

# Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Santa Giustina

Periodi di attuazione:  
30 ottobre 2015 – 12 gennaio 2016  
5 aprile – 12 giugno 2016



Relazione tecnica

**Realizzato a cura di:  
A.R.P.A.V.**

**Dipartimento Provinciale di Belluno  
dr. R. Bassan (direttore)**

**Servizio Stato dell'Ambiente  
dr.ssa A. Favero (dirigente responsabile)**

**Ufficio Monitoraggio dello Stato e Supporto Operativo  
p.i. M. Simionato  
dr. R. Tormen**

**Ufficio Attività Tecniche e Specialistiche  
dr.ssa S. Ganz**

**Redatto da: Ufficio Monitoraggio dello Stato e Supporto Operativo - Ufficio  
Attività Tecniche e Specialistiche**

**Si ringrazia per il supporto fornito:**

- **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. Massimo Enrico Ferrario**

**Belluno settembre 2016**

**NOTA: La presente relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Belluno e la citazione della fonte stessa.**

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>PARTE 1 .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 - Introduzione e obiettivi specifici della campagna di monitoraggio .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 - Caratteristiche del sito e tempistiche di realizzazione.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 - Contestualizzazione meteo climatica .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 - Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 - Efficienza di campionamento .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7 - Analisi dei dati rilevati .....</b>	<b>19</b>
<b>1.8 - Valutazione attraverso gli Indici Sintetici per la Qualità dell’Aria .....</b>	<b>29</b>
<b>1.8 - Conclusioni.....</b>	<b>32</b>
<b>PARTE 2 .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1 – Introduzione all’analisi modellistica .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2 - Stima delle emissioni prodotte dai flussi di traffico e mappe di ricaduta ..</b>	<b>34</b>
<b>2.3 - Conclusioni.....</b>	<b>40</b>
<b>ALLEGATO1: GLOSSARIO .....</b>	<b>41</b>

## **INTRODUZIONE**

Il presente documento riporta, nella prima parte, i risultati della seconda fase del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato dal dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno a Santa Giustina nel periodo 5 aprile – 12 giugno 2016 (semestre estivo); vengono inoltre richiamati i risultati del primo periodo di monitoraggio effettuato dal 30 ottobre 2015 al 12 gennaio 2016 (semestre invernale).

Nella seconda parte del lavoro sono presentati, invece, i risultati dello studio modellistico sulle ricadute delle emissioni prodotte dai veicoli in transito nel semestre estivo.

## **PARTE 1**

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

Il presente studio illustra in modo sintetico i risultati rilevati nella fase estiva del monitoraggio eseguito presso il parcheggio del Municipio, dal 5 aprile al 12 giugno 2016 in riferimento ai limiti di legge vigenti e ne offre una breve rappresentazione grafica, per meglio evidenziare l'andamento degli inquinanti nel corso dell'indagine.

Considerata la stagionalità dell'andamento delle concentrazioni di molti inquinanti e l'importanza delle condizioni meteo-climatiche sull'accumulo delle sostanze inquinanti, le campagne di misura mediante laboratorio mobile sono generalmente ripetute in due diversi periodi dell'anno (semestre estivo/semestre invernale). La valutazione congiunta dei due periodi di monitoraggio consente di determinare un migliore giudizio analitico proprio in considerazione delle diverse condizioni di rimescolamento che si instaurano nella troposfera nel corso dell'anno.

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

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

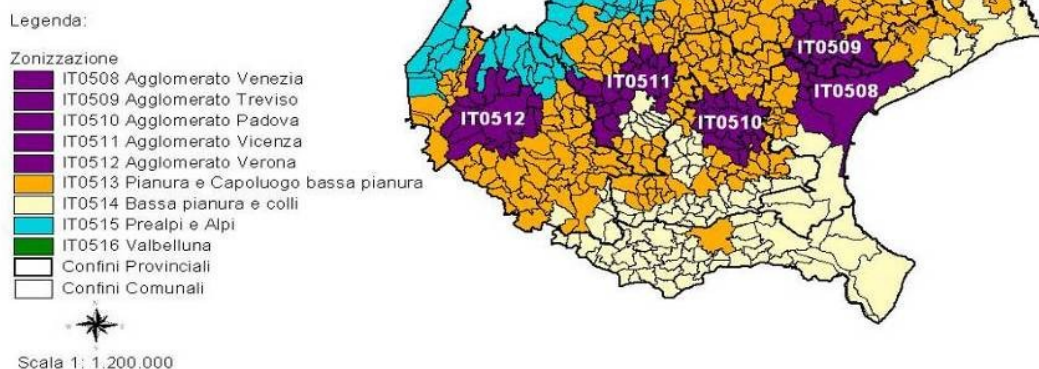
In base all'art.1 comma 4 del D.Lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE), la zonizzazione del territorio nazionale è il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente. A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna zona o agglomerato è classificata 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 ed 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, necessaria ai fini di omogeneizzare ed integrare le diverse zone a livello sovra regionale.

La nuova zonizzazione del Veneto è stata approvata con delibera della Giunta Regionale n.2130/2012, con efficacia dal gennaio 2013. Il Veneto risulta attualmente suddiviso in 5 agglomerati e 4 zone, di cui due di pianura e due di montagna.

## Progetto di riesame della zonizzazione del Veneto D. Lgs. 155/2010



I Comuni della provincia di Belluno ricadono nelle seguenti zone:

**Prealpi e Alpi (IT0515).** Coincidente con la zona montuosa della regione, comprende i Comuni con altitudine della casa comunale >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 1735228;5107850 UTM Gauss Boaga (geobrowser) e, con un altitudine di 311 m, ricade nella zona Val Belluna (IT0516).

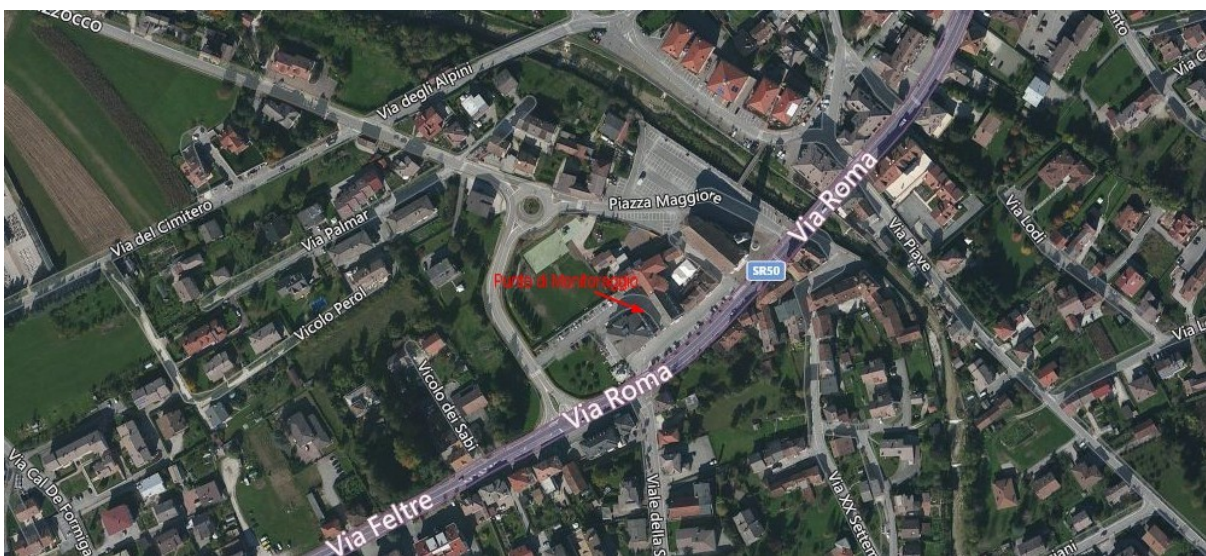


Figura 1.1: posizionamento del mezzo mobile a Santa Giustina



Figura 1.2: localizzazione del comune di Santa Giustina in provincia di Belluno

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

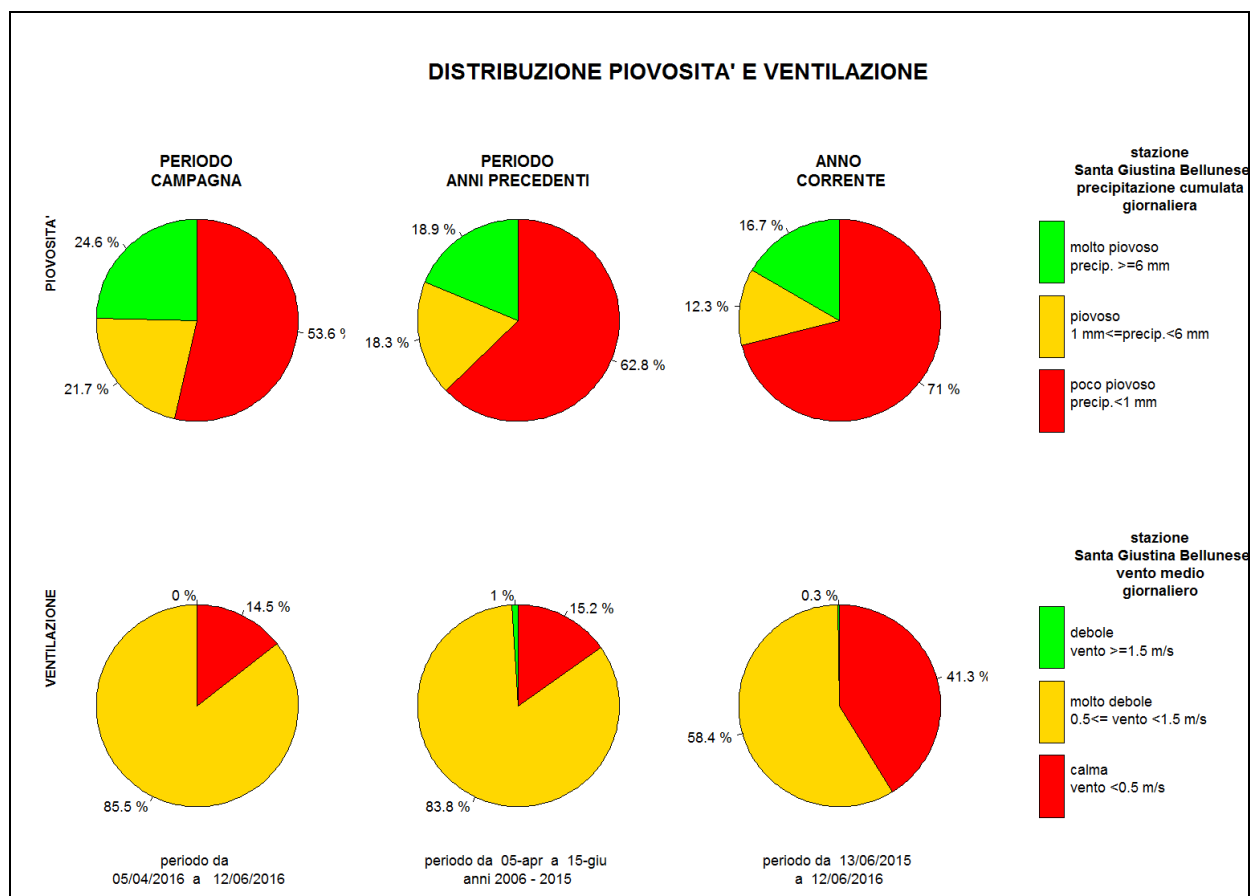


Figura 1.3.1: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Nella Figura 1.3.1 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (Santa Giustina - 266 - BL) in tre periodi:

- 5 aprile - 12 giugno 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 5 aprile - 15 giugno dall'anno 2006 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 13 giugno 2015 - 12 giugno 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni molto piovosi sono stati più frequenti rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti che rispetto all'anno corrente; i giorni poco piovosi sono stati meno frequenti rispetto a entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente;
- la distribuzione dei giorni in relazione alla ventosità è simile a quella dello stesso periodo degli anni precedenti; rispetto all'anno corrente sono ben meno frequenti i giorni con calma di vento.

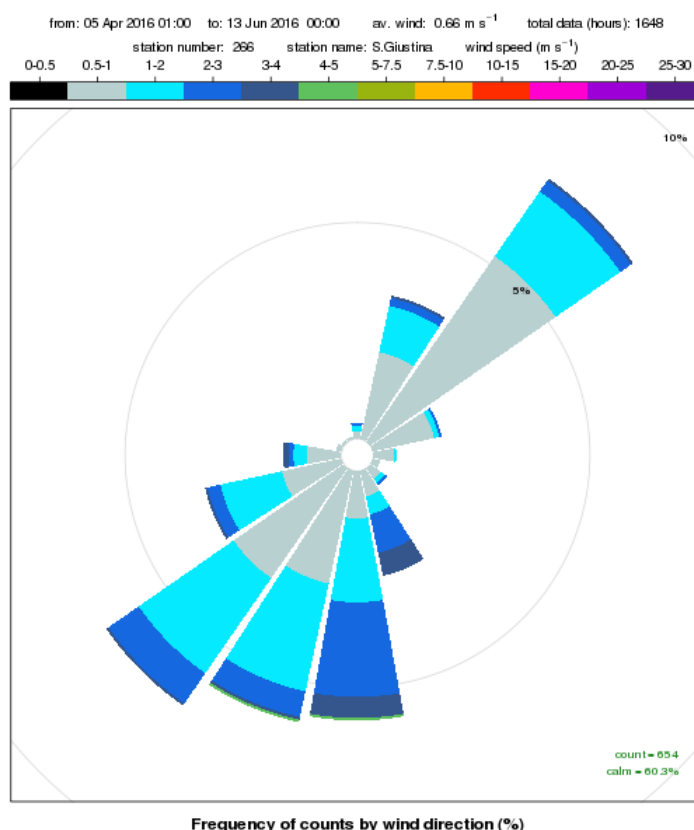


Figura 1.3.2: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Santa Giustina nel periodo 5 aprile - 12 giugno 2016

In Figura 1.3.2 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Santa Giustina durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che le calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) si sono verificate con una frequenza pari



a circa il 60% dei casi; le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono nord-est e sud-ovest (entrambe circa 7%), seguite da sud-sudovest e sud (entrambe circa 6%). La velocità media è stata pari a circa 0.7 m/s. Si fa presente che la rosa dei venti evidenzia un regime dei venti influenzato dall'orografia circostante, che potrebbe differire leggermente da quello del sito di svolgimento della campagna di misura.

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

### **1.4.1 Inquinanti monitorati**

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori in continuo per la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente inerente l'inquinamento atmosferico e più precisamente: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), monossido e ossidi di azoto (NO - NOX), ozono (O<sub>3</sub>), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), polveri (PM10).

Contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati inviati al nostro laboratorio di riferimento alcuni campioni di polveri PM10 per la successiva determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici IPA.

### **Polveri (PM10)**

Materiale particolato (PM) è il termine usato per indicare presenze solide o di aerosol in atmosfera, generalmente formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, derivanti sia da fonti antropiche che naturali. Le differenti classi dimensionali conferiscono alle particelle caratteristiche fisiche e geometriche assai varie.

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

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

Parte delle particelle che costituiscono le polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti naturali ed 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 allontanano.

Le più importanti sorgenti naturali sono così individuate:

- 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.

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 da una fonte situata anche lontana dal centro urbano. Nei centri urbani l'inquinamento da PM10, che sono le più pericolose per la salute, è essenzialmente dovuto al traffico veicolare ed al riscaldamento domestico.

Le dimensioni delle particelle in sospensione rappresentano il parametro principale che caratterizza il comportamento di un aerosol. Dato che l'apparato respiratorio è come un canale che si ramifica dal punto di inalazione naso o bocca, sino agli alveoli con diametro sempre decrescente, si può immaginare che le particelle di dimensioni maggiori vengono trattenute nei primi stadi, mentre quelle sottili penetrano sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla deposizione che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.

La deposizione si ha quando la velocità delle particelle si annulla per effetto delle forze di resistenza inerziale alla velocità di trascinamento dell'aria, che decresce dal naso sino agli alveoli. Questo significa che procedendo dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

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

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti dalla combustione incompleta di composti organici e pertanto derivano da fonti per la massima parte di tipo antropico, anche se esistono apporti dovuti ad incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche.

Il principale IPA è il Benzo(a)Pirene (B(a)P), unico tra questi composti soggetto alla normativa dell'inquinamento atmosferico. I processi che lo originano comportano la concomitante formazione di altri IPA non soggetti alla normativa.

Molti IPA sono stati classificati dalla IARC come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo"; il Benzo(a)Pirene è stato classificato come "cancerogeno per l'uomo".

Le principali sorgenti di derivazione antropica di questi composti sono il riscaldamento domestico, il traffico veicolare e i processi di combustione industriale.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza di questi composti, soprattutto durante i mesi freddi nelle aree caratterizzate da climi rigidi, come la provincia di Belluno. La quantità e la qualità delle emissioni è naturalmente

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 del gasolio. È importante sottolineare come 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 dai processi di combustione dei motori diesel, risultano 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 inoltre verificare reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.

Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che utilizzano oli combustibili a basso tenore di zolfo (BTZ) o gasoli.

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

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

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore ed insapore prodotto dai processi di combustione incompleta di materiali contenenti carbonio. La sua tossicità dipende dalla proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno; le concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana producono effetti sulla salute che sono reversibili e non acuti. Il CO emesso dai veicoli subisce nell'atmosfera poche reazioni, essendo notevolmente stabile ed avendo un tempo di permanenza di quattro mesi circa. La sua concentrazione decresce progressivamente all'aumentare della distanza dalle sorgenti di emissione, cioè principalmente dalle strade adibite a circolazione autoveicolare.

Le fonti più importanti di CO sono il traffico motorizzato, gli insediamenti produttivi e le abitazioni. La sua produzione varia in relazione al tipo di veicolo, essendo maggiore nei motori a benzina rispetto ai diesel che funzionano con una maggiore quantità di aria, realizzando così una combustione più completa. La produzione di questo gas dipende inoltre dal regime del motore, risultando maggiore in avviamento, in decelerazione ed 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 ed accelerazioni, nonché dalle soste con il motore al minimo. La concentrazione di CO nei gas di scarico è inoltre influenzata dal sistema di alimentazione del motore adottato, dalla sua regolazione e dalla presenza o meno dei dispositivi di limitazione delle emissioni. Il progressivo rinnovo del parco autoveicolare ed i provvedimenti di fluidificazione del traffico hanno portato, a parità di veicoli circolanti, ad una riduzione delle emissioni.

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

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per l'inquinamento dell'aria si fa riferimento principalmente al monossido di azoto (NO), al biossido (NO<sub>2</sub>) ed alla loro somma pesata.

La principale fonte antropogenica di ossidi di azoto è la combustione ad alta temperatura, come quella dei motori dei veicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido di azoto.

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

Le miscele "ricche", cioè con poca aria, danno luogo ad emissioni con limitate concentrazioni di monossido d'azoto a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione, ma originano elevate emissioni di idrocarburi e monossido di carbonio per effetto della combustione incompleta. Miscele "povere", cioè con elevata quantità di aria, determinano maggiori concentrazioni di NO nelle emissioni, e limitano una buona resa del motore a causa dell'eccesso di aria che raffredda la camera di combustione. Quando i fumi vengono mescolati 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 insediamenti produttivi, gli impianti domestici e le pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti azotati a causa dei processi ossidativi dell'ammoniaca.

L'NO<sub>2</sub> è un inquinante per lo più secondario, che svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Una volta formati, questi inquinanti possono depositarsi al suolo per via umida (tramite le precipitazioni) o secca, dando luogo al fenomeno delle piogge acide, con conseguenti danni alla vegetazione ed agli edifici.

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

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

Gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono le anidridi solforosa (SO<sub>2</sub>) e solforica (SO<sub>3</sub>) con predominanza della prima; questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO<sub>x</sub>. L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente; è un forte irritante delle vie respiratorie. 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 zone respiratorie del polmone profondo. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificare nelle zone più basse.

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 legate alla produzione di energia, agli impianti termici, ai processi industriali ed al traffico. L'anidride solforosa è il principale responsabile delle "piogge acide", perché tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di

quote di emissioni elevate può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze.

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

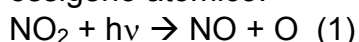
L'ozono è un gas irritante di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo



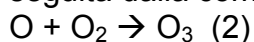
Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

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:



seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:



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



L'ozono 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 perossilalchilici", convenzionalmente indicati come RO<sub>2</sub>, prodotte dalla ossidazione di idrocarburi ed altri composti organici volatili. Il monossido di azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:



In presenza di radicali perossilalchilici 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<sub>x</sub> e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi vanno ricordati il toluene, l'etene, il propene e l'isoprene. Dopo l'emissione i precursori si disperdono nell'ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche. Affinché dai precursori, con l'azione della radiazione solare, si formi ozono in quantità apprezzabili, occorre un certo periodo di tempo che può variare da poche ore a giorni. Questo fa sì che le concentrazioni di O<sub>3</sub> in un dato luogo non siano linearmente correlate alle quantità di precursori emessi nella zona

considerata. Inoltre, visto il tempo occorrente per la formazione di ozono, le masse d'aria contenenti O<sub>3</sub>, COV ed NO<sub>x</sub> 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 dipendono quindi notevolmente 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, mentre 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 degenerativi sui 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, che possono essere più marcate nel caso di attività fisica particolarmente intensa. Inoltre l'esposizione ad 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 del episodio di accumulo di questo inquinante.

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

Il benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale ed è costituito da sei atomi di carbonio e sei atomi di idrogeno. Anche conosciuto come benzolo, rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici.

Il benzene a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. E' una sostanza altamente infiammabile.

La sua presenza nell'ambiente deriva sia da processi naturali che da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropogeniche e sono dovute essenzialmente agli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell'aria è invece un sottoprodotto delle attività umane.

Le principali cause di esposizione al benzene sono le combustioni incomplete.

Per quanto riguarda l'apporto dovuto al traffico, predominano le emissioni dei mezzi a benzina rispetto ai diesel. Per i veicoli a benzina, circa il 95% dell'inquinante deriva dai gas di scarico, mentre il restante 5% dall'evaporazione del carburante dal serbatoio e dal carburatore durante le soste e i rifornimenti.

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

Tabella 1.1: Sorgenti emissive dei principali inquinanti (\* = Inquinante Primario, \*\* = Inquinante Secondario).

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

#### 1.4.2 Normativa di riferimento

L'esigenza di salvaguardare la salute e l'ambiente dai fenomeni di inquinamento atmosferico ha ispirato un corpo normativo volto alla definizione di:

- 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 considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE.

Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. E' importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore. Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il particolato PM<sub>2,5</sub>, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto. Nelle Tabelle 2 e 3 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. In Tabella 4 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione della vegetazione.

Tabella 1.2: riferimenti di legge per l'esposizione acuta D.Lgs. 155/2010

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

- \* per l'applicazione dell'articolo 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento di tre ore consecutive
- \*\* misurato per 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 Km<sup>2</sup> oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi



Tabella 1.3: riferimenti di legge per l'esposizione cronica D.Lgs. 155/2010

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

Tabella 1.4: riferimenti di legge per la vegetazione D.Lgs. 155/2010

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

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

### 1.5 - Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti, allestiti a bordo della stazione rilocabile, presentano 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 risultati 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 sui filtri esposti in nitrato di cellulosa, mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008".

## 1.6 - Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità 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 ed al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica od alla manutenzione ordinaria della strumentazione. Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misurazioni indicative il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno), con una resa del 90%; in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi, di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1ottobre-31 marzo) ed in quello estivo (1aprile-30settembre), 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 che l'incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.

In relazione a quanto sopraesposto, nel corso della campagna di monitoraggio svolta a Santa Giustina è stata raggiunta una resa per i parametri monitorati in continuo di circa il 98%. Con un grado di copertura del 39%.

## 1.7 - Analisi dei dati rilevati

In questo paragrafo vengono presentati i risultati ottenuti da ogni inquinante monitorato in relazione ai limiti e ai valori obiettivo previsti dalla normativa e dando un cenno al loro andamento stagionale anche in confronto con i dati rilevati nello stesso periodo presso la stazione fissa di via Colombo a Feltre. L'analisi in forma grafica viene riportata nel sottoparagrafo 1.7.1.

**Polveri PM10:** nel corso della seconda campagna non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media del periodo si è attestata a  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore al valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media ponderata per i periodi si è attestata invece a  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

		PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		Santa Giustina	Staz. di riferimento Feltre
31 ottobre 2015 12 gennaio 2016	Media	47	47
	n° superamenti	37	31
	n° dati	75	75
	% superamenti	49	41
05 aprile 12 giugno 2016	Media	17	15
	n° superamenti	0	0
	n° dati	65	67
	% superamenti	0	0
MEDIA PONDERATA	Media	33	32
	n° superamenti	37	31
	n° dati	140	142
	% superamenti	26	22

Tabella 1.5 – Riepilogo delle concentrazioni di polveri di PM10 misurate a Santa Giustina e a Feltre.

Nel caso del PM10, poiché la normativa prevede valutazioni nel corso di un anno per il confronto con i termini di riferimento, data la limitatezza del periodo di monitoraggio, si è ritenuto opportuno applicare ai dati di monitoraggio rilevati un programma messo a punto dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV che consente di effettuare una stima sul probabile superamento dei limiti di legge.

Tale metodologia si articola nei seguenti passaggi:

1. per un sito di misura sporadico (campagna di monitoraggio) viene scelta una stazione fissa più rappresentativa (la stazione più vicina oppure una caratterizzata dalla stessa tipologia di emissioni e, statisticamente, dallo stesso tipo di meteorologia);
2. viene calcolato un fattore di correzione per passare dal periodo all'anno sulla base dei parametri della distribuzione dei dati misurati nella stazione fissa;
3. viene applicato il fattore di correzione per estrapolare il parametro statistico annuale incognito nel sito sporadico;
4. vengono confrontati il parametro statistico annuale estrapolato ed il valore limite di legge.

I parametri statistici di interesse sono la media ed il 90° percentile. Quest'ultimo viene utilizzato perché, in una distribuzione di 365 valori, il 90° percentile corrisponde al 36° valore massimo. Poiché per il PM10 sono consentiti 35 superamenti del valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su 24 ore, in una serie annuale di 365 valori giornalieri il rispetto del limite di legge è garantito se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Stazione fissa di Feltre dati 2015 / 2016; stazione mobile di Santa Giustina: dati dal 30 ott 2015 - 12 gen 2016 e 5 apr - 12 giu 2016	STAZIONE FISSA	SITO SPORADICO	RISULTATO	
	Feltre	Santa Giustina	Valori Annuali Estrapolati	
data	PM10	PM10	Santa Giustina	
	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	90° perc	52
giorni di rilevamento	359	141	media	27
n° superamenti del V.L. di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	50	36		
media	27	33		

Tabella 1.6. Confronto tra le campagne eseguite a San Gregorio nelle Alpi e la centralina di Feltre

La Tabella 1.6, relativa alla campagna eseguita a Santa Giustina a confronto con la stazione fissa di Feltre "area feltrina", evidenzia un valore del 90° percentile di  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed una media di  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  che indica una stima di superamenti del limite di legge superiore ai 35 consentiti ma una media annuale all'interno dei limiti.

**Ozono:** per questo inquinante non si sono registrati superamenti della soglia di informazione alla popolazione di  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e quindi nemmeno della soglia di allarme di  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  il dato massimo orario è stato di  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Biossido d'azoto:** le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a fronte di un limite orario di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 18 volte all'anno.

**Monossido di carbonio:** le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. La media mobile di otto ore massima rilevata nel periodo di campionamento è stata di  $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ , a fronte di un limite massimo giornaliero di  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

**Anidride solforosa:** le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , da confrontarsi con il limite di  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Benzene:** la concentrazione media rilevata nel periodo si è attestata a  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  inferiore al limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre la media ponderata dei periodi è risultata di  $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

		Benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Santa Giustina
31 ottobre 2015 12 gennaio 2016	MEDIA	4.9
	n° dati	67
05 aprile 12 giugno 2016	MEDIA	1.0
	n° dati	69
MEDIA PONDERATA	MEDIA	2.9
	n° dati	136

**Benzo(a)pirene:** questo inquinante è stato rilevato analizzando la polvere raccolta sui filtri di PM10 dell'analizzatore in continuo. La concentrazione media rilevata nel secondo periodo di monitoraggio si è attestata a 0.3 ng/m<sup>3</sup>, inferiore al valore obiettivo di qualità annuale fissato in 1 ng/m<sup>3</sup>, la media ponderata dei due periodi di indagine invece è risultata di 6.1 superiore al valore obiettivo.

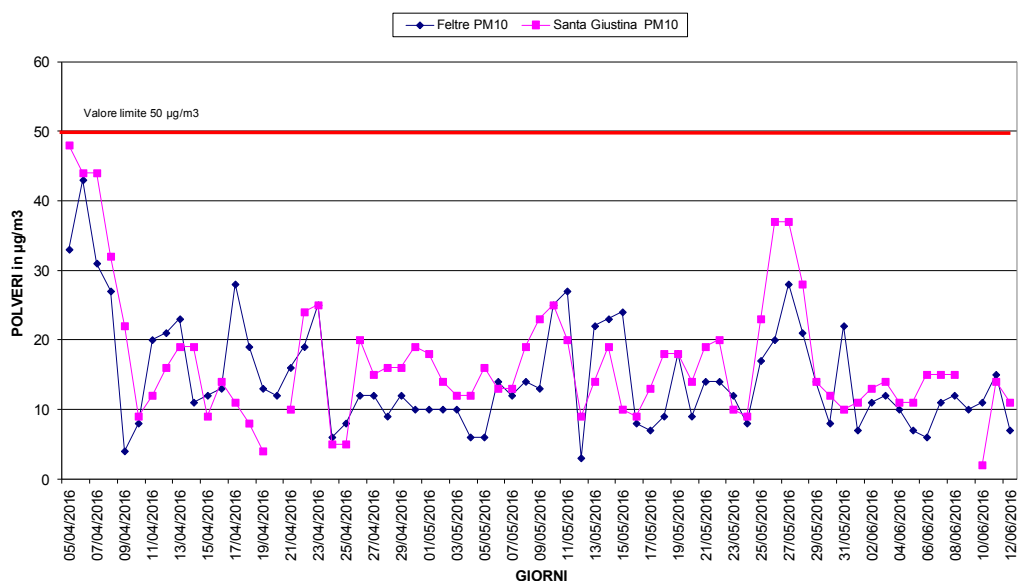
		Benzo(a)Pirene (ng/m <sup>3</sup> )	
		Santa Giustina	Staz. di riferimento Feltre
31 ottobre 2015 12 gennaio 2016	MEDIA	9.2	7.6
	n° dati	72	31
05 aprile 12 giugno 2016	MEDIA	0.3	0.2
	n° dati	39	12
MEDIA PONDERATA	MEDIA	6.1	5.5
	n° dati	111	43

### 1.7.1 - Rappresentazione grafica dei dati

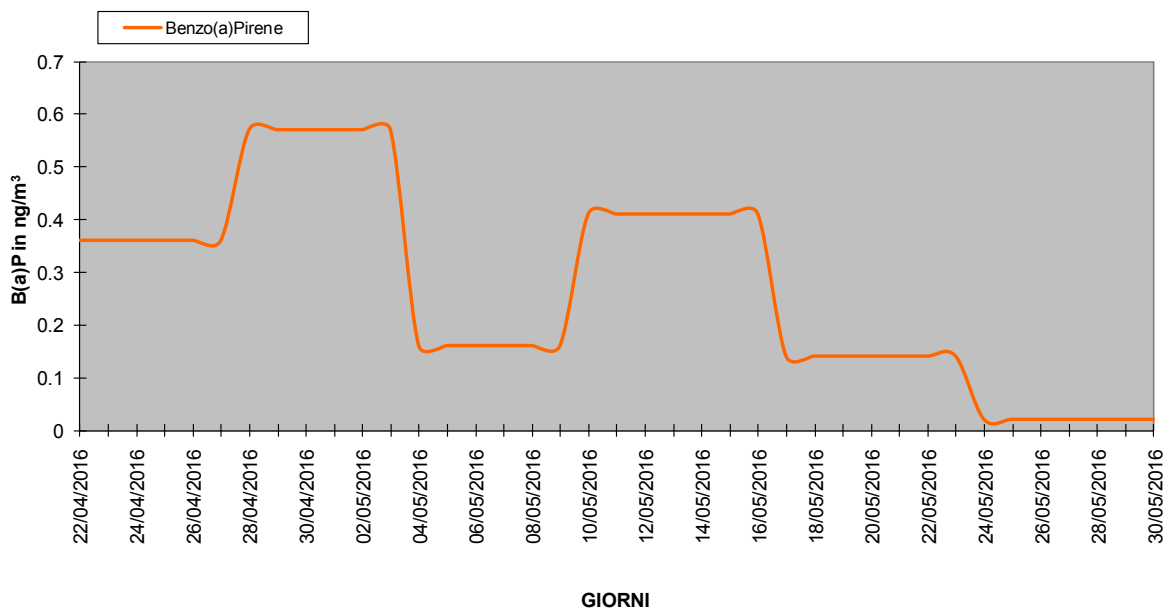
In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento dei principali parametri monitorati, cercando di metterne in evidenza la relazione con i fattori climatici e con le fonti di emissione.

L'andamento delle polveri PM10 in questa seconda campagna evidenzia concentrazioni inferiori al limite giornaliero dei 50 µg/m<sup>3</sup>, il confronto con la stazione di Feltre indica una notevole correlazione tra i due siti di monitoraggio.

**STAZIONI DI FELTRE E SANTA GIUSTINA (Mezzo Mobile): CONFRONTO POLVERI PM10  
 DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



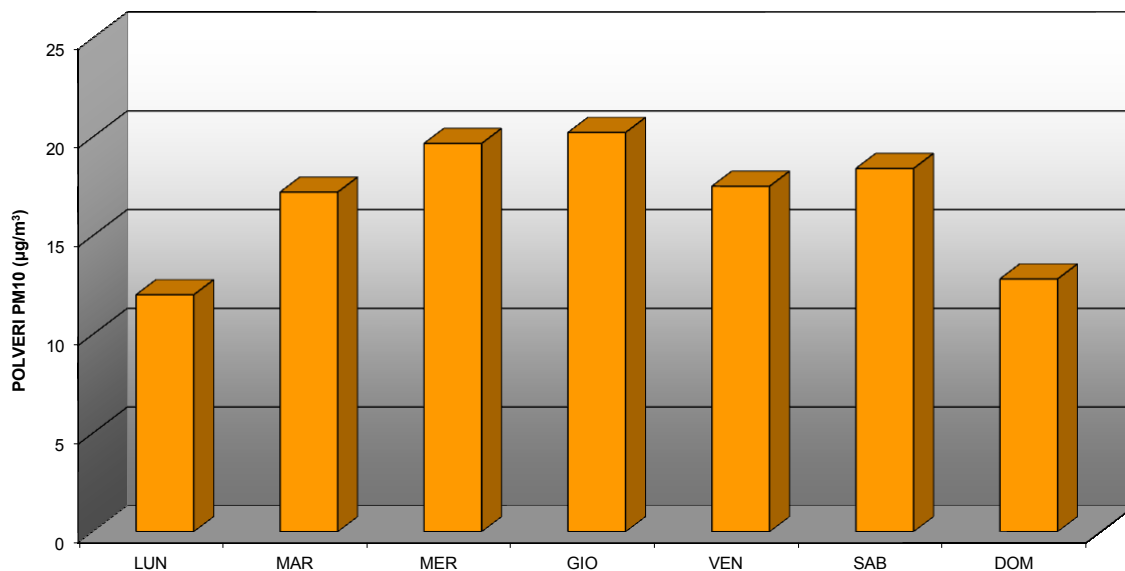
**COMUNE DI SANTA GIUSTINA : MEDIE GIORNALIERE DI BENZO(a)PIRENE  
 DAL 22 APRILE AL 30 MAGGIO 2016**



Il grafico lineare del Benzo(a)Pirene, presenta un andamento tipico stagionale con valori molto bassi tipici del periodo estivo.

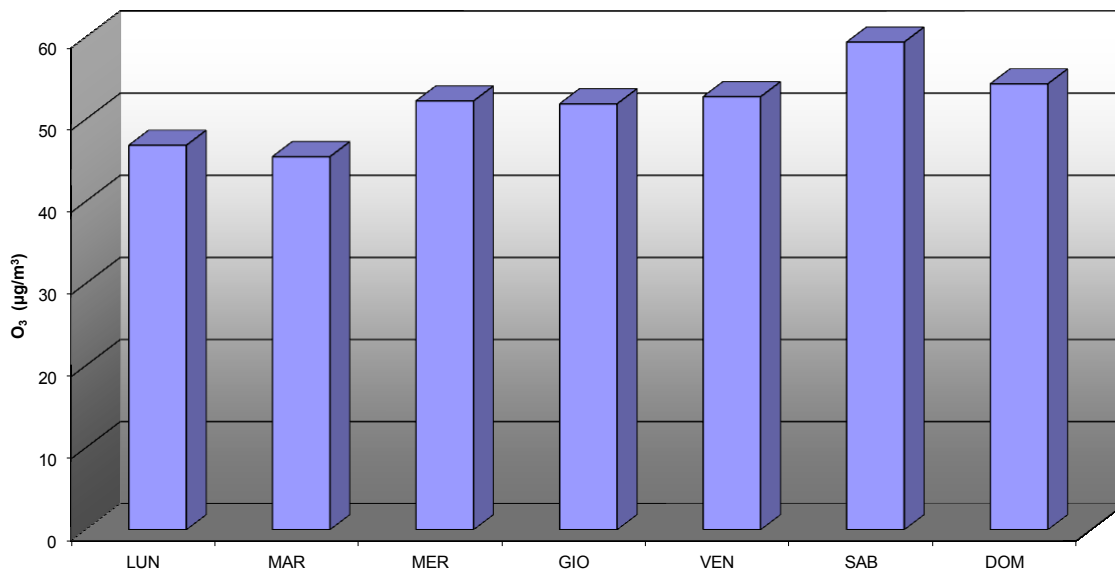
La base dati è stata quindi analizzata in modo da ottenere una settimana tipo, per verificare in quali giorni si sono riscontrate le maggiori concentrazioni di inquinanti.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO POLVERI PM10  
SETTIMANA TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



L'andamento delle polveri PM10 evidenzia un leggero aumento nei primi giorni della settimana per poi calare nella giornata di domenica.

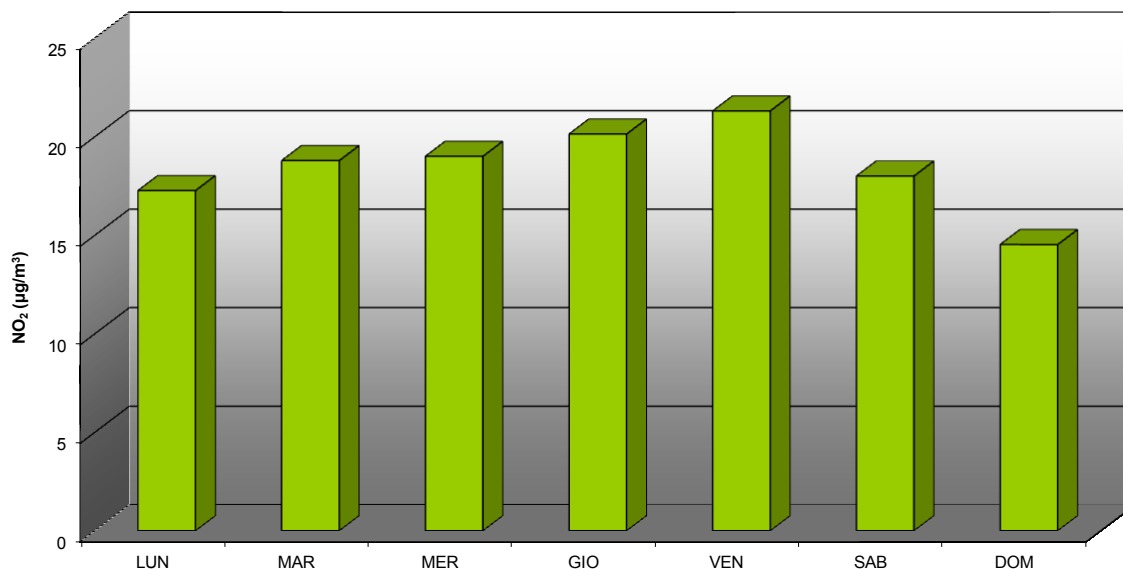
**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO OZONO (O<sub>3</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



L'andamento settimanale dell'ozono è altalenante ma con un intervallo di oscillazione contenuto.

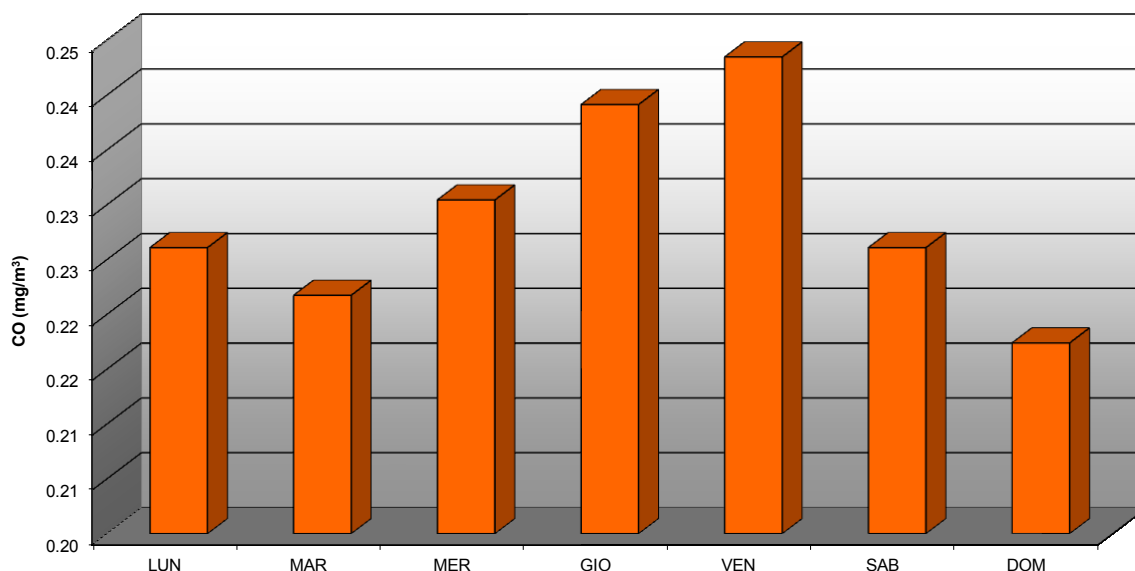


**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO BISSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



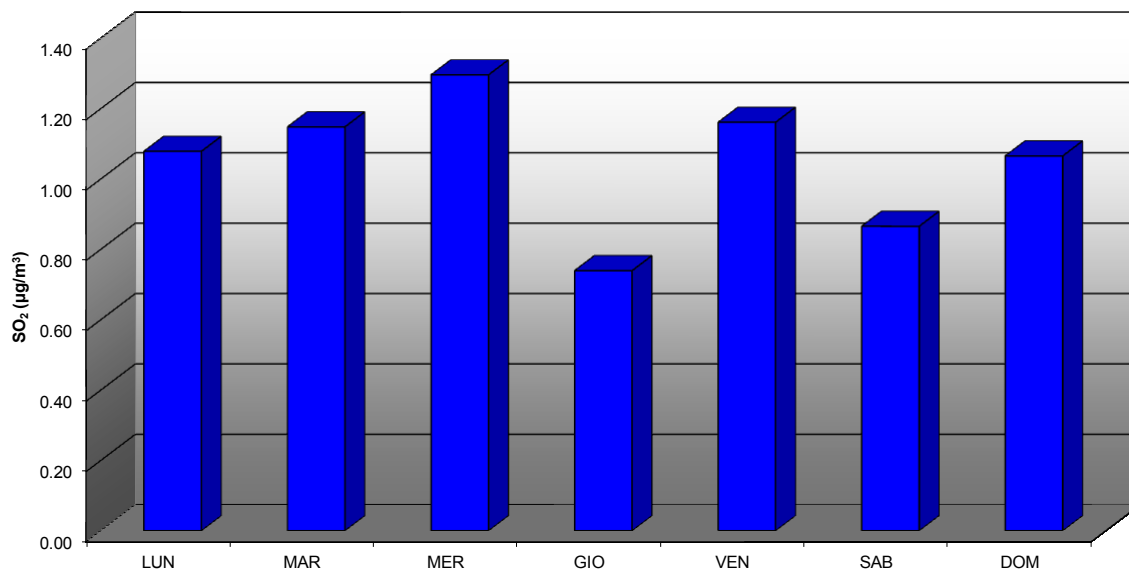
L'andamento settimanale del biossido d'azoto si mantiene su valori di concentrazione piuttosto costanti nell'arco di tutto il periodo con un leggero calo nella giornata di domenica.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)  
SETTIMANA TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



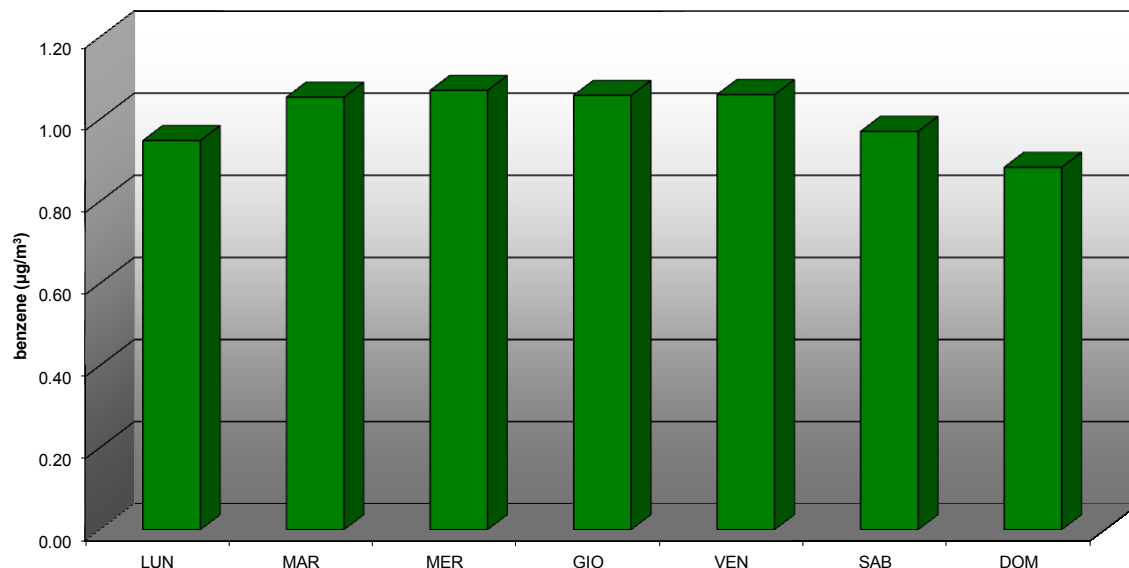
Anche il monossido di carbonio come le poveri evidenzia un aumento nei primi giorni della settimana per poi calare nelle giornate di sabato e domenica.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO<sub>2</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



L'anidride solforosa presenta concentrazioni molto basse pari al limite di rilevabilità strumentale pertanto le differenze tra le diverse giornate sono poco significative.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO BENZENE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)  
SETTIMANA TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**

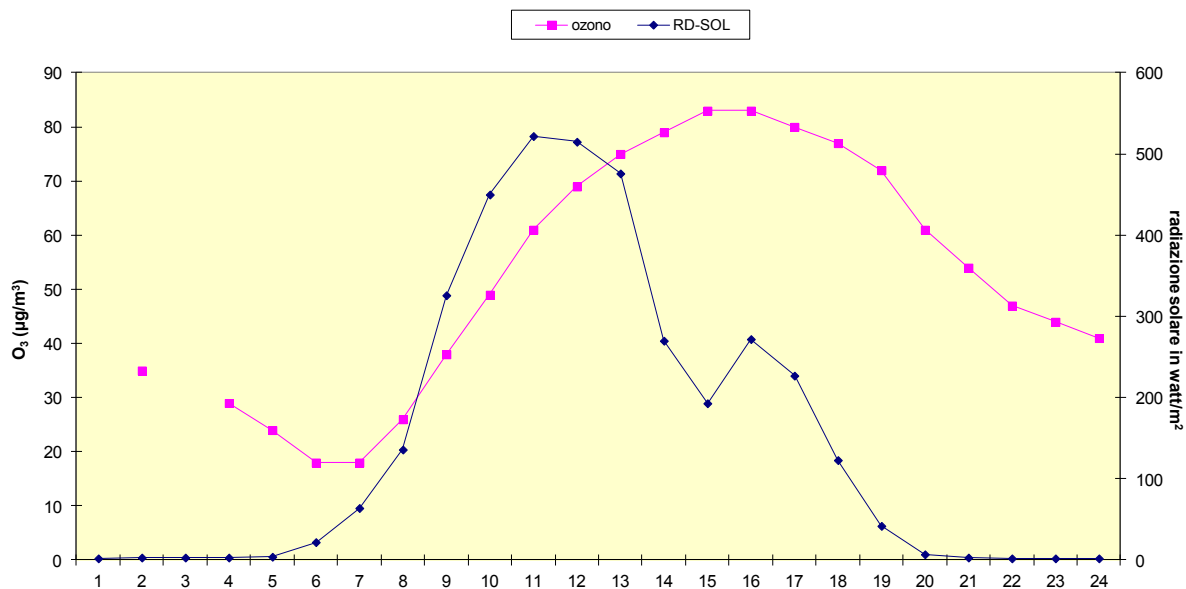


Il benzene presenta valori medi in linea con il periodo estivo con leggeri scostamenti nel corso del periodo settimanale.

Nei seguenti diagrammi viene infine rappresentato il giorno tipo, per verificare l'andamento giornaliero degli inquinanti monitorati in continuo ed evidenziare così le fasce orarie di maggiore concentrazione nell'arco della giornata. L'elaborazione è

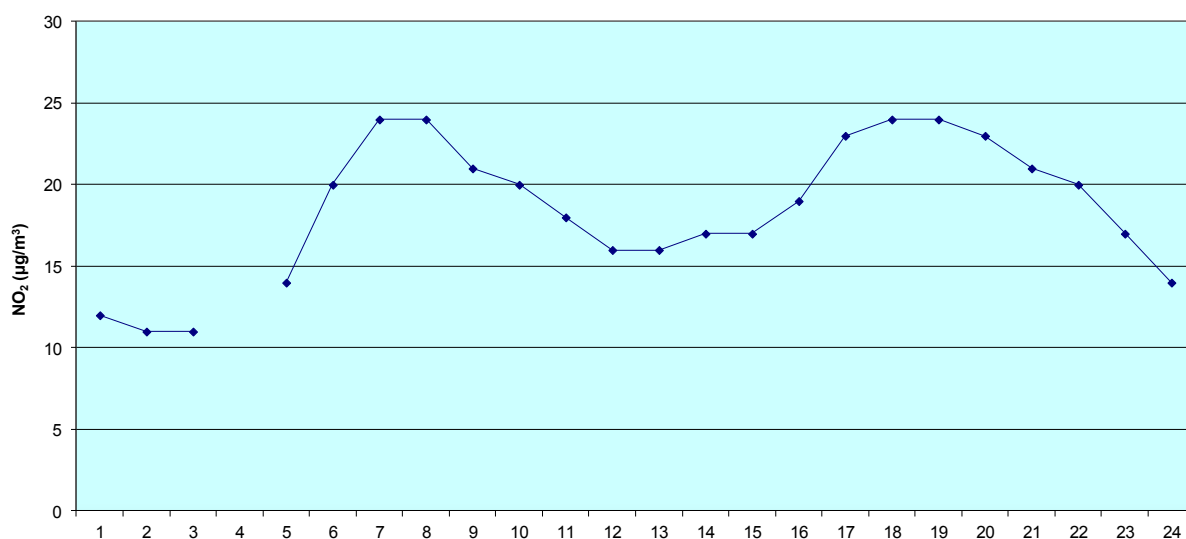
stata eseguita in base all'ora solare; l'interruzione nella linea dei grafici è dovuta alla mancanza del dato per il processo di taratura quotidiana dello strumento.

COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRI OZONO (O<sub>3</sub>) E RADIAZIONE SOLARE  
 GIORNO TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016



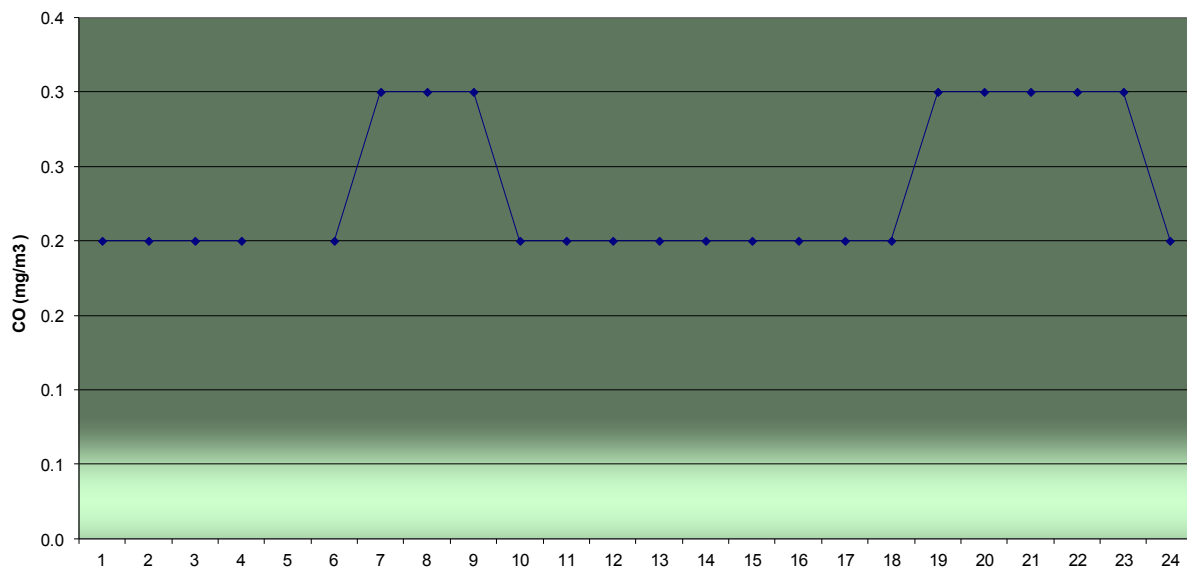
L'ozono ha un andamento associato a quello della radiazione solare. Infatti il picco della radiazione solare (tracciato blu) precede di un paio d'ore quello dell'ozono e presenta le massime concentrazioni a metà pomeriggio.

COMUNE DI SANTA GIUSTINA : PARAMETRO BISSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)  
 GIORNO TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016



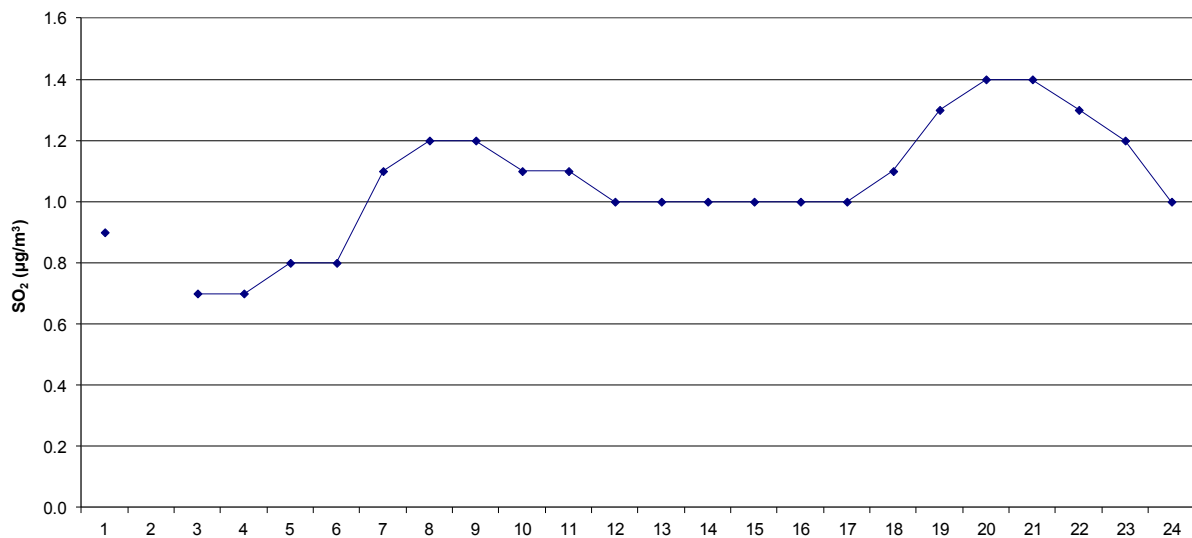
L'andamento del biossido d'azoto presenta un picco relativo in mattinata ed uno alla sera.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)  
GIORNO TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



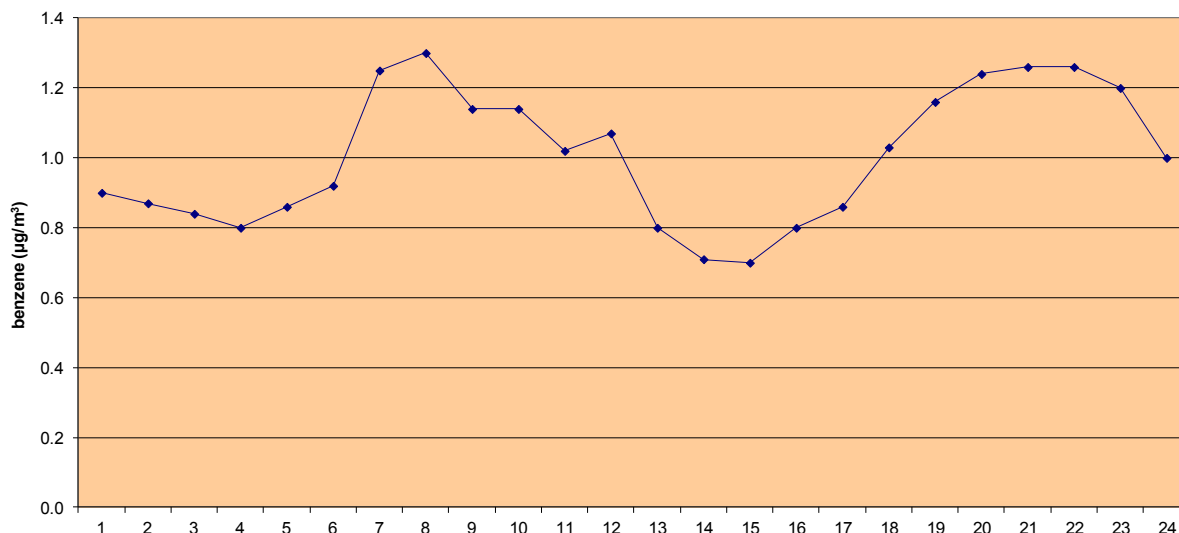
L'andamento del monossido di carbonio, presenta in modo analogo al biossido di azoto due picchi relativi alle ore della mattina e della sera.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO<sub>2</sub>)  
GIORNO TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



L'anidride solforosa presenta nelle stesse ore un andamento analogo al biossido di azoto con i due picchi del mattino e della sera.

**COMUNE DI SANTA GIUSTINA: PARAMETRO BENZENE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)  
GIORNO TIPO DAL 5 APRILE AL 12 GIUGNO 2016**



Anche il benzene, come gli altri inquinanti primari, presenta due picchi giornalieri al mattino ed alla sera.

Non è stato possibile effettuare questo tipo di elaborazioni per il PM10 in quanto lo strumento fornisce solamente le medie giornaliere come previsto dalla normativa.

### 1.8 - Valutazione attraverso gli Indici Sintetici per la Qualità dell'Aria

Negli ultimi anni, a seguito di un'intensa attività di ricerca scientifica rivolta allo studio degli effetti degli agenti inquinanti, si è affermata la necessità di sviluppare azioni e politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico. Tali politiche, che nel corso degli ultimi anni hanno prodotto numerosi risultati positivi quali l'abbattimento delle concentrazioni di biossido di zolfo, di piombo e di monossido di carbonio, oggi affrontano problematiche legate ad inquinanti atmosferici quali il biossido di azoto, il PM10 e l'ozono per i quali solo recentemente si è presa coscienza dell'effettiva criticità.

Per supportare l'azione preventiva risulta necessaria l'informazione della popolazione attraverso la comunicazione del rischio cui è sottoposta. A tal fine in diversi Paesi viene utilizzato un sistema di indici semplice e di comprensione immediata. Qualsiasi sia la metodologia di calcolo utilizzata, un simile indice non descrive la misura di un inquinante rilevato dalla singola stazione di monitoraggio, ma permette di informare il cittadino in merito allo "stato" della qualità dell'aria per zone estese, in cui le concentrazioni di inquinanti e quindi i livelli di rischio per la salute sono confrontabili.

Gli inquinanti solitamente inclusi nella definizione dei così detti "indici di qualità dell'aria" sono quelli che hanno effetti a breve termine, quali il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il particolato (PTS, PM10 o PM2.5). Tale scelta nasce dal fatto che gli indici sono formulati con

l'intenzione di dare informazioni quotidiane alla popolazione per evitare proprio tali tipi di effetti, in genere di tipo respiratorio o cardiovascolare.

Per quanto riguarda l'utilizzo di indici di qualità dell'aria nel panorama italiano, le principali esperienze sono state condotte da Emilia Romagna e Piemonte.

Nel calcolo dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) ARPA Emilia-Romagna ha deciso di includere solo il PM10, l'NO<sub>2</sub> e l'O<sub>3</sub> che tra gli inquinanti con effetti a breve termine sono quelli che in regione presentano le maggiori criticità, escludendo invece il CO e l'SO<sub>2</sub> che hanno conosciuto negli ultimi decenni una drastica diminuzione delle loro concentrazioni tanto da presentarsi ormai stabilmente e ampiamente sotto ai limiti di legge.

L'approccio utilizzato è basato sulla standardizzazione rispetto ai limiti di legge, ossia per ciascuno degli inquinanti considerati viene calcolato il relativo sottoindice (Ip) secondo la seguente formula:

$I_p = C_p / L_p \times 100$	<p>p = sottoindice per l'inquinante p C<sub>p</sub> = concentrazione dell'inquinante p L<sub>p</sub> = valore di riferimento dell'inquinante p</p>
------------------------------	--

I livelli di riferimento per la standardizzazione sono i seguenti:

- PM10: media giornaliera. Valore di riferimento: 50 µg/m<sup>3</sup>.
- O<sub>3</sub>: valore massimo delle medie di 8 ore calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00. Valore di riferimento: 120 µg/m<sup>3</sup>.
- NO<sub>2</sub>: valore massimo orario sulle 24 h. Valore di riferimento: 200 µg/m<sup>3</sup>.

La definizione dell'indice sintetico IQA è basata sull'assegnazione del valore assunto dal sottoindice peggiore secondo le seguenti principali motivazioni:

- è l'approccio più utilizzato in ambito internazionale;
- non crea troppe illusioni sul grado di scientificità dell'indice;
- è sufficiente che un sotto-indice sia sopra il limite di legge perché l'indice complessivo assuma un valore superiore a 100;
- è più facilmente utilizzabile in ambito previsionale.






La scala di valori dell'indice è stata scelta con una gradazione a step uniformi pari a 50 unità ed è composta da 5 classi. L'adozione di un numero limitato di classi è legata sia alle capacità previsionali dei modelli di previsione della qualità dell'aria (utilizzo di primaria importanza dell'indice), sia a scelte di natura comunicativa.

L'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV, come quello di ARPA Emilia Romagna, fa riferimento a 5 classi di giudizio a cui sono associati altrettanti cromatismi (vedi tabella di seguito) e viene calcolato in base ad indicatori di legge relativi a 3 inquinanti critici in Veneto:

- concentrazione media giornaliera di PM10;
- valore massimo orario di Biossido di azoto;
- valore massimo delle medie su 8 ore di Ozono.

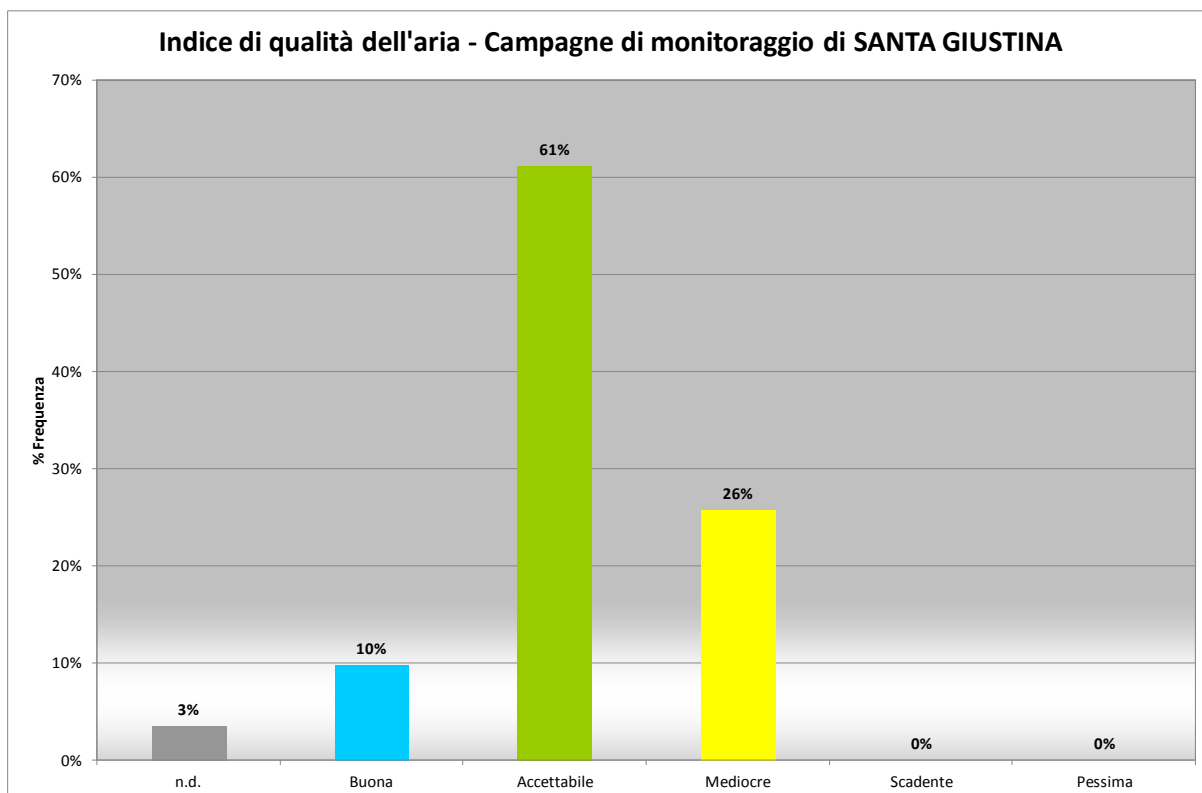
Se la misura di uno dei tre inquinanti non risulta valida per un dato giorno, l'indice di qualità dell'aria non viene calcolato per quel giorno (n.d. non determinato).

Nella tabella vengono riportati i cromatismi e relativi giudizi legati all'indice di qualità dell'aria.

Cromatismi	Qualità dell'aria
	Buona
	Accettabile
	Mediocre
	Scadente
	Pessima

L'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV è un indice cautelativo e cioè esprime un giudizio sulla qualità dell'aria basandosi sempre sullo stato del peggiore fra i tre inquinanti considerati.

### 1.8.1 Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria) applicati al monitoraggio eseguito a Santa Giustina.



<b>Santa Giustina anni 2015/2016</b>		
<b>giudizio sintetico</b>	<b>Indice IQA</b>	
	<b>% di frequenza</b>	<b>n° giorni</b>
<b>buona</b>	<b>10.0%</b>	<b>14</b>
<b>accettabile</b>	<b>61.0%</b>	<b>88</b>
<b>mediocre</b>	<b>26.0%</b>	<b>37</b>
<b>scadente</b>	<b>0.0%</b>	<b>0</b>
<b>pessima</b>	<b>0.0%</b>	<b>0</b>
<b>Classe non determinata (N.D.)</b>	<b>3.0%</b>	<b>5</b>

La valutazione della qualità dell'aria a Santa Giustina attraverso l'applicazione dell'indice IQA, limitatamente ai parametri polveri PM10, ozono e biossido di azoto che lo compongono, può dirsi soddisfacente. Il 71% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime due classi di qualità.

### **1.9 - Conclusioni**

Il monitoraggio estivo effettuato a Santa Giustina come era prevedibile non ha rilevato concentrazioni di inquinanti tali da pregiudicare la qualità dell'aria. Tenendo conto però anche del monitoraggio effettuato nel periodo invernale si evidenzia una criticità relativa ai parametri polveri PM10 e Benzo(a)Pirene. In particolare complessivamente per quanto riguarda le polveri PM10 sono stati registrati un consistente numero di superamenti del limite giornaliero dei 50 µg/m<sup>3</sup> anche se con una media ponderata inferiore al limite annuale, mentre il Benzo(a)Pirene ha registrato una concentrazione media ponderata molto al di sopra dell'obiettivo di qualità annuale. Per quanto riguarda il benzene è stata rilevata una concentrazione media ponderata entro il valore del limite annuale fissato in 5 µg/m<sup>3</sup>.








Anidride solforosa, monossido di carbonio, biossido d'azoto e ozono, si sono sempre mantenuti per entrambi i periodi di monitoraggio al di sotto dei limiti di legge per l'esposizione acuta e cronica.

La situazione meteorologica nella fase invernale del monitoraggio ha avuto un ruolo determinante in modo negativo sulla qualità dell'aria in quanto è stata particolarmente sfavorevole alla dispersione degli inquinanti.






Come sintesi finale di valutazione dei dati è stata elaborata una scheda riassuntiva dello stato di qualità dell'aria riferita ai periodi di monitoraggio e a tutti i parametri rilevati.

Nella scheda sono riportati gli indicatori selezionati, il riferimento normativo (ove applicabile), il relativo giudizio sintetico.

Polveri (PM10)	D.Lgs. 155/10		Molti superamenti del valore limite giornaliero. Concentrazione media ponderata dei periodi inferiore al limite annuale.
Ozono (O <sub>3</sub> )	D.Lgs. 155/10		Nessun superamento della soglia di informazione alla popolazione prevista dalla normativa.
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	D.Lgs. 155/10		Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.
Monossido di carbonio (CO)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.
Anidride solforosa (SO <sub>2</sub> )	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media ampiamente inferiore al valore limite previsto dalla normativa
Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media ponderata inferiore ma prossima al limite previsto dalla normativa.
Benzo(a)pirene (IPA)	D.Lgs. 155/10		Concentrazione media ponderata dei periodi monitorati superiore al valore obiettivo previsto dalla normativa

### Legenda

Simbolo	Giudizio sintetico
	Positivo
	Intermedio
	Negativo

  
 P.I. Simionato Massimo

Dott. Tormen Riccardo



Visto  
 Il Dirigente del Servizio  
 Dott.ssa Anna Favero  


## PARTE 2

### 2.1 – Introduzione all'analisi modellistica

Al fine di quantificare l'impatto sulla qualità dell'aria del traffico stradale transitante in Viale dei Tigli a Santa Giustina, è stato effettuato uno studio modellistico basato sui flussi di traffico misurati durante la prima campagna di monitoraggio della qualità dell'aria (semestre invernale), in quanto rappresentativi della tratta in esame anche per il semestre estivo. Combinando i dati di traffico con opportuni fattori di emissione ed elaborando il tutto con modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera, si sono ottenute stime di concentrazione al suolo dei principali inquinanti emessi dal traffico veicolare.

### 2.2 - Stima delle emissioni prodotte dai flussi di traffico e mappe di ricaduta

Per stimare le emissioni di inquinanti relative ai veicoli in transito lungo la SR 50, i valori di traffico misurati dal classificatore radar sono stati mediati su base oraria secondo tre categorie veicolari (automobili, mezzi commerciali leggeri e mezzi commerciali pesanti) e tre categorie di giornata (feriale, prefestiva e festiva). Ai flussi di traffico così modulati sono stati applicati i fattori di emissione proposti dal database INEMAR (INventario EMISSIONI ARia). Questo database, attualmente utilizzato da sette Regioni e due Province Autonome, e realizzato per lo specifico della realtà italiana, fornisce un inventario delle emissioni in atmosfera per tipo di attività svolta e combustibile utilizzato secondo i macrosettori della classificazione europea CORINAIR.

In Tabella 2.1 si riportano le stime di emissione per alcuni degli inquinanti considerati nel database INEMAR. I valori sono stati ottenuti moltiplicando i fattori di emissione per i flussi di traffico medi orari suddivisi per categoria veicolare e tipologia di giornata ed è quindi osservabile un andamento proporzionale ai suddetti flussi di traffico. In particolare, per tutti gli inquinanti e in ogni tipologia di giornata, sono le automobili ad apportare il contributo maggiore.

Emissioni stimate attraverso database INEMAR		NO <sub>x</sub> (g/km/die)	COV (g/km/die)	CO (g/km/die)	PM10 (g/km/die)
Feriale	Automobili	7975	2695	25206	689
	Mezzi Leggeri	1451	176	1355	150
	Mezzi Pesanti	5634	465	1545	275
Prefestivo	Automobili	7574	2560	23941	655
	Mezzi Leggeri	1061	129	991	110
	Mezzi Pesanti	2347	194	643	115
Festivo	Automobili	6004	2029	18977	519
	Mezzi Leggeri	648	79	605	67
	Mezzi Pesanti	777	64	213	38

Tabella 2.1. Emissioni (g/km/giorno) prodotte dalle diverse tipologie di veicoli nelle giornate tipo.

Attraverso il modello di dispersione ADMS-Urban, si è infine valutata la distribuzione degli inquinanti emessi dal traffico veicolare nell'area circostante l'arteria stradale. I dati in ingresso al modello sono stati le emissioni veicolari medie orarie (stimate attraverso i flussi di traffico misurati e il database INEMAR) modulate per inquinante e tipologia di giornata (feriale, prefestiva, festiva), e la meteorologia rilevata nel periodo della campagna di misura del traffico. La stazione meteorologica più rappresentativa per l'area di studio è naturalmente quella di Santa Giustina, gestita dal Centro Meteorologico di Teolo, per la quale si sono utilizzati i dati orari dal 5 aprile al 12 giugno 2016.

I risultati ottenuti rappresentano le ricadute medie dei diversi macroinquinanti nel periodo considerato. In Figura 2.1 e 2.2 si riportano le mappe di concentrazione per le polveri sottili (PM10) e gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Si osserva come i valori di concentrazione siano massimi all'interno della carreggiata e diminuiscano velocemente allontanandosi da essa. Le polveri PM10 derivanti dal traffico veicolare presentano a bordo strada concentrazioni inferiori agli 8 µg/m<sup>3</sup>, mentre gli ossidi di azoto raggiungono valori intorno ai 100 µg/m<sup>3</sup> e diminuiscono fino a valori inferiori a 40 µg/m<sup>3</sup> a una distanza di 20 metri dalla carreggiata.

Nelle Figure 2.3 e 2.4 si riportano invece le mappe di ricaduta per il semestre invernale, dove il PM10 derivante dal traffico veicolare presentava a bordo strada concentrazioni intorno ai 10 µg/m<sup>3</sup> e gli ossidi di azoto raggiungevano di circa 140 µg/m<sup>3</sup>, diminuendo fino a valori inferiori a 60 µg/m<sup>3</sup> a una distanza di 20 metri dalla strada stessa.



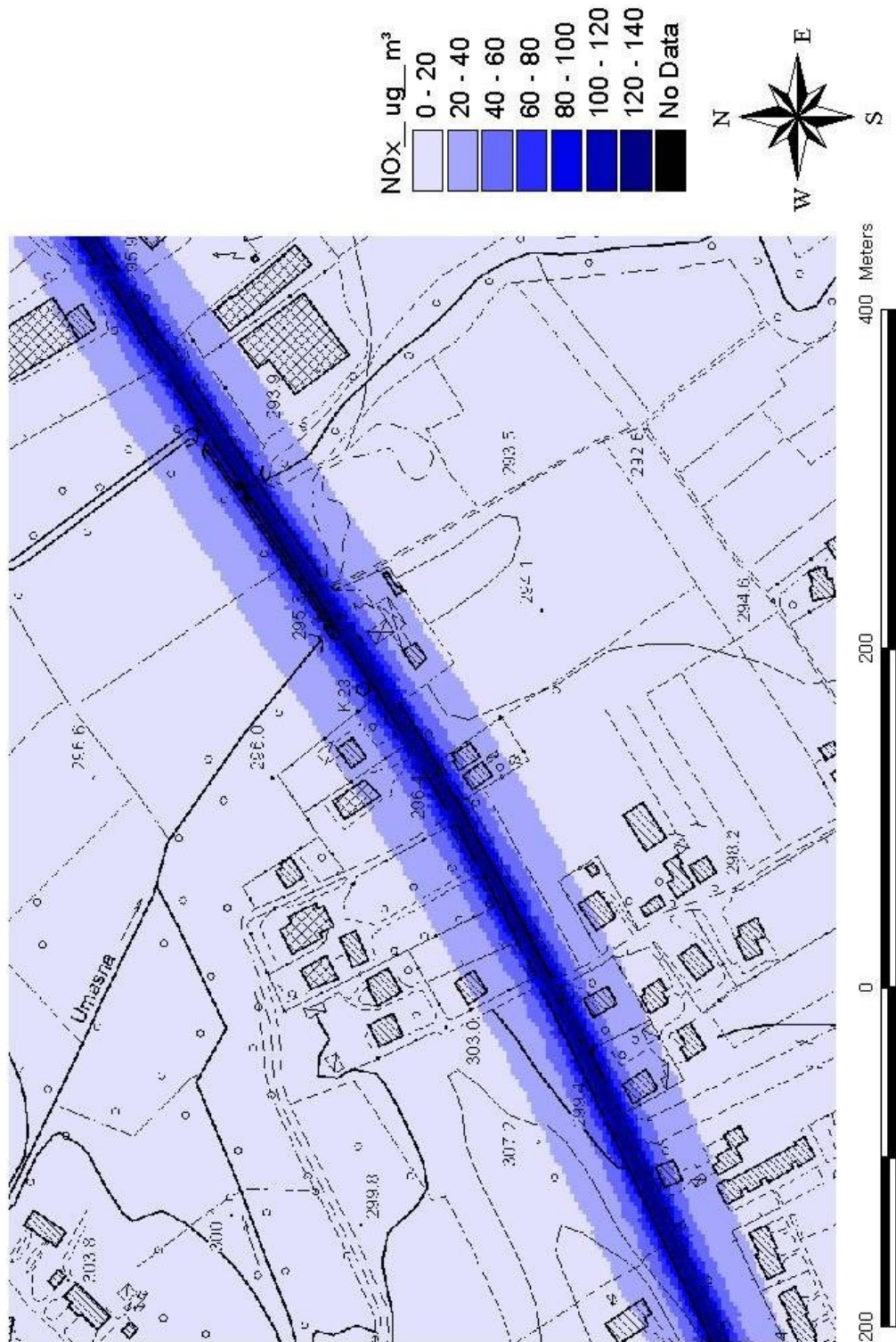


Figura 2.2. Ricaduta media di NO<sub>x</sub> da traffico veicolare per il periodo dal 5 aprile al 12 giugno 2016

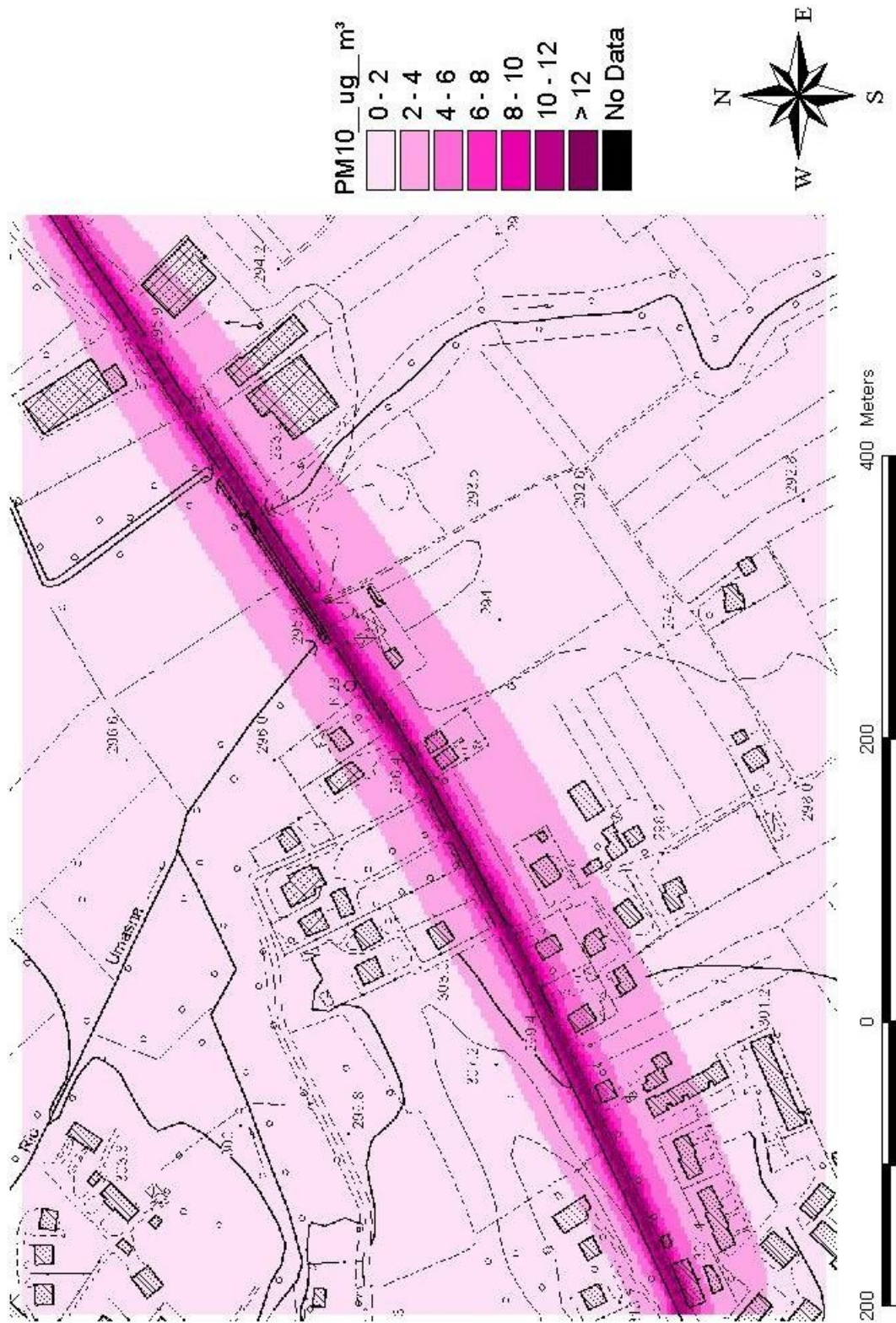


Figura 2.3. Ricaduta media di PM10 da traffico veicolare per il periodo dal 10 novembre 2015 al 26 gennaio 2016

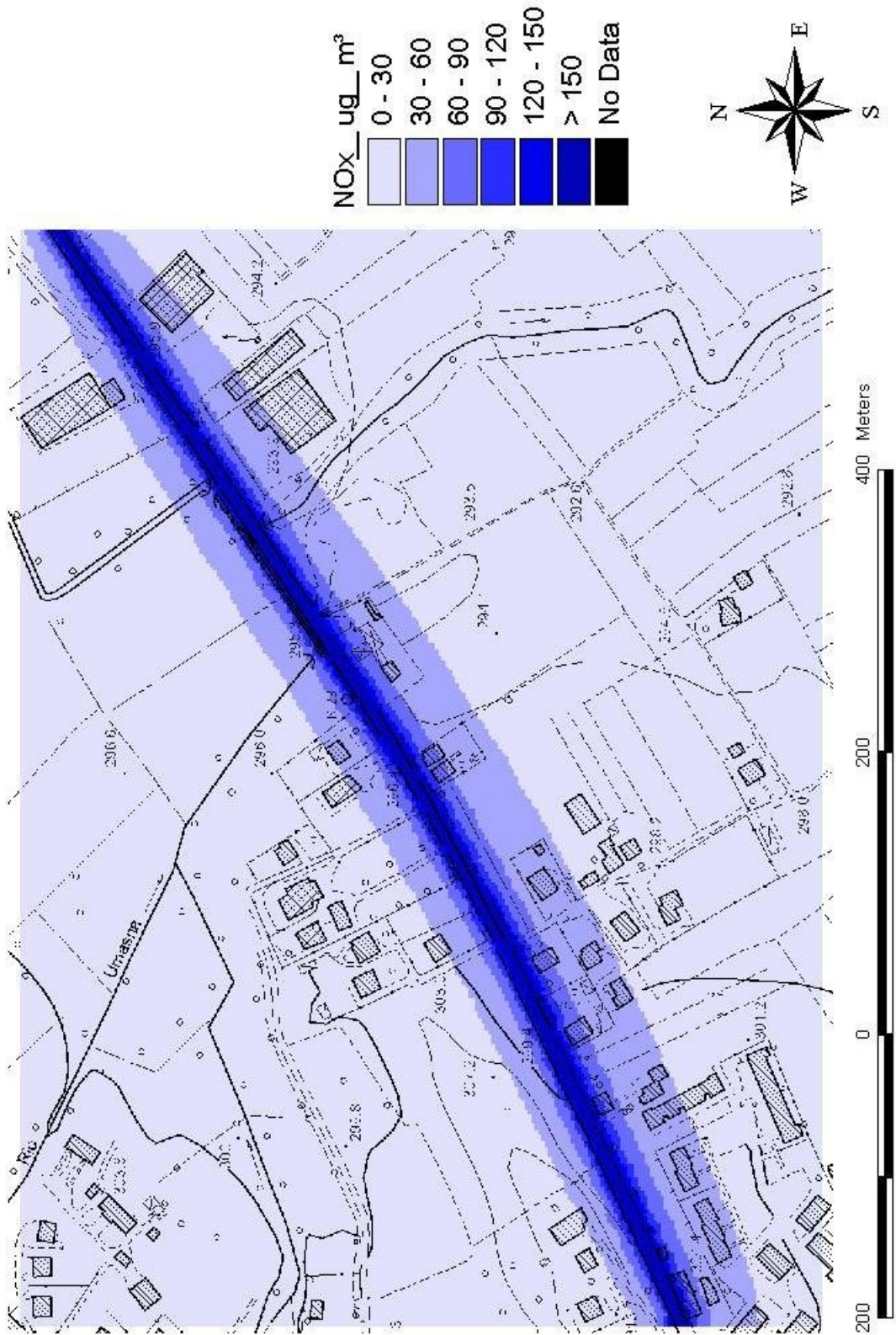


Figura 2.4. Ricaduta media di NO<sub>x</sub> da traffico veicolare per il periodo dal 10 novembre 2015 al 26 gennaio 2016

## 2.3 - Conclusioni

Sulla base della stima delle emissioni da traffico e i dati meteorologici rilevati nella stazione meteo di Santa Giustina, si è simulata la dispersione degli inquinanti in atmosfera attraverso il modello ADMS-Urban. Le mappe di ricaduta degli inquinanti mostrano concentrazioni massime nei dintorni della carreggiata con dispersione nelle aree circostanti. Le concentrazioni di polveri PM10, per esempio, presentano dei valori a bordo strada pari a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel semestre invernale e  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel semestre estivo. Gli ossidi di azoto raggiungono valori massimi superiori ai  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel semestre invernale, scendendo poi a valori inferiori ai  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a una distanza di 20 metri dalla strada; nel semestre estivo, invece, i massimi sono intorno ai  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e a 20 metri dalla strada le concentrazioni scendono ben sotto i  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A parità di flussi di traffico sull'arteria stradale, si può quindi osservare una diversa ricaduta degli inquinanti al suolo dovuta esclusivamente alla diversa condizione meteorologica, sicuramente più favorevole alla dispersione in atmosfera nel semestre estivo rispetto a quello invernale.

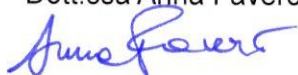
---

Ufficio Attività Tecniche e Specialistiche  
Dott.sa Stefania Ganz



Visto

Il Dirigente del Servizio Stato dell'Ambiente  
Dott.ssa Anna Favero





## ALLEGATO1: GLOSSARIO

### **Agglomerato:**

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

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

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

### **Inquinante**

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

### **Margine di tolleranza:**

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

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

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

### **Obiettivo a lungo termine**

Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente

### **Soglia di allarme**

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

### **Soglia di informazione**

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

### **Sorgente (inquinante)**

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

**Valore limite**

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

**Valore obiettivo**

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

**Zonizzazione**

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



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