida a quella gassosa.
L'arseniato di piombo è stato usato fino al ventesimo secolo come pesticida in frutticoltura, con gravi danni neurologici per i lavoratori addetti, mentre, nel diciannovesimo secolo, l'arseniato di rame è stato usato come colorante per dolciumi. Da ricordare, nel 1900, l'uso di chemioterapici a base di arsenico per la cura della sifilide.
Più recentemente, l'arsenocromato di rame- CCA- ha trovato utilizzo negli interventi conservativi del legno, pratica che, nei paesi della UE, è attualmente sottoposta a restrizioni d'uso.
Altri usi:

- produzione di leghe;
- produzione di insetticidi;
- produzione di circuiti integrati a base di arseniuro di gallio;
- trattamenti della leucemia promielocitica acuta con triossido d'arsenico;
- produzione di fuochi d'artificio.

Nichel (Ni)

Il nichel è l'elemento chimico di numero atomico 28. È un metallo bianco argenteo, che può essere lucidato con grande facilità. Appartiene al gruppo del ferro, è duro, malleabile e duttile. Si trova combinato con lo zolfo nella millerite e, con l'arsenico, nella niccolite.
Per la sua ottima resistenza all'ossidazione e la stabilità chimica se esposto all'aria, si usa per coniare le monete di minor valore, per rivestimenti protettivi di altri metalli, in alcune attrezzature chimiche e in certe leghe, per esempio l'argento tedesco. È ferromagnetico e si accompagna molto spesso con il cobalto.
Il principale impiego del nichel è la produzione di acciaio inox austenitico; inoltre, grazie alle sue particolari caratteristiche, trova una vasta gamma di utilizzi, i principali dei quali sono legati alla produzione di:

- acciaio e leghe (alnico, monel, nitinol);
- batterie ricaricabili al nichel idruro metallico e al nichel-cadmio;
- sostanze chimiche (catalizzatori e sali per elettrodeposizione);
- materiale da laboratorio (crogiuoli).

Cadmio (Cd)

Il cadmio è l'elemento chimico di numero atomico 48. È un metallo di transizione relativamente raro, tenero, bianco-argenteo con riflessi azzurrognoli. Si trova, in piccola quantità, nei minerali dello zinco dai quali si estrae.
È un metallo bivalente, malleabile, duttile e tenero, al punto che può essere tagliato con un normale coltello. Sotto molti aspetti assomiglia allo zinco, ma tende a formare composti più complessi di quest'ultimo.
Circa tre quarti della quantità di cadmio prodotta trovano utilizzo nella produzione di pile al nichel-cadmio, mentre la restante quota è principalmente usata per produrre pigmenti, rivestimenti e stabilizzanti per materie plastiche.
Tra gli altri usi del cadmio e dei suoi composti si segnalano:

- la produzione di leghe metalliche bassofondenti e per saldatura;
- la produzione di leghe metalliche ad alta resistenza all'usura;
- i trattamenti di cadmiatura, ovvero il rivestimento di materiali;
- la produzione di pigmenti gialli a base di solfuro di cadmio;
- la produzione di semiconduttori e pile;
- la produzione di stabilizzanti per il PVC.

Sono considerati tossici tutti quei metalli il cui eccessivo apporto determina effetti dannosi per la salute, tanto maggiori, quanto maggiore è la dose assorbita; lo stesso metallo può essere essenziale a basse dosi, ossia necessario per alcune funzioni dell'organismo, ma diventare tossico a dosi più elevate.
I metalli possono essere assorbiti per via respiratoria, per ingestione e, raramente, per via transcutanea. Nell'organismo si legano alle proteine del sangue, per poi distribuirsi nei diversi organi a seconda delle loro proprietà. Il piombo, ad esempio, si

distribuisce nell'osso e nei tessuti molli, mentre l'arsenico interferisce con l'attività enzimatica.
Gli effetti dei metalli sono molteplici: possono determinare fenomeni irritativi, intossicazioni acute e croniche, possono avere azione mutagena o cancerogena. Anche gli organi o gli apparati colpiti sono molto diversi: si va dal sangue al rene, al sistema nervoso centrale o periferico, al sistema respiratorio, all'apparato gastrointestinale, all'apparato cardiovascolare e alla cute. La maggior parte degli effetti tossici dovuti ai metalli è stata osservata e descritta in lavoratori esposti a concentrazioni di gran lunga più elevate di quelle presenti nell'ambiente di vita, oppure in seguito a intossicazioni accidentali.

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 di 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 di 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 di 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 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;

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE

- 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 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^3
O_3	Soglia di informazione Media oraria *	180 µg/m^3
O_3	Soglia di allarme Media oraria *	240 µg/m^3
NO_2	Soglia di allarme **	400 µg/m^3
NO_2	Valore limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m^3
CO	Valore limite Media massima giornaliera calcolata su 8 h	10 mg/m^3
SO_2	Soglia di allarme **	500 µg/m^3
SO_2	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m^3
SO_2	Valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/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.

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	120 µg/m^3	
O_3	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata su 8	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	

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

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

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	Il raggiungimento del valore obiettivo per la protezione della vegetazione sarà valutato nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014.
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 - 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 ($C_{20}H_{12}$)
- 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. Esegue 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 fornetto 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. Si è deciso inoltre 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 di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo presso stazioni fisse la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misure effettuate con mezzi mobili, il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno), con una resa del 90%; in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi, di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1 ottobre - 31 marzo) e in quello estivo (1 aprile - 30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.

Anche per gli IPA e per gli altri metalli, la percentuale per le misurazioni è pari al 14% (con una resa del 90%); è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6%, purché si dimostri il rispetto dell'incertezza estesa nel calcolo della media annuale.
In relazione a quanto sopraesposto, nel corso delle due fasi del monitoraggio svolto a Trichiana, per i parametri monitorati in continuo è stata raggiunta una resa del 96% per le polveri PM10 e del 100% per il Benzo(a)Pirene. Ozono e benzene, misurati solo nella prima fase estiva del monitoraggio, hanno fatto registrare un rendimento rispettivamente del 98% e del 78%.
Il grado di copertura annuale per le polveri PM10 è stato del 48%, del 25% per il benzene, del 32% per l'ozono e del 35% per il Benzo(a)Pirene.

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.

Per i parametri rilevati in entrambe le fasi del monitoraggio è stata fatta una valutazione globale dell'intero periodo esaminato.

Polveri PM10: nel corso della fase invernale del monitoraggio sono stati rilevati 3 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m^3 fissato dal D.Lgs 155/2010; la media si è attestata a 33 µg/m^3, inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m^3. Dal confronto con le altre stazioni fisse della rete emerge la collocazione di Trichiana, per quanto riguarda le Polveri PM10, ad un livello di inquinamento intermedio tra le stazioni di Background urbano di Belluno "Parco Città di Bologna" e Feltre "Area Feltrina": I valori rilevati presso la stazione di Trichiana si avvicinano a quelli della stazione di Belluno "La Cerva". Tuttavia, le due stazioni appartengono a tipologie differenti, e diverse sono quindi le origini degli inquinanti.

		PM10 (µg/m^3)			
		Stazione rilocabile Trichiana	Belluno Parco Bologna	Belluno "La Cerva"	Feltre Area Feltrina
periodo 16/03/2018 - 09/07/2018	Media	17	13	17	16
	n° superamenti	0	0	0	1
	n° dati	115	113	116	115
	% superamenti	0	0	0	1
periodo 15/11/2018 - 20/01/2019	Media	33	28	31	46
	n° superamenti	3	0	2	10
	n° dati	61	67	66	67
	% superamenti	5	0	3	15
media delle due fasi di monitoraggio	Media Ponderata	23	19	22	27
	n° superamenti	3	0	2	11
	n° dati	176	180	182	182
	% superamenti	2	0	1	6

Riepilogo delle concentrazioni di polveri PM10 misurate a Trichiana.

Nel caso del PM10, la normativa prevede valutazioni riferite a un intero anno affinché sia possibile il confronto con i valori di riferimento; per quanto riguarda le campagne di monitoraggio eseguite con la stazione rilocabile, di limitata durata, si è utilizzato un metodo predisposto da ARPAV – Osservatorio Regionale Aria - che consente di stimare le probabilità di superare i limiti di legge.

Il metodo si articola nei seguenti passaggi:

1. per un sito di misura sporadica (campagna di monitoraggio) si sceglie una stazione fissa rappresentativa, che può essere la stazione più vicina oppure quella caratterizzata dalla stessa tipologia di emissioni e, statisticamente, dallo stesso tipo di meteorologia;

2. si calcola un fattore di correzione per passare dal periodo effettivo di misura all'intero anno, sulla base dei parametri di distribuzione dei dati misurati nella stazione fissa;

3. si applica il fattore di correzione così calcolato per estrapolare il parametro statistico annuale, incognito, nel sito sporadico;

4. si confronta il parametro statistico annuale estrapolato con il valore limite di legge.

I parametri statistici di interesse sono: la media ed il 90° percentile. Quest'ultimo indica la posizione del dato che, in una serie ordinata in modo crescente, è di valore superiore al 90% dei dati della serie. Considerando i 365 dati giornalieri di PM10 ordinati in modo crescente, il 90% percentile corrisponde al valore in posizione 329 ossia in posizione 36 (365 – 329) a partire dal valore massimo. Considerato che sono ammessi 35 superamenti del valore limite di PM10, pari a 50 µg/m^3 su 24 ore, è garantito il rispetto del limite di legge se questo 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 µg/m^3.

Stazione fissa di Belluno La Cervaa dati 2018/2019; stazione mobile di Trichiana: dati dal 16 marzo al 9 luglio 2018 e dal 15 novenbre 2018 al 20 gennaio 2019	STAZIONE FISSA	SITO SPORADICO	RISULTATO	
	Belluno La Cerva	Trichiana	Valori Annuali Estrapolati	
data	PM10	PM10	Trichiana	
	(ug/m^3)	(ug/m^3)	90° perc	25
giorni di rilevamento	363	176	media	23
n° superamenti del V.L. di 50 µg/m^3	8	3		
media	23	22		

Confronto tra le campagne eseguite in loc. Trichiana e la centralina di Belluno Belluno "La Cerva"

La Tabella che precede, di confronto fra le campagne eseguite in loc. Trichiana e i dati della stazione fissa di Belluno Belluno "La Cerva", evidenzia un valore del 90° percentile pari a 25 µg/m^3 e una media di 23 µg/m^3; si stima quindi che il numero di valori superiori al limite di legge è inferiore ai 35 consentiti e la media annuale è nei limiti.

Ozono: per questo inquinante, non misurato nella fase invernale del monitoraggio, si ricorda il singolo superamento orario della soglia di informazione alla popolazione, pari a 180 µg/m^3, avvenuto durante la precedente campagna estiva, in particolare il 30 giugno alle ore 20:00. La soglia di allarme di 240 µg/m^3 non è stata invece mai superata. La mancanza di informazioni aggiuntive per questo inquinante, nella fase di campionamento invernale, non è tuttavia rilevante ai fini del giudizio sulla qualità dell'aria, poiché nel periodo invernale le concentrazioni si mantengono sempre molto al di sotto dei limiti di legge.

Benzene: anche il benzene non è stato rilevato nel corso della fase invernale del monitoraggio. Le concentrazioni rilevate nella fase estiva, comunque, sono state molto basse e, nella seconda parte della campagna, sono sempre state inferiori al limite di rilevabilità strumentale; la media nel periodo si è attestata a 0.4 µg/m^3, di

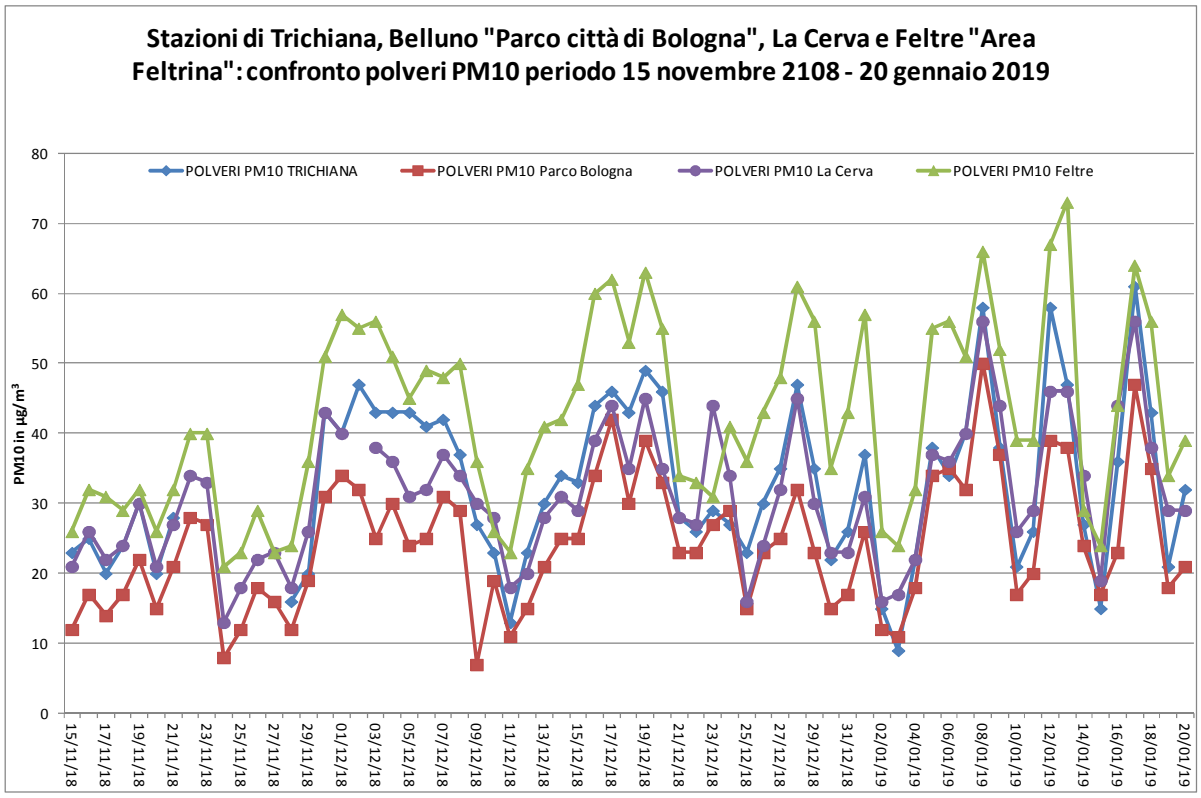
molto inferiore al limite annuale di 5 µg/m^3. Essendo questo inquinante soggetto a limiti su base annuale, per valutarne gli effetti di tipo cronico, si può ragionevolmente affermare che il benzene non rappresenta una criticità per la qualità dell'aria di questo sito.

Benzo(a)Pirene: la media dei valori riscontrati nella fase invernale del monitoraggio è risultata pari a 5.1 ng/m^3, valore decisamente superiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana, fissato a 1 ng/m^3.
I valori di BaP registrati a Trichiana, confrontati con quelli misurati nelle stazioni della rete fissa provinciale, sono risultati avere un andamento simile a quello della stazione "Area Feltrina". La media ponderata dei valori di BaP registrati durante le campagne estiva e invernale rende probabile per Trichiana, con un valore di 1.9 ng/ m^3, il mancato raggiungimento del valore obiettivo annuale (1 ng/m^3), così come verificatosi per Feltre, dove in quello stesso periodo il valore medio di BaP è risultato pari a 2.1 ng/m^3. Nonostante vi sia un'apprezzabile differenza di concentrazione nelle polveri PM10 delle due stazioni, la differenza si riduce sensibilmente nel caso del Benzo(a)Pirene, a riprova della stretta dipendenza di questo inquinante da fonti locali di produzione quali il riscaldamento domestico da biomasse. Il Benzo(a)Pirene, rinvenibile nella frazione più fine del particolato, incide poco in termini di massa sul totale delle polveri campionate e risulta più difficilmente abbattibile dai fenomeni meteorici.

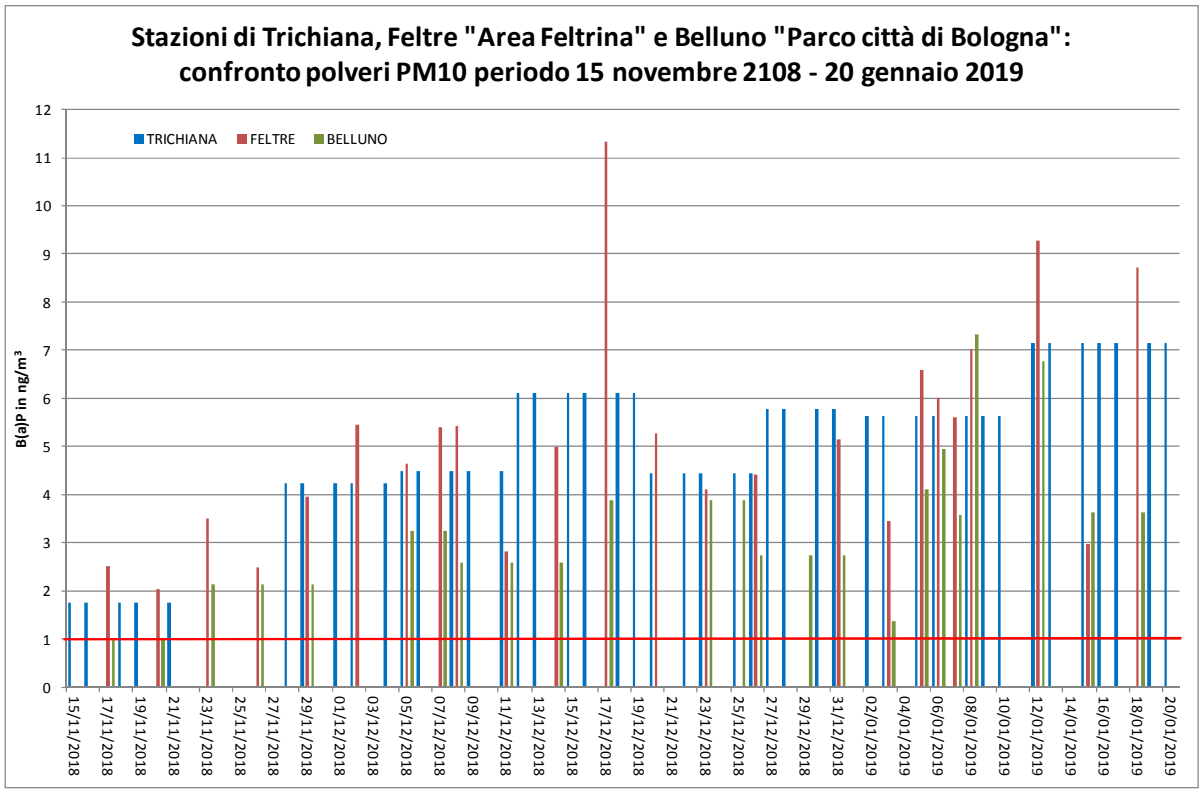
		Benzo(a)Pirene (ng/m^3)		
		Stazione rilocabile Trichiana	Belluno Parco Bologna	Feltre Area Feltrina
periodo 16/03/2018 - 09/07/2018	Media	0.2	0.1	0.2
	n° dati	83	40	40
periodo 15/11/2018 - 20/01/2019	Media	5.1	3.2	5.1
	n° dati	44	24	24
media delle due fasi di monitoraggio	MEDIA	1.9	1.3	2.1
	n° dati	127	64	64

7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

In questo paragrafo sono riportate alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati, e presentate 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.

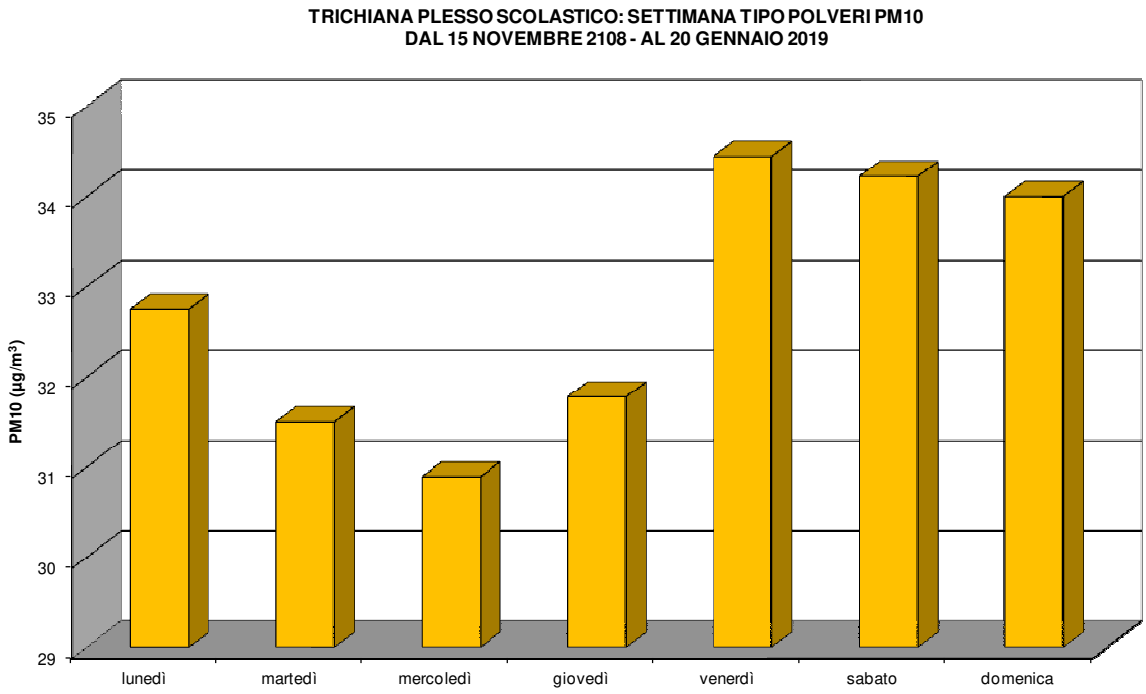


Il confronto della concentrazione di polveri PM10 misurate a Trichiana e nelle stazioni di riferimento di Feltre e Belluno indica una buona correlazione fra i siti. I valori registrati a Trichiana si collocano, spesso, in posizione intermedia tra quelli delle due stazioni di Belluno "La Cerva" e Feltre "Area Feltrina", ma generalmente più vicini a quelli della stazione del capoluogo.



Il grafico dell'andamento del Benzo(a)Pirene nelle due stazioni fisse della rete dove viene rilevato, comparato con la stazione mobile installata a Trichiana, restituisce un andamento simile nel corso del periodo per le tre stazioni, ad eccezione di qualche valore decisamente superiore nella stazione di Feltre. Con l'inoltrarsi della stagione invernale, i valori tendono a crescere e quelli riscontrati a Trichiana si avvicinano a quelli rilevati nella stazione di Feltre. Nella fase invernale del monitoraggio, le concentrazioni rilevate si sono mantenute sempre al di sopra del valore obiettivo su base annuale.

La base dati è stata quindi elaborata per costruire una settimana tipo dell'unico inquinante rilevato con cadenza giornaliera nella fase invernale del monitoraggio.



L'andamento delle polveri PM10 subisce un relativo aumento nel fine settimana. Considerato che la fonte preponderante di questo inquinante deriva dal riscaldamento domestico, questa tendenza potrebbe essere correlata alla maggior permanenza delle persone nelle residenze e al conseguente incremento delle emissioni da combustioni civili.

8- Conclusioni

Il secondo monitoraggio effettuato in comune di Borgo Valbelluna, loc. Trichiana, svoltosi nella fase autunno-invernale, evidenzia valori di polveri e Benzo(a)Pirene intermedi rispetto a quelli registrati, nello stesso periodo, nelle stazioni di riferimento poste agli estremi est ed ovest della Valbelluna.
In particolare, le concentrazioni di PM10 misurate a Trichiana sono risultate leggermente superiori a quelle rilevate a Belluno, nella stazione di background urbano di Parco Città di Bologna, inferiori a quelle rilevate a Feltre, in ambito suburbano, e piuttosto simili a quelle misurate nella stazione da traffico di Belluno "La Cerva".
Per quanto riguarda il Benzo(a)Pirene, invece, la situazione di Trichiana è molto più simile a quella registrata presso la stazione fissa di Feltre, rispetto a quella di Belluno "Parco Città di Bologna", confermando così le considerazioni derivanti dai precedenti monitoraggi effettuati nel vallone bellunese, i quali evidenziano l'esistenza di un gradiente di concentrazione delle Polveri PM10 e del Benzo(a)Pirene crescente da est ad ovest e da quote superiori a quote inferiori.

Nel caso del Benzo(a)Pirene, risulta inoltre determinante l'influenza della localizzazione, in relazione all'utilizzo di fonti di riscaldamento domestico da biomasse.
Per quanto riguarda l'ozono, monitorato nella fase estiva della campagna dell'estate 2018, si è registrato un solo superamento della soglia di informazione alla popolazione e pertanto, nel periodo considerato, questo inquinante non ha destato particolari preoccupazioni.
Come sintesi finale di valutazione dei dati, è stata infine elaborata una scheda riassuntiva dello stato di qualità dell'aria, riferita a entrambi i periodi di monitoraggio e a tutti i parametri rilevati, nella quale sono riportati i parametri misurati e il relativo giudizio sintetico riferito ai limiti previsti dal D.Lgs.155/2010.

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	**Riferimento normativo**	**Giudizio sintetico**	**Sintesi dei principali elementi di valutazione**
Polveri (PM10)	D.Lgs. 155/10	😐	Tre superamenti del valore limite giornaliero nella fase invernale. Concentrazione media ponderata dei periodi di monitoraggio inferiore al limite annuale.
Ozono (O_3)	D.Lgs. 155/10	😐	Un superamento orario della soglia di informazione alla popolazione prevista dalla normativa nella fase estiva
Benzo(a)pirene (IPA)	D.Lgs. 155/10	☹	Concentrazione media ponderata dei periodi di monitoraggio superiore al valore obiettivo previsto dalla normativa
Benzene (C_6H_6)	D.Lgs. 155/10	☺	Concentrazione media della fase estiva del monitoraggio inferiore al limite previsto dalla normativa.

	Giudizio sintetico
☺	Positivo
😐	Intermedio
☹	Negativo

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^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.

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 (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):

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

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

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:

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

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

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 normata 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 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° 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