

# Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

## Comune di Nogarole Rocca

### Piazza della Repubblica



**Periodo di attuazione:**

**01/04/2015 – 29/05/2015 (periodo estivo)**

**10/09/2015 – 22/10/2015 (periodo invernale)**

## RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

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

### Dipartimento Provinciale di Nogarole Rocca

Direttore: Ing. Giancarlo Cunego

#### Servizio Controlli Ambientali

Dottoressa Francesca Predicatori

Dottoressa Simona De Zolt Sappadina

#### Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

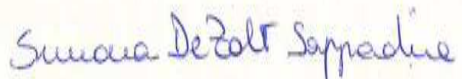

### Commento sulla situazione meteorologica

Massimo Enrico Ferrario

Simona De Zolt Sappadina

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

*Errata corrige: pag 15, riga 11, "il valore medio di NOx, pari a 37 µg/m<sup>3</sup>"  
pag. 28, legenda figura 12: si inverte "Cason" con "Nogarole Rocca"  
pag. 34, riga 19: "sono uguali a quelli"*

<b>Relazione tecnica n. 6/2016</b>		<b>Data : 16/06/2016</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.....	12
6.	Efficienza di campionamento.....	13
7.	Analisi dei dati rilevati.....	14
7.1.	Monossido di carbonio (CO).....	15
7.2.	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) – Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ).....	15
7.3.	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ).....	18
7.4.	Ozono (O <sub>3</sub> ).....	19
7.5.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10).....	21
7.6.	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	23
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA.....	26
7.8.	Metalli (Pb, As, Cd, Ni).....	27
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	29
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse.....	34
10.	Conclusioni.....	37

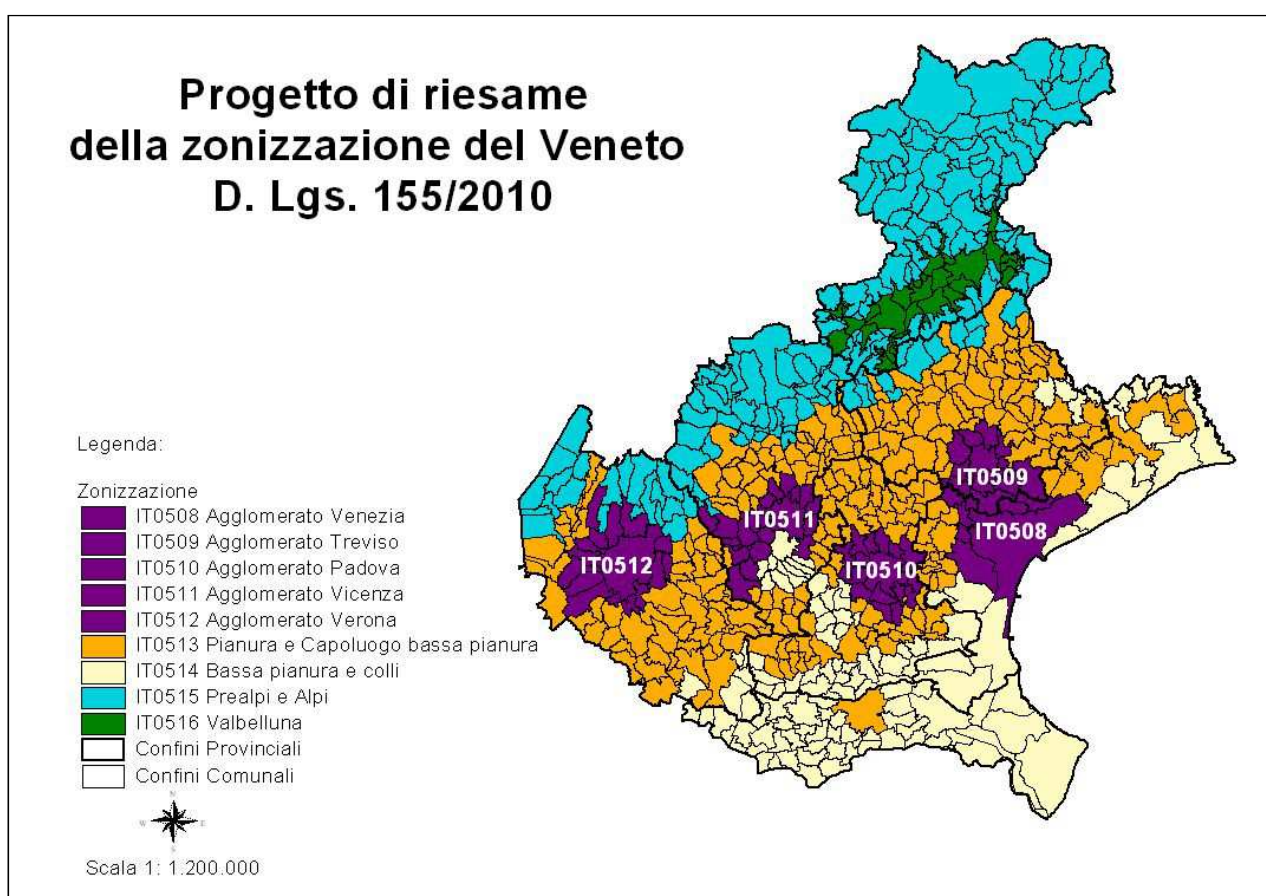


## 1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nella frazione Pradelle del comune di Nogarole Rocca, situata 500 m a ovest della autostrada A22 e circa 300 m a ovest di una zona industriale in cui sono presenti aziende di vario tipo. La frazione sarà interessata nel prossimo futuro da un nuovo insediamento logistico-industriale: per tale motivo, sarà interessante confrontare i dati di inquinamento atmosferico prima e dopo la realizzazione di tale nuova opera. La postazione mobile è stata posizionata vicino alla scuola dell'infanzia A. De Mori e agli impianti sportivi del paese. 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 01/04/2015 al 29/05/2015 nel semestre estivo e dal 10/09/2015 al 22/10/2015 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Nogarole Rocca ed è di tipologia "traffico urbano". Il comune di Nogarole Rocca 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 Piazza della Repubblica, nella frazione di Pradelle.

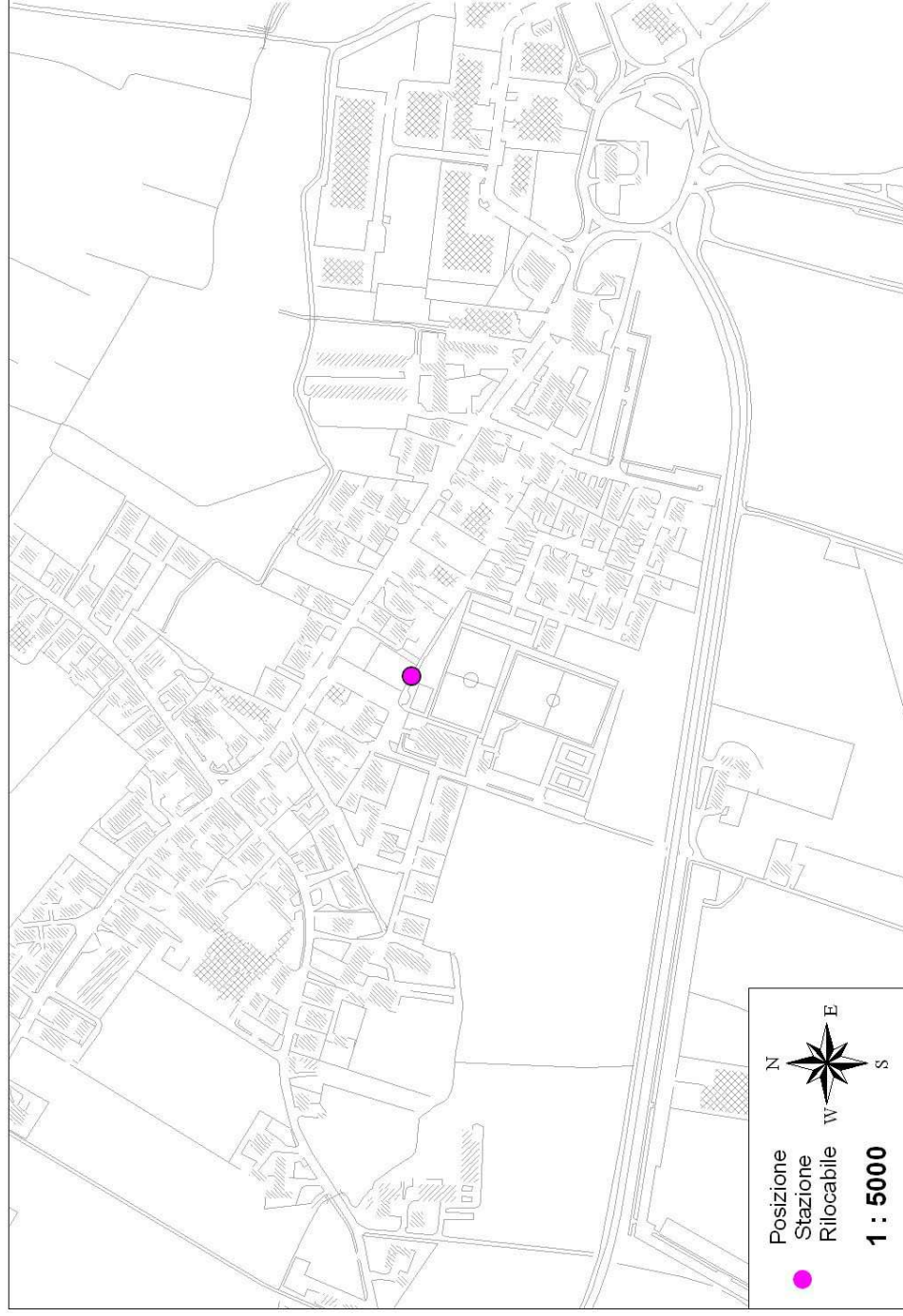


**Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.**



REGIONE DEL VENETO

## Posizione stazione rilocabile Nogarole Rocca, Piazza della Repubblica, 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, e 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 maniera soggettiva, 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:

- 2 aprile - 28 maggio 2015, periodo di svolgimento della campagna di misura estiva;
- 1 aprile - 30 maggio dall'anno 1993 all'anno 2014 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2015 (ANNO CORRENTE).

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

- 11 settembre - 21 ottobre 2015, periodo di svolgimento della campagna di misura invernale;
- 11 settembre - 25 ottobre dall'anno 1993 all'anno 2014 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2015 (ANNO CORRENTE).

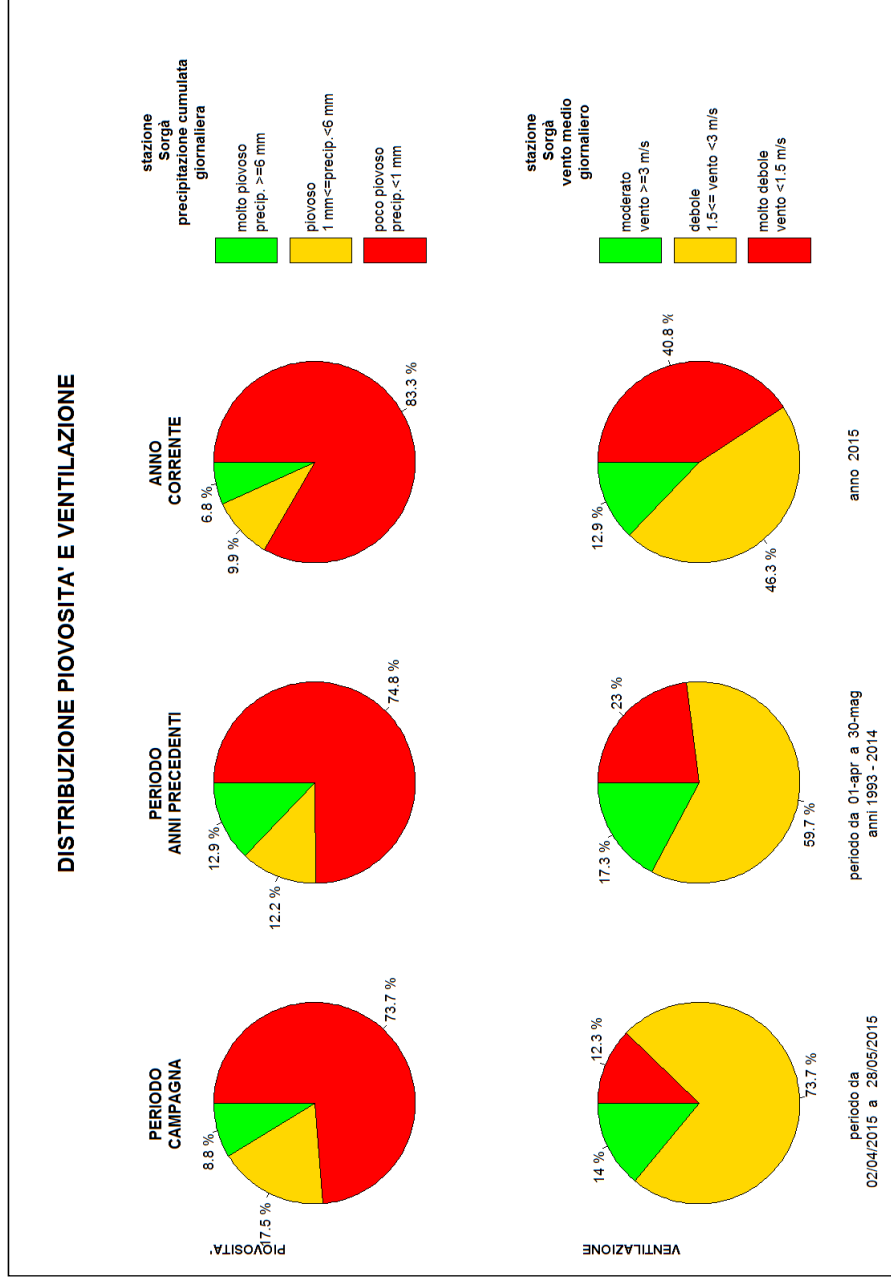
Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che durante il periodo di svolgimento della campagna di misura ESTIVA:

- rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti la distribuzione in relazione alla piovosità è simile salvo una frequenza leggermente maggiore dei giorni piovosi, mentre rispetto all'anno in corso sono meno frequenti le giornate poco piovose;
- i giorni con vento debole (situazione intermedia corrispondente a debole dispersione) sono più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento con uno scarto molto marcato rispetto all'anno corrente.

Durante la campagna di misura INVERNALE:

- i giorni poco piovosi sono stati meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento moderato sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento con uno scarto maggiore rispetto al periodo corrispondente degli anni precedenti, rispetto al quale sono anche meno frequenti i giorni con vento molto debole.

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 (14% dei casi) seguita da est-nord-est (13%) e nord-est (11%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 7%; la velocità media pari a circa 2.2 m/s. Invece, nel periodo INVERNALE, la direzione prevalente di provenienza del vento è est-nord-est e nord-est (entrambe 21% dei casi.); la frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 13%; la velocità media pari a circa 2 m/s.



**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.**



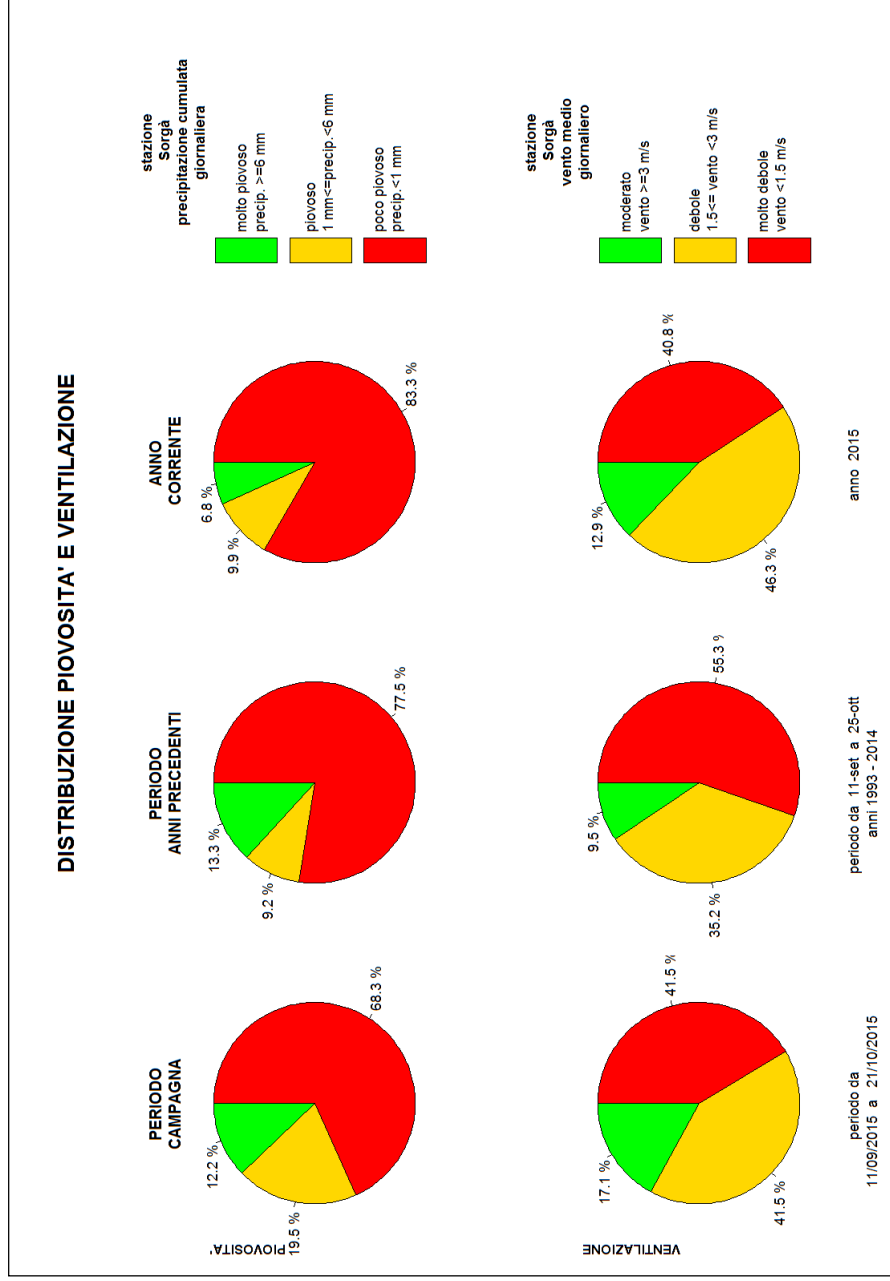
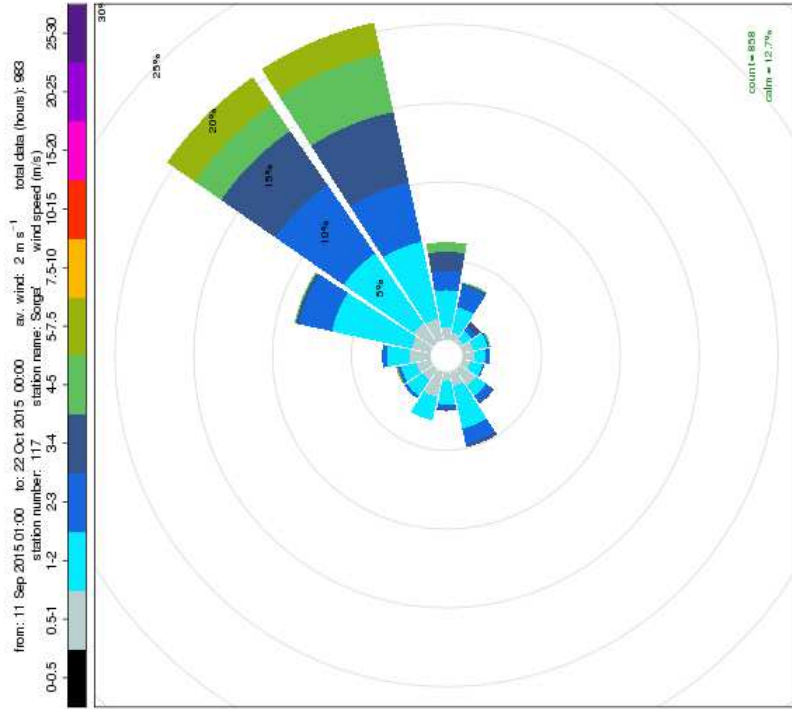
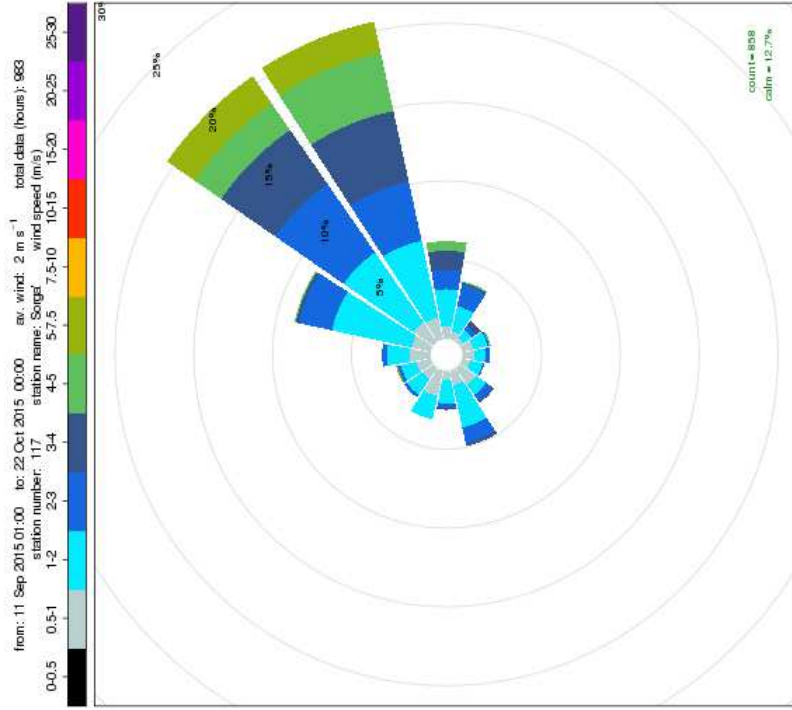


Figura 4. Campagna INVERNALE. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente 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 (2 aprile -28 maggio 2015) nel pannello a sinistra ed INVERNALE (11 settembre - 21 ottobre 2015) nel pannello a destra.**

Per una descrizione dell'evoluzione della situazione meteorologica nel corso delle campagne di misura, si può fare riferimento alle figure del Grafico 11 in Allegato, nelle quali sono riportate le serie temporali delle principali variabili meteorologiche relative alla stazione di Sorgà, insieme a quelle della concentrazione di PM10 e ozono.

La campagna estiva inizia l' 1° aprile 2015, con una fase di tempo variabile, ventilato e molto freddo, per l'azione di correnti settentrionali, ma senza precipitazioni. Dall'8 una fase anticiclonica riporta condizioni di bel tempo con temperature in netto rialzo. Questa situazione perdura fino a metà mese. Dal 16 aprile il tempo torna variabile, con giornate un po' più nuvolose per il transito di una saccatura a nord delle Alpi, che determina una discesa di aria più fresca e qualche debole precipitazione. Dal giorno 22 aprile si assiste al passaggio di successive depressioni, fino al transito di una più profonda saccatura a fine mese, che porta maltempo con pioggia dal 26 aprile al 1 maggio. Il tempo migliora dal 4 maggio, quando il clima diventa anormalmente mite. Dal 13 maggio e fino a fine mese, inizia una fase di spiccata variabilità, per il succedersi di saccature atlantiche: queste provocano episodi di tempo instabile e anche perturbato, con avvezione di aria fredda da nord.

La campagna invernale inizia il 10 settembre, con giornate di tempo stabile e sereno. Dal 13 settembre il tempo torna variabile, inizialmente con qualche precipitazione, e successivamente, dal 16 settembre, senza fenomeni, ma con avvezione da parte di correnti sud-Occidentali, di aria umida e molto mite e la conseguente formazione di nubi stratiformi. Dal 19 fino al 21 una dorsale di stampo mediterraneo riporta giornate soleggiate e miti. Il giorno 23 il sopraggiungere di una saccatura atlantica sull'Italia settentrionale porta alla formazione di una depressione chiusa con esteso maltempo e precipitazioni. Dal 28, l'espansione di un'alta pressione mobile atlantica provoca il ritorno del bel tempo fino a fine mese. Dal 2 ottobre avviene un peggioramento: per le due settimane successive si assiste al passaggio di una serie di perturbazioni, che determinano modeste precipitazioni e, a partire dall' 8 ottobre, una diminuzione delle temperature. Dal 20 ottobre fino alla fine della campagna, un'alta pressione dinamica di matrice atlantica garantisce tempo molto stabile e generalmente ben soleggiato, anche se caratterizzato da basse temperature per la presenza di aria fredda in quota.

## 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 PM10, per l'analisi in laboratorio del benzene, degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) e dei metalli presenti nella frazione PM10 (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. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

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>
PM10	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	Aree urbane
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 52 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.

	CO	NO <sub>2</sub>	NOx	O <sub>3</sub> estate	SO <sub>2</sub>	PM10	Metalli	Benzo(a)pirene	Benzene
N giorni di campionamento	98	98	98	57	98	82	22	60	97
N <u>minimo</u> di giorni di campionamento	51	51	51	51	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	95	94	94	95	91	100	100	100	100
Resa di campionamento <u>minima</u> (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90

**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 Nogarole Rocca. 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 22 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, esplicitativa 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 µg/m<sup>3</sup>.

	ESTATE	INVERNO	ESTATE+ INVERNO
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Nogarole Rocca	Nogarole Rocca	Nogarole Rocca
media	0.2	≤0.1	0.2
sd	≤0.1	≤0.1	
min	≤0.1	≤0.1	≤0.1
max	0.5	0.7	0.7
mediana	0.2	≤0.1	
N	1388	1006	2394
dati mancanti	64	48	112
data.capture	95	95	95
max giornaliero	0.4	0.4	0.4
max.rolling.8	0.4	0.5	
95°percentile	0.3	0.3	
99°percentile	0.4	0.4	
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 Nogarole Rocca. 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 Legnago e San Bonifacio 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 30 µg/m<sup>3</sup>, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Invece, il valore medio di NO<sub>x</sub>, pari a 37 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 9), 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 Nogarole Rocca è molto vicino a quello di San Bonifacio in entrambe le stagioni, leggermente più elevato in estate e di poco inferiore in inverno. Il valore massimo a Nogarole Rocca è più elevato rispetto a San Bonifacio in estate, inferiore in inverno. Le due stazioni mostrano valori medi e massimi più elevati rispetto al sito di fondo di Lagnago.

La media relativa al periodo estivo è superiore a quella del periodo invernale, contrariamente a quanto generalmente ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche tipiche invernali sono

<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.

più favorevoli al ristagno degli inquinanti. In realtà le due campagne sono state condotte in primavera e autunno, in periodi caratterizzati da una buona variabilità. L'analisi meteorologica al capitolo 3 mostra che nella campagna estiva i periodi caratterizzati da piovosità più abbondante e vento moderato, che favoriscono la dispersione degli inquinanti, sono stati di meno rispetto alla campagna invernale.

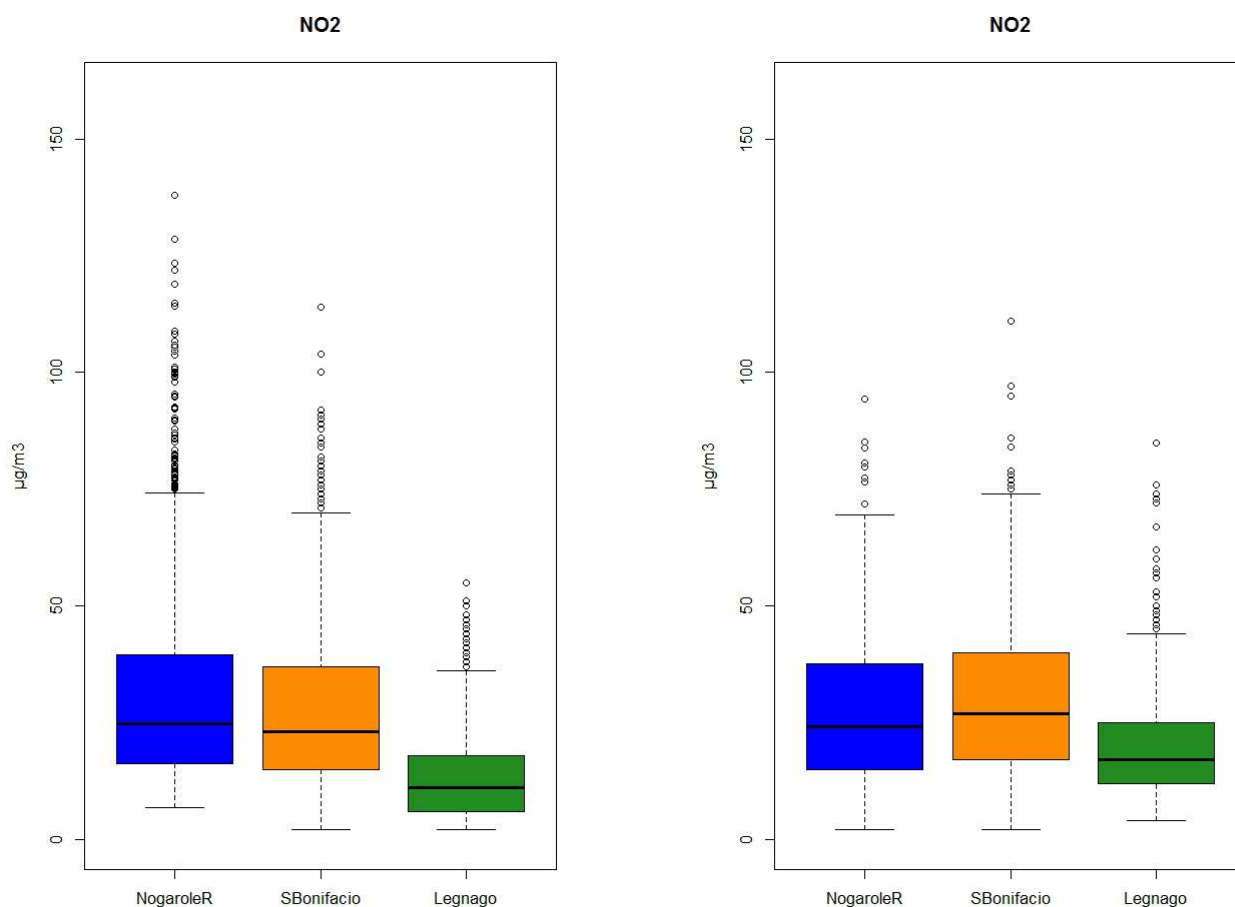
Nel Grafico 8 in Allegato, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO<sub>2</sub>, calcolato per i due periodi di campagna. In entrambe le stagioni sono evidenti due picchi, al mattino e alla sera, in corrispondenza delle ore di maggiore traffico, in tutte le tre postazioni di misura: tali picchi sono tuttavia meno evidenti a Legnago. Anche questo tipo di analisi conferma che in tutte le ore del giorno i valori relativi a Nogarole Rocca sono molto vicini a quelli di San Bonifacio e più elevati rispetto a Legnago.

Analoghe rappresentazioni, relative alla settimana tipo, sono riportate in Grafico 9 in Allegato e mostrano che le giornate in cui la concentrazione di NO<sub>2</sub> è maggiore sono martedì in estate e venerdì in inverno; invece, il sabato e la domenica, quando il traffico stradale è meno intenso, si trovano i valori più bassi. Lo stesso andamento si trova anche nelle stazioni di riferimento.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago
media	32	28	13	28	30	20	30	29	16
sd	21	18	10	16	17	11			
min	7	≤4	≤4	≤4	≤4	4	≤4	≤4	≤4
max	138	114	55	94	111	85	138	114	85
mediana	25	23	11	24	27	17			
N	1388	1388	1388	1006	1006	1006	2394	2394	2394
dati mancanti	81	61	89	49	73	1	130	134	90
data.capture	94	96	94	95	93	100	95	94	96
max giornaliero	65	53	30	48	45	33	65	53	33
95°percentile	77	66	33	60	60	40			
99°percentile	105	84	46	71	78	57			
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 Nogarole Rocca e alle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago.**

NOx (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago
media	37	35	24	37	45	26	37	39	25
sd	34	35	13	33	41	18			
min	6	≤4	≤4	≤4	6	≤4	≤4	≤4	≤4
max	421	387	129	319	351	252	421	387	252
mediana	25	24	22	27	33	23			
N	1388	1388	1388	1006	1006	1006	2394	2394	2394
dati mancanti	81	61	89	49	73	1	130	134	90
data.capt ure	94	96	94	95	93	100	95	94	96
max giornaliero	97	96	48	102	105	56	102	105	56
95°percentile	104	91	46	100	125	54			
99°percentile	158	193	71	162	206	76			

**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, Figura 8 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 superiori a quelli di San Bonifacio in estate e inferiori in inverno.

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Nogarole Rocca	San Bonifacio
media	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
sd	2	1	0	1		
min	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤32
max	15	10	5	12	15	12
mediana	≤3	≤3	≤3	≤3		
N	1388	1388	1006	1006	2394	2394
dati mancanti	150	60	48	63	198	123
data.capture	89	96	95	94	92	95
max giornaliero	6	4	≤3	≤3	6	4
95°percentile	8	≤3	≤3	≤3		
99°percentile	12	5	≤3	5		
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>.**

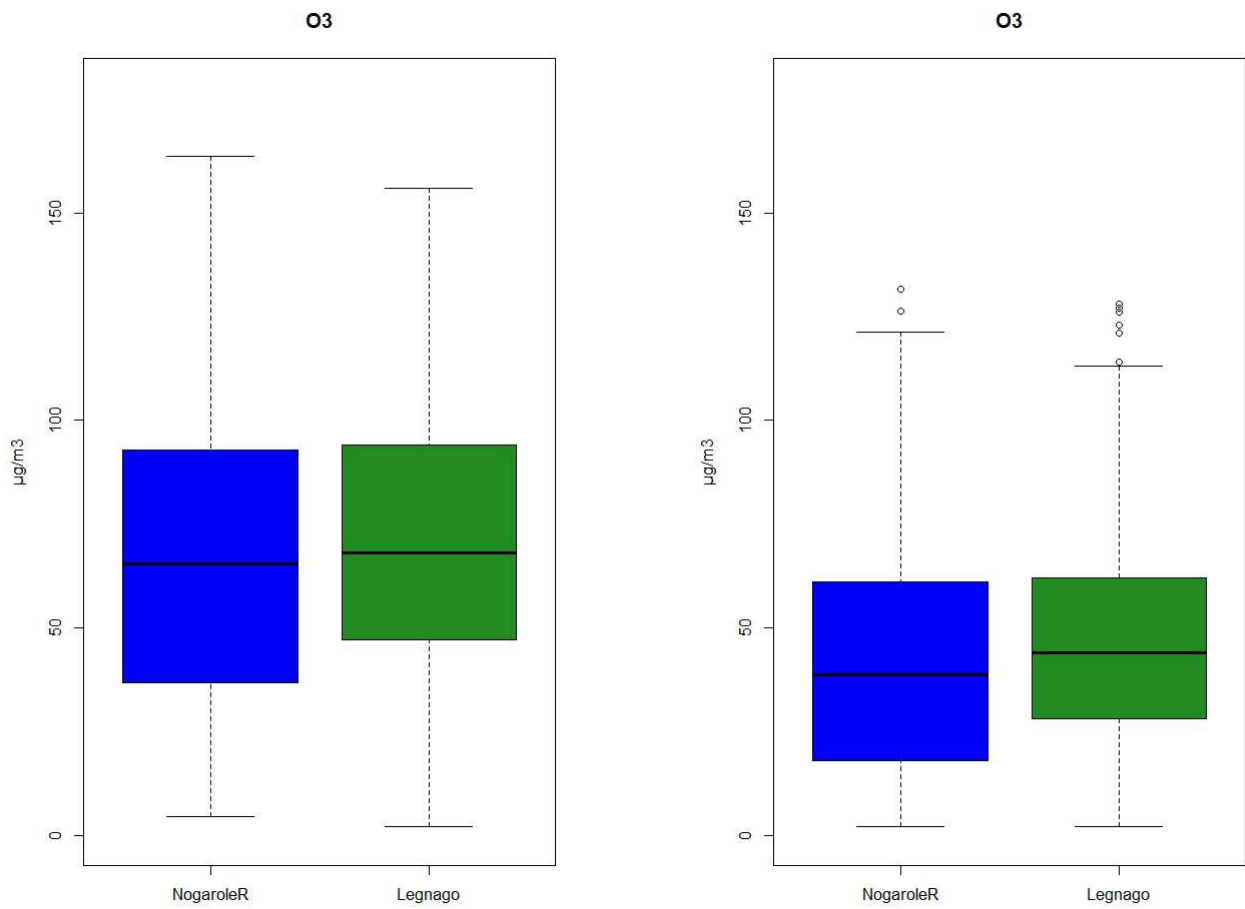
## 7.4. Ozono (O<sub>3</sub>)

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 Nogarole Rocca sono stati registrati 14 superamenti del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla media mobile di 8 ore e nessun superamento del limite di 180 µg/m<sup>3</sup> sulla media oraria. Essi sono avvenuti prevalentemente tra il 12 e il 16 aprile, tra l'8 e il 14 maggio e tra il 18 e il 19 maggio, in corrispondenza di giornate soleggiate in cui le temperature si sono alzate (vedasi Grafico 11 in Allegato). Il numero di superamenti è superiore rispetto al corrispondente, relativo alla stazione di riferimento di Legnago. I valori medi sono inferiori a quelli di Legnago, mentre quelli massimi sono superiori, anche se comunque molto vicini.

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Campagna	Legnago	Campagna	Legnago	Campagna	Legnago
media	66	71	42	47	56	61
sd	36	31	28	26		
min	5	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	164	156	132	128	164	156
mediana	65	68	39	44		
N	1388	1388	1006	1006	2394	2394
dati mancanti	63	156	49	43	112	199
data.capture	95	89	95	96	95	92
max giornaliero	97	103	78	80	97	103
max.rolling.8	137	138	115	121		
95°percentile	127	125	94	94		
99°percentile	141	140	107	113		
N superamenti 120 µg/m <sup>3</sup> sulla media mobile di 8h	14	12	0	1	14	13
N superamenti 180 µg/m <sup>3</sup>	0	3	0	0	0	3
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 Nogarole Rocca e alla centralina di riferimento di Legnago.**



## 7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

In Tabella 2, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Nogarole Rocca durante le campagne di misura. Negli 82 giorni di misurazione, sono stati registrati 6 superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), corrispondenti al 7% del periodo monitorato. Tali superamenti sono avvenuti prevalentemente tra l'11 e il 16 aprile 2015, in corrispondenza di un periodo di tempo stabile e ben soleggiato caratterizzato da debole ventilazione (Grafico 11 in Allegato).

In Tabella 3, i dati relativi a Nogarole Rocca sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Si consideri che mentre le misure della campagna di Nogarole Rocca sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale e misura di assorbimento beta: le misure, pur non essendo direttamente confrontabili perché ottenute con tecniche diverse, sono ugualmente indicative. Per il calcolo dei parametri riportati in Tabella 3, 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. L'andamento delle concentrazioni di PM10 rispecchia quello degli altri inquinanti, in particolare gli ossidi di azoto: nel periodo invernale, i valori medi e massimi di PM10 sono inferiori rispetto a quelli misurati nel periodo estivo, contrariamente a quanto ci si attende. Infatti, generalmente le condizioni meteorologiche che caratterizzano la stagione invernale sono meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti, e di conseguenza in inverno si misurano concentrazioni più elevate rispetto al periodo estivo. Le due campagne di misura sono state svolte in periodi caratterizzati, dal punto di vista meteorologico, da una buona variabilità, e in particolare, i periodi caratterizzati da vento moderato e piovosità più abbondante (che favoriscono la dispersione degli inquinanti) sono stati meno frequenti in estate rispetto all'inverno. Le concentrazioni di inquinanti rilevate dalle stazioni di monitoraggio fisse nei periodi di monitoraggio hanno lo stesso andamento, confermando l'influenza delle condizioni meteorologiche sulle concentrazioni rilevate.

I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 sono più elevati a Nogarole Rocca rispetto alle centraline di riferimento, in entrambe le stagioni. Questo emerge anche dall'analisi del grafico di figura 8: la mediana e il terzo quartile della distribuzione dei valori di concentrazione di PM10 a Nogarole Rocca sono superiori rispetto a San Bonifacio e Legnago. Il numero di superamenti superamenti del limite normativo di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è 6 a Legnago, 0 a San Bonifacio e 2 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  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e del valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nei siti presso i quali si realizza una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria di durata inferiore a un anno (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  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 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  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

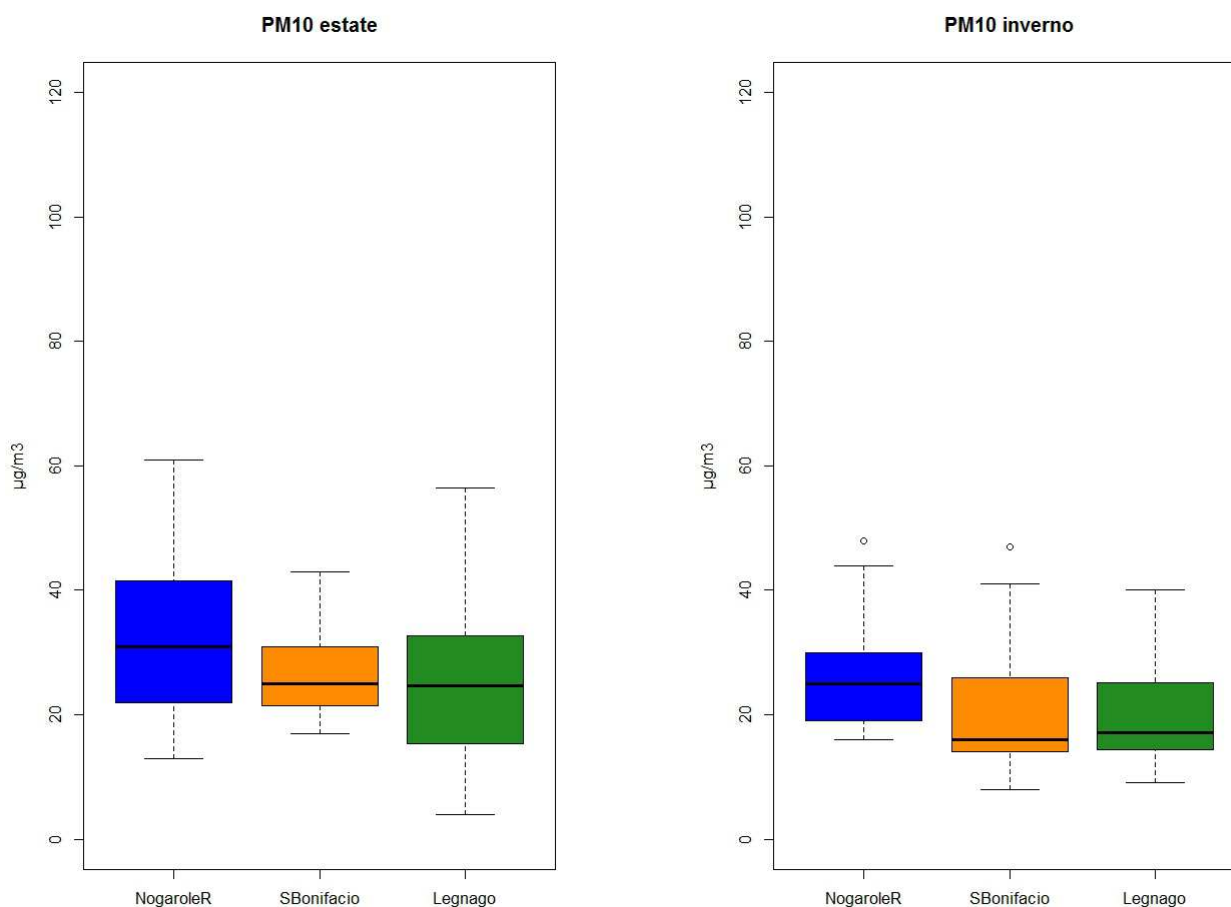
Per quanto detto, il sito di Nogarole Rocca è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di traffico urbano di San Bonifacio. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di Nogarole Rocca il valore medio annuale di  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (superiore al valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e il 90° percentile di  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (superiore al valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	33	25	29
N	43	39	82
sd	13	8	
max	61	48	61
min	13	16	13
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6	0	6

**Tabella 12. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), misurata con metodo gravimetrico a Nogarole Rocca. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura.**

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago
media	33	27	24	26	25	19	30	25	22
N	43	43	43	25	25	25	68	68	68
sd	13	7	13	8	15	8			
max	61	43	56	48	47	40	61	47	56
min	13	17	$\leq 4$	16	8	9	13	8	$\leq 4$
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6	0	2	0	0	0	6	0	2

**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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**



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

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

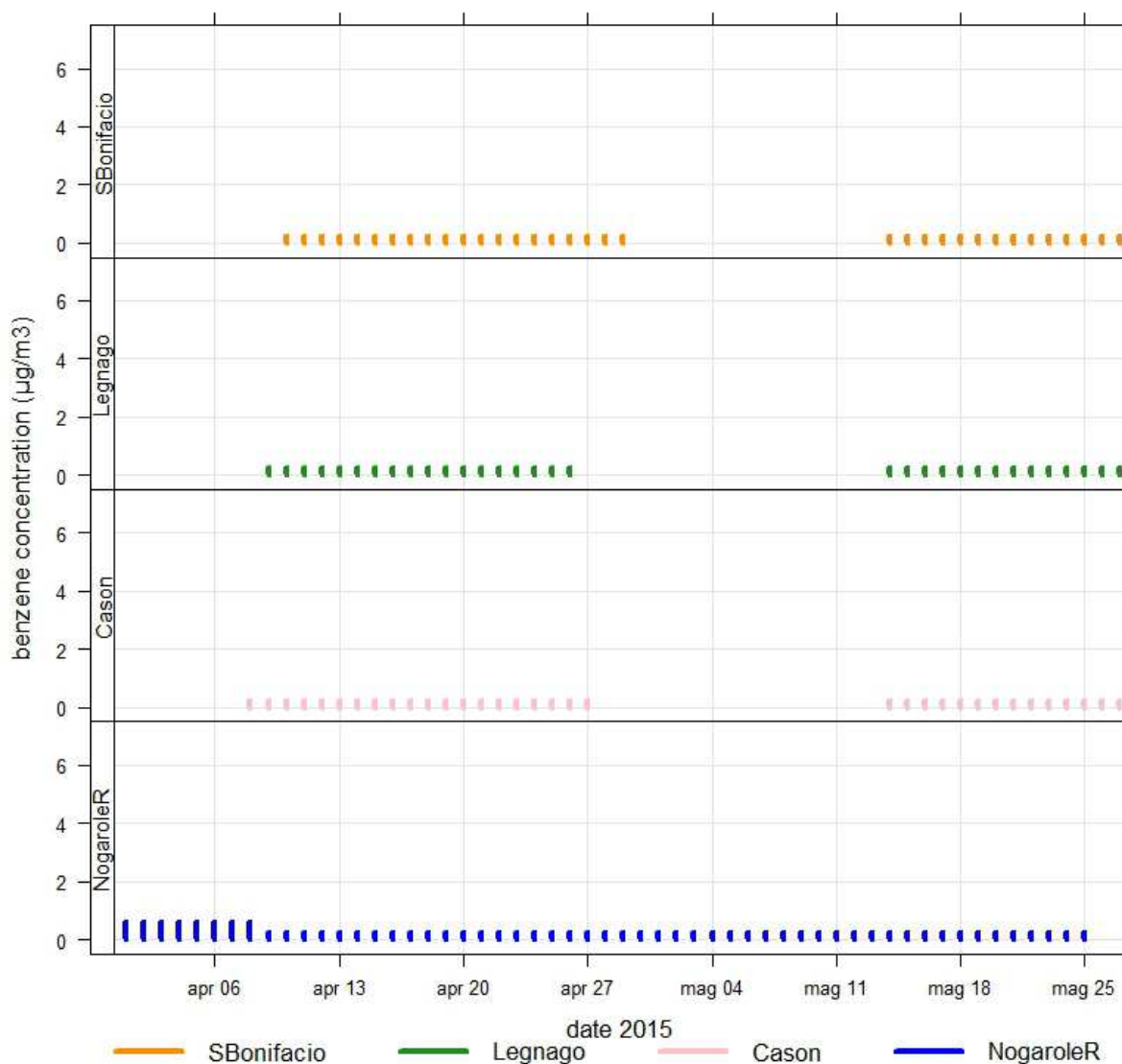
In Tabella 14 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Nogarole Rocca e nelle stazioni fisse di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Il confronto è indicativo, in quanto questo tipo 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 i valori medi delle concentrazioni di benzene sono inferiori alla soglia di rivelabilità strumentale in tutte le postazioni: pertanto, si può inferire che il limite annuale di 5 µg/m<sup>3</sup> è sicuramente rispettato. Nel periodo di monitoraggio, solo un campionario passivo ha dato una misura superiore al limite di rivelabilità, ed è il primo utilizzato a Nogarole Rocca in periodo estivo (Figura 9).

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 per benzene e etilbenzene i valori medi misurati a Nogarole Rocca rimangono vicini a quelli delle centraline di riferimento; il toluene è inferiore a quello di San Bonifacio e di poco superiore a quello di Legnago; lo xilene presenta concentrazioni simili a quelle delle altre centraline.

	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago	Nogarole Rocca	San Bonifacio	Legnago
Media	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$
N giorni	55	34	32	42	29	31	97	63	63
sd	0.2	0	0	0					
max	0.6	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	0.6	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$
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 Nogarole Rocca, 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  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

estate



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

inverno

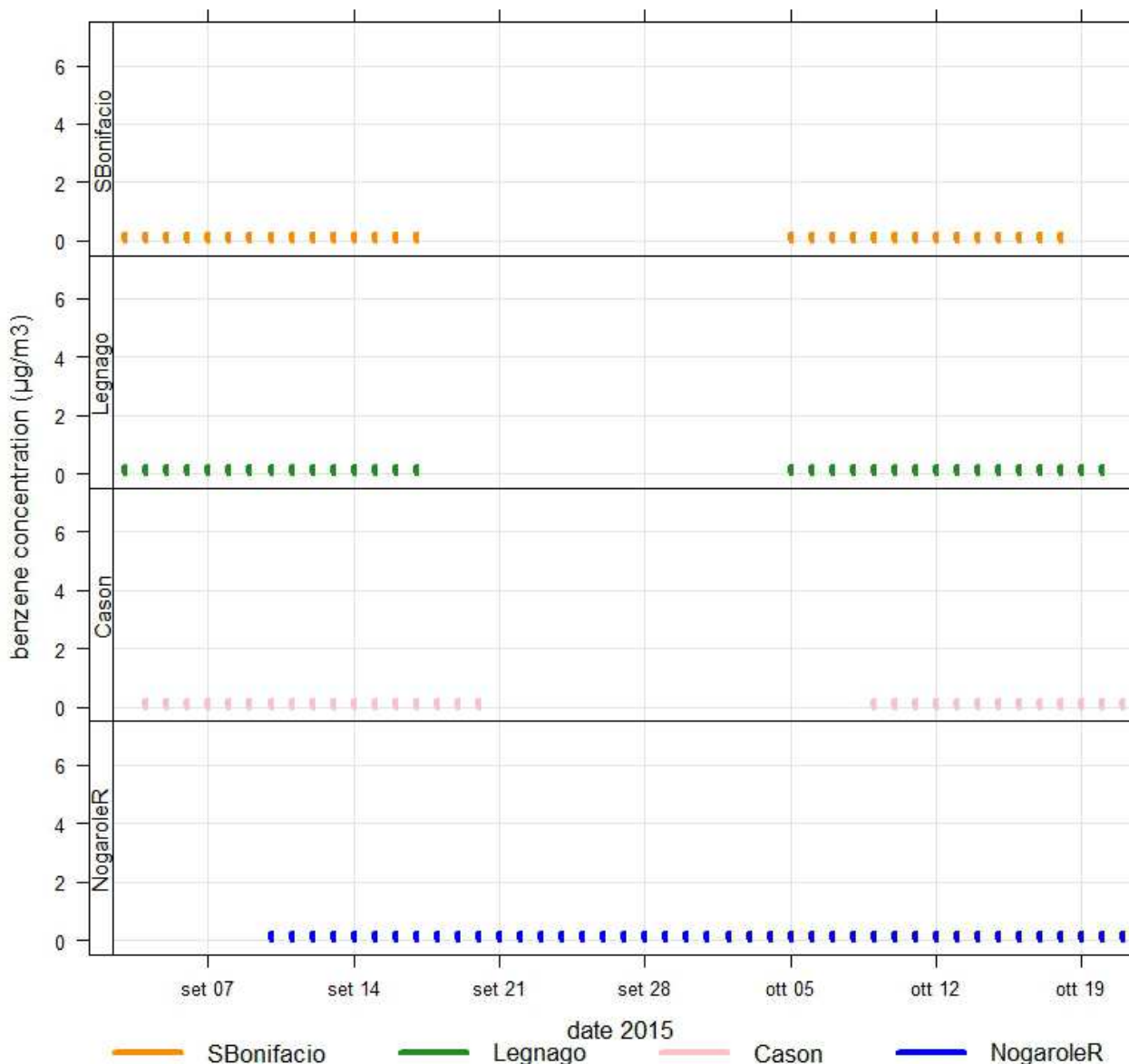


Figura 10. Concentrazione di benzene misurata durante la campagna INVERNALE in diverse postazioni (Nogarole Rocca, San Bonifacio, Corso Milano e Legnago). Il valor medio misurato tramite campionatore passivo esposto per un certo numero di giorni viene attribuito a ogni giorno di esposizione.

(µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE					INVERNO				
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	N	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	N
Nogarole Rocca	≤0.5	≤0.5	1.4	1.4	55	0.2	0.2	1.6	0.6	42
San Bonifacio	≤0.5	≤0.5	3.5	1.3	34	0.2	0.4	3.8	1.2	29
Legnago	≤0.5	≤0.5	≤0.5	0.6	32	0.2	0.2	1.3	0.7	31

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 Nogarole Rocca e della centralina fissa di VR-Cason: infatti, presso la centralina di Legnago non sono disponibili misure di questo inquinante, e per tale motivo 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 Nogarole Rocca, per tutte le specie di IPA misurati. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nel Grafico 7 in Allegato. I grafici e le tabelle evidenziano innanzitutto concentrazioni più elevate in inverno rispetto all'estate, in entrambe le postazioni. I dati disponibili per un confronto tra le due stazioni (cioè riferiti alle stesse giornate) nella campagna estiva sono solo 3, e sono quindi molto pochi. In inverno, invece, ci sono 12 giornate con dati disponibili per entrambe le stazioni, relativamente alle quali il valore medio di Cason è inferiore a quello di Nogarole Rocca. Le serie temporali del Grafico 7 in allegato mostrano che la concentrazione media giornaliera rimane sempre piuttosto bassa, ad eccezione di sporadici picchi in inverno (l'8 ottobre a Nogarole Rocca e il 16 ottobre a Cason), con valori considerevoli, se paragonati al limite normativo di  $1 \text{ ng/m}^3$ , che però si riferisce a una media annuale. Il valore medio calcolato per Nogarole Rocca, considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è  $0.11 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , e non supera il valore obiettivo, riferito alla media annuale, pari a  $1.0 \text{ ng/m}^3$ .

Benzoapirene ( $\text{ng/m}^3$ )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Nogarole Rocca	Cason	Nogarole Rocca	Cason	Nogarole Rocca	Cason
media	$\leq 0.02$	0.11	0.24	0.18	0.19	0.16
N	3	3	12	12	15	15
sd	0	0	0.6	0.07		
max	$\leq 0.02$	0.11	2.15	0.27	2.15	0.27
min	$\leq 0.02$	0.11	0.04	0.1	$\leq 0.02$	0.1

Tabella 16. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Nogarole Rocca e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. 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  $0.02 \text{ ng/m}^3$ .

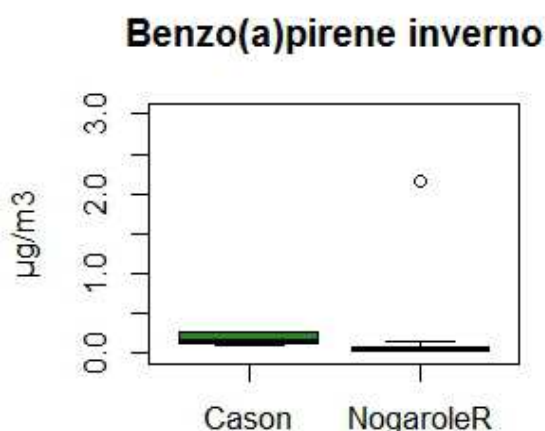


Figura 11. Box-plot della concentrazione di benzo(a)pirene. Dati relativi a Nogarole Rocca e alla centralina di riferimento di VR-Cason. Sono riportati solo i dati invernali, in quanto in estate i dati misurati a Nogarole Rocca sono inferiori al limite di rivelabilità strumentale.

(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	32	0.05	0.04	0.15	≤0.02	28	0.09	0.19	1.04	0.04	60	0.07	1.04	≤0.02
Benzoapirene	32	0.08	0.07	0.22	≤0.02	28	0.16	0.39	2.15	0.04	60	0.11	2.15	≤0.02
Benzobfluorantene	32	0.11	0.08	0.28	0.03	28	0.14	0.33	1.79	0.04	60	0.12	1.79	0.03
Benzoghiperilene	32	0.11	0.08	0.27	≤0.02	28	0.15	0.37	2	≤0.02	60	0.13	2	≤0.02
Benzokfluorantene	32	0.05	0.04	0.14	≤0.02	28	0.08	0.19	1.05	≤0.02	60	0.07	1.05	≤0.02
Dibenzoahantracene	32	≤0.02	0	≤0.02	≤0.02	28	0.06	0.23	1.26	≤0.02	60	0.04	1.26	≤0.02
Indeno123cdpirene	32	0.07	0.07	0.21	≤0.02	28	≤0.02	0.84	4.48	0.03	60	0.13	4.48	≤0.02

**Tabella 17. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Nogarole Rocca, 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 Nogarole Rocca. 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 Piombo, mentre l'Arsenico presenta valori tipici di aree urbane.

Per completezza si riportano in Tabella 19 i principali parametri statistici relativi alle concentrazioni dei metalli, calcolate nello stesso periodo di monitoraggio presso la stazione fissa di fondo urbano di Cason. I dati sono rappresentati graficamente in Figura 12. I valori medi di concentrazione di tutti i metalli a Nogarole Rocca sono superiori a quelli di Cason. E' stato identificato un episodio, tra il 18 e il 19 ottobre, in cui la concentrazione di Arsenico a Nogarole Rocca è stata mediamente 30 ng/m<sup>3</sup>, che è un valore elevato rispetto a quelli solitamente misurati, ma ugualmente entro i limiti dell'intervallo entro il quale sono compresi i valori tipici delle aree urbane. Le fonti di Arsenico di origine antropica sono la combustione di combustibili fossili e le fonderie: nell'area di monitoraggio sono effettivamente presenti alcune aziende tra le cui attività rientra anche la lavorazione di metalli.

Metallo	media	N	max	min	Limite esposizione cronica	Superamento del limite	Livello di fondo	Aree urbane
ng/m <sup>3</sup>								
As	3.9	22	30	0.5	6.0	NO	1 - 3	20-30
Cd	≤0.2	22	0.9	0.1	5.0	NO	0.1	1-10
Ni	≤2	22	3.5	1.0	20.0	NO	1	9-60
Pb	4.3	22	7.2	2.1	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.**

Metallo		ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
		Nogarole Rocca (ng/m <sup>3</sup> )	Cason (ng/m <sup>3</sup> )	Nogarole Rocca (ng/m <sup>3</sup> )	Cason (ng/m <sup>3</sup> )	Nogarole Rocca (ng/m <sup>3</sup> )	Cason (ng/m <sup>3</sup> )
Arsenico	n° dati	9	9	7	7	16	16
LDR:1 ng/m <sup>3</sup>	media	≤1	≤1	9.6	≤1	4.5	≤1
	min	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	max	1.1	0.5	30	0.5	30	0.5
Cadmio	n° dati	9	9	7	7	16	16
LDR:0.2 ng/m <sup>3</sup>	media	0.3	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
	min	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
	max	0.9	0.3	0.3	≤0.2	0.9	0.3
Nichel	n° dati	9	9	7	7	16	16
LDR:2 ng/m <sup>3</sup>	media	2.1	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2
	min	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2
	max	3.5	2.5	2.2	2.1	3.5	2.5
Piombo	n° dati	9	9	7	7	16	16
LDR:1 ng/m <sup>3</sup>	media	4.7	4.1	4.2	4.1	4.5	4.1
	min	3.4	3.5	2.1	3.3	2.1	3.3
	max	7.2	4.6	6.1	4.9	7.2	4.9

Tabella 19. Valori medi delle concentrazioni di metalli misurate durante le campagne di misura a Nogarole Rocca e presso la stazione background urbano di Cason, nei periodi corrispondenti a quelli delle campagne di misura a Nogarole Rocca. Nei calcoli sono stati utilizzati solo i dati che si riferiscono a giornate in cui sono disponibili per entrambe le località. LDR indica il limite di rivelabilità.

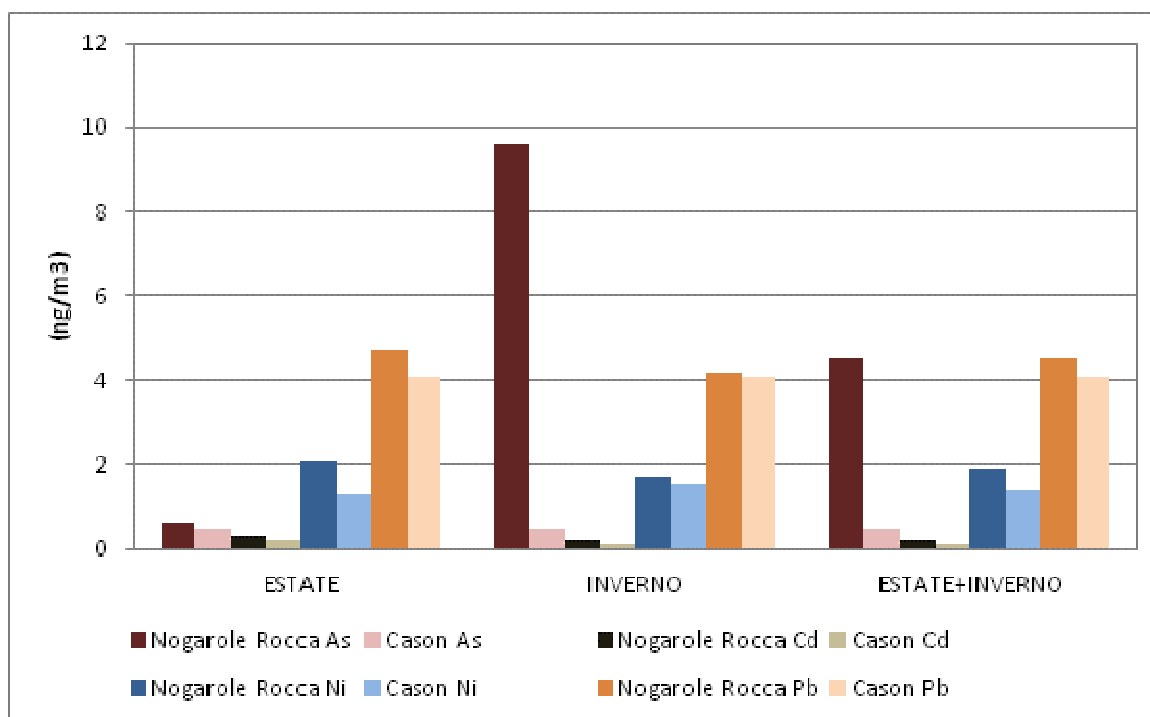


Figura 12. Concentrazione media di metalli nei due periodi di campagna, nelle postazioni di Nogarole Rocca (campagna) e di Legnago.

## 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.

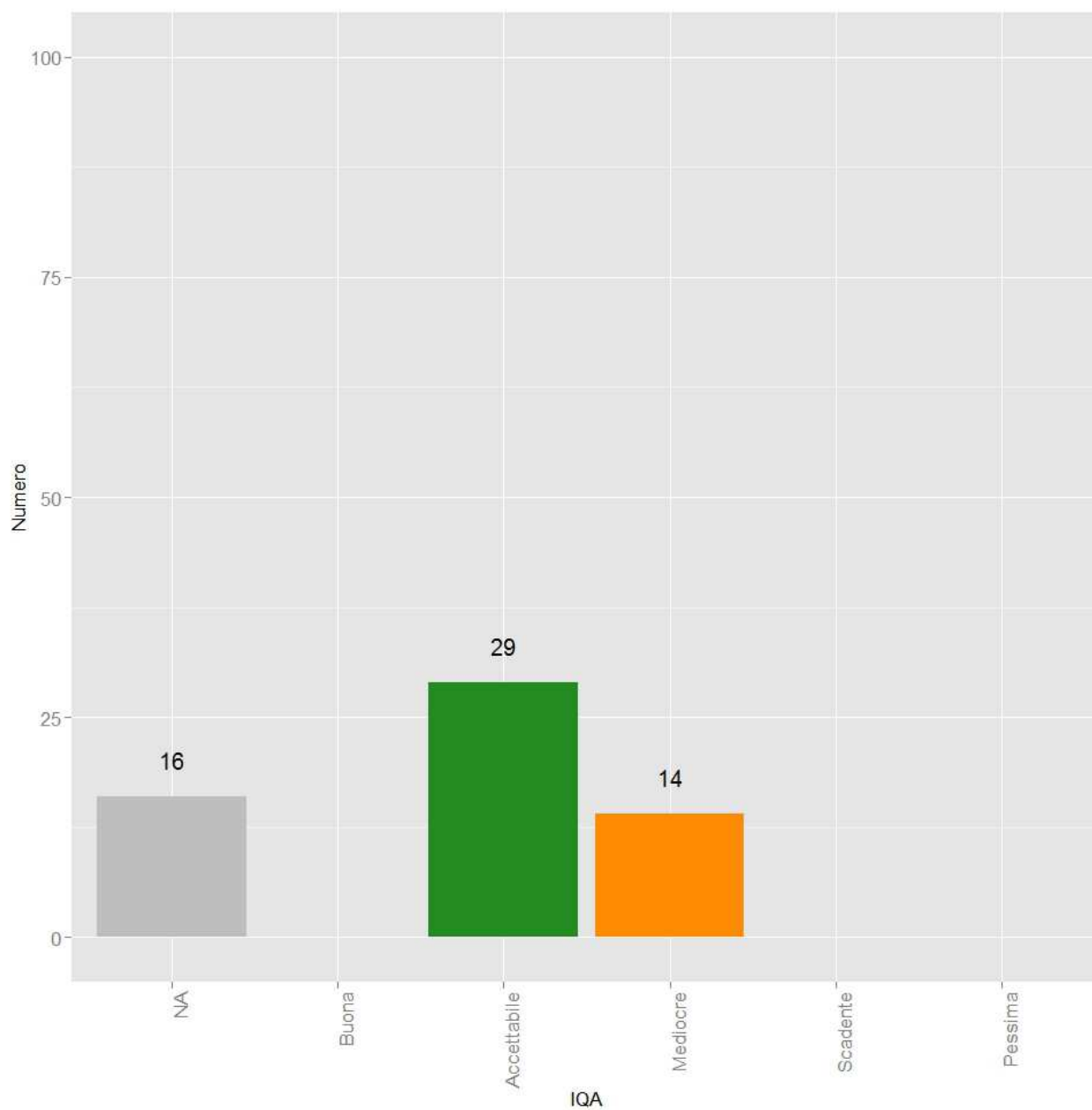
Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.

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>

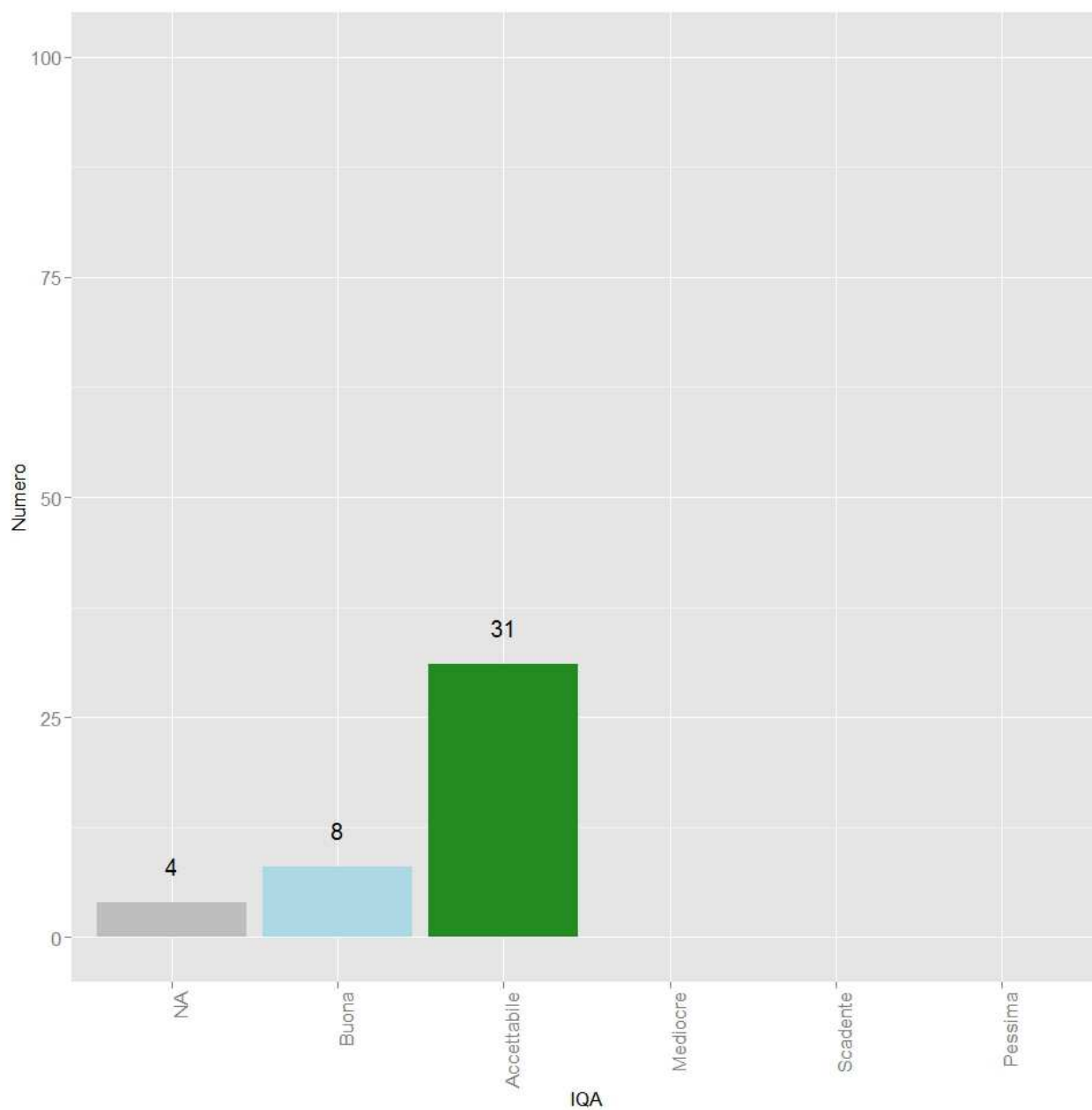
In Figura 13 e Figura 14 è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale, rispettivamente. Durante entrambe le campagne prevalgono le giornate in cui la qualità dell'aria è stata "accettabile". La qualità dell'aria è stata peggiore 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 Nogarole Rocca e di Legnago nei giorni della campagna in cui il dato è disponibile per entrambe le postazioni: il risultato è rappresentato in Figura 15 e Figura 16, 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 2015. Il confronto consente di concludere che la qualità dell'aria a Nogarole Rocca è peggiore di quella di Legnago. Inoltre, entrambe le campagne sono state svolte in un periodo in cui la qualità dell'aria a Legnago è stata leggermente migliore rispetto alla media su tutta la stagione.

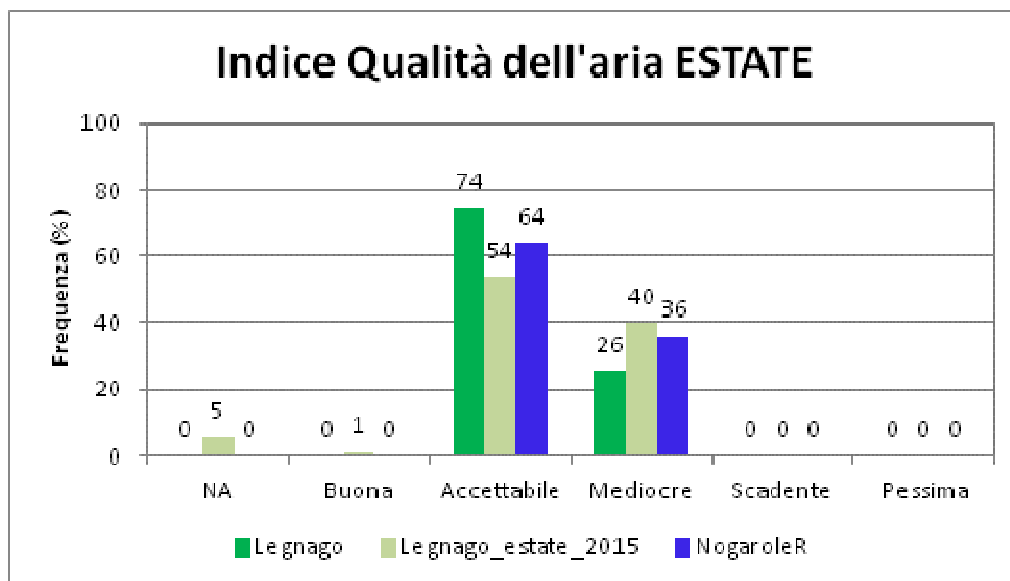


**Figura 13. Indice di Qualità dell'aria a Nogarole Rocca, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Nogarole Rocca.**

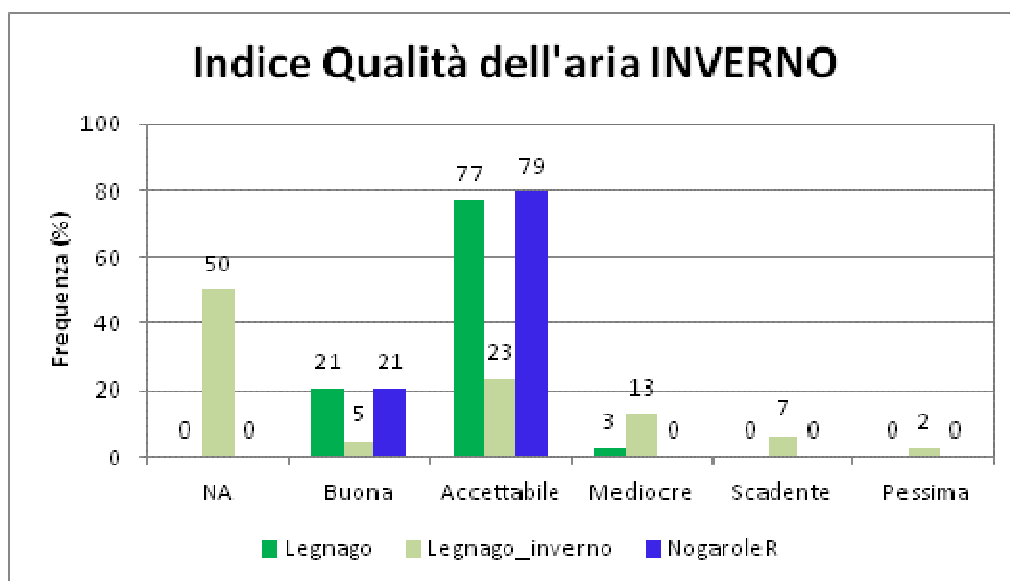




**Figura 14. Indice di Qualità dell'aria a Nogarole Rocca, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Nogarole Rocca.**



**Figura 15 .** 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 Nogarole Rocca ("Legnago"), ai dati di Legnago in tutta l'estate 2014 ("Legnago\_ESTATE\_2014"), ai dati della campagna estiva a Nogarole Rocca ("Nogarole Rocca"). Per la serie "Legnago" e la serie "Nogarole Rocca" 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 16.** 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 Nogarole Rocca ("Legnago"), ai dati di Legnago in tutto l'inverno 2015 ("Legnago\_INVERNO\_2015"), ai dati della campagna invernale a Nogarole Rocca ("Nogarole Rocca"). Per la serie "Legnago" e la serie "Nogarole Rocca" 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 17. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Nogarole Rocca, ESTATE 2015.

### Indice di qualità dell'aria



Figura 18. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Nogarole Rocca, INVERNO 2015.

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

La stazione di “fondo suburbano” di Legnago, posta a circa 15 km a sud-est di Nogarole Rocca, 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 19, Figura 20 e Figura 21, dove sono visibili anche i valori relativi alla centralina fissa di traffico di San Bonifacio.

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 aumento nel 2015. Il valore medio durante la campagna risulta vicino alle medie annuali registrate dalle stazioni fisse nei due anni precedenti. I valori relativi alla stazione di background 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 Nogarole Rocca nel periodo di campagna sono superiori a quelli di entrambe le centraline di riferimento.

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 superiori. Nei due periodi di campagna di misura, la concentrazione di benzene in San Bonifacio è stata mediamente superiore rispetto a Legnago. I valori medi di Nogarole Rocca sono uguali a quelli di entrambe le 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 Nogarole Rocca è superiore a entrambe le stazioni di riferimento.

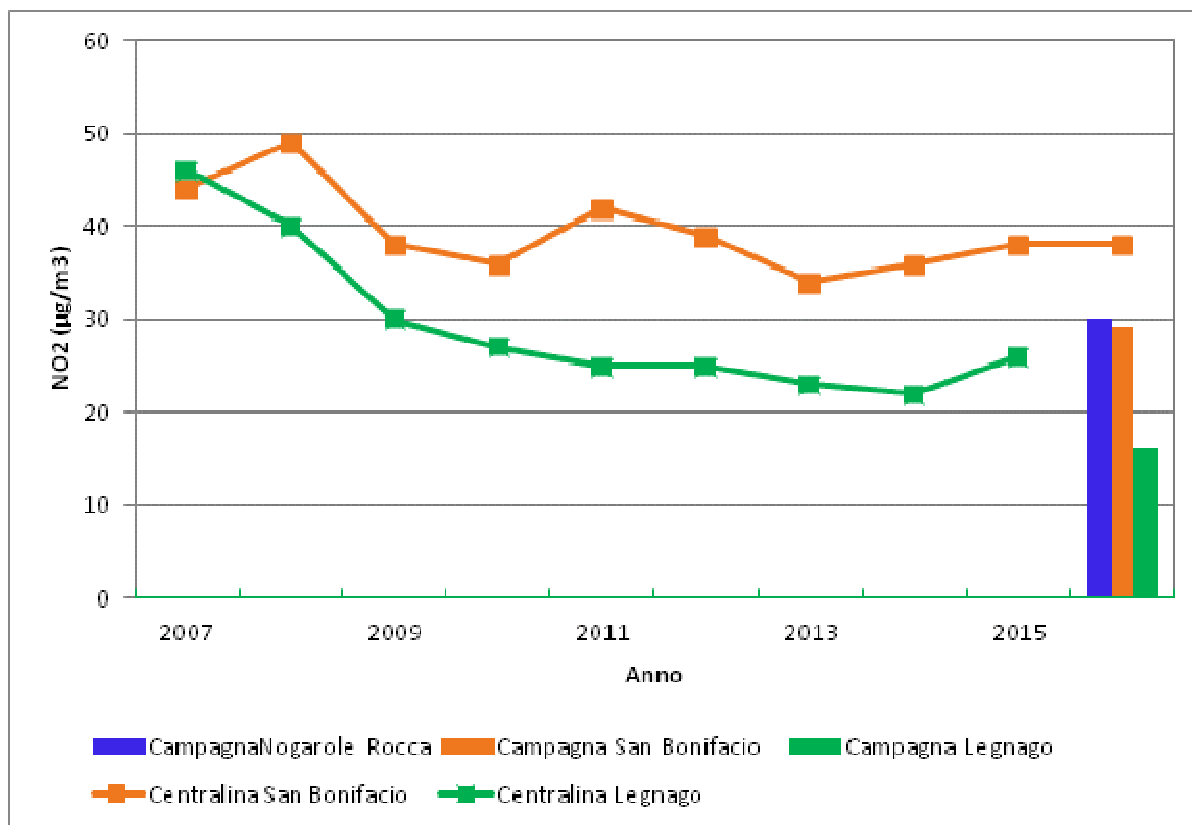


Figura 19: NO<sub>2</sub>: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015, misurata dal mezzo mobile a Nogarole Rocca, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago.

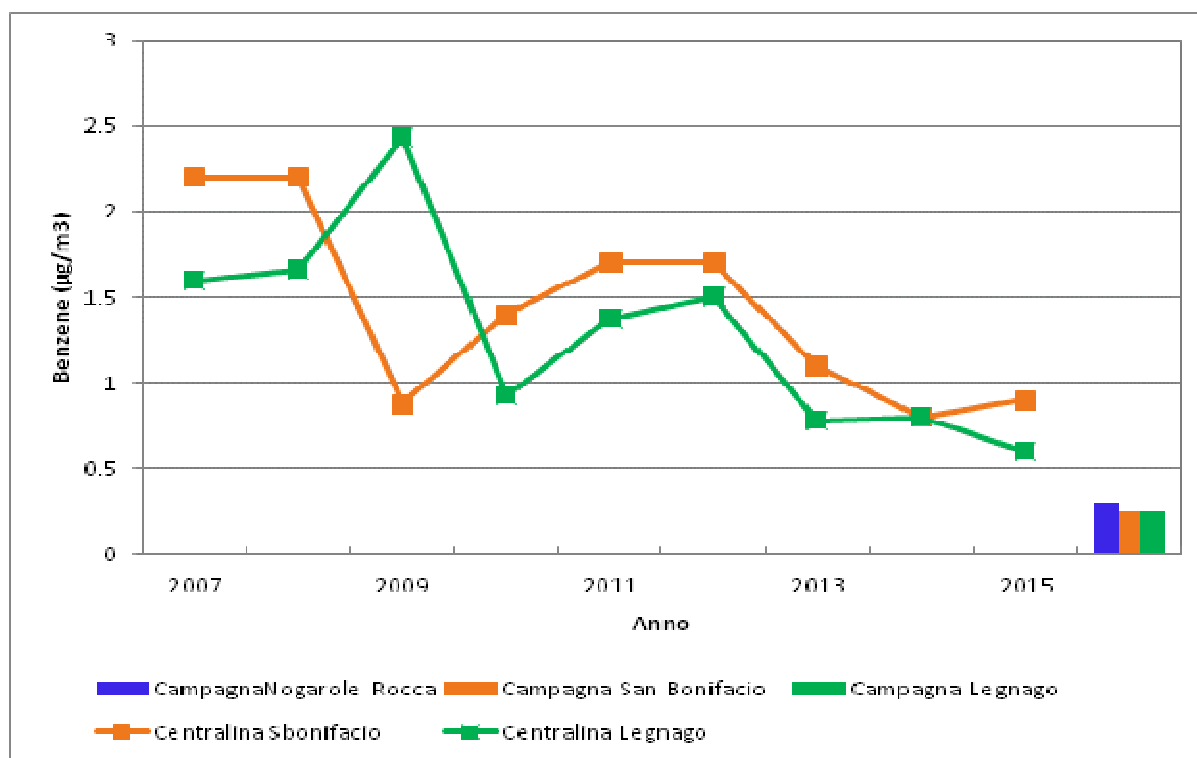
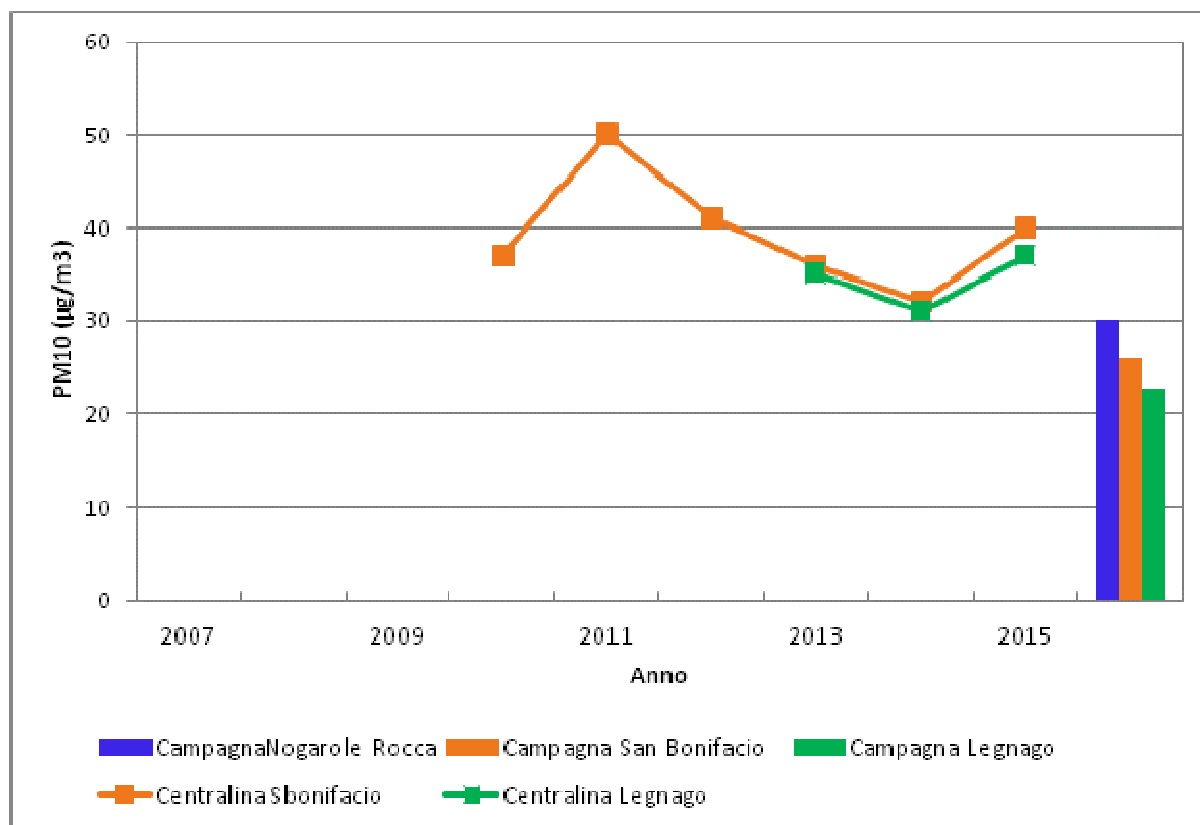


Figura 20. Benzene: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015, misurata dal mezzo mobile a Nogarole Rocca, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago.





**Figura 21. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015, misurata dal mezzo mobile a Nogarole Rocca, 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 Nogarole Rocca, in Piazza della Repubblica (frazione di Pradelle), vicino a una scuola materna e agli impianti sportivi, circa 500 m a ovest della autostrada A22 e del relativo svincolo autostradale. Il sito, per le caratteristiche descritte, può essere considerato di "traffico urbano". Esso sarà interessato nel prossimo futuro da un nuovo insediamento logistico-industriale, per cui sarà interessante confrontare i dati di inquinamento atmosferico prima e dopo la realizzazione di tale nuova opera.

Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: il primo, che va dal 1 aprile al 29 maggio 2015, il secondo, che va dal 10 settembre al 22 ottobre 2015. Entrambe le campagne sono state svolte in periodi caratterizzati da una buona variabilità, e non si sono verificate periodi con condizioni meteorologiche particolarmente critiche per la concentrazione di inquinanti. Le condizioni meteorologiche si sono rivelate più favorevoli alla dispersione degli inquinanti durante la campagna invernale rispetto a quella estiva, contrariamente a quanto accade solitamente.

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, benzo(a)pirene e metalli (arsenico, nichel, piombo e cadmio), e la media su un periodo di più giorni del benzene. 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 Nogarole Rocca sono confrontabili con quelli rilevati presso la stazione di traffico di San Bonifacio, e superiori a quelli rilevati presso la stazione di fondo di Legnago. Le concentrazioni estive sono superiori a quelle invernali, a causa delle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato i due periodi.

L'andamento giornaliero della concentrazione di NO<sub>x</sub> a Nogarole Rocca 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>x</sub> diminuiscono la domenica, rispetto agli altri giorni della settimana, in accordo con una diminuzione del traffico. Nel periodo di svolgimento delle campagne di misura non vi è stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta, a Nogarole Rocca come anche nelle stazioni di riferimento. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 30 µg/m<sup>3</sup>, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>; invece la stessa media relativa agli NO<sub>x</sub> è 37 µg/m<sup>3</sup>, superiore al limite annuale per la protezione degli ecosistemi di 30 µg/m<sup>3</sup>.

I valori medi e massimi di PM10 relativi a Nogarole Rocca sono stati superiori a quelli delle centraline di San Bonifacio e Legnago nello stesso periodo. Essi sono superiori in estate rispetto all'inverno, come accade anche presso le centraline di riferimento, a causa delle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato la campagna.

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 al 7% del periodo monitorato, tutti durante la campagna estiva. Il numero di superamenti è superiore a quello relativo alle centraline di riferimento. Esso appare piuttosto basso, ma questo è dovuto al fatto che la campagna si è svolta in un periodo in cui non si sono verificate condizioni meteorologiche particolarmente critiche per gli inquinanti monitorati. Infatti, la stima del valore medio annuale per il sito di Nogarole Rocca, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (San Bonifacio), è stata 49 µg/m<sup>3</sup>, che è superiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 82 µg/m<sup>3</sup>, il che determina un superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> per un numero di volte ben superiore a 35.

Le concentrazioni medie di ozono registrate a Nogarole Rocca sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Legnago, leggermente inferiori. 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 14 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, ma molto vicino, rispetto 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, come anche presso le centraline di riferimento, in entrambe le stagioni. Di conseguenza, è rispettato il limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La concentrazione di benzo(a)pirene a Nogarole Rocca rimane sempre piuttosto bassa, ad eccezione uno sporadico picco, l'8 ottobre, con valori considerevoli, se paragonati al limite normativo di  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , il quale, però, si riferisce a una media annuale. Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è  $0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e non supera il valore obiettivo, riferito alla media annuale, pari a  $1.0 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

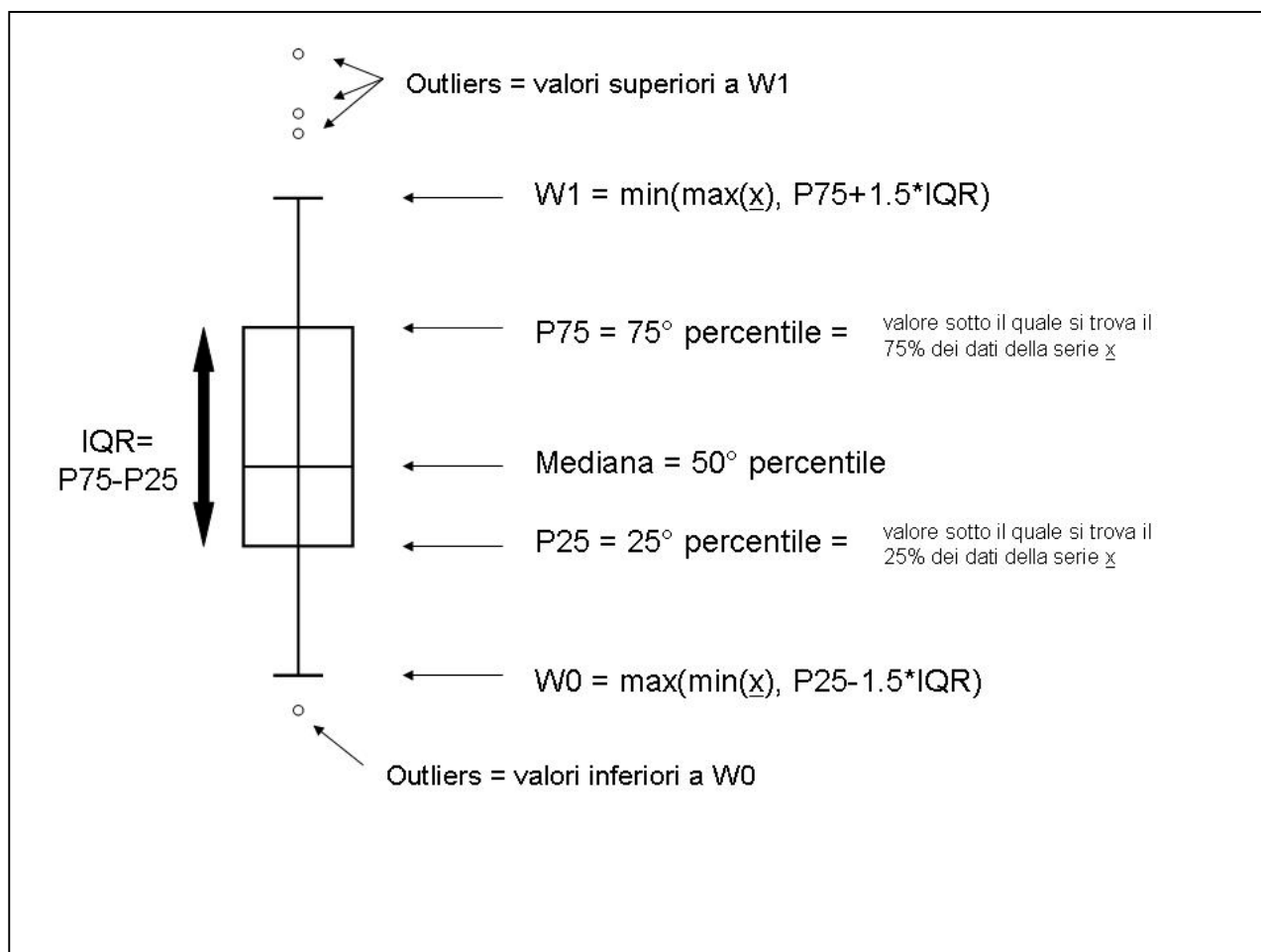
Le concentrazioni medie dei metalli misurate a Nogarole Rocca, in entrambi i periodi di campagna, sono inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica. La concentrazione media per cadmio, nichel e piombo risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo; per l'Arsenico è invece compatibile con i valori tipici delle aree urbane. I valori medi di concentrazione dei metalli a Nogarole Rocca sono superiori a quelli della centralina di riferimento di Legnago. È stato identificato un episodio, tra il 18 e il 19 ottobre, in cui la concentrazione di Arsenico a Nogarole Rocca è stata mediamente  $30 \text{ ng}/\text{m}^3$ , che è un valore elevato rispetto a quelli solitamente misurati, ma ugualmente entro i limiti dell'intervallo entro il quale sono compresi i valori tipici delle aree urbane. Nell'area oggetto di monitoraggio sono presenti alcune aziende tra le cui attività è compresa la lavorazione di metalli, che può essere una fonte emissiva di arsenico.

La qualità dell'aria del comune di Nogarole Rocca è risultata prevalentemente accettabile in entrambi i periodi di monitoraggio, e non ci sono state giornate con qualità dell'aria scarsa o pessima. Il confronto con la qualità dell'aria della stazione di riferimento di Legnago consente di concludere che la qualità dell'aria a Nogarole Rocca è leggermente peggiore di quella di Legnago. Tuttavia, le due campagne sono state svolte in un periodo in cui la qualità dell'aria è stata migliore rispetto alla media su tutta la stagione.

Dall'analisi dei dati della campagna di monitoraggio appare con evidenza il contributo del traffico veicolare alla concentrazione degli inquinanti misurati, che risulta in genere superiore a quella di altri siti della pianura veronese, non interessati direttamente dall'attraversamento di arterie stradali con grandi flussi di traffico.

## ALLEGATO

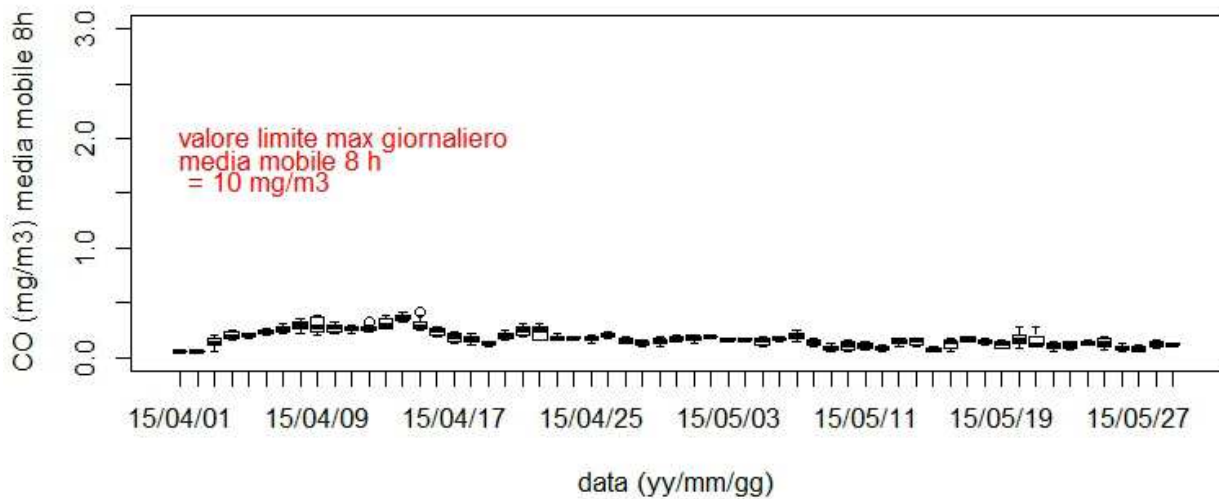
In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in Figura 22.



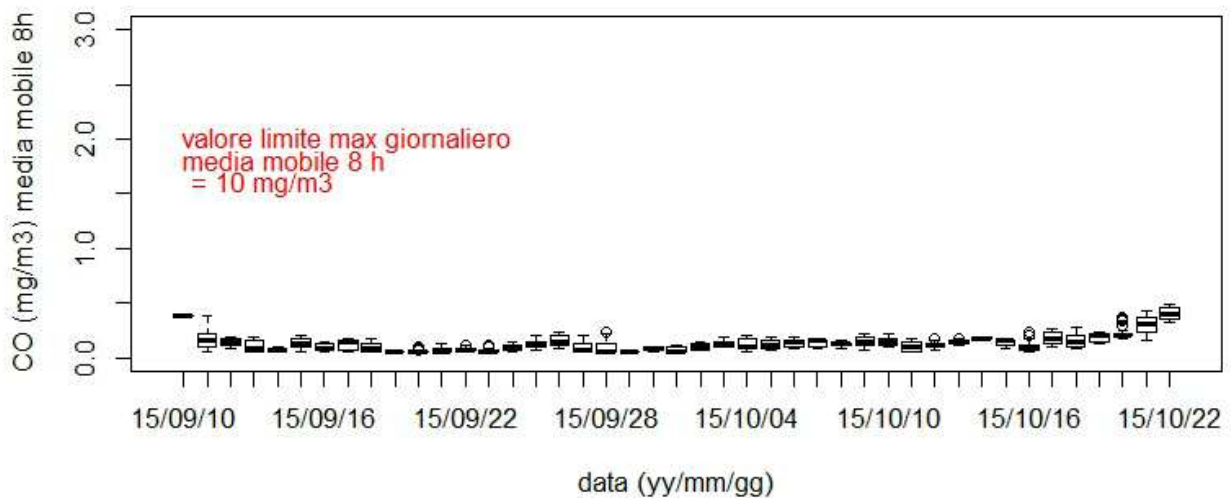
**Figura 22.** Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o  $50^\circ$  percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione 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”*



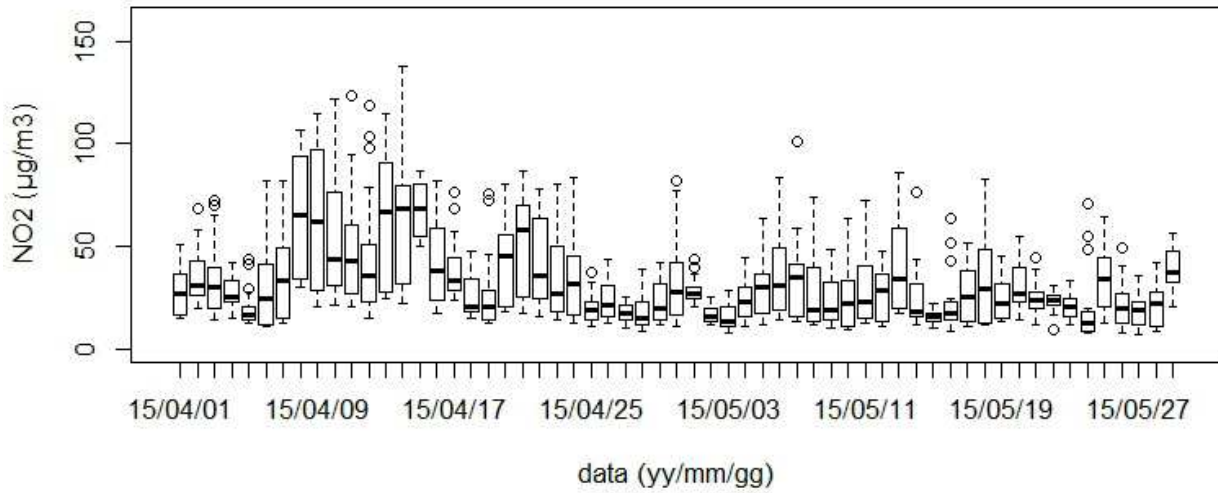
*Semestre “invernale”*



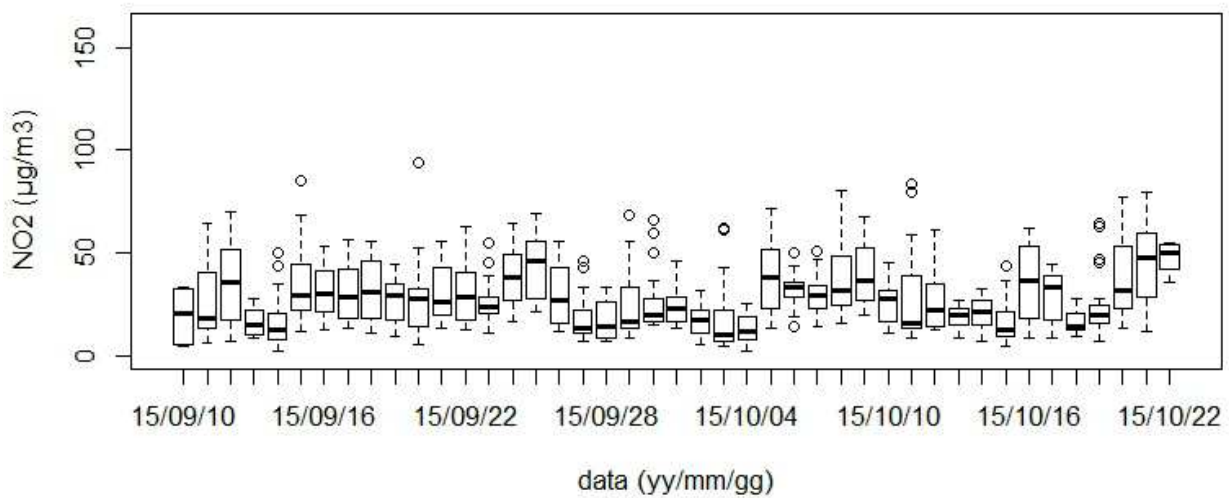


**Grafico 2 – Concentrazione di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. “Esposizione acuta”.**

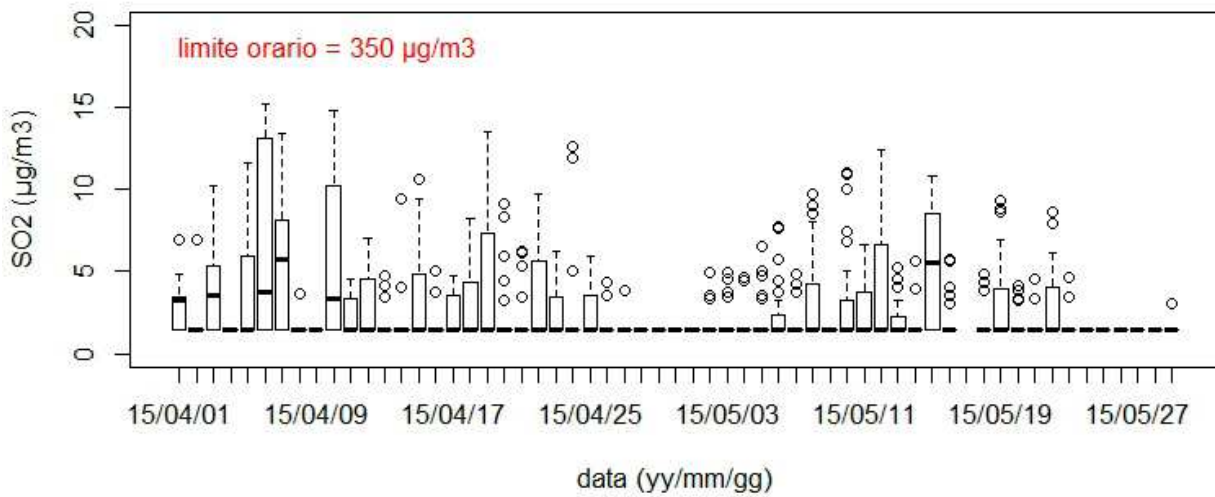
*Semestre “estivo”*



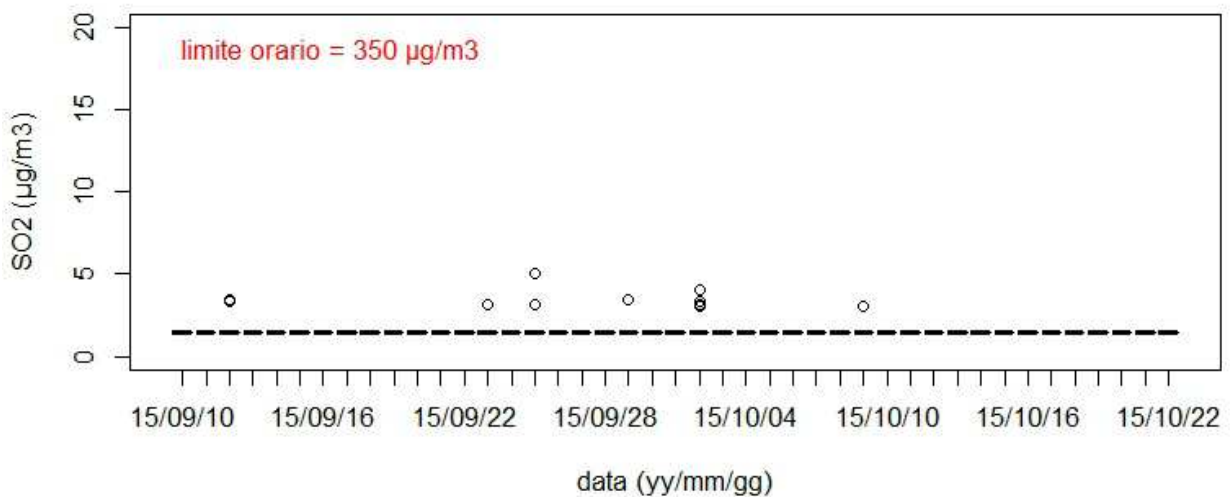
*Semestre “invernale”*



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

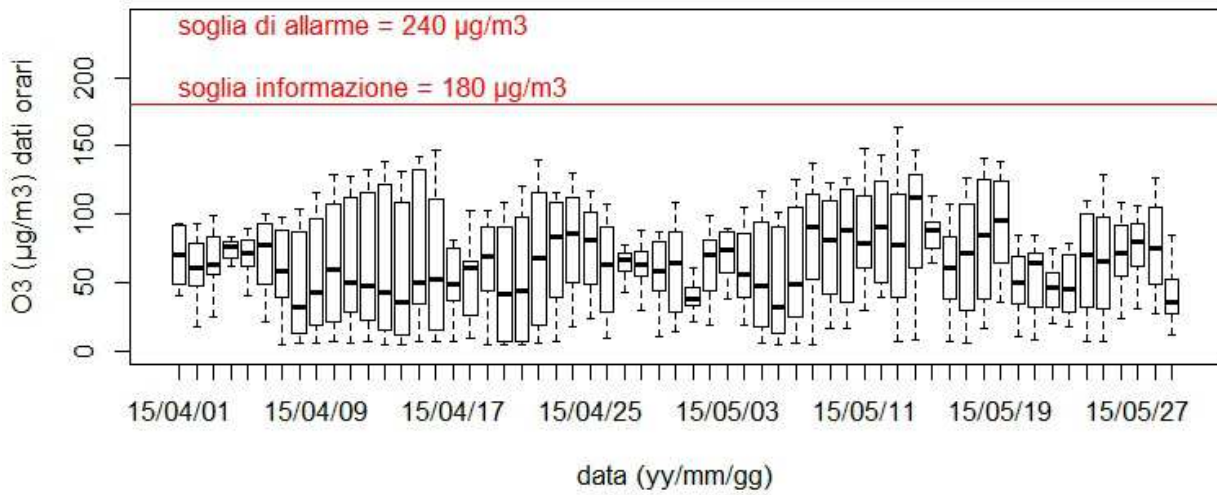


**Semestre “invernale”**

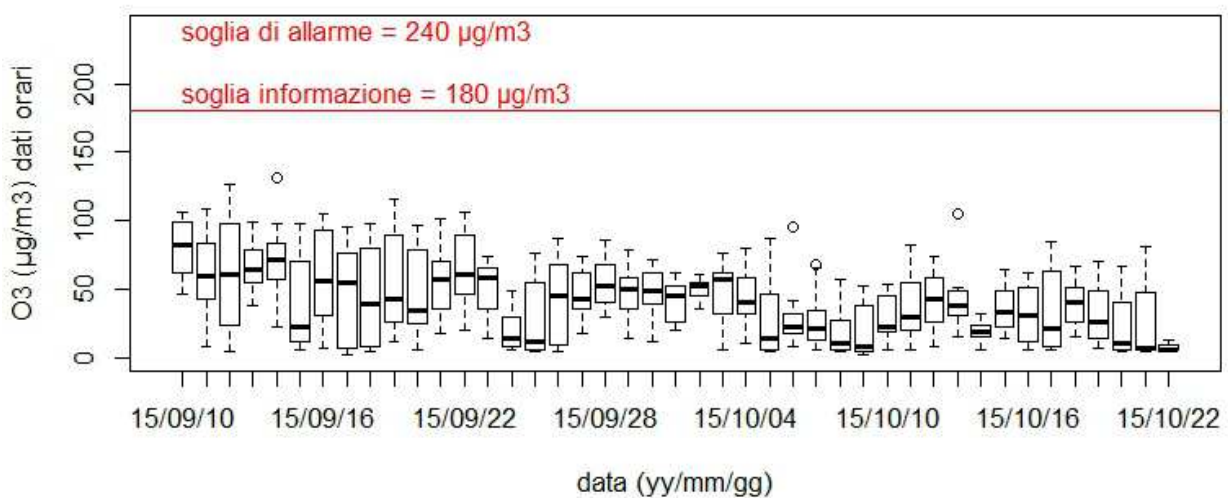


**Grafico 4 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot.**

*Semestre “estivo”*

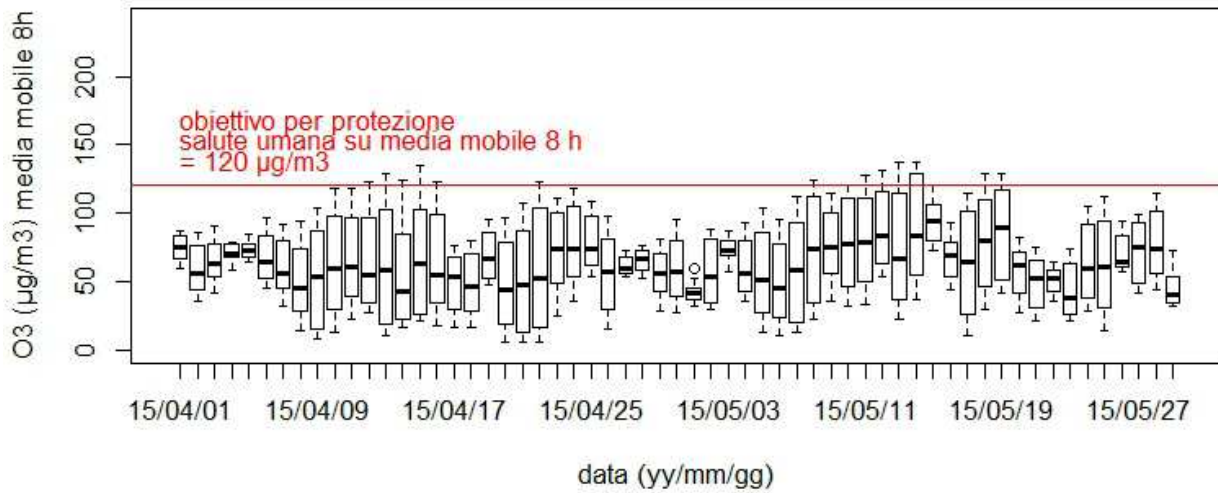


*Semestre “invernale”*

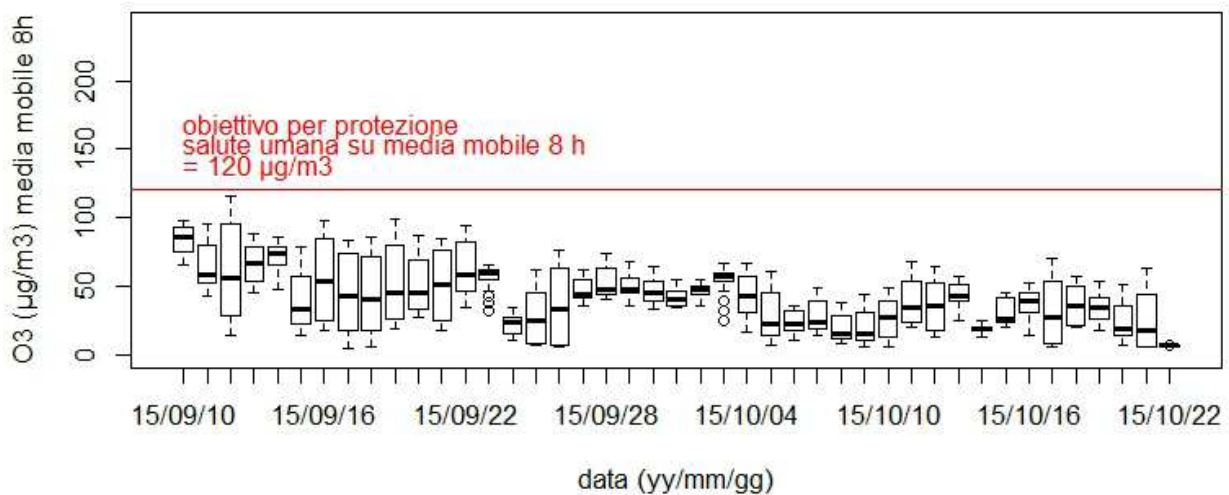


**Grafico 5 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot.**

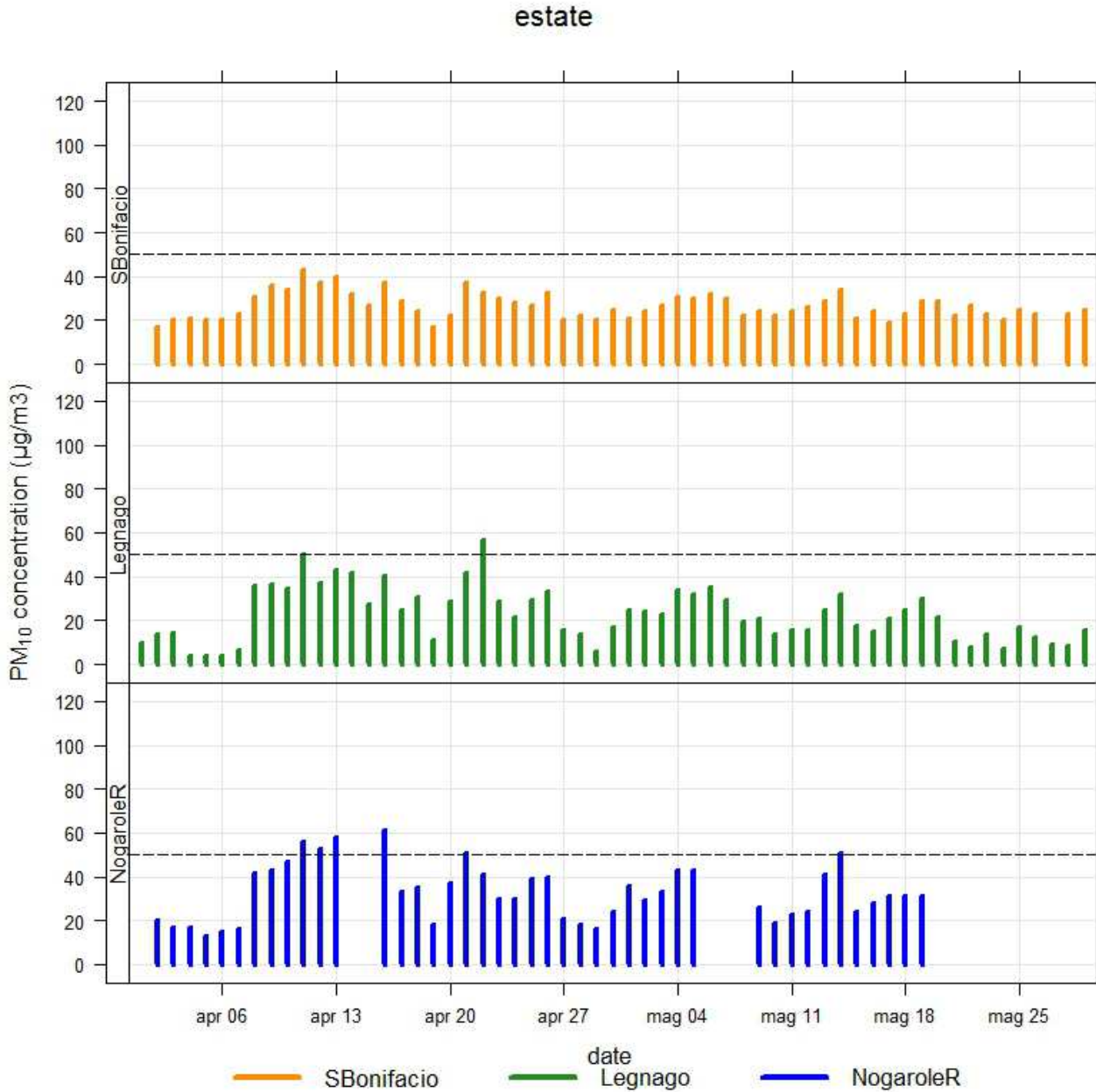
*Semestre “estivo”*



*Semestre “invernale”*



**Grafico 6 – Concentrazione giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Nogarole Rocca, 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

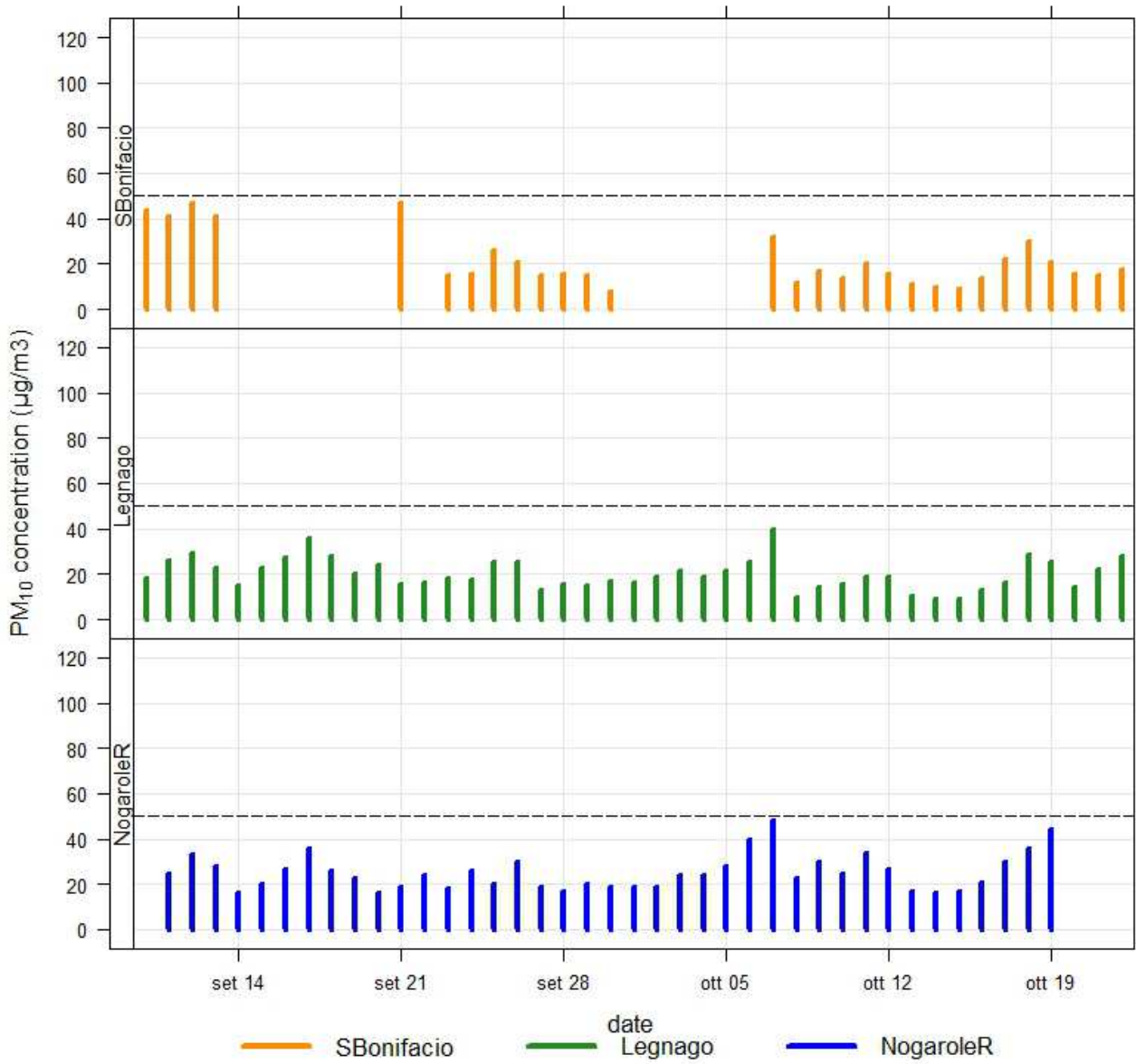
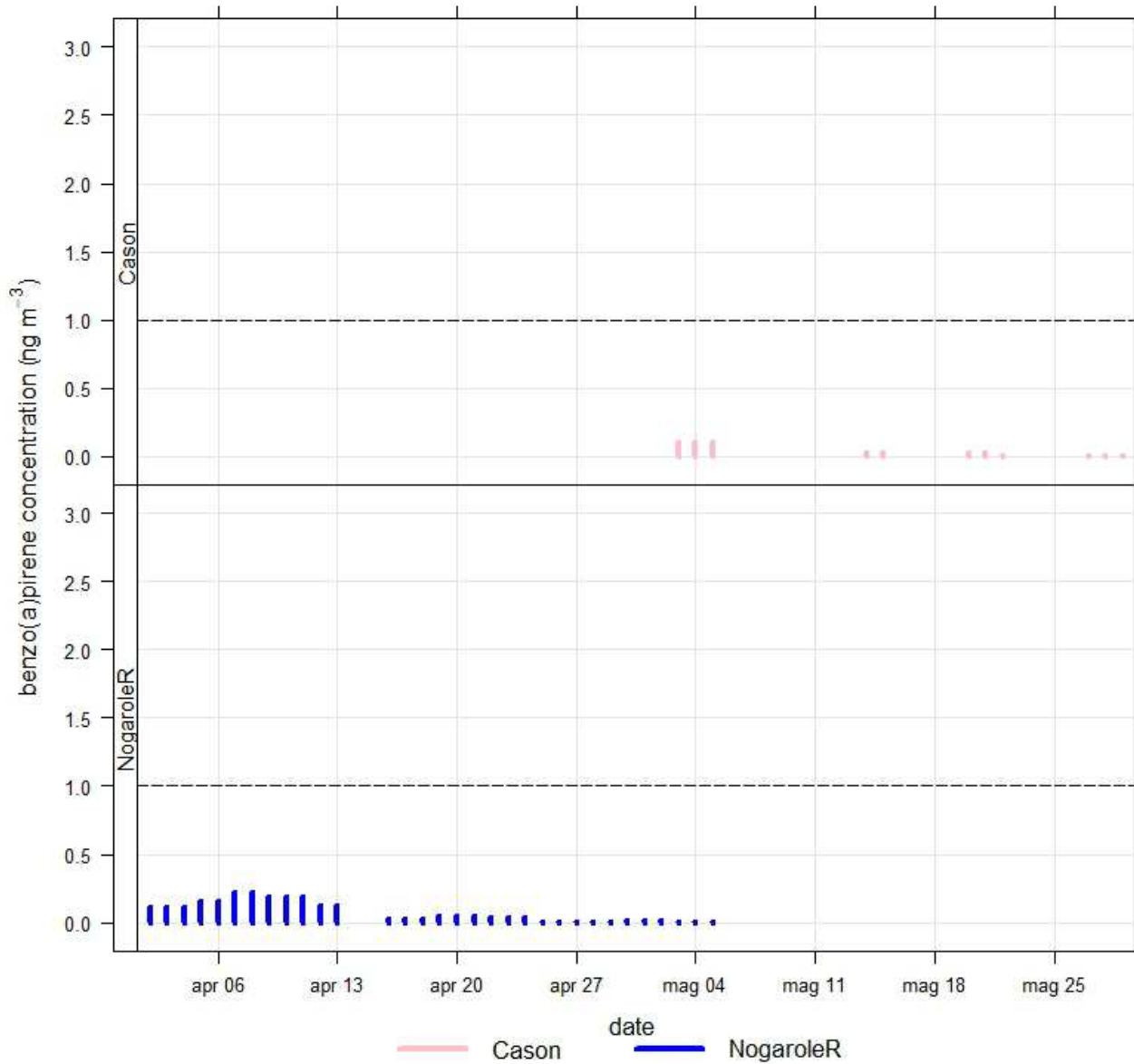


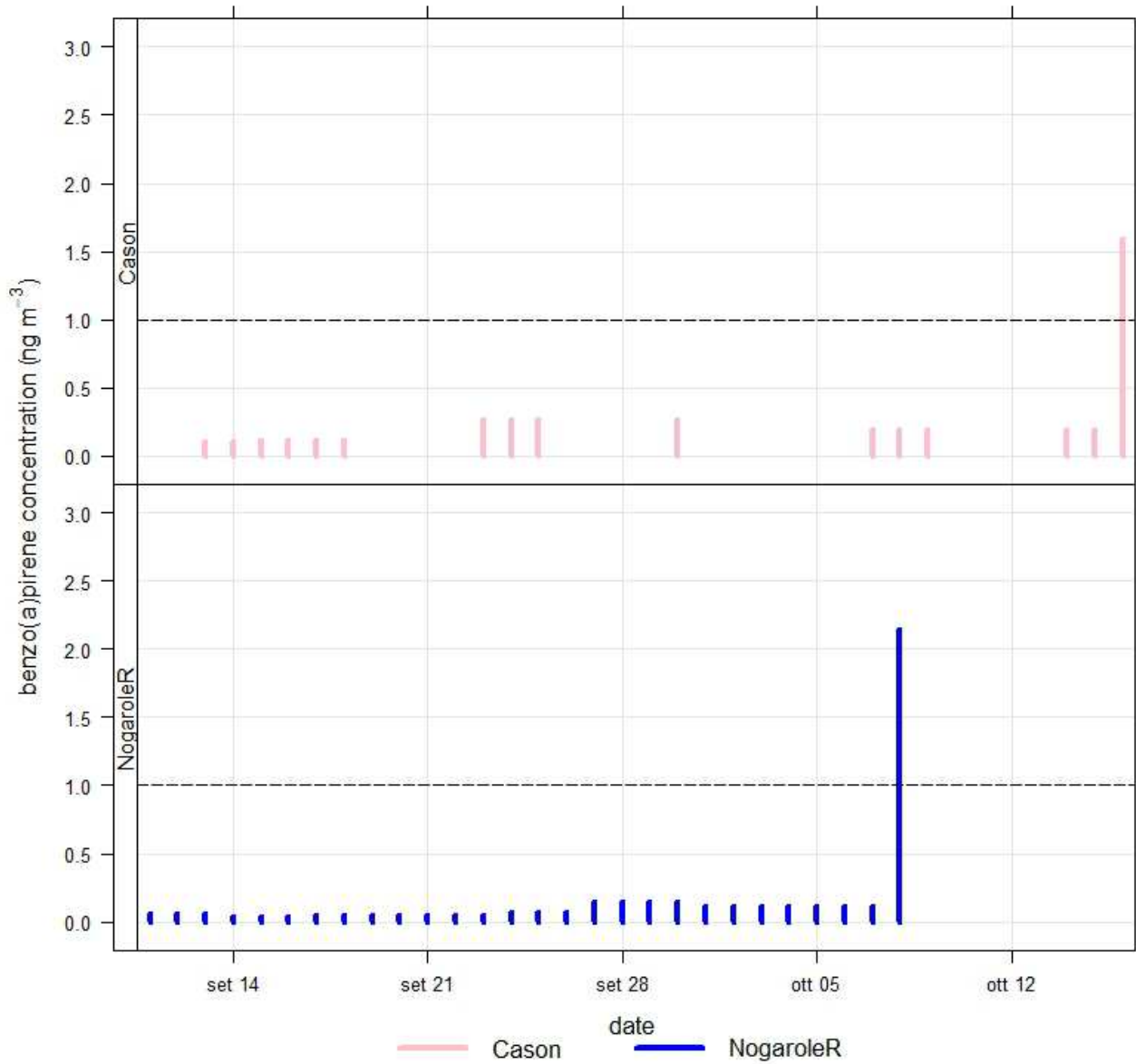


Grafico 7 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m<sup>3</sup>) a Legnago e a Nogarole Rocca nelle due campagne di misura. La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m<sup>3</sup>.

estate

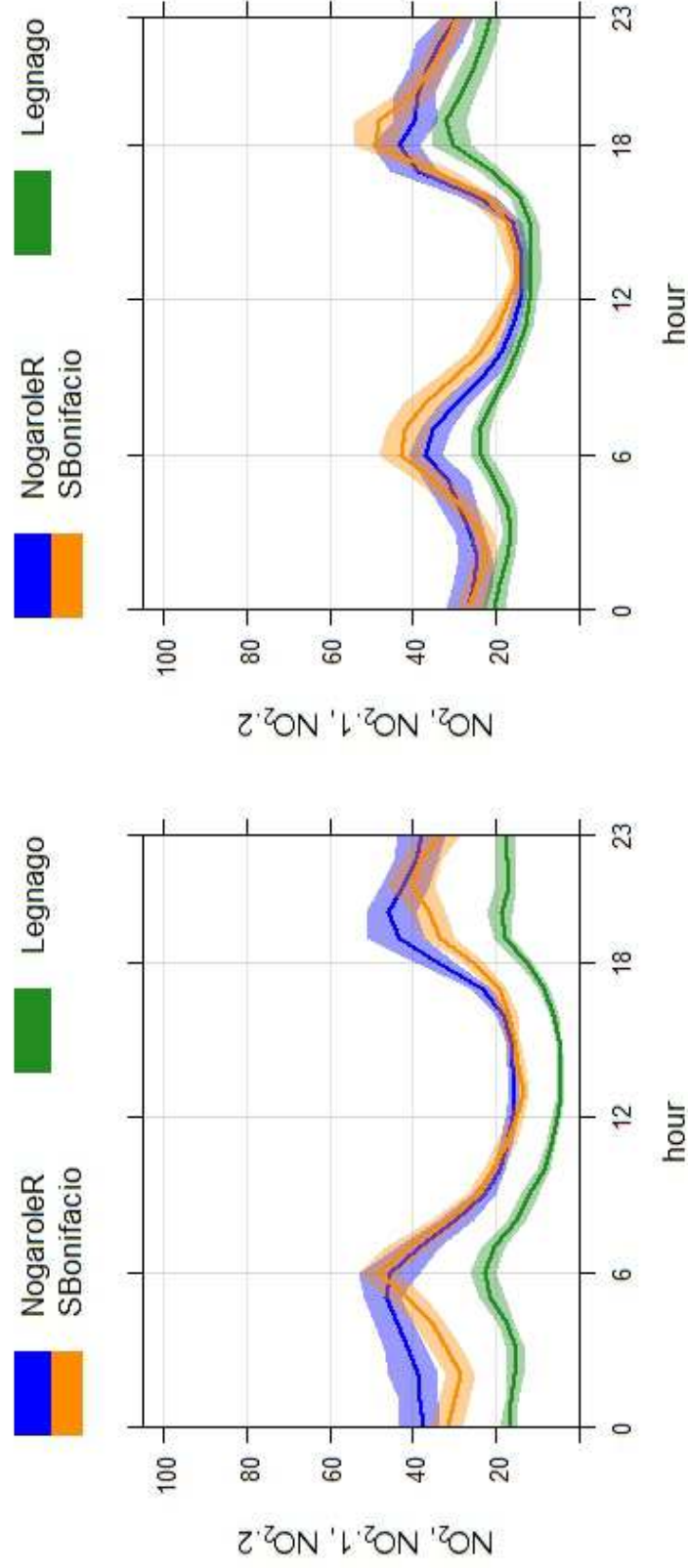


inverno



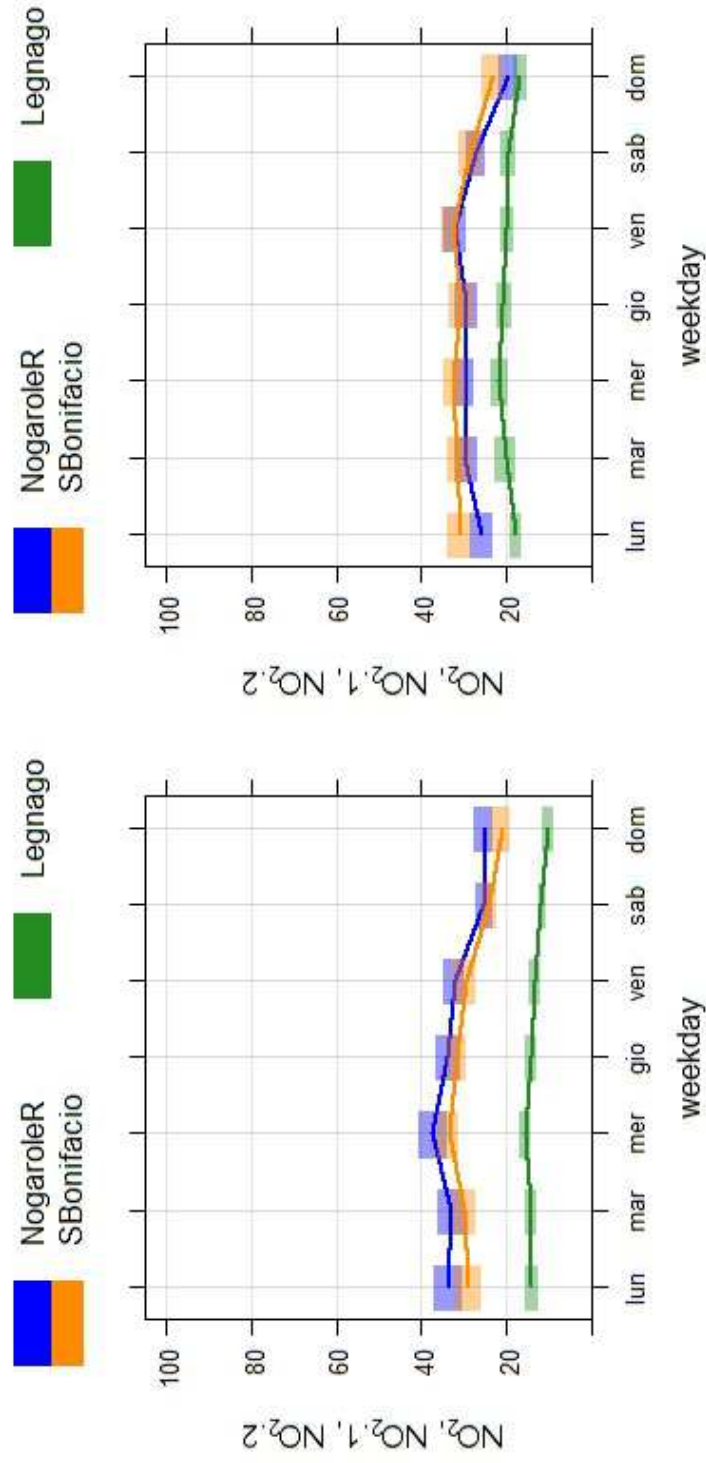
**Grafico 8 – Giorno-tipo di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%**

*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  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%.**

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

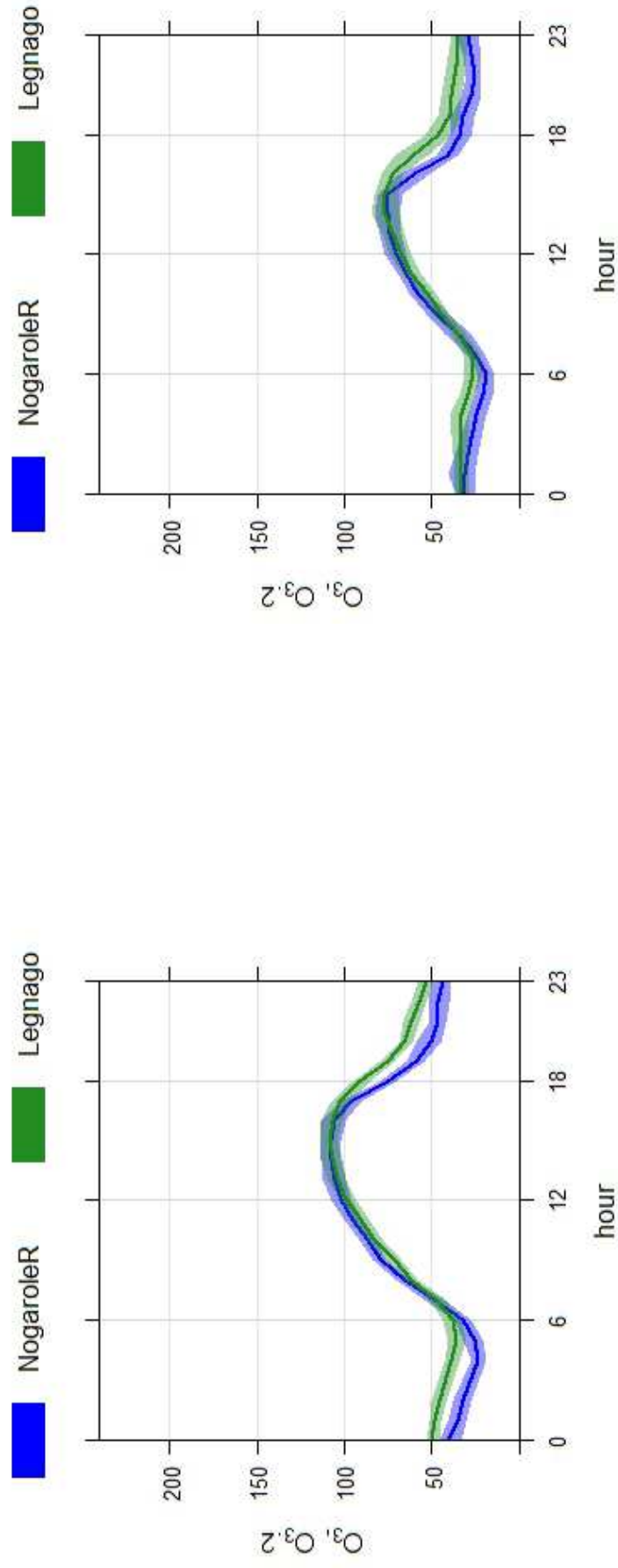
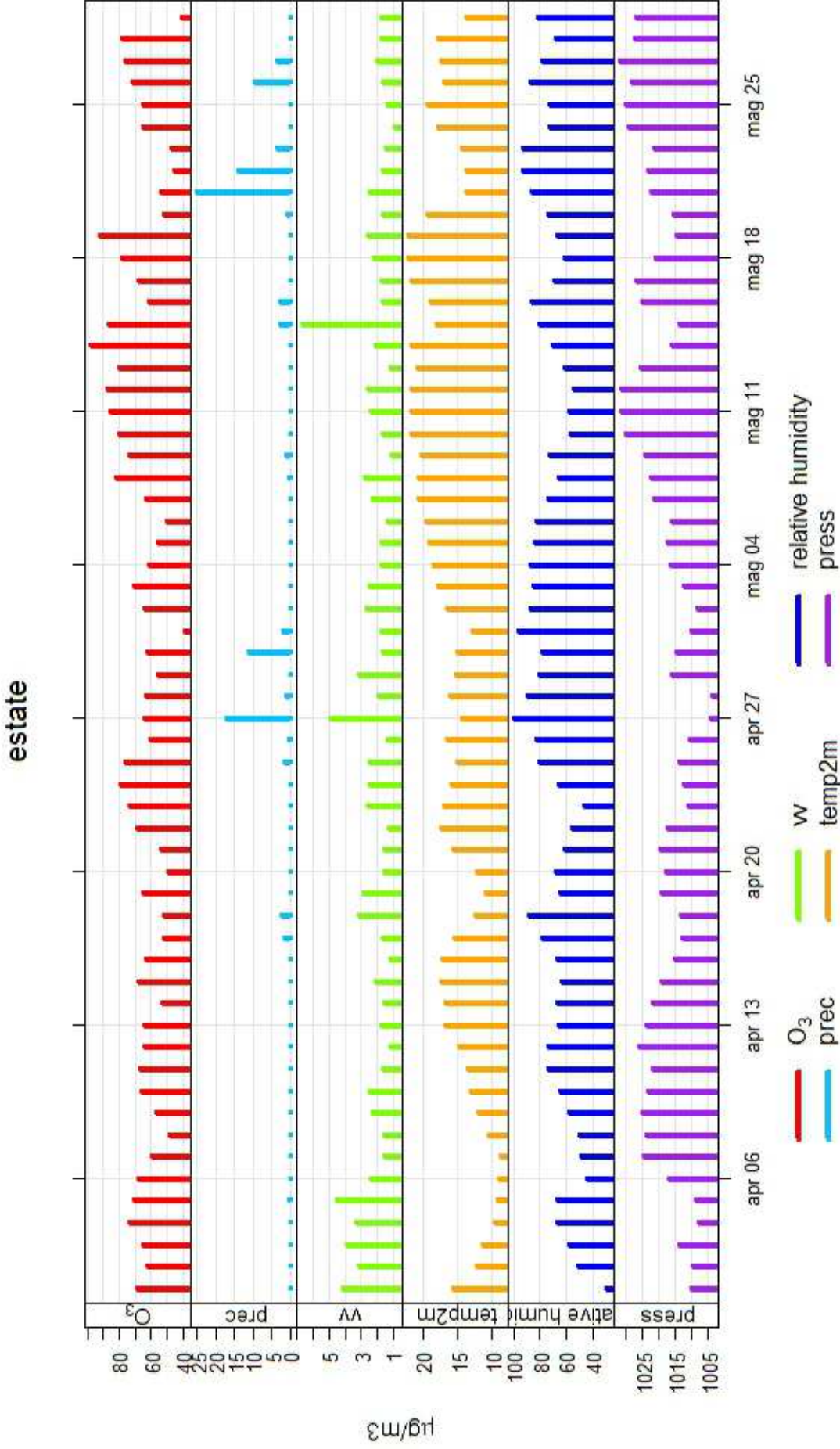


Grafico 11 – Concentrazione di PM10 e O3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Nogarole Rocca, e variabili meteorologiche della stazione di Sorgà (VR): prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); vv5m= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura a 2m ( $^{\circ}\text{C}$ ); relative humidity= umidità relativa (%).





### inverno

