

# Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

## Comune di Sorgà

Località Pontepossero, via Molino 12.



**Periodo di attuazione:**

**29/02/2016 – 22/04/2016 (periodo invernale)**

**29/07/2016 – 05/09/2016 (periodo estivo)**

**RELAZIONE TECNICA**

Realizzato a cura di:

**A.R.P.A.V.**

**Dipartimento Provinciale di Sorgà**

Direttore: Ing. Giancarlo Cunego

**Servizio Controlli Ambientali**

Dottoressa Francesca Predicatori

Dottoressa Simona De Zolt Sappadina

**Ufficio Reti di Monitoraggio**


Andrea Salomoni

**Commento sulla situazione meteorologica**

Maria Sansone

*Errata corrige: Pag 43, Grafico 7, didascalia, riga 1: "a Schio e Sorgà".*

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

<b>Relazione tecnica n. 1/2016</b>		<b>Data : 27/01/2016</b>
F.to Il Tecnico Unità Operativa Fisica dell'Ambiente Dr.ssa Simona De Zolt Sappadina 	F.to Il Dirigente Servizio Controlli Ambientali Dr.ssa Francesca Predicatori 	

## INDICE

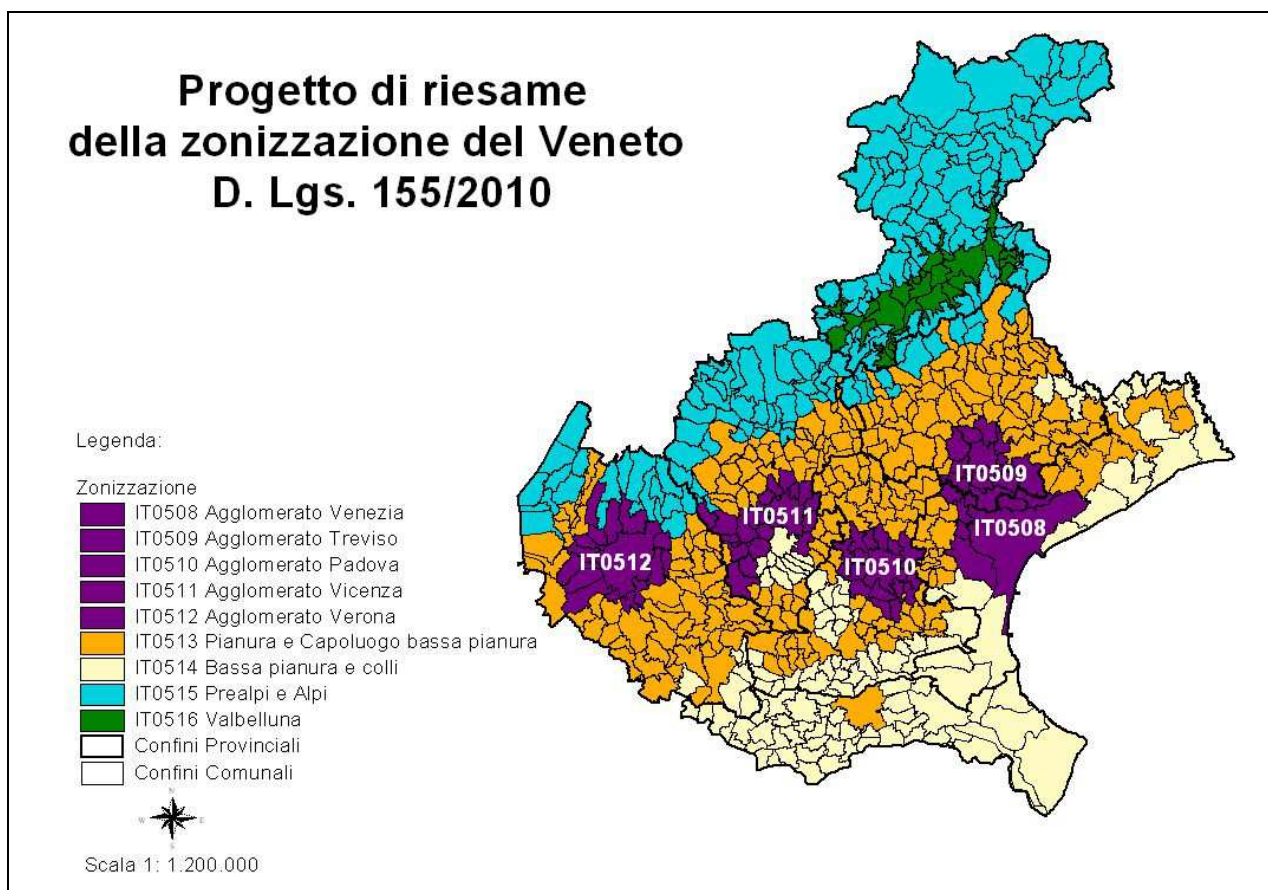
1.	Introduzione e obiettivi specifici della campagna.....	4
2.	Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione .....	4
3.	Contestualizzazione meteo climatica.....	6
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento .....	10
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	11
6.	Efficienza di campionamento.....	12
7.	Analisi dei dati rilevati .....	13
7.1.	Monossido di carbonio (CO) .....	14
7.2.	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) – Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) .....	14
7.3.	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	17
7.4.	Ozono (O <sub>3</sub> ).....	18
7.5.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10) .....	19
7.6.	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	21
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA.....	24
7.8.	Metalli (Pb, As, Cd, Ni).....	25
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	26
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse .....	31
10.	Conclusioni .....	33

# 1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria in Via Molino 12, nella località Pontepossero, del comune di Sorgà. La principale fonte di pressione di tipo industriale per la zona è l'azienda ECB, che lavora sottoprodotti della macellazione avicola per la produzione di alimenti per animali, ed emette principalmente ossidi di azoto e biossido di zolfo: essa si trova circa 2 km a sud-ovest del punto di misura. Sono presenti anche allevamenti e aziende di fabbricazione di carpenteria in legno e falegnameria per l'edilizia, e alcuni nuclei abitativi. Per quanto riguarda la rete stradale, circa 1 km a nord-ovest della postazione di misura, si trova la SS50, mentre 2 km a est c'è la SS12. La postazione mobile è stata posizionata vicino alla scuola dell'infanzia comunale. I dati di monitoraggio integrano quelli forniti dalla rete di qualità dell'aria della provincia di Verona.

## 2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 29/02/2016 al 22/04/2016 nel semestre invernale e dal 29/07/2016 al 05/09/2016 nel semestre estivo. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Sorgà ed è di tipologia "fondo suburbano". Il comune di Sorgà ricade nella zona "Pianura e Capoluogo bassa Pianura", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in Figura 1. In Figura 2 è indicata la posizione del mezzo mobile durante la campagna di monitoraggio, in via Molino 12, in località Pontepossero.



**Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.**



Posizione stazione rilocabile  
Sorgà, via Molino, loc. Ponteossoero, VR

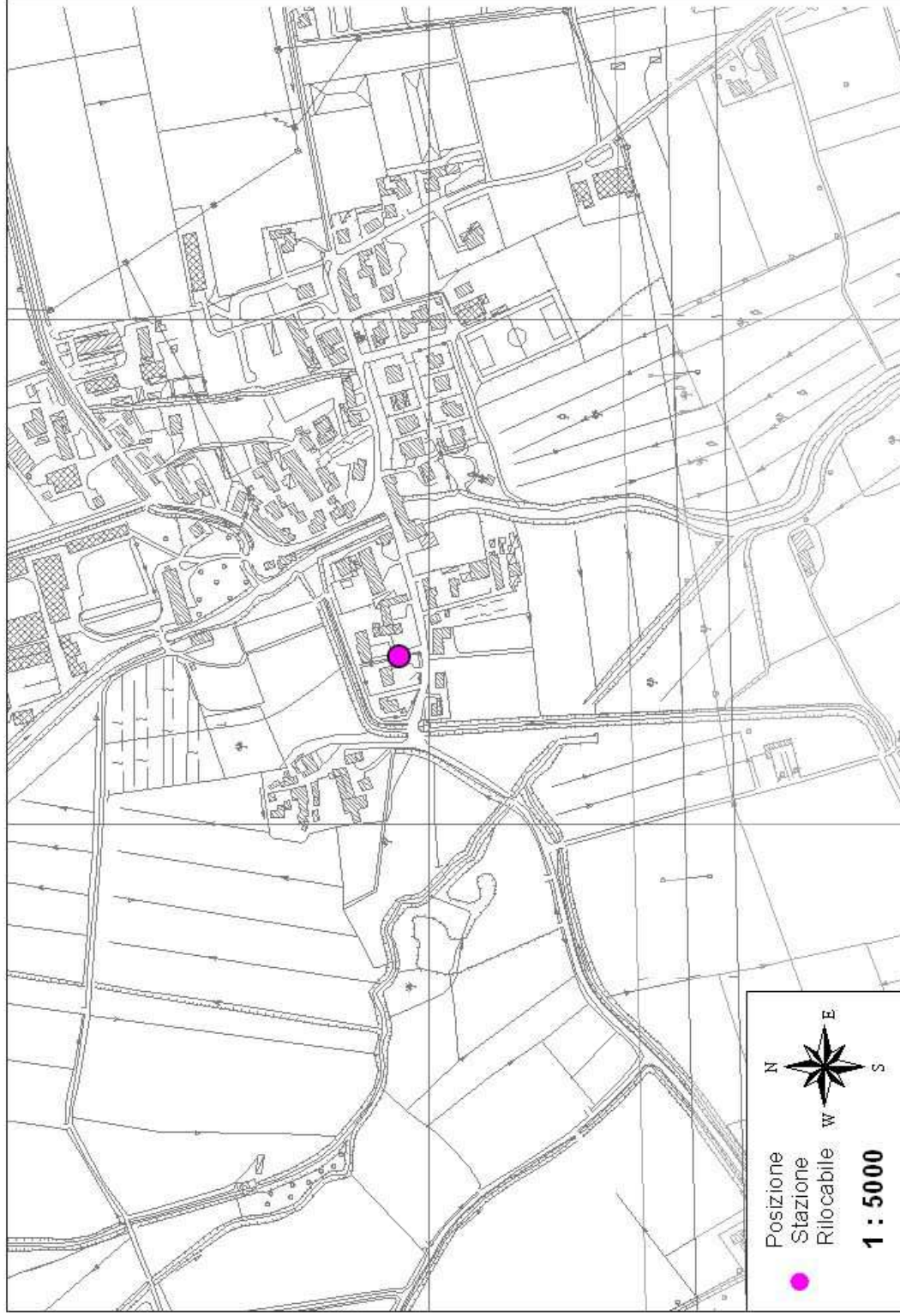


Figura 2. Estratto Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio.

### 3. Contestualizzazione meteo climatica.

Per la descrizione della situazione meteorologica sono stati utilizzati i dati della stazione di Sorgà (VR), situata circa 12 km a sud-est del sito della campagna di misura, che può essere considerata rappresentativa della meteorologia della zona oggetto di analisi.

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

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 1.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti;
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 1.5 m/s - 3 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono stati individuati in modo soggettivo, in base a un campione pluriennale di dati.

Nella Figura 3 sono state confrontate le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione ARPAV di Sorgà in tre periodi:

- 29 luglio - 5 settembre 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura estiva;
- 26 luglio - 5 settembre dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 6 settembre 2015 - 5 settembre 2016 (ANNO CORRENTE).

Gli stessi grafici sono stati ripetuti in Figura 4 con riferimento alla campagna INVERNALE, utilizzando i seguenti tre periodi:

- 29 febbraio - 22 aprile 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura invernale;
- 26 febbraio - 25 aprile dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 23 aprile 2015 - 22 aprile 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è stata simile a quella di entrambi i periodi di riferimento, salvo una frequenza leggermente maggiore dei giorni poco piovosi, soprattutto in confronto all'anno corrente;
- i giorni con vento moderato sono stati del tutto assenti e i giorni con vento molto debole sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente.

Durante la campagna di misura INVERNALE:

- i giorni piovosi (situazioni debolmente dispersive) sono stati meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento moderato sono stati più frequenti sia rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti, sia, con uno scarto maggiore, rispetto all'anno corrente; d'altra parte quelli con vento molto debole sono stati ben meno numerosi in confronto ad entrambi i periodi di riferimento.

In Figura 5 è riportata la rosa dei venti registrati presso la stazione di Sorgà durante lo svolgimento delle campagne di misura. Da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento durante il periodo ESTIVO è est-nord-est (14% dei casi) seguita da nord-nord-est (11%) e da est e nord-est (entrambe circa 10%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 14%; la velocità media pari a circa 1.4 m/s. Invece, nel periodo INVERNALE, le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono est-nord-est e est (entrambe 16% dei casi.); la frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 6%; la velocità media pari a circa 2.6 m/s.

### DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

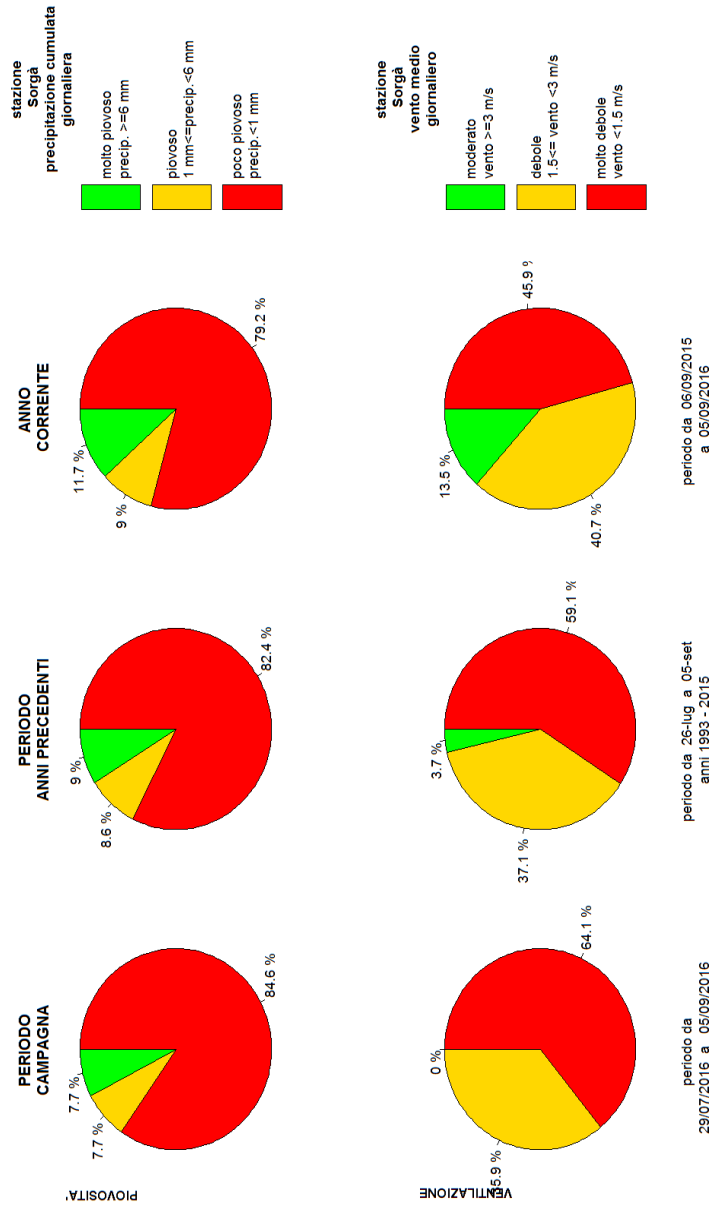


Figura 3. Campagna ESTIVA. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente a quello della campagna ma negli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI), e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE). Dati della stazione di Sorgà.

## DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

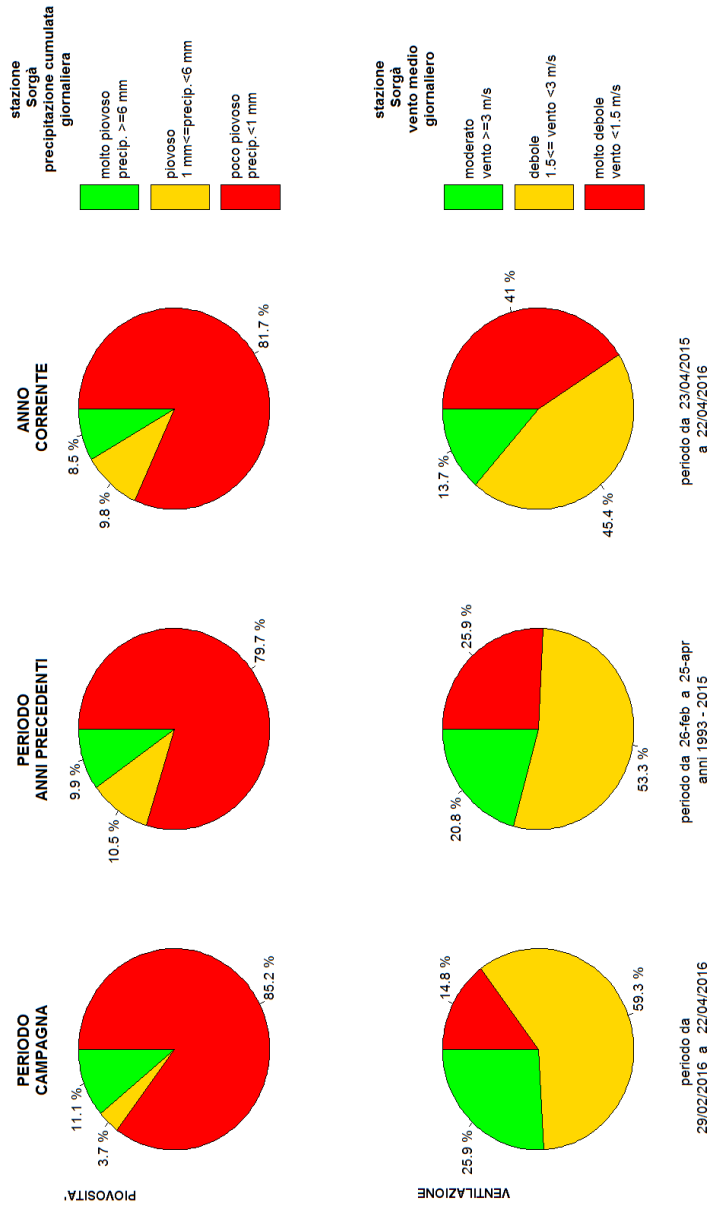
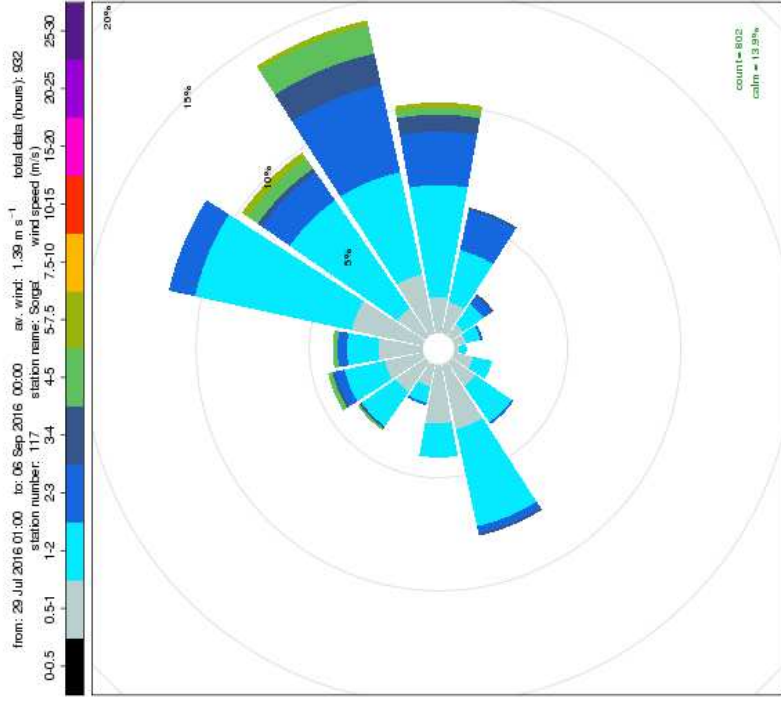
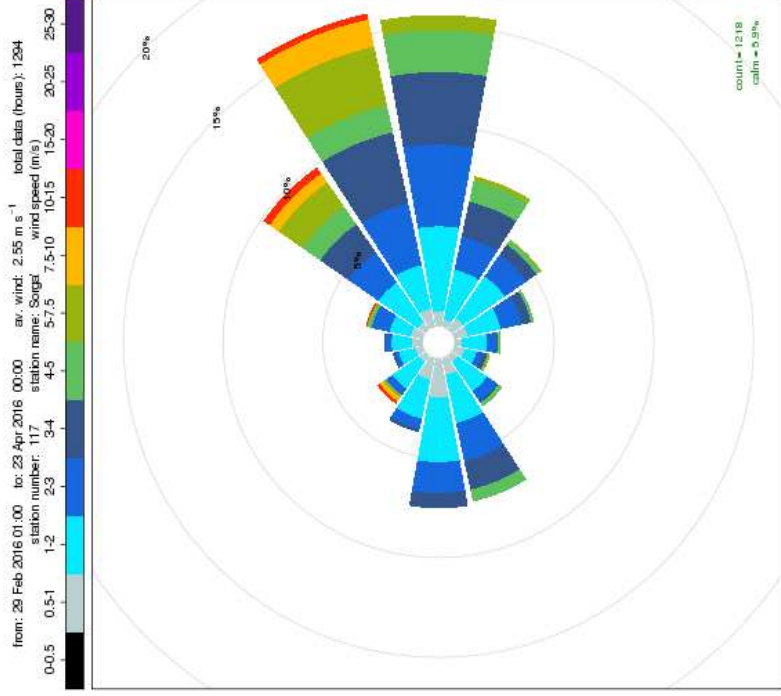


Figura 4. Campagna INVERNALE. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente a quello della campagna ma negli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI), e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE). Dati della stazione di Sorgà.





Frequency of counts by wind direction (%)



Frequency of counts by wind direction (%)

**Figura 5. Rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Sorgà nel periodo ESTIVO (29 luglio - 5 settembre 2016) nel pannello a sinistra ed INVERNALE (29 febbraio - 22 aprile 2016) nel pannello a destra.**

## 4. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori in continuo per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente, inerente all'inquinamento atmosferico, e più precisamente monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>).

Contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati effettuati anche dei campionamenti sequenziali per la determinazione gravimetrica delle polveri inalabili PM<sub>10</sub>, per l'analisi in laboratorio del benzene, degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) e dei metalli presenti nella frazione PM<sub>10</sub> (arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb)).

Sono stati inoltre misurati in continuo alcuni parametri meteorologici quali temperatura, umidità relativa, pressione, intensità e direzione del vento.

Per tutti gli inquinanti considerati sono in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE. Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. Infatti, secondo quanto riportato all'articolo 21 del decreto, sono abrogati il D.Lgs. 351/1999, il DM 60/2002, il D.Lgs. 183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, assieme ad altre norme di settore. E' importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore.

Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, fatta eccezione per il particolato PM<sub>2,5</sub>, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto.

Nelle Tabelle 1 e 2 si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, relativi all'esposizione acuta della popolazione, e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, relativi all'esposizione cronica della popolazione. In Tabella 3 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi, in Tabella 4 le linee guida per la qualità dell'aria, elaborate dall'Organizzazione mondiale della Sanità.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme (*)	500 µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme (*)	400 µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione (Media 1 h)	180 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme (Media 1 h)	240 µg/m <sup>3</sup>
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 1. Limiti di legge relativi all'esposizione acuta**

(\*) misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km<sup>2</sup>, oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

Inquinante	Tipologia	Valore
NO <sub>2</sub>	Valore limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM10	Valore limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	Valore limite annuale	25 µg/m <sup>3</sup>
Piombo	Valore limite annuale	0.5 µg/m <sup>3</sup>
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	6.0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	5.0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	20.0 ng/m <sup>3</sup>
Benzene	Valore limite annuale	5.0 µg/m <sup>3</sup>
B(a)pirene	Valore obiettivo (media su anno civile)	1.0 ng/m <sup>3</sup>

**Tabella 2. Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.**

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m <sup>3</sup>
NOX	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	18000 µg/m <sup>3</sup> h
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> h

**Tabella 3. Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.**

Inquinante	Indicazioni OMS	
	Livello di fondo (ng/m <sup>3</sup> )	Aree urbane (ng/m <sup>3</sup> )
Arsenico	1-3	20-30
Cadmio	0.1	1-10
Nichel	1	9-60
Piombo	0.6	5-500

**Tabella 4. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).**

## 5. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti convenzionali e non, allestiti a bordo della stazione rilocabile, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C ed una pressione di 101,3 kPa) ed effettuano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico.

Il campionamento del particolato inalabile PM10 (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) e degli IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, posta all'interno della stazione rilocabile, che utilizza filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore. Detti campionamenti sono stati condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010 (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni). Le determinazioni analitiche sui campioni prelevati sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, mediante determinazione gravimetrica ("metodo UNI EN

12341:1999”) e cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC “metodo UNI EN 15549:2008”), rispettivamente.

Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate sui filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite “metodo UNI EN 14902:2005”.

Il benzene è stato misurato attraverso “campionamento passivo”, tecnica di monitoraggio così definita poiché la cattura dell’inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore (radiello), e non richiede quindi l’impiego di un dispositivo per l’aspirazione dell’aria. I dati ottenuti dai rilevamenti effettuati con tecnica di campionamento passivo, pertanto, non possono essere confrontati direttamente con i limiti di legge ma costituiscono ugualmente un riferimento utile per l’identificazione di eventuali azioni da intraprendere da parte delle Amministrazioni Comunali.

Con riferimento ai risultati riportati di seguito si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rivelabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale in cui la metà del limite di rivelabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rivelabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata.

Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le “Regole di accettazione e rifiuto semplici”, ossia le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto. (“Valutazione della conformità in presenza dell’incertezza di misura”. di R. Mufato e G. Sartori nel Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

## **6. Efficienza di campionamento**

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità di cui all’Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l’accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto e monossido di carbonio, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell’arco dell’intero anno civile. Altresì, per le misurazioni indicative il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell’arco dell’intero anno civile (pari a 51 giorni/anno); in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell’arco dell’anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell’arco dell’anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell’arco dell’anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1ottobre-31marzo) e in quello estivo (1aprile-30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell’atmosfera.

Per l’ozono, nelle misurazioni indicative, il periodo minimo di copertura necessario per raggiungere gli obiettivi per la qualità dei dati deve essere maggiore del 10% durante l’estate (pari a 36 giorni/anno) con una resa minima del 90%.

Anche per il PM10 misurato con metodo gravimetrico, gli IPA, il benzene e per gli altri metalli la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (51 giorni), con una resa minima del 90%; è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6% (22 giorni), purché si dimostri che l’incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.

Il numero di giorni dell'anno in cui è stato effettuato il campionamento e la resa di campionamento per i vari inquinanti sono riportati in Tabella 5. Si vede che il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto, tranne per i metalli, che sono stati misurati solo d'inverno. Tuttavia, il sito di monitoraggio non risulta critico per questo tipo di inquinanti: pertanto è stato deciso di effettuare solo una campagna di misura, nel periodo invernale, che è quello più critico per questo tipo di inquinanti.

	CO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub> estate	SO <sub>2</sub>	PM10	Metalli	Benzo(a)pirene	Benzene
N giorni di campionamento	90	90	90	38	90	46	9	67	91
N <u>minimo</u> di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	90	91	91	94	100	100	100	100	100
Resa di campionamento <u>minima</u> (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	81	82	82	36	85	46	9	67	91
N <u>minimo</u> di giorni di campionamento con dati validi	46	46	46	32	46	46	20	20	20

**Tabella 5. Numero di giorni in cui è stata eseguita la misurazione dei vari inquinanti e resa di campionamento: valori relativi alle campagne di misura e valori minimi necessari.**

## 7. Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle analisi della concentrazione dei vari inquinanti, misurata durante le campagne di monitoraggio. Ove possibile, è stato realizzato un confronto con i corrispondenti valori rilevati presso due centraline fisse di riferimento: la stazione di Legnago e quella di San Bonifacio, della provincia di Verona. La prima, essendo situata lontano da fonti emissive dirette come strade e industrie, è un punto di campionamento rappresentativo di un'area in cui l'inquinamento è determinato prevalentemente dal trasporto delle emissioni dall'area urbana al di fuori di essa, e si definisce stazione di fondo urbano. La centralina di San Bonifacio, invece, essendo situata nelle vicinanze di una strada ad alta intensità di traffico, è rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate per lo più da emissioni legate al traffico veicolare e si definisce stazione di traffico urbano.

Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurata a Sorgà. I parametri sono descritti in modo esteso in Tabella 6.

Per rappresentare graficamente i risultati delle analisi sono stati utilizzati anche dei grafici tipo box-whisker, che sono spiegati in dettaglio nella Figura 21 in Allegato.

Grandezza statistica	Significato
N	Numero totale di ore del periodo di analisi
dati mancanti	Numero di ore in cui il dato è mancante
data.capture	Percentuale di dati validi in tutto il periodo di analisi
media	Media
sd	Deviazione Standard
min	Minimo
max	Massimo
mediana	Mediana
max giornaliero	Massimo calcolato sulle medie giornaliere
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

**Tabella 6, esplicitiva del significato dei principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.**

## 7.1. Monossido di carbonio (CO)

La Tabella 7 e il Grafico 1 in Allegato mostrano che durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di monossido di carbonio è sempre stata ampiamente inferiore al valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup> (applicato alla media mobile di 8 ore), in linea con quanto si rileva presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona. In entrambe le stagioni, i valori medi sono stati molto vicini al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

	ESTATE	INVERNO	ESTATE+ INVERNO
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Sorgà	Sorgà	Sorgà
media	0.2	0.2	0.2
sd	≤0.1	≤0.1	
min	≤0.1	≤0.1	≤0.1
max	0.3	1.4	1.4
mediana	0.2	0.2	
N	915	1267	2182
dati mancanti	42	155	197
data.capture	95	88	90
max giornaliero	0.3	0.4	0.4
max.rolling.8	0.3	0.6	
95°percentile	0.3	0.4	
99°percentile	0.3	0.5	
N superamenti 10 mg/m <sup>3</sup>	0	0	0

**Tabella 7. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a Sorgà. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m<sup>3</sup>.**

## 7.2. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) – Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Come si può vedere in Tabella 8, durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha superato il valore limite orario relativo all'esposizione acuta di 200 µg/m<sup>3</sup>. Nello stesso periodo, anche nelle stazioni di riferimento di San Bonifacio e Legnago non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica (Tabella 8 e Figura 6), la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 17 µg/m<sup>3</sup>, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Anche il valore medio di NO<sub>x</sub>, pari a 21 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 9), non supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m<sup>3</sup> (si ricorda tuttavia che il confronto con il valore limite di protezione degli ecosistemi rappresenta un riferimento puramente indicativo, in quanto il sito indagato non risponde esattamente alle caratteristiche previste dal D.Lgs. 155/10<sup>1</sup>). Il valore medio riferito alla postazione di Sorgà è molto vicino a quello di Legnago in entrambe le stagioni. Il valore massimo a Sorgà, rispetto a quello di Legnago, è più elevato in estate, più basso in inverno: infatti il 14 agosto 2016 si sono verificati dei livelli particolarmente elevati di concentrazione di NO<sub>2</sub> nelle prime ore del mattino. La media relativa al periodo invernale è superiore a quella del periodo estivo, come ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche tipiche invernali sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.

<sup>1</sup> L'Allegato III, punto 3.2, del citato decreto stabilisce che i siti di campionamento in cui si valuta la qualità dell'aria ambiente ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali debbano essere ubicati ad oltre 20 Km dalle aree urbane ed oltre 5 Km da zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con conteggi di traffico superiori a 50000 veicoli al giorno.



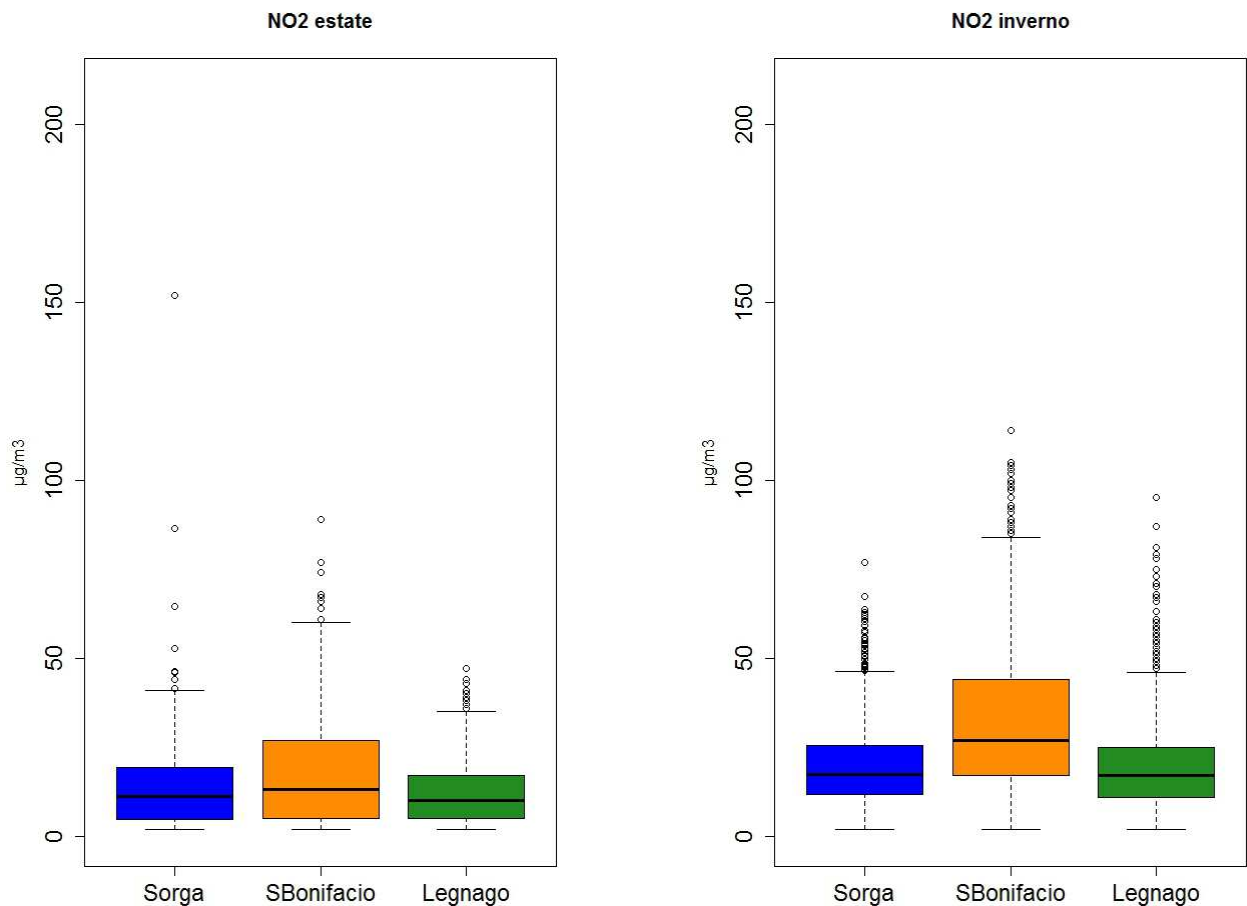
Nel Grafico 8 in Allegato, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO<sub>2</sub>, calcolato per i due periodi di campagna. In entrambe le stagioni sono evidenti due picchi, al mattino e alla sera, in corrispondenza delle ore di maggiore traffico, in tutte le tre postazioni di misura. I valori sono inferiori nelle ore diurne rispetto a quelle notturne, a causa delle reazioni fotochimiche che durante il giorno trasformano gli ossidi di azoto in altre sostanze, e delle condizioni meteorologiche che durante il giorno favoriscono una maggior dispersione degli inquinanti. Anche questo tipo di analisi conferma che in tutte le ore del giorno i valori relativi a Sorgà sono molto vicini a quelli di Legnago e più bassi rispetto a quelli di San Bonifacio.

Analoghe rappresentazioni, relative alla settimana tipo, sono riportate in Grafico 9 in Allegato e mostrano che la giornata in cui la concentrazione di NO<sub>2</sub> è maggiore è il venerdì in inverno e il martedì d'estate. Lo stesso andamento si trova anche nelle stazioni di riferimento.

L'analisi della correlazione tra concentrazione di NO<sub>2</sub> e direzione e velocità del vento non ha evidenziato alcuna direzione preferenziale del vento cui possano essere associate concentrazioni più elevate. Questo non consente di individuare una particolare fonte emissiva per questo tipo di inquinante.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago
media	13	18	12	20	32	20	17	26	17
sd	11	15	8	11	20	14			
min	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	152	89	47	77	114	95	152	114	95
mediana	11	13	10	17	27	17			
N	915	915	915	1267	1267	1267	2182	2182	2182
dati mancanti	105	44	5	79	56	5	184	100	10
data.capture	89	95	99	94	96	100	92	95	100
max giornaliero	25	30	20	44	63	39	44	63	39
95°percentile	32	48	27	43	72	48			
99°percentile	41	64	37	57	95	71			
N superamenti 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N superamenti 400 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabella 8. Concentrazione di NO<sub>2</sub>: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.**



**Figura 6. Box-plot della concentrazione di NO<sub>2</sub>. Dati relativi a Sorgà e alle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago.**

NOx (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago
media	17	22	20	24	45	29	21	35	25
sd	23	19	11	17	46	20			
min	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	488	131	62	171	340	200	488	340	200
mediana	13	16	18	19	29	25			
N	915	915	915	1267	1267	1267	2182	2182	2182
dati mancanti	105	44	5	79	56	5	184	100	10
data.capture	89	95	99	94	96	100	92	95	100
max giornaliero	47	35	31	66	101	64	66	101	64
95°percentile	43	60	39	59	140	63			
99°percentile	62	88	52	84	243	106			

**Tabella 9. Concentrazione di NOx: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.**

### 7.3. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Le principali emissioni di SO<sub>2</sub> derivano dalle centrali termoelettriche, dagli impianti di riscaldamento domestico e da alcune produzioni industriali (raffinerie, fonderie, cementifici). In misura minore, contribuisce anche il traffico veicolare, in particolare i veicoli con motore diesel.

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 e 500 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 9 e Allegato - Grafico 3), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

I valori medi misurati nei due periodi di campagna sono inferiori al limite di rivelabilità strumentale analitica (3 µg/m<sup>3</sup>), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m<sup>3</sup>). Anche presso la centralina di riferimento di San Bonifacio, i valori medi di concentrazione di questo inquinante sono inferiori al limite di rivelabilità. Per quanto riguarda invece i valori massimi, essi sono inferiori a quelli di San Bonifacio in estate e superiori in inverno.

L'analisi della correlazione tra concentrazione di SO<sub>2</sub> e direzione e velocità del vento non ha evidenziato alcuna direzione preferenziale del vento cui possano essere associate concentrazioni più elevate. Questo non consente di individuare una particolare fonte emissiva per questo tipo di inquinante.

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Sorgà	San Bonifacio	Sorgà	San Bonifacio	Sorgà	San Bonifacio
media	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
sd	0	0	1	0		
min	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
max	6	8	10	7	10	8
mediana	≤3	≤3	≤3	≤3		
N	915	915	1267	1267	2182	2182
dati mancanti	44	38	80	54	124	92
data.capture	95	96	94	96	94	96
max giornaliero	2	2	3	3	3	3
95°percentile	≤3	≤3	≤3	≤3		
99°percentile	≤3	4	5	4		
N superamenti 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
N superamenti 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0

**Tabella 10. Concentrazione di SO<sub>2</sub>: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m<sup>3</sup>.**

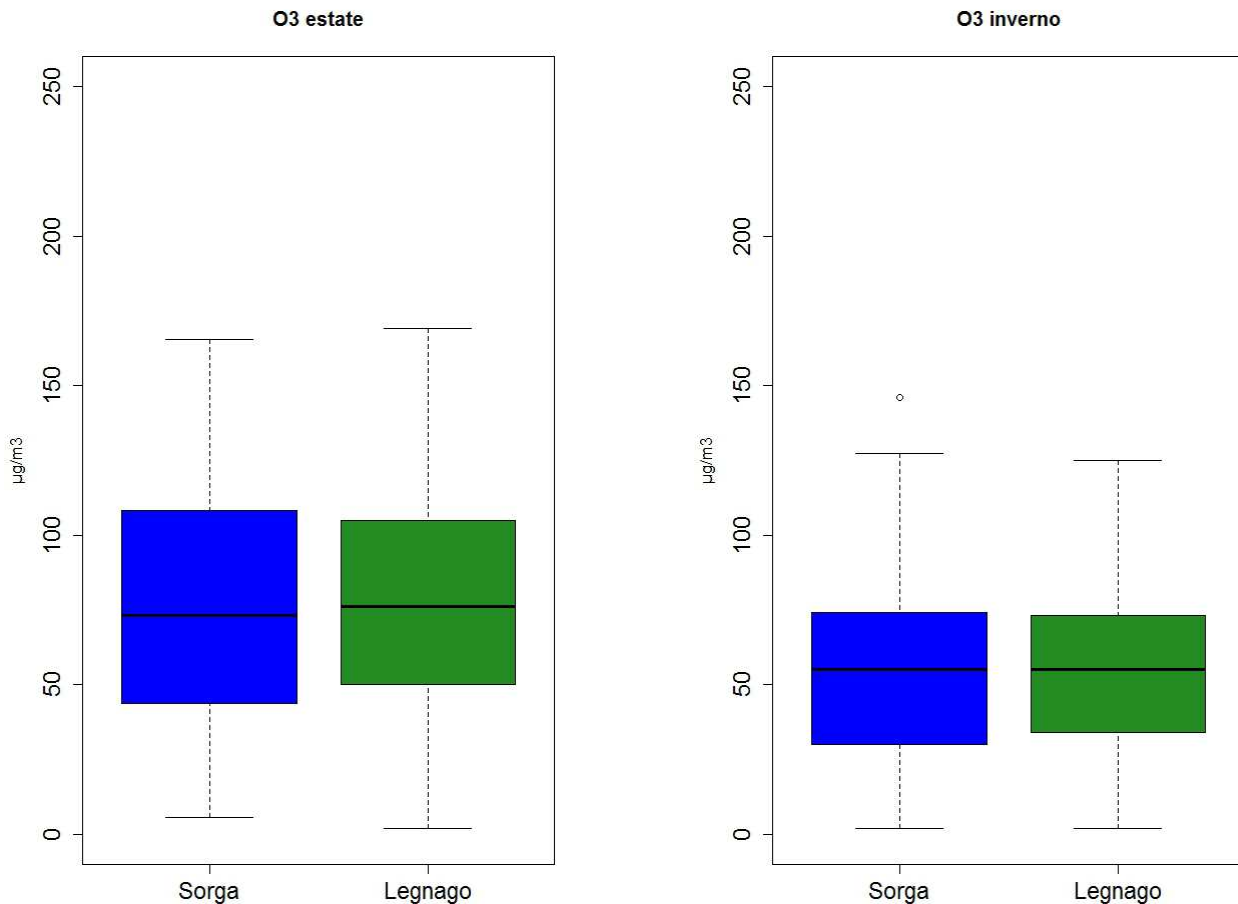
## 7.4. Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un inquinante che si forma a partire da precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di radiazione solare. Per questo motivo le sue concentrazioni sono particolarmente elevate durante il periodo estivo e nelle ore centrali della giornata, quando la radiazione solare è più intensa (Grafico 10 in Allegato).

Durante la campagna estiva di Sorgà sono stati registrati 18 superamenti del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla media mobile di 8 ore. Essi sono avvenuti prevalentemente tra il 30 luglio e il 4 agosto, tra l'8 e il 14 agosto, tra il 13 e il 17 agosto e tra il 26 agosto e il 4 settembre, in corrispondenza di giornate soleggiate in cui le temperature si sono alzate (vedasi Grafico 11 in Allegato). Non vi è stato alcun superamento della soglia di informazione di 180 µg/m<sup>3</sup> sul dato orario. Il numero di superamenti è più alto del corrispondente, relativo alla stazione di riferimento di Legnago. I valori medi e massimi sono vicini a quelli di Legnago.

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Campagna	Legnago	Campagna	Legnago	Campagna	Legnago
media	76	79	54	54	63	64
sd	39	34	29	27		
min	6	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	166	169	146	125	166	169
mediana	73	76	55	55		
N	915	915	1267	1267	2182	2182
dati mancanti	57	3	79	60	136	63
data.capture	94	100	94	95	94	97
max giornaliero	96	112	84	77	96	112
max.rolling.8	151	157	117	113		
95°percentile	143	136	103	99		
99°percentile	158	156	117	112		
N superamenti 120 µg/m <sup>3</sup> sulla media mobile di 8h	18	13	0	0	18	13
N superamenti 180 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
N superamenti 240 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0

**Tabella 11. Concentrazione di O<sub>3</sub>: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m<sup>3</sup>.**



**Figura 7. Box-plot della concentrazione di O<sub>3</sub>. Dati relativi a Sorgà e alla centralina di riferimento di Legnago.**

## 7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

In Tabella 12, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Sorgà durante le campagne di misura. Nei 76 giorni di misurazione, sono stati registrati 6 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), corrispondenti all' 8% del periodo monitorato. Tali superamenti sono avvenuti tra il 18 e il 21 marzo, in corrispondenza di un periodo di alta pressione, con tempo stabile e ben soleggiato caratterizzato da debole ventilazione, e tra il 5 e il 6 aprile 2016, quando una profonda saccatura in quota, localizzata sopra l'Europa occidentale, ha determinato l'avvezione di polveri sahariane (Grafico 11 in Allegato).

In Tabella 13, i dati relativi a Sorgà sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Si consideri che mentre le misure della campagna di Sorgà sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale e misura di assorbimento beta. Per il calcolo dei parametri riportati in Tabella 13, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni. I dati sono rappresentati graficamente in Figura 8. Come nel caso degli ossidi di azoto (capitolo 7.2), nel periodo di campagna invernale, i valori medi e massimi di PM10 sono superiori a quelli relativi al periodo estivo, come ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche che caratterizzano la stagione invernale sono generalmente meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 sono più elevati a Sorgà rispetto alle centraline di riferimento, in entrambe le stagioni. Ci sono stati 5 superamenti del limite normativo di 50 µg/m<sup>3</sup>, a Sorgà, come anche a San Bonifacio, e il numero è superiore rispetto a Legnago.

Allo scopo di valutare il rispetto dei valori limite di legge previsti dal D.Lgs. 155/10 per il parametro PM10 (ovvero il rispetto del Valore Limite sulle 24 ore di 50 µg/m<sup>3</sup> e del Valore Limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>) nei siti presso i quali si realizza una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria di lunghezza limitata (misurazioni indicative), è stata utilizzata una metodologia di calcolo elaborata dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV.

Tale metodologia prevede di confrontare il "sito sporadico" (campagna di monitoraggio) con una stazione fissa, considerata rappresentativa per vicinanza o per stessa tipologia di emissioni e di condizioni meteorologiche. Sulla base di considerazioni statistiche è possibile così stimare, per il sito sporadico, il valore medio annuale e il 90° percentile delle concentrazioni di PM10; quest'ultimo parametro statistico è rilevante in quanto corrisponde, in una distribuzione di 365 valori, al 36° valore massimo. Poiché per il PM10 sono consentiti 35 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>, in una serie annuale di 365 valori giornalieri, il rispetto del valore limite è garantito se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto detto, il sito di Sorgà è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di fondo urbano di Legnago. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di Sorgà il valore medio annuale di 39 µg/m<sup>3</sup> (inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>) e il 90° percentile di 66 µg/m<sup>3</sup> (superiore al valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>).

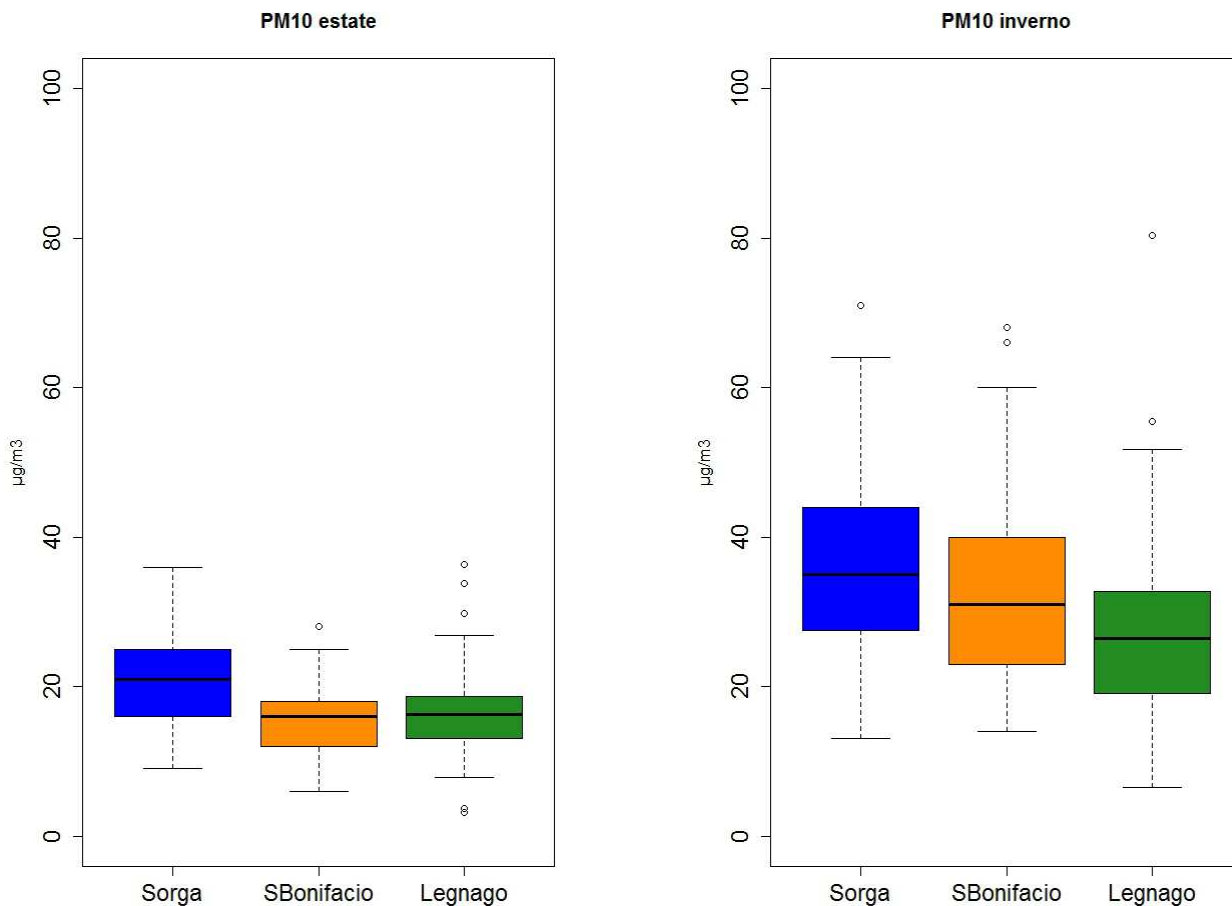
PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	21	36	30
N	30	46	76
sd	7	13	
max	36	71	71
min	9	13	9
N superamenti 50 µg/m <sup>3</sup>	0	6	6

**Tabella 12. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 (µg/m<sup>3</sup>), misurata con metodo gravimetrico a Sorgà. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura.**

PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago
media	21	16	17	36	33	28	30	26	23
N	30	30	30	43	43	43	73	73	73
sd	7	5	8	13	13	13			
max	36	28	36	71	68	80	71	68	80
min	9	6	3	13	14	6	9	6	3
N superamenti 50 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	5	5	3	5	5	3

**Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. Per il calcolo, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m<sup>3</sup>.**





**Figura 8. Box-plot della concentrazione di PM<sub>10</sub>. Dati relativi a Sorgà e alle centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago.**

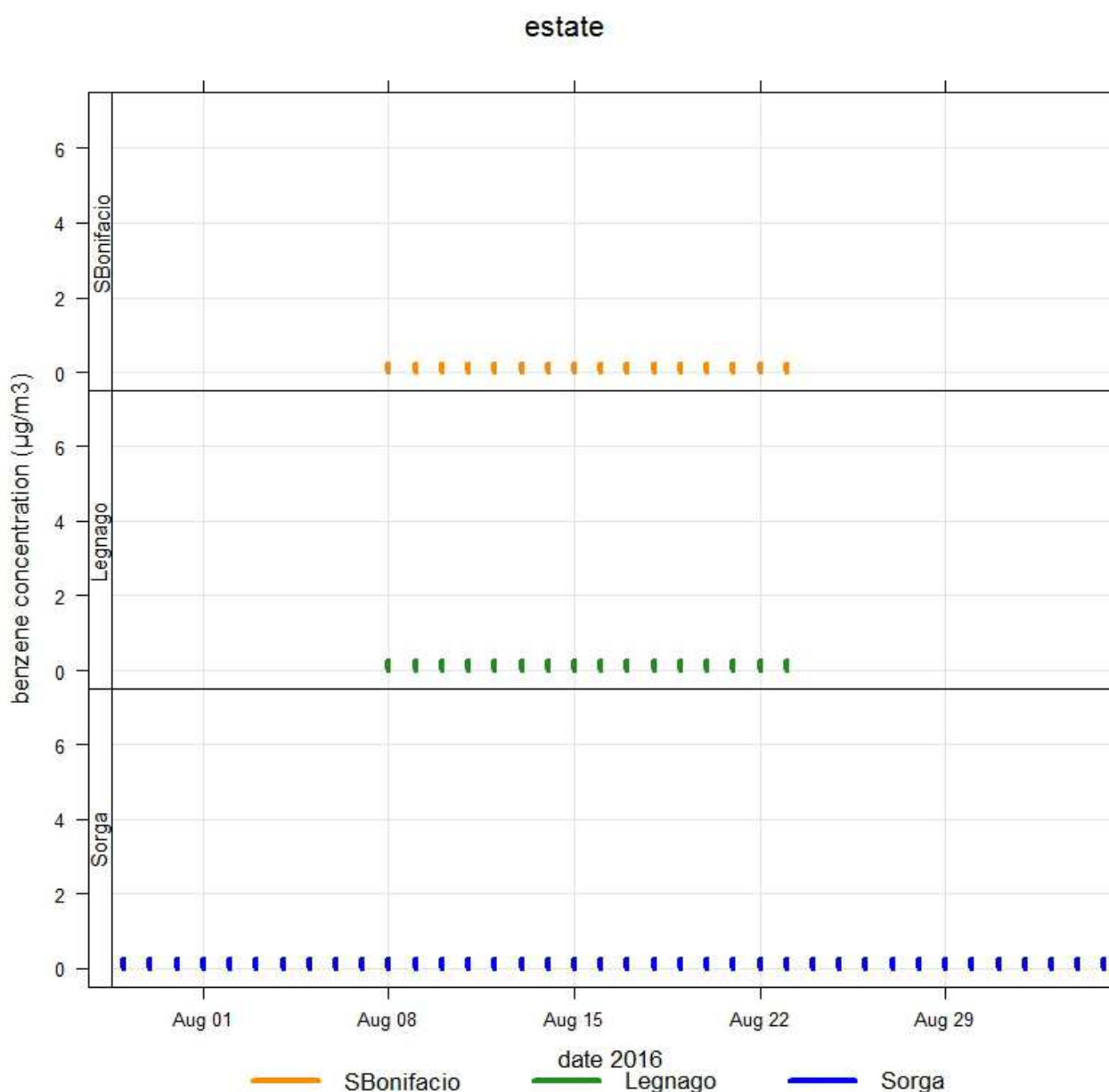
## 7.6. Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

In Tabella 14 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Sorgà e nelle stazioni fisse di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Il confronto è indicativo, in quanto questo tipo di misura comporta l'esposizione di un radiello per circa 15-20 giorni, e i periodi di esposizione dei radielli delle tre postazioni non coincidono esattamente. I dati utilizzati per elaborare le statistiche in tabella sono rappresentati graficamente in Figura 9 e Figura 10. In Tabella 14, si può vedere che a Sorgà i valori medi delle concentrazioni di benzene sono inferiori alla soglia di rivelabilità strumentale in entrambe le stagioni. I valori misurati durante la campagna sono vicini a quelli relativi alle due centraline di riferimento (Figura 9). La media annuale di concentrazione di benzene per il 2016, ottenuta tramite misure indicative presso le stazioni fisse di Legnago e San Bonifacio, è stata 0.8 µg/m<sup>3</sup> e 1 µg/m<sup>3</sup>, rispettivamente: in entrambi i casi è inferiore al limite normativo di 5 µg/m<sup>3</sup> (vedasi capitolo 9). Poiché a Sorgà sono state misurate concentrazioni confrontabili a quelle rilevate nello stesso periodo presso le stazioni fisse, e presso tali stazioni il limite annuale è rispettato, si può inferire che anche a Sorgà non sia avvenuto il superamento del limite.

In Tabella 15 sono riportati i valori medi di tutti gli idrocarburi aromatici misurati (benzene, etilbenzene, xilene e toluene) nelle diverse postazioni di misura e nei due periodi di campagna: si vede che i valori medi misurati a Sorgà rimangono vicini a quelli della centralina di riferimento di Legnago.

	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago	Sorgà	San Bonifacio	Legnago
Media	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	0.6	0.6	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$
N giorni	38	16	16	53	25	28	91	41	44
sd	0			0.4	0.5	0.5			
max	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	1	0.9	1	1	0.9	1
min	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$

**Tabella 14. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura di Sorgà, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. I dati delle quattro postazioni non si riferiscono esattamente agli stessi giorni di campionamento, pertanto il confronto è solamente indicativo. Il limite di rivelabilità dello strumento è  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**



**Figura 9. Concentrazione di benzene misurata durante la campagna ESTIVA in diverse postazioni (Sorgà, Legnago, San Bonifacio). Il valor medio misurato tramite campionatore passivo esposto per un certo numero di giorni viene attribuito a ogni giorno di esposizione.**

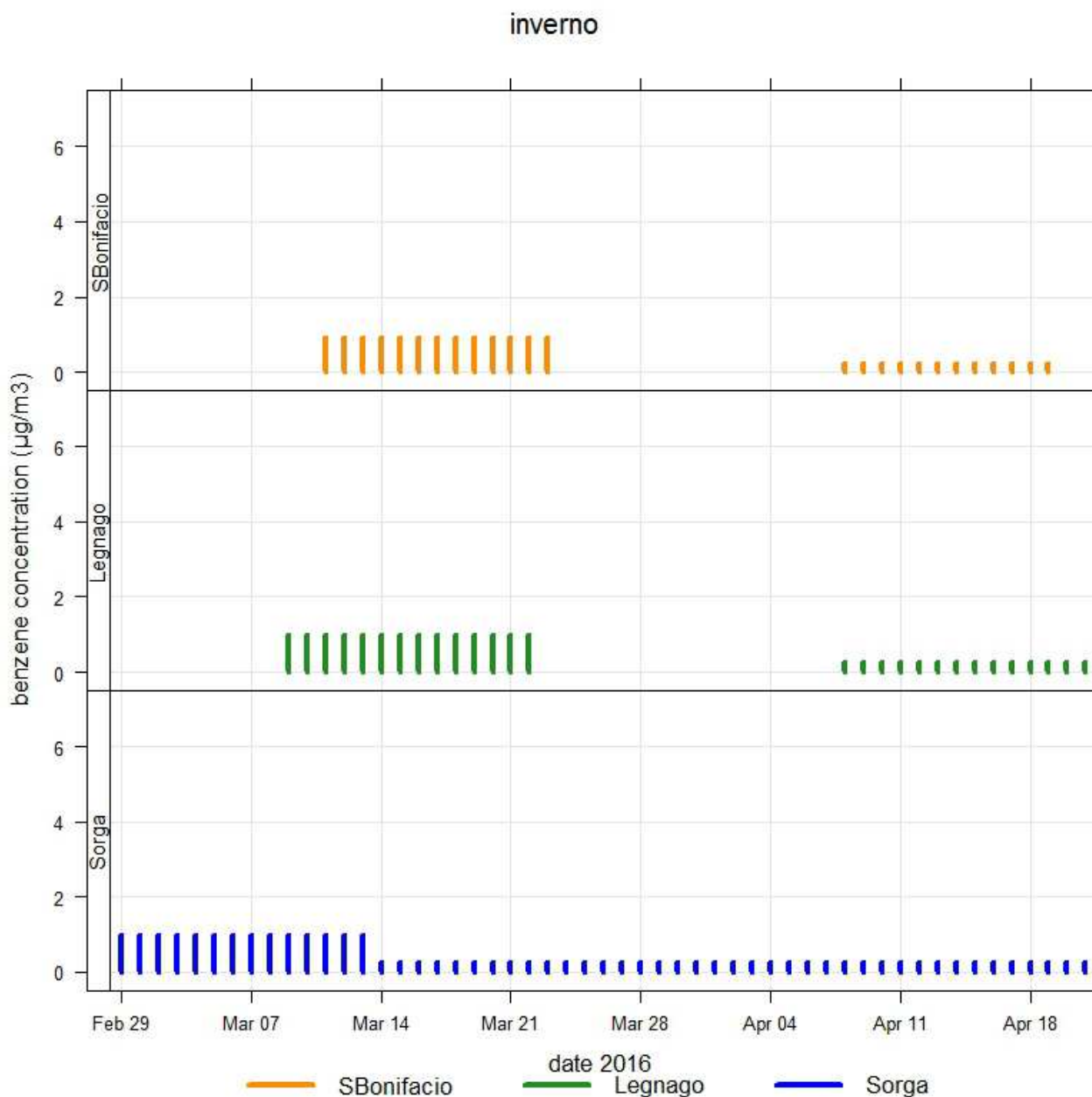


Figura 10. Concentrazione di benzene misurata durante la campagna INVERNALE in diverse postazioni (Sorgà, Legnago, Corso San Bonifacio). Il valor medio misurato tramite campionatore passivo esposto per un certo numero di giorni viene attribuito a ogni giorno di esposizione.

(µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE					INVERNO				
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	N	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	N
Sorgà	≤0.5	≤0.5	1.1	0.8	38	≤0.5	≤0.5	1.8	1.1	53
San Bonifacio	≤0.5	≤0.5	1.5	0.2	16	0.6	≤0.5	3.4	0.8	25
Legnago	≤0.5	≤0.5	1.2	0.7	16	0.6	≤0.5	1.4	0.6	28

Tabella 15. Concentrazione media delle varie specie di idrocarburi aromatici nelle diverse postazioni di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m<sup>3</sup>. N indica il numero di giorni di esposizione.

## 7.7. Benzo(a)pirene e IPA

In Tabella 16 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene per le due postazioni di Sorgà e della centralina fissa di Schio (VI): infatti, presso la centralina di Legnago non sono disponibili misure di questo inquinante, e per questo è stata scelta un'altra stazione di riferimento. Tali parametri sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località, per rendere significativo il confronto. Invece, in Tabella 17, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Sorgà, per tutte le specie di IPA misurati. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nel Grafico 7 in Allegato. I dati disponibili per un confronto tra le due stazioni (cioè riferiti alle stesse giornate) sono 24 e indicano che il valore medio di Schio è vicino, (leggermente superiore) a quello di Sorgà. Le serie temporali del Grafico 7 in allegato mostrano che la concentrazione media giornaliera rimane sempre piuttosto bassa, inferiore al limite normativo di 1 ng/m<sup>3</sup>, che però si riferisce a una media annuale. Il valore medio calcolato per Sorgà, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 0.17 ng/m<sup>3</sup>. Le misurazioni non sono però state eseguite in periodi critici per questo inquinante, il cui comportamento esibisce una forte stagionalità: infatti, il valore misurato a Schio nel periodo di campagna (0.25 ng/m<sup>3</sup>) è stato inferiore ai valori medi annuali relativi a questa centralina negli anni precedenti (il valore per il 2016 non è ancora disponibile). Non è quindi possibile valutare se il limite, riferito alla media annuale, di 1.0 ng/m<sup>3</sup> sia stato superato o meno.

	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Sorgà	Schio	Sorgà	Schio	Sorgà	Schio
Benzoapirene (ng/m <sup>3</sup> )						
media	≤0.02	0.03	0.29	0.47	0.15	0.25
N	12	12	12	12	24	24
sd	0	0	0.23	0.14		
max	≤0.02	0.03	0.63	0.62	0.63	0.62
min	≤0.02	0.03	0.04	0.11	≤0.02	0.03

Tabella 16. Concentrazione di Benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Sorgà e della centralina fissa di fondo urbano di Schio (VI). I principali parametri statistici sono stati calcolati solo in base ai dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le postazioni di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m<sup>3</sup>.

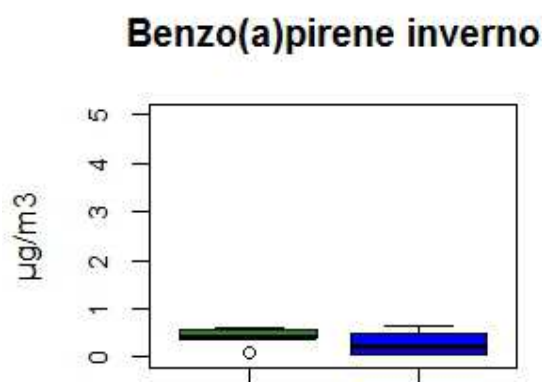


Figura 11. Box-plot della concentrazione di benzo(a)pirene. Dati relativi a Sorgà e alla centralina di riferimento di Schio (VI). Sono riportati solo i dati invernali, in quanto le concentrazioni misurate in estate sono molto basse.

(ng/m <sup>3</sup> )	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	N	media	sd	max	min	N	media	sd	max	min	N	media pesata	max	min
Benzoaantracene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	≤0.02	≤0.02	0.35	≤0.02	67	0.11	0.35	≤0.02
Benzoapirene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	0.30	0.22	0.63	≤0.02	67	0.17	0.63	≤0.02
Benzobfluorantene	30	≤0.02	0.01	0.03	≤0.02	37	0.37	0.21	0.63	≤0.02	67	0.21	0.63	≤0.02
Benzoghiperilene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	0.45	0.25	0.77	≤0.02	67	0.26	0.77	≤0.02
Benzokfluorantene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	0.21	≤0.02	0.36	≤0.02	67	0.12	0.36	≤0.02
Dibenzoahantracene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	≤0.02	≤0.02	0.05	≤0.02	67	0.02	0.05	≤0.02
Crisene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	0.22	0.13	0.38	0.06	67	0.13	0.38	≤0.02
Indeno123cdpirene	30	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	37	0.32	≤0.02	0.54	≤0.02	67	0.18	0.54	≤0.02

**Tabella 17. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Sorgà, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.**

## 7.8. Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

In Tabella 18 sono riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di metalli misurata a Sorgà. Le misurazioni sono state eseguite solo nel periodo invernale, durante il quale si trovano generalmente concentrazioni più elevate rispetto all'estate. I valori medi sono inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica, riferiti alla media su anno civile. La concentrazione dei metalli risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo per Cadmio, Nichel e Arsenico, mentre il Piombo presenta valori tipici di aree urbane.

Metallo ng/m <sup>3</sup>	media	N	max	min	Limite esposizione cronica	Superamento del limite	Livello di fondo	Aree urbane
As	0.5	9	0.5	0.5	6.0	NO	1 - 3	20-30
Cd	0.1	9	0.1	0.1	5.0	NO	0.1	1-10
Ni	2.1	9	2.8	1	20.0	NO	1	9-60
Pb	5.0	9	6.9	3.5	500.0	NO	0.6	5-500

**Tabella 18. Valori medi di concentrazione dei metalli. Nei calcoli sono stati utilizzati tutti i dati di campagna disponibili.**

## 8. Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)

Un indice di qualità dell'aria è una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria tenendo conto contemporaneamente del contributo di molteplici inquinanti atmosferici. L'indice utilizzato è associato a una scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria: buona, accettabile, mediocre, scadente, pessima.

Il calcolo dell'indice, che può essere effettuato per ogni giorno di campagna, è basato sull'andamento delle concentrazioni di 3 inquinanti: PM10, biossido di azoto e ozono.

Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.

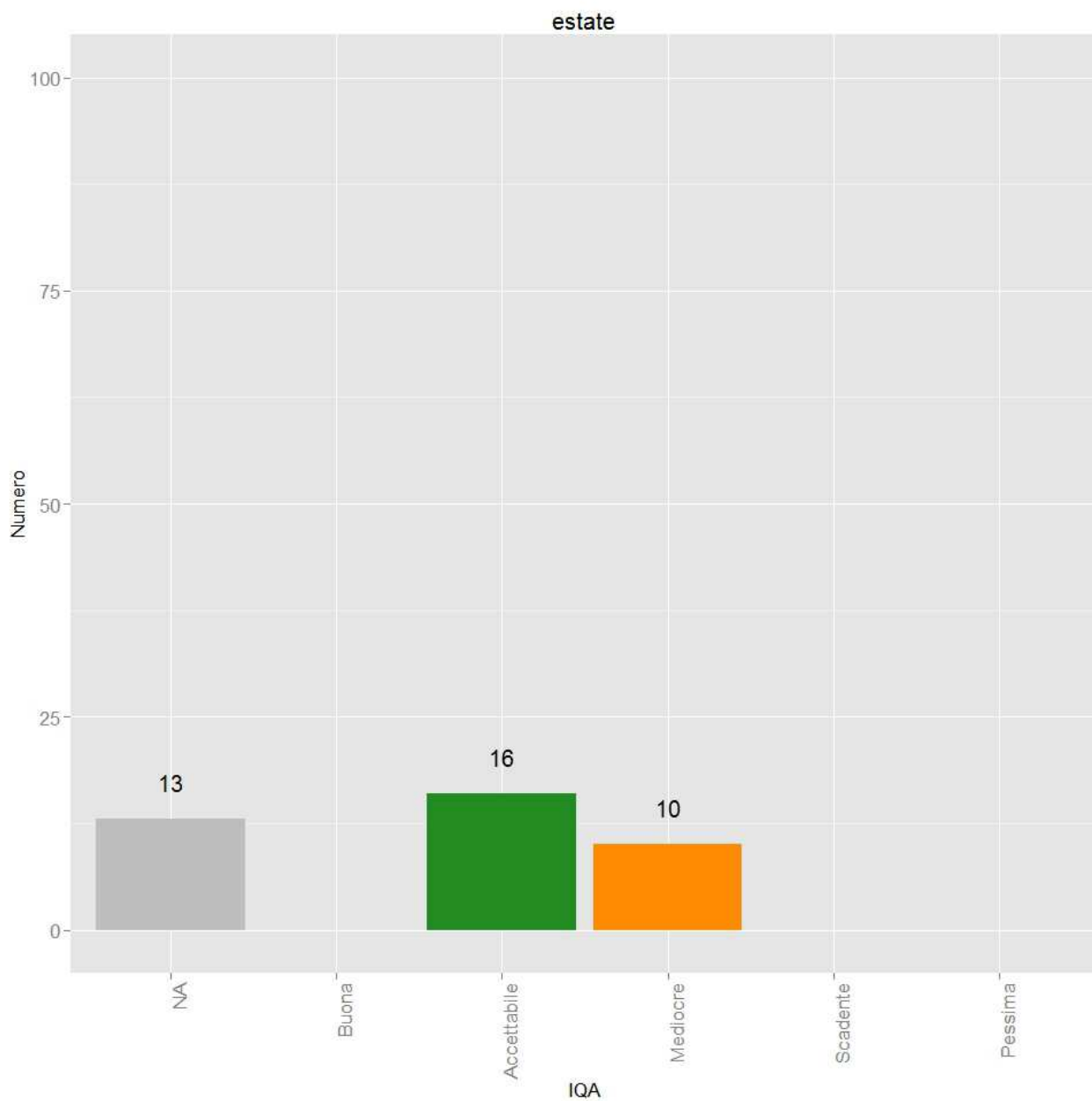
Le altre tre classi (mediocre, scadente e pessima) indicano invece che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato ed è possibile quindi distinguere situazioni di moderato superamento da altre significativamente più critiche.

Per maggiori informazioni sul calcolo dell'indice di qualità dell'aria si può visitare la seguente pagina web: <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/iqa>

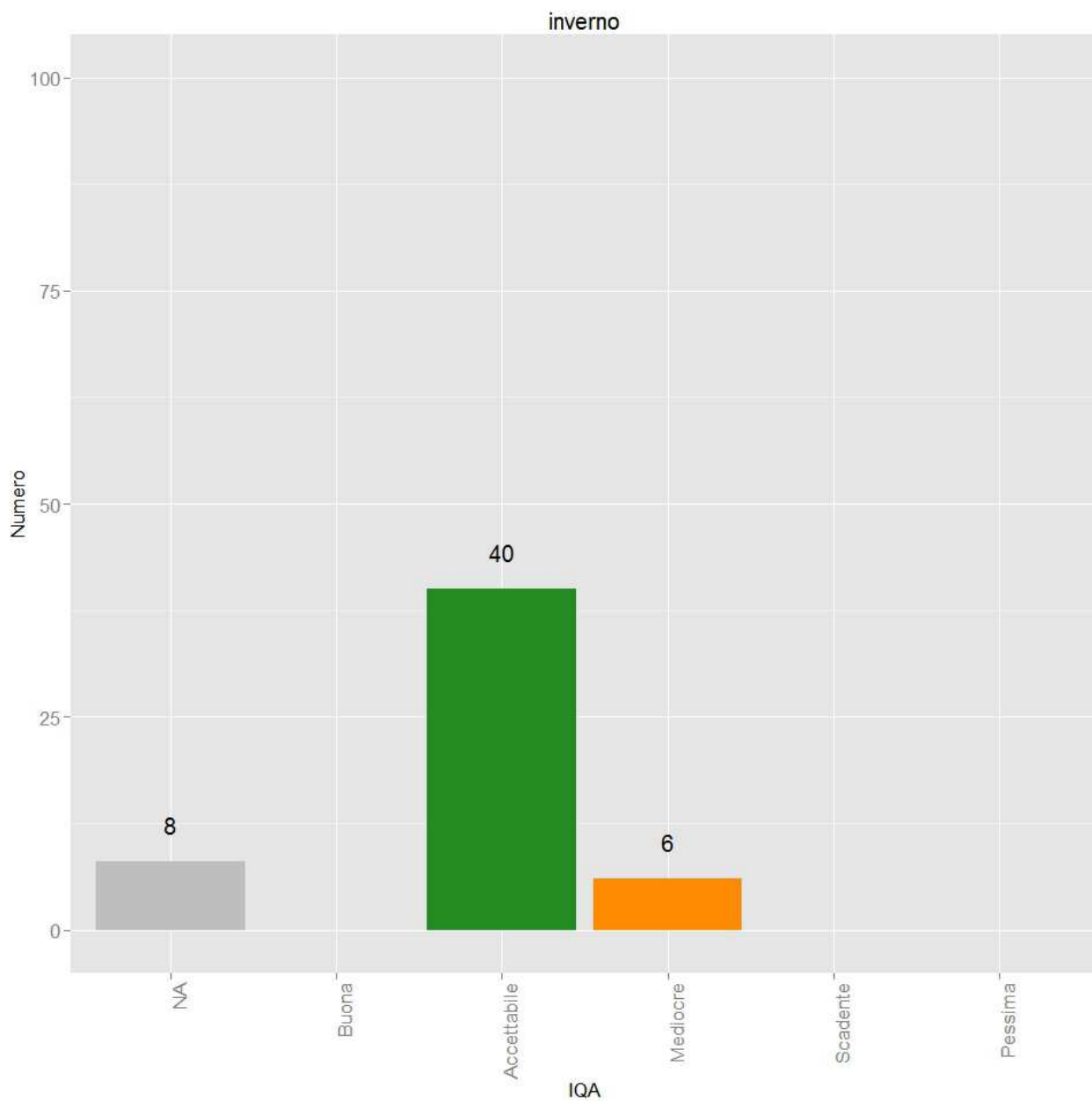
In Figura 12 e Figura 13 è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale, rispettivamente. Durante entrambe le campagne prevalgono le giornate in cui la qualità dell'aria è stata "accettabile". La qualità dell'aria è stata peggiore nel periodo estivo rispetto a quello invernale.

Per effettuare un confronto con la qualità dell'aria di una stazione di riferimento, è stato calcolato l'IQA di Sorgà e di Legnago nei giorni della campagna in cui il dato è disponibile per entrambe le postazioni: il risultato è rappresentato in Figura 14 e Figura 15, per l'estate e l'inverno, rispettivamente. Nelle stesse figure è stata riportata la statistica dell'IQA di Legnago relativa a tutta la stagione, estiva o invernale, dell'anno 2016. Il confronto consente di concludere che la qualità dell'aria a Sorgà è leggermente peggiore di quella di Legnago, e che la campagna invernale è stata svolta in un periodo in cui la qualità dell'aria è stata migliore rispetto alla media di tutta la stagione.

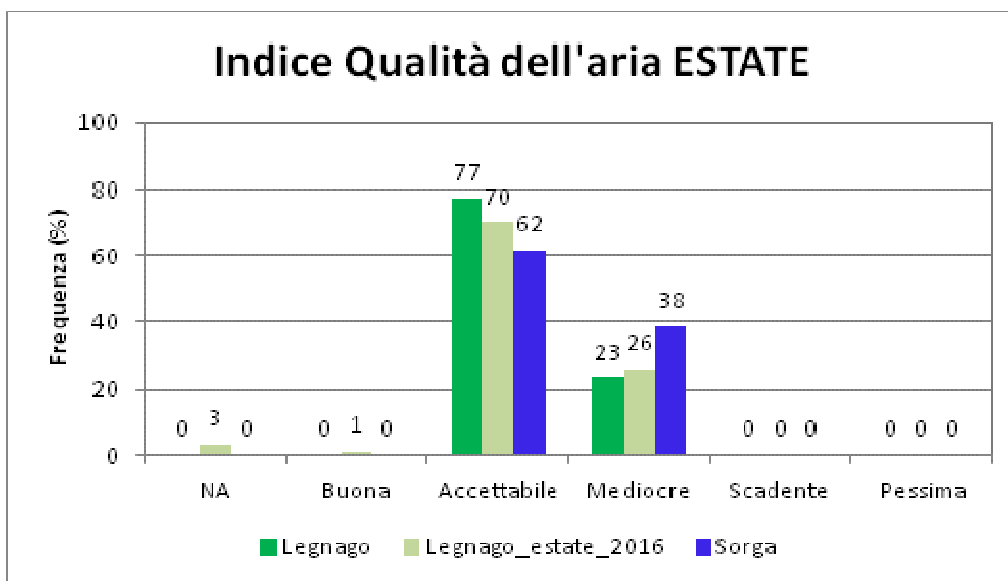




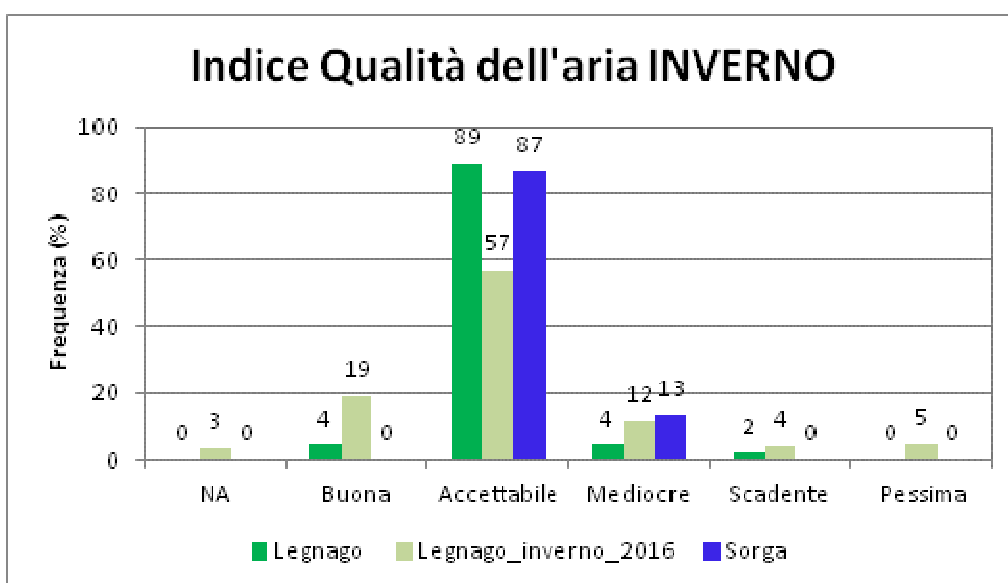
**Figura 12. Indice di Qualità dell'aria a Sorgà, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Sorgà.**



**Figura 13. Indice di Qualità dell'aria a Sorgà, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Sorgà.**



**Figura 14 .** Indice sintetico di qualità dell’aria, stagione estiva. Le tre serie si riferiscono ai dati di Legnago nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Sorgà (“Legnago”), ai dati di Legnago in tutta l’estate 2016 (“Legnago\_ESTATE\_2016”), ai dati della campagna estiva a Sorgà (“Sorgà”). Per la serie “Legnago” e la serie “Sorgà” sono stati considerati solo i giorni in cui è disponibile il dato in entrambe le postazioni, al fine di effettuare un confronto sullo stesso periodo.



**Figura 15.** Indice sintetico di qualità dell’aria, stagione invernale. Le tre serie si riferiscono ai dati di Legnago nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Sorgà (“Legnago”), ai dati di Legnago nei mesi invernali del 2016 (“Legnago\_INVERNO\_2016”), ai dati della campagna invernale a Sorgà (“Sorgà”). Per la serie “Legnago” e la serie “Sorgà” sono stati considerati solo i giorni in cui è disponibile il dato in entrambe le postazioni, al fine di effettuare un confronto sullo stesso periodo.

### Indice di qualità dell'aria



Figura 16. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Sorgà, ESTATE 2015.

### Indice di qualità dell'aria



Figura 17. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Sorgà, INVERNO 2015.

## 9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La stazione di Legnago, essendo di “fondo urbano”, posta a circa 15 km a sud-est di Sorgà, può essere considerata rappresentativa anche dell’area di quest’ultima. Pertanto è stato effettuato un confronto, per gli inquinanti più significativi (NO<sub>2</sub>, benzene e PM10), con le medie annuali registrate negli anni precedenti presso questa centralina fissa. I risultati sono riportati in forma grafica in Figura 18, Figura 19 e Figura 20, dove sono visibili anche i valori relativi alla centralina fissa di riferimento di Legnago.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni analizzati, sia a San Bonifacio sia a Legnago, fino al 2013, e un successivo moderato aumento. Il valore medio durante la campagna risulta inferiore alle medie annuali registrate dalle stazioni fisse negli anni precedenti. I valori relativi alla stazione di fondo urbano di Legnago sono inferiori a quelli della stazione di traffico di San Bonifacio, come ci si può attendere, essendo questo inquinante prevalentemente associato alle emissioni da traffico. I valori relativi a Sorgà nel periodo di campagna sono vicini a quelli di Legnago e inferiori a quelli di San Bonifacio.

Il benzene, negli anni considerati, mostra una tendenza alla diminuzione. I valori medi di San Bonifacio sono leggermente superiori a quelli di Legnago, tranne nel 2014, in cui sono leggermente inferiori. Nei due periodi di campagna di misura, la concentrazione di benzene in San Bonifacio è stata uguale a quella di Legnago. I valori medi di Sorgà sono inferiori rispetto alle due stazioni di riferimento.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2007 e il 2014, mentre nel 2015 è tornata ad aumentare. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di San Bonifacio e Legnago sono inferiori a quelli medi dell’anno 2015, in quanto le campagne di monitoraggio sono state svolte in periodi in cui le condizioni meteorologiche hanno favorito la dispersione degli inquinanti. La concentrazione media a Sorgà è superiore a quella di entrambe le stazioni di riferimento.

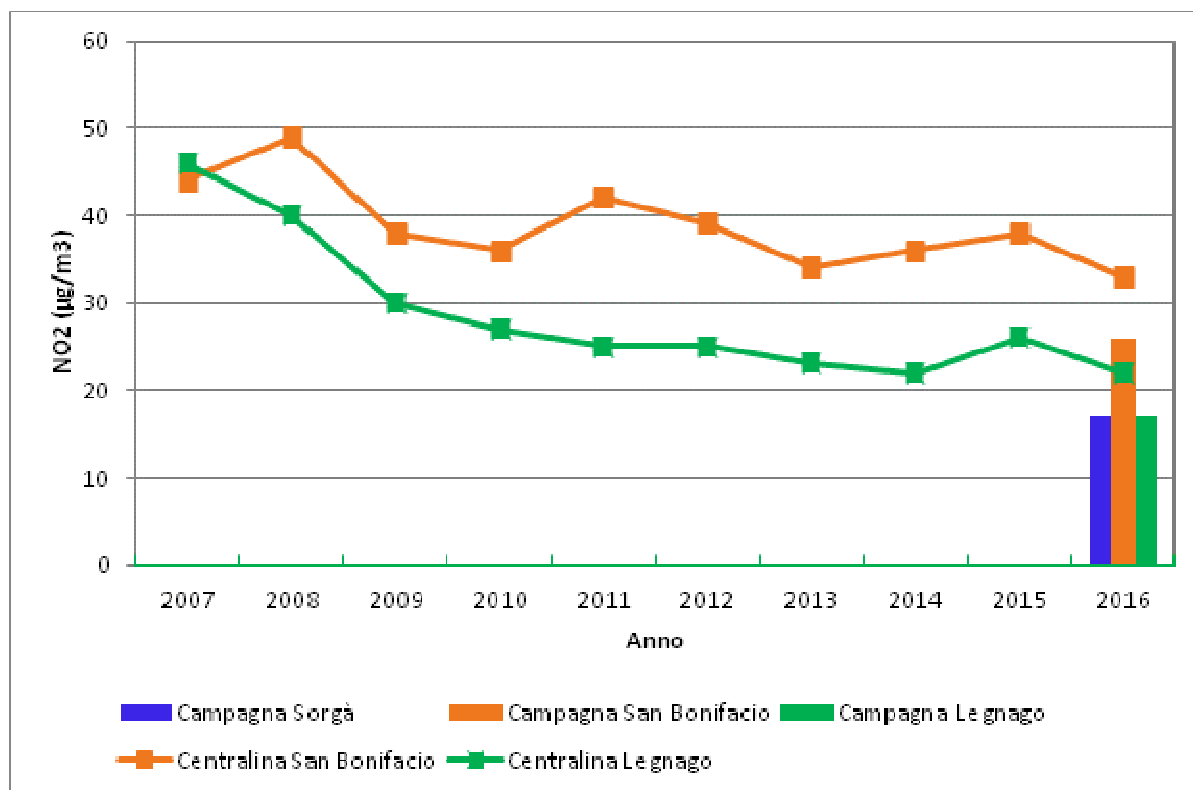
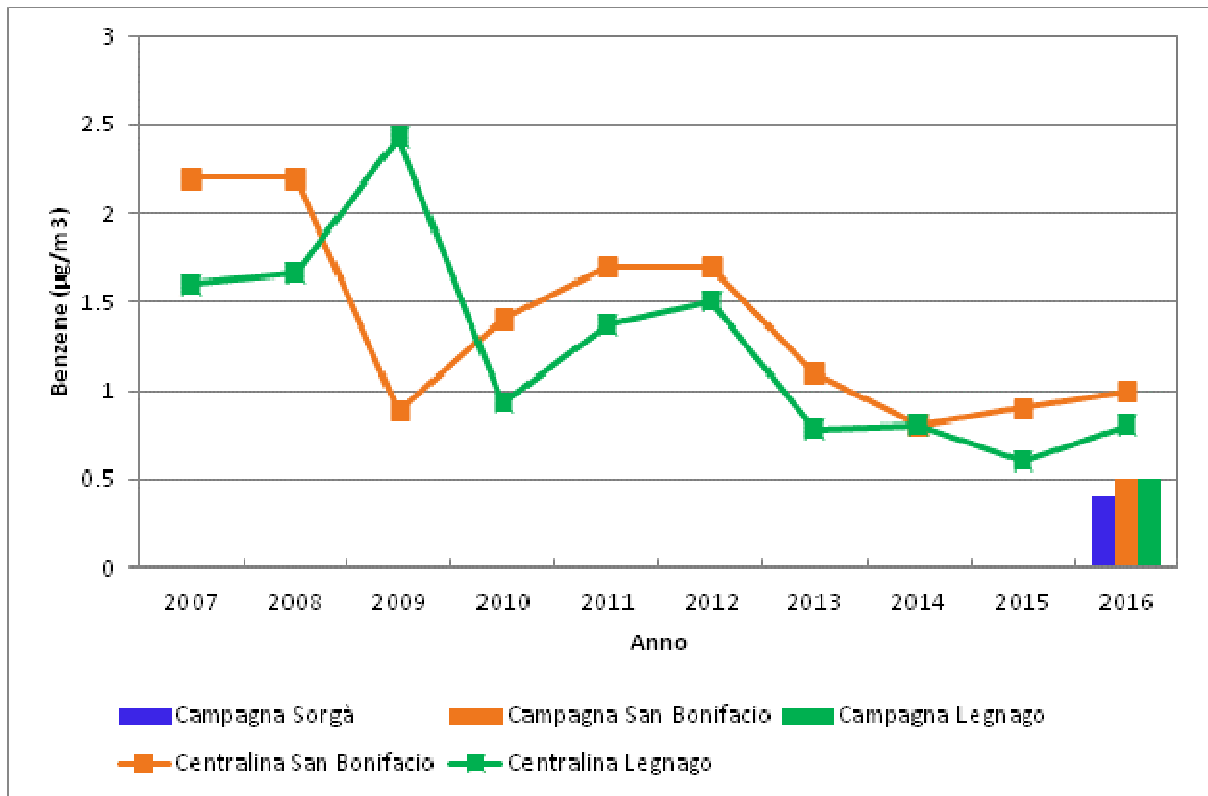
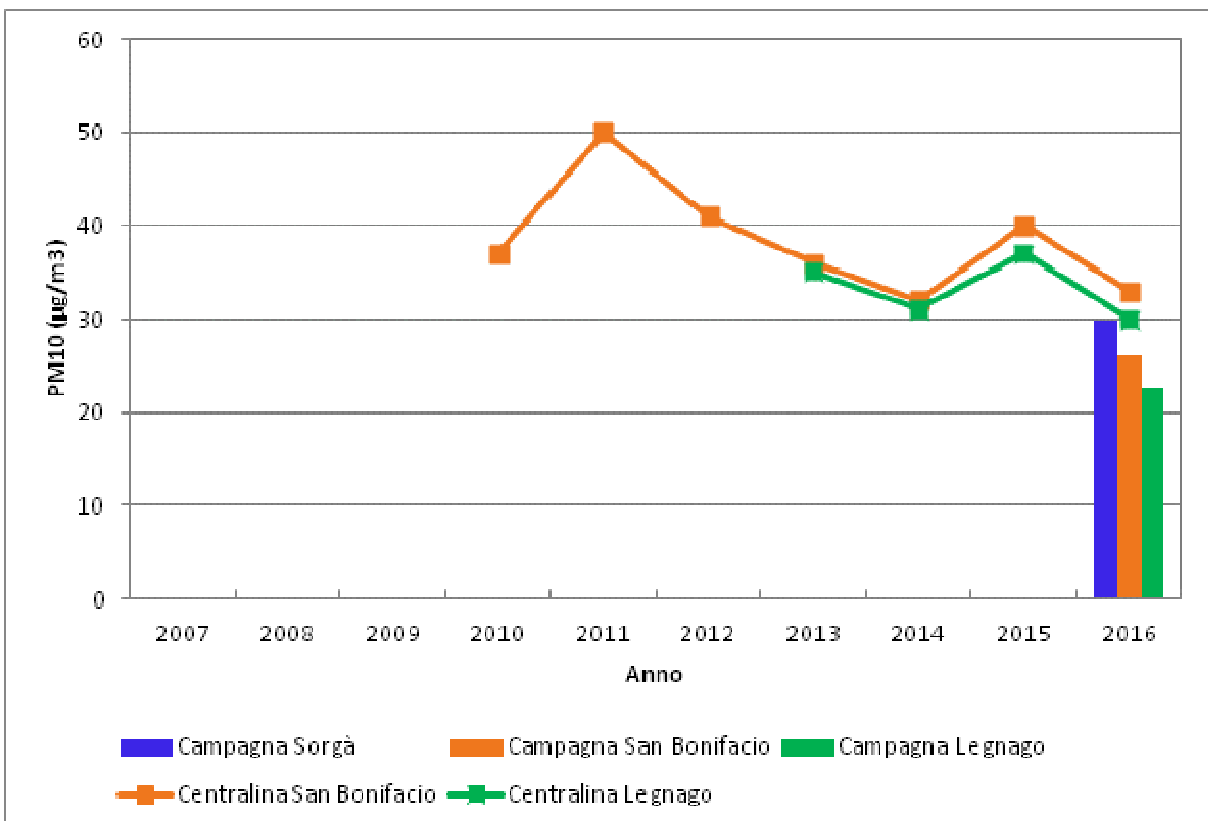


Figura 18: NO<sub>2</sub>: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a Sorgà, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago.



**Figura 19. Benzene: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a Sorgà, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago.**



**Figura 20. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a Sorgà, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago.**

## 10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Sorgà, in Via Molino 12, in località Pontepossero, vicino alla scuola d'infanzia comunale. Nelle vicinanze, circa 2 km a sud-ovest del punto di misura, vi è la principale fonte di pressione di tipo industriale per la zona: l'azienda ECB, che lavora sottoprodotti della macellazione avicola per la produzione di alimenti per animali, ed emette principalmente ossidi di azoto e biossido di zolfo. Sono presenti anche allevamenti e aziende di fabbricazione di carpenteria in legno e falegnameria per l'edilizia, e alcuni nuclei abitativi.

Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: il primo, che va dal 29 febbraio al 22 aprile 2016, il secondo, dal 29 luglio al 5 settembre 2016. La campagna estiva è stata svolta in un periodo con piovosità e ventilazione inferiori alla media tipica di questo periodo dell'anno, mentre quella invernale è stata caratterizzata da una piovosità nella media e da una buona ventilazione.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, le medie giornaliere di PM10 e benzo(a)pirene, e la media su un periodo di più giorni del benzene. I metalli (Arsenico, Nichel, Piombo e Cadmio) sono stati misurati solo nel periodo invernale, che comunque è quello più critico per questi inquinanti.

E' stata realizzata un'analisi dei dati, sono stati calcolati vari parametri statistici ed è stato effettuato un confronto con le due stazioni fisse di riferimento: quella di traffico urbano di San Bonifacio e quella di fondo urbano di Legnago.

Nel caso degli ossidi di azoto, inquinanti legati principalmente alle emissioni da traffico, i valori medi registrati a Sorgà sono più bassi di quelli misurati a San Bonifacio e vicini a quelli di Legnago; quello massimo è superiore al corrispondente delle stazioni di riferimento, a causa di un singolo episodio verificatosi il 14 agosto, in cui le concentrazioni sono state particolarmente elevate. Le concentrazioni invernali, a causa delle condizioni meteorologiche più favorevoli al ristagno degli inquinanti, sono superiori a quelle estive. L'andamento giornaliero della concentrazione di NO<sub>2</sub> a Sorgà mostra due picchi al mattino e alla sera, in corrispondenza dei maggiori flussi di traffico, in accordo con le centraline di riferimento. Le concentrazioni di NO<sub>2</sub> diminuiscono la domenica, rispetto agli altri giorni della settimana, in accordo con una diminuzione del traffico, e anche il lunedì: lo stesso comportamento si riscontra nelle centraline di riferimento. Nel periodo di svolgimento delle campagne di misura non vi è stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta, a Sorgà come anche nelle stazioni di riferimento. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 17 µg/m<sup>3</sup>, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. La stessa media relativa agli NO<sub>x</sub> è 21 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite annuale per la protezione degli ecosistemi di 30 µg/m<sup>3</sup>.

Le polveri sottili rappresentano l'inquinante più critico per la postazione di Sorgà, tra quelli analizzati. Infatti, i valori medi e massimi di PM10 relativi a Sorgà sono stati superiori a quelli delle centraline di San Bonifacio e Legnago nello stesso periodo. Essi sono maggiori in inverno rispetto all'estate, come accade anche presso le centraline di riferimento, a causa delle condizioni meteorologiche che in estate sono più favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

Sono avvenuti 6 superamenti del limite normativo (valore giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 35 volte l'anno), corrispondenti all'8% del periodo monitorato, tutti durante la campagna invernale. Il numero di superamenti è superiore a quello rilevato presso la centralina di riferimento di Legnago e uguale a quello rilevato a San Bonifacio nello stesso periodo. La stima del valore medio annuale per il sito di Sorgà, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (Legnago), è stata 39 µg/m<sup>3</sup>, che è di poco inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a



66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , il che determina un superamento del valore limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per un numero di volte superiore a 35.

Le concentrazioni medie di ozono registrate a Sorgà sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Legnago. Nel periodo estivo, il limite di 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 18 volte, mentre non è stato superato il limite di 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione. Il numero di superamenti è stato superiore al corrispondente di Legnago.

Per quanto riguarda il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, i valori medi di concentrazione sono molto bassi rispetto ai limiti indicati dalla normativa, e inferiori o molto vicini al limite di rivelabilità strumentale.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, presenta valori medi inferiori al limite di rivelabilità strumentale, a Sorgà come anche presso le centraline di riferimento, in entrambe le stagioni. Il valor medio della concentrazione di benzene misurato presso le centraline durante il periodo delle campagne di Sorgà è inferiore a quello relativo a tutto il 2016; poiché presso le centraline il limite annuale di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato rispettato, si può inferire che ciò accada anche a Sorgà.

La concentrazione di benzo(a)pirene a Sorgà rimane sempre piuttosto bassa, e inferiore a quella misurata presso la stazione di riferimento di Schio (VI). Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è 0.17  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Le misurazioni non sono però state eseguite in periodi critici per questo inquinante, il cui comportamento esibisce una forte stagionalità. Pertanto, non è possibile stabilire se il limite, riferito alla media annuale, di 1  $\text{ng}/\text{m}^3$  sia stato superato o meno.

Le concentrazioni dei metalli a Sorgà, sono state misurate solo durante la campagna invernale, che rappresenta comunque il periodo più critico. Esse sono inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica. La concentrazione media per Cadmio, Nichel e Arsenico risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo; per il Piombo è invece compatibile con i valori tipici delle aree urbane.

La qualità dell'aria del comune di Sorgà è risultata prevalentemente accettabile in entrambi i periodi di monitoraggio, e non ci sono state giornate con qualità dell'aria scadente o pessima. Il confronto con la qualità dell'aria della stazione di riferimento di Legnago consente di concludere che la qualità dell'aria a Sorgà è leggermente peggiore di quella di Legnago. La campagna di misura invernale è stata svolta in un periodo in cui le condizioni meteorologiche sono state più favorevoli alla dispersione di inquinanti rispetto alla media.

Al fine di individuare il contributo della azienda di produzione di mangimi animali ECB, è stata svolta una analisi della correlazione tra la direzione del vento e la concentrazione dei due principali inquinanti emessi dalla ditta:  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$ . I risultati non hanno evidenziato una correlazione significativa. Tuttavia, si consideri che in atmosfera questi due inquinanti prendono parte a reazioni chimiche che determinano la loro parziale trasformazione in polveri sottili: questo potrebbe spiegare le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  di Sorgà, più elevate rispetto alle centraline di riferimento. Si consideri inoltre che la direzione prevalente del vento a Sorgà è il nord-est, per cui l'area di massima ricaduta degli inquinanti emessi dalla azienda si trova a sud-ovest della stessa, e non nella zona abitata più vicina, dove è stato eseguito il monitoraggio.

## ALLEGATO

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in Figura 22.

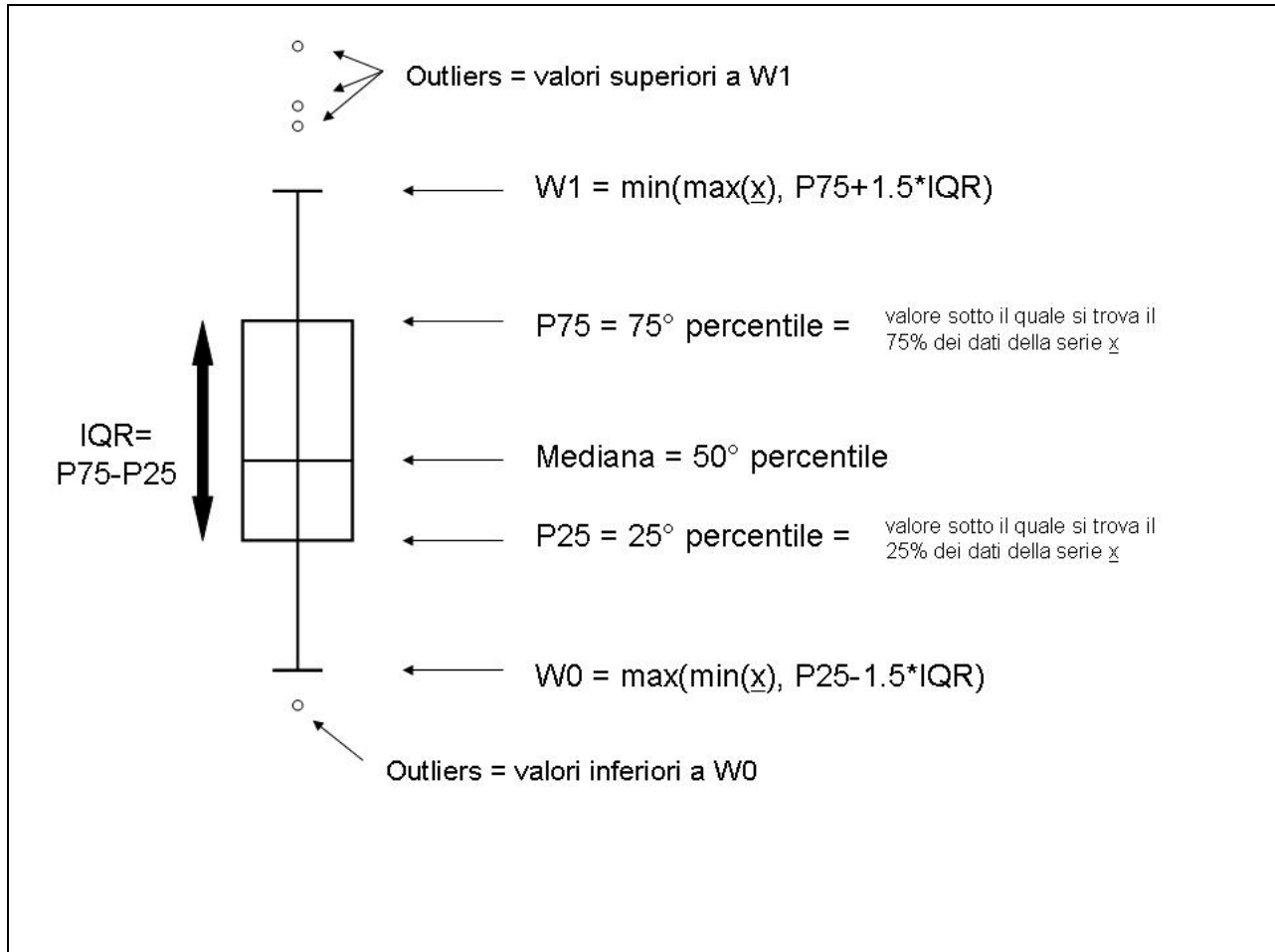
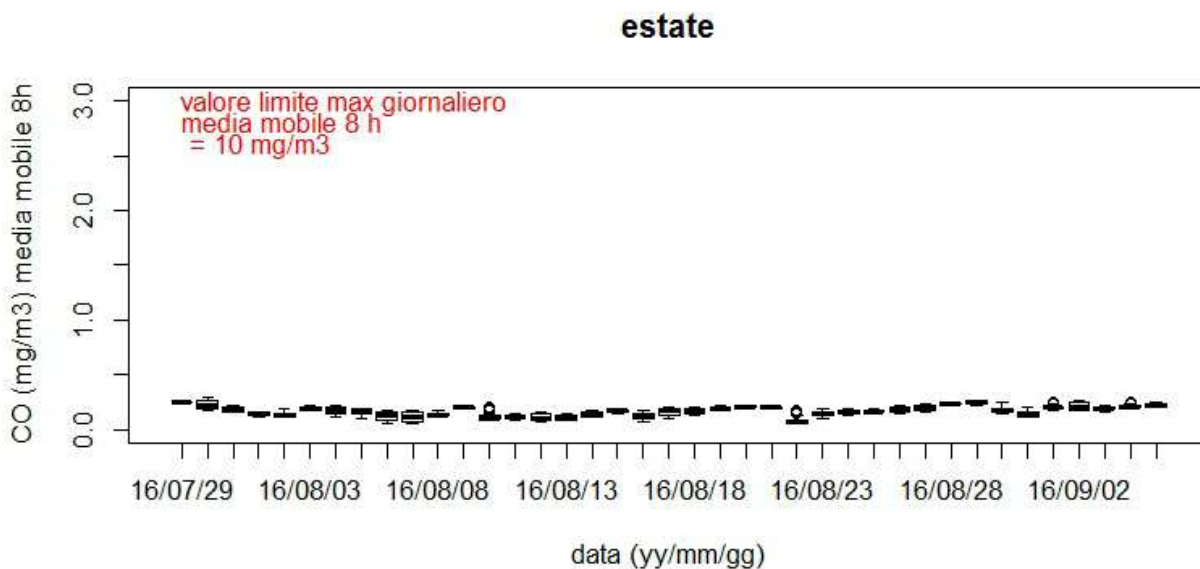


Figura 21. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o  $50^\circ$  percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il “box” è il  $25^\circ$  percentile, cioè il valore rispetto al quale il 25% dei dati è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il “box” è il  $75^\circ$  percentile, cioè il valore rispetto al quale il 75% dei dati è inferiore. La differenza tra il  $25^\circ$  e  $75^\circ$  percentile si definisce “Inter Quartile Range” (IQR). In base all'IQR si definiscono i “baffi”, cioè le barre che si estendono in alto e in basso: lo spazio tra esse compreso dà un'indicazione della dispersione dei dati della serie rappresentata. Oltre i baffi, si trovano solo pochi dati della popolazione rappresentata, i valori minimi e massimi, che vengono chiamati “outliers” e indicati con dei pallini.

Grafico 1 – Concentrazione di CO (mg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

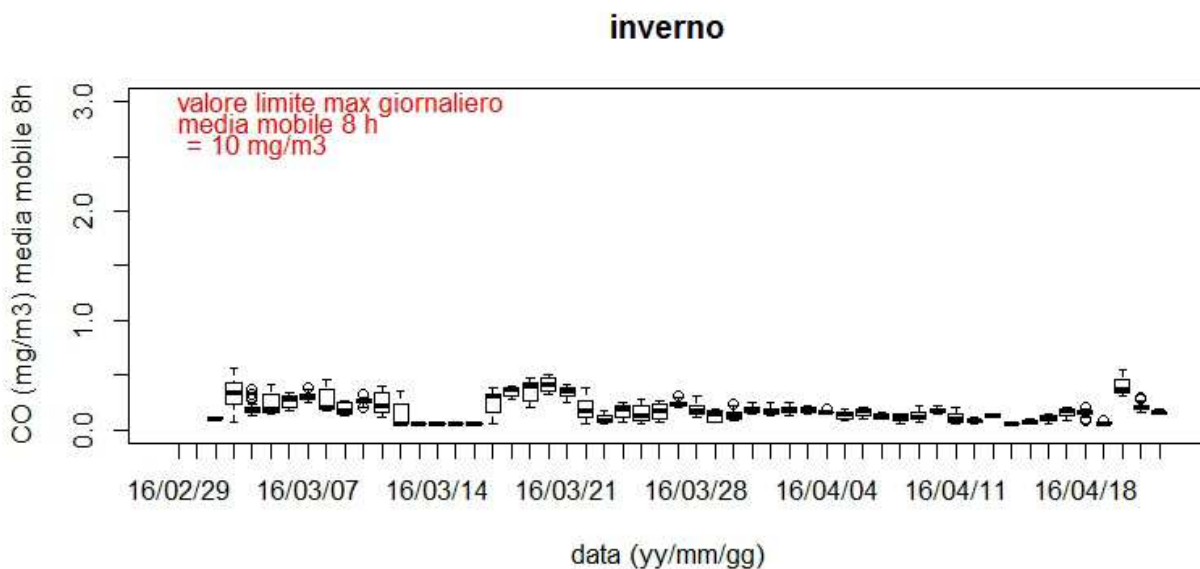
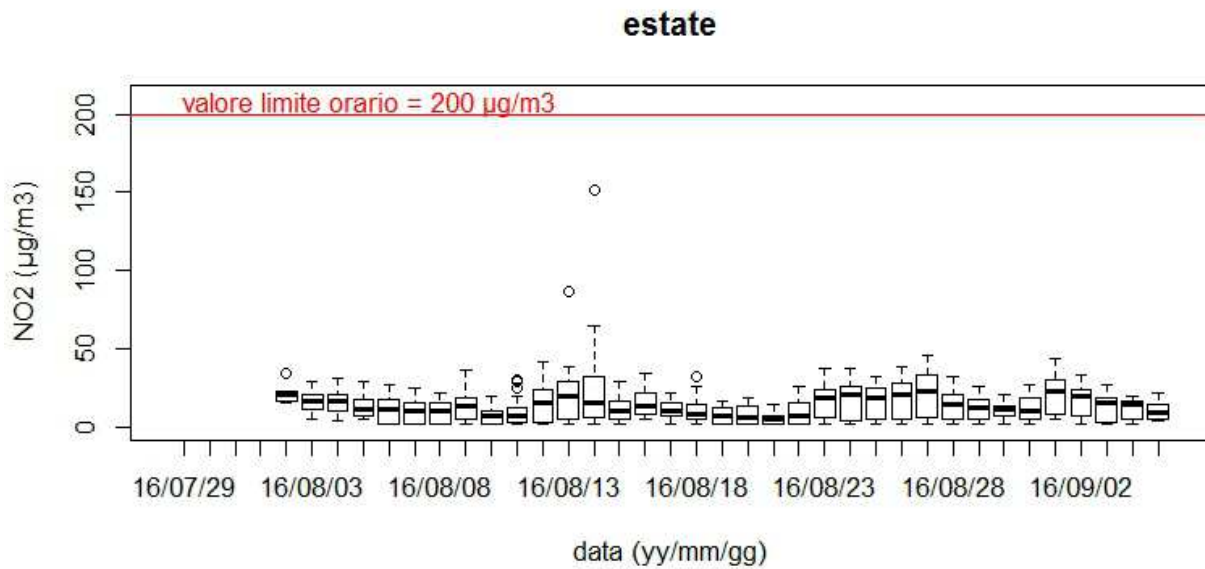


Grafico 2 – Concentrazione di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. “Esposizione acuta”.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

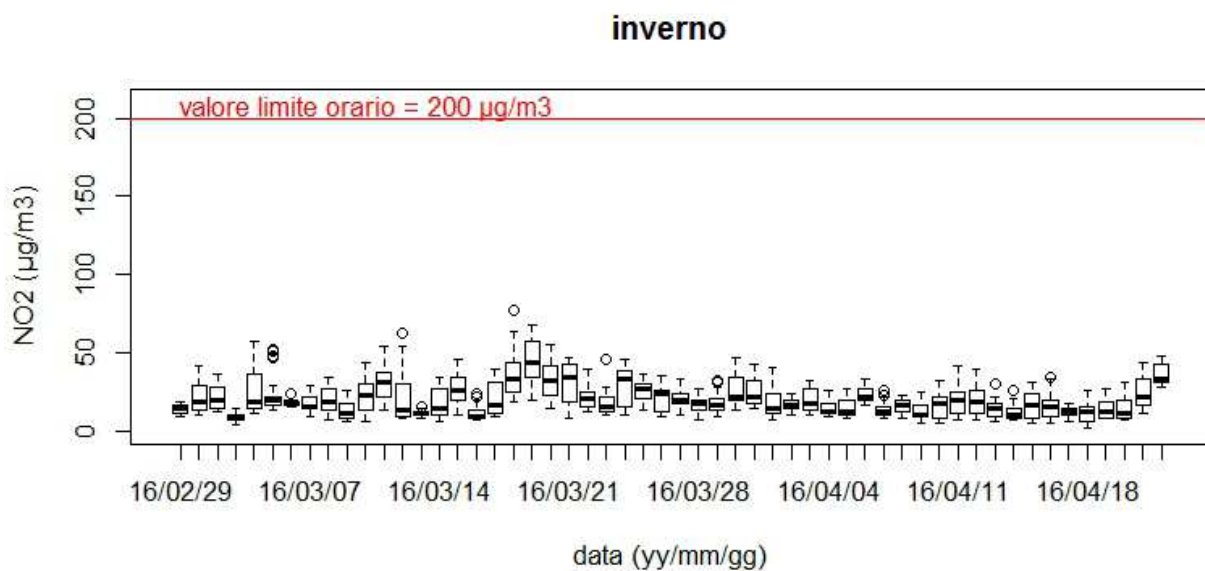
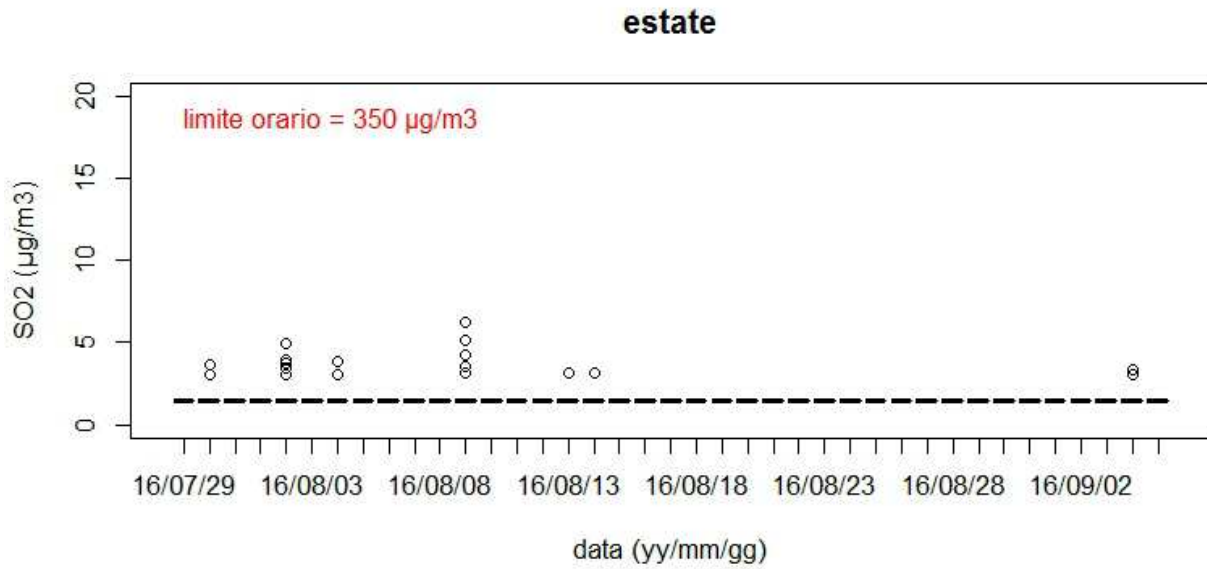


Grafico 3 – Concentrazione di SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

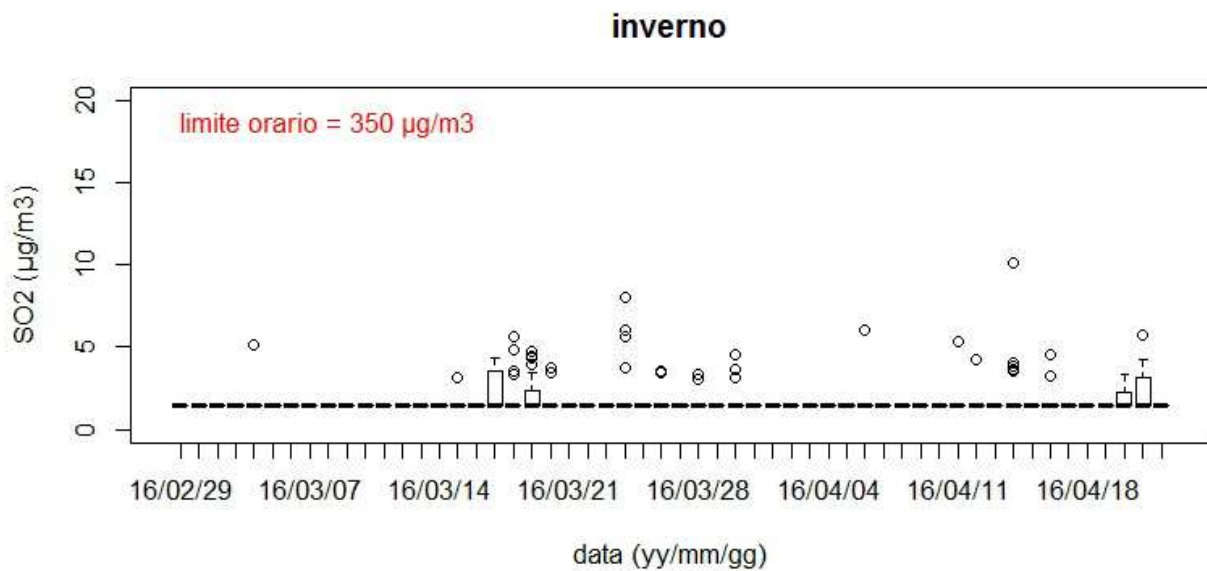
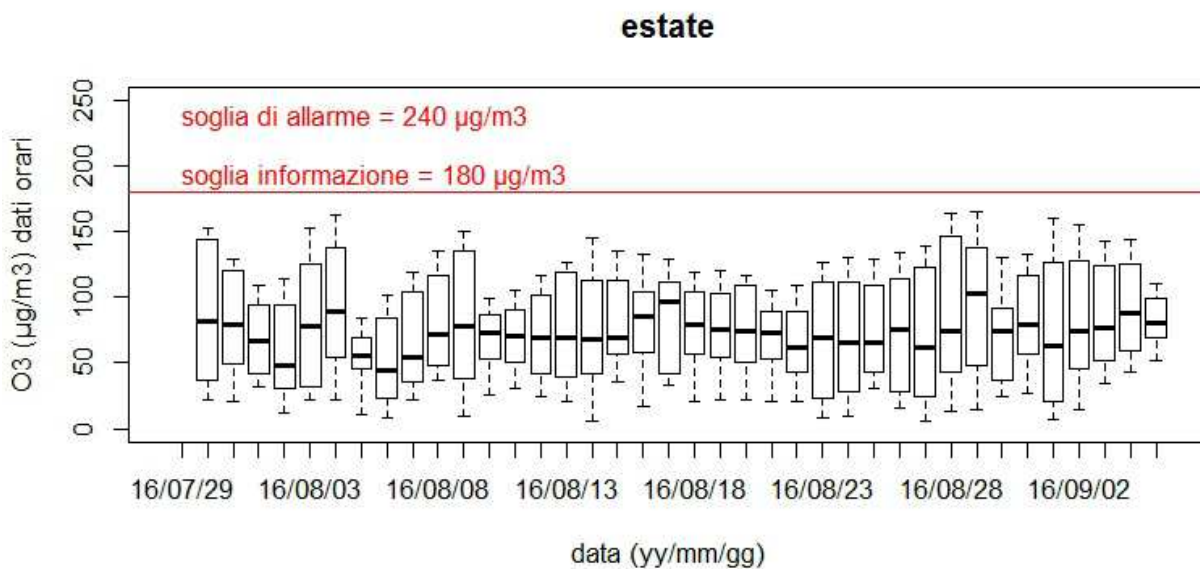


Grafico 4 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

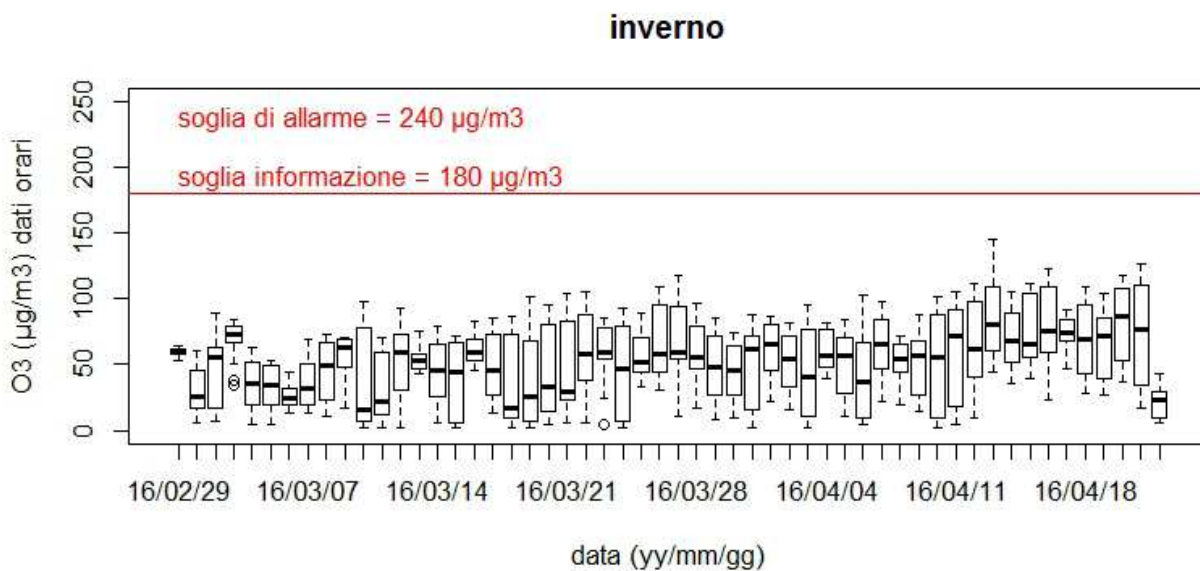
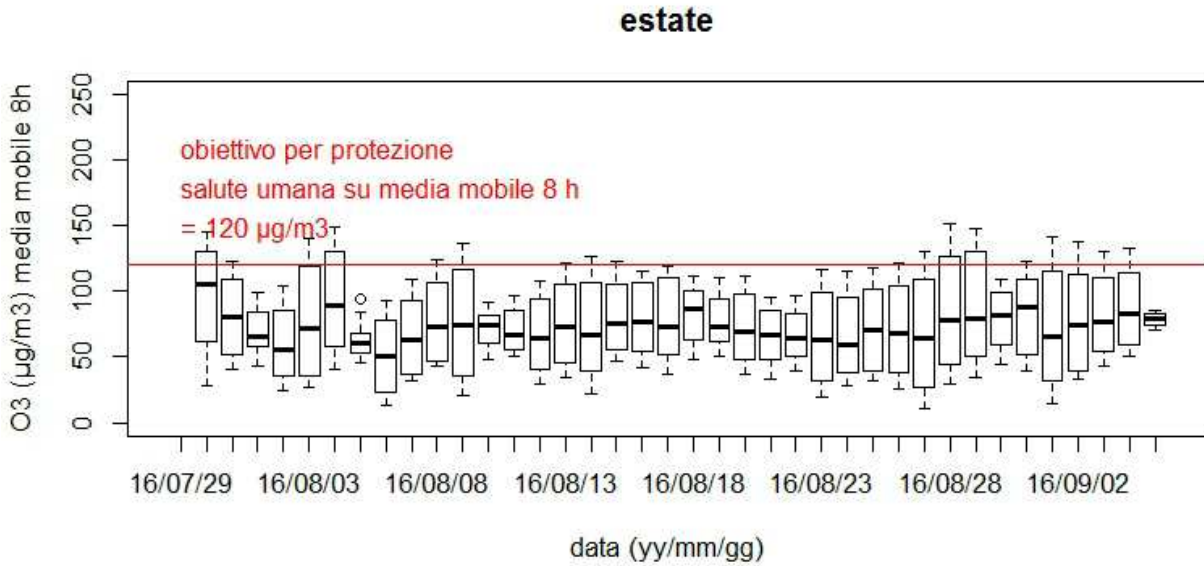
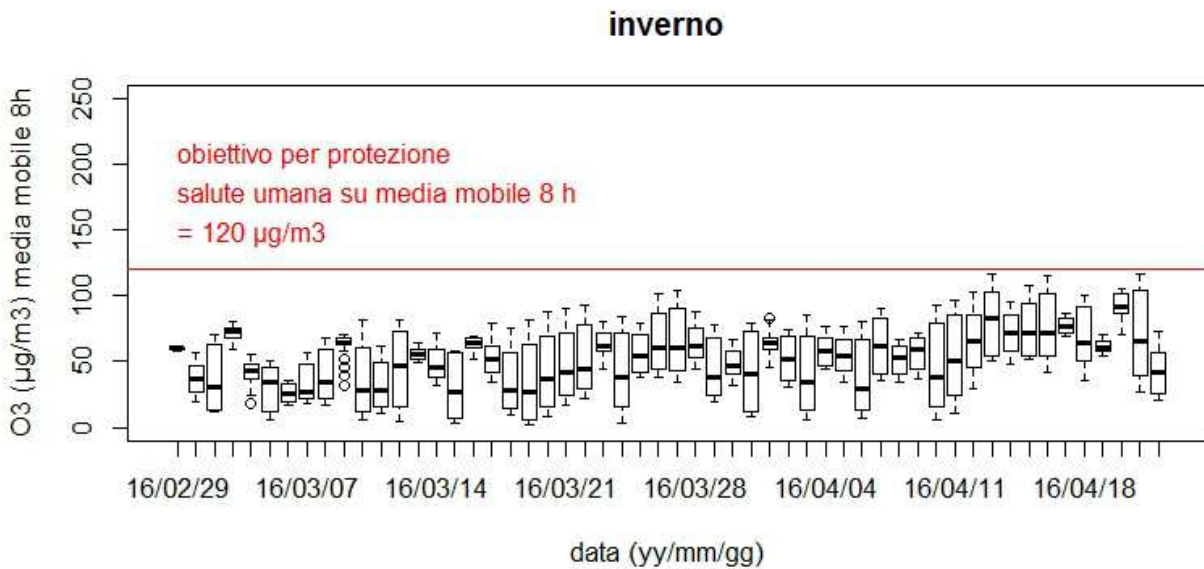


Grafico 5 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot.

Semestre “estivo”

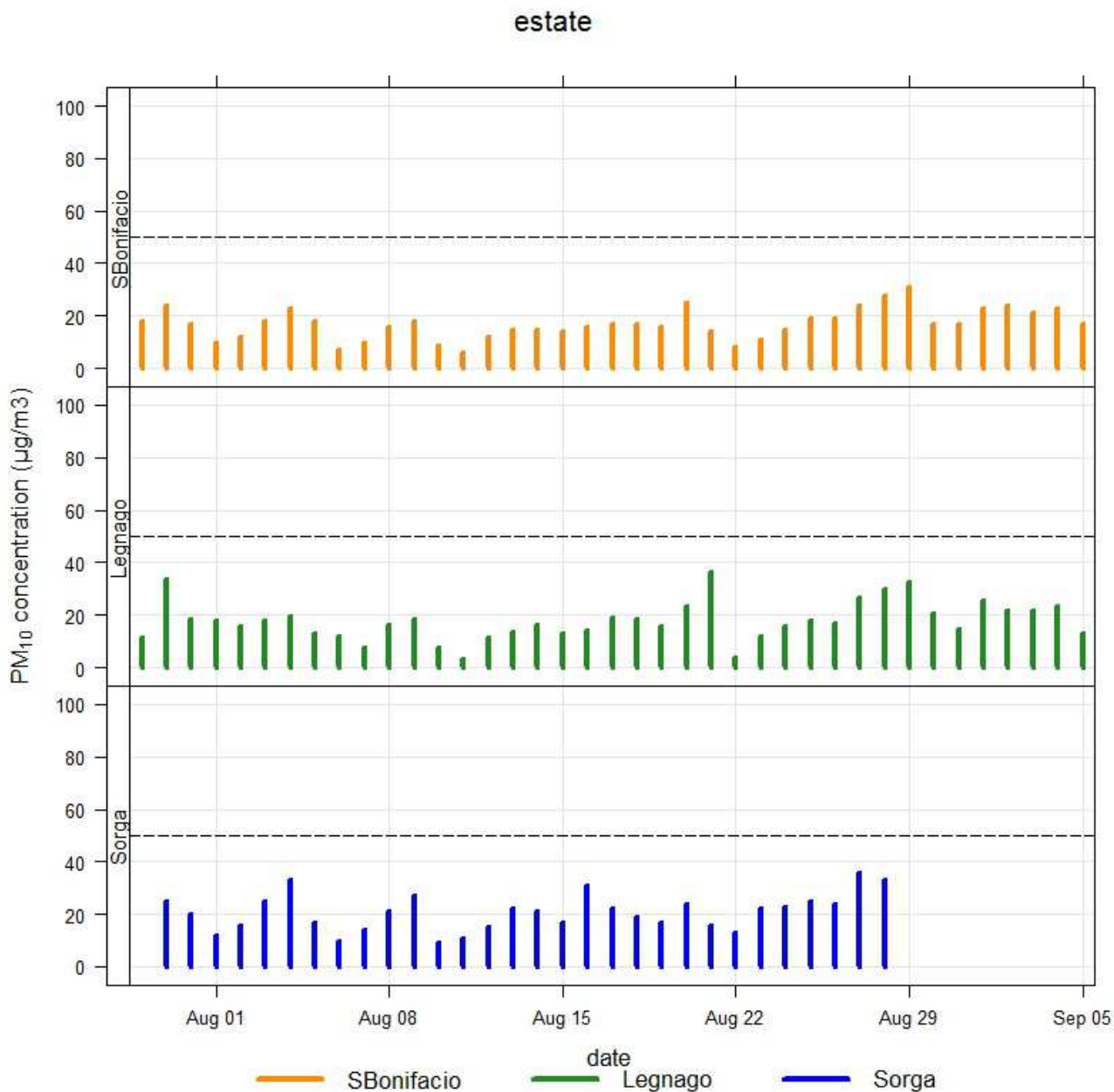


Semestre “invernale”





**Grafico 6 – Concentrazione giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Sorgà, San Bonifacio e Legnago. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 35 volte l'anno.**



# inverno

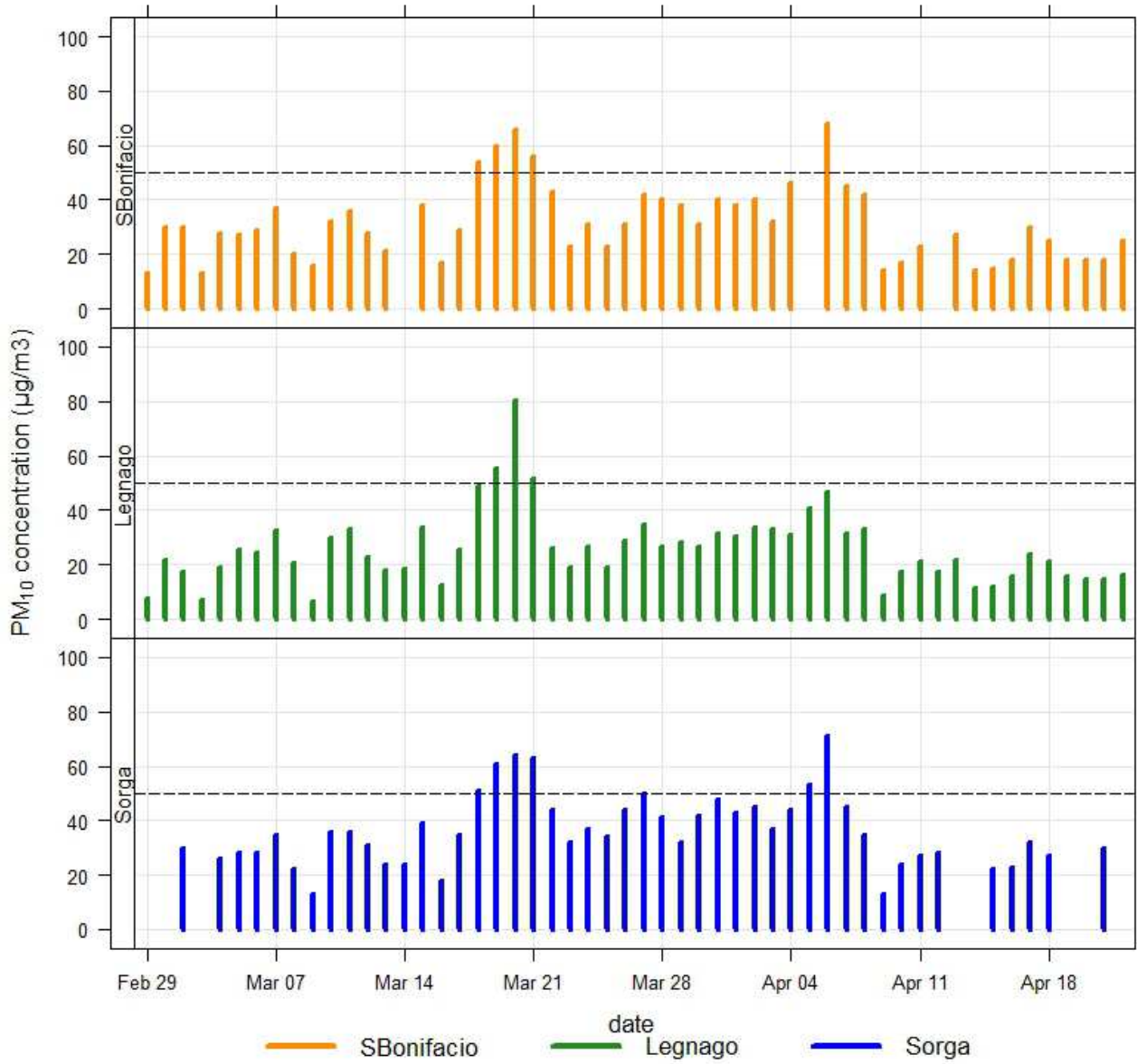
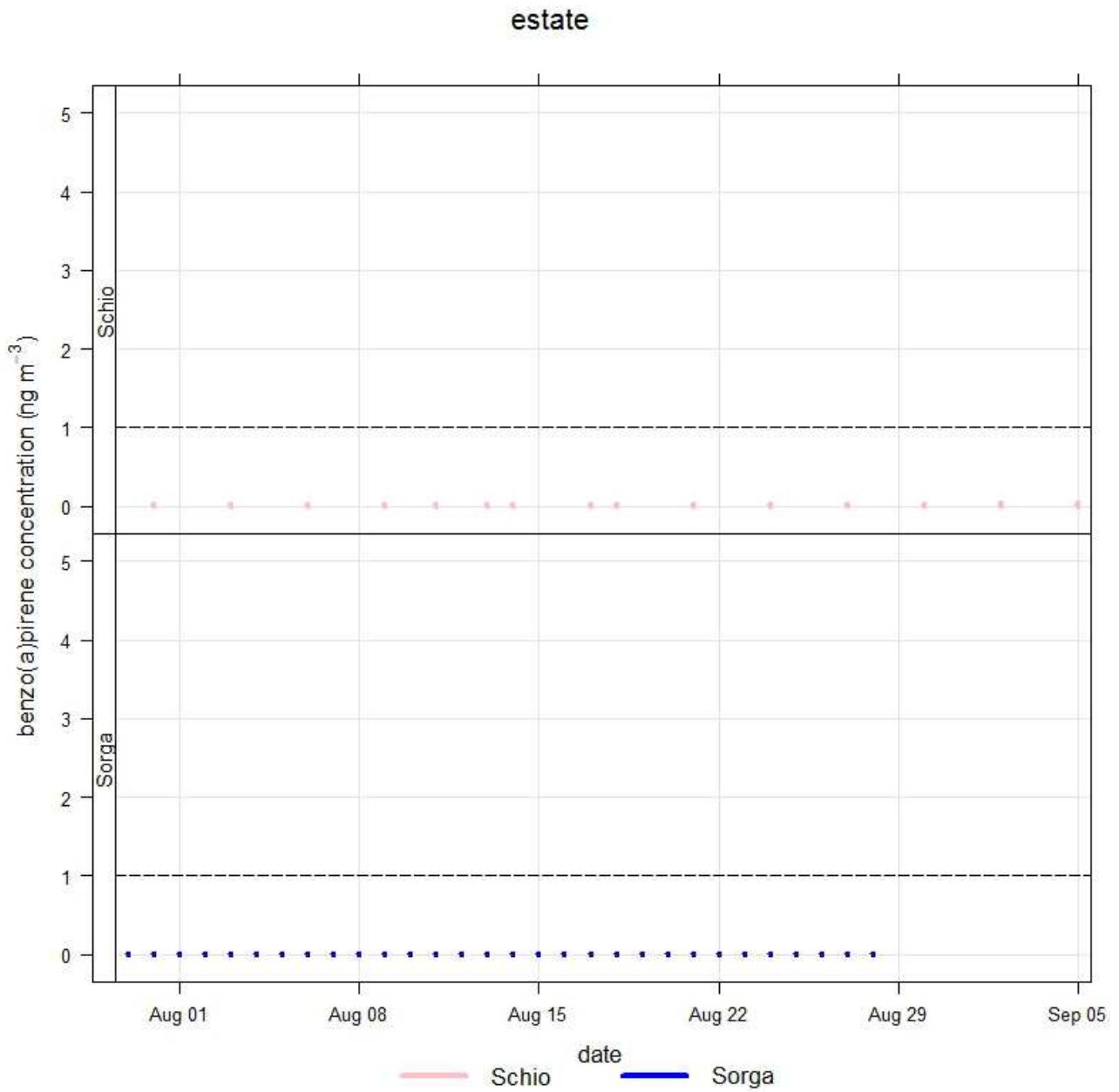


Grafico 7 – Concentrazione di benzo(a)pirene ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) a Schio e Sorgà nella campagna di misura estiva (sopra) e invernale (sotto). La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ .



inverno

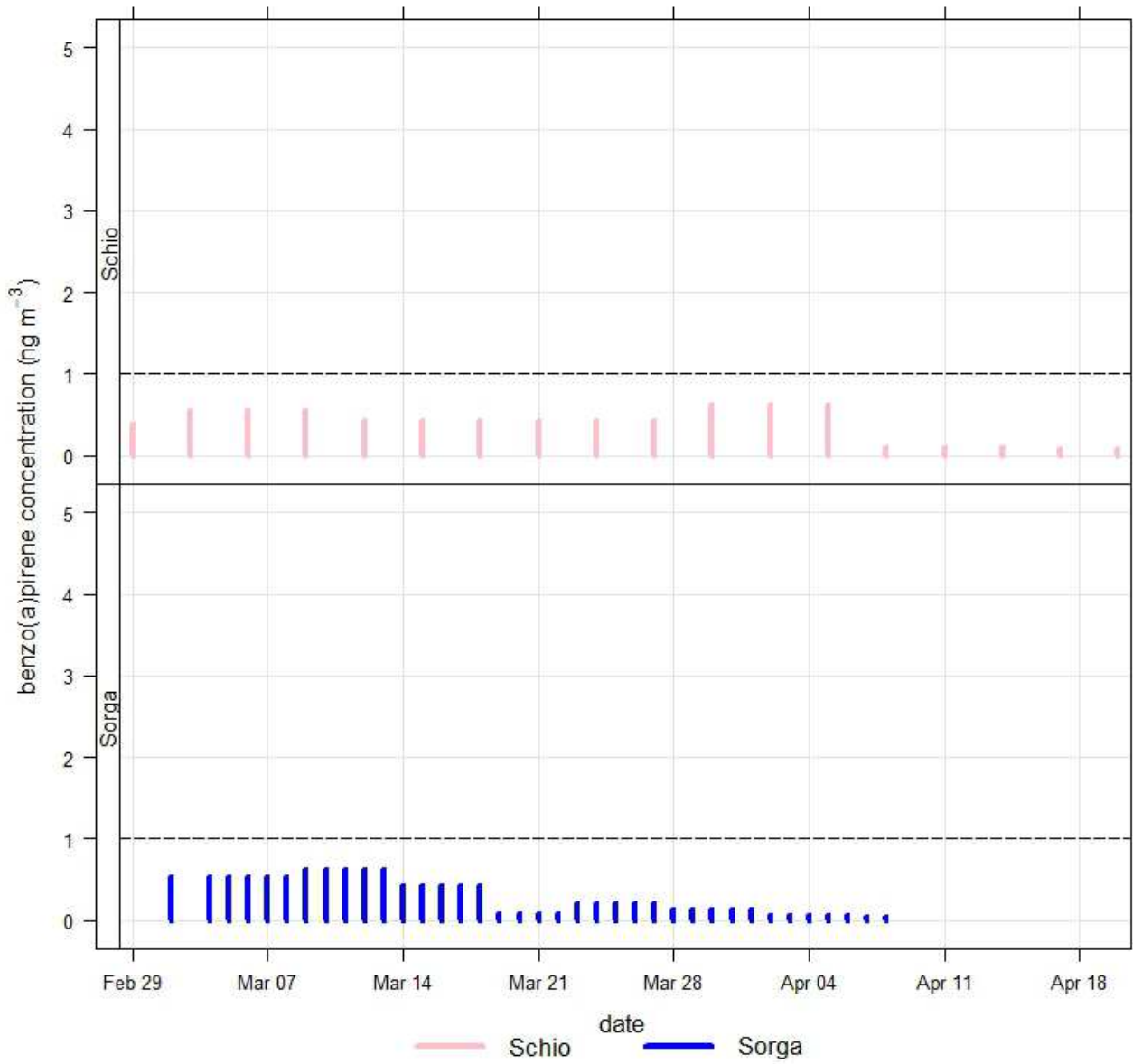


Grafico 8 – Giorno-tipo di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

Semestre "estivo" a sinistra, "invernale" a destra

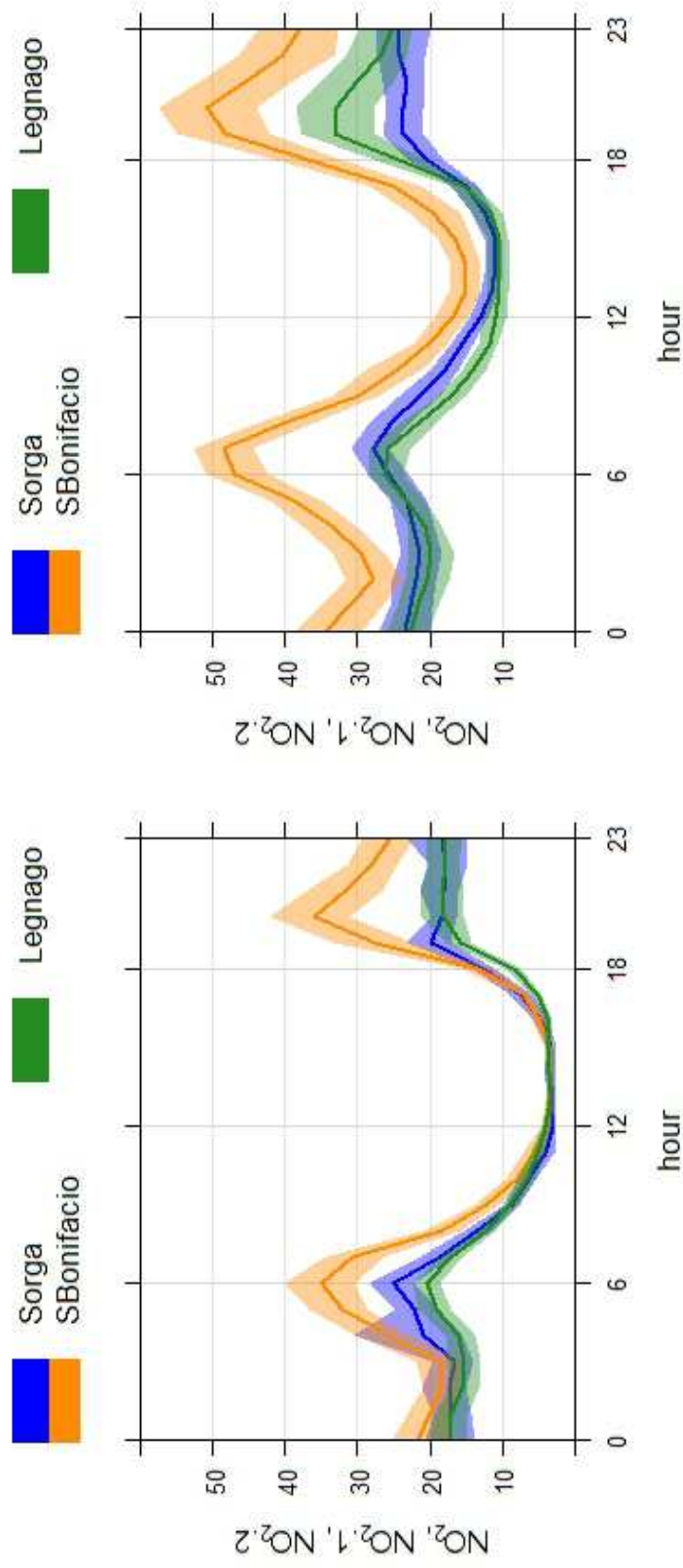
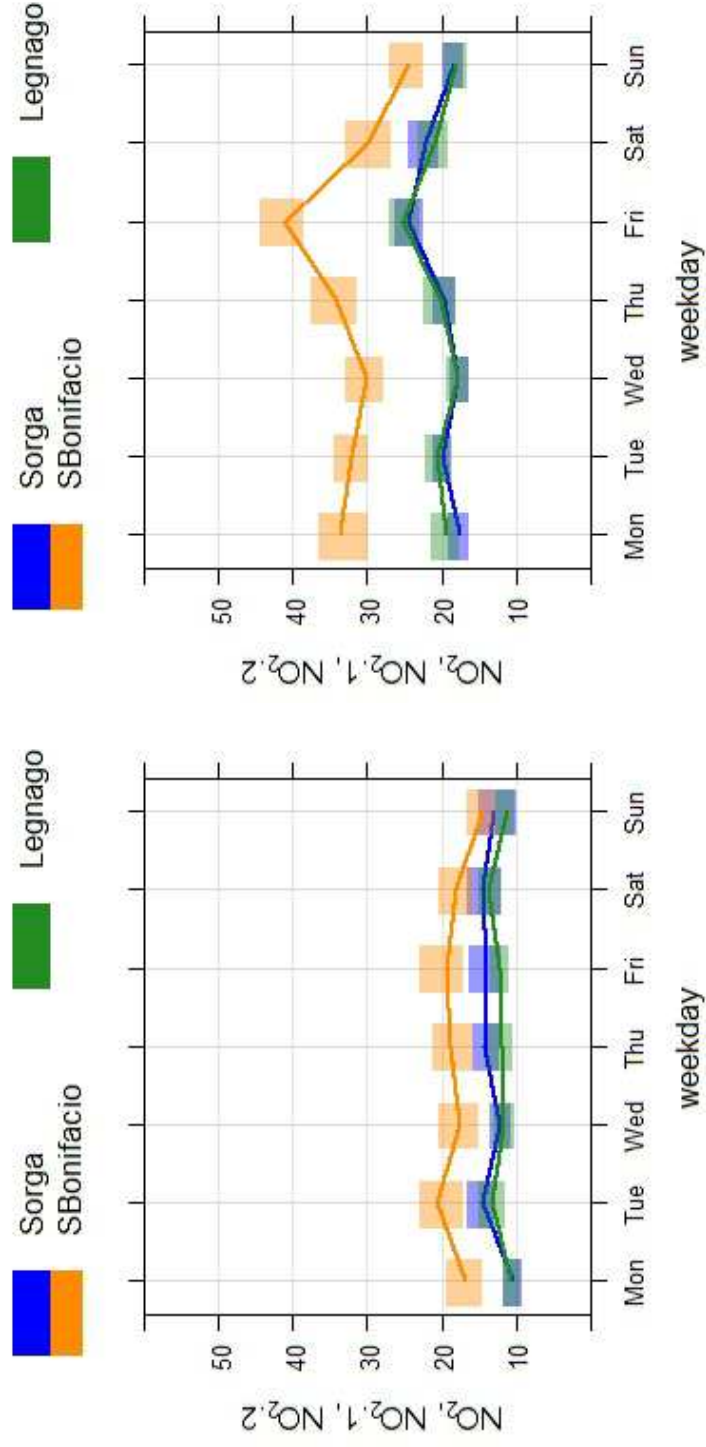


Grafico 9 – Settimana-tipo di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

Semestre "estivo" a sinistra, "invernale" a destra



**Grafico 10 – Giorno tipo O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%.**

Semestre "estivo" a sinistra, "invernale" a destra.

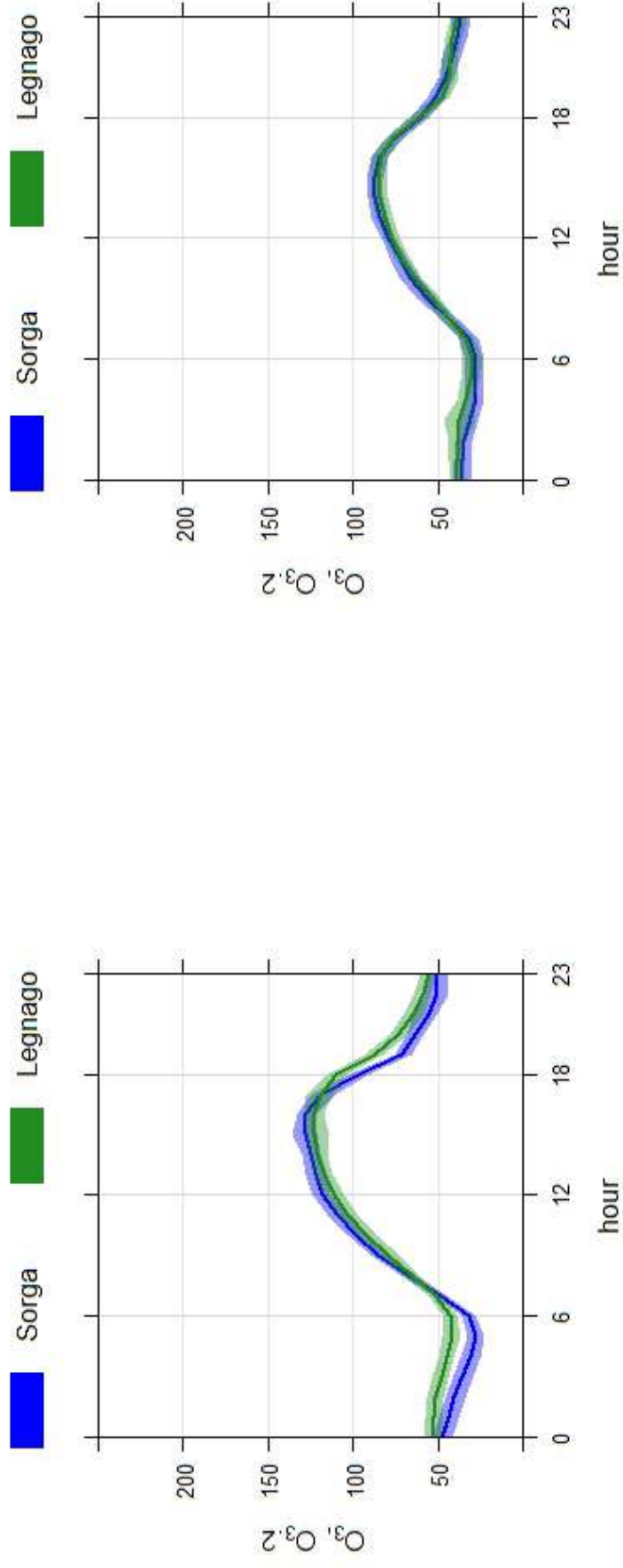
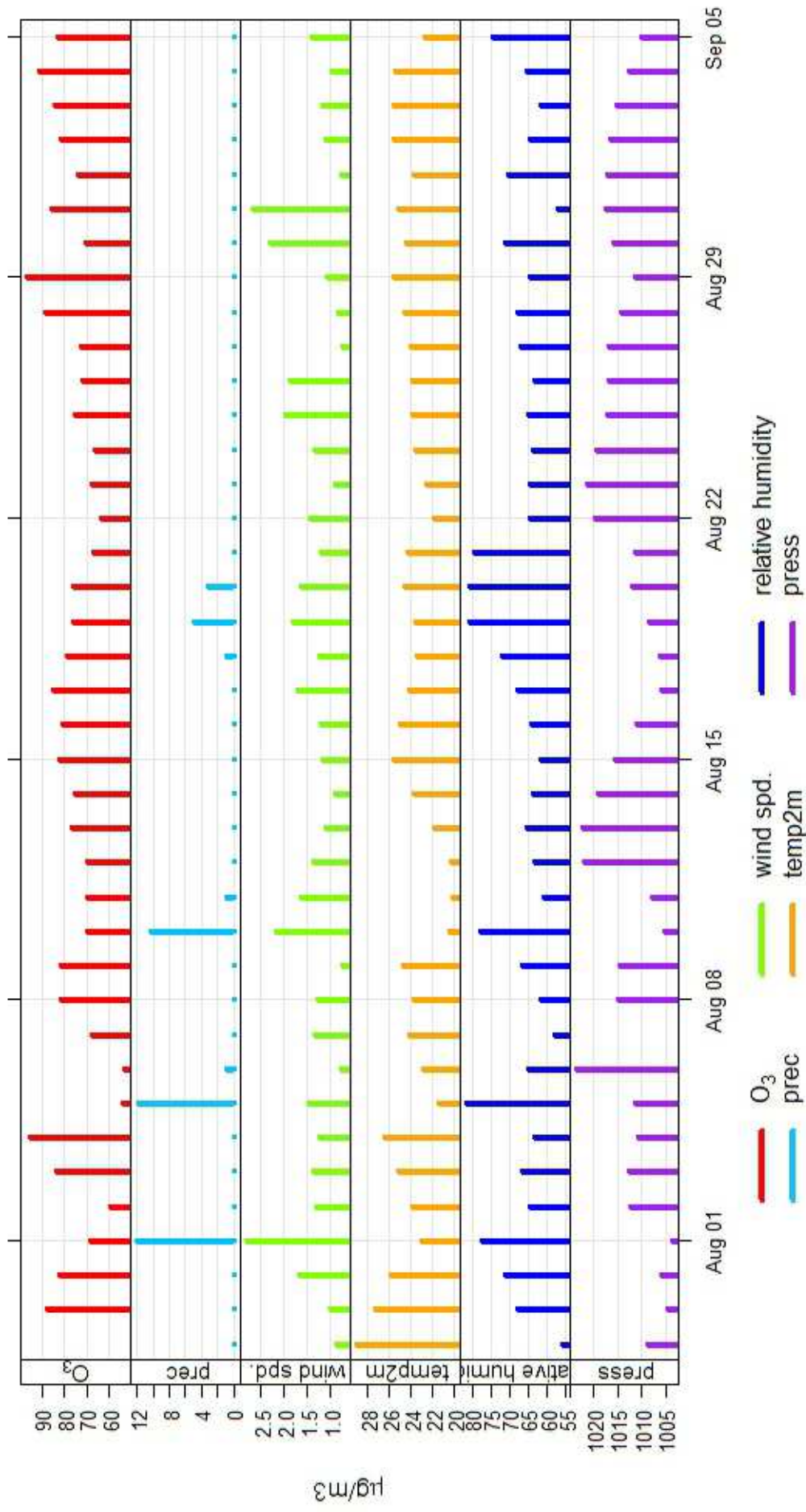




Grafico 11 – Concentrazione di PM10 e O3 (µg/m³) a Sorgà, e variabili meteorologiche della stazione di Sorgà (VR): prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%).

estate



# inverno

