

# CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

COMUNE DI BORGOSATOLLO

28 agosto 2014 – 20 gennaio 2015



**Autori:**

Giorgio Siliprandi

Laura Carroccio

Anna De Martini

# **Campagna di Misura della Qualità dell’Aria**

COMUNE DI BORGOSATOLLO

## **Gestione e manutenzione tecnica della strumentazione:**

Lorenzo Mari, Tommaso Satti, Rosetta Pagliuso, Enrico Bicelli.

## **Testo ed elaborazione dei dati:**

Giorgio Siliprandi, Laura Carroccio, Anna De Martini

## **Hanno inoltre collaborato:**

Umberto dal Santo, Eleonora Cuccia.

# Campagna di Misura della Qualità dell’Aria

COMUNE DI BORGOSATOLLO

## Sommario

<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
<b>Misure e strumentazione</b>	<b>4</b>
<b>I principali inquinanti atmosferici</b>	<b>5</b>
<b>Normativa</b>	<b>11</b>
<b>Sito di misura</b>	<b>12</b>
<b>Emissioni sul territorio</b>	<b>14</b>
<b>Situazione meteorologica nel periodo di misura</b>	<b>23</b>
<b>Andamento degli inquinanti</b>	<b>37</b>
Biossido di Zolfo	37
Monossido di Carbonio	40
Ossidi di Azoto	42
Ozono	48
Benzene e Toluene	52
PM10	57
Analisi sul particolato	61
<b>Conclusioni</b>	<b>67</b>
<b>Allegati</b>	<b>69</b>
Dati orari analizzatori	70
Dati giornalieri PM10	148
Dati giornalieri analisi ICP-MS	149
Dati giornalieri analisi IPA	150
Dati giornalieri analisi XRF	151

## Introduzione

Il comune di Borgosatollo è situato a circa 4 chilometri a sud della città di Brescia, in un territorio sul quale insistono molte attività industriali ed artigianali, con spiccata connotazione metalmeccanica. Numerose e importanti sono le infrastrutture viarie nell'intorno del territorio comunale, che supportano traffici veicolari intensi.

La zonizzazione del territorio regionale prevista dal D.lgs. 155 del 13 agosto 2010, recepita da Regione Lombardia con la DGR 2605/2011, pone il territorio di Borgosatollo all'interno dell'agglomerato di Brescia. Quest'area è caratterizzata da importanti emissioni di PM10 e NOx e da elevata densità abitativa. Il comune fa parte della rete urbana di trasporti della provincia di Brescia, essendo collegato con il capoluogo da una linea passante.

Il comune di Borgosatollo è quindi inserito in un territorio fortemente antropizzato con potenziali e differenziate fonti di inquinamento che possono incidere significativamente sulla qualità dell'aria.

Pertanto, su richiesta dell'amministrazione comunale, non essendo presente sul territorio di Borgosatollo, alcuna stazione della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA), è stata condotta dal Settore Monitoraggi Ambientali di Arpa Lombardia, in particolare dalla U.O. Qualità dell'aria - Centro Regionale Monitoraggio Qualità dell'Aria (CRMQA), una campagna di misura per un periodo di circa sei mesi, dal 28 agosto 2014 al 20 gennaio 2015. Questa campagna è stata sufficientemente lunga da interessare sia la stagione calda, tipicamente più favorevole alla dispersione degli inquinanti in atmosfera ma anche più favorevole alla formazione degli inquinanti fotochimici, che la stagione più fredda che in pianura padana comporta spesso condizioni di ristagno con accumulo degli inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera.

I dati raccolti a Borgosatollo sono stati poi confrontati con quelli delle postazioni della RRQA.

Convenzionalmente si è suddivisa la campagna in un periodo estivo dal 28 agosto al 15 ottobre 2014 ed in un periodo invernale dal 16 ottobre 2014 al 20 gennaio 2015.

## Misure e strumentazione

Le misure sono state effettuate con l'utilizzo di un laboratorio mobile. La strumentazione utilizzata è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria e risponde alle caratteristiche previste dalla legislazione vigente (D.lgs. 155/2010). In particolare, il laboratorio mobile è provvisto di strumenti per misurare gli inquinanti:

- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>);
- monossido di carbonio (CO);
- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- ozono (O<sub>3</sub>);
- PM10

La concentrazione in massa del particolato atmosferico, raccolto su membrane, è stata successivamente determinata mediante metodo gravimetrico, descritto nella norma UNI EN 1234:2014 e indicato come riferimento dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010).

Sul particolato raccolto, sono state eseguite anche analisi volte alla ricerca di elementi metallici mediante tecnica XRF. Durante il periodo invernale sono state inoltre effettuate analisi per la determinazione della

concentrazione di Nichel, Arsenico, Cadmio e Piombo mediante tecnica ICP-MS e alla determinazione di IPA mediante tecnica HPLC.

Il sito di misura prescelto rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle stazioni di rilevamento nell'Allegato III del D. Lgs. 155/2010.

In particolare, in riferimento all'ubicazione su microscala del punto di monitoraggio, si stabilisce che:

- l'ingresso della sonda di prelievo deve essere libero da qualsiasi ostruzione per un angolo di almeno 270° e il campionatore deve essere posto a una distanza di alcuni metri rispetto edifici, balconi, alberi e altri ostacoli;
- il punto di ingresso della sonda di prelievo deve essere collocato ad un'altezza compresa tra 1.5 e 4 metri sopra il livello del suolo;
- il punto di ingresso della sonda non deve essere posizionato nelle immediate vicinanze di fonti di emissione al fine di evitare l'aspirazione diretta di emissioni non disperse nell'aria ambiente.

Il Laboratorio Mobile è inoltre provvisto della seguente strumentazione meteo:

- Temperatura (°C) e precipitazione (mm)
- Pressione (hPa), umidità relativa (%) e umidità assoluta (g/cm<sup>3</sup>)
- Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)
- Velocità (m/s) e direzione (gradi) del vento

I sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 metri per quanto riguarda direzione vento, velocità del vento e radiazione solare, e a 4.5 metri di quota per temperatura, pioggia, umidità relativa.

## **I principali inquinanti atmosferici**

Gli inquinanti che si trovano dispersi in atmosfera possono essere divisi schematicamente in due gruppi: inquinanti primari e inquinanti secondari. I primi sono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie siano esse primarie o secondarie.

Le concentrazioni di un inquinante primario dipendono significativamente dalla distanza tra il punto di misura e le sorgenti, mentre le concentrazioni di un inquinante secondario, essendo prodotto dai suoi precursori già dispersi nell'aria ambiente, risultano in genere diffuse in modo più omogeneo sul territorio.

Si descrivono di seguito le caratteristiche degli inquinanti atmosferici misurati con il laboratorio mobile.

### **Il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)**

Il biossido di zolfo, un tempo denominata anidride solforosa, è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua. La presenza in aria di SO<sub>2</sub> è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo, utilizzati per lo più per la produzione di energia elettrica o termica. Tracce di biossido di zolfo possono essere presenti anche nelle emissioni autoveicolari che utilizzano combustibili meno raffinati. Il biossido di zolfo è quindi di un inquinante primario emesso per lo più a quota "camino". Dal 1970 a oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla

normativa. Le concentrazioni di biossido di zolfo rispettano così i limiti legislativi previsti già da diversi anni. Inoltre, grazie al passaggio degli impianti di riscaldamento al gas naturale, le concentrazioni negli ultimi anni si sono ulteriormente ridotte. Sporadici episodi a concentrazioni più elevate possono talvolta verificarsi nei pressi degli impianti di raffinazione dei combustibili in conseguenza di problemi impiantistici.

### **Gli ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>)**

Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati anche come NO<sub>x</sub>) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

All'emissione, gran parte degli NO<sub>x</sub> è in forma di monossido di azoto (NO), con un rapporto NO/NO<sub>2</sub> notevolmente a favore del primo. Si stima che il contenuto di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) nelle emissioni sia tra il 5% e il 10% del totale degli ossidi di azoto. L'NO, una volta diffusosi in atmosfera può ossidarsi e portare alla formazione di NO<sub>2</sub>. L'NO è quindi un inquinante primario mentre l'NO<sub>2</sub> ha caratteristiche prevalentemente di inquinante secondario.

Il monossido di azoto (NO) non è soggetto a normativa in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli poiché, attraverso la sua ossidazione in NO<sub>2</sub> e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce, tra altro, alla produzione di ozono troposferico. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo. Per il biossido di azoto sono previsti valori limite, riassunti in tabella 2.

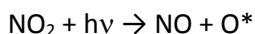
### **Il monossido di carbonio (CO)**

Il monossido di carbonio è un gas inodore, incolore, infiammabile e tossico. Ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di accelerazione e di traffico congestionato. Si tratta quindi di un inquinante primario e le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche a una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. È da sottolineare che le concentrazioni di CO sono in calo, soprattutto grazie al progressivo miglioramento della tecnologia dei motori a combustione.

### **L'ozono (O<sub>3</sub>)**

È un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), reazioni che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare. Queste reazioni portano alla formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora, che nell'insieme costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico. A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa. La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi quantità nelle aree urbane. Sotto

l'effetto della radiazione solare, la formazione di ozono avviene in conseguenza della fotolisi del biossido di azoto:

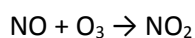


dove  $h\nu$  rappresenta la radiazione solare e  $\text{O}^*$  l'ossigeno monoatomico nello stato eccitato.

L'ossigeno atomico  $\text{O}^*$ , reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella reazione vera e propria, ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale stabilizzando la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO, e rigenera  $\text{NO}_2$ :



Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che, da solo, non sarebbe sufficiente a determinare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di  $\text{NO}_2$  senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell' $\text{O}_3$ .

Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

### **Il particolato atmosferico aerodisperso**

Un aerosol è definito come la miscela di particelle solide o liquide e il gas nel quale esso sono sospese; il termine particolato (particulate matter, PM) individua l'insieme dei corpuscoli presenti nell'aerosol. Con particolato atmosferico si fa quindi riferimento al complesso e dinamico insieme di particelle, con l'esclusione dell'acqua, disperse in atmosfera per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. L'insieme delle particelle aerodisperse si presenta con una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Le sorgenti possono essere di tipo naturale (erosione del suolo, spray marino, vulcani, incendi boschivi, dispersione di pollini, etc.) o antropiche (industrie, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Può essere di tipo primario se immesso in atmosfera direttamente dalla sorgente o secondario se si forma successivamente, in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze. I maggiori componenti del particolato atmosferico sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio e le polveri minerali. Si tratta, dunque, di un inquinante molto diverso da tutti gli altri, presentandosi non come una specifica entità chimica ma come una miscela di particelle dalle più svariate proprietà. Anche il destino delle particelle in atmosfera è molto vario, in relazione alla loro dimensione e composizione; tuttavia i fenomeni di deposizione secca e umida sono quelli principali per la rimozione delle polveri aerodisperse.

Il particolato atmosferico ha un rilevante impatto ambientale: sul clima, sulla visibilità, sulla contaminazione di acqua e suolo, sugli edifici e sulla salute di tutti gli esseri viventi. Soprattutto gli effetti che può avere

sull'uomo destano maggiore preoccupazione e interesse, per questo è fondamentale conoscere in che modo interagisce con l'organismo umano alterandone il normale equilibrio. In particolare, le particelle più piccole riescono a penetrare più a fondo nell'apparato respiratorio. Quindi, è importante capire quali e quante particelle sono in grado di penetrare nel corpo umano, a che profondità riescono ad arrivare e che tipo di sostanze possono trasportare. A esempio, la tossicità del particolato può essere amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e i metalli pesanti, alcuni dei quali sono potenti agenti cancerogeni.

Per definizione, una particella è un aggregato di molecole, anche eterogenee, in grado di mantenere le proprie caratteristiche fisiche e chimiche per un tempo sufficientemente lungo da poterla osservare e tale da consentire alla stesse di partecipare a processi fisici e/o chimici come entità a sé stante. All'interno del particolato atmosferico le particelle possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 µm), oltre che diverse forme e per lo più irregolari. Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana, è quindi necessario individuare uno o più sottoinsiemi di particelle che, in base alla loro dimensione, abbiano diverse capacità di penetrazione nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) piuttosto che nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). Per poter procedere alla classificazione in relazione alla dimensione viene definito il così detto diametro aerodinamico equivalente, ovvero il diametro di una particella sferica di densità unitaria che ha le stesse caratteristiche aerodinamiche (velocità di sedimentazione) della particella in esame.

Considerata la normativa europea (UNI EN12341/2014), si definisce PM10 la frazione di particelle raccolte con strumentazione avente efficienza di selezione e raccolta stabilita dalla norma e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 µm. Spesso, sebbene in modo improprio, il PM10 viene considerato come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 µm.). La legislazione europea e nazionale (D. Lgs. 155/2010) ha definito per il PM10 un valore limite sulle medie annuali ed un valore limite sulla concentrazione giornaliera.

### **Gli elementi**

Mediante lo spettrometro XRF in dotazione ad ARPA Lombardia è stato possibile individuare la presenza, e relativa concentrazione, dei seguenti elementi con numero atomico  $Z > 11$ <sup>1</sup>: alluminio (Al), silicio (Si), zolfo (S), cloro (Cl), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br), rubidio (Rb), piombo (Pb).

La composizione delle polveri è sensibilmente diversa a seconda del sito di campionamento e dipende strettamente dalla tipologia delle sorgenti di emissione.

Elementi come alluminio, calcio, ferro, silicio, stronzio e titanio, con i loro principali ossidi, si trovano prevalentemente in particelle di grandi dimensioni e forme irregolari, provenienti dall'erosione della crosta terrestre.

Il ferro può avere origine, assieme al rame e altri metalli, anche dall'usura delle parti meccaniche dei mezzi di trasporto (a esempio i freni) e pertanto può essere associato alla sorgente traffico. Altri come potassio e rubidio possono avere origine sia minerale (crosta terrestre) sia da combustione di biomassa; nichel, cromo, zinco, piombo possono individuare la presenza di qualche industria.

I metalli e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre e si trovano in atmosfera prevalentemente nel particolato. Le sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, maree, etc.)

---

<sup>1</sup> Z è il numero atomico, che indica il numero di protoni all'interno di un atomo. Lo spettrometro a fluorescenza X utilizzato permette una quantificazione attendibile, in tempi ragionevoli, di elementi con  $Z > 11$ .



contribuiscono al loro ciclo naturale mentre le sorgenti antropiche (in prevalenza combustioni e processi industriali) possono alterare il normale tasso di rilascio e di trasporto nell'ambiente modificando così la dimensione dei processi biochimici in cui sono coinvolti.

Non esiste una definizione ufficiale di metallo leggero o pesante; spesso l'aggettivo pesante è associato al concetto di tossicità anche se la densità non ha un legame diretto con effetti sul corpo umano. Metalli indicati come pesanti in relazione alla loro tossicità e bioaccumulazione sono, a esempio: mercurio, cromo, cadmio, arsenico, piombo e recentemente uranio. A volte, convenzionalmente, per metalli pesanti si intendono quelli che hanno una densità maggiore di 4,5 grammi per centimetro cubo come, ad esempio, arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, tallio, vanadio, etc.

Il pericolo legato ai metalli è la loro tendenza, comune agli inquinanti organici persistenti, di accumularsi all'interno di alcuni tessuti degli esseri viventi (bioaccumulo) determinando effetti negativi alla salute. Oltre al piombo, i metalli più rappresentativi per il rischio ambientale a causa della loro tossicità e del loro uso massivo sono il cadmio, il nichel e l'arsenico, classificati dalla IARC (Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro) come cancerogeni per l'uomo. Per tali motivi la normativa vigente (D. Lgs. 155/2010) ha previsto un valore limite per il piombo e valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel.

### **Gli idrocarburi non metanici**

Si tratta di una classe di composti organici, ovvero costituiti da carbonio tetravalente e idrogeno, molto ampia; infatti gli atomi di carbonio possono legarsi tra loro formando lunghe catene dette alcani se il legame tra gli atomi di carbonio è singolo (C-C), alcheni se il legame è doppio (C=C), alchini se il legame è triplo (C≡C). Le catene di carbonio e idrogeno possono anche chiudersi dando origine all'insieme degli idrocarburi ciclici. Al fine della qualità dell'aria, sono da evidenziarsi per il loro impatto sanitario l'insieme degli idrocarburi ciclici e policiclici aromatici (IPA), ovvero idrocarburi aventi la struttura molecolare planare costituita da uno o più anelli di 6 atomi di carbonio e con atomi di idrogeno che saturano i legami rimasti disponibili. I principali idrocarburi considerati nel campo dell'inquinamento atmosferico sono il benzene, il toluene, gli xileni (orto-, para- e meta-xilene) presenti in atmosfera in fase gassosa e i 7 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) citati dalla normativa (D.L. 155/10): benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene, dibenzo(a,h)antracene. Questi IPA sono presenti in atmosfera per lo più in fase particolato alle basse temperature invernali, mentre nei periodi più caldi dell'anno può diventare prevalente la fase gassosa.

Gli idrocarburi, insieme agli ossidi di azoto costituiscono "precursori" dell'ozono troposferico.

La loro origine è associata alla diffusione dei veicoli a combustione interna. Derivano sia da fenomeni di evaporazione del combustibile (vani motore e serbatoi, stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi) che dai processi incompleti di combustione. Una parte di idrocarburi sono associabili a diverse attività industriali (produzione ed utilizzo di vernici e solventi, lavorazione materie plastiche, fonderie, acciaierie, ...). Per le emissioni di IPA non sono da trascurare le combustioni di biomasse.

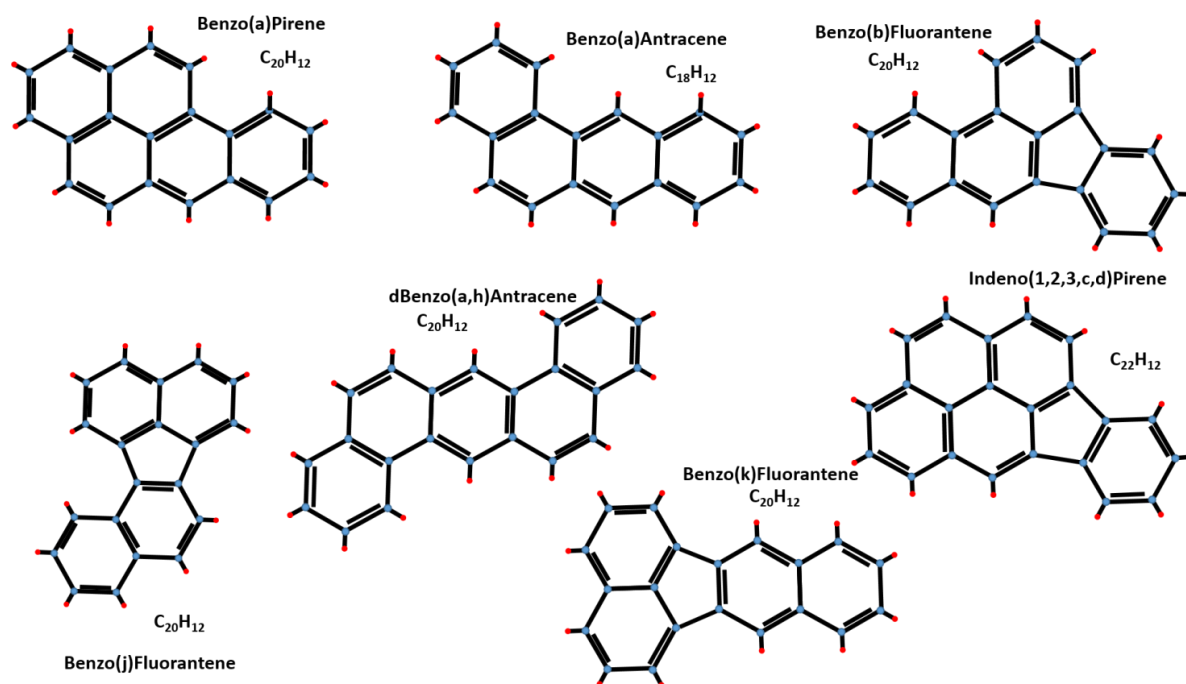


figura 1 – struttura Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Nella tabella 1 sono riassunte le principali sorgenti di emissione di ognuno dei principali inquinanti atmosferici.

tabella 1 – Sorgenti emissive dei principali inquinanti.

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
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)
Biossido di azoto*/** (NO <sub>2</sub> )	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici)
Monossido di carbonio* (CO)	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono** (O <sub>3</sub> )	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato atmosferico */** (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> )	È prodotto principalmente da combustioni e per azioni meccaniche (erosione, attrito, ecc.), ma anche per processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa.
Idrocarburi non metanici*/** IPA*, Benzene*	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, processi industriali, combustioni di biomasse.

\* = Inquinante Primario (generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche)

\*\* = Inquinante Secondario (prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche)

## Normativa

Il Decreto Legislativo 155 del 13/08/2010 ha recepito la Direttiva Europea 2008/50/CE, ha abrogato la normativa precedente riguardo i principali inquinanti atmosferici (D.P.C.M. 28/03/83 – D.P.R. 203/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 60/02 - D.lgs. 183/04) istituendo un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. Per valore limite si intende il livello di un inquinante, ovvero la sua concentrazione, fissato in base alle conoscenze disponibili al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso e che non deve essere superato.

Il valore obiettivo è il livello fissato per moderare tali effetti nocivi da conseguire, possibilmente, entro una data stabilita. Per livello critico si intende il livello ovvero la concentrazione di un inquinante oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti sui recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi ambientali esclusi gli esseri umani.

La soglia di allarme e la soglia di informazione sono le concentrazioni dell'inquinante oltre le quali sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata rispettivamente per la popolazione nel suo complesso e per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione.

La tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati.

Nonostante, per taluni inquinanti, non sia possibile esprimersi formalmente sul rispetto o sul superamento di valori limite/obiettivo con campagne di breve durata, essendo tali limiti riferiti a medie annuali, nondimeno il confronto tra quanto rilevato durante la campagna e quanto misurato con continuità da anni nelle diverse postazioni fisse della RRQA consente di valutare le differenze tra i siti e quindi di stimare la probabilità di superamento anche dei valori limiti annuali.

tabella 2 - Valori limite delle concentrazioni in aria dei principali inquinanti atmosferici.

<b>Biossido di Zolfo</b>	<b>Valore Limite (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	<b>350</b>	1 ora
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	<b>125</b>	24 ore
	Livello critico per la protezione della vegetazione	<b>20</b>	Anno civile e inverno (ott-mar)
	Soglia di allarme	<b>500</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)
<b>Biossido di Azoto</b>	<b>Valore Limite (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	<b>200</b>	1 ora
	Valore limite protezione salute umana	<b>40</b>	Anno civile
	Soglia di allarme	<b>400</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)
<b>Ossidi di Azoto</b>	<b>Valore Limite (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Livello critico protezione vegetazione	<b>30</b>	Anno civile

<b>Monossido di Carbonio</b>	<b>Valore Limite (mg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Valore limite protezione salute umana	<b>10</b>	8 ore
<b>Ozono</b>	<b>Valore Limite (µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Valore obiettivo protezione salute umana (da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni)	<b>120</b>	8 ore
	Valore obiettivo protezione della vegetazione	<b>18000</b>	AOT40 <sup>2</sup> (mag-lug) su 5 anni
	Soglia di informazione	<b>180</b>	1 ora
	Soglia di allarme	<b>240</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)
<b>Particolato PM<sub>10</sub></b>	<b>Valore Limite (µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	<b>50</b>	24 ore
	Valore limite protezione salute umana	<b>40</b>	Anno civile
<b>Particolato PM<sub>2,5</sub></b>	<b>Valore Limite (µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Periodo di media</b>
	Valore limite protezione salute umana (da raggiungere nel 2015)	<b>25</b>	Anno civile
<b>Idrocarburi non Metanici</b>	<b>Valore Limite (µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Periodo di media</b>
<b>Benzene</b>	Valore limite	<b>5</b>	Anno civile

## Sito di misura

Il comune di Borgosatollo si stende su una superficie di circa 8.4 Km<sup>2</sup> a sud-sud-est rispetto al territorio di Brescia ed ha una popolazione di 9264 abitanti secondo gli ultimi dati ISTAT (gennaio 2016).

È un centro di pianura che accanto alle tradizionali attività agricole ed allevamenti di bovini, ha sviluppato il commercio e l'industria, in particolare quella tessile e metalmeccanica.

Tre autostrade circondano l'abitato di Borgosatollo: Corda Molle a sud, Torino-Brescia a ovest e Milano-Venezia a nord. Parallela a quest'ultima corre anche la tangenziale Sud di Brescia. Queste quattro arterie passano tutte a meno di 3 chilometri dall'abitato.

Per la scelta del sito di misura si è tenuto conto prima di tutto degli obiettivi della campagna, oltre che dei requisiti di rappresentatività, per gli inquinanti da monitorare, nonché delle necessità logistiche e di sicurezza. Il punto di misura a Borgosatollo è stato individuato nel cortile della scuola materna "G.Rodari" di via Di Vittorio (Latitudine: 45°28'25"N, Longitudine: 10°14'35"E). Si tratta di un sito nel centro dell'abitato di

<sup>2</sup> Per AOT40 (1) si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00. Il dato presentato è stimato sulla base di un rendimento teorico del 100% a partire dall'AOT40 misurato, rinormalizzato al periodo di effettivo funzionamento secondo quanto previsto dall'Allegato VII punto 1 del D.Lgs. 155/2010. Si considerano solo le stazioni sub-urbane (fondo)/rurali/rurali di fondo.

Borgosatollo, in un'area sufficientemente aperta, lontana da vie trafficate e da ogni fonte diretta d'inquinamento, così da essere rappresentativa della qualità dell'aria dell'urbanizzato comunale.

In figura 2 si riporta la localizzazione di Borgosatollo all'interno della provincia di Brescia, mentre nelle figure 3 e 4 si riporta il posizionamento del laboratorio mobile rispetto al territorio comunale.



figura 2 – localizzazione del sito di misura in riferimento alla provincia di Brescia.



figura 3 – localizzazione del sito di misura in riferimento all'abitato di Borgosatollo.





figura 4 - dettaglio del posizionamento del mezzo mobile all'interno della scuola "G. Rodari".

## Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emmissive sul territorio comunale di Borgosatollo è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni INEMAR (INventario EMissioni ARia), nella versione più recente "Emissioni in Lombardia nel 2014".

L'inventario INEMAR, seguendo le impostazioni derivanti dalle esperienze nazionali e internazionali, è realizzato in base alle informazioni bibliografiche e tramite la partecipazione ai gruppi di coordinamento nazionali e internazionali. Le stime delle emissioni in atmosfera sono tipicamente soggette a grandi incertezze, dovute a numerose cause distribuite lungo tutta la procedura di stima. In particolare, un inventario regionale, per sua natura, non può considerare tutte le specificità locali e può soffrire di una incompleta qualità delle informazioni statistiche disponibili, inoltre, il soggetto delle emissioni è in continuo "movimento" cioè in trasformazione.

L'inventario INEMAR fornisce dunque una "fotografia" delle emissioni e va considerato come un "database anagrafico" delle sorgenti presenti sul territorio con relativa stima delle quantità emesse. Tuttavia, non può essere utilizzato come un puro e unico indicatore della qualità dell'aria di una specifica zona, in quanto non può tenere conto dell'interazione che le sostanze emesse possono avere con l'atmosfera, la meteorologia o l'orografia del territorio. In particolare, il vento, la pioggia, etc. trasportano, disperdono o depositano gli inquinanti emessi alla fonte in tutto il territorio circostante, così che la qualità dell'aria dipende non solo dalle sorgenti locali ma dall'insieme degli inquinanti emessi in tutto il bacino territoriale e dalle loro interazioni.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emmissive. La classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori definiti secondo la metodologia CORINAIR (CORE INventory of AIR emissions) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente:

1. Produzione energia e trasformazione combustibili
2. Combustione non industriale
3. Combustione nell'industria
4. Processi produttivi
5. Estrazione e distribuzione combustibili
6. Uso di solventi
7. Trasporto su strada
8. Altre sorgenti mobili e macchinari
9. Trattamento e smaltimento rifiuti
10. Agricoltura
11. Altre sorgenti e assorbimenti

Occorre precisare che l'inventario attribuisce le emissioni al comune in cui ricade l'ingresso principale di un impianto produttivo anche nel caso che l'impianto insista per lo più nel comune adiacente.

La nomenclatura delle sorgenti è definita secondo SNAP 97 (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution - anno 1997).

Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web <http://inemar.arpalombardia.it/inemar/webdata/main.seam>.

Nel seguito sono discusse le emissioni stimate dall'inventario per il comune di Borgosatollo e per il suo bacino aerografico. Per bacino aerografico si intende la porzione di territorio le cui emissioni possono influenzare direttamente la qualità dell'aria del sito considerato. L'inventario delle emissioni INEMAR, infatti, fornisce una "fotografia" delle emissioni e va considerato come un "database anagrafico" delle sorgenti presenti sul territorio con relativa stima delle quantità emesse. Tuttavia, l'inventario non può essere utilizzato come un diretto indicatore della qualità dell'aria di una specifica zona, in quanto non può tenere conto dell'interazione che le sostanze emesse possono avere con l'atmosfera, la meteorologia o l'orografia del territorio. Gli inquinanti emessi in tutto il territorio circostante vengono trasportati, dispersi e depositati, così che la qualità dell'aria di un sito dipende non solo dalle sorgenti locali ma dall'insieme degli inquinanti emessi in tutto il bacino territoriale e dalle loro interazioni.

Quale bacino aerografico è stato considerato l'insieme dei comuni ricadenti in un raggio di circa 20 km dal sito di Borgosatollo le cui emissioni potrebbero influenzare in modo più diretto la qualità dell'aria del sito monitorato. Vengono considerati tutti comuni di pianura, ma tenendo conto dell'orografia solo alcuni della Val Trompia, della Valle del Garza e della Val Sabbia. Tale bacino interessa 65 comuni (tabella 3) per una superficie di circa 1266 Km<sup>2</sup> ed una popolazione di circa 482283 abitanti (Dato ISTAT al 1/1/2017) ed è evidenziato in giallo in rosso (figura 5).

Il fatto di considerare nel bacino anche il comune di Brescia non modifica sostanzialmente le considerazioni successive in quanto queste si basano essenzialmente sulle densità emissive piuttosto che sulle emissioni assolute.





figura 5 - bacino aerografico stimato per il comune di Borgosatollo.

tabella 3. I comuni del bacino aerografico di Borgosatollo.

Azzano Mella	Calvisano	Flero	Mazzano	Passirano
Bagnolo Mella	Capriano del Colle	Gavardo	Monticelli Brusati	Pavone del Mella
Barbariga	Carpenedolo	Ghedi	Montichiari	Pompiano
Bassano Bresciano	Castegnato	Gottolengo	Montirone	Poncarale
Bedizzole	Castel Mella	Gussago	Muscoline	Prevalle
Berlingo	Castenedolo	Isorella	Nave	Rezzato
<b>Borgosatollo</b>	Cazzago San Martino	Leno	Nuvolento	Rodengo Saiano
Botticino	Cellatica	Lograto	Nuvolera	Roncadelle
Bovezzo	Cigole	Lonato del Garda	Offlaga	San Zeno Naviglio
Brandico	Collebeato	Longhena	Ome	Torbole Casaglia
Brescia	Concesio	Maclodio	Ospitaletto	Travagliato
Calcinato	Corzano	Mairano	Paderno Franciacorta	Trenzano
Calvagese della Riviera	Dello	Manerbio	Paitone	Villa Carcina

In tabella 4 si riportano le emissioni totali annue stimate per ogni inquinante per tutti i comuni del bacino aerografico considerato. I dati di emissioni di Borgosatollo e del bacino aerografico sono in allegato.



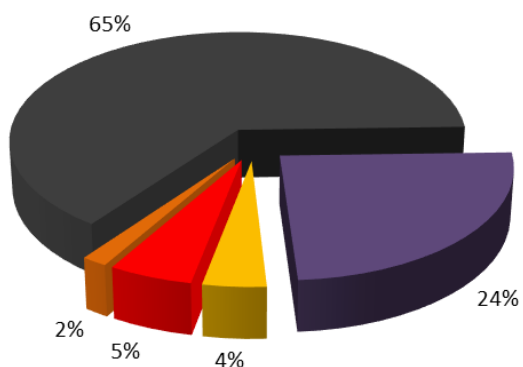
tabella 4. Stima delle emissioni assolute annue per ciascun inquinante.

	<b>SO2</b>	<b>NOx</b>	<b>COV</b>	<b>CO</b>	<b>PM10</b>	<b>Precurs. O3</b>
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
<b>Bacino Aerografico</b>	2063	10662	15617	21152	1527	31725

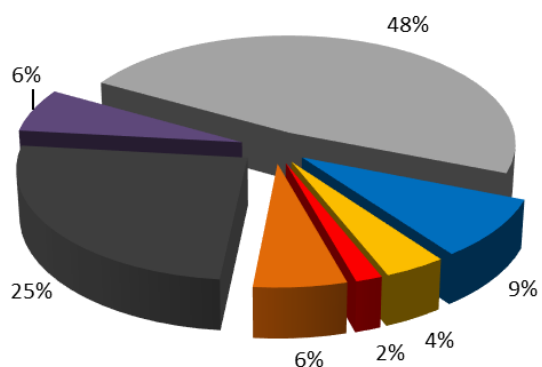
	<b>IPA-cltrp</b>	<b>BaP</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>
	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno
<b>Bacino Aerografico</b>	926	280	896	5568	13950	4844	5293	332	222

**N.B.** Gli IPA-CLTRP (o IPA-4) fanno riferimento alla convenzione internazionale sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza nella quale si considera la somma dei seguenti quattro idrocarburi: benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, indeno(1,2,3-cd)pirene.

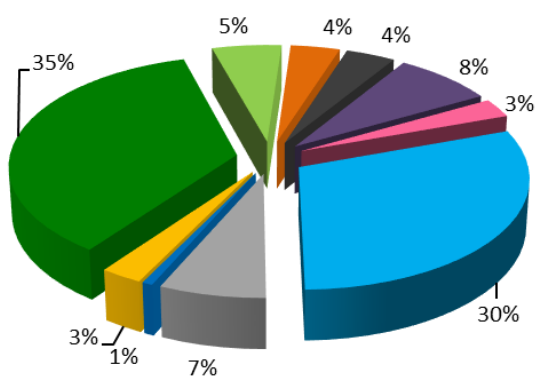
Tramite l'inventario INEMAR sono state calcolate le stime dei contributi dei singoli macrosettori alle emissioni in atmosfera degli inquinanti monitorati.



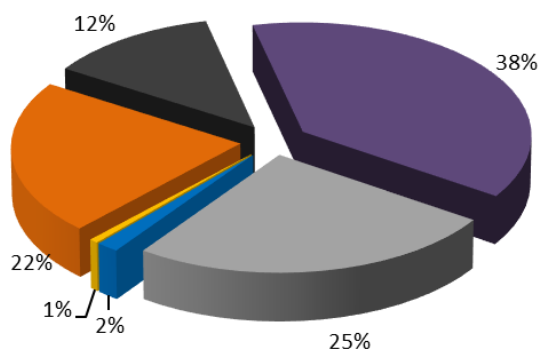
**SO2**



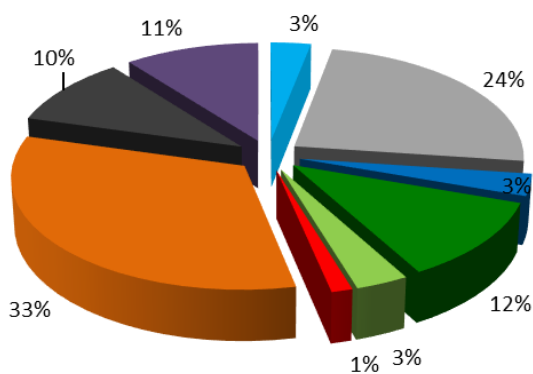
**NOx**



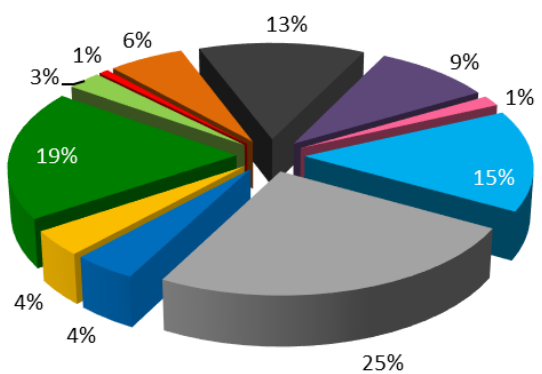
**COV**



**CO**



**PM10**



**Precurs. O3**

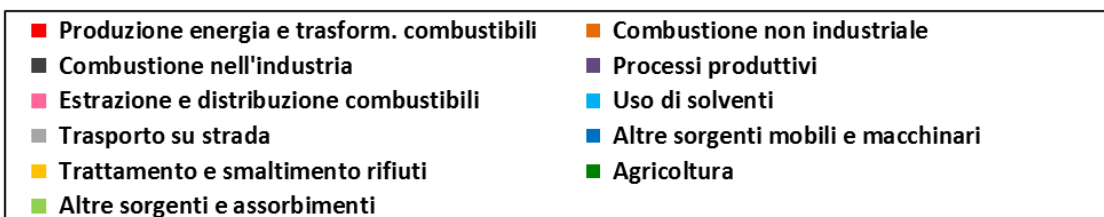


figura 6 - Contributi percentuali dei macrosettori alle emissioni degli inquinanti nel bacino aerografico.

La figura 6 mostra come siano variegati gli apporti dei diversi macrosettori alle emissioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COV e Precursori dell'O<sub>3</sub>, ma anche di particolato. L'elevato grado di urbanizzazione del territorio in esame e la capillare diffusione di piccole e medie imprese ed industrie, fanno sì che vi siano per ogni inquinante diverse sorgenti emissive non trascurabili.

In particolare, i processi produttivi e la combustione industriale costituiscono le sorgenti prevalenti per l'SO<sub>2</sub>; un contributo rilevante è costituito anche dalla produzione di energia e trasformazione dei combustibili.

La metà circa delle emissioni di NO<sub>x</sub> sono dovute al trasporto su strada, ma anche in questo caso altri significativi contributi sono dovuti per esempio alla combustione industriale (25%).

Ancora i processi produttivi, insieme al trasporto su strada, costituiscono la fonte emissiva principale per il monossido di carbonio, attribuito solo per il 22% alle combustioni per il riscaldamento.

Ancora la combustione non industriale e, in minor misura, le emissioni da traffico sono le sorgenti principali di PM10. Altri contributi non irrilevanti sono sempre da attribuirsi all'elevata industrializzazione del territorio in studio e all'agricoltura.

L'agricoltura e l'uso di solventi nelle attività industriali sono le fonti principali dei COV. I precursori dell'ozono hanno origine principalmente dal trasporto su strada, agricoltura, industria e uso dei solventi.

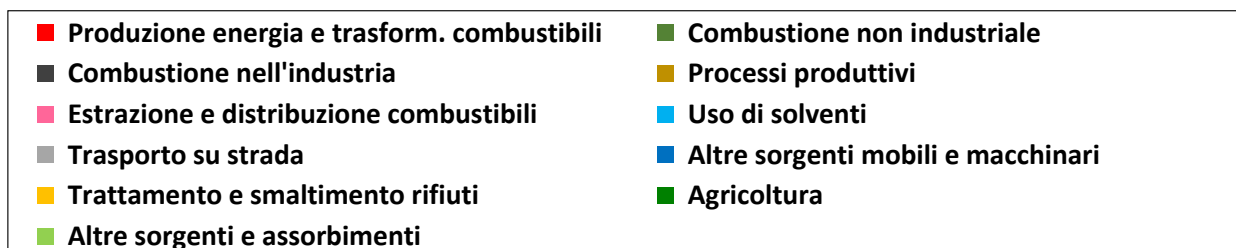
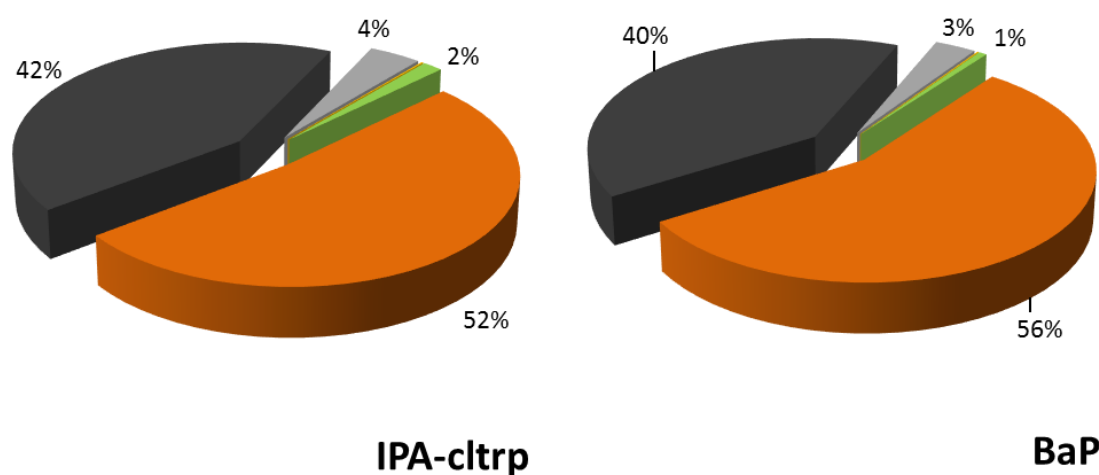


figura 7 - Contributi percentuali dei macrosettori alle emissioni degli inquinanti nel bacino aerografico.

Le emissioni di IPA ed in particolare di benzo(a)pirene hanno come sorgente principale la combustione non industriale, cioè al riscaldamento legato all'uso di biomasse (cippato, pellets, etc...). Non trascurabile, comunque, risulta essere anche la combustione industriale (figure 7).

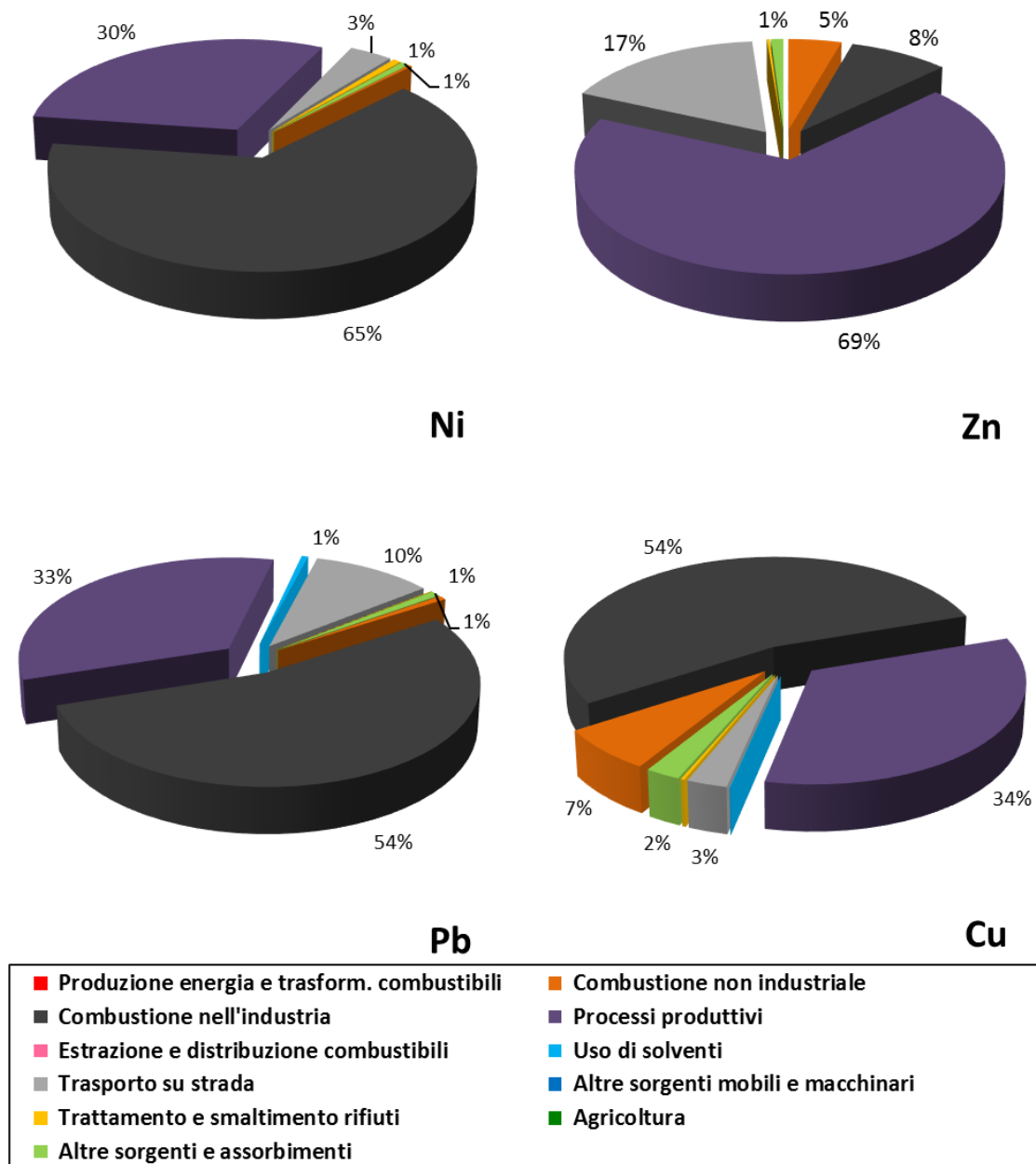


figura 8 - Contributi percentuali dei macrosettori alle emissioni degli inquinanti nel bacino aerografico.

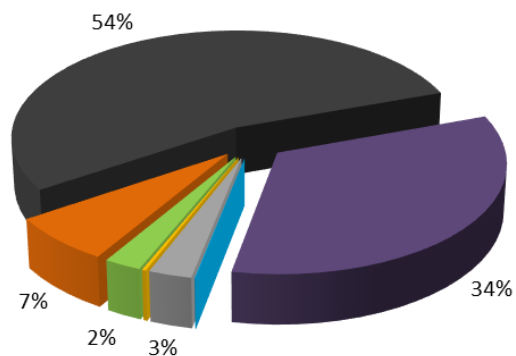
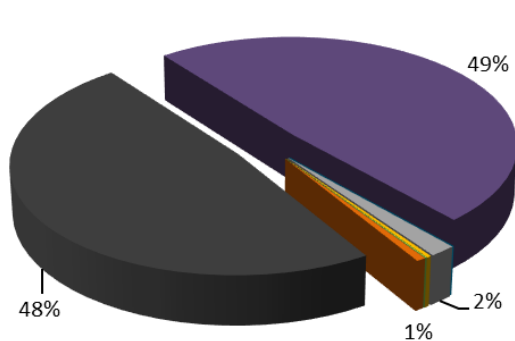
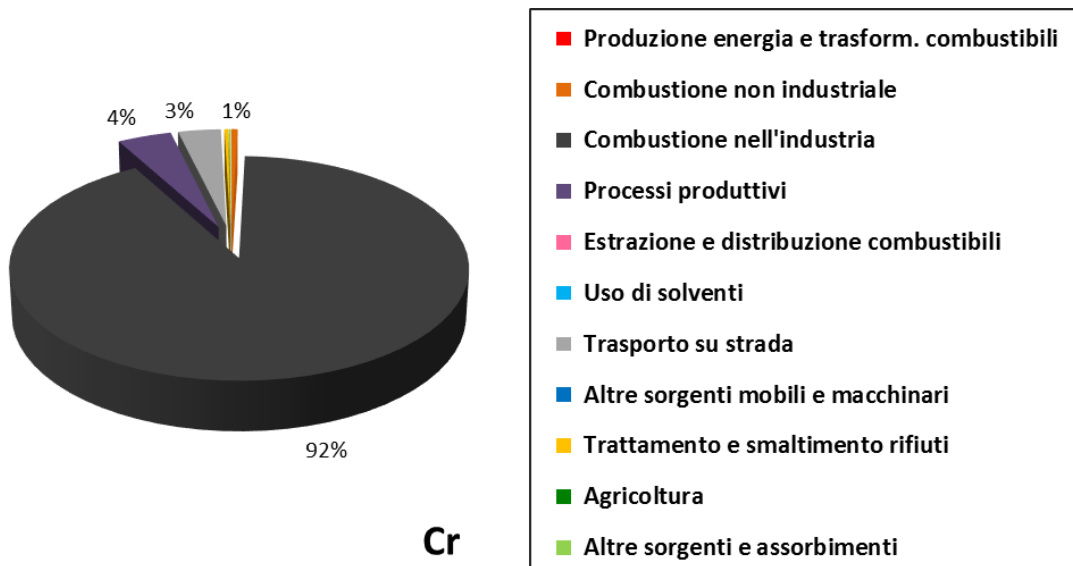


figura 9 - Contributi percentuali dei macrosettori alle emissioni degli inquinanti nel bacino aerografico.

Le attività industriali, sia come combustione industriale che come processi produttivi, sono all'origine delle emissioni di nichel, zinco, piombo, rame, cromo, arsenico e cadmio. A questi settori si attribuiscono oltre il 70% di queste emissioni.

La tabella 5, che riportata i rapporti tra le emissioni di Borgosatollo e il bacino aerografico, evidenzia come le emissioni nel comune considerato siano irrilevanti rispetto a quelle del bacino aerografico.

tabella 5. Stima del carico emissivo di Borgosatollo nel bacino aerografico.

Rapporto Borgosatollo-bacino aereografico	SO2	NOx	COV	CO	PM10	Precurs. O3
Carico emissivo (%)	0.04	0.5	0.8	0.5	0.8	0.6

Rapporto Borgosatollo-bacino aereografico	IPA-cltrp	BaP	Ni	Cr	Zn	Pb	Cu
Carico emissivo (%)	0.5	0.5	0.1	0.0	0.2	0.1	0.6

Volendo considerare la quantità delle emissioni in relazione all'ampiezza del territorio comunale e del numero dei residenti su cui si ripartisce l'emissione totale degli inquinanti, sono stati elaborati i due grafici seguenti (figure 10 e 11) in cui vengono esplicitati i rapporti tra le emissioni specifiche per unità di superficie e per abitante di ogni comune e del suo bacino aerografico.

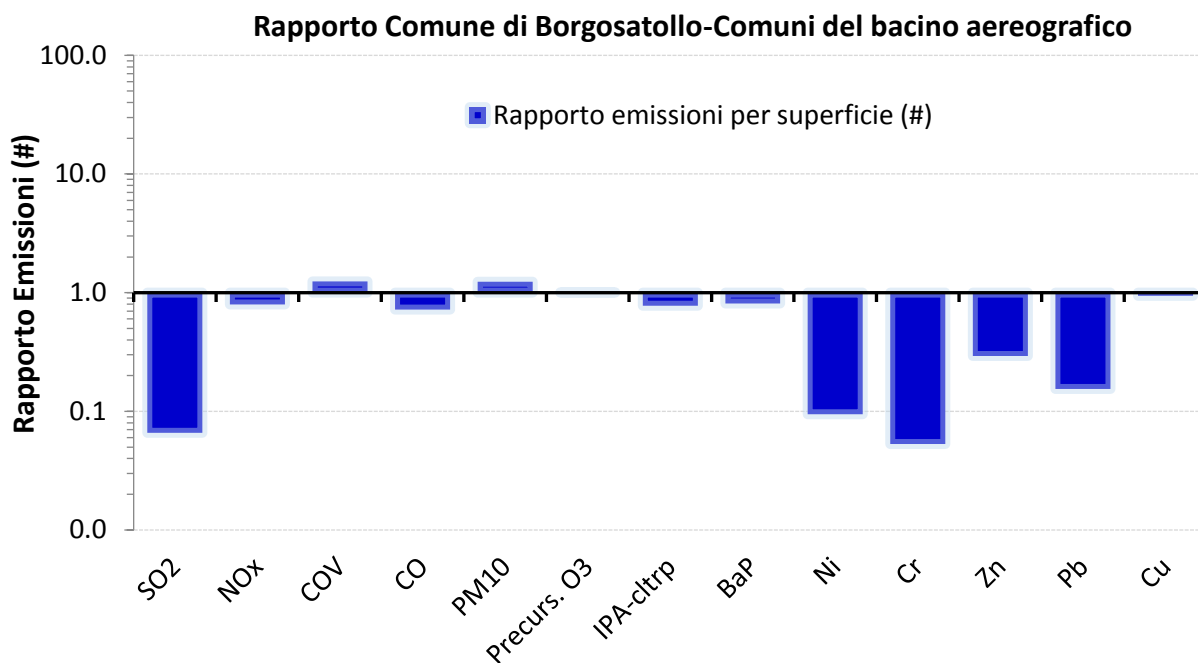


figura 10- Grafico del rapporto tra le emissioni specifiche per unità di superficie del comune e del bacino aerografico.

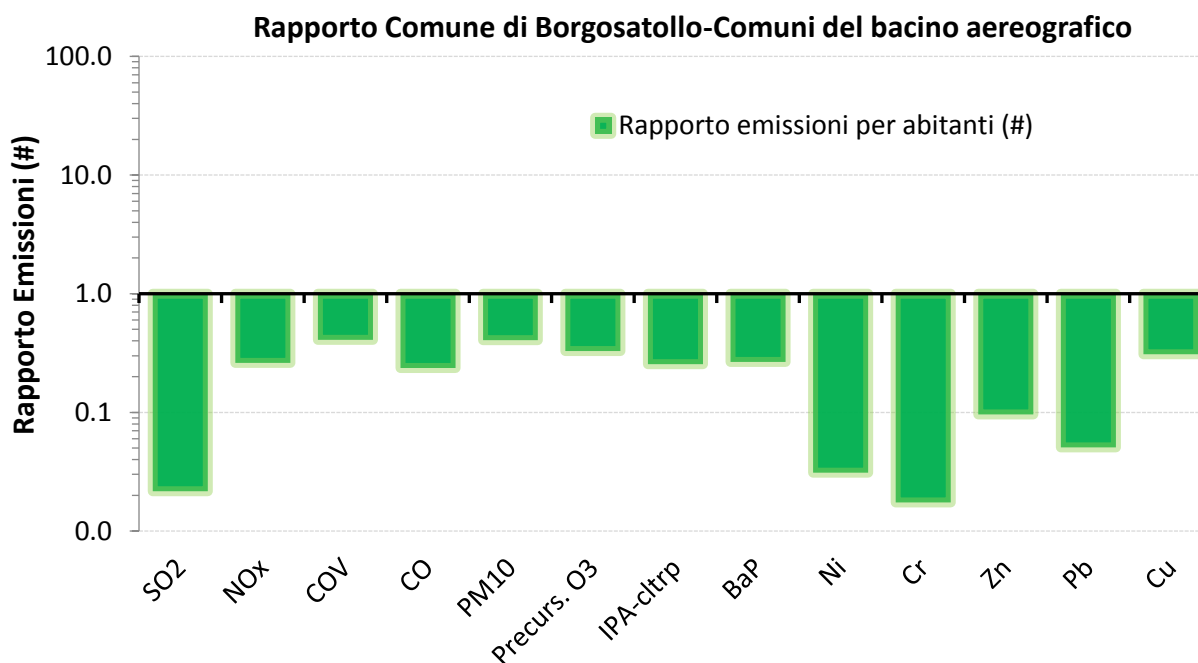


figura 11- Grafico del rapporto tra le emissioni specifiche per abitante del comune e del bacino aerografico.

Come precedentemente detto, dalle figure 10 e 11 risulta che a Borgosatollo, sia in base alla superficie che al numero di abitanti, in generale sono inferiori i carichi emissivi degli inquinanti considerati. Solo per i COV e PM10 le emissioni per superficie risultano essere confrontabili con quelle del bacino aerografico.

Tutto ciò non comporta direttamente che la qualità dell'aria di Borgosatollo sia migliore/peggiore rispetto a quella di altre aree del bacino aerografico considerato. Infatti, gli inquinanti subiscono il fenomeno della diffusione, trasporto e di trasformazione fisico-chimica in atmosfera così da avere un potenziale impatto non esclusivamente nei punti o nelle aree in cui vengono emessi ma anche nelle aree circostanti, distanti anche alcuni chilometri, in relazione alle caratteristiche orografiche e meteo-climatiche della regione.

In conclusione, per quanto riguarda, le emissioni specifiche per inquinante ricavate utilizzando i dati INEMAR evidenziano significative differenze rispetto al bacino aerografico di apparenza, eccetto che COV e PM10.

Quanto e se tutto ciò effettivamente influisca sulla qualità dell'aria a Borgosatollo è oggetto dell'analisi delle misure degli inquinanti effettuate sul territorio, esposte nel paragrafo "Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse".

### **Situazione meteorologica nel periodo di misura**

I livelli degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma le condizioni meteorologiche, che influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa, ne determinano compiutamente le concentrazioni. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio. Si discutono nel seguito le condizioni meteorologiche per i due periodi della campagna di monitoraggio. Con il laboratorio mobile sono stati misurati i seguenti parametri meteorologici:

- Temperatura (°C) e precipitazione (mm)
- Pressione (hPa), umidità relativa (%) e umidità assoluta (g/cm<sup>3</sup>)
- Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)
- Velocità (m/s) e direzione (gradi) del vento

Dalla figura 12 alla figura 27 sono riportati gli andamenti dei parametri meteorologici durante il periodo estivo di misura, a partire dal giorno precedente l'inizio delle misure chimiche.

I valori medi di temperatura registrati dal 27 agosto al 15 ottobre non mostrano sostanziali variazioni, anche se si nota una leggera diminuzione tra l'inizio ed il termine della campagna (figura 12). Abbastanza visibile è la diminuzione dell'escursione tra i valori minimi e massimi giornalieri all'avanzare del periodo meno caldo (figura 13).

### Andamento della temperatura dell'aria Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014

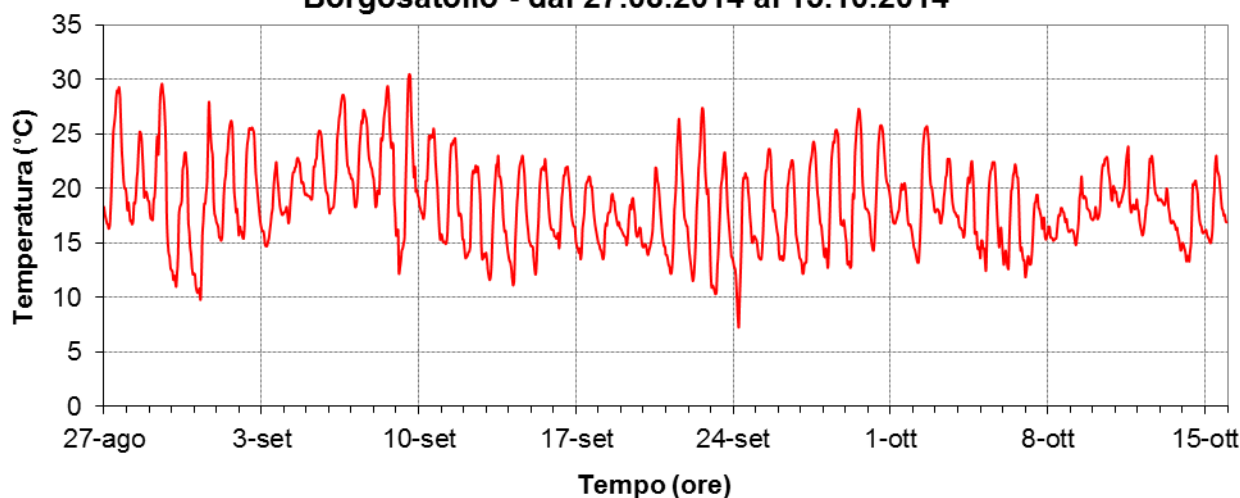


figura 6 – Andamento orario della temperatura dell'aria registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

### Andamento della temperatura dell'aria Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014

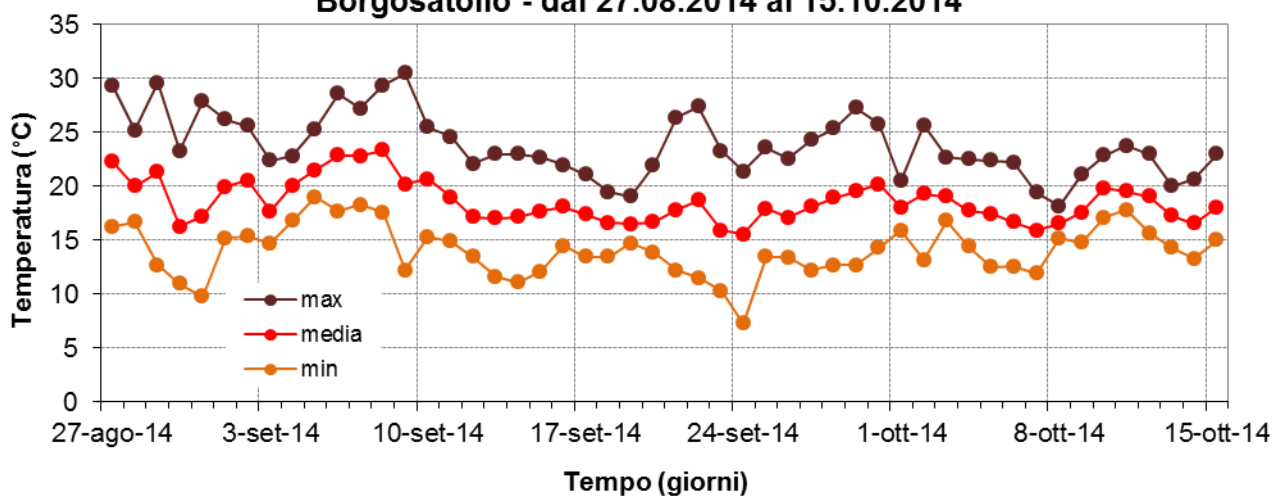


figura 7 – Andamento giornaliero della temperatura dell'aria registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

L'andamento della radiazione solare incidente mostra, oltre alla caratteristica forma a campana del giorno tipo centrata sul mezzogiorno, un andamento con valori medi in diminuzione (figura 14). Si nota la netta diminuzione della radiazione durante la prima decade di settembre (figura 15). Al passaggio nuvoloso, non ha tuttavia corrisposto un evento piovoso significativo. Eventi di tale tipo, li troviamo verso la fine del periodo, quando prolungati ed intensi fenomeni hanno determinato una forte diminuzione dell'apporto radiativo. Interessante è l'evento culminato il 22 settembre, quando masse d'aria provenienti dai settori sud-occidentali hanno determinato una visibile diminuzione dell'umidità relativa (figura 16), dell'umidità assoluta dell'aria (figura 17) e del campo barico (figura 20), diminuzioni indicative di un ricambio delle masse d'aria. A parte questo citato evento, la direzione prevalente di provenienza del vento risulta comunque essere dai settori orientali (figure 23, 24 e 25).



**Andamento della Radiazione Solare Globale  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

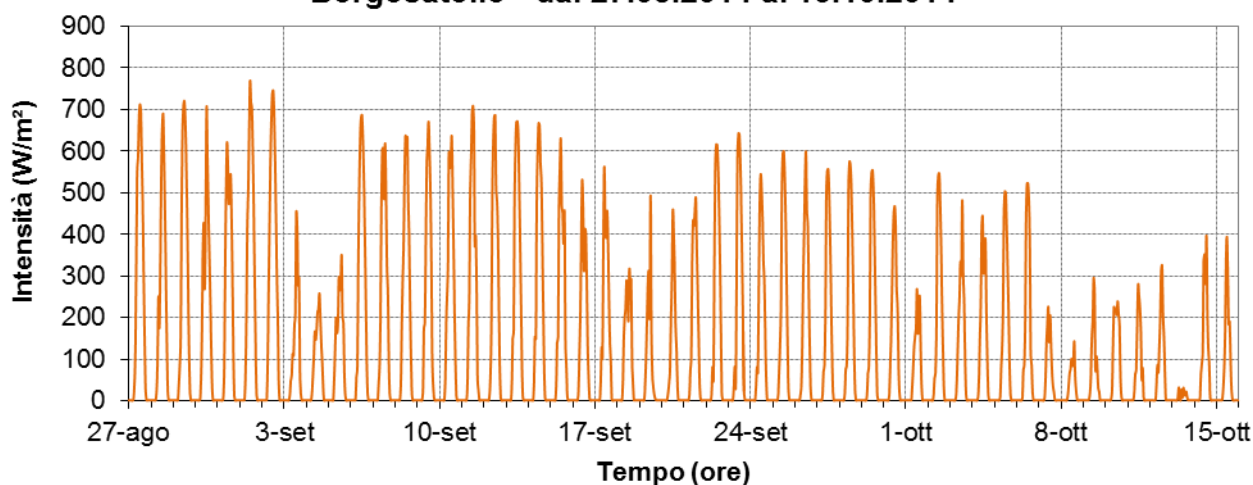


figura 84 – Andamento orario della radiazione solare globale registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento della Radiazione Solare Globale  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

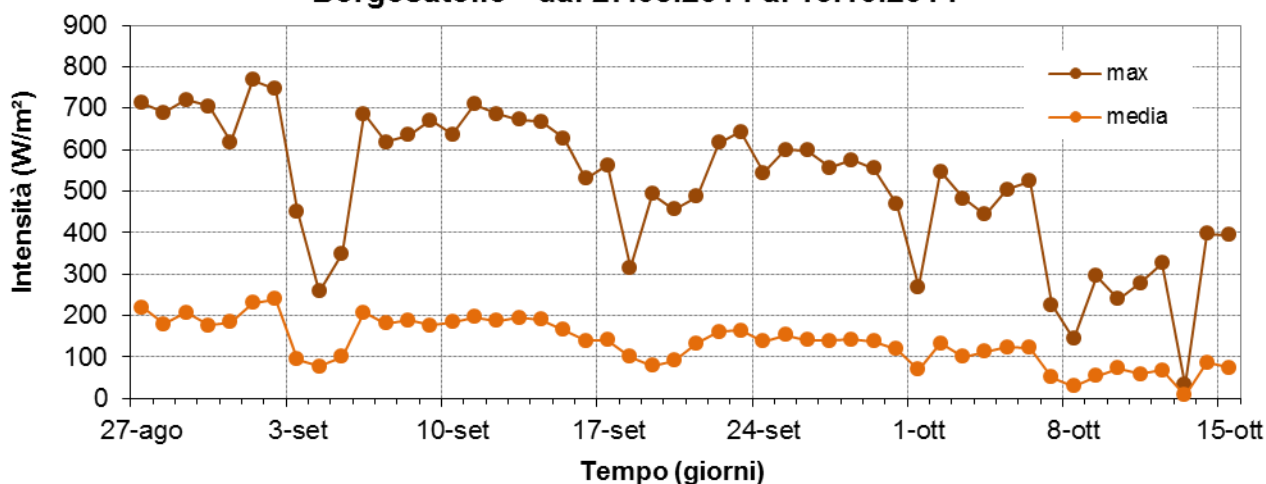


figura 95 – Andamento giornaliero della radiazione solare globale registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento dell'umidità relativa dell'aria  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

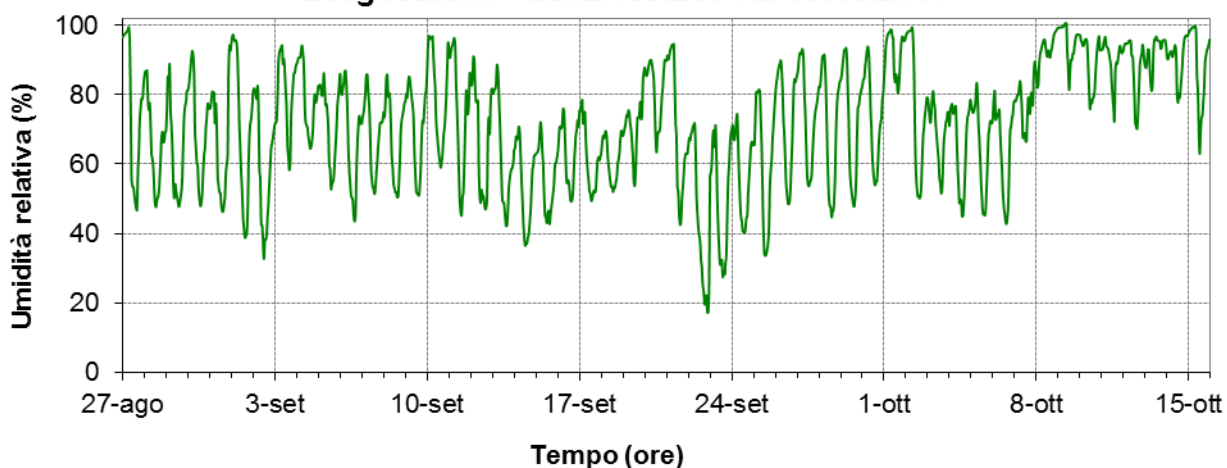


figura 106 – Andamento orario della umidità relativa registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento dell'umidità assoluta dell'aria  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

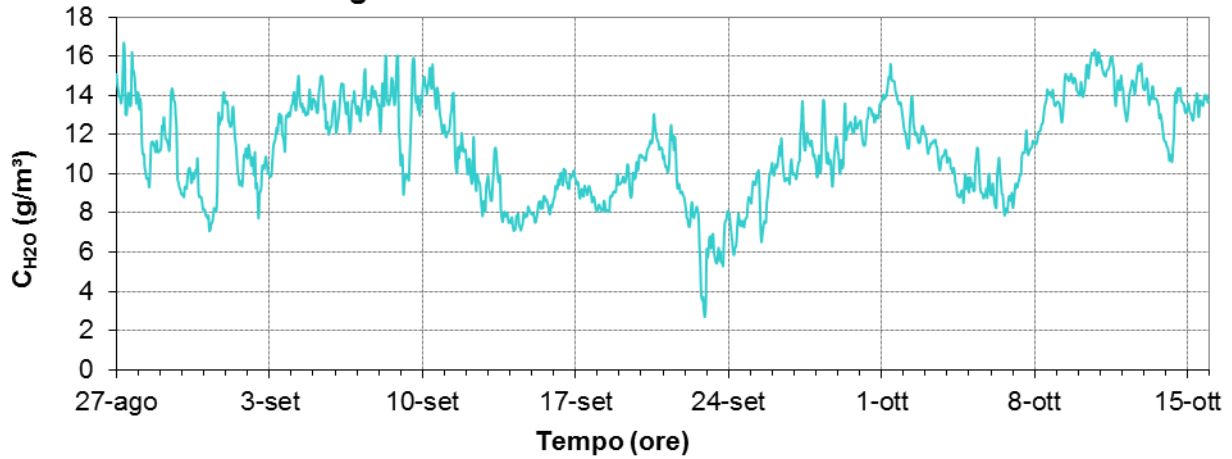


figura 17 – Andamento orario della umidità assoluta registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento della pressione atmosferica  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

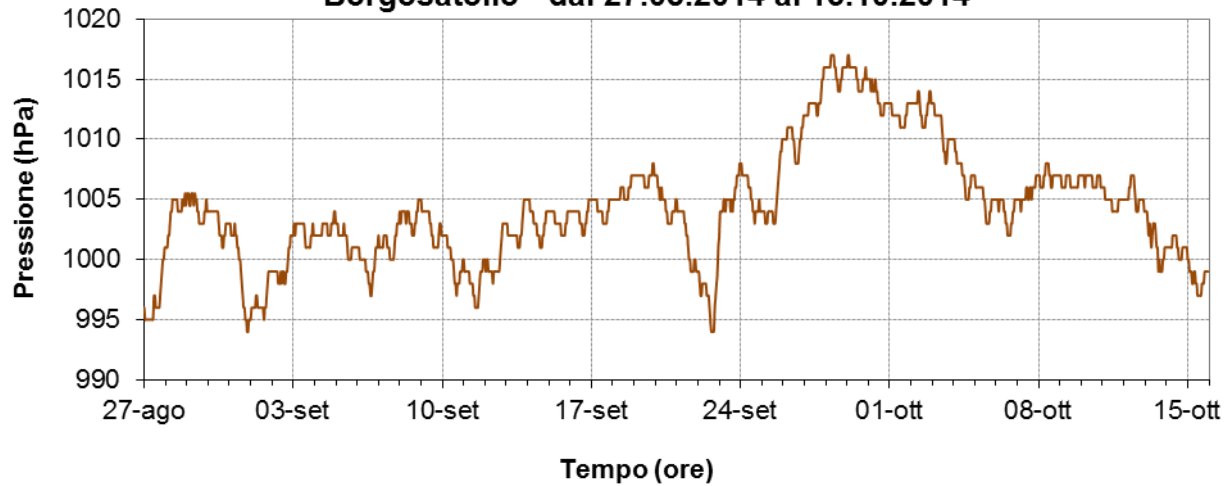


figura 18 – Andamento orario della pressione atmosferica registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento della velocità del vento  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

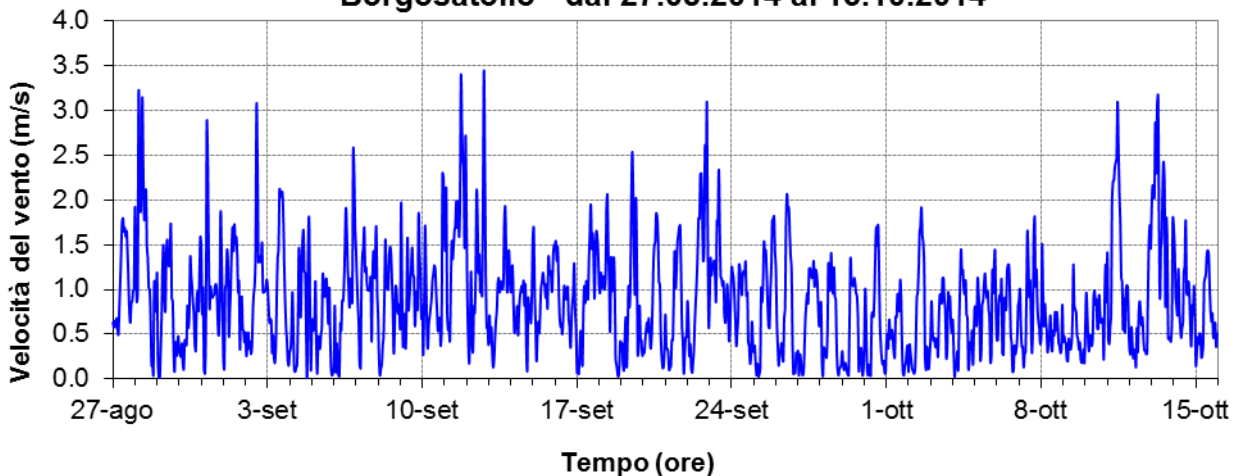


figura 19 – Andamento orario della velocità del vento registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

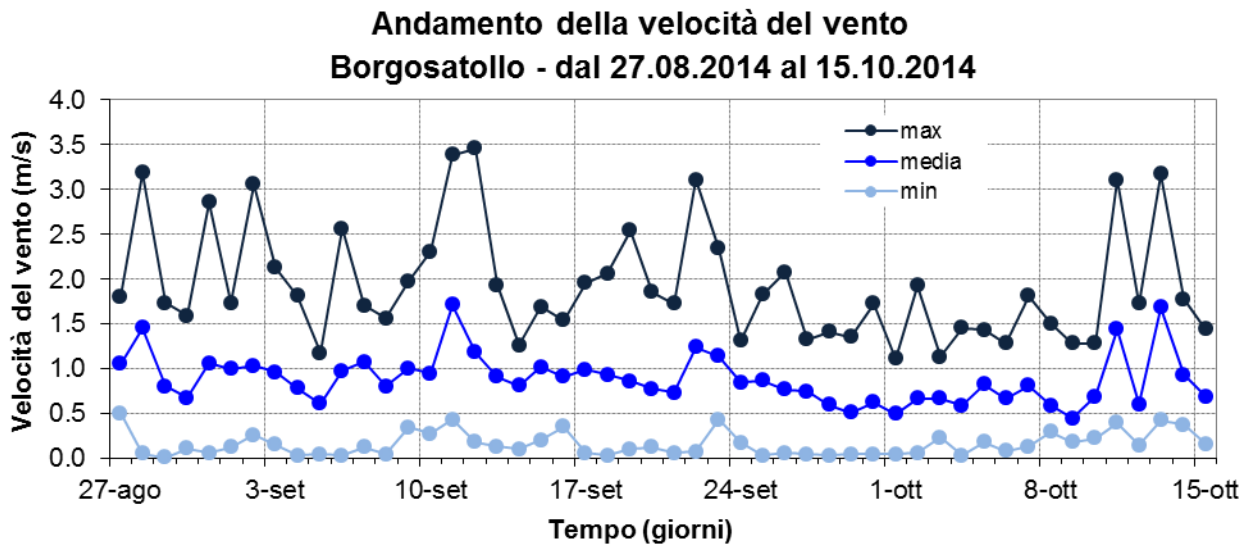


figura 20 – Andamento giornaliero della velocità del vento registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

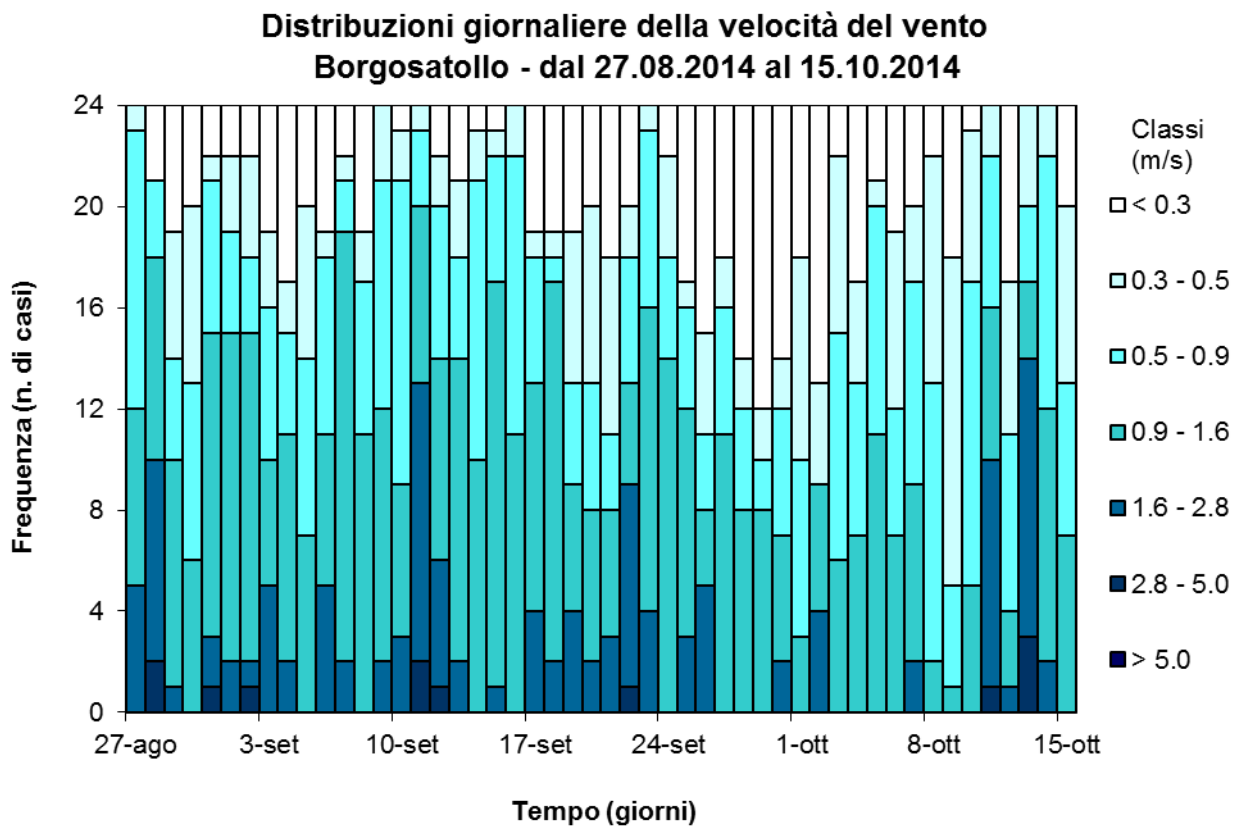


figura 21 – Distribuzioni giornaliere velocità del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Distribuzioni orarie della velocità vento  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

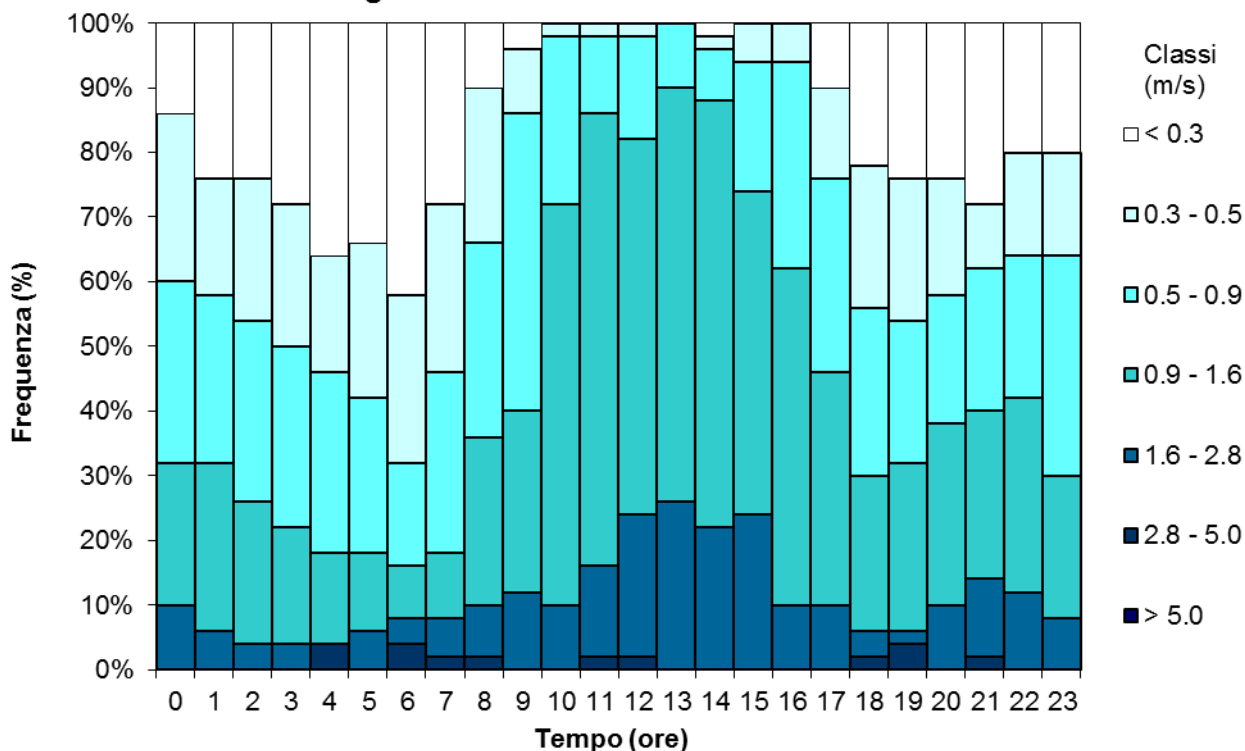


figura 22 – Distribuzioni orarie velocità del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Rose giornaliere del vento  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

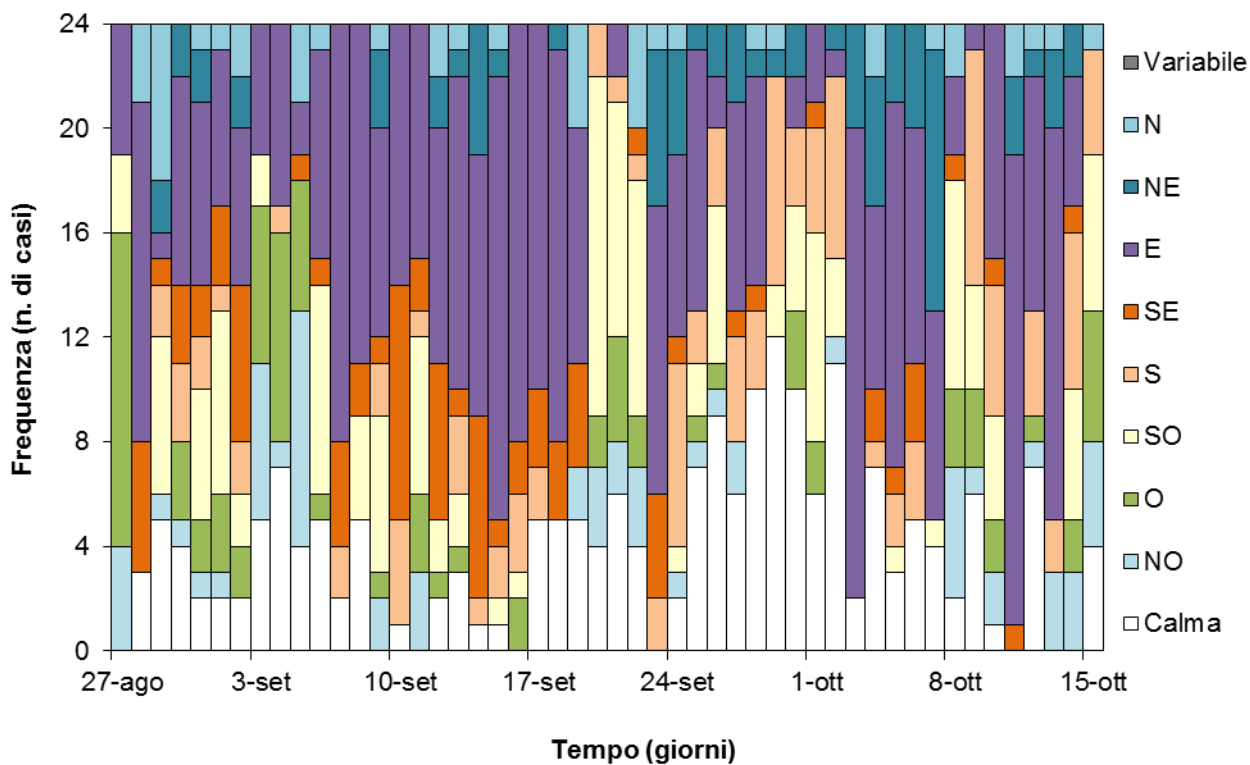


figura 23 – Rose giornaliere del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

### Rose orarie del vento Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014

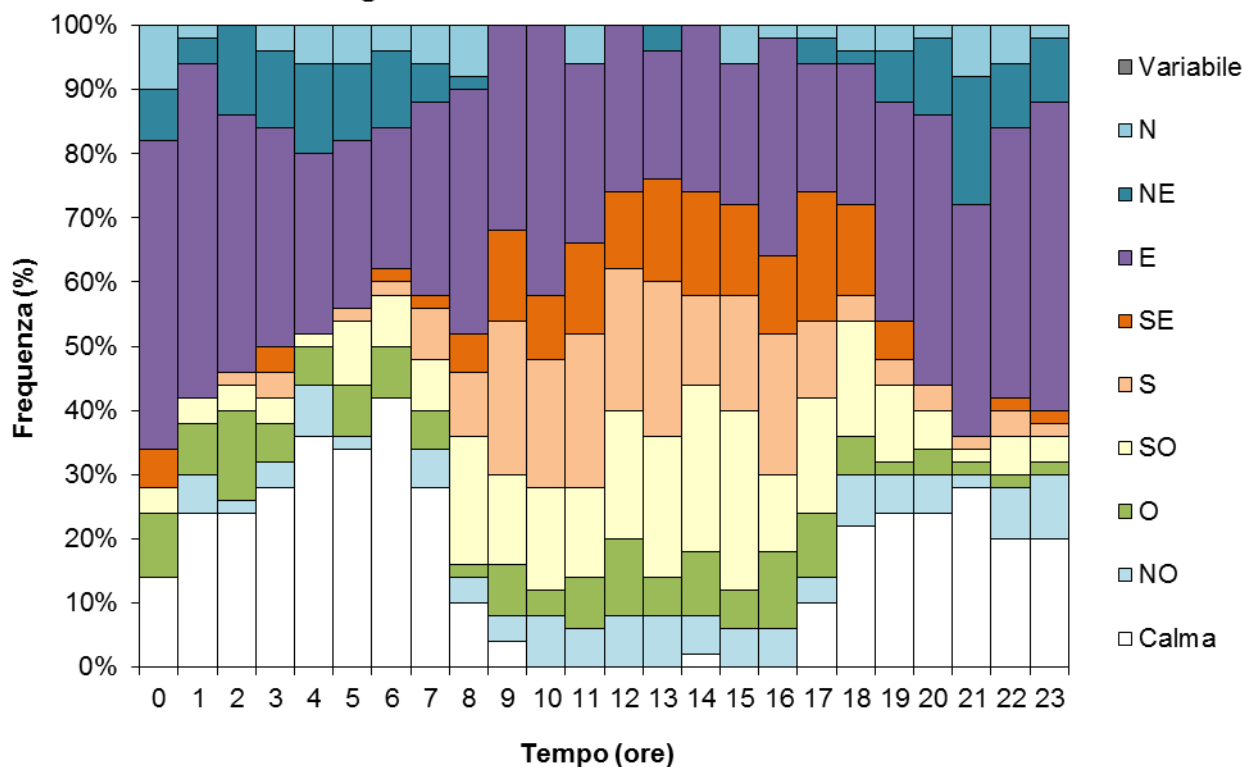


figura 24 – Rose orarie del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

### Rosa del vento Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014

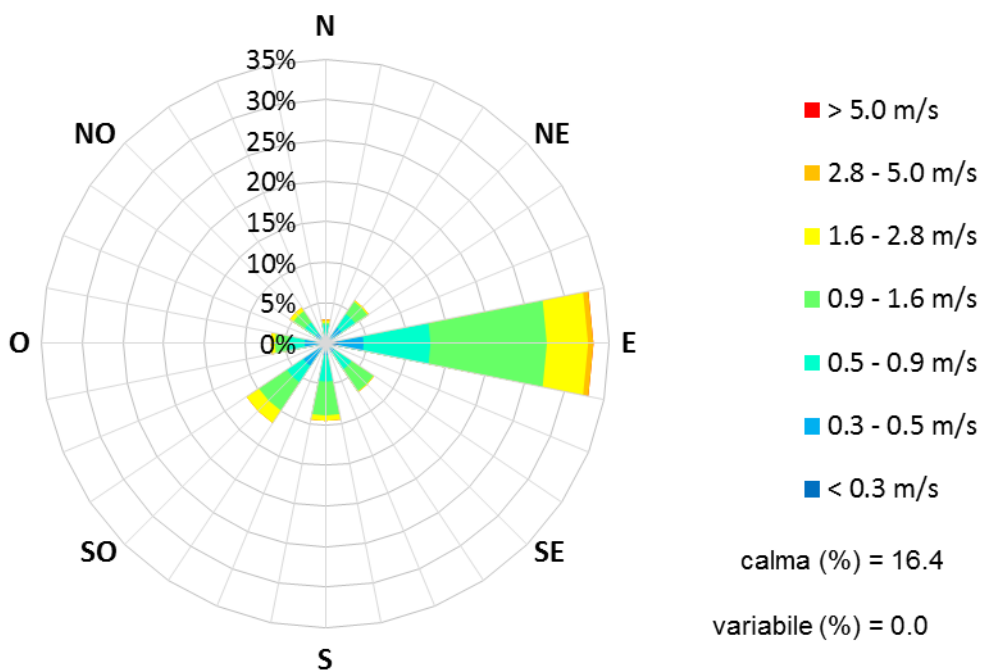


figura 25 – Rosa del vento registrata dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento delle precipitazioni  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

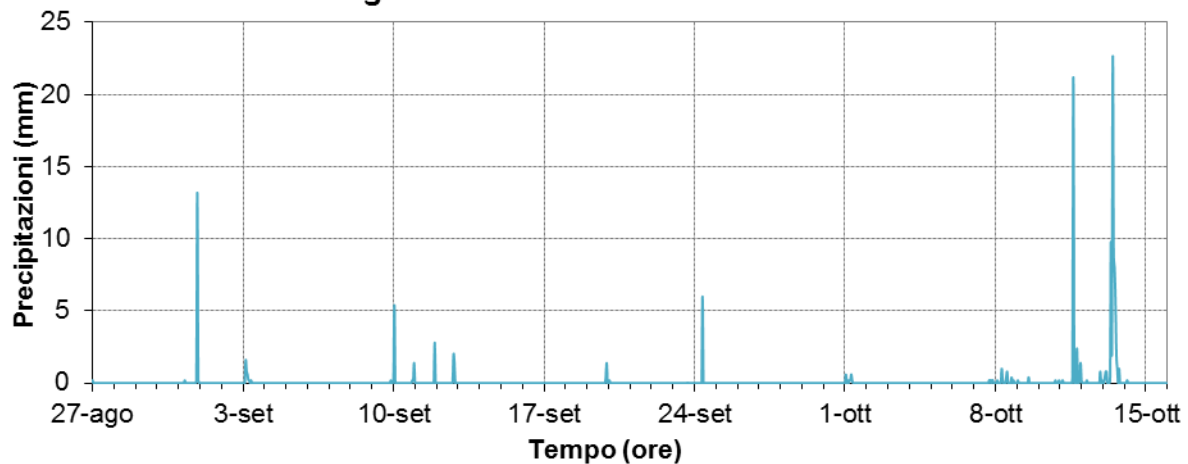


figura 26 – Andamento orario delle precipitazioni registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

**Andamento delle precipitazioni  
Borgosatollo - dal 27.08.2014 al 15.10.2014**

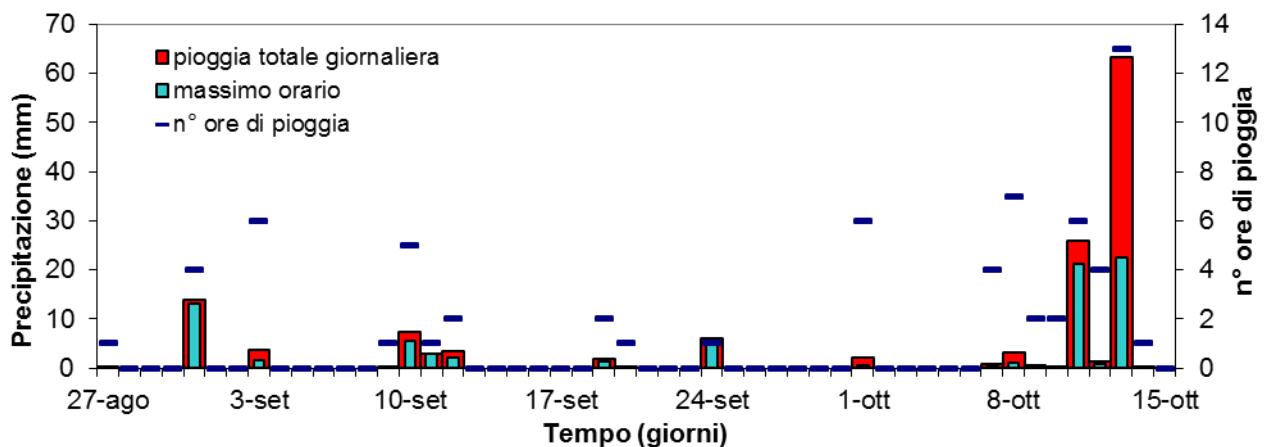


figura 27 – Andamento giornaliero delle precipitazioni registrato dal laboratorio mobile nel periodo estivo.

Da figura 28 a

figura 41 sono riportati gli andamenti dei parametri meteorologici durante il periodo invernale di misura. L'andamento della temperatura ambiente mostra una diminuzione dei valori registrati all'avanzare del periodo invernale (figura 28). Durante la seconda decade del monitoraggio sono osservabili ampie escursioni tra temperature minime e massime giornaliere, che tendono a non ripetersi durante la fase centrale del periodo per poi tornare con il nuovo anno (figura 29).

La minore escursione termica durante la fase centrale della campagna di misura corrisponde ad un periodo di frequenti e persistenti episodi di precipitazione (figura 41), durante i quali si osserva che i massimi giornalieri della radiazione solare mostrano intensità inferiori alle medie del periodo (figura 31).

**Andamento della temperatura dell'aria  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

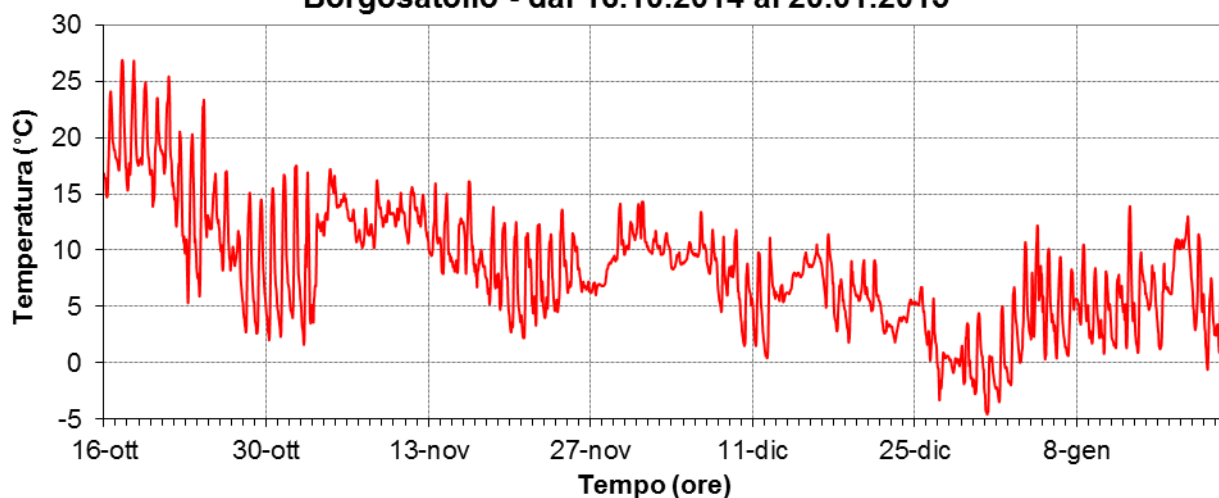


figura 28 – Andamento orario della temperatura dell'aria registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Andamento della temperatura dell'aria  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

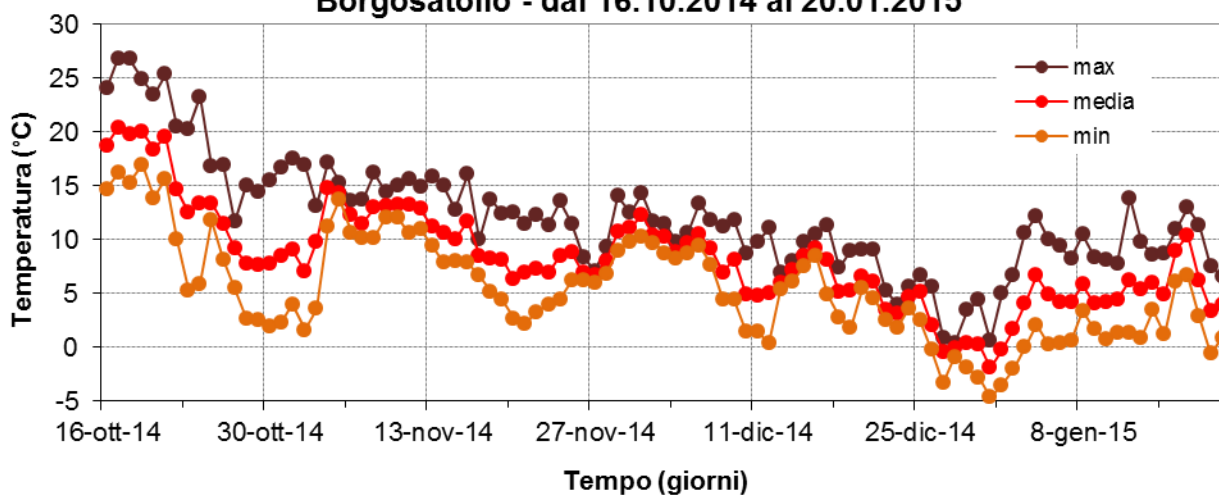


figura 29 – Andamento giornaliero della temperatura dell'aria registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Andamento della Radiazione Solare Globale  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

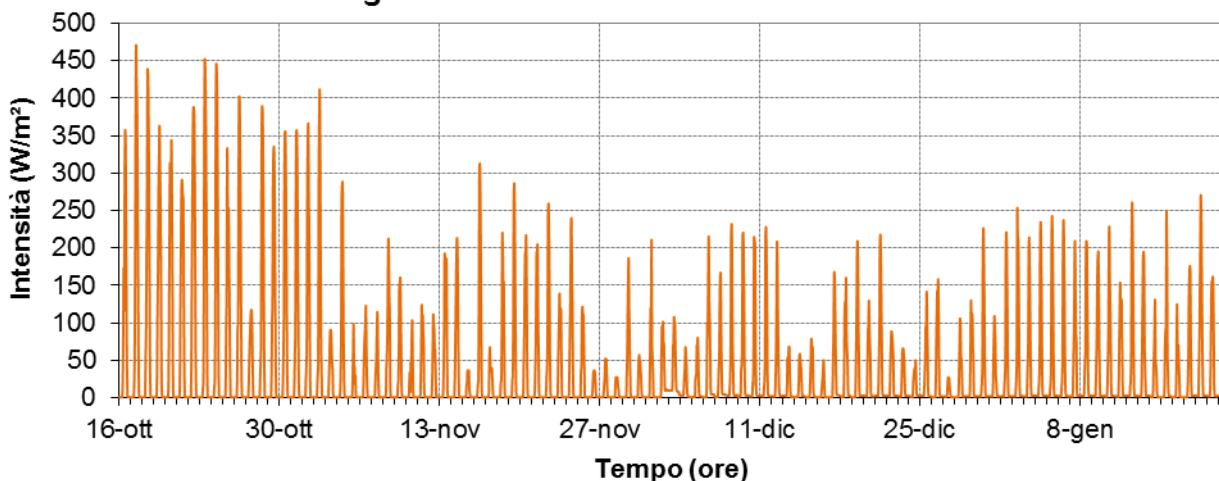


figura 110 – Andamento orario della radiazione solare globale registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

### Andamento della Radiazione Solare Globale Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015

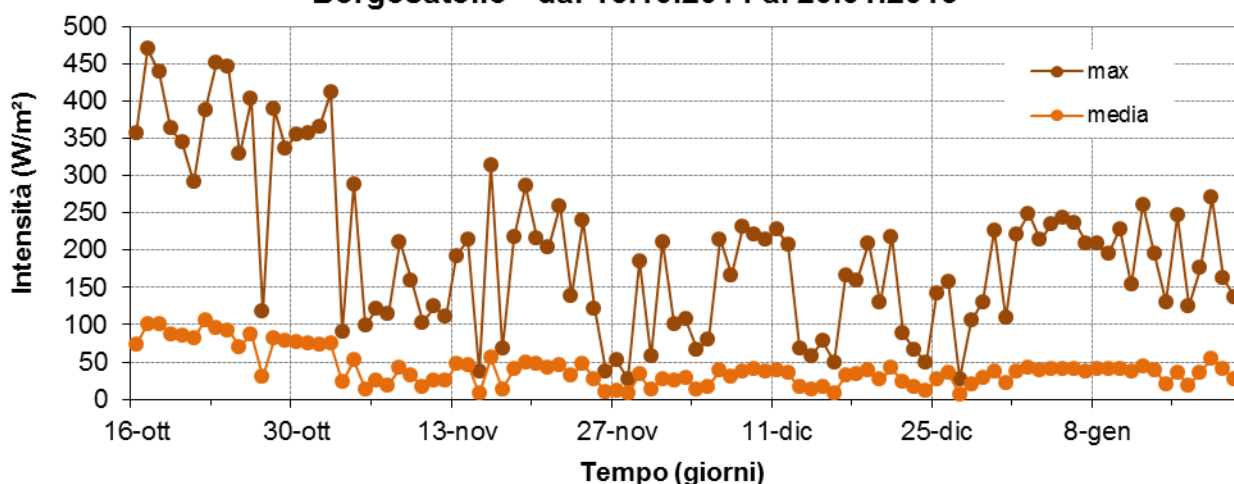


figura 121 – Andamento giornaliero della radiazione solare globale registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

È in corrispondenza agli episodi a carattere di precipitazione che si verifica la presenza di maggiori velocità del vento. Al contrario, in assenza di perturbazioni, si nota il rafforzamento del campo barico che determina maggiore stabilità atmosferica, cui corrispondono condizioni di minor dispersione degli inquinanti.

I valori più elevati di velocità vento si sono registrati nella prima metà del mese di novembre con venti provenienti dal quadrante orientale (figura 35). Tale condizione si ripresenta verso il termine della campagna. Durante il rimanente periodo di misura i venti hanno spirato dai quadranti sud-occidentali con intensità più moderate (figure 38, 39 e 40).

### Andamento dell'umidità relativa dell'aria Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015

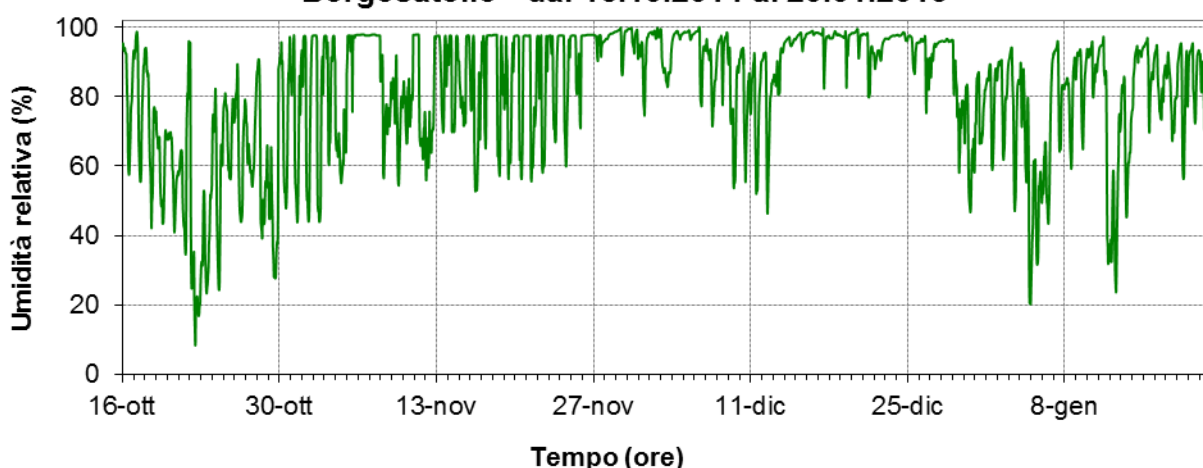


figura 32 – Andamento orario della umidità relativa registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.



**Andamento dell'umidità assoluta dell'aria  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

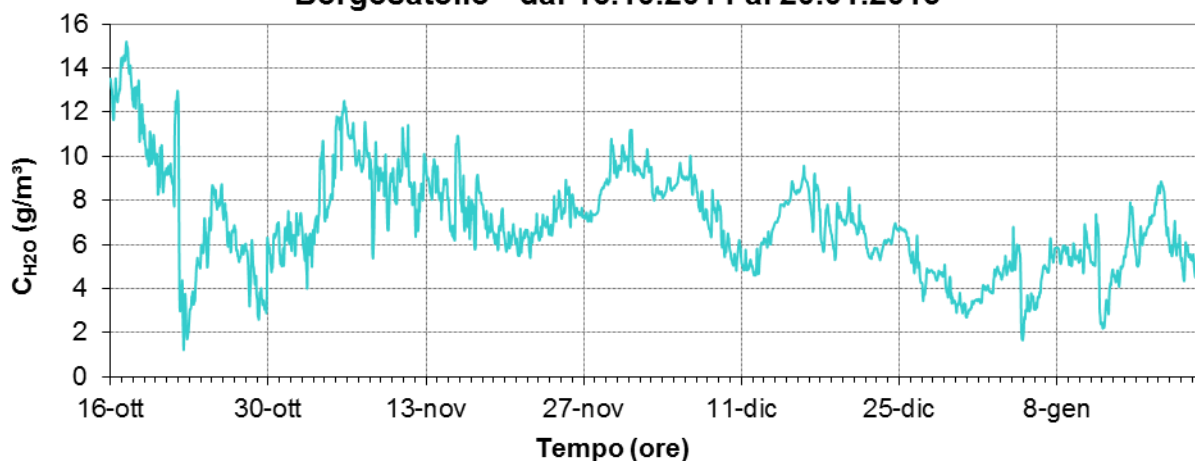


figura 33 – Andamento orario della umidità assoluta registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Andamento della pressione atmosferica  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

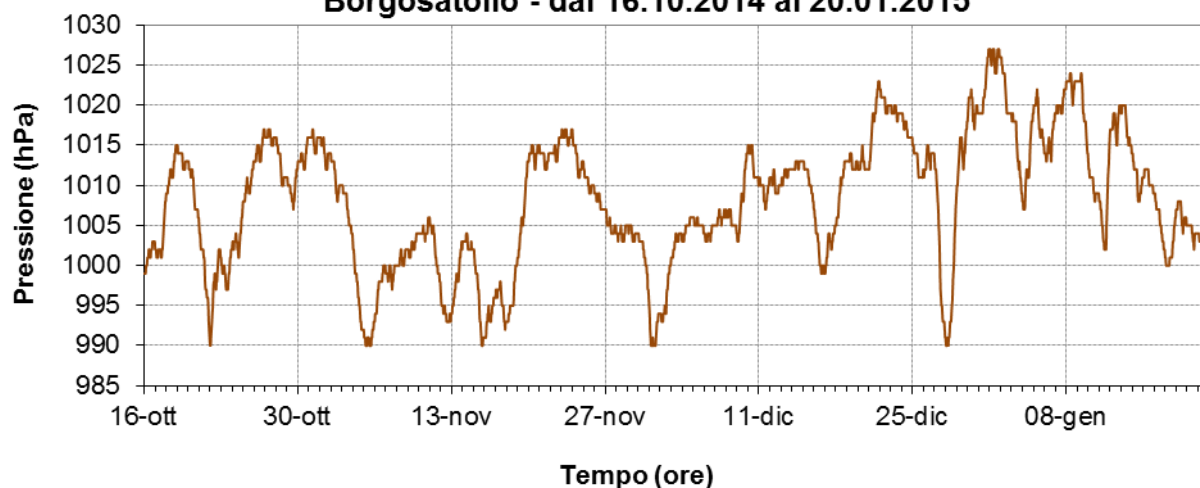


figura 313 – Andamento orario della pressione atmosferica registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Andamento della velocità del vento  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

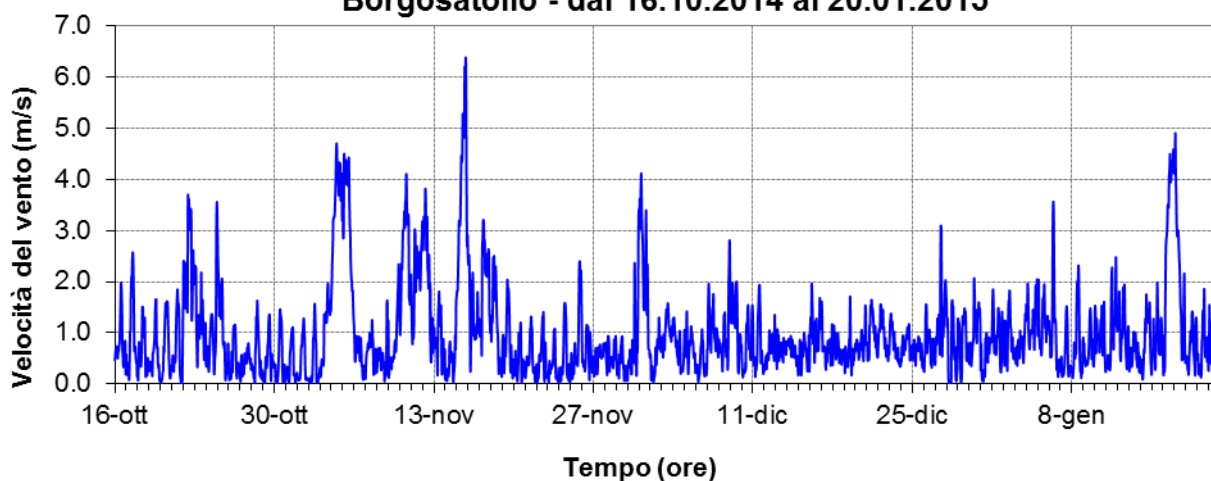


figura 35 – Andamento orario della velocità del vento registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Distribuzioni giornaliere della velocità del vento  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

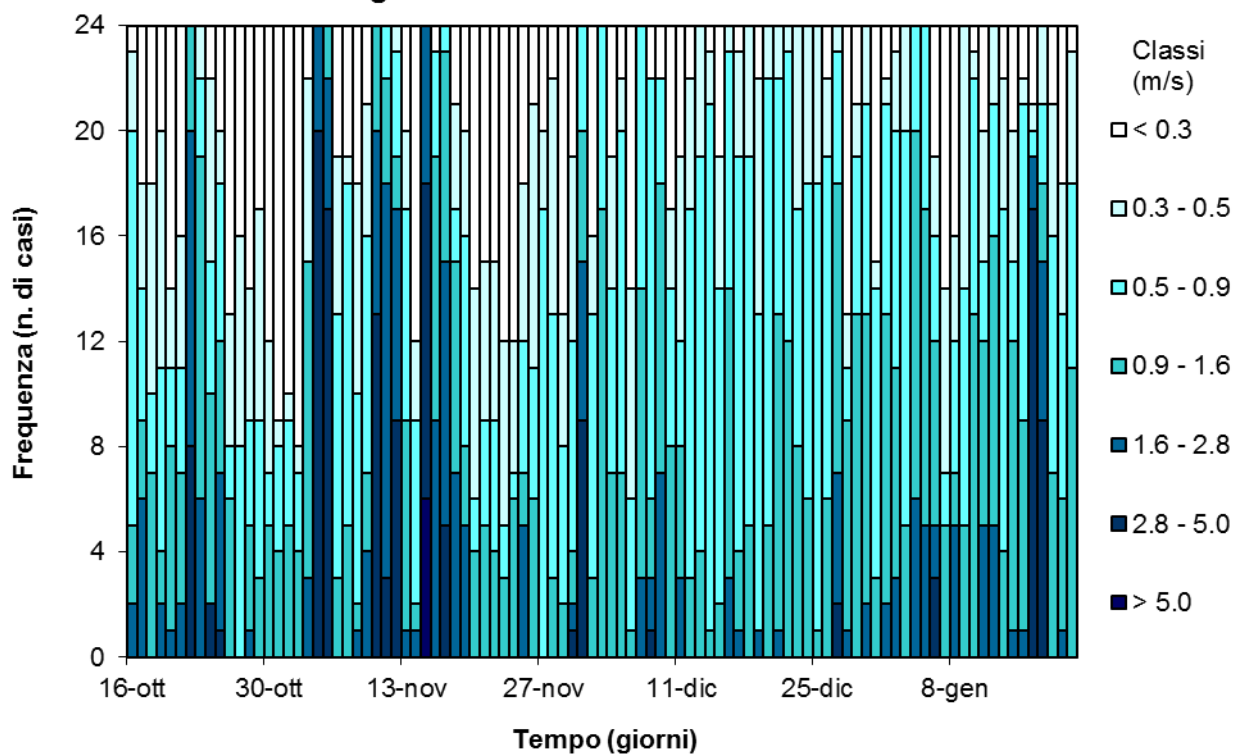


figura 36 – Distribuzioni giornaliere velocità del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Distribuzioni orarie della velocità vento  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

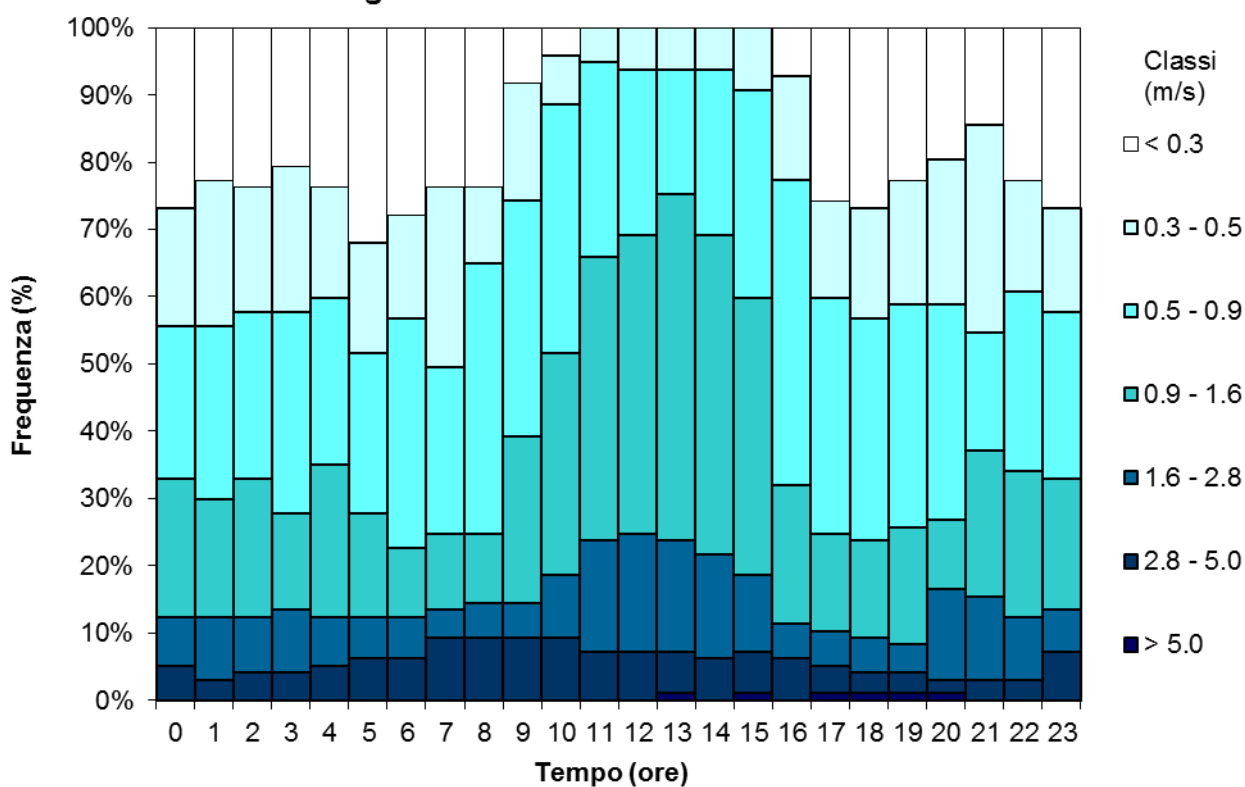


figura 37 – Distribuzioni orarie velocità del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Rose giornaliere del vento**  
**Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

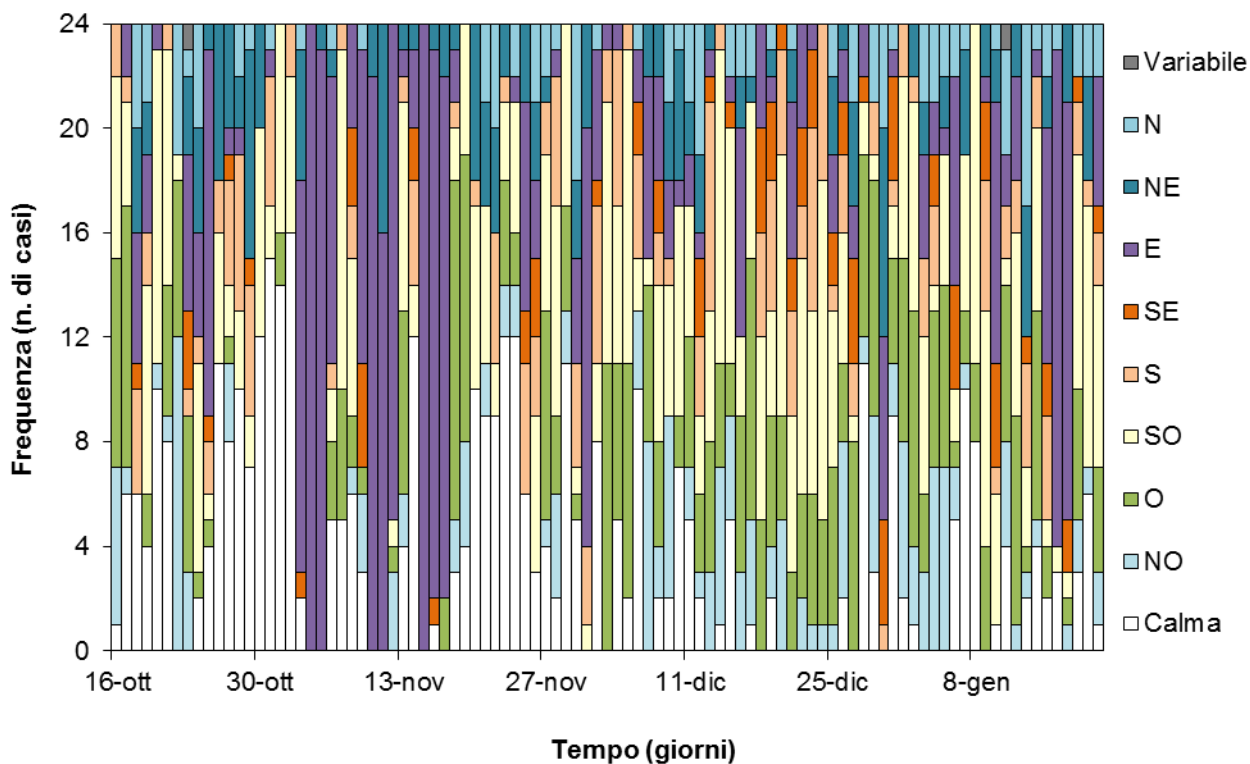


figura 38 – Rose giornaliere del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Rose orarie del vento**  
**Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

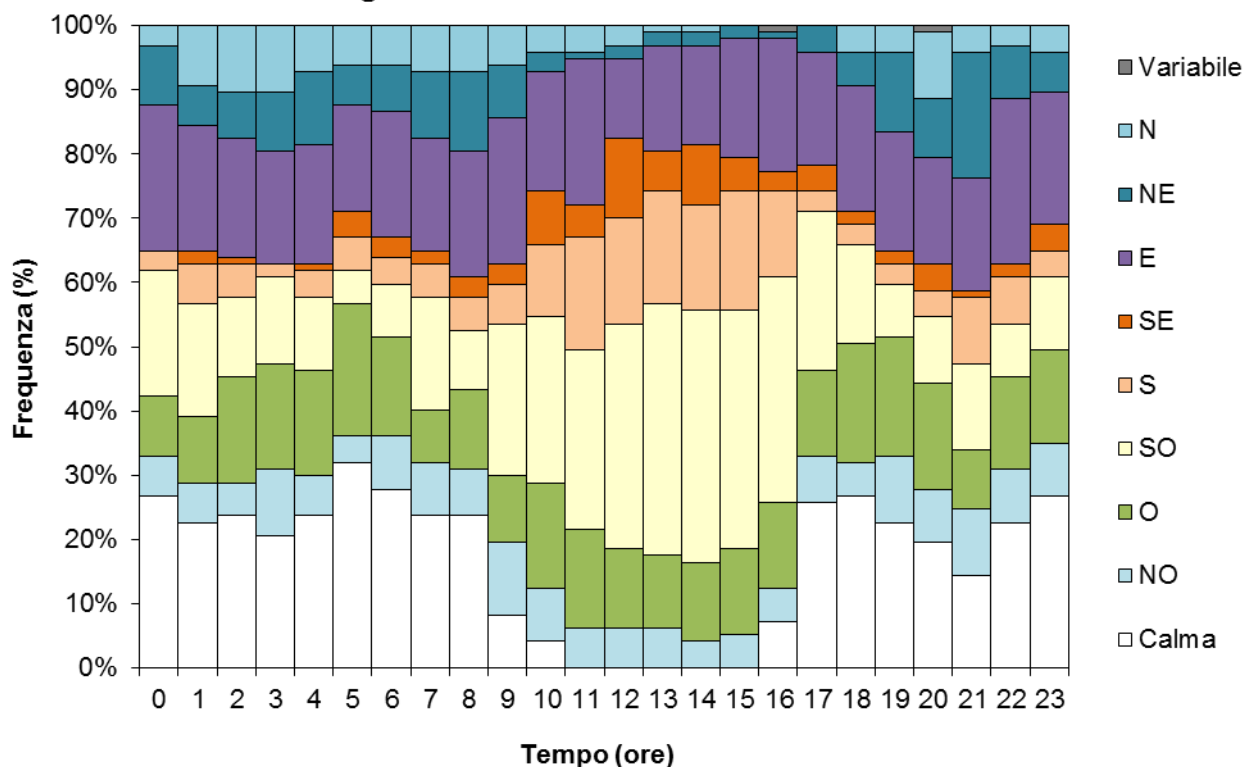


figura 39 – Rose orarie del vento registrate dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Rosa del vento**  
**Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

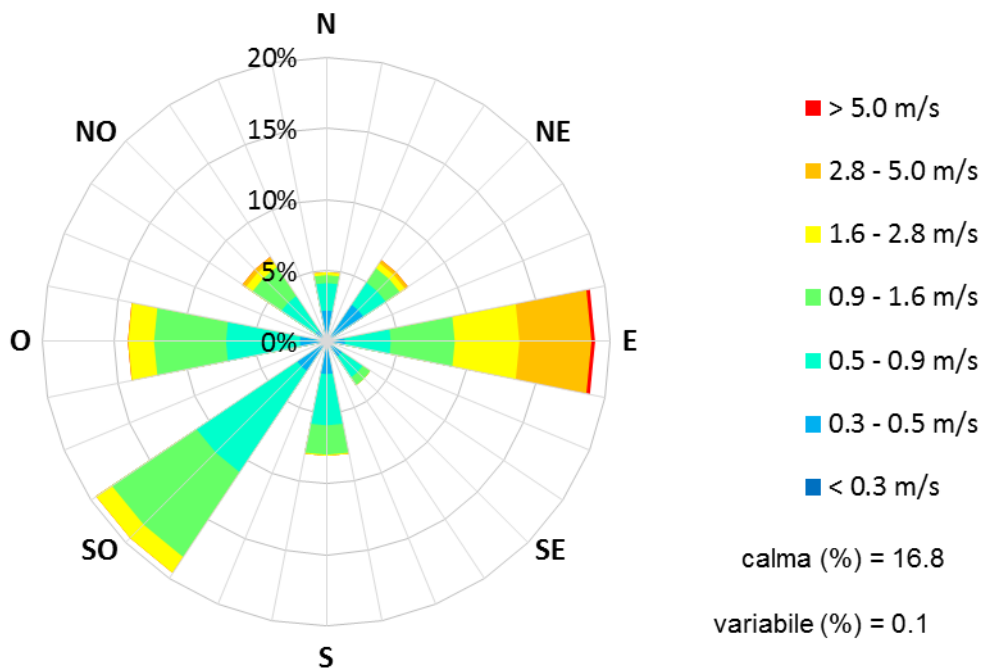


figura 40 – Rosa del vento registrata dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

**Andamento delle precipitazioni**  
**Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

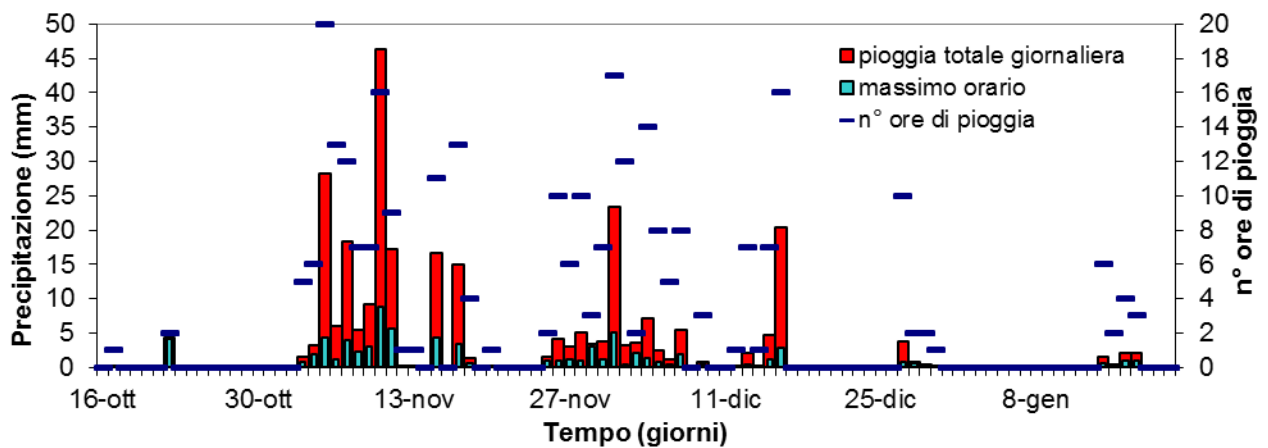


figura 41 – Andamento giornaliero delle precipitazioni registrato dal laboratorio mobile nel periodo invernale.

## Andamento degli inquinanti

Gli inquinanti monitorati presso la postazione di Borgosatollo sono stati messi a confronto con le misurazioni effettuate presso le postazioni fisse delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) del bacino aerografico di appartenenza.

I grafici che illustrano gli andamenti presso Borgosatollo riportano anche la media delle concentrazioni misurate presso le postazioni considerate e il range definito dal 10° e dal 90° percentile dei dati di tali postazioni e sono sempre riferiti all'orario solare.

### Biossido di Zolfo

Le concentrazioni di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) sono rimaste ampiamente al di sotto del valore limite di legge sia durante la campagna estiva che durante la campagna invernale (figure 42 e 43). Infatti, tale inquinante, legato sostanzialmente alla combustione di prodotti petroliferi contenenti zolfo, ha concentrazioni così basse da alcuni anni che i livelli in atmosfera, in assenza di specifiche sorgenti, spesso sono al di sotto dei limiti della rilevabilità strumentale. L'analisi del giorno tipo mostra comunque una modulazione con valori leggermente più alti durante le prime ore della mattinata più evidenti durante il periodo invernale (figura 45).

Il confronto con le postazioni di riferimento non evidenzia differenze significative (figure 46 e 47). La tabella mostra una statistica di sintesi per la postazione di Borgosatollo e per ciascuna delle postazioni prese a riferimento.

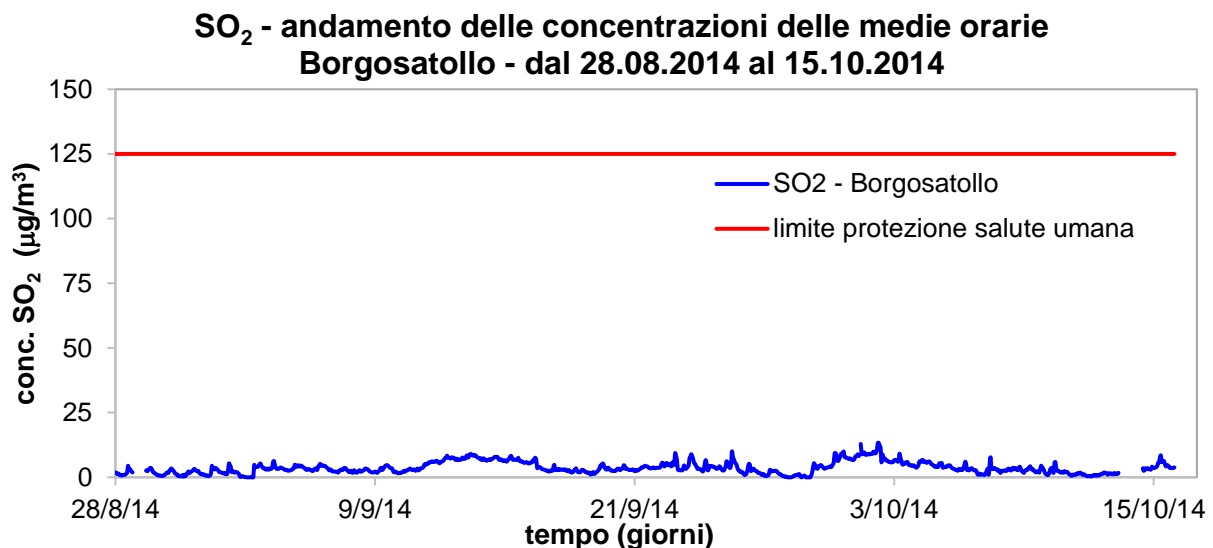


figura 42 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di  $\text{SO}_2$  durante campagna estiva.

**SO<sub>2</sub> - andamento delle concentrazioni delle medie orarie  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

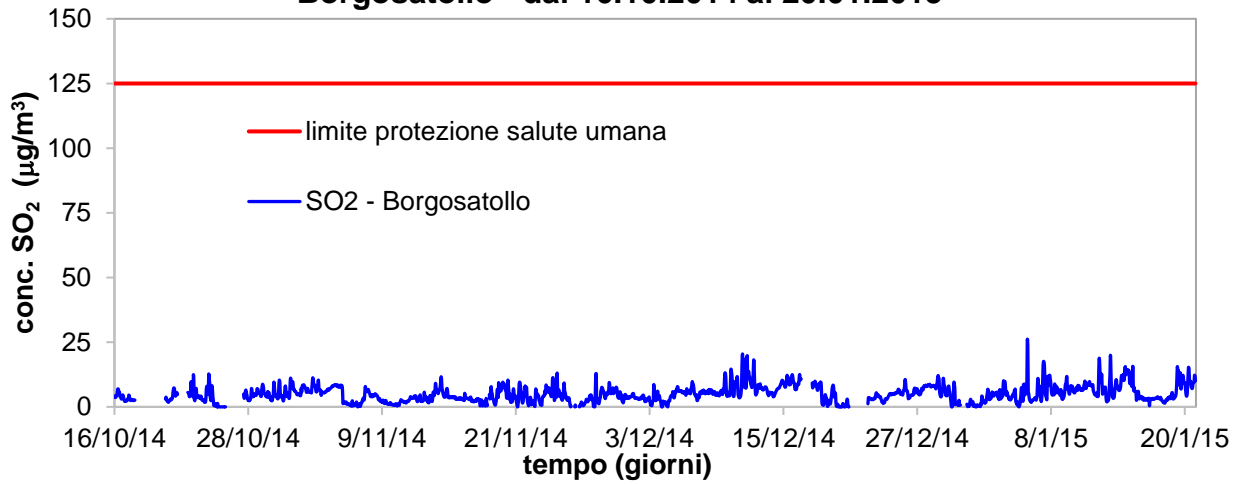


figura 43 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di SO<sub>2</sub> durante campagna invernale.

**SO<sub>2</sub> - giorno tipo  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

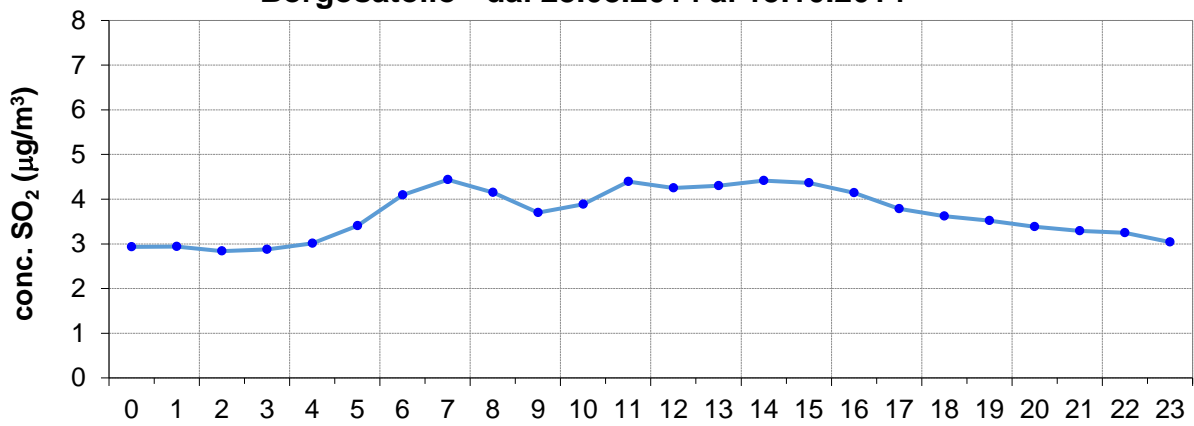


figura 44 – Giorno tipo concentrazioni di SO<sub>2</sub> durante campagna estiva.

**SO<sub>2</sub> - giorno tipo  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

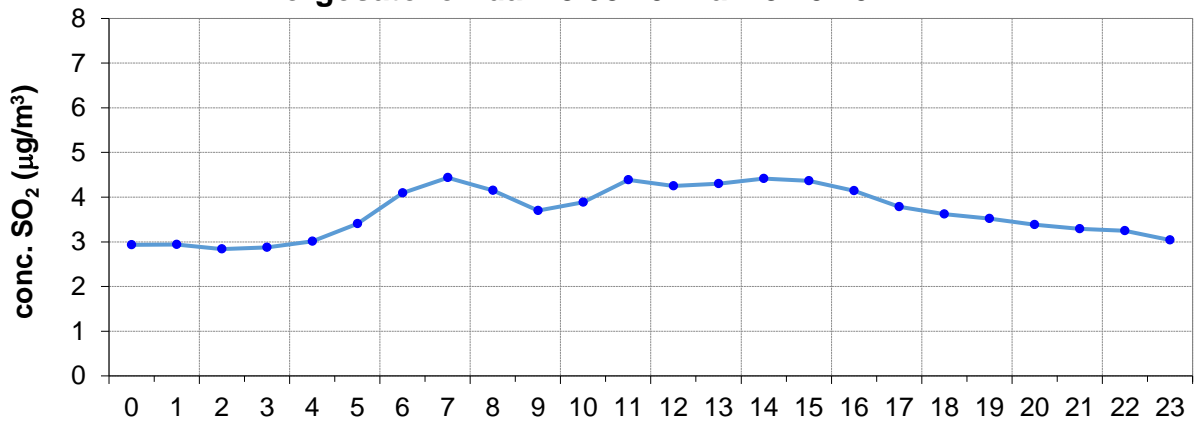


figura 45 – Giorno tipo concentrazioni di SO<sub>2</sub> durante campagna invernale.

tabella 6 – Principali statistiche delle concentrazioni di biossido di zolfo.

SO <sub>2</sub>	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media sul periodo (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. oraria (µg/m <sup>3</sup> )	conc. media sul periodo (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. oraria (µg/m <sup>3</sup> )
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>26</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	4	9	11	5	8	10
<i>Mantova Ariosto</i>	4	7	22	4	8	12
<i>Mantova Gramsci</i>	4	7	17	4	7	15
<i>Mantova Tridolino</i>	4	5	11	4	7	13
<i>Mantova Lunetta</i>	4	7	28	4	8	17
<i>Brescia Villaggio Sereno</i>	4	9	13	5	12	17

**SO<sub>2</sub> - confronto medie sul periodo  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

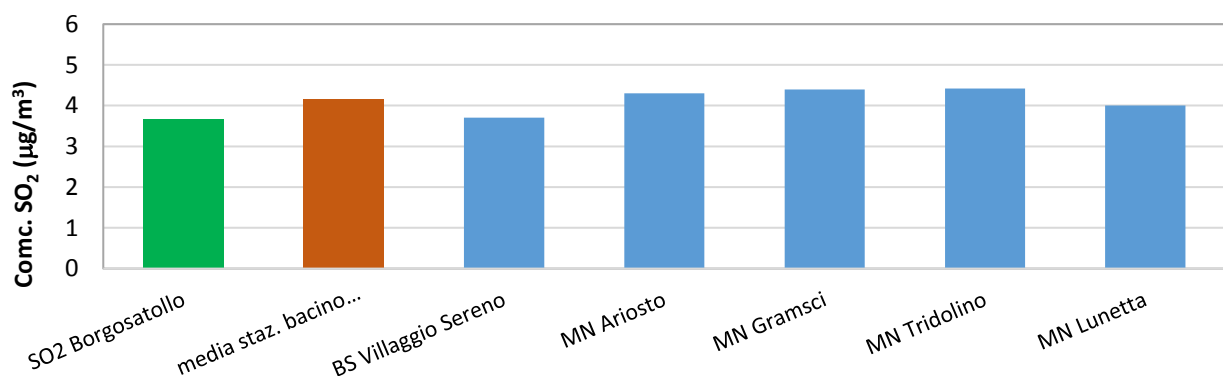


figura 46 – Confronto concentrazioni medie SO<sub>2</sub> durante il periodo estivo.

**SO<sub>2</sub> - confronto medie sul periodo  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

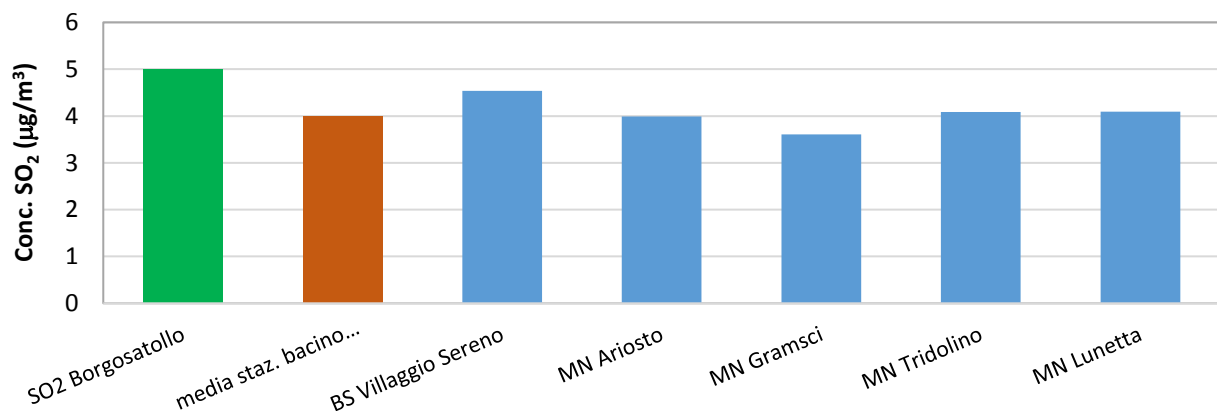


figura 47 – Confronto concentrazioni medie SO<sub>2</sub> durante il periodo invernale.

## Monossido di Carbonio

Anche le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) sono rimaste ampiamente al di sotto del limite di legge, che per questo inquinante è calcolato sulla media mobile (figure 48 e 49). Per il CO valgono le stesse considerazioni fatte per l' $\text{SO}_2$  relativamente alla diminuzione delle concentrazioni le quali si avvicinano spesso ai limiti di rilevabilità strumentali. Durante il periodo estivo è difficilmente apprezzabile una variazione dei valori misurati durante la giornata (figura 50). Al contrario nel periodo invernale è osservabile un modesto aumento delle concentrazioni misurate in corrispondenza agli orari di maggior del traffico veicolare (figura 51).

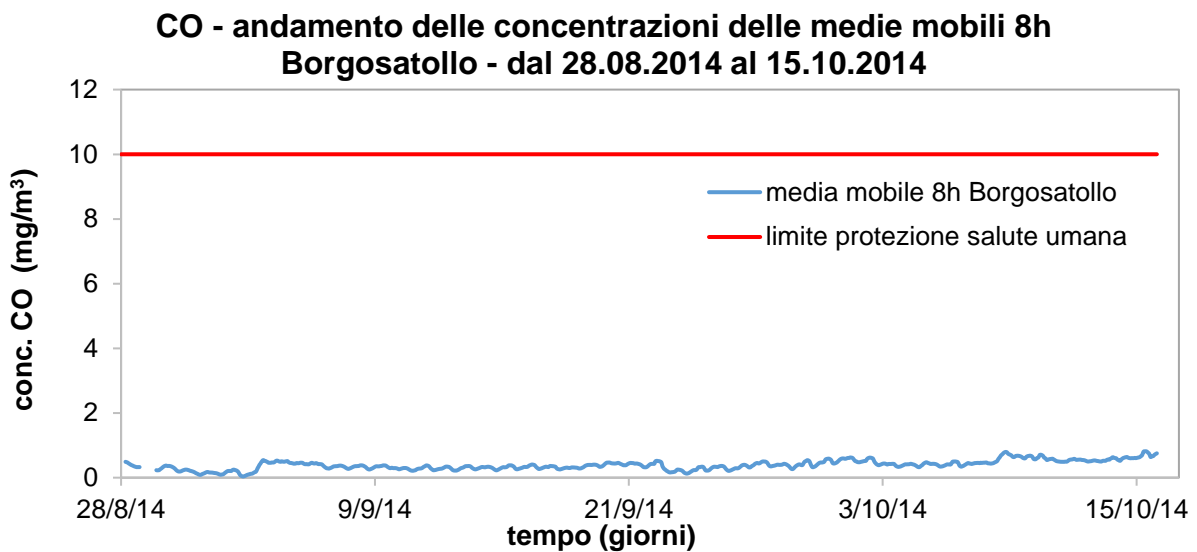


figura 48 – Andamento medie mobili concentrazioni di CO durante campagna estiva.

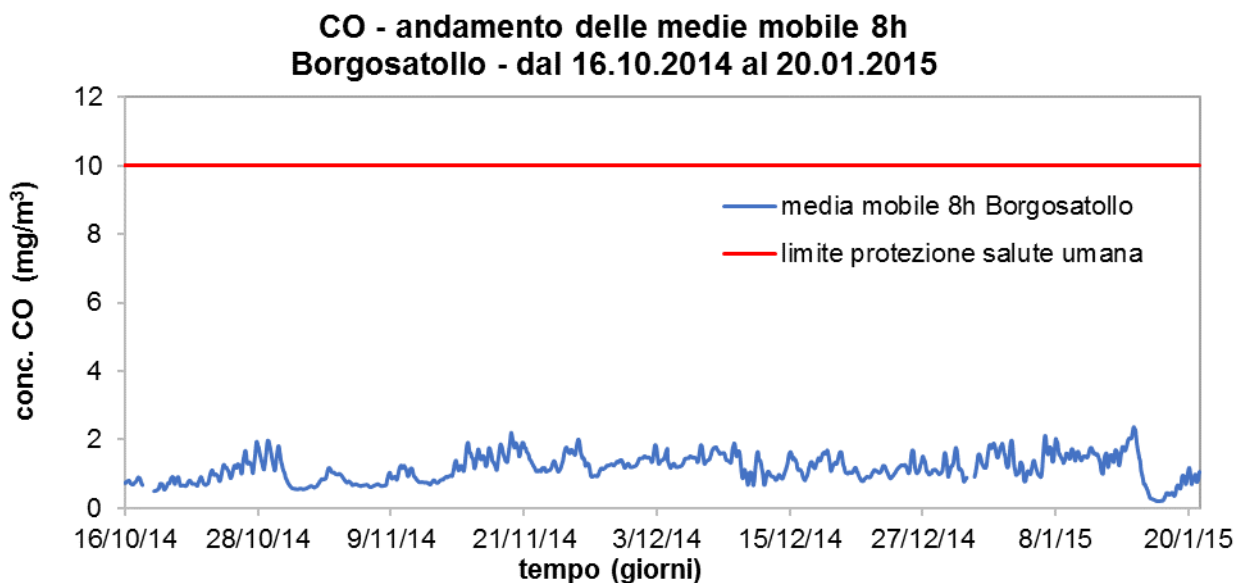


figura 49 – Andamento medie mobili concentrazioni di CO durante campagna invernale.



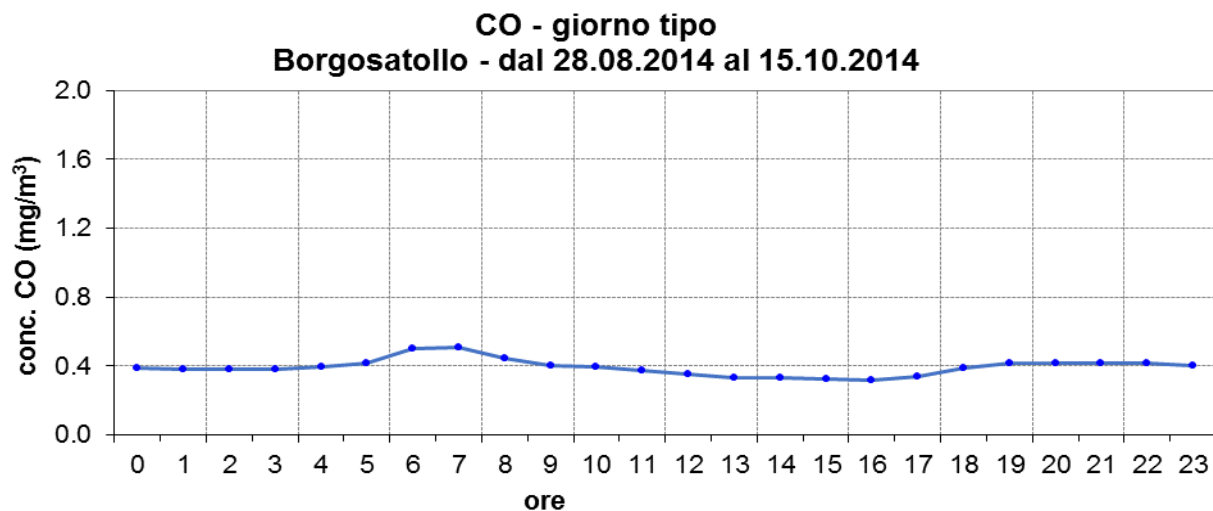


figura 50 – Giorno tipo concentrazioni di CO durante campagna estiva.

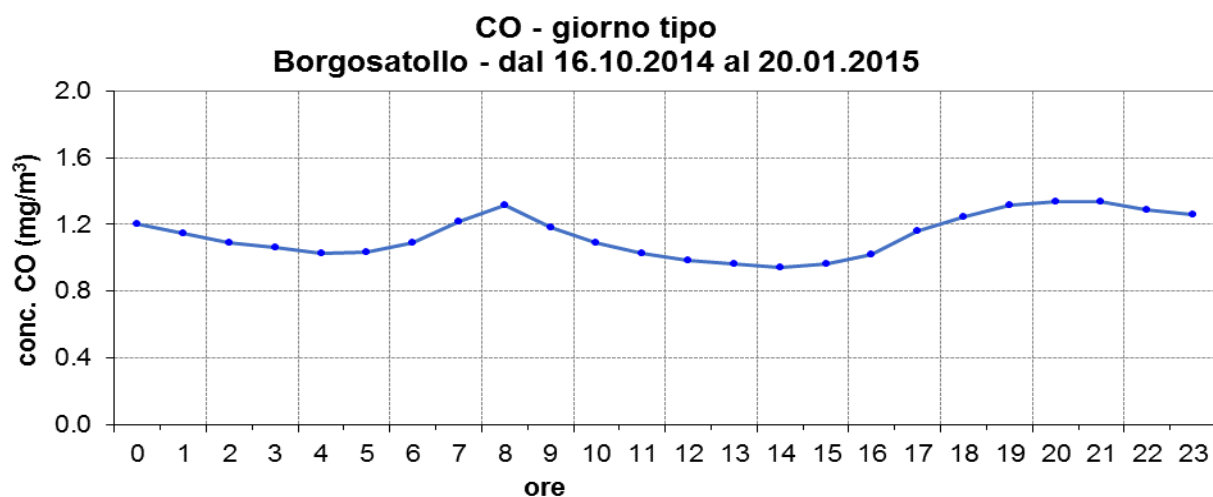


figura 51 – Giorno tipo concentrazioni di CO durante campagna invernale.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni stati statistici dei due periodi di monitoraggio.

tabella 7– Principali statistiche delle concentrazioni di monossido di carbonio

CO	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. oraria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	conc. media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. oraria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>0.4</b>	<b>0.7</b>	<b>1.2</b>	<b>1.1</b>	<b>2.0</b>	<b>2.8</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	0.4	1.0	4.4	0.8	2.7	5.3
<i>Brescia - Broletto</i>	0.3	0.5	4.4	0.6	1.3	1.9
<i>Brescia - Turati</i>	0.6	1.0	1.6	1.4	2.7	5.3
<i>Brescia - Ziziola</i>	0.4	0.8	1.0	0.9	1.7	3.1
<i>Rezzato (BS)</i>	0.5	0.7	1.2	0.7	1.9	2.5
<i>Sarezzo (BS)</i>	0.2	0.3	0.6	0.6	1.2	1.8
<i>Ospitaletto (BS)</i>	0.3	0.7	1.8	0.9	1.7	3.0

Il confronto, su tutto il periodo, con le postazioni di riferimento mostra contenute variazioni (figura 52). Per quanto attiene alle misurazioni di questo inquinante, i dati di tabella 7 avvicinano la postazione di Borgosatollo alle postazioni classificate da traffico di Brescia, evidenziando una certa influenza del traffico veicolare sul sito di misura.

### CO - confronto medie sul periodo Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015

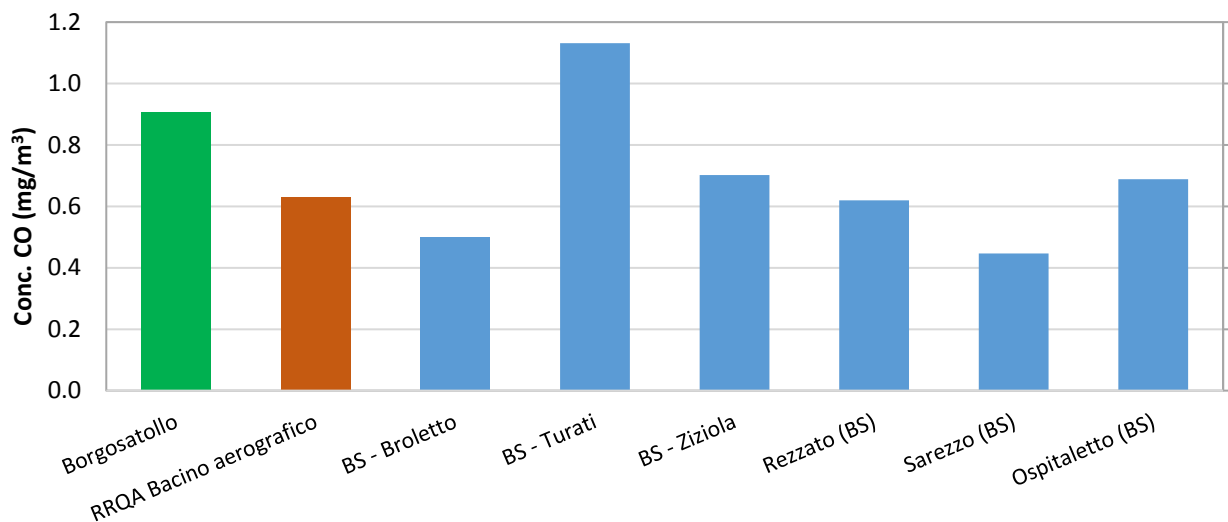


figura 52 – Confronto concentrazioni medie CO durante entrambi i periodi di misura.

### Ossidi di Azoto

Per il parametro monossido di azoto (NO) non è previsto un limite di legge. I grafici di figura 52 e figura 53 mostrano il confronto degli andamenti delle concentrazioni orarie di NO misurate a Borgosatollo con quelle del bacino aerografico o nelle immediate vicinanze. I due grafici di figura e Figura, che mostrano i giorni tipo calcolati nei due periodi di misura, evidenziano ancora una volta differenze tra periodo estivo e periodo invernale, sia in termini di valore di concentrazione che in termini di andamento. Nel grafico relativo al periodo estivo, infatti, si nota la mancanza del picco di concentrazione serale a causa della presenza di ozono che, nel percorso tra sorgente e recettore, ossida il monossido di azoto emesso.

**NO - andamento delle concentrazioni delle medie orarie  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

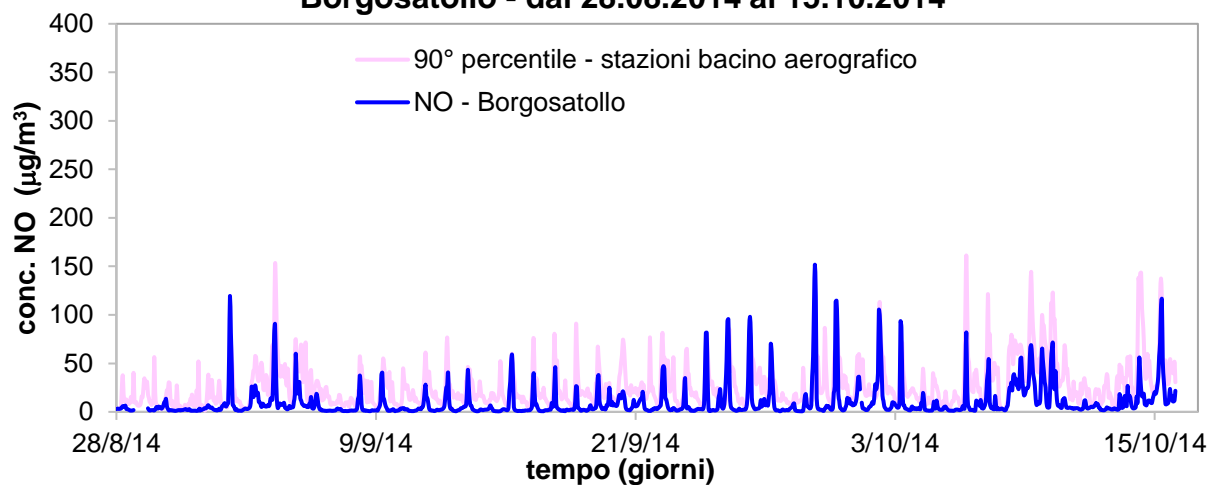


figura 53 – Andamento concentrazioni medie orarie di NO durante campagna estiva.

**NO - andamento delle concentrazioni delle medie orarie  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

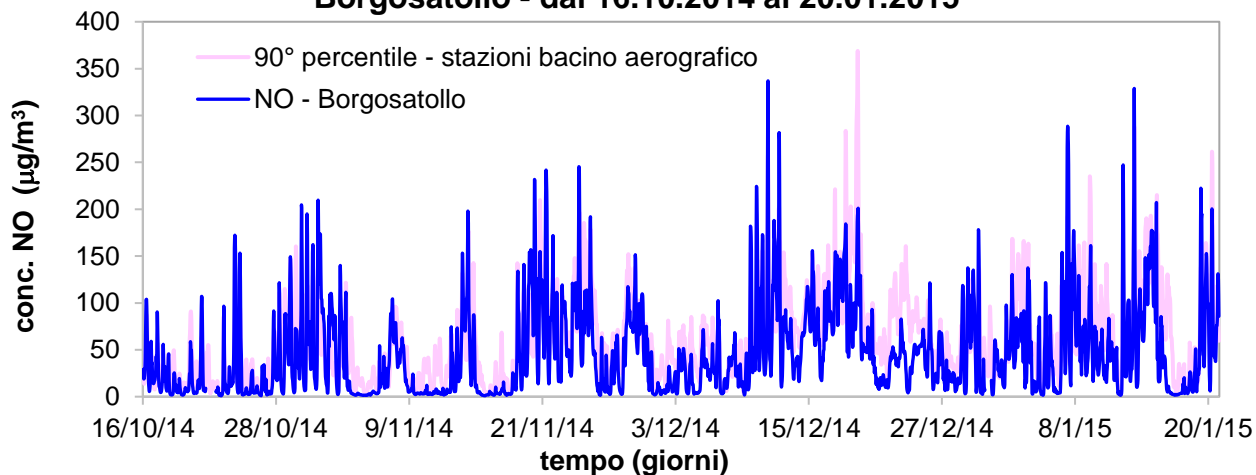


figura 54 – Andamento concentrazioni medie orarie di NO durante campagna invernale.

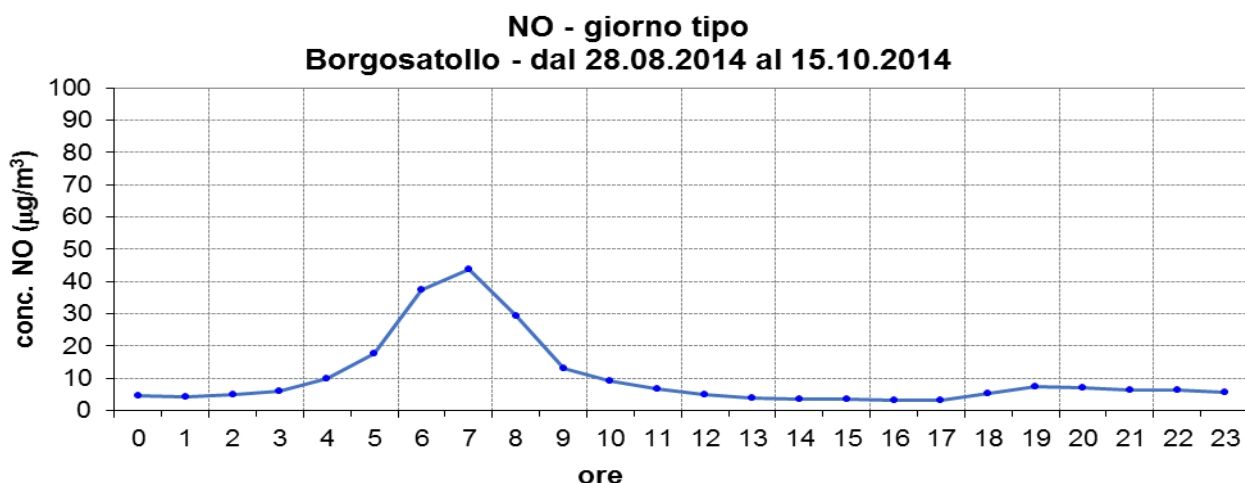


figura 55 – Giorno tipo concentrazioni di NO durante campagna estiva.

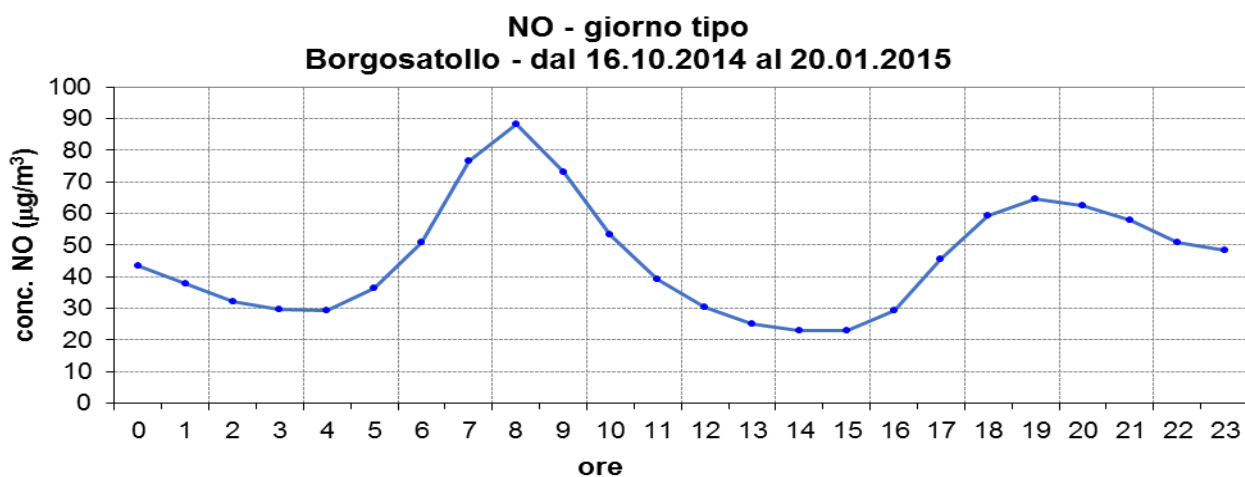


Figura 56– Giorno tipo concentrazioni di NO durante campagna invernale.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni stati statistici dei due periodi di monitoraggio.

tabella 3 – Principali statistiche delle concentrazioni di monossido di azoto.

NO	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media (µg/m³)	max conc. giornaliera (µg/m³)	max conc. oraria (µg/m³)	conc. media (µg/m³)	max conc. giornaliera (µg/m³)	max conc. oraria (µg/m³)
MM Borgosatollo	10	32	152	46	122	337
RRQA Bacino aerografico	13	95	247	31	238	640
Brescia - Broletto	16	33	141	43	158	325
Brescia - Turati	53	95	236	109	238	553
Brescia - Ziziola	13	59	179	64	227	640
Brescia - Villaggio Sereno	10	42	121	50	175	444
Rezzato (BS)	5	28	143	34	137	312
Sarezzo (BS)	4	12	45	34	129	253
Ospitaletto (BS)	14	38	141	57	190	416
Lonato (BS)	1	17	51	24	129	229
Manerbio(BS)	6	19	77	38	112	241
Gambara(BS)	5	14	76	22	89	167

### NO - confronto medie sul periodo Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 20.01.2015

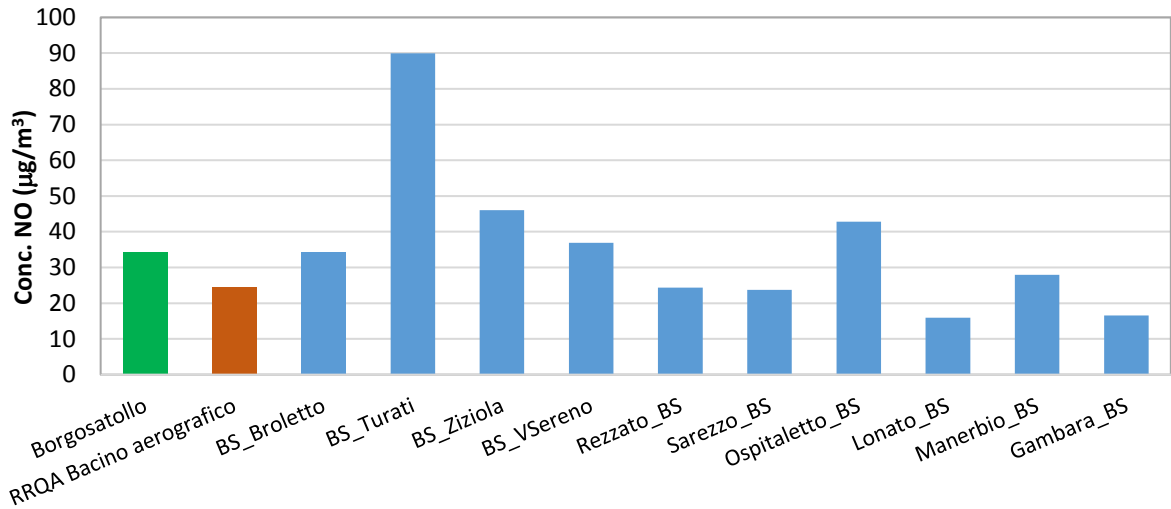


figura 57 – Confronto concentrazioni medie NO durante entrambi i periodi di misura.

Considerando l'intero periodo di campionamento, Borgosatollo mostra concentrazioni di NO simili, in media, alle postazioni di fondo delle città capoluogo, in particolare durante il periodo invernale (vedi tabella 8 e figura 57).

Per il parametro biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), invece, la normativa prevede un valore limite per la concentrazione oraria massima giornaliera e uno per la concentrazione media annuale (tabella 2). Le figura 1458 e 59 mostrano l'andamento delle concentrazioni orarie rispetto al limite di legge di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e all'andamento del 90° percentile dei dati delle stazioni ricadenti nel bacino aerografico. Come si vede, il limite risulta ampiamente rispettato. Nel periodo invernale le concentrazioni misurate a Borgosatollo risultano quasi sovrapponibili a quelle del 90° percentile delle medie della RRQA.

### $\text{NO}_2$ - andamento delle concentrazioni delle medie orarie Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014

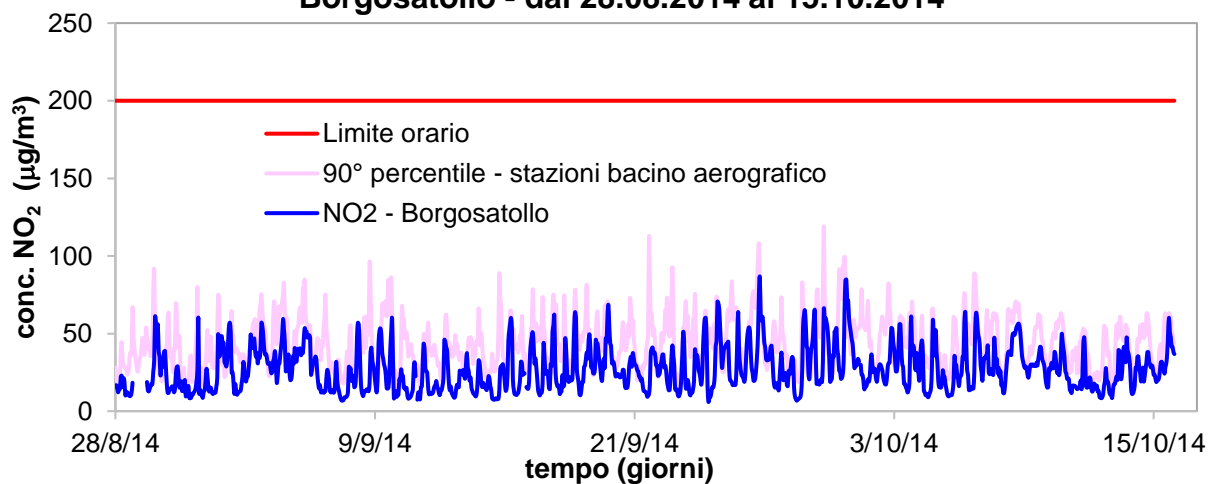


figura 14 – Andamento concentrazioni medie orarie di  $\text{NO}_2$  durante campagna estiva.

**NO<sub>2</sub> - andamento delle concentrazioni delle medie orarie  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

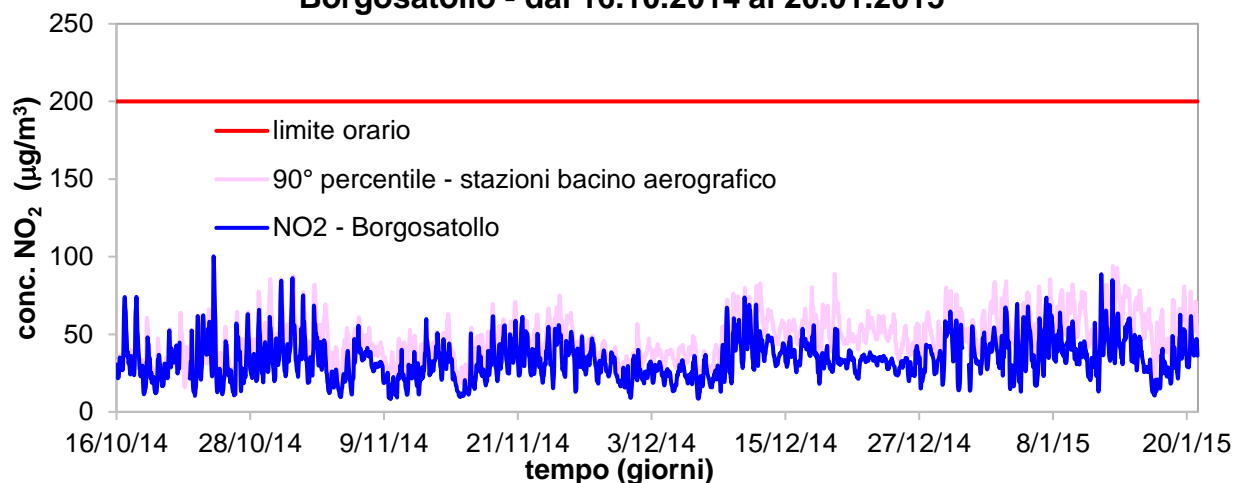


figura 59 – Andamento concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> durante campagna invernale.

I giorni tipo estivo (figura 60) ed invernale (figura 61) non mostrano grosse differenze se non lo spostamento del picco mattutino in inverno verso le 8.00. Ciò è conseguenza da una parte dell'adozione dell'ora legale, ma anche della ritardata insolazione.

**NO<sub>2</sub> - giorno tipo  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

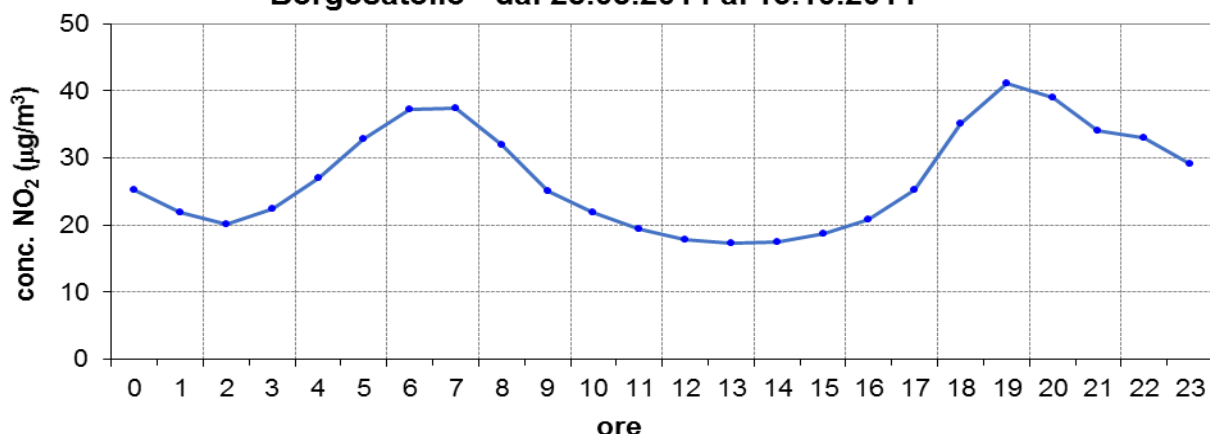


figura 60 – Giorno tipo concentrazioni di NO<sub>2</sub> durante campagna estiva.

**NO<sub>2</sub> - giorno tipo  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

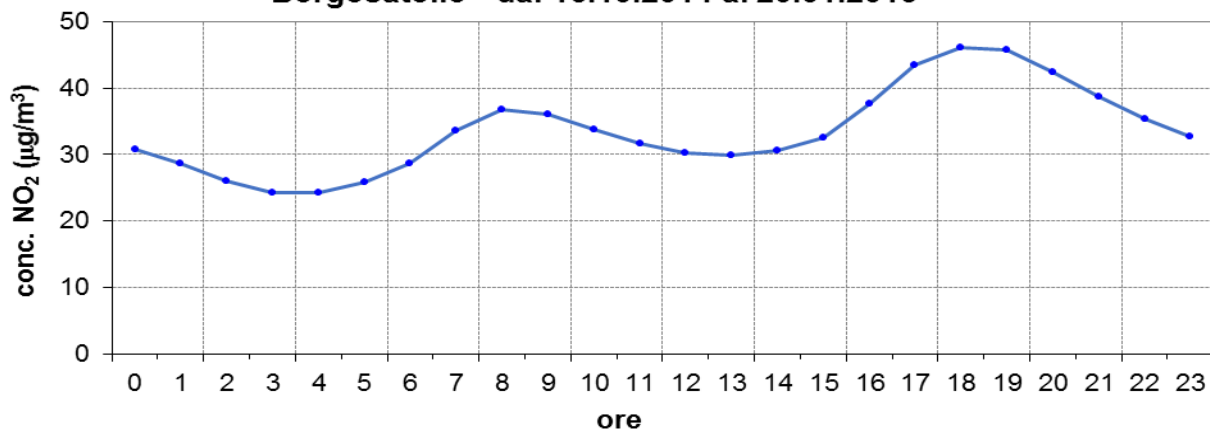


figura 61 – Giorno tipo concentrazioni di NO<sub>2</sub> durante campagna invernale.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni stati statistici dei due periodi di monitoraggio.

tabella 9 – Principali statistiche delle concentrazioni di biossido di azoto

NO <sub>2</sub>	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media sul periodo (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. oraria (µg/m <sup>3</sup> )	conc. media sul periodo (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. oraria (µg/m <sup>3</sup> )
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>27</b>	<b>43</b>	<b>87</b>	<b>34</b>	<b>49</b>	<b>100</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	27	93	197	39	103	201
<i>Brescia - Broletto</i>	33	49	112	44	77	97
<i>Brescia - Turati</i>	65	93	197	70	103	201
<i>Brescia - Ziziola</i>	18	46	90	35	72	201
<i>Brescia - Villaggio Sereno</i>	31	40	73	43	69	102
<i>Rezzato (BS)</i>	18	28	53	29	58	82
<i>Sarezzo (BS)</i>	21	32	62	37	61	89
<i>Ospitaletto (BS)</i>	27	46	72	44	70	104
<i>Lonato (BS)</i>	15	29	65	30	48	74
<i>Manerbio(BS)</i>	18	27	45	30	55	68
<i>Gambara(BS)</i>	18	30	47	27	59	83

Relativamente al confronto con altri siti, la media su tutto il periodo di campagna mostra come le concentrazioni rilevate a Borgosatollo siano in linea con quelle del bacino aerografico in particolare con le postazioni della città di Brescia meno interessate direttamente da traffico veicolare (figura 62).

**NO<sub>2</sub> - confronto medie sul periodo  
Borgosatollo - tutto periodo di campagna**

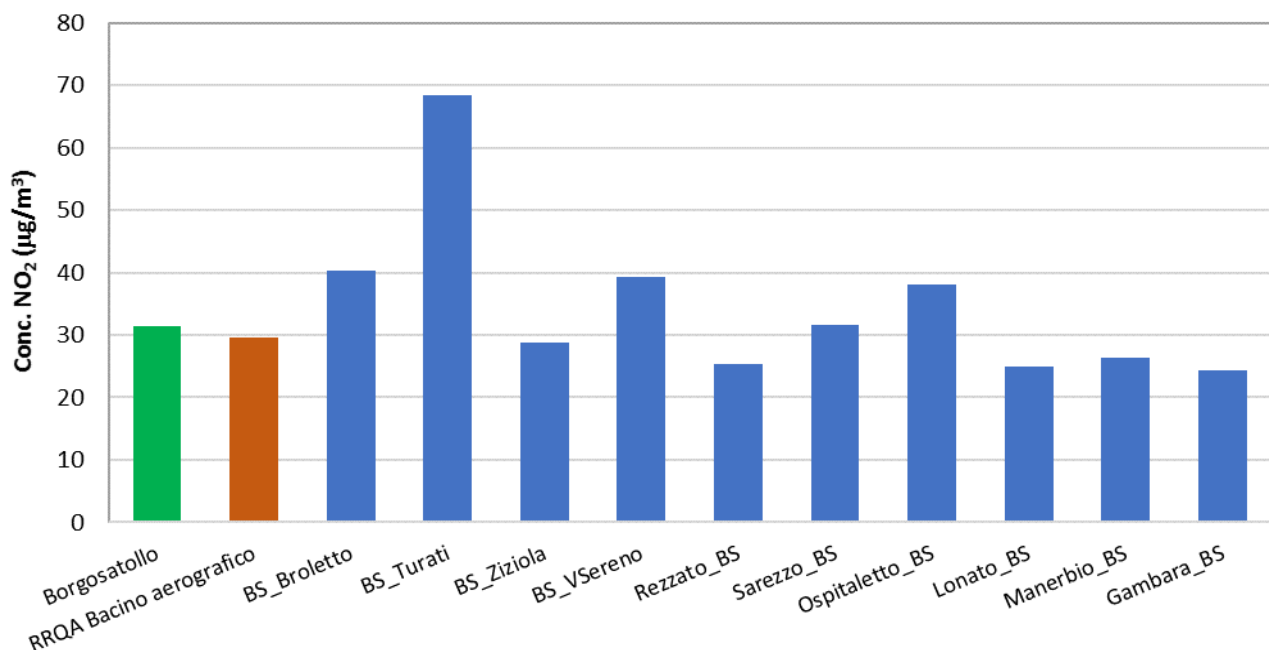


figura 62 – Confronto concentrazioni medie NO<sub>2</sub> durante entrambi i periodi di misura.

## Ozono

Dalle figure 63 a 66 si evince come durante l'intera campagna di monitoraggio, non siano mai stati raggiunti i limiti che la normativa prevede per l'ozono.

### O<sub>3</sub> - andamento delle concentrazioni delle medie orarie Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014

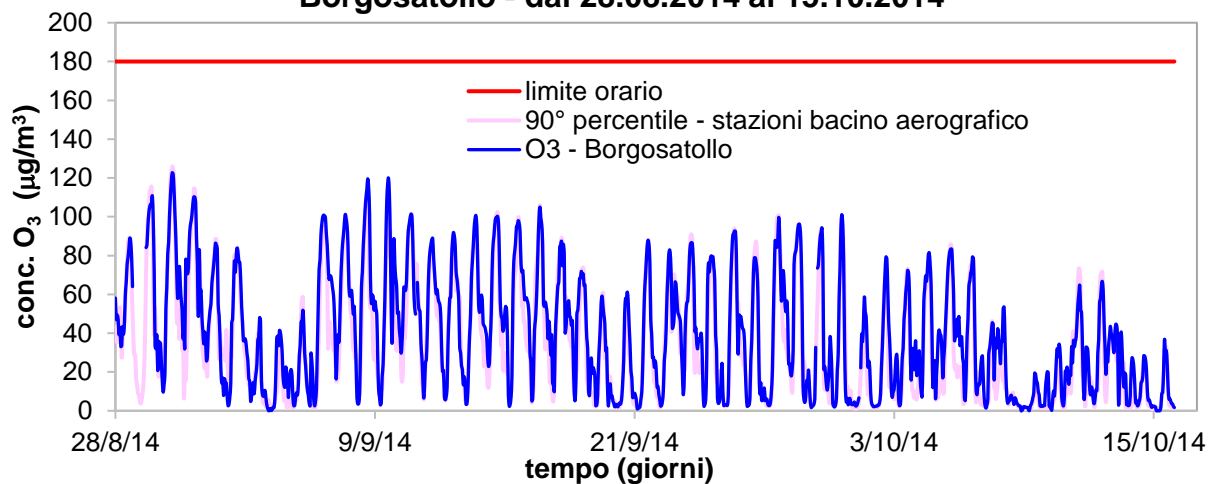


figura 63 – Andamento concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> durante campagna estiva.

### O<sub>3</sub> - andamento delle concentrazioni delle medie orarie Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015

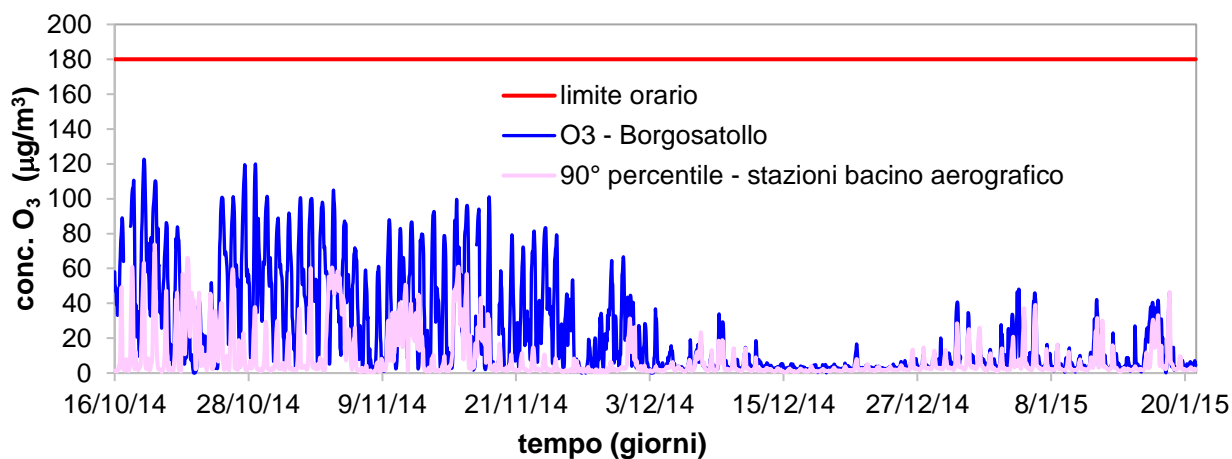


figura 64 – Andamento concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> durante campagna invernale.



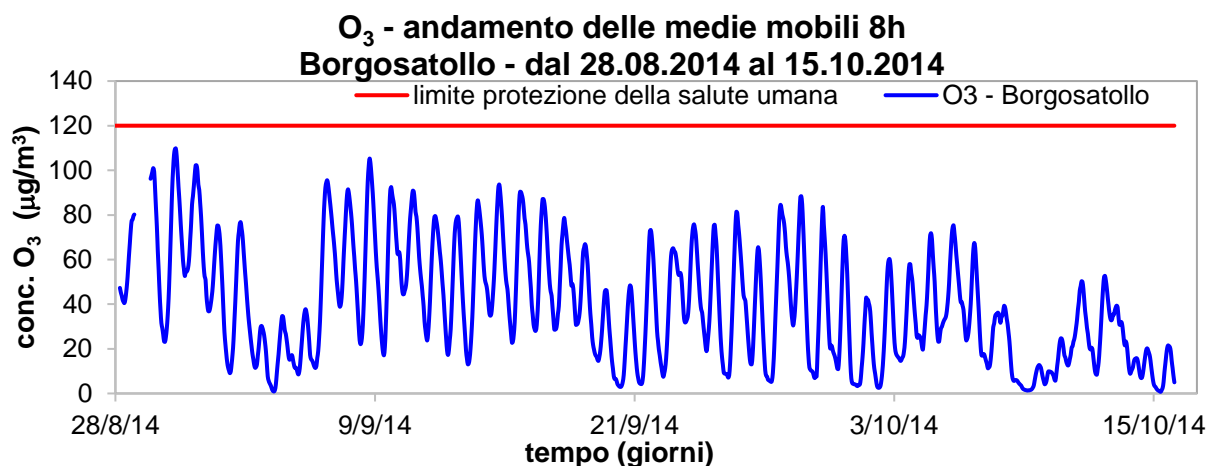


figura 65 – Andamento medie mobili concentrazioni di O<sub>3</sub> durante campagna estiva.

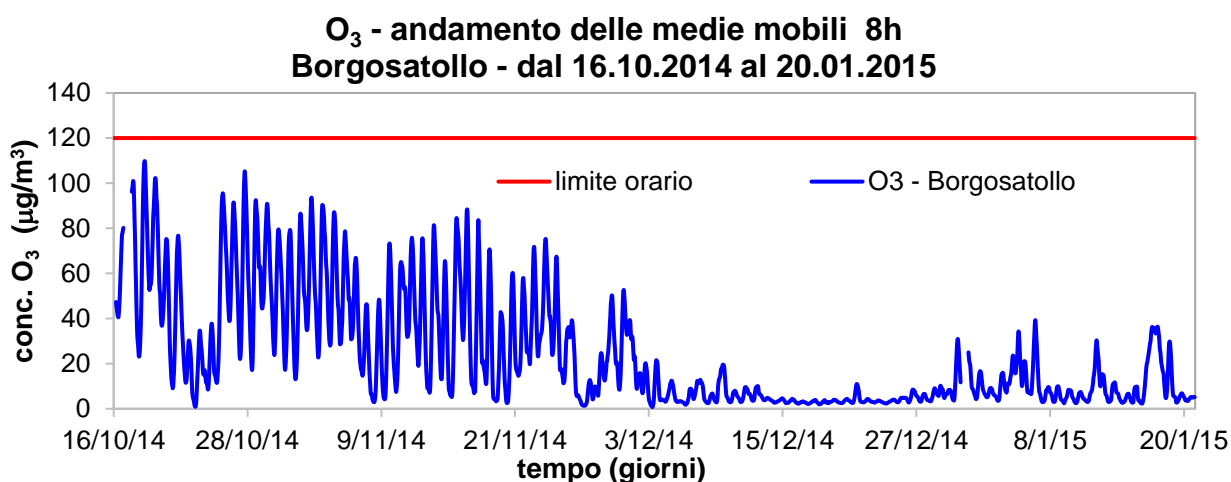


figura 66 – Andamento medie mobili concentrazioni di O<sub>3</sub> durante campagna invernale.

Soprattutto nel periodo estivo è più evidente la correlazione tra le concentrazioni di ozono e la radiazione solare incidente. La figura 67 mostra come a diminuzioni della radiazione incidente, a seguito del passaggio di corpi nuvolosi, corrisponde una diminuzione delle concentrazioni di ozono.

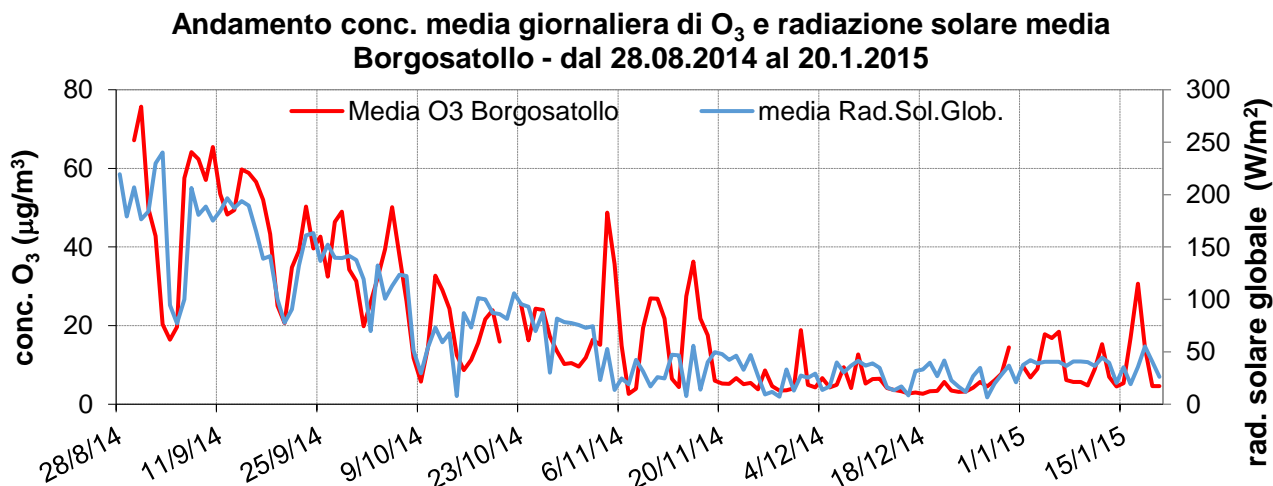


figura 67 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di O<sub>3</sub> e radiazione solare.

Anche l'andamento del giorno tipo delle concentrazioni di ozono è modulato dalla radiazione solare, maggiore nel primo pomeriggio, che ne determina la formazione favorendo le reazioni fotochimiche tra i suoi precursori (figura 68).

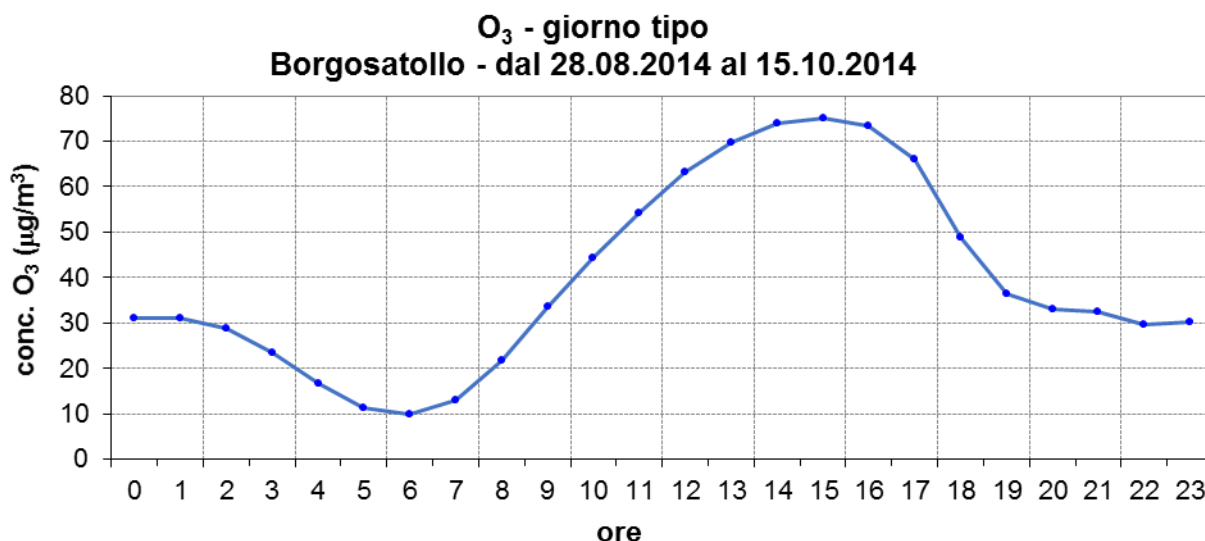


figura 68 – Giorno tipo concentrazioni di O<sub>3</sub> durante campagna estiva.

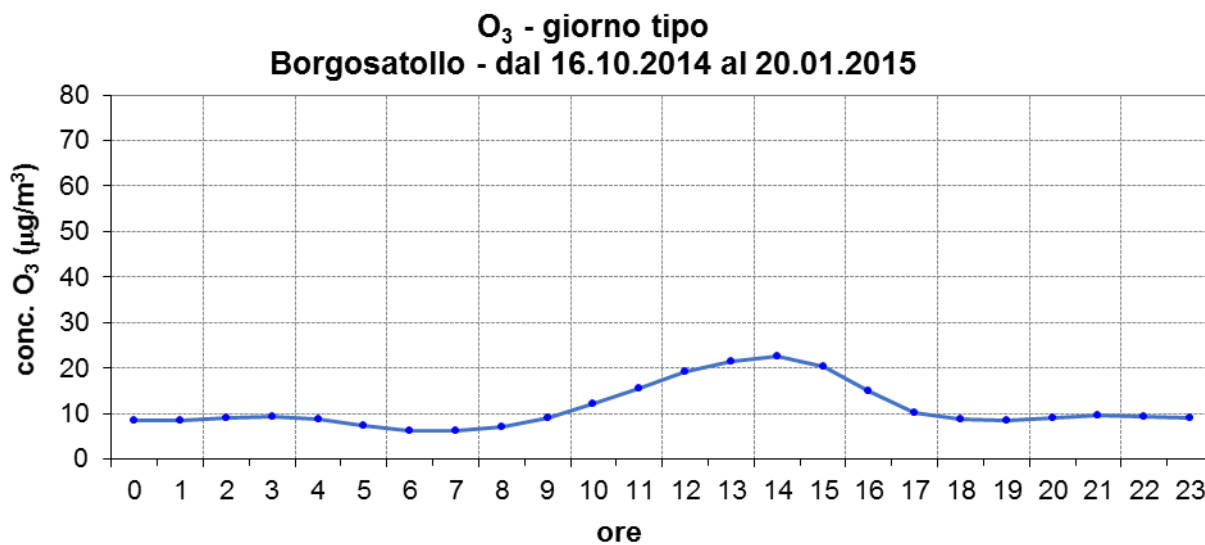


figura 69 – giorno tipo concentrazioni di O<sub>3</sub> durante campagna invernale.

La tabella 10 mostra come le concentrazioni di Borgosatollo siano confrontabili con quelle della maggior parte delle dei siti presi come riferimento. (tabella 10 e figura 70).

tabella 10 – Principali statistiche delle concentrazioni di ozono.

O <sub>3</sub>	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. oraria (µg/m <sup>3</sup> )	conc. media (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	max conc. oraria (µg/m <sup>3</sup> )
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	<b>123</b>	<b>11</b>	<b>49</b>	<b>82</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	46	100	150	15	77	126
<i>BS - Ziziola</i>	44	75	127	14	77	92
<i>BS - Villaggio Sereno</i>	46	93	146	13	67	108
<i>Lonato (BS)</i>	59	100	134	17	62	88
<i>Gambara (BS)</i>	40	74	127	15	59	90
<i>Corte Cortesi (CR)</i>	46	76	137	15	55	74

**O<sub>3</sub> - confronto medie sul periodo  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 20.1.2015**

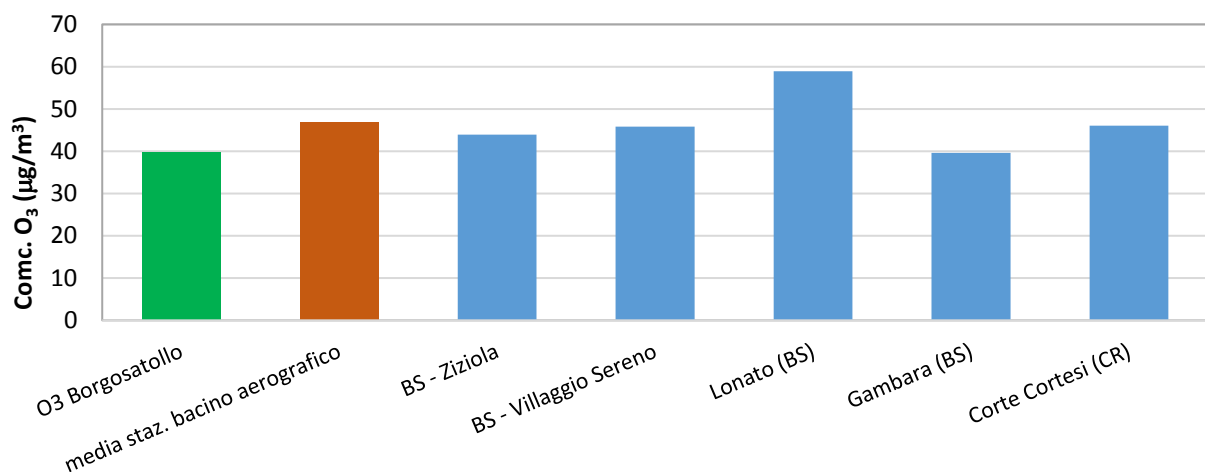


figura 70 – confronto concentrazioni medie O<sub>3</sub> durante entrambi i periodi di misura.

## Benzene e Toluene

La normativa prevede per il benzene un limite calcolato su base annuale pari a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante l'intera campagna le concentrazioni orarie sono state sempre aldisotto di tale valore, e ciò suggerisce il rispetto del limite. Durante il periodo invernale, quando le concentrazioni in atmosfera sono maggiori, è possibile notare come l'andamento delle concentrazioni registrato presso Borgosatollo segua quello del 90° percentile delle altre postazioni, mostrando valori mediamente in linea o leggermente inferiori (figura 72).

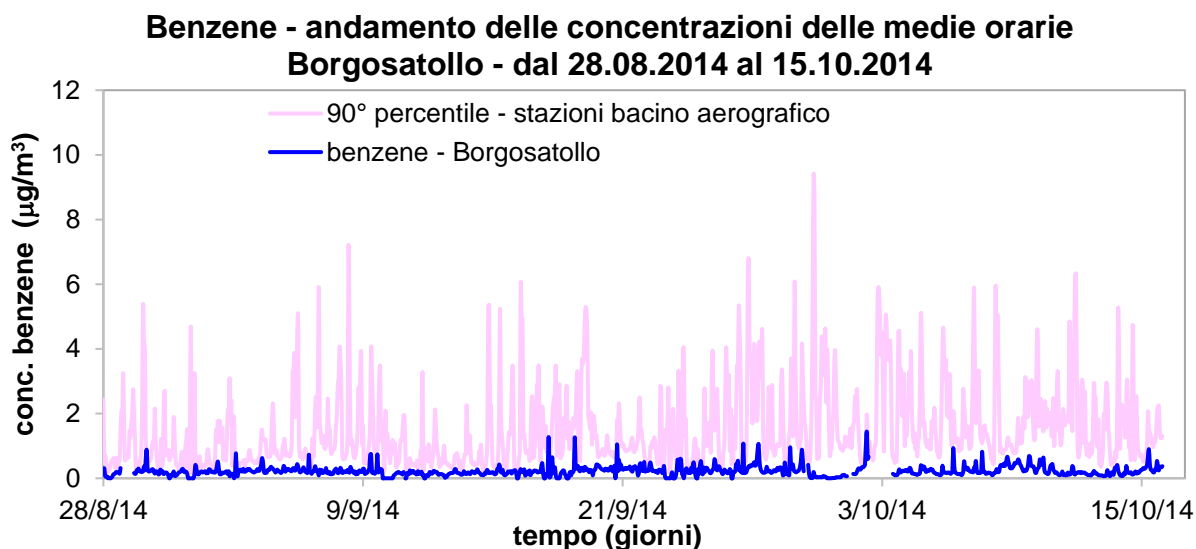


figura 71 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di benzene durante campagna estiva.

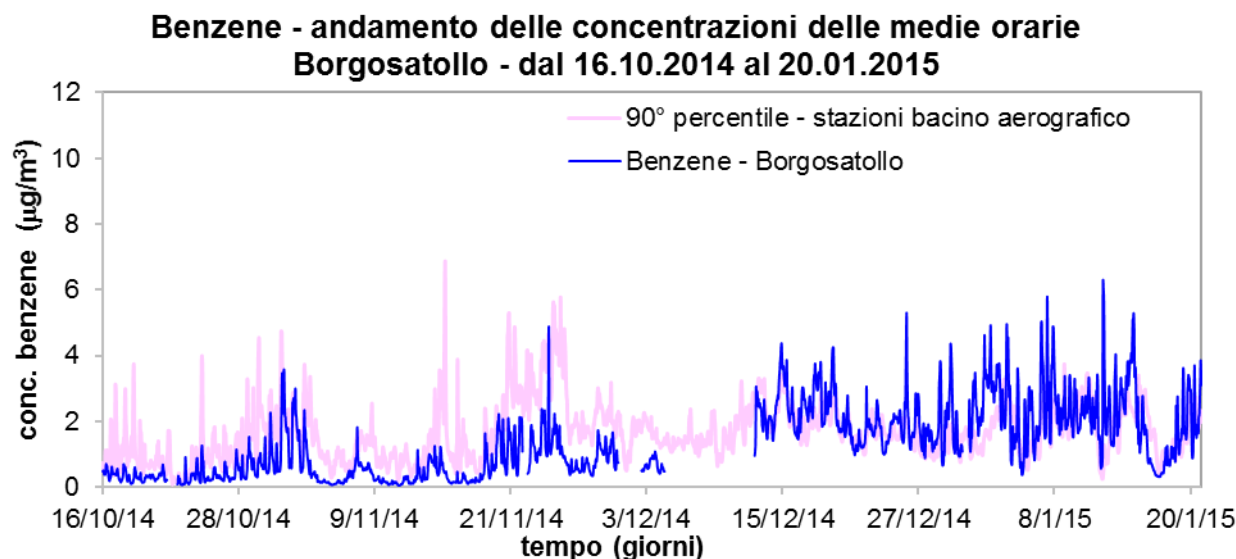


figura 72 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di benzene durante campagna invernale.

Le figure 73 e 74 rappresentano i giorni tipo del benzene misurato a Borgosatollo: durante il periodo estivo è difficilmente apprezzabile una variazione dei valori misurati durante la giornata, al contrario nel periodo invernale è osservabile un modesto aumento delle concentrazioni misurate in corrispondenza agli orari di maggior rilevanza del traffico veicolare.

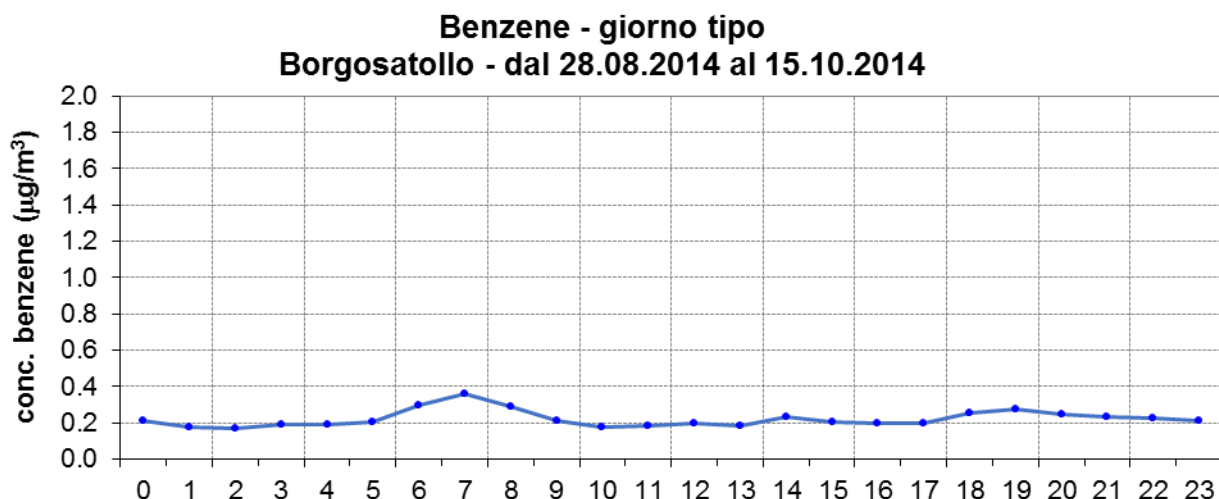


figura 73 – Giorno tipo concentrazioni di benzene durante campagna estiva.

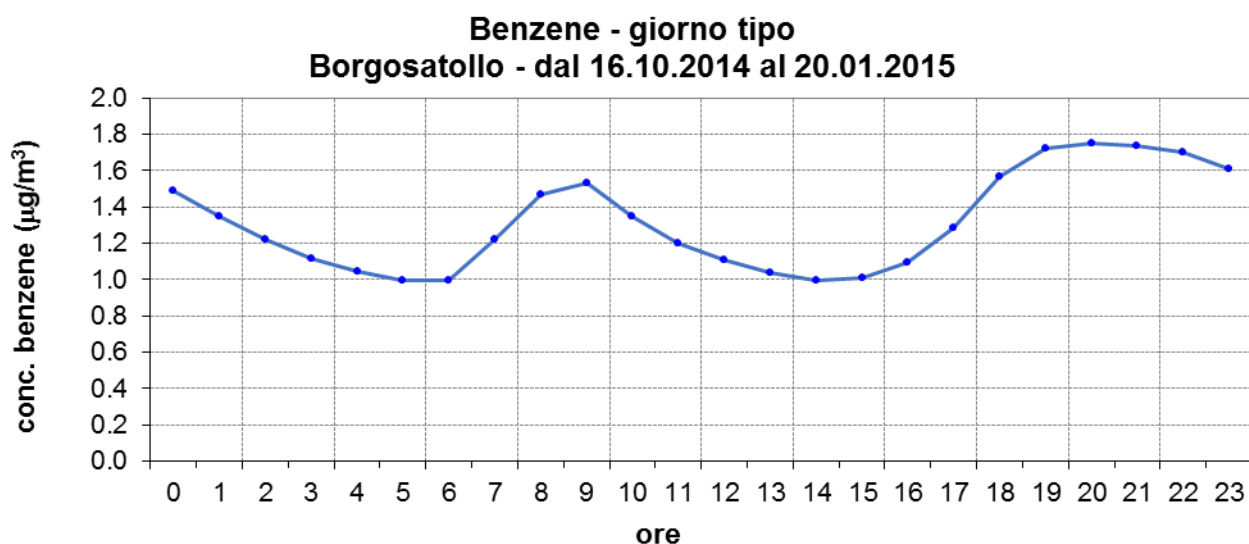


figura 74 – Giorno tipo concentrazioni di benzene durante campagna invernale.

Il confronto tra i valori medi dell'intera campagna mostra come presso Borgosatollo le concentrazioni risultino confrontabili con quelle di Brescia Ziziola.

tabella 11 – principali statistiche delle concentrazioni di benzene

Benzene	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media (µg/m³)	max conc. giornaliera (µg/m³)	max conc. oraria (µg/m³)	conc. media (µg/m³)	max conc. giornaliera (µg/m³)	max conc. oraria (µg/m³)
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>0.2</b>	<b>0.4</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>	<b>3.4</b>	<b>6.3</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	0.7	2.7	10.1	1.7	7.6	37.8
<i>MN Ariosto</i>	1.0	2.7	7.6	1.8	5.7	37.8
<i>MN Gramsci</i>	1.3	2.6	9.6	2.4	7.6	17.2
<i>MN s.Agnese</i>	1.1	2.3	10.1	2.7	7.3	15.5
<i>BS Ziziola</i>	0.4	0.9	1.8	1.3	2.8	3.9

### Benzene - confronto medie sul periodo Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015

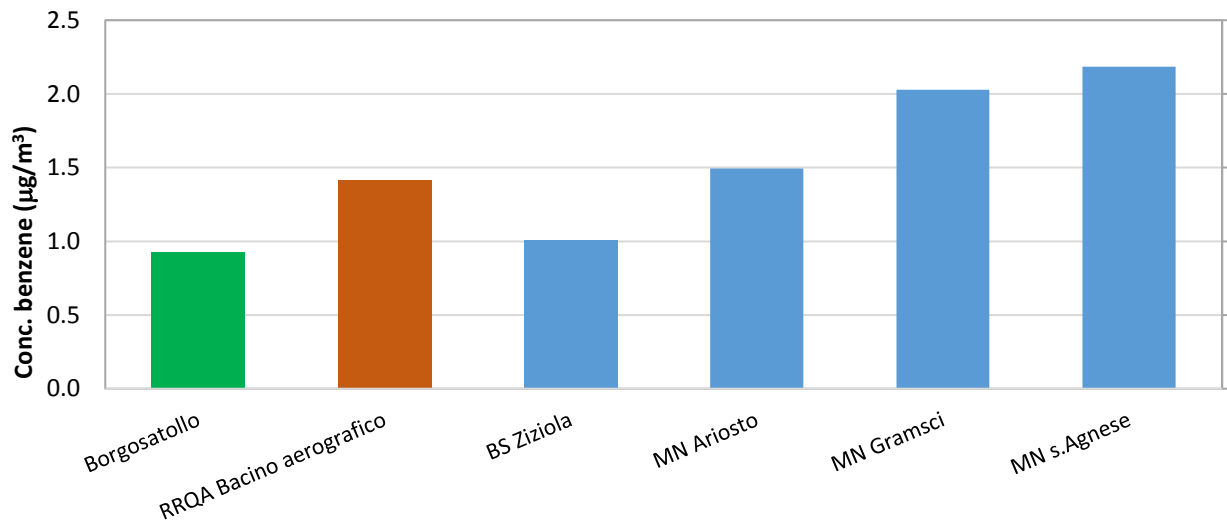


figura 75 – Confronto concentrazioni medie toluene durante entrambi i periodi di misura.

Per il toluene, la normativa non fissa alcun valore limite. Le concentrazioni medie orarie di toluene risultano essere generalmente inferiori a quelle delle stazioni del bacino aerografico, in particolare nel periodo estivo (figura 76).

Come per il benzene, il giorno tipo estivo del toluene (figure 78) non evidenzia apprezzabili variazioni dei valori misurati durante la giornata, se non per un picco mattutino probabilmente in corrispondenza di traffico veicolare più intenso. La stessa cosa si rileva nel periodo invernale (figura 79), ma è osservabile anche un modesto picco serale sempre legato agli spostamenti veicolari.

### Toluene - andamento delle concentrazioni delle medie orarie Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014

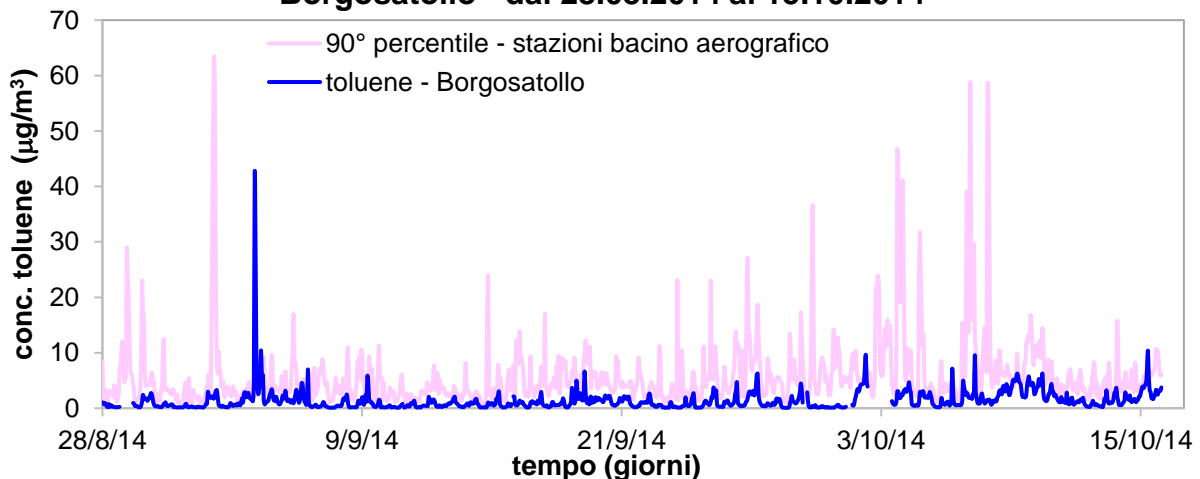


figura 76 – Confronto dell'andamento delle concentrazioni medie orarie di toluene durante campagna estiva con il 90° percentile delle stazioni del bacino aerografico.

**Toluene - andamento delle concentrazioni delle medie orarie  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

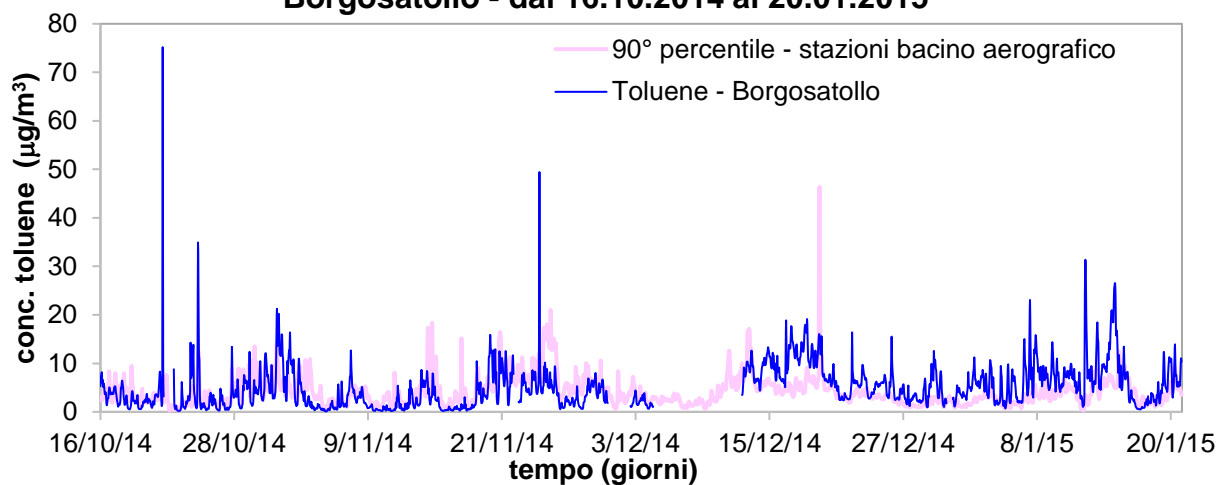


figura 77 – Confronto dell'andamento delle concentrazioni medie orarie di toluene durante campagna invernale con il 90° percentile delle stazioni del bacino aerografico.

**Toluene - giorno tipo  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

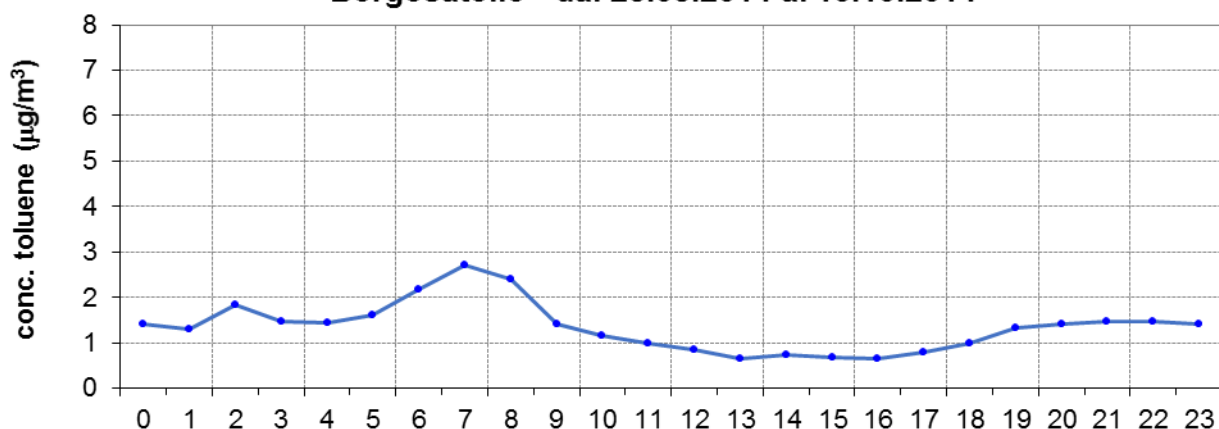


figura 78 – Giorno tipo concentrazioni di toluene durante campagna estiva.

**Toluene - giorno tipo  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

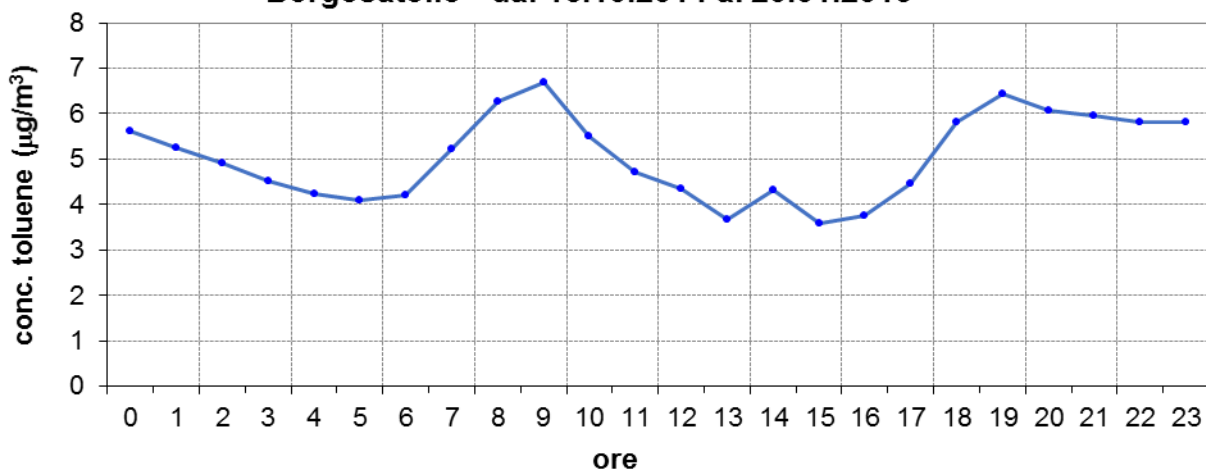


figura 79 – Giorno tipo concentrazioni di toluene durante campagna invernale.

La tabella 12, come anche la figura 80, mostra come i valori di toluene rilevati a Borgosatollo risultino essere confrontabili con quelli di Brescia Ziziola, inferiori a quelli delle altre stazioni del bacino aerografico e di Mantova, come già osservato per il benzene.

tabella 12 – Principali statistiche delle concentrazioni di toluene

Toluene	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. oraria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	conc. media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. oraria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>42</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>75</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	3	19	89	4	37	280
<i>MN Ariosto</i>	3	5	33	5	37	280
<i>MN Gramsci</i>	6	19	89	7	27	64
<i>MN s.Agnese</i>	4	11	80	6	20	47
<i>BS Ziziola</i>	2	4	15	4	9	56

**Toluene - confronto medie sul periodo  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

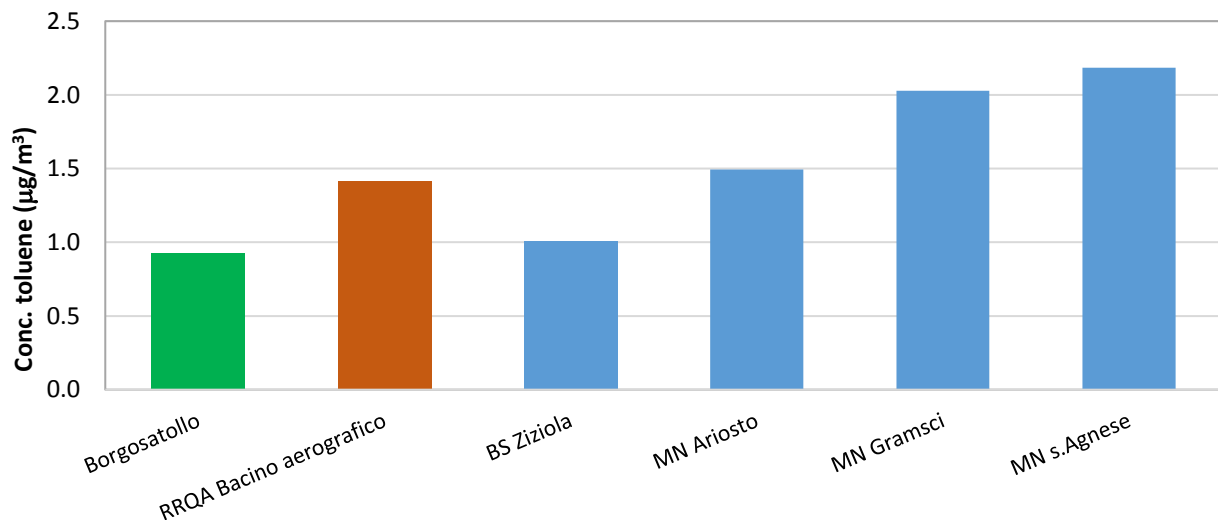


figura 80 – Confronto concentrazioni medie toluene durante entrambi i periodi di misura.



## PM10

Nelle figura 2 si mostra l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PM10 nel periodo estivo e nel periodo invernale rilevate a Borgosatollo rispetto al 90° percentile delle misure effettuate presso le postazioni del bacino aerografico della RRQA. Sono evidenti i superamenti del limite previsto per la media giornaliera sia per il periodo estivo che per quello invernale. Sul grafico si riportano anche le cumulate giornaliere delle precipitazioni registrate presso il sito di Borgosatollo. La figura mostra come in corrispondenza di precipitazioni intense, vi sia una diminuzione del PM10.

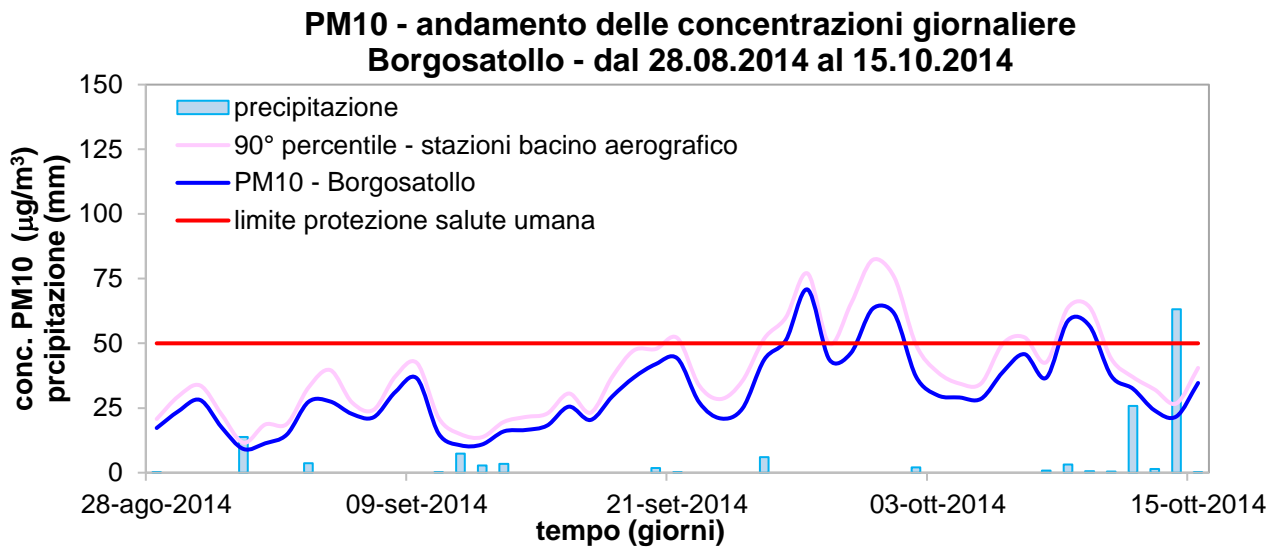


figura 81 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e pioggia durante campagna estiva.

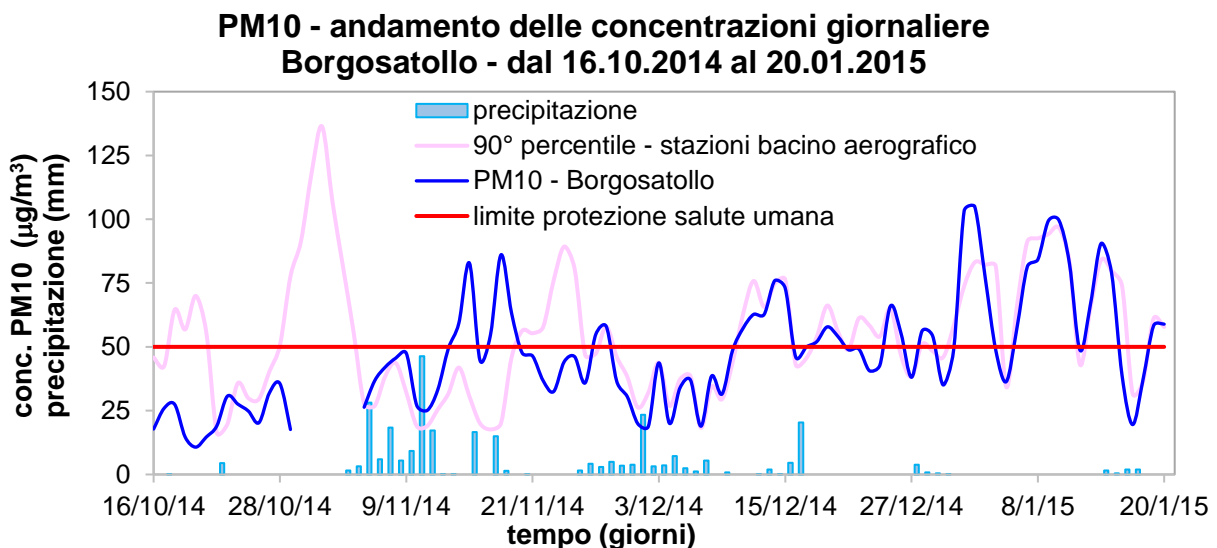


figura 82 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e pioggia durante campagna invernale.

Nei grafici di figura 83 e 84 è sovrapposto l'andamento delle concentrazioni e della media giornaliera della velocità del vento. Poiché le condizioni di tempo perturbato, che favoriscono il rimescolamento atmosferico e quindi la dispersione di inquinanti, non sempre sono accompagnate da rovesci, ma più frequentemente da

velocità del vento più sostenute, la presenza di venti più intensi comporta un'ulteriore diminuzione delle concentrazioni misurate.

**PM10 - andamento delle concentrazioni giornaliere  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

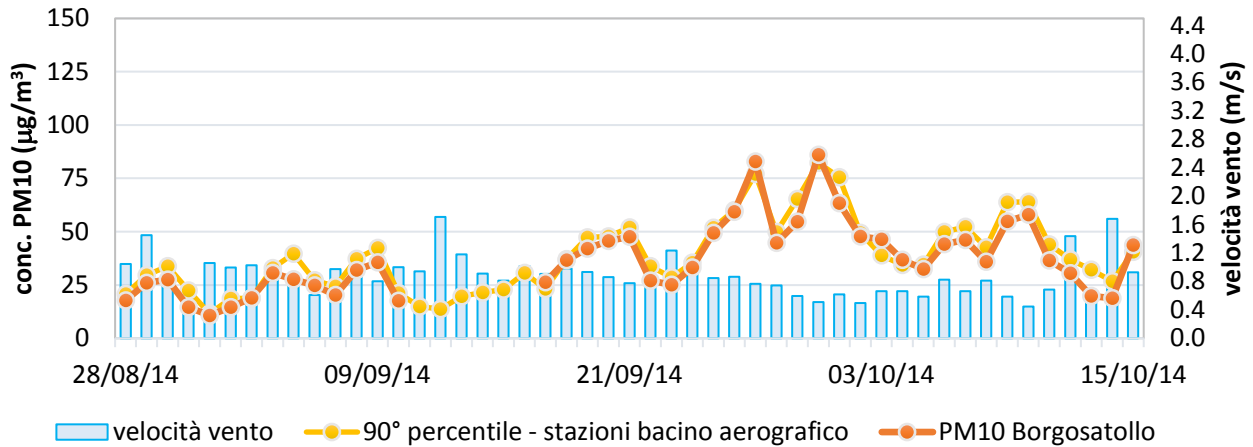


figura 15 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e velocità vento durante campagna estiva.

**PM10 - andamento delle concentrazioni giornaliere  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

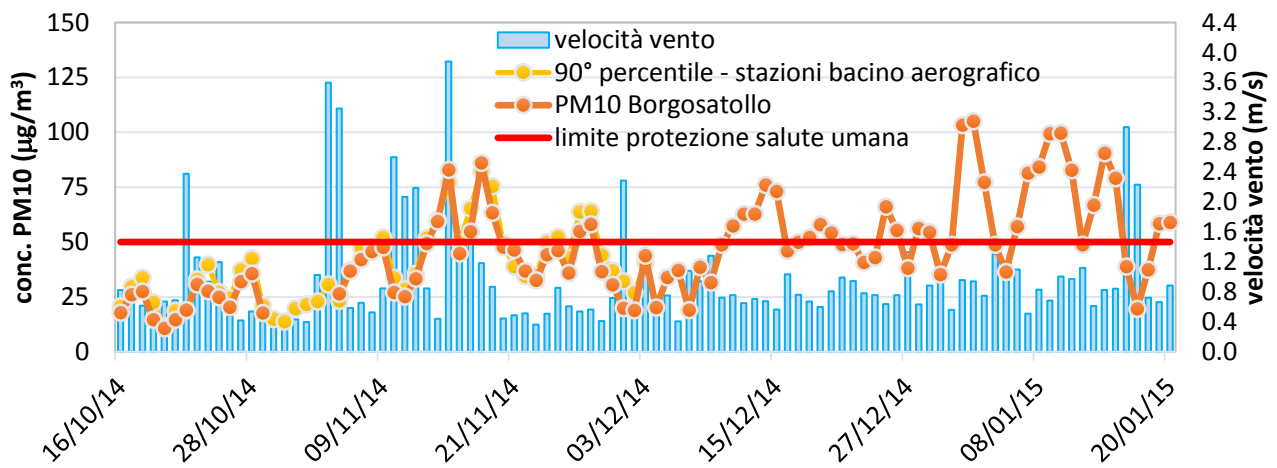


figura 84 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e velocità vento durante campagna invernale.

Infine, nei grafici di figura 5 e 86 agli andamenti delle concentrazioni di PM10 è sovrapposto il grafico delle medie giornaliere della pressione atmosferica rilevata presso Borgosatollo. Si nota come tale parametro meteo riesca meglio dei due precedenti a spiegare gli andamenti delle concentrazioni misurate.

In particolare, durante il periodo invernale, l'instaurarsi di condizioni di stabilità atmosferica, testimoniate dal rafforzamento del campo barico, determinano condizioni favorevoli all'accumulo di particolato che raggiunge i valori più elevati alcuni giorni dopo l'inizio della stabilità per poi diminuire in coincidenza alla scomparsa di quest'ultima.

**PM10 - andamento delle concentrazioni giornaliere  
Borgosatollo - dal 28.08.2014 al 15.10.2014**

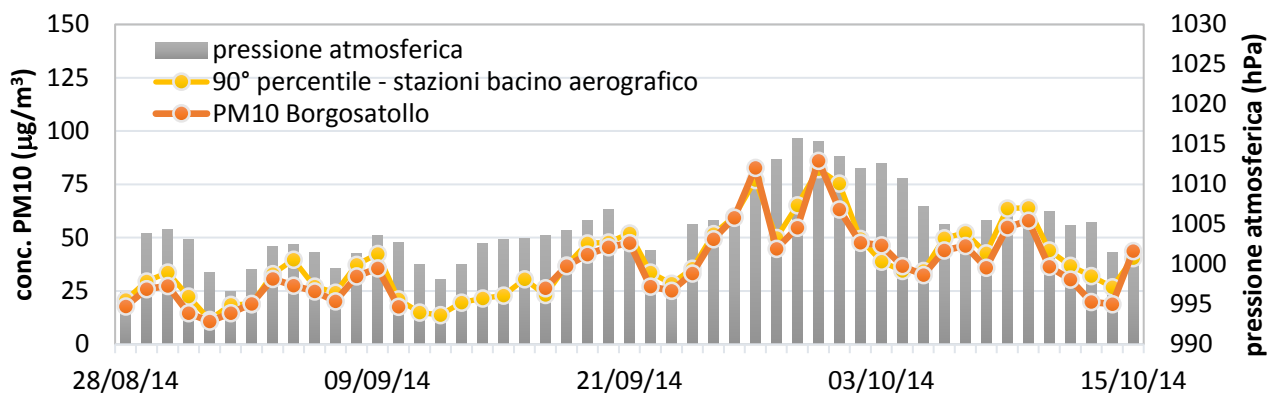


figura 85 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e pressione atmosferica durante campagna estiva.

**PM10 - andamento delle concentrazioni giornaliere  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

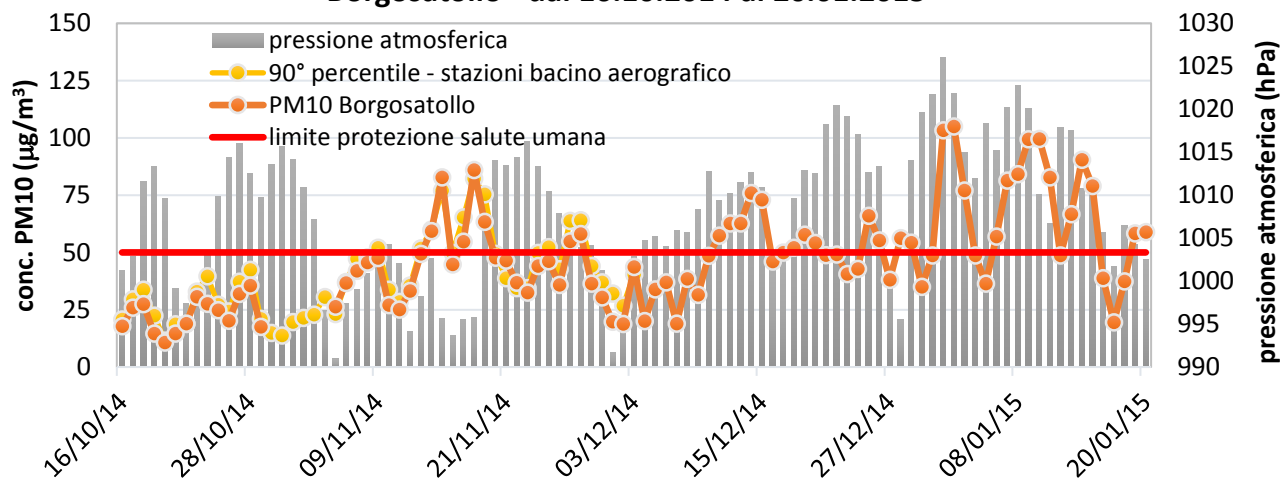


figura 86 – Andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e pressione atmosferica durante campagna invernale.

Nella tabella 13 sono mostrati i principali parametri statistici relativi al PM10 misurato presso Borgosatollo e presso gli altri siti presi a riferimento. Come anticipato, è possibile notare che il limite per la concentrazione media giornaliera, a Borgosatollo, risulta superato per 42 volte durante il periodo invernale, ma anche per 7 giornate estive. Le concentrazioni medie sui due periodi sono risultate tra le più alte di tutti i siti a confronto, paragonabili a quelle delle postazioni di Rezzato e di Soresina, postazione quest'ultima che, in periodo estivo, risente delle attività agricole nella formazione del particolato secondario. Ciò è riscontrabile anche dal grafico di figura 87 che riporta le medie su tutto del periodo delle concentrazioni del PM10.

tabella 13 – Principali statistiche delle concentrazioni di PM10.

PM10	periodo estivo dal 28.08.2014 al 15.10.2014			periodo invernale dal 16.10.2014 al 20.01.2015		
	conc. media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	superi limite giornaliero	conc. media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max conc. giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	superi limite giornaliero
<b>MM Borgosatollo</b>	<b>37</b>	<b>86</b>	<b>7</b>	<b>50</b>	<b>105</b>	<b>42</b>
<i>RRQA Bacino aerografico</i>	31	98	-	43	137	-
<i>MN_Ariosto</i>	31	74	6	43	126	33
<i>MN_Gramsci</i>	28	71	5	45	137	34
<i>MN_Sagnese</i>	31	74	6	43	136	31
<i>MN_Tridolino</i>	31	72	4	44	129	32
<i>PontiSM_MN</i>	27	75	4	38	97	22
<i>BS_Broletto</i>	27	65	4	41	92	27
<i>BS_VSerenno</i>	31	62	5	45	101	31
<i>Rezzato_BS</i>	37	83	11	53	117	49
<i>Sarezzo_BS</i>	30	82	5	41	82	26
<i>Soresina_CR</i>	42	98	13	48	123	29

**PM10 - confronto concentrazioni medie sul periodo  
Borgosatollo - dal 16.10.2014 al 20.01.2015**

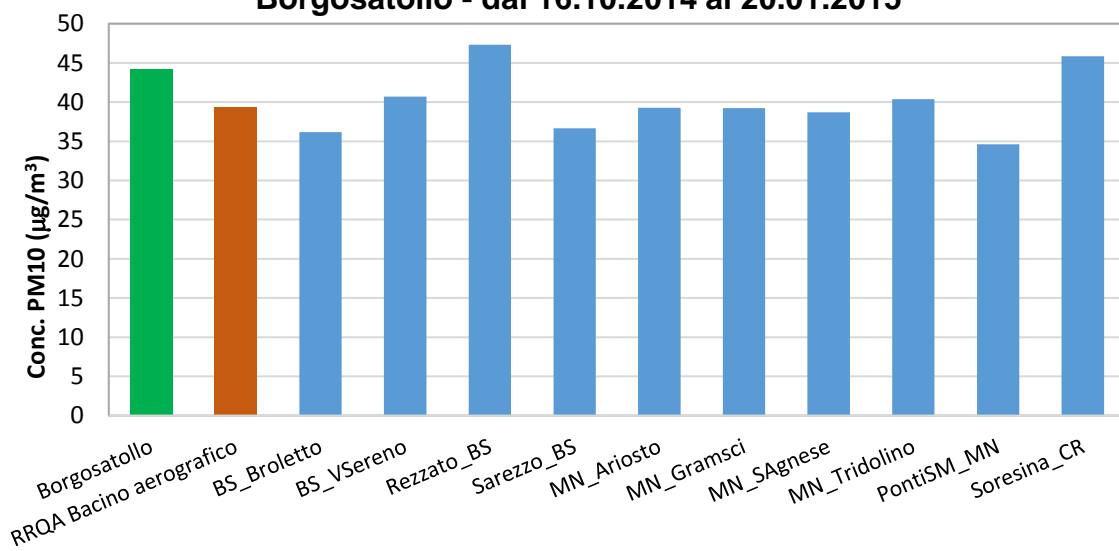


figura 87 – Confronto concentrazioni medie PM10 durante entrambi i periodi di misura.

Avendo registrato valori elevati durante la campagna di monitoraggio, si è voluto fare una stima della media annuale del particolato. La normativa (D.lgs. 155/10) prevede un valore limite sulla media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Non avendo un anno intero di misure, si è provveduto a fare una stima della media annuale di Borgosatollo a partire dai dati di tutte le centraline della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Lombardia, con almeno il 75% di dati disponibili sul periodo annuale e con almeno il 80% di dati disponibili sul periodo complessivo della campagna (fase invernale ed estiva) e si è costruita la retta di interpolazione lineare riportata in Figura 88<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> L'ipotesi di omoschedasticità delle concentrazioni medie annuali, per semplicità di testo, non è qui riportata.

Il coefficiente di correlazione pari a 0.94 indica che la correlazione lineare trovata è altamente significativa. Ciò ha permesso la previsione della concentrazione media annuale, relativa all'anno 2014, per il PM10 a Borgosatollo pari a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con associato un errore standard  $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  che garantisce una probabilità superiore al 95% che il limite annuale dei  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non sia stato superato.

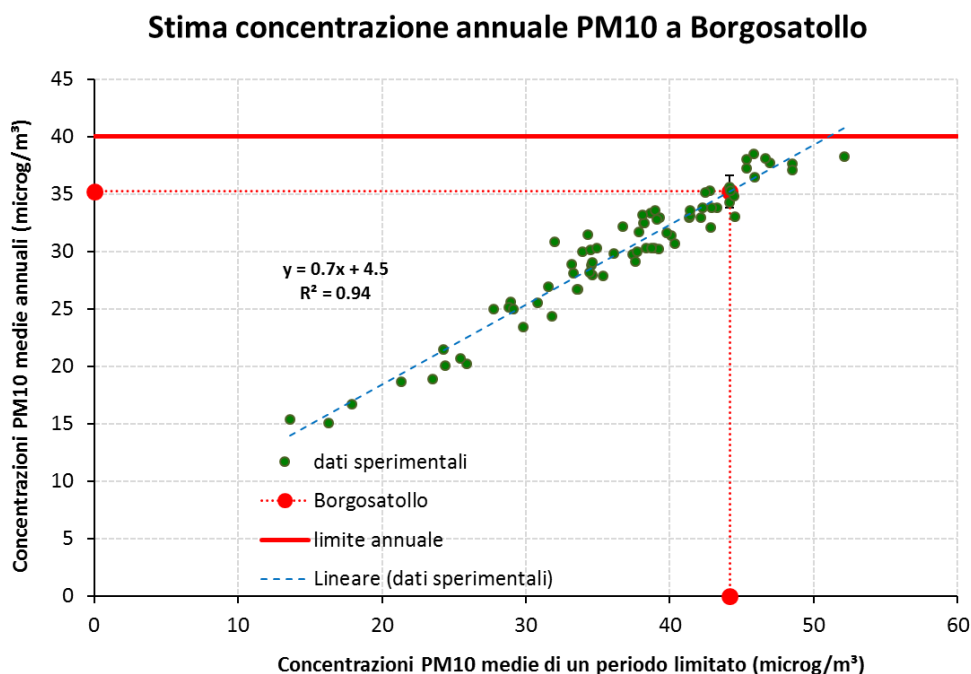


figura 88 – Estrapolazione all'anno solare della concentrazione media di PM10.

### Analisi sul particolato

Mediante lo spettrometro XRF in dotazione ad ARPA Lombardia è stato possibile individuare la presenza, e relativa concentrazione, dei seguenti **elementi** con numero atomico  $Z > 11$ : alluminio (Al), silicio (Si), zolfo (S), cloro (Cl), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br), rubidio (Rb), piombo (Pb), ma anche Ba, Sr, Sn, Sb.

Dai dati raccolti a Borgosatollo si evidenzia che, durante tutta la campagna, elementi quali P, V, Ba, Sr, Sn, Sb sono sempre stati al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, mentre il rubidio e bromo lo sono stati in più del 60% dei giorni di campionamento della fase estiva, e pertanto non verranno menzionati nelle successive elaborazioni.

A partire dal giorno 20 novembre le analisi in XRF si sono alternate a quelle effettuate in ICP-MS per la determinazione di ulteriori metalli quali Nichel, Arsenico, Cadmio e Piombo, secondo modalità confrontabili con quelle utilizzate presso altri siti lombardi.

Sempre da tale data sono iniziate le analisi volte alla ricerca del contenuto di IPA nel particolato.

L'analisi mediante ICP-MS ha fornito per Borgosatollo, risultati non dissimili da quelli degli altri siti in cui si svolgono le stesse misure, anche se la variabilità tra i siti non è bassissima. I grafici da figura 89 a 92 mostrano il confronto con le concentrazioni rilevate nello stesso periodo di misura.

La normativa prevede dei valori obiettivo per la media annuale dei metalli ricercati sul PM10 in aria. Per il Nichel il valore obiettivo è fissato a 20 ng/m<sup>3</sup>, per l'Arsenico è 6 ng/m<sup>3</sup>, per il Cadmio è 5 ng/m<sup>3</sup> mentre per il piombo la normativa prevede un valore limite pari a 0.5 µg/m<sup>3</sup> (o 500 ng/m<sup>3</sup>).

I risultati delle analisi forniscono concentrazioni medie sul periodo pari rispettivamente a 5.2 ng/m<sup>3</sup> per il nichel, 1.2 ng/m<sup>3</sup> per l'Arsenico, 0.6 ng/m<sup>3</sup> per il Cadmio e 0.04 µg/m<sup>3</sup> (o 40 ng/m<sup>3</sup>) per il Piombo.

Le concentrazioni medie risultano essere molto più basse dei corrispettivi limiti di legge ed essendo state ottenute con campionamenti in periodo invernale, cioè quando le concentrazioni di questi inquinanti sono più elevate, è ragionevole supporre il rispetto del limite su base annuale.

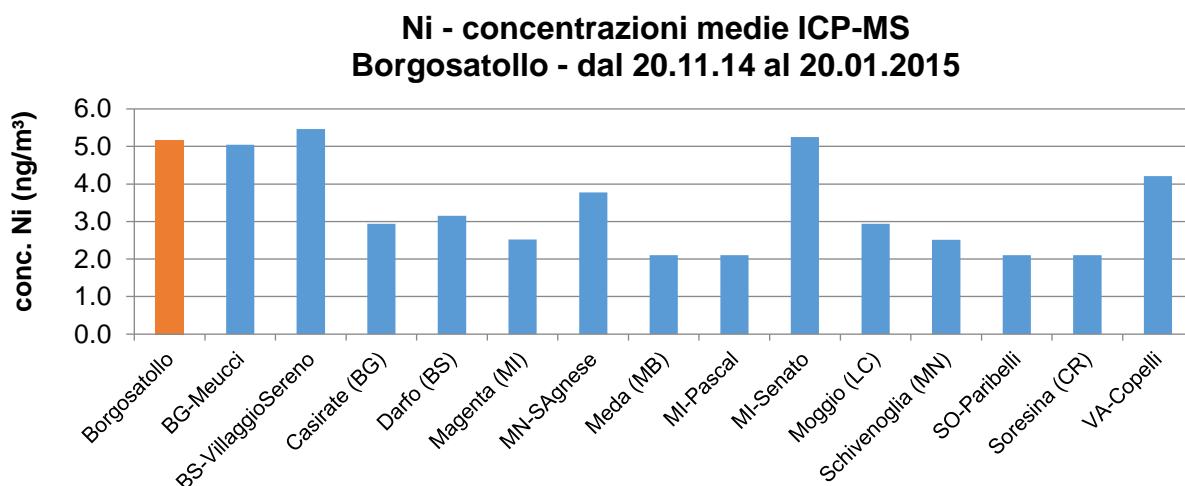


figura 16 – Confronto concentrazioni medie di Nichel in periodo invernale rispetto siti RRQA.

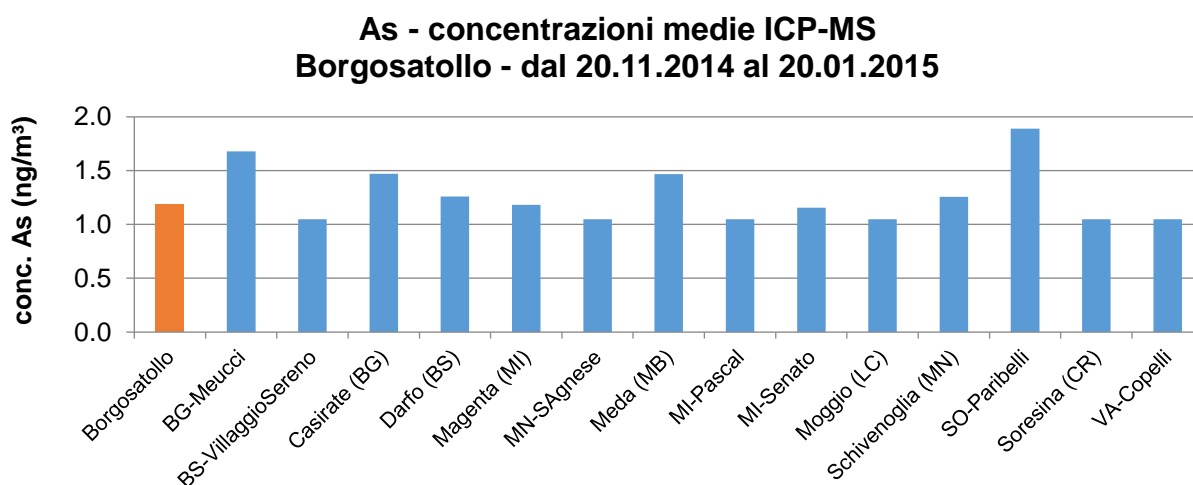


figura 17 – Confronto concentrazioni medie di Arsenico in periodo invernale rispetto siti RRQA.

**Cd - concentrazioni medie ICP-MS  
Borgosatollo - dal 20.11.2014 al 20.01.2015**

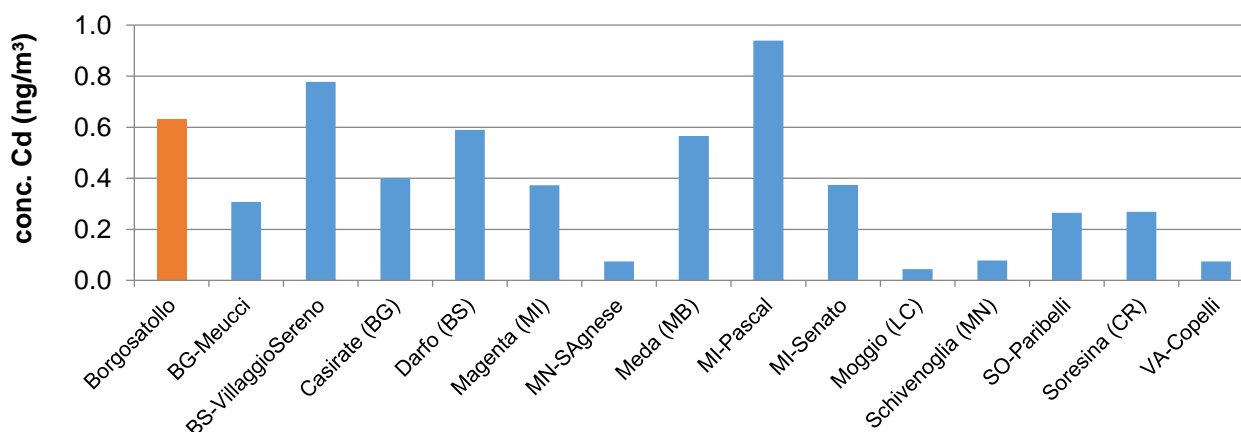


figura 18 – Confronto concentrazioni medie di Cadmio in periodo invernale rispetto siti RRQA.

**Pb - concentrazioni medie ICP-MS  
Borgosatollo - dal 20.11.2014 al 20.01.2015**

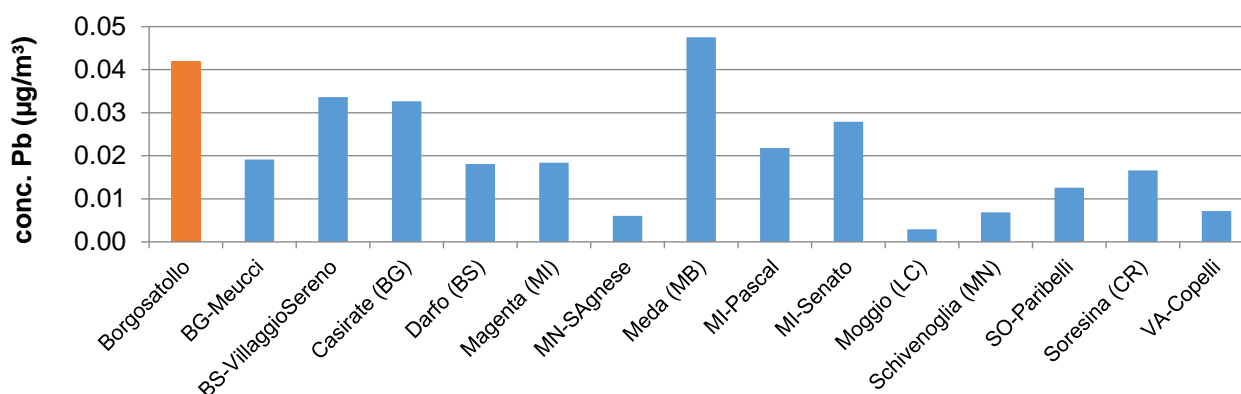


figura 92 – Confronto concentrazioni medie di Piombo in periodo invernale rispetto siti RRQA.

Il benzo(a)pirene, l'unico IPA per cui la normativa prevede un valore limite di pari a 1.0 ng/m<sup>3</sup> come media annuale, ha avuto una media sul periodo pari a 3.0 ng/m<sup>3</sup>.

La figura 93 mostra il confronto tra la media delle concentrazioni misurate a Borgosatollo e quelle degli altri siti della Regione in cui Arpa effettua con continuità il monitoraggio del B(a)P.

Si nota che la media di Borgosatollo è inferiore a quella di Meda, Darfo e Sondrio, ove ormai è risaputo che le concentrazioni di B(a)P sono elevate a causa della spiccata propensione all'utilizzo della combustione biomassa per riscaldamento domestico o per fini industriali, ma è maggiore di quella degli altri siti.

### B(a)P - concentrazioni medie Borgosatollo - dal 20.11.2014 al 20.01.2015

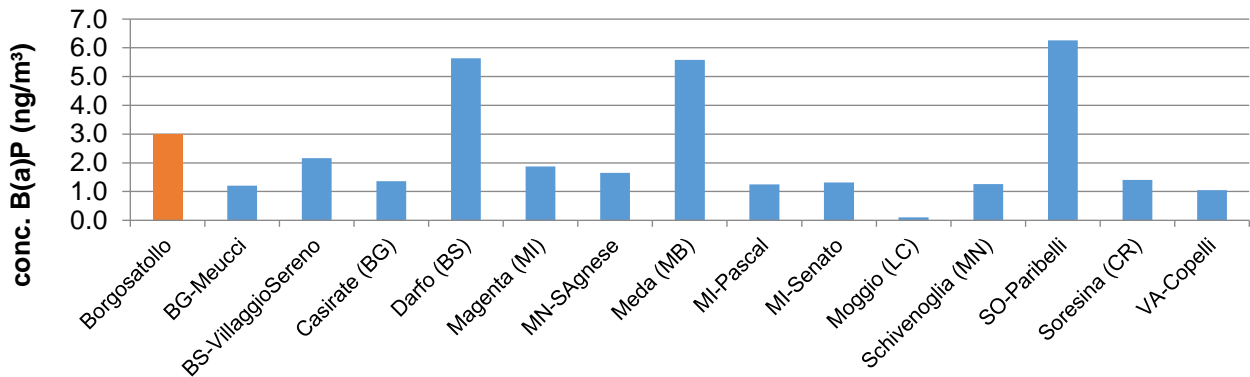


figura 19 – Confronto concentrazioni medie di B(a)P in periodo invernale rispetto siti RRQA.

Avendo rilevato una media piuttosto elevata, anche perché le misure sono state fatte in inverno quando il B(a)P è più alto rispetto al periodo estivo, in cui le concentrazioni sono generalmente al disotto del limite di rilevabilità strumentale, considerando le medie annuali e le medie sul periodo di campagna di tutti i siti del D.lgs. 155/10, è stata calcolata la stima annuale della concentrazione di benzo(a)pirene per Borgosatollo. Il grafico di figura 94 indica un valore stimato di 0.7 ng/m<sup>3</sup> con associato un errore di 0.16 ng/m<sup>3</sup> che garantisce al 99% che il limite sia stato rispettato nel 2014.

### Stima della media annuale di B(a)P a Borgosatollo 20.11.2014 a 20.01.2015

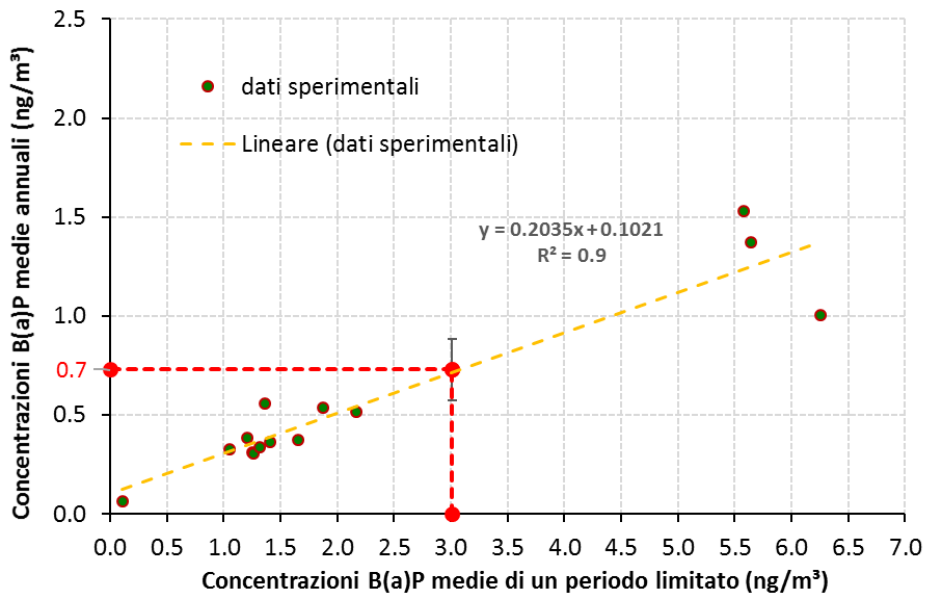


figura 94 – estrapolazione all'anno solare della concentrazione media di benzo(a)pirene.

Il confronto tra i cluster relativi alle concentrazioni elementari rilevate in periodo estivo ed invernale fornisce un'ulteriore conferma della presenza di combustioni di biomasse a Borgosatollo, tramite il diverso comportamento del potassio.

Il potassio è considerato infatti un tracciante non specifico della combustione di biomasse. In assenza di tali combustioni, come in periodo estivo, il potassio nel particolato è di origine terrigena dovuto a fenomeni di



risospensione meccanica dal suolo. Dall'analisi del dendrogramma del periodo estivo, infatti, risulta una buona correlazione tra il potassio ed i terrigeni quali Al, Si, Ca e Ti mentre nel periodo invernale esso fa parte del cluster contenente anche rubidio e cloro, anch'essi traccianti non specifici delle combustioni di biomasse.

**Analisi a cluster delle concentrazioni elementali assolute a Borgosatollo dal 28-8-2014 al 15-10-2014**

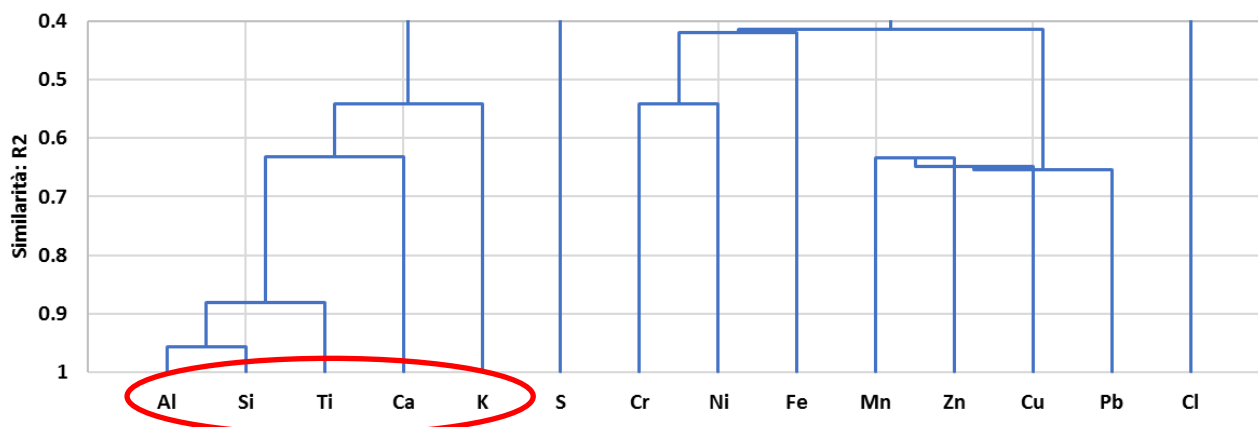


figura 95 – Dendrogramma delle concentrazioni assolute degli elementi durante la campagna estiva.

**Analisi a cluster delle concentrazioni elementali assolute a Borgosatollo dal 16-10-2014 al 20-01-2015**

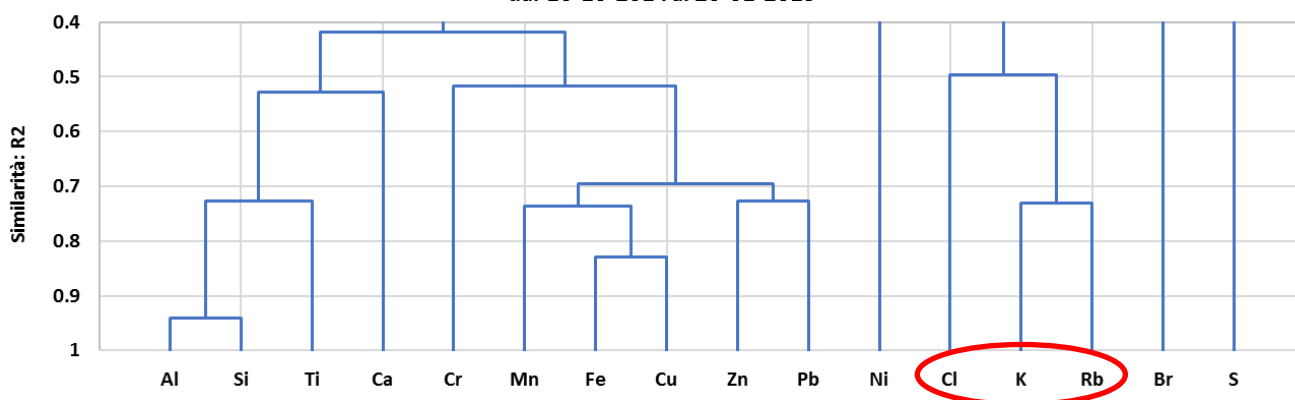


figura 96 – Dendrogramma delle concentrazioni assolute degli elementi durante la campagna invernale.

Il cloro, a differenza del potassio, in assenza di emissione da combustione di biomasse, generalmente non è correlato agli elementi terrigeni, cosa che in effetti avviene a Borgosatollo. L'elemento cloro, infatti, può essere presente in atmosfera in fase particolato sia per le emissioni di particolari attività industriali, sia in forma di sali di spray marino trasportati dal vento anche su lunghe distanze.

L'analisi in XRF della componente elementale fornisce, infatti, un indizio circa eventuali incidenze di attività antropiche sulla composizione del particolato.

Elementi come alluminio, calcio, silicio, e titanio, con i loro principali ossidi, si trovano prevalentemente in particelle di grandi dimensioni e forme irregolari, provenienti dall'erosione della crosta terrestre. Viceversa, potassio, rubidio e cloro sono anche in parte presenti nei fumi di combustione di biomasse. I metalli e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre e si trovano in atmosfera prevalentemente nel particolato. Le sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, maree, etc.) contribuiscono al loro ciclo naturale mentre le sorgenti antropiche (in prevalenza combustioni e processi industriali) possono

alterare il normale tasso di rilascio e di trasporto nell'ambiente modificando così la dimensione dei processi biochimici in cui sono coinvolti.

Lo zolfo è legato alla combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo, quali carbone, petrolio e derivati. Le principali sorgenti antropiche sono costituite dagli impianti per il riscaldamento e la produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili. Come elemento a sé stante è inoltre coinvolto nei processi chimici e fotochimici in fase eterogenea.

Ni, Cr, Mn, Zn, Pb e Cu e Zn sono dovuti alla elevata presenza di processi produttivi ed alle combustioni industriali in tutto il bacino aerografico. Il ferro può avere origine, come al rame e altri metalli, anche dall'usura delle parti meccaniche dei mezzi di trasporto (a esempio i freni) e pertanto può essere associato alla sorgente traffico.

Per svincolare i dati dalle condizioni meteo dei siti, si sono considerate le concentrazioni relative degli elementi nel PM10. Mentre le concentrazioni elementali assolute danno indicazione della qualità dell'aria e sono modulate dalle condizioni meteorologiche, quelle relative sono indice della qualità del particolato, sono maggiormente svincolate dalle condizioni meteo e più legate alle sorgenti emissive che hanno prodotto la polvere. Le relative sono ottenute dividendo le concentrazioni assolute per la concentrazione di massa del PM10.

Le figure 97 e 98 mostrano la media delle concentrazioni relative rilevate a Borgosatollo e riportano il range di variabilità (max-min) di quelle misurate in tutti i siti del D.lgs. 155/10 della Lombardia.

Mentre per tutti gli elementi le medie relative sul periodo risultano minori della mediana dei valori rilevati nelle stazioni di confronto, sia nel periodo estivo quanto in quello invernale è possibile rilevare nel particolato analizzato una presenza di zinco, manganese, piombo e calcio superiore alla mediana delle concentrazioni relative rilevabili negli altri siti lombardi. In particolare, la concentrazione di Zinco risulta superiore, seppur di poco, all'estremo del range di variabilità degli altri siti della regione. Ad esclusione del calcio, che comunque dall'analisi a cluster è risultato di natura prevalentemente terrigena, come stimato dall'Inventario delle emissioni INEMAR, le attività industriali, sia come combustione industriale che come processi produttivi, sono all'origine delle maggior parte delle emissioni di nichel, zinco, piombo, rame, cromo, arsenico e cadmio.

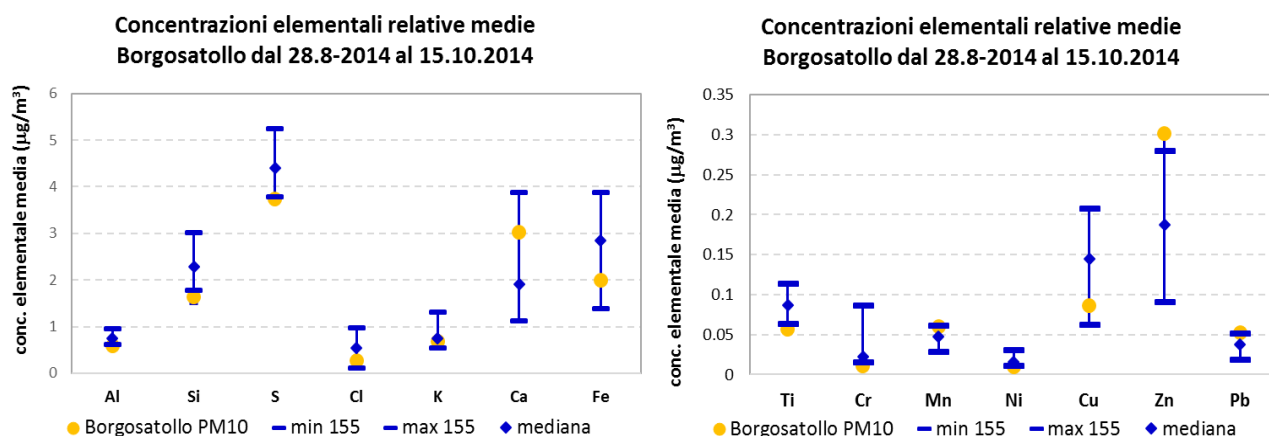


figura 20 –Concentrazioni relative degli elementi durante la campagna estiva.

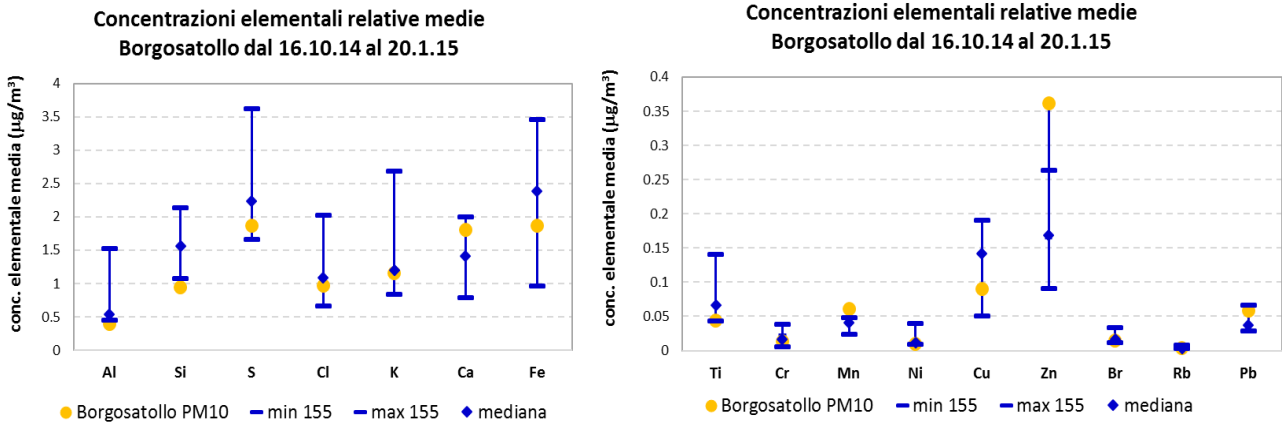


figura 98 –Concentrazioni relative degli elementi durante la campagna invernale.

Come già detto, tra questi elementi gli unici ad essere normati sono il nichel ed il piombo. Considerando tutto il periodo di campionamento, coerentemente a quanto risultato con l'ICP/MS, il nichel ha registrato un valore di concentrazione medio sul periodo di 3.7 ng/m<sup>3</sup> ed il piombo 0.03 µg/m<sup>3</sup>. Tali valori sono comunque ben al disotto del limite normativo e lasciano presumere che il limite non sia stato superato.

## Conclusioni

L'analisi dei dati della campagna di misura effettuata nel comune di Borgosatollo indica che esiste una coerenza, nel periodo oggetto dello studio dal 28 agosto 2014 al 20 gennaio 2015, con le misure effettuate nelle altre stazioni di misura della regione Lombardia. Gli andamenti delle concentrazioni risultano ben correlati e gli stessi valori assoluti sono paragonabili. In un territorio come quello della Pianura Padana piuttosto omogeneo e privo di rilevanti barriere orografiche, la distribuzione delle fonti di emissione degli inquinanti e la capacità di questi ultimi a diffondersi e trasformarsi in atmosfera determina la loro presenza ubiquitaria in atmosfera e quindi la necessità di un'azione di contrasto non solo locale.

Analizzando nello specifico i vari inquinanti si nota subito che le concentrazioni del biossido di zolfo **SO<sub>2</sub>** e **CO** sono sensibilmente al di sotto dei limiti imposti dalla normativa, come in tutta la Lombardia.

Dal confronto con altri siti, l'**NO<sub>2</sub>** registra livelli confrontabili con quelli del bacino aerografico di appartenenza, in particolare le concentrazioni medie sono paragonabili a quelle delle postazioni di fondo urbano della città di Brescia.

I valori di **O<sub>3</sub>** rilevati risultano in linea con i valori degli altri siti di confronto e sono chiaramente modulate dalle condizioni meteorologiche del periodo di campionamento.

Le concentrazioni di **Benzene** e **Toluene**, che durante la stagione calda appaiono piuttosto basse, tendono ad aumentare leggermente nel periodo freddo, per la diminuzione della capacità di dispersione dell'atmosfera.

Le concentrazioni medie di **PM10** sono risultate tra le più alte di tutti i siti a confronto, paragonabili a quelle delle postazioni di Rezzato e di Soresina, postazione quest'ultima che, in periodo estivo, risente delle attività

agricole nella formazione del particolato secondario. Tuttavia, la proiezione all'anno solare delle concentrazioni misurate suggerisce un'elevata probabilità del rispetto del limite annuale nel 2014.

Le analisi condotte sul particolato evidenziano concentrazioni dei metalli normati abbondantemente inferiori ai limiti di legge ed indicano la presenza di combustioni di biomasse nel periodo invernale ed un contributo significativo nella formazione del particolato dei processi industriali come stimato dall'inventario delle emissioni. La presenza di concentrazioni di Zinco, Manganese, Piombo e Calcio mediamente maggiori della media regionale, anche se in misura contenuta, è infatti indicazione dell'influenza dal comparto industriale-artigianale sulla qualità dell'aria.

Le concentrazioni di **benzo(a)pirene**, superiori rispetto ai siti cittadini, ma anche a siti rurali di pianura, confermano l'importanza della combustione di legna per riscaldamento domestico come stimato da INEMAR. Tale influenza è inoltre confermata dall'analisi delle componenti elementali del potassio, rubidio e cloro, indicatori non specifici di questa sorgente. Anche se la media del periodo invernale di benzo(a)pirene risulta superiore al valore di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la proiezione all'anno solare suggerisce il rispetto del limite di legge.

## **Ringraziamenti**

Si ringrazia l'Amministrazione Comunale per la collaborazione apportata durante la campagna di monitoraggio.

## Dati emissioni

Comune di Borgosatollo	SO2	NOx	COV	CO	PM10	Precurs. O3
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Prod.ne energia e trasform. combustibili	0	0	0	0	0	0
Combustione non industriale	0.387	7.02	6.40	43.0	4.87	19.8
Combustione nell'industria	0.384	2.29	0.742	0.702	0.186	3.62
Processi produttivi	0	0	9.87	0	2.27	9.87
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	1.53	0	0	2.19
Uso di solventi	0	0	57.3	0	0.593	57.3
Trasporto su strada	0.067	38.6	11.5	49.9	2.93	64.1
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.016	5.42	0.599	1.86	0.276	7.42
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0.002	0.001	0.036	0.017	0.007
Agricoltura	0	0.225	35.1	0	0.121	37.0
Altre sorgenti e assorbimenti	0.006	0.029	0.026	0.610	0.653	0.129
<b>Totale</b>	<b>0.9</b>	<b>53.6</b>	<b>123.1</b>	<b>96</b>	<b>12</b>	<b>201</b>

Comuni del bacino aereografico	SO2	NOx	COV	CO	PM10	Precurs.
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Prod.ne energia e trasform. combustibili	109	182	12.4	93.6	20.4	246
Combustione non industriale	33.3	634	604	4612	499	1891
Combustione nell'industria	1320	2672	607	2618	155	4156
Processi produttivi	501	683	1234	7978	160	2946
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	432	0	0	492
Uso di solventi	0.716	5.48	4720	5.69	47.7	4728
Trasporto su strada	8.53	5074	1067	5312	367	7843
Altre sorgenti mobili e macchinari	7.79	944	106	322	48.6	1293
Trattamento e smaltimento rifiuti	82.0	422	420	127	2.34	1194
Agricoltura	0	41.3	5563	0	177	6072
Altre sorgenti e assorbimenti	0.713	3.44	851	82.1	51.3	865
<b>Totale</b>	<b>2063</b>	<b>10662</b>	<b>15617</b>	<b>21152</b>	<b>1527</b>	<b>31725</b>

Comune di Borgosatollo	PM10	IPA-cltrp	BaP	Ni	Cr	Zn	Pb	Cu	As	Cd
	t/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno
Prod.ne energia e trasform. combustibili										
Combustione non industriale	4.87	3.91	1.29	0.022	0.252	5.60	0.295	0.066	0.022	0.142
Combustione nell'industria	0.186	0.171	0.049	0.171	0.013	0.254	0.031	0.030	0.019	0.004
Processi produttivi	2.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso di solventi	0.593	0	0	0	0.030	0	0.000	0.015	0	0.001
Trasporto su strada	2.93	0.280	0.068	0.250	1.45	18.0	3.84	30.0	0.042	0.048
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.276	0.022	0.005	0.011	0.008	0.156	0.005	0.265	0	0.002
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.017	0.001	0.000	0	0	0.011	0.000	0.000	0.000	0
Agricoltura	0.121	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Altre sorgenti e assorbimenti	0.653	0.171	0.021	0.081	0.106	1.86	0.549	1.08	0.004	0.070
<b>Totale</b>	<b>11.9</b>	<b>4.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Comuni del bacino aereografico	PM10	IPA-cltrp	BaP	Ni	Cr	Zn	Pb	Cu	As	Cd
	t/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno	kg/anno
Prod.ne energia e trasform. combustibili	20.4	0.243	0.171	10.8	9.28	186	16.0	19.0	14.0	1.85
Combustione non industriale	499	470	154	2.37	27.2	606	31.8	7.10	1.95	15.3
Combustione nell'industria	155	383	111	571	5079	1145	2612	580	154	119
Processi produttivi	160	16.2	4.05	265	237	9344	1619	699	155	74.0
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso di solventi	47.7	0	0	0	0.730	151	26.8	0.367	0	0.101
Trasporto su strada	367	36.9	8.89	32.3	187	2317	494	3859	5.47	6.18
Altre sorgenti mobili e macchinari	48.6	3.68	0.792	1.84	1.31	26.2	0.819	44.6	0	0.260
Trattamento e smaltimento rifiuti	2.34	1.18	0.293	6.40	17.5	33.8	2.18	3.87	0.971	0.567
Agricoltura	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Altre sorgenti e assorbimenti	51.3	14.4	1.79	6.10	8.05	141	41.4	81.0	0.295	5.31
<b>Totale</b>	<b>1527.2</b>	<b>926.0</b>	<b>280.2</b>	<b>896</b>	<b>5568</b>	<b>13950</b>	<b>4844</b>	<b>5293</b>	<b>332</b>	<b>222</b>

### Dati orari analizzatori

## Dati giornalieri PM10

Giorno	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
28-ago-14	18
29-ago-14	26
30-ago-14	27
31-ago-14	15
01-set-14	11
02-set-14	15
03-set-14	19
04-set-14	31
05-set-14	28
06-set-14	25
07-set-14	20
08-set-14	32
09-set-14	36
10-set-14	18
11-set-14	
12-set-14	
13-set-14	
14-set-14	
15-set-14	
16-set-14	
17-set-14	26
18-set-14	37
19-set-14	42
20-set-14	46
21-set-14	48
22-set-14	27
23-set-14	25
24-set-14	33
25-set-14	49
26-set-14	59
27-set-14	83
28-set-14	45
29-set-14	55
30-set-14	86
01-ott-14	63
02-ott-14	48
03-ott-14	46
04-ott-14	37
05-ott-14	32
06-ott-14	44
07-ott-14	46
08-ott-14	36
09-ott-14	55
10-ott-14	58
11-ott-14	36
12-ott-14	30
13-ott-14	20
14-ott-14	19
15-ott-14	44

Giorno	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
16-ott-14	39
17-ott-14	35
18-ott-14	38
19-ott-14	55
20-ott-14	66
21-ott-14	70
22-ott-14	13
23-ott-14	23
24-ott-14	33
25-ott-14	29
26-ott-14	33
27-ott-14	38
28-ott-14	49
29-ott-14	83
30-ott-14	100
31-ott-14	104
01-nov-14	101
02-nov-14	81
03-nov-14	67
04-nov-14	28
05-nov-14	17
06-nov-14	15
07-nov-14	33
08-nov-14	40
09-nov-14	27
10-nov-14	12
11-nov-14	9
12-nov-14	17
13-nov-14	31
14-nov-14	44
15-nov-14	26
16-nov-14	14
17-nov-14	11
18-nov-14	24
19-nov-14	45
20-nov-14	52
21-nov-14	55
22-nov-14	61
23-nov-14	75
24-nov-14	85
25-nov-14	82
26-nov-14	41
27-nov-14	47
28-nov-14	56
29-nov-14	50
30-nov-14	36

Giorno	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
01-dic-14	15
02-dic-14	26
03-dic-14	34
04-dic-14	20
05-dic-14	34
06-dic-14	37
07-dic-14	19
08-dic-14	39
09-dic-14	32
10-dic-14	49
11-dic-14	57
12-dic-14	63
13-dic-14	63
14-dic-14	76
15-dic-14	73
16-dic-14	46
17-dic-14	50
18-dic-14	52
19-dic-14	58
20-dic-14	54
21-dic-14	49
22-dic-14	49
23-dic-14	41
24-dic-14	43
25-dic-14	66
26-dic-14	55
27-dic-14	38
28-dic-14	56
29-dic-14	54
30-dic-14	35
31-dic-14	49
01-gen-15	103
02-gen-15	105
03-gen-15	77
04-gen-15	49
05-gen-15	36
06-gen-15	57
07-gen-15	81
08-gen-15	84
09-gen-15	99
10-gen-15	100
11-gen-15	83
12-gen-15	49
13-gen-15	67
14-gen-15	90
15-gen-15	79
16-gen-15	39
17-gen-15	20
18-gen-15	37
19-gen-15	58
20-gen-15	59

## Dati giornalieri analisi ICP-MS

Data campionamento	Ni (µg/m <sup>3</sup> )	As (µg/m <sup>3</sup> )	Cd (µg/m <sup>3</sup> )	Pb (µg/m <sup>3</sup> )
21-nov-14	0.0105	< 0.0021	0.0006	0.0502
23-nov-14	0.0042	< 0.0021	0.0006	0.0523
25-nov-14	0.0084	0.0021	0.0008	0.0482
27-nov-14	0.0063	< 0.0021	0.0006	0.0398
29-nov-14	0.0105	0.0021	0.0008	0.0670
01-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0001	0.0105
03-dic-14	0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0293
05-dic-14	0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0314
07-dic-14	0.0042	< 0.0021	0.0002	0.0147
09-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0188
11-dic-14	0.0146	< 0.0021	0.0008	0.0439
13-dic-14	0.0063	< 0.0021	0.0006	0.0314
15-dic-14	0.0045	< 0.0021	0.0007	0.0544
17-dic-14	0.0063	< 0.0021	0.0013	0.0816
19-dic-14	0.0084	0.0021	0.0021	0.1151
21-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0008	0.0921
23-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0167
25-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0147
27-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0002	0.0105
29-dic-14	0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0230
31-dic-14	< 0.0042	< 0.0021	0.0002	0.0105
02-gen-15	0.0042	< 0.0021	0.0008	0.0335
04-gen-15	< 0.0042	< 0.0021	0.0002	0.0125
06-gen-15	< 0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0167
08-gen-15	0.0042	< 0.0021	0.0008	0.0565
10-gen-15	0.0067	< 0.0021	0.0009	0.0399
12-gen-15	0.0042	< 0.0021	0.0006	0.0711
14-gen-15	0.0110	0.0022	0.0013	0.1030
16-gen-15	0.0063	< 0.0021	0.0002	0.0209
18-gen-15	< 0.0042	< 0.0021	0.0004	0.0314
20-gen-15	0.0063	< 0.0021	0.0006	0.0607



## Dati giornalieri analisi IPA

Data campionamento	B(a)P (ng/m <sup>3</sup> )	B(a)A (ng/m <sup>3</sup> )	B(b)F (ng/m <sup>3</sup> )	B(k)F+B(j)F (ng/m <sup>3</sup> )	I(1,2,3,c,d)P (ng/m <sup>3</sup> )	dB(a,h)A (ng/m <sup>3</sup> )
20-nov-14	3.066	1.438	1.578	1.147	1.466	0.141
22-nov-14	2.442	1.360	1.323	0.927	1.322	0.129
24-nov-14	4.103	1.851	2.252	1.610	2.516	0.225
26-nov-14	0.877	0.408	0.758	0.385	0.620	< 0.105
28-nov-14	2.454	1.062	1.792	0.950	1.292	0.144
30-nov-14	3.293	0.972	2.116	1.165	1.896	0.192
02-dic-14	0.720	0.788	0.645	0.294	0.458	< 0.105
04-dic-14	0.452	0.330	0.274	0.206	0.285	< 0.105
06-dic-14	2.735	1.050	1.748	0.989	1.314	0.158
08-dic-14	2.227	0.814	1.651	0.877	1.438	0.138
10-dic-14	2.810	1.829	1.439	1.086	1.528	0.140
12-dic-14	4.390	2.540	2.177	1.639	2.357	0.228
14-dic-14	4.306	2.123	3.328	1.768	2.628	0.239
16-dic-14	3.258	1.676	2.251	1.248	1.909	0.165
18-dic-14	3.550	2.071	2.903	1.513	2.114	0.164
20-dic-14	2.048	1.250	1.444	0.987	1.238	0.126
22-dic-14	1.444	0.852	1.354	0.752	1.045	< 0.105
24-dic-14	1.734	1.020	1.329	0.790	0.943	< 0.105
26-dic-14	3.401	1.980	1.894	1.351	1.872	0.180
28-dic-14	3.425	2.817	1.969	1.449	1.905	0.178
30-dic-14	1.897	1.156	1.246	0.759	1.008	< 0.105
01-gen-15	5.405	3.929	2.910	2.106	2.946	0.254
03-gen-15	5.497	2.976	2.964	2.173	3.013	0.285
05-gen-15	2.183	1.313	1.135	0.858	1.124	0.121
07-gen-15	5.302	3.143	2.812	2.059	2.730	0.245
09-gen-15	3.715	1.967	2.938	1.539	2.215	0.181
11-gen-15	3.450	1.683	1.943	1.397	2.126	0.186
13-gen-15	3.628	1.977	1.827	1.378	1.974	0.160
15-gen-15	4.082	2.042	2.237	1.672	2.328	0.218
17-gen-15	0.653	0.300	0.449	0.284	0.357	< 0.105
19-gen-15	4.786	2.569	2.437	1.816	2.482	0.224

## Dati giornalieri analisi XRF

Data campionamento	Al (µg/m <sup>3</sup> )	Si (µg/m <sup>3</sup> )	P (µg/m <sup>3</sup> )	S (µg/m <sup>3</sup> )	Cl (µg/m <sup>3</sup> )	K (µg/m <sup>3</sup> )	Ca (µg/m <sup>3</sup> )	Ti (µg/m <sup>3</sup> )	Cr (µg/m <sup>3</sup> )	Mn (µg/m <sup>3</sup> )	Fe (µg/m <sup>3</sup> )	Ni (µg/m <sup>3</sup> )	Cu (µg/m <sup>3</sup> )	Zn (µg/m <sup>3</sup> )	Br (µg/m <sup>3</sup> )	Rb (µg/m <sup>3</sup> )	Pb (µg/m <sup>3</sup> )
28-ago-14	0.148	0.445	< 0.047	0.601	0.051	0.155	0.880	0.012	< 0.0023	0.009	0.324	< 0.001	0.011	0.021	< 0.006	< 0.001	< 0.007
29-ago-14	0.183	0.546	< 0.047	0.795	0.049	0.182	1.032	0.017	0.0034	0.019	0.561	0.0024	0.031	0.067	< 0.006	< 0.001	0.009
30-ago-14	0.151	0.470	< 0.047	0.984	0.036	0.181	0.937	0.015	0.0039	0.015	0.487	0.0037	0.031	0.100	< 0.006	< 0.001	0.014
31-ago-14	0.075	0.209	< 0.047	0.615	0.018	0.109	0.328	0.006	< 0.0023	0.006	0.203	0.0020	0.021	0.030	< 0.006	< 0.001	0.007
01-set-14	0.082	0.192	< 0.047	0.409	0.028	0.102	0.319	0.007	0.0062	0.020	0.497	0.0080	0.031	0.050	< 0.006	< 0.001	0.010
02-set-14	0.159	0.353	< 0.047	0.195	0.080	0.123	0.825	0.010	< 0.0023	0.014	0.460	0.0027	0.021	0.091	< 0.006	< 0.001	0.018
03-set-14	0.150	0.451	< 0.047	0.252	0.061	0.144	0.574	0.018	0.0041	0.026	0.848	0.0026	0.026	0.150	< 0.006	< 0.001	0.020
04-set-14	0.309	0.764	< 0.047	0.803	0.083	0.273	1.129	0.029	0.0056	0.031	1.097	0.0052	0.041	0.145	< 0.006	0.0020	0.058
05-set-14	0.258	0.747	< 0.047	1.117	0.059	0.347	1.186	0.025	0.0041	0.031	0.983	0.0047	0.046	0.255	< 0.006	< 0.001	0.038
06-set-14	0.220	0.649	< 0.047	1.096	0.032	0.321	0.726	0.019	0.0026	0.014	0.529	0.0017	0.018	0.076	< 0.006	0.0016	0.014
07-set-14	0.162	0.555	< 0.047	1.249	0.020	0.283	0.442	0.015	< 0.0023	0.010	0.325	< 0.001	0.008	0.036	< 0.006	0.0013	0.009
08-set-14	0.281	0.807	< 0.047	1.427	0.042	0.344	1.304	0.025	0.0036	0.020	0.621	0.0040	0.026	0.056	0.007	0.0015	0.010
09-set-14	0.346	0.841	< 0.047	1.316	0.054	0.350	2.063	0.028	0.0085	0.029	0.783	0.0061	0.038	0.086	< 0.006	0.0012	0.021
10-set-14	0.078	0.236	< 0.051	0.660	0.027	0.141	0.644	0.008	< 0.0025	0.011	0.295	0.0021	0.010	0.054	< 0.006	< 0.0011	0.011
17-set-14	0.235	0.678	< 0.047	0.945	0.050	0.228	1.835	0.020	< 0.0023	0.019	0.612	0.0046	0.033	0.092	< 0.006	< 0.001	0.016
18-set-14	0.359	0.980	< 0.047	1.902	0.060	0.352	2.300	0.032	0.0057	0.021	0.721	0.0048	0.018	0.065	< 0.006	0.0021	0.011
19-set-14	0.246	0.737	< 0.047	2.098	0.050	0.281	1.622	0.027	0.0039	0.024	0.778	0.0034	0.043	0.146	< 0.006	< 0.001	0.022
20-set-14	0.306	0.769	< 0.047	1.583	0.151	0.320	0.822	0.028	0.0040	0.027	0.777	0.0043	0.046	0.190	0.006	< 0.001	0.028
21-set-14	0.256	0.680	< 0.047	1.726	0.064	0.276	0.539	0.024	< 0.0023	0.015	0.548	0.0016	0.019	0.108	< 0.006	< 0.001	0.016
22-set-14	0.246	0.611	< 0.047	1.185	0.053	0.278	0.806	0.021	0.0038	0.029	0.706	0.0014	0.027	0.211	< 0.006	< 0.001	0.019
23-set-14	0.184	0.550	< 0.047	1.710	0.808	0.189	1.401	0.017	< 0.0023	0.012	0.423	< 0.001	0.011	0.032	< 0.006	< 0.001	< 0.007
24-set-14	0.337	0.801	< 0.047	1.595	0.149	0.233	2.105	0.024	0.0043	0.016	0.672	0.0038	0.036	0.056	< 0.006	0.0020	0.008
25-set-14	0.395	1.030	< 0.047	1.740	0.085	0.281	2.281	0.032	0.0042	0.029	1.060	0.0053	0.043	0.151	< 0.006	0.0015	0.027
26-set-14	0.320	0.945	< 0.047	1.790	0.092	0.263	1.623	0.032	0.0106	0.035	1.415	0.0089	0.038	0.122	< 0.006	0.0015	0.017
27-set-14	0.296	0.773	< 0.047	1.908	0.097	0.302	1.700	0.028	0.0047	0.032	0.962	0.0045	0.054	0.204	< 0.006	0.0014	0.036
28-set-14	0.137	0.443	< 0.047	1.467	0.041	0.211	1.002	0.015	0.0031	0.015	0.555	0.0023	0.027	0.080	< 0.006	0.0011	0.019
29-set-14	0.371	0.973	< 0.048	1.209	0.068	0.329	1.999	0.031	0.0047	0.037	0.903	0.0037	0.043	0.147	< 0.006	0.0013	0.018
30-set-14	0.491	1.298	< 0.047	1.565	0.099	0.396	2.074	0.042	0.0040	0.030	1.313	0.0041	0.043	0.153	< 0.006	0.0020	0.031
01-ott-14	0.100	0.398	< 0.049	1.761	0.061	0.244	0.397	0.018	0.0036	0.016	0.553	0.0053	0.040	0.096	< 0.006	< 0.0011	0.028
02-ott-14	0.143	0.396	< 0.048	1.165	0.065	0.219	0.840	0.017	0.0104	0.026	2.030	0.0116	0.040	0.174	< 0.006	< 0.001	0.027
03-ott-14	0.293	0.845	< 0.047	0.927	0.091	0.262	1.999	0.027	< 0.0023	0.018	1.852	0.0028	0.022	0.074	< 0.006	0.0013	0.009
04-ott-14	0.176	0.479	< 0.047	1.586	0.032	0.227	1.324	0.016	< 0.0023	0.015	0.582	0.0038	0.032	0.059	< 0.006	0.0010	0.013
05-ott-14	0.101	0.311	< 0.047	1.916	0.033	0.212	0.692	0.010	< 0.0023	0.012	0.331	< 0.001	0.011	0.073	< 0.006	< 0.001	0.014

Data campionamento	Al (µg/m³)	Si (µg/m³)	P (µg/m³)	S (µg/m³)	Cl (µg/m³)	K (µg/m³)	Ca (µg/m³)	Ti (µg/m³)	Cr (µg/m³)	Mn (µg/m³)	Fe (µg/m³)	Ni (µg/m³)	Cu (µg/m³)	Zn (µg/m³)	Br (µg/m³)	Rb (µg/m³)	Pb (µg/m³)
06-ott-14	0.326	0.885	< 0.047	3.161	0.040	0.308	2.344	0.028	< 0.0023	0.020	0.726	0.0018	0.034	0.096	< 0.006	0.0016	0.024
07-ott-14	0.220	0.656	< 0.047	2.811	0.067	0.268	1.577	0.022	0.0044	0.020	0.779	0.0059	0.034	0.085	< 0.006	0.0018	0.015
08-ott-14	0.111	0.217	< 0.047	1.847	0.151	0.228	0.456	0.014	0.0092	0.031	0.851	0.0039	0.053	0.211	< 0.006	< 0.001	0.034
09-ott-14	0.130	0.315	< 0.047	2.058	0.262	0.339	0.579	0.019	0.0065	0.041	0.858	0.0047	0.059	0.169	0.010	< 0.001	0.033
10-ott-14	0.190	0.557	< 0.047	1.961	0.301	0.298	0.931	0.023	0.0048	0.038	0.814	0.0064	0.056	0.196	0.006	0.0016	0.036
11-ott-14	0.212	0.623	< 0.047	1.915	0.192	0.293	0.710	0.023	0.0030	0.013	0.513	0.0033	0.015	0.076	< 0.006	< 0.001	0.014
12-ott-14	0.229	0.617	< 0.047	1.826	0.094	0.275	0.383	0.021	< 0.0023	0.019	0.402	0.0018	0.016	0.117	< 0.006	0.0014	0.013
13-ott-14	0.209	0.552	< 0.047	0.867	0.044	0.207	0.471	0.019	0.0024	0.018	0.515	0.0018	0.018	0.073	< 0.006	< 0.001	0.012
14-ott-14	0.095	0.284	< 0.047	0.617	0.114	0.145	0.419	0.012	< 0.0023	0.033	0.419	0.0012	0.020	0.104	< 0.006	< 0.001	0.012
15-ott-14	0.154	0.391	< 0.047	1.058	0.283	0.281	0.763	0.024	0.0104	0.032	0.909	0.0032	0.059	0.228	< 0.006	< 0.001	0.038

Data campionamento	Al (µg/m³)	Si (µg/m³)	P (µg/m³)	S (µg/m³)	Cl (µg/m³)	K (µg/m³)	Ca (µg/m³)	Ti (µg/m³)	Cr (µg/m³)	Mn (µg/m³)	Fe (µg/m³)	Ni (µg/m³)	Cu (µg/m³)	Zn (µg/m³)	Br (µg/m³)	Rb (µg/m³)	Pb (µg/m³)
16-ott-14	0.249	0.618	< 0.047	0.780	0.331	0.282	0.999	0.032	0.0095	0.058	1.317	0.0059	0.065	0.249	< 0.006	0.0011	0.028
17-ott-14	0.198	0.556	< 0.047	0.995	0.190	0.277	0.829	0.027	0.0145	0.039	1.129	0.0119	0.048	0.228	0.006	< 0.001	0.036
18-ott-14	0.118	0.398	< 0.047	0.928	0.207	0.240	0.945	0.015	0.0035	0.015	0.702	0.0026	0.029	0.084	< 0.006	0.0014	0.012
19-ott-14	0.079	0.299	< 0.047	1.450	0.140	0.213	0.517	0.010	0.0025	0.022	0.519	0.0036	0.037	0.137	0.006	< 0.001	0.028
20-ott-14	0.121	0.376	< 0.047	2.165	0.305	0.232	0.562	0.013	0.0062	0.039	0.602	0.0050	0.035	0.080	0.007	0.0011	0.022
21-ott-14	0.484	1.302	< 0.047	1.608	0.296	0.395	1.267	0.049	0.0092	0.049	1.653	0.0041	0.055	0.338	0.011	0.0019	0.040
22-ott-14	0.154	0.414	< 0.047	0.415	0.148	0.157	0.559	0.016	0.0035	0.033	0.782	0.0032	0.037	0.286	< 0.006	< 0.001	0.036
23-ott-14	0.364	0.830	< 0.047	0.244	0.205	0.264	1.825	0.026	0.0068	0.054	1.178	0.0058	0.049	0.360	< 0.006	0.0012	0.039
24-ott-14	0.359	0.820	< 0.047	0.357	0.212	0.308	2.322	0.039	0.0395	0.052	1.777	0.0072	0.104	0.591	< 0.006	0.0016	0.053
25-ott-14	0.149	0.452	< 0.047	0.803	0.417	0.234	0.925	0.014	< 0.0023	0.012	0.628	0.0026	0.031	0.058	< 0.006	< 0.001	0.012
26-ott-14	0.124	0.312	< 0.047	1.453	0.061	0.226	0.733	0.010	0.0035	0.020	0.522	< 0.001	0.020	0.043	< 0.006	< 0.001	< 0.007
27-ott-14	0.250	0.547	< 0.047	1.528	0.164	0.343	1.614	0.032	0.0025	0.022	0.768	< 0.001	0.033	0.083	< 0.006	0.0011	0.010
28-ott-14	0.257	0.589	< 0.047	1.330	0.177	0.405	1.629	0.024	0.0052	0.032	1.242	0.0022	0.046	0.145	< 0.006	0.0011	0.021
29-ott-14	0.350	0.839	< 0.047	1.357	0.295	0.526	3.193	0.030	0.0104	0.045	1.324	0.0033	0.049	0.181	0.009	0.0015	0.035
30-ott-14	0.364	0.957	< 0.047	1.401	0.352	0.624	2.013	0.038	0.0088	0.036	1.613	0.0034	0.064	0.212	0.012	0.0015	0.074
31-ott-14	0.442	1.020	< 0.047	1.168	0.708	0.799	2.615	0.039	0.0125	0.066	2.068	0.0062	0.088	0.308	0.013	0.0031	0.050
01-nov-14	0.275	0.688	< 0.047	1.024	0.456	1.101	1.149	0.028	0.0076	0.038	1.655	0.0050	0.079	0.223	0.012	0.0035	0.044
02-nov-14	0.182	0.516	< 0.047	0.740	0.264	0.820	0.788	0.017	0.0049	0.019	1.250	0.0022	0.056	0.104	0.009	0.0022	0.019
03-nov-14	0.202	0.571	< 0.047	0.831	0.229	0.520	1.801	0.020	< 0.0023	0.023	0.813	0.0024	0.028	0.071	0.006	0.0019	0.015
04-nov-14	0.120	0.371	< 0.047	0.988	0.255	0.237	0.611	0.014	0.0048	0.011	0.336	0.0045	0.022	0.037	0.007	< 0.001	< 0.007
05-nov-14	0.200	0.476	< 0.047	0.664	0.242	0.206	0.392	0.018	0.0039	0.009	0.339	0.0049	0.007	0.026	< 0.006	< 0.001	< 0.007

Data campionamento	Al (µg/m³)	Si (µg/m³)	P (µg/m³)	S (µg/m³)	Cl (µg/m³)	K (µg/m³)	Ca (µg/m³)	Ti (µg/m³)	Cr (µg/m³)	Mn (µg/m³)	Fe (µg/m³)	Ni (µg/m³)	Cu (µg/m³)	Zn (µg/m³)	Br (µg/m³)	Rb (µg/m³)	Pb (µg/m³)
07-nov-14	0.115	0.221	< 0.047	0.787	0.289	0.438	0.308	0.017	0.0067	0.029	0.710	0.0053	0.052	0.211	0.006	< 0.001	0.047
08-nov-14	0.134	0.335	< 0.047	0.910	0.353	0.458	0.332	0.018	0.0059	0.029	0.779	0.0053	0.046	0.221	0.007	0.0018	0.029
09-nov-14	0.215	0.563	< 0.047	0.782	0.165	0.253	0.231	0.019	< 0.0023	0.007	0.318	< 0.001	0.007	0.047	< 0.006	< 0.001	< 0.007
10-nov-14	0.116	0.290	< 0.047	0.394	0.034	0.145	0.234	0.010	< 0.0023	0.007	0.212	< 0.001	0.006	0.031	< 0.006	< 0.001	< 0.007
11-nov-14	0.075	0.205	< 0.047	0.263	0.065	0.128	0.302	0.008	0.0035	0.014	0.383	0.0011	0.010	0.039	< 0.006	< 0.001	< 0.007
12-nov-14	0.247	0.564	< 0.047	0.490	0.126	0.253	0.583	0.020	0.0061	0.016	0.595	0.0063	0.022	0.070	< 0.006	< 0.001	0.012
13-nov-14	0.194	0.443	< 0.047	0.415	0.188	0.362	0.971	0.030	0.0114	0.030	1.196	0.0098	0.048	0.146	0.006	0.0018	0.025
14-nov-14	0.248	0.628	< 0.047	0.627	0.267	0.492	1.651	0.031	0.0205	0.056	1.917	0.0306	0.078	0.235	< 0.006	0.0015	0.040
15-nov-14	0.102	0.315	< 0.047	1.004	0.059	0.223	0.274	0.011	0.0037	0.009	0.325	0.0050	0.024	0.041	< 0.006	< 0.001	0.009
16-nov-14	< 0.071	0.121	< 0.047	0.316	0.555	0.171	0.147	< 0.005	< 0.0023	< 0.004	0.152	< 0.001	0.006	0.037	0.007	< 0.001	0.007
17-nov-14	< 0.071	0.126	< 0.047	0.284	0.111	0.148	0.263	0.005	< 0.0023	0.013	0.596	0.0037	0.026	0.072	< 0.006	0.0012	0.014
18-nov-14	0.126	0.234	< 0.047	0.287	0.140	0.325	1.152	0.013	0.0049	0.025	0.790	0.0033	0.045	0.128	< 0.006	0.0013	0.018
19-nov-14	0.195	0.450	< 0.047	0.411	0.375	0.577	0.793	0.026	0.0084	0.045	1.545	0.0082	0.080	0.266	< 0.006	0.0028	0.053
21-nov-14	0.225	0.524	< 0.047	0.527	0.458	0.682	1.527	0.025	0.0102	0.062	1.761	0.0079	0.079	0.338	0.006	0.0014	0.044
23-nov-14	0.161	0.369	< 0.047	0.772	0.464	0.888	0.603	0.016	0.0068	0.036	1.205	0.0042	0.078	0.342	0.006	0.0023	0.051
25-nov-14	0.227	0.558	< 0.047	1.302	0.550	0.936	1.539	0.027	0.0083	0.045	1.187	0.0047	0.052	0.260	0.008	0.0024	0.040
27-nov-14	0.187	0.392	< 0.047	2.223	0.242	0.485	0.318	0.019	0.0056	0.026	0.617	0.0053	0.041	0.179	0.010	0.0014	0.038
29-nov-14	0.140	0.265	< 0.047	1.065	0.913	0.863	0.260	0.033	0.0079	0.048	1.138	0.0058	0.060	0.397	0.013	0.0025	0.058
01-dic-14	0.531	1.193	< 0.047	0.285	0.073	0.286	0.599	0.037	< 0.0023	0.014	0.543	0.0028	0.023	0.031	< 0.006	0.0013	0.009
03-dic-14	0.418	1.027	< 0.047	0.686	0.302	0.489	0.888	0.047	0.0046	0.031	0.922	0.0049	0.044	0.119	< 0.006	< 0.001	0.026
05-dic-14	0.091	0.124	< 0.047	1.998	0.507	0.354	0.172	0.009	0.0076	0.042	0.487	0.0035	0.037	0.158	0.009	0.0012	0.026
07-dic-14	< 0.071	0.079	< 0.047	0.387	0.109	0.339	0.185	< 0.005	0.0030	0.009	0.368	< 0.001	0.015	0.111	< 0.006	< 0.001	0.010
09-dic-14	0.102	0.313	< 0.047	0.430	0.171	0.446	0.658	0.016	0.0028	0.018	0.852	< 0.001	0.043	0.141	< 0.006	0.0011	0.015
11-dic-14	0.327	0.720	< 0.047	0.515	0.649	0.870	1.865	0.035	0.0079	0.042	1.590	0.0046	0.072	0.435	0.006	0.0027	0.036
13-dic-14	0.164	0.329	< 0.047	0.793	0.940	0.955	0.776	0.019	0.0039	0.038	0.869	0.0036	0.038	0.165	0.013	0.0023	0.020
15-dic-14	0.102	0.200	< 0.051	1.341	0.695	0.697	0.197	0.012	0.0040	0.020	0.646	0.0041	0.034	0.125	0.010	0.0022	0.033
17-dic-14	0.185	0.367	< 0.047	0.864	0.828	0.848	0.725	0.020	0.0071	0.047	1.239	0.0059	0.058	0.361	0.022	0.0023	0.058
19-dic-14	0.212	0.323	< 0.047	1.250	0.782	0.788	0.764	0.019	0.0199	0.058	1.089	0.0105	0.063	0.435	0.016	0.0025	0.084
21-dic-14	< 0.071	0.155	< 0.047	1.554	0.308	0.530	0.238	0.006	0.0033	0.025	0.455	< 0.001	0.018	0.305	0.008	< 0.001	0.068
23-dic-14	0.108	0.166	< 0.047	1.073	0.205	0.441	0.346	0.007	0.0027	0.014	0.450	0.0028	0.016	0.070	0.009	< 0.001	0.011
25-dic-14	0.090	0.242	< 0.047	1.669	0.379	0.723	0.434	0.010	< 0.0023	0.009	0.565	0.0032	0.037	0.046	0.015	0.0026	0.010
27-dic-14	< 0.071	0.069	< 0.047	0.905	0.197	0.661	0.189	0.007	< 0.0023	< 0.004	0.198	0.0022	0.021	0.027	0.006	< 0.001	0.009
29-dic-14	0.143	0.315	< 0.047	0.757	0.953	0.976	0.727	0.049	0.0066	0.026	0.966	0.0032	0.041	0.072	< 0.006	0.0019	0.015
31-dic-14	0.143	0.187	< 0.047	0.971	1.449	0.955	0.540	0.013	< 0.0023	0.010	0.438	0.0040	0.037	0.037	0.008	0.0021	< 0.007
02-gen-15	0.198	0.313	< 0.047	1.353	1.371	1.808	0.443	0.020	0.0041	0.016	0.771	0.0038	0.064	0.098	0.011	0.0058	0.024

Data campionamento	Al ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Si ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	P ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	S ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cl ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	K ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ca ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ti ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cr ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Fe ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ni ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Zn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Br ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Rb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
04-gen-15	0.093	0.198	< 0.047	0.603	0.788	0.823	0.369	0.010	< 0.0023	0.007	0.519	< 0.001	0.023	0.042	< 0.006	0.0019	0.009
06-gen-15	0.084	0.207	< 0.047	0.448	0.628	0.998	0.444	0.009	0.0029	0.014	0.595	0.0027	0.036	0.068	< 0.006	0.0019	0.011
08-gen-15	0.289	0.577	< 0.047	0.774	1.298	1.108	1.178	0.032	0.0066	0.032	1.134	0.0046	0.051	0.170	0.010	0.0021	0.039
10-gen-15	0.148	0.296	< 0.05	1.342	0.832	0.812	0.436	0.019	0.0183	0.040	0.712	0.0090	0.046	0.148	0.010	0.0023	0.025
12-gen-15	0.462	1.086	< 0.047	0.278	1.953	0.691	2.499	0.044	0.0074	0.057	1.550	0.0037	0.074	0.441	< 0.006	0.0011	0.051
14-gen-15	0.327	0.719	< 0.05	1.043	1.875	1.451	1.185	0.043	0.0183	0.064	1.798	0.0110	0.080	0.407	0.020	0.0037	0.068
16-gen-15	0.089	0.218	< 0.047	0.735	0.652	0.414	0.414	0.011	0.0067	0.020	0.456	0.0053	0.016	0.096	0.007	< 0.001	0.012
18-gen-15	< 0.071	0.153	< 0.047	0.578	0.499	0.570	0.342	0.006	< 0.0023	0.012	0.431	0.0029	0.035	0.139	< 0.006	0.0012	0.029
20-gen-15	0.263	0.586	< 0.047	0.901	0.942	0.975	1.497	0.029	0.0103	0.041	1.289	0.0057	0.057	0.236	0.015	0.0024	0.044