

# **Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria**

## **Comune di San Giovanni Lupatoto**

**Via A. Manzoni, Raldon, San Giovanni Lupatoto (VR)**



**Periodo di attuazione:**

**29/08/2018 – 27/09/2018 (periodo estivo)**

**09/01/2019 – 14/02/2019 (periodo invernale)**

**RELAZIONE TECNICA**

**Realizzato a cura di:**

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

**Dipartimento Provinciale di Verona**

Direttore: Ing. Cunego Giancarlo

**Unità Operativa Fisica**

Dirigente: Predicatori Francesca

De Zolt Sappadina Simona

**Servizio Monitoraggio dello stato e Supporto Operativo VR**

Responsabile: Salomoni Andrea

**Commento meteorologico a cura del Centro Meteorologico di Teolo**

Sansone Maria

**Con la collaborazione di:**

**Servizio Controlli VR**

Sarego Giacomo

**Servizio Monitoraggio e Valutazioni VR**

Fusato Giampaolo

**Dipartimento Regionale Sicurezza Territorio**

**Dipartimento Regionale Laboratori**

**Servizio Osservatorio Regionale Aria**

*NOTA: È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.*

<b>Relazione tecnica n. 07/2019</b>		<b>Data : 28/06/2019</b>
F.to Il Tecnico Unità Operativa Fisica Dr.ssa Simona De Zolt Sappadina	F.to Il Dirigente Unità Operativa Fisica Dr.ssa Francesca Predicatori	



## INDICE

1.	Introduzione e obiettivi specifici della campagna.....	5
2.	Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione.....	5
3.	Contestualizzazione meteo climatica. (A cura di Sansone Maria, del Centro Meteorologico di Teolo).....	8
3.1.	Periodo estivo: 29/08/2018– 27/09/2018.....	9
3.2.	Periodo invernale: 09/01/2019 – 14/02/2019.....	11
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	13
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	14
6.	Efficienza di campionamento.....	15
7.	Analisi dei dati rilevati.....	17
7.1.	Monossido di carbonio (CO).....	18
7.2.	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) – Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ).....	18
7.3.	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ).....	21
7.4.	Ozono (O <sub>3</sub> ).....	22
7.5.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10).....	25
7.6.	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	28
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA.....	29
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	30
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse.....	32
10.	Conclusioni.....	35
11.	Sintesi.....	38
12.	Appendice.....	39
13.	Glossario.....	53

## **1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna**

La campagna è stata richiesta dal Comune di San Giovanni Lupatoto e rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio, che permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nella frazione di Raldon del Comune di San Giovanni Lupatoto, è stato eseguito nel parcheggio all'incrocio fra Via A. Manzoni e Via Croce, in zona residenziale.

## **2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione**

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 29/08/2018 al 27/09/2018 nel semestre estivo, dal 09/01/2018 al 14/02/2019 nel semestre invernale. Il punto di campionamento si trova in area residenziale, ma in una zona in cui il traffico stradale rappresenta una fonte di pressione importante: le principali arterie stradali che influenzano la qualità dell'aria nella zona sono Via Manzoni, lungo la quale è stato posizionato il mezzo mobile, Via Pascoli, 300 m a nord-est di esso, e la SS434 Transpolesana, 700 m a est. Diverse sono anche le attività industriali che possono avere un impatto sulla qualità dell'aria della zona oggetto di indagine: 1.5 km a sud-est del punto di misura si trova la Ferriera Valsider, 1 km a nord si trova la zona industriale Zai Bottura, nell'area circostante sono presenti diverse aziende agricole e altre piccole attività industriali. Per le sue caratteristiche, il sito è di tipologia "fondo sub-urbano", in quanto i livelli di inquinamento risultano influenzati dal contributo integrato di sorgenti emissive molteplici e di diversa natura. Il comune di San Giovanni Lupatoto 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 le campagne di monitoraggio.

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

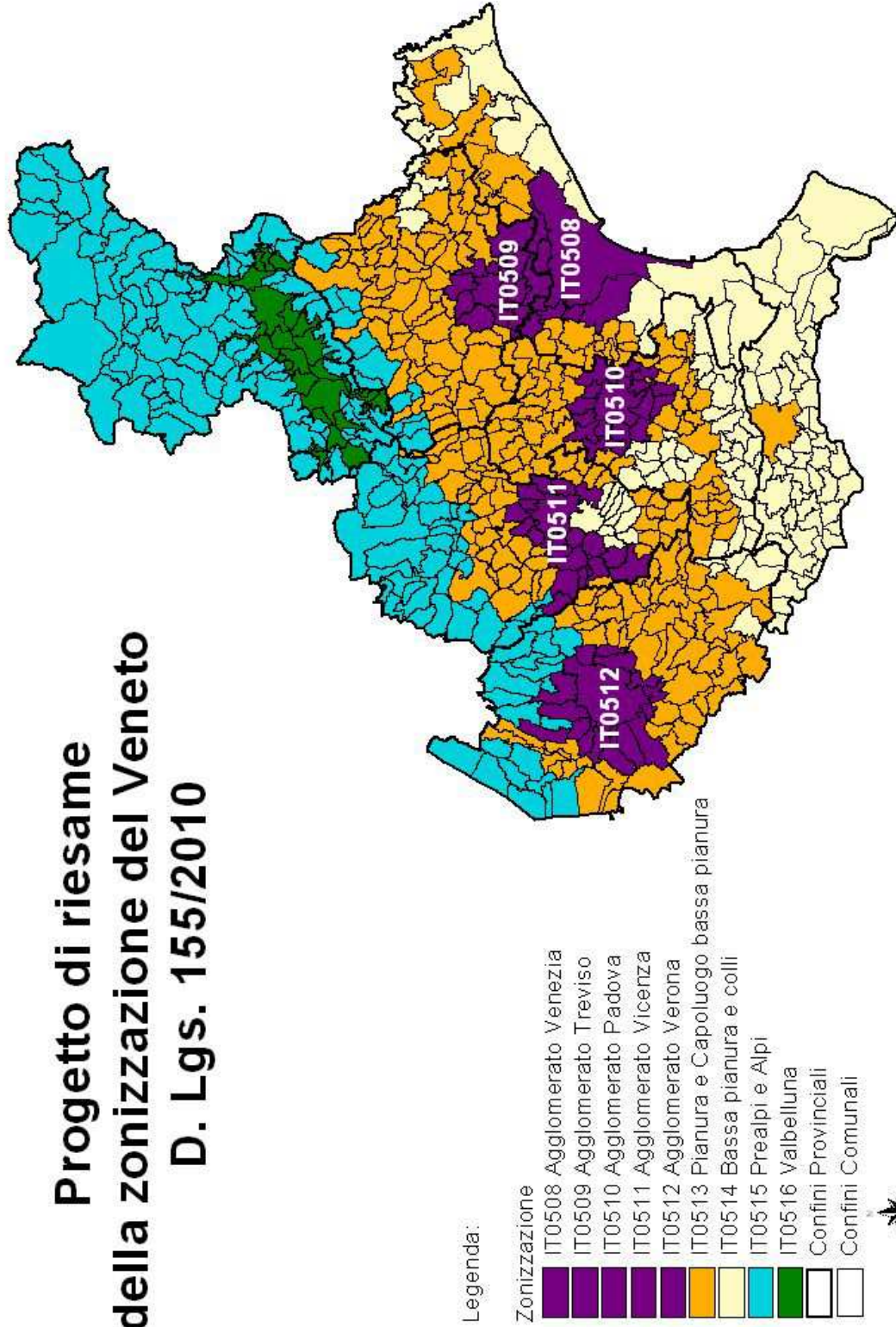


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012



Figura 2. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio, Via A. Manzoni, Raidon, Comune di San Giovanni Lupatoto (VR).  
Relazione tecnica n. 07/2019

### **3. Contestualizzazione meteo climatica. (A cura di Sansone Maria, del Centro Meteorologico di Teolo)**

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

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 0.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti;
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 0.5 m/s e 1.5 m/s): situazioni debolmente dispersive;
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 1.5 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

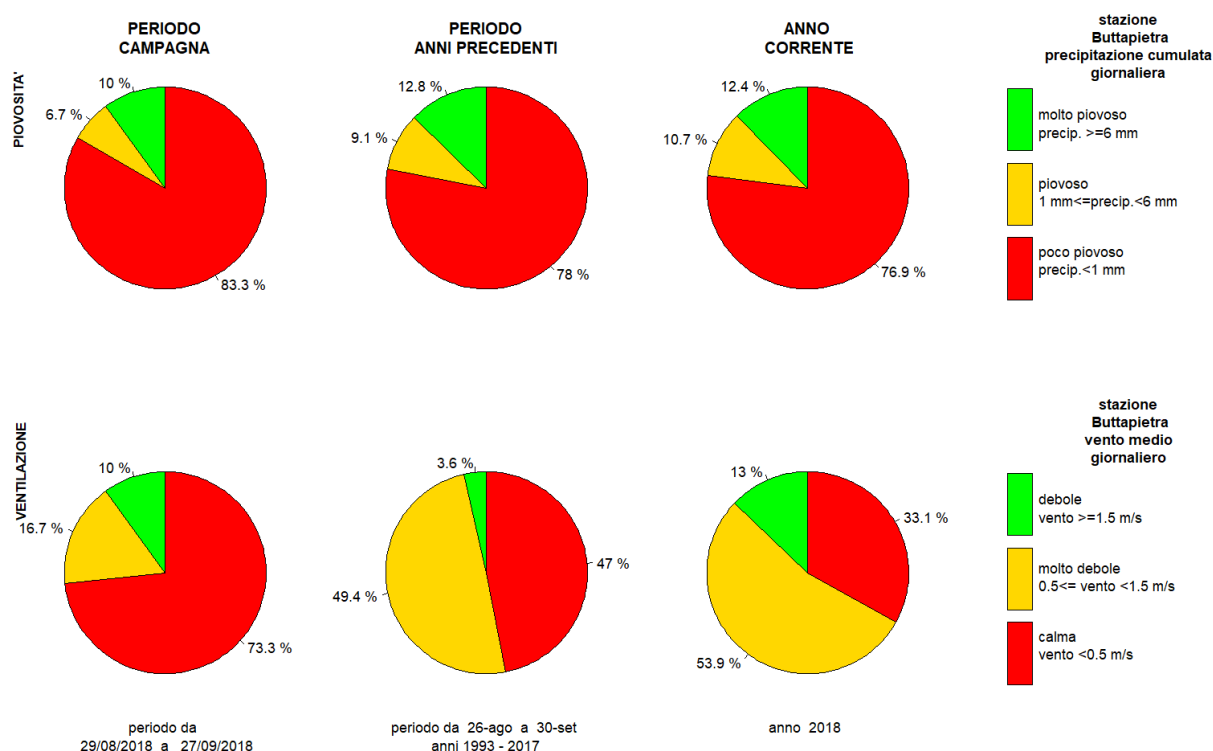
I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera empirica in base ad un campione pluriennale di dati.

Per la descrizione della situazione meteorologica si è scelto di utilizzare i dati della stazione di Buttapietra (VR) (con anemometro a 2 m) che è la più vicina della rete ARPAV (distanza inferiore a 5 km). Si fa presente che a causa della quota di misura, l'intensità del vento è sottostimata rispetto a misure effettuate a 5 o 10 m di altezza, per questo motivo nel grafico con i diagrammi circolari si utilizza una scala di intensità del vento che permetta di apprezzare eventuali differenze fra valori di bassa intensità del vento.



### 3.1. Periodo estivo: 29/08/2018– 27/09/2018

#### DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE



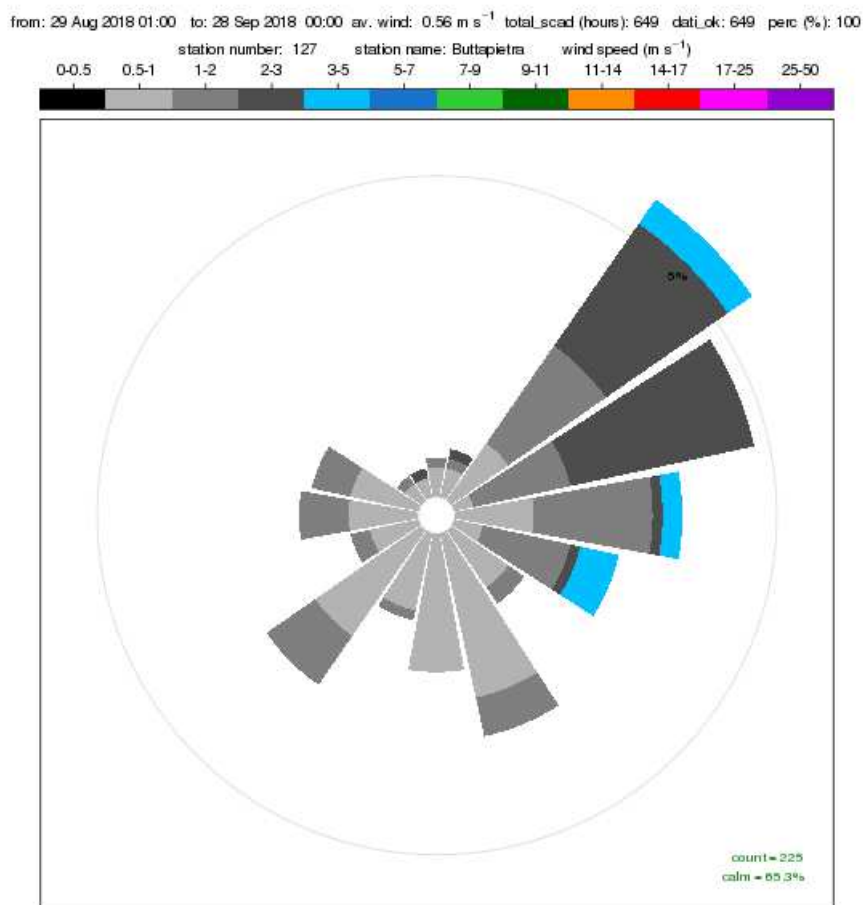
**Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).**

Nella figura 3 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Buttapietra in tre periodi:

- 29 agosto – 27 settembre 2018, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 26 agosto – 30 settembre dall'anno 1993 all'anno 2017 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio – 31 dicembre 2018 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono stati un po' più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con calma di vento sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente; d'altra parte rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti è un po' più alta anche la percentuale dei giorni con vento debole (che con questa scala rappresentano le situazioni più favorevoli alla dispersione).



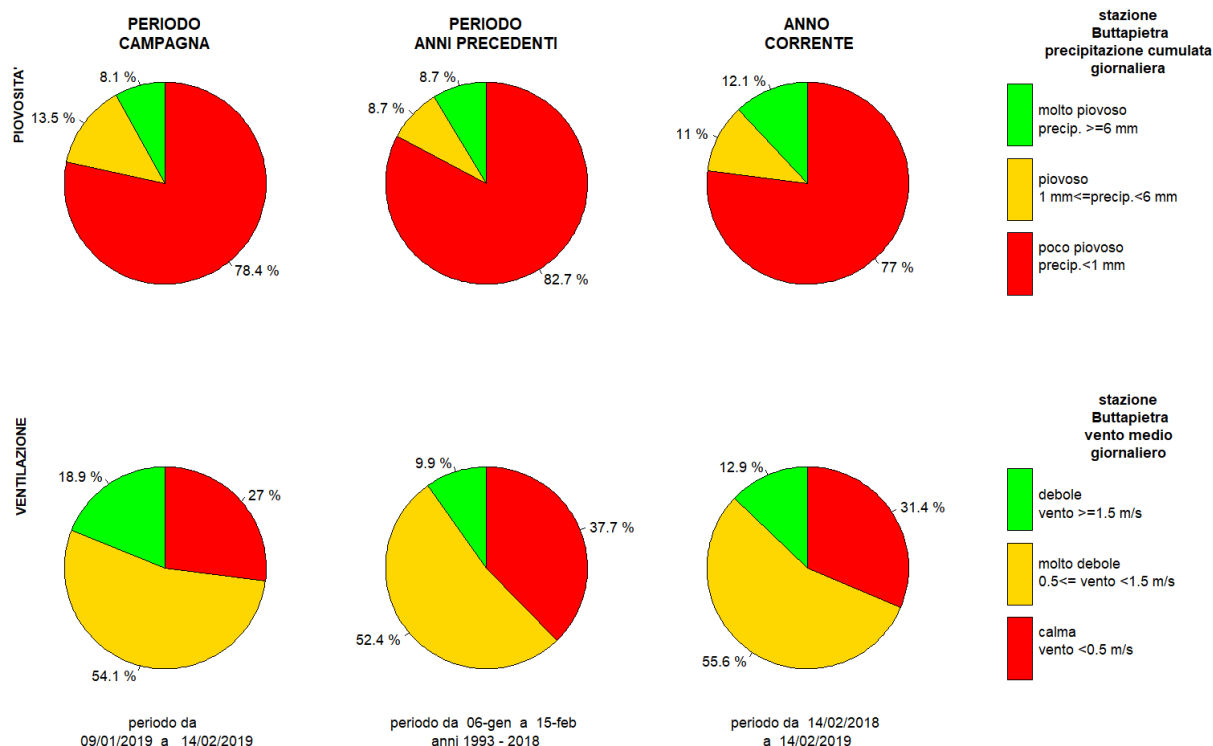
Frequency of counts by wind direction (%)

**Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Buttapietra nel periodo 29 agosto – 27 settembre 2018**

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Buttapietra durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che a prevalere con una percentuale pari a circa 65% sono le calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s); per intensità superiori alla soglia delle calme la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-est (circa 6% dei casi). La velocità media è stata pari a circa 0.6 m/s.

## 3.2. Periodo invernale: 09/01/2019 – 14/02/2019

### DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE



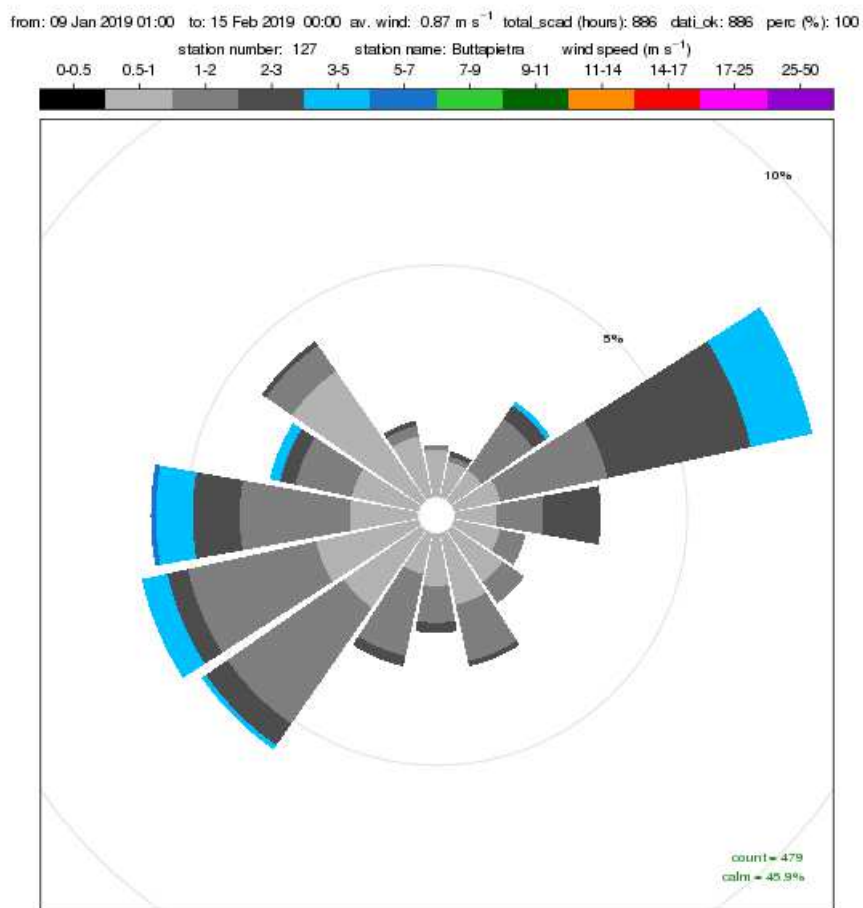
**Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).**

Nella figura 5 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Buttapietra in tre periodi:

- 9 gennaio – 14 febbraio 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 6 gennaio – 15 febbraio dall'anno 1993 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 14 febbraio 2018 – 14 febbraio 2019 (ANNO CORRENTE).

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

- la percentuale dei giorni poco piovosi è un po' più bassa rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti, mentre in confronto all'anno corrente sono un po' meno frequenti i giorni molto piovosi;
- rispetto ad entrambi i periodi di riferimento i giorni con calma di vento sono stati meno frequenti e quelli con vento debole (che con questa scala rappresentano le situazioni più favorevoli alla dispersione) sono stati più frequenti.



**Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Buttapietra nel periodo 9 gennaio – 14 febbraio 2019**

In figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Buttapietra durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è est-norddest (circa 8% dei casi), seguita da ovest-sudovest, sud-ovest e ovest (tutte e tre circa 6%); le calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) si sono verificate nel 46% dei casi. La velocità media è stata pari a circa 0.9 m/s.

## 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).

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.

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>
PM <sub>10</sub>	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>
NO <sub>x</sub>	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.**

## 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 per il PM10 ("metodo UNI EN 12341:1999") e cromatografia liquida ad alta prestazione per gli IPA (HPLC "metodo UNI EN 15549:2008").

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'Appendice 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, e il benzene 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 4. Il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto con eccezione dell'ozono nel periodo estivo.

	CO	NO <sub>2</sub>	NOx	O <sub>3</sub> estate	SO <sub>2</sub>	PM10	Benzo(a) pirene	Benzene
N giorni di campionamento	67	67	67	30	67	62	62	28
N minimo di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	99	98	98	100	99	100	100	100
Resa di campionamento minima (%)	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	66	66	66	30	66	62	62	28
N minimo di giorni di campionamento con dati validi	46	46	46	32	46	46	20	20

**Tabella 4. 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. Dove possibile, è stato realizzato un confronto con i corrispondenti valori rilevati presso due centraline fisse di riferimento: la stazione di VR-Giarol e quella di VR-Borgo Milano, 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 dalla diffusione delle emissioni all'interno dell'area urbana, e si definisce stazione di fondo urbano. La centralina di VR-Borgo Milano, 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 Raldon. I parametri sono descritti in modo esteso in tabella 5.

Per rappresentare graficamente i risultati delle analisi sono stati utilizzati anche dei grafici tipo box-whisker, che sono spiegati in dettaglio nella figura 16 in Appendice.

<b>Grandezza statistica</b>	<b>Significato</b>
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
max.rolling.8	Massimo giornaliero della media mobile su 8 ore
95°percentile	Valore sotto il quale si trova il 95% dei dati
99°percentile	Valore sotto il quale si trova il 99% dei dati
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

**Tabella 5. Principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.**

## 7.1. Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un gas tossico per l'uomo, che si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili, la cui fonte prevalente è il traffico veicolare, ma a cui contribuiscono anche gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali, come la produzione di acciaio, di ghisa e la raffinazione del petrolio.

La tabella 6 e la figura 17 in Appendice 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 tutti i periodi dell'anno. In entrambe le stagioni, i valori medi sono stati prossimi al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

CO (mg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE+INVERNO	
	SGiovanniL	BgoMilano	SGiovanniL	BgoMilano	SGiovanniL	BgoMilano
media	0.2	0.3	0.6	0.4	0.4	0.4
sd	0.1	0.1	0.4	0.2		
min	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
max	0.7	0.6	2.1	1.2	2.1	1.2
mediana	0.2	0.3	0.5	0.4		
N	720	720	888	888	1608	1608
dati mancanti	3	0	12	1	15	1
data.capture (%)	100	100	99	100	99	99
max giornaliero	0.3	0.3	1.2	0.7	1.2	0.7
max.rolling.8	0.4	0.4	1.7	1		
95°percentile	0.4	0.4	1.4	0.9		
99°percentile	0.5	0.4	1.8	1		
N superamenti 10 mg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0

Tabella 6. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a Raldon. 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>)

Gli ossidi di azoto sono inquinanti prodotti prevalentemente dai processi di combustione (riscaldamento, traffico, centrali termoelettriche), ma anche da processi produttivi senza combustione (ad esempio la produzione di acido nitrico e di fertilizzanti azotati). Contribuiscono alla formazione dello smog fotochimico, come precursori dell'ozono troposferico, e al fenomeno delle "piogge acide", attraverso la trasformazione in acido nitrico. Inoltre, la loro trasformazione chimica in nitrati li porta ad essere una delle maggiori fonti di particolato secondario (PM10).

Le due specie più importanti di ossidi di azoto sono il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e il monossido di azoto (NO), la cui somma pesata viene indicata come NO<sub>x</sub>. L' NO<sub>2</sub> è un gas tossico molto irritante, responsabile del colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città molto inquinante dal traffico. Esso viene in parte emesso direttamente dalle sorgenti inquinanti (inquinante primario), ma prevalentemente (circa il 90%) si forma per reazione a partire da altre specie chimiche (inquinante secondario). L'NO, invece, è un gas inodore e incolore molto meno tossico, e di origine primaria, cioè proviene direttamente alle sorgenti emissive.

Come si può vedere in tabella 7 e figura 7, 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 VR-Borgo Milano e

VR-Giarol non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate nei due periodi è pari a 40 µg/m<sup>3</sup>, e quindi non supera il valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>, pur avvicinandosi molto. Il valore medio di NOx, pari a 89 µg/m<sup>3</sup> (tabella 8), supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m<sup>3</sup>; tuttavia 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>.

I valori medi e massimi di concentrazione di NO<sub>2</sub> a Raldon, come anche presso le centraline di riferimento, nel periodo invernale sono superiori a quelli del periodo estivo: questo è in accordo con quanto in genere ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche tipiche invernali sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.

Se si confrontano i dati delle tre postazioni (tabella 7), il valore medio di NO<sub>2</sub> misurato a Raldon è più elevato di quello di VR-Giarol e VR-Borgo Milano, in entrambe le stagioni. Lo stesso si può concludere osservando le statistiche relative agli NOx.

Nella figura 25 in Appendice, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO<sub>2</sub>, calcolato per i due periodi di campagna. In entrambe le stagioni, in tutte le tre postazioni di misura, sono evidenti due picchi, al mattino e alla sera, in corrispondenza delle ore di maggiore traffico e delle condizioni meteorologiche che più inibiscono la dispersione di inquinanti (la sera, per la formazione di un'inversione termica superficiale). Il valore di concentrazione di NO<sub>2</sub> a Raldon è più elevato rispetto a quello delle centraline di riferimento, a tutte le ore della giornata e in entrambe le stagioni.

In sintesi, sulla base alle analisi effettuate sugli ossidi di azoto, il punto di misura a Raldon mostra concentrazioni di ossidi di azoto elevate, superiori a quelle della centralina fissa di riferimento di traffico di VR-Borgo Milano.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	SGiovanni Lupatoto	VR-Bgo Milano	VR-Giarol	SGiovanni Lupatoto	VR-Bgo Milano	VR-Giarol	SGiovanni Lupatoto	VR-Bgo Milano	VR-Giarol
media	29	21	18	49	43	41	40	34	31
sd	17	13	10	17	16	16			
min	5	<4	4	10	4	<4	5	<4	<4
max	102	82	77	112	95	91	112	95	91
mediana	25	18	15	48	44	42			
N	720	720	720	888	888	888	1608	1608	1608
dati mancanti	1	0	3	27	1	8	28	1	11
data.capture	100	100	100	97	100	99	98	100	99
max giornaliero	66	35	32	67	61	59	67	61	59
95°percentile	65	46	40	77	71	67			
99°percentile	81	60	51	93	83	78			
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 7. Concentrazione di NO<sub>2</sub>: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di VR-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di VR-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> L'Appendice 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.

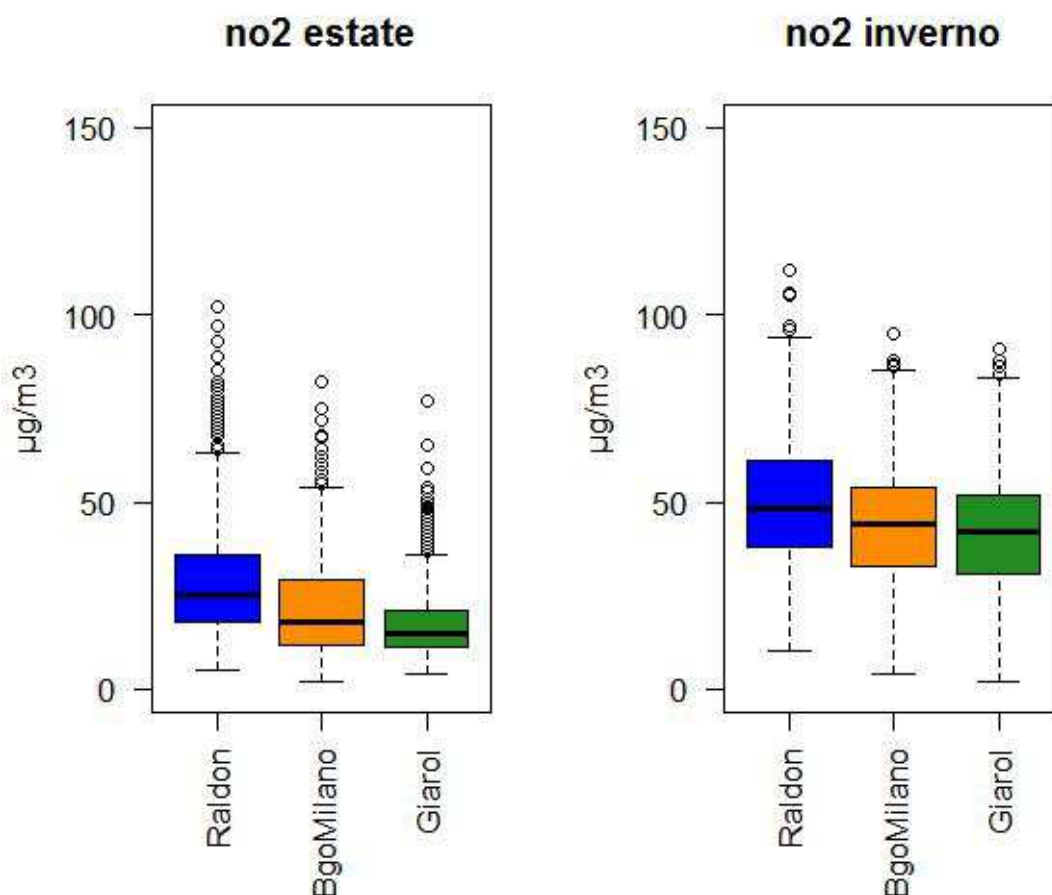


Figura 7. Box-plot della concentrazione di NO<sub>2</sub>. Dati relativi a Raldon e alle centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

NOx (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Raldon	VR-Bgo Milano	VR-Giarol	Raldon	VR-Bgo Milano	VR-Giarol	Raldon	VR-Bgo Milano	VR-Giarol
media	37	26	21	131	104	85	89	69	56
sd	27	18	14	96	70	66			
min	5	<4	5	12	5	<4	5	<4	<4
max	183	132	113	668	429	470	668	429	470
mediana	29	20	17	107	88	66			
N	720	720	720	888	888	888	1608	1608	1608
dati mancanti	1	0	3	27	1	7	28	1	10
data.capture	100	100	100	97	100	99	98	100	99
max giornaliero	91	50	40	251	206	251	251	206	251
95°percentile	93	60	52	317	240	212			
99°percentile	137	88	72	447	308	316			

Tabella 8. Concentrazione di NOx: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di VR-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di VR-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

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

Il biossido di zolfo è un gas irritante, le cui fonti di emissione principali sono legate a produzione di energia, impianti termici, processi industriali e traffico. Esso è il principale responsabile delle "piogge acide", in quanto tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico.

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 µg/m<sup>3</sup> e 500 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 9 e Appendice – figura 19), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

I valori medi misurati nei due periodi di campagna sono confrontabili con il 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>).

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE+INVERNO	
	Raldon	VR-BgoMilano	Raldon	VR-BgoMilano	Raldon	VR-BgoMilano
media	<3	<3	3	<3	3	<3
sd	0	0	2	1		
min	<3	<3	<3	<3	<3	<3
max	7	4	13	7	13	7
mediana	<3	<3	<3	<3		
N	720	720	888	888	1608	1608
dati mancanti	0	10	10	14	10	24
data.capture	100	99	99	98	99	99
max giornaliero	3	<3	6	4	6	4
95°percentile	3	3	7	4		
99°percentile	4	3	9	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 9. Concentrazione di SO<sub>2</sub>: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m<sup>3</sup>.**

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

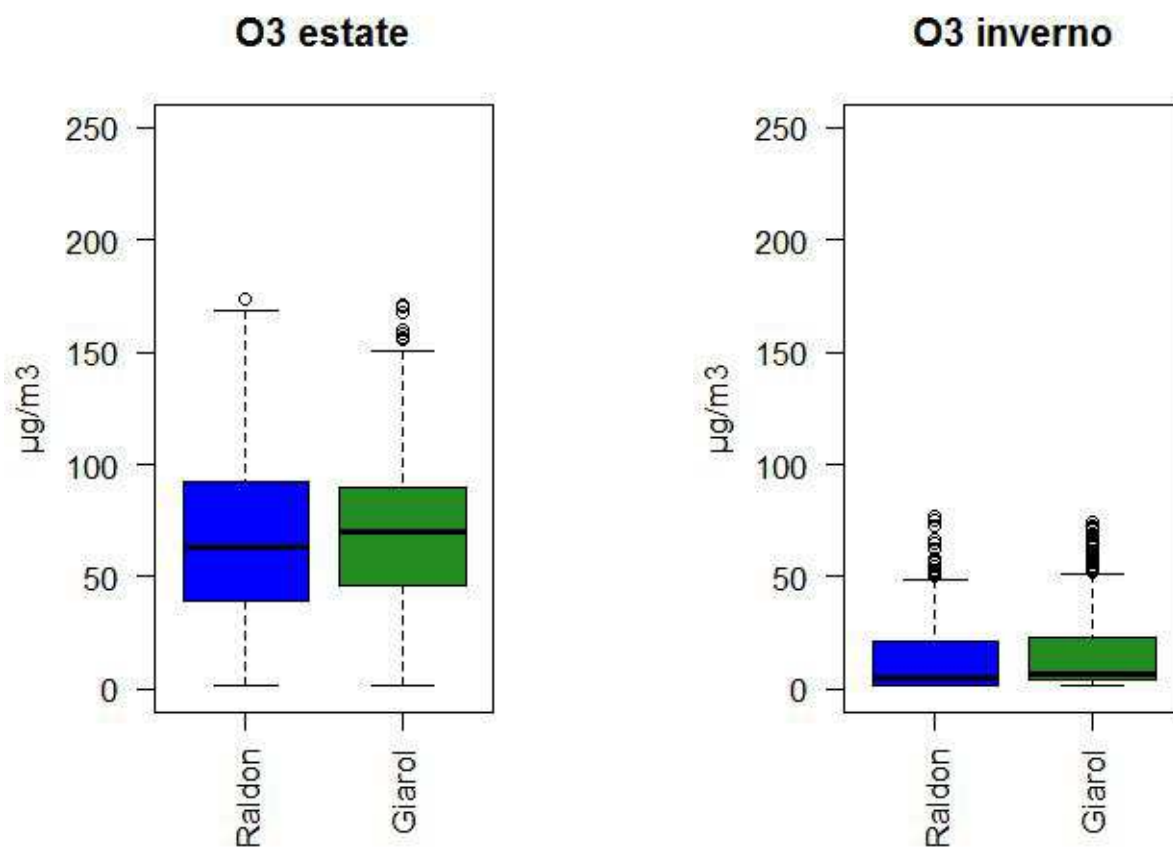
L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione di inquinanti primari quali composti organici volatili e ossidi di azoto. Esso reagisce chimicamente con il monossido di azoto, emesso principalmente dal traffico e dal riscaldamento domestico: per questo motivo, vicino a queste fonti emissive si trovano concentrazioni più basse di ozono rispetto ad aree più lontane. Poiché la reazione che porta alla formazione dell'ozono dipende dalla temperatura e dalla radiazione solare, le condizioni meteorologiche hanno una grande influenza sull'andamento delle concentrazioni: i livelli sono bassi al mattino, quando si verifica la fase di innesco del processo fotochimico, raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare (figura 28 in Appendice).

L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute nella Pianura Padana, ma anche in tutta Europa. Gli effetti a lungo termine dell'esposizione a ozono comprendono problemi respiratori e cardiocircolatori. Diversi studi europei hanno mostrato un aumento della mortalità giornaliera compreso tra 0.3% e 0.5% per ogni incremento della concentrazione media (su 8 ore) di ozono di 10 µg/m<sup>3</sup> oltre un livello di base di 70 µg/m<sup>3</sup> (WHO, 2016). Gli effetti sull'ambiente comprendono la riduzione della fotosintesi e una bassa produzione delle colture, e un contributo all'effetto serra.

Il periodo di campagna estiva, collocandosi a fine stagione, quando le temperature non sono generalmente elevate, non è stato particolarmente critico per l'ozono. A Raldon sono stati registrati 11 superamenti del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla media mobile di 8 ore (tabella 10 e figura 21 in Appendice), pari all'37% del periodo di campagna, un numero più elevato dei 6 superamenti della centralina di riferimento di VR-Giarol. Essi si sono verificati in corrispondenza di giornate soleggiate con elevate temperature (vedasi figura 30 in Appendice). Non si sono verificati superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m<sup>3</sup> sul dato orario (figura 20 in Appendice) a Raldon come anche presso la stazione di riferimento. I valori medi e massimi sono confrontabili con quelli della centralina di riferimento di VR-Giarol, come confermano anche i grafici del giorno tipo, riportati nella figura 27 in Allegato.

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Raldon	VR-Giarol	Raldon	VR-Giarol	Raldon	VR-Giarol
media	67	70	13	16	37	40
Sd	40	34	16	18		
Min	<4	<4	<4	<4	<4	<4
max	174	171	77	74	174	171
mediana	63	70	5	7		
N	720	720	888	888	1608	1608
dati mancanti	0	45	1	4	1	49
data.capture	100	94	100	100	100	97
max giornaliero	90	106	35	46	90	106
max.rolling.8	154	146	66	69		
95°percentile	143	130	47	59		
99°percentile	157	156	58	69		
N superamenti 120 µg/m <sup>3</sup> sulla media mobile di 8h	11	6	0	0	11	6
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 10. Concentrazione di O<sub>3</sub>: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina di traffico di VR-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di VR-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m<sup>3</sup>.**



**Figura 8. Box-plot della concentrazione di O<sub>3</sub>. Dati relativi a Raldon e alla centralina di riferimento di VR-Giarol. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).**



## 7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

Le polveri atmosferiche inalabili, denominate PM10 quando hanno un diametro inferiore a 10  $\mu\text{m}$ , sono delle particelle solide o liquide presenti nell'aria che respiriamo, di natura organica o inorganica, in grado di adsorbire sulla loro superficie diverse sostanze con proprietà tossiche quali solfati, nitrati, metalli e composti volatili. Date le loro dimensioni, esse possono essere inalate e penetrare nell'apparato respiratorio: le particelle con diametro equivalente inferiore a 2.5  $\mu\text{g}$  (PM2.5) raggiungono i polmoni, quelle con diametro equivalente inferiore a 0.1  $\mu\text{m}$  (PM0.1) arrivano fino agli alveoli polmonari. La tossicità di questi inquinanti dipende dalla loro composizione. I principali effetti sanitari dell'esposizione alle polveri sottili, sia a breve sia a lungo termine, sono disturbi respiratori e problemi di tipo cardiovascolare; recentemente sono emerse evidenze di un possibile legame anche con altre malattie croniche come il diabete.

In tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Raldon durante le campagne di misura. Nei 62 giorni di misurazione, sono stati registrati 18 superamenti del limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), pari al 29% del periodo monitorato: tali superamenti sono avvenuti prevalentemente nel corso del monitoraggio invernale.

In tabella 12, i dati relativi a Raldon sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol. Per il calcolo dei parametri riportati in tabella 12, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni: i dati relativi a Raldon, usati per produrre questa tabella, sono quindi di meno rispetto a quelli utilizzati per le statistiche di tabella 11, e questo spiega le leggere discrepanze. Le statistiche relative ai dati sono rappresentate graficamente in figura 9. I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 a Raldon sono superiori a quelli delle due centraline di riferimento in entrambi i periodi di monitoraggio. Il numero di superamenti del limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  è superiore a quello registrato nello stesso periodo presso le centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol.

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

In base ai risultati dell'analisi dei dati, il sito a Raldon è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di VR-Giarol. La metodologia di calcolo stima, per il sito sporadico a Raldon, il valore medio annuale di 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (superiore al valore limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e il 90° percentile di 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (che supera il valore limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	30	53	42
N giorni	29	33	62
sd	12	20	
max	59	88	88
min	8	21	8
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	17	18

**Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), misurata con metodo gravimetrico a Raldon. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Raldon	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	Raldon	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	Raldon	VR-Borgo Milano	VR-Giarol
media	30	24	26	53	51	40	42	38	33
N giorni	29	29	29	33	33	33	62	62	62
sd	12	9	12	20	21	18			
max	59	47	57	88	90	78	88	90	78
min	8	7	5	21	18	14	8	7	5
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	0	2	17	15	11	18	15	13

**Tabella 12. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di VR-Borgo Milano e della centralina fissa di fondo urbano di VR-Giarol. Per il calcolo, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato è disponibile per tutte e tre le postazioni. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

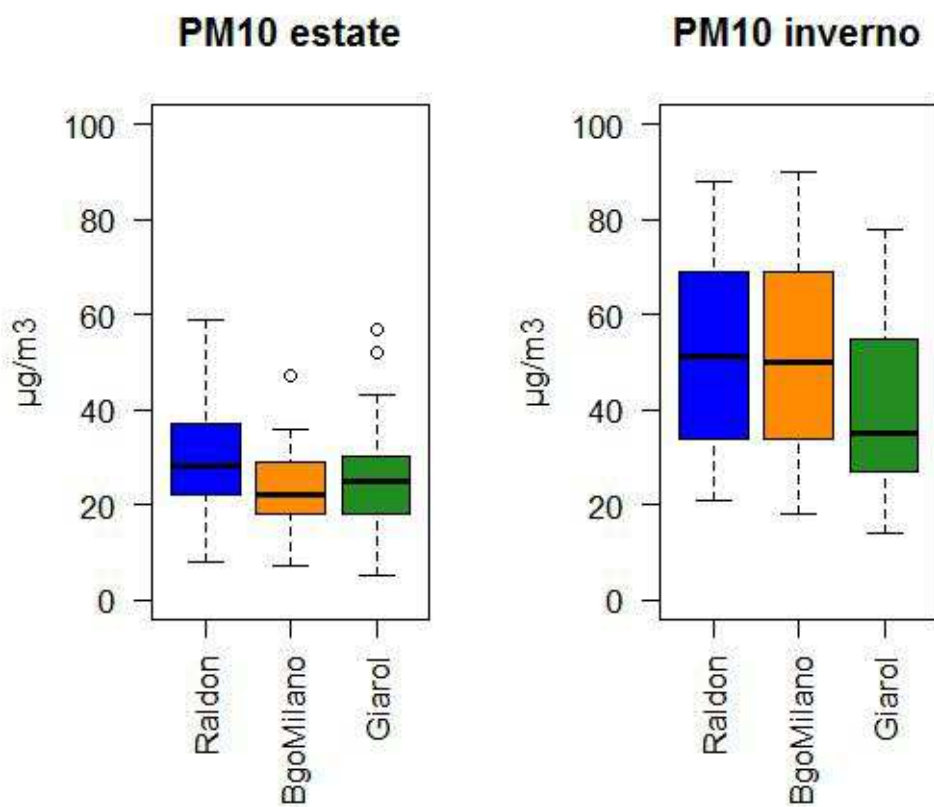


Figura 9. Box-plot della concentrazione di PM<sub>10</sub>. Dati relativi a Raldon e alle centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

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

Il benzene è un inquinante cancerogeno presente nell'aria ambiente, prevalentemente di origine antropica, che deriva principalmente da processi di combustione incompleta (emissioni industriali, veicoli a motore, incendi). La più importante fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina.

In tabella 13 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Raldon e nelle stazioni fisse di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol. Il confronto è indicativo, in quanto questo tipo di misura comporta l'esposizione di un radiello per circa 15-20 giorni, ma 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 Appendice–figura 23.

In tabella 13, si può vedere che in estate tutti i valori misurati a Raldon e presso le centraline di riferimento sono inferiori al limite di rivelabilità. In inverno i valori misurati a Raldon sono inferiori a quelli di VR-Borgo Milano e confrontabili con quelli di VR-Giarol.

In tabella 14 sono riportati i valori medi di benzene, etilbenzene e toluene ottenuti utilizzando tutti i dati disponibili. Sia i valori medi sia i massimi di benzene, nei periodi di monitoraggio, sono inferiori al limite normativo di 5 µg/m<sup>3</sup>, che si riferisce alla media annuale.

Benzene (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE			INVERNO			ESTATE+INVERNO		
	Raldon	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	Raldon	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	Raldon	VR-Borgo Milano	VR-Giarol
Media	<0.5	<0.5	<0.5	1.7	2.5	1.5	1.0	1.5	0.9
N giorni	14	14	14	17	17	17	31	31	31
sd	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.2			
max	<0.5	<0.5	<0.5	1.9	3.3	1.6	1.9	3.3	1.6
min	<0.5	<0.5	<0.5	1.3	1.4	1.3	<0.5	<0.5	<0.5

**Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura a Raldon, della centralina fissa di traffico urbano di VR-Borgo Milano e della centralina fissa di fondo urbano di VR-Giarol. 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 µg/m<sup>3</sup>.**

Benzene (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE				INVERNO			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene
Media pesata	<0.5	<0.5	3.1	ND	1.1	0.7	4.1	ND
Sd	0.0	0.0	0.6	ND				ND
Max	<0.5	<0.5	3.5	ND	1.1	0.7	4.1	ND
Min	<0.5	<0.5	2.7	ND	1.1	0.7	4.1	ND
N campioni	2	2	2	ND	1	1	1	ND
N giorni esposizione	30	30	30	ND	17	17	17	ND

**Tabella 14. Parametri statistici relativi alle varie specie di idrocarburi aromatici a Raldon. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m<sup>3</sup>. ND indica Non Disponibile**

## 7.7. Benzo(a)pirene e IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono dei composti organici che si originano principalmente dalla combustione incompleta di materiale organico. Essi comprendono varie specie, la più conosciuta delle quali è il benzo(a)pirene, che rappresenta l'unico parametro normato. Essi tendono a legarsi alla parte più sottile del particolato atmosferico, quello con diametro inferiore ai 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>): l'inalazione del particolato aerodisperso determina la deposizione di queste sostanze a livello polmonare e la loro assimilazione da parte dell'organismo umano. Le varie specie di IPA hanno caratteristiche tossicologiche differenti, ma per tutte sono riconosciute proprietà mutagene e cancerogene.

In tabella 15 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene a Raldon e presso la stazione di fondo urbano di VR-Giarol: questa infatti è la stazione di riferimento per la misura degli IPA nella pianura Veronese. I parametri di tabella 15 sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località. In tabella 16, gli stessi calcoli sono stati effettuati utilizzando tutti i dati disponibili per Raldon, per tutte le specie di IPA misurate. Figura 24 in Appendice riporta le serie temporali di questo inquinante nei tre siti di misura.

Mentre in estate la concentrazione media giornaliera di benzo(a)pirene è inferiore al limite di rivelabilità strumentale, in inverno i valori sono più alti, con concentrazioni decisamente superiori a Raldon rispetto a VR-Giarol. Il valore medio calcolato per Raldon, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 1.6 ng/m<sup>3</sup>, che risulta superiore al limite annuale di 1.0 ng/m<sup>3</sup>.

La forte dipendenza della concentrazione di benzo(a)pirene dal periodo dell'anno dipende da tre fattori: la principale fonte di emissione antropica di questo inquinante è il riscaldamento domestico a combustione di biomassa, attivo prevalentemente in inverno e molto poco in estate; nel periodo estivo le condizioni meteorologiche sono più favorevoli alla dispersione del particolato atmosferico e quindi le concentrazioni risultano inferiori rispetto al periodo invernale; con una bassa temperatura ambiente, aumenta la percentuale di benzo(a)pirene presente sul particolato rispetto a quella in fase gassosa.

Benzoapirene (ng/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Raldon	VR-Giarol	Raldon	VR-Giarol	Raldon	VR-Giarol
media	<0.1	<0.1	2.8	1.3	1.6	0.7
N	10	10	12	12	22	22
sd	<0.1	<0.02	1.2	0.7		
max	0.1	<0.1	5.2	3.4	5.2	3.4
min	<0.1	<0.02	1.7	0.9	<0.1	<0.02

**Tabella 15. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Raldon e della centralina fissa di fondo urbano di VR-Giarol. 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> i valori compresi tra 0.01 e 0.04 ng/m<sup>3</sup> sono indicati come <0.1 ng/m<sup>3</sup>, i valori compresi tra 0.05 e 0.1 ng/m<sup>3</sup> sono approssimati a 0.1 ng/m<sup>3</sup>.**

(ng/m <sup>3</sup> )	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	N	media	sd	max	min	N	media	sd	max	min	N	media pesata	max	min
Benzo(a)antracene	29	<0.1	<0.1	0.1	<0.02	33	2.2	0.8	3.2	1.1	62	1.2	3.2	<0.1
Benzo(a)pirene	29	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	33	2.9	1.2	5.2	1.7	62	1.6	5.2	<0.1
Benzofluorantene	29	0.1	<0.1	0.1	<0.1	33	2.4	0.8	3.7	1.6	62	1.3	3.7	<0.1
Benzofluorantene	29	0.1	<0.1	0.1	<0.1	33	2.4	0.8	3.7	1.6	62	1.3	3.7	<0.1
Benzofluorantene	29	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	33	1.2	0.4	2	0.8	62	0.7	2	<0.1
Dibenzo(a)antracene	29	<0.02	<0.1	<0.02	<0.02	33	0.1	<0.1	0.1	<0.1	62	<0.1	0.1	<0.1
Indeno(1,2,3-cd)pirene	29	<0.1	<0.1	0.1	<0.02	33	1.9	0.6	2.9	1.2	62	1	2.9	<0.1
Crisene	29	0.1	<0.1	0.1	<0.1	33	2.7	1.2	4.8	1.4	62	1.5	4.8	<0.1

**Tabella 16. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Raldon, calcolati utilizzando 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 tre inquinanti: PM10, biossido di azoto e ozono.

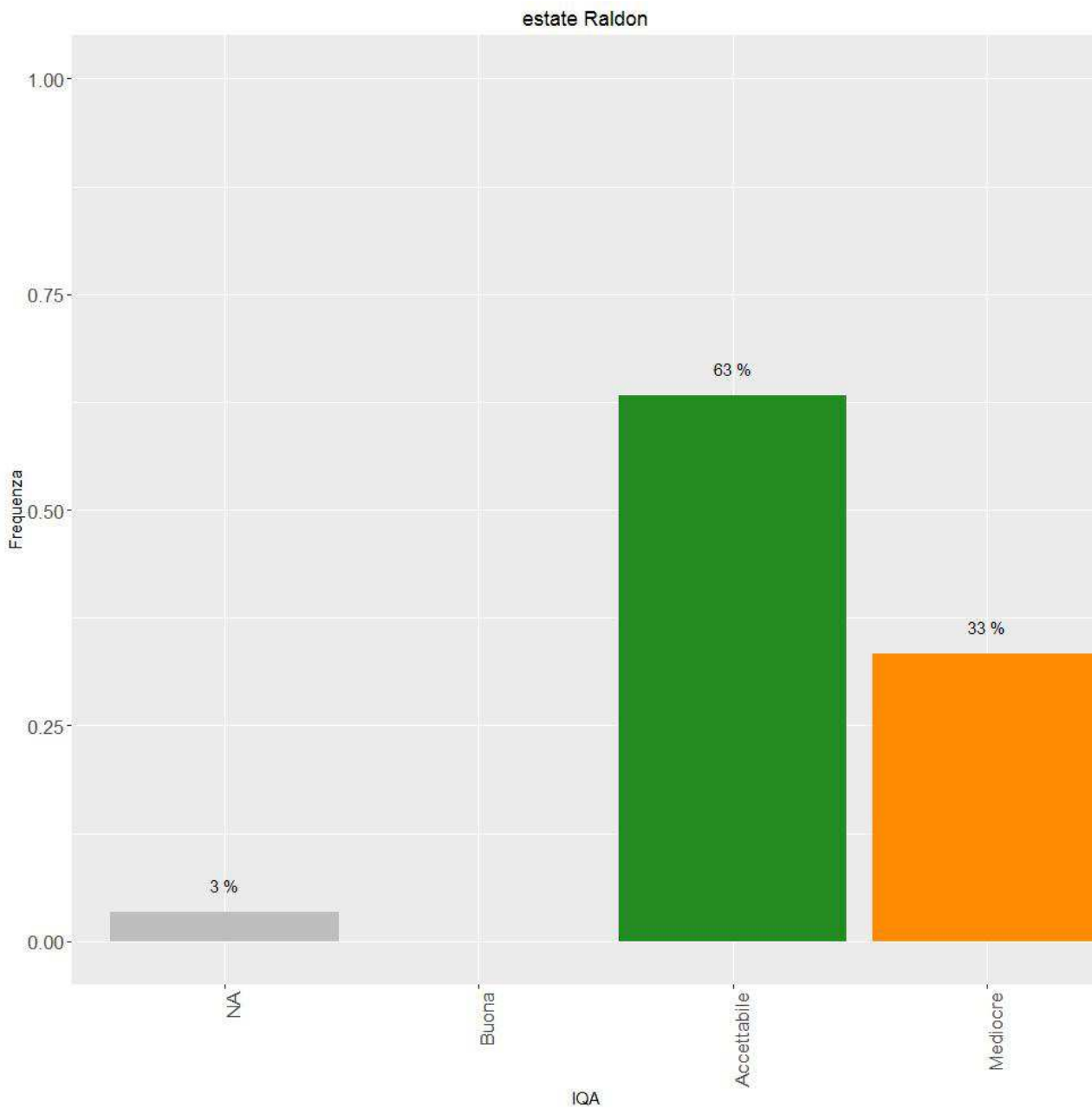
Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.

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>

Nel caso specifico del monitoraggio eseguito a Raldon, alla luce dell'analisi dei dati riportata al capitolo 7, l'indice di qualità dell'aria utilizzato di prassi da ARPAV risulta inadeguato a fornire una sintesi dei risultati relativi alla campagna invernale. Infatti, uno degli inquinanti critici in questo periodo dell'anno è stato il benzo(a)pirene (paragrafo 7.7), per il quale i dati indicano la possibilità di un superamento del limite normativo. Poiché l'indice di qualità dell'aria non è basato su questo inquinante critico, esso non è stato calcolato nel periodo invernale. Nel periodo estivo, invece, il benzo(a)pirene mostra concentrazioni inferiori al limite di rivelabilità strumentale, come è tipico per questo inquinante. Pertanto, l'indice di qualità dell'aria risulta adeguato.

In figura 10 è riportata la percentuale di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per la campagna di misura estiva, mentre in figura 11 l'indice è riportato in un grafico-calendario. Vi è stata una prevalenza di giornate in cui la qualità dell'aria è stata "Accettabile" (63%), a causa delle elevate concentrazioni di ozono tipiche di questa stagione; le rimanenti giornate essa è stata "Mediocre" (33%), come conseguenza delle elevate concentrazioni di ozono.



**Figura 10. Indice di Qualità dell'aria a Raldon, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Raldon. NA (Not Available, non disponibile), è relativo alle giornate in cui non è stato possibile calcolare l'indice, a causa della mancanza di dati.**

## Indice di qualità dell'aria estate Raldon



Figura 11. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna a Raldon, ESTATE 2018.

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

La centralina di traffico urbano di VR-Borgo Milano, posta circa 40 km a est di Raldon, e la centralina di fondo urbano di VR-Giarol, 40 km a sud-est del punto di analisi, sono le stazioni di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area individuata dalla zonizzazione come IT0513 "Pianura e capoluogo bassa pianura", a cui appartiene anche il punto di monitoraggio di Raldon. È stato effettuato un confronto tra i dati degli inquinanti più significativi (NO<sub>2</sub>, benzene, PM10 e benzo(a)pirene) misurati durante il periodo di campagna e i corrispondenti valori medi registrati negli anni precedenti presso le stazioni fisse di riferimento. I risultati sono riportati in forma grafica nelle figure da 14 a 17. Nelle figure sono rappresentate le due serie temporali della concentrazione media annua di un dato inquinante, misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano (linea-quadrato arancione) e VR-Giarol (linea-quadrato verde); le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne di monitoraggio, misurata dal mezzo mobile a Raldon (barra blu), e dalle centraline di VR-Borgo Milano (barra arancione) e VR-Giarol (barra verde). Il benzo(a)pirene, viene regolarmente misurato solo presso la centralina di monitoraggio di VR-Giarol, nel Comune di Verona.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni dal 2007 al 2014, sia presso la stazione di traffico di VR-Borgo Milano sia presso la stazione di fondo di VR-Giarol; negli anni seguenti si verifica una stabilizzazione dei valori medi. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono superiori alla rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna a Raldon è più elevato di quello relativo alle due centraline di VR-Giarol e VR-Borgo Milano.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2011 e il 2018, pur essendoci un massimo locale nel 2015. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di VR-Borgo Milano e VR-Giarol sono inferiori alla loro media relativa al 2018, ma con essa confrontabili. La concentrazione media a Raldon è inferiore a quella di VR-Borgo Milano e VR-Giarol.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2007 e il 2018 ha avuto un andamento variabile. La serie storica più lunga è quella della centralina di VR-Cason, che rappresenta un sito di fondo urbano: si osserva una tendenza all'aumento dal 2010 al 2015; nel 2016 la centralina è stata spostata a VR-



Giarol, e negli ultimi due anni si è assistito a un lieve decremento. La concentrazione media misurata durante la campagna di misura nella stazione di fondo urbano di VR-Giarol è più elevata del valore medio annuale misurato nel 2018, come anche il valore relativo a Raldon.

Il benzene, nel periodo considerato, mostra una tendenza alla diminuzione. I valori misurati presso le centraline nel periodo di monitoraggio sono superiori a quelli medi del 2018. I valori di benzene misurati a Raldon sono confrontabili con quelli di VR-Giarol e inferiori a quelli di VR-Borgo Milano.

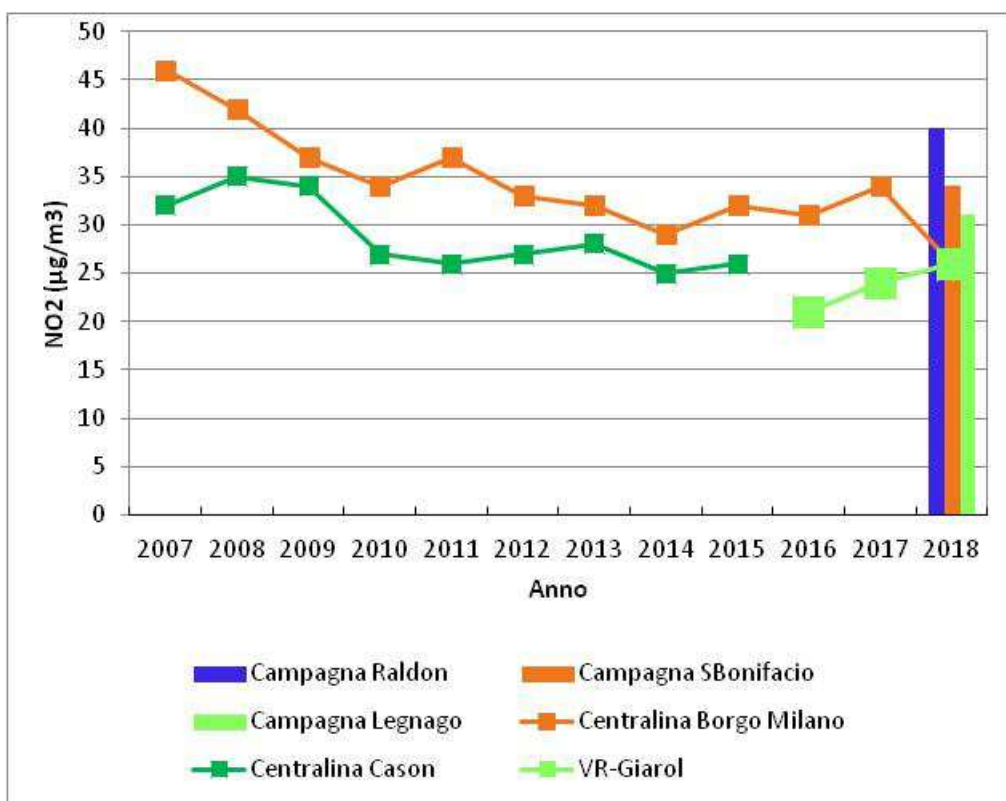


Figura 12: NO<sub>2</sub>. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano (linea-quadrato arancione) e VR-Giarol (linea-quadrato verde). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Raldon (barra blu), e dalle centraline di VR-Borgo Milano (barra arancione) e VR-Giarol (barra verde).

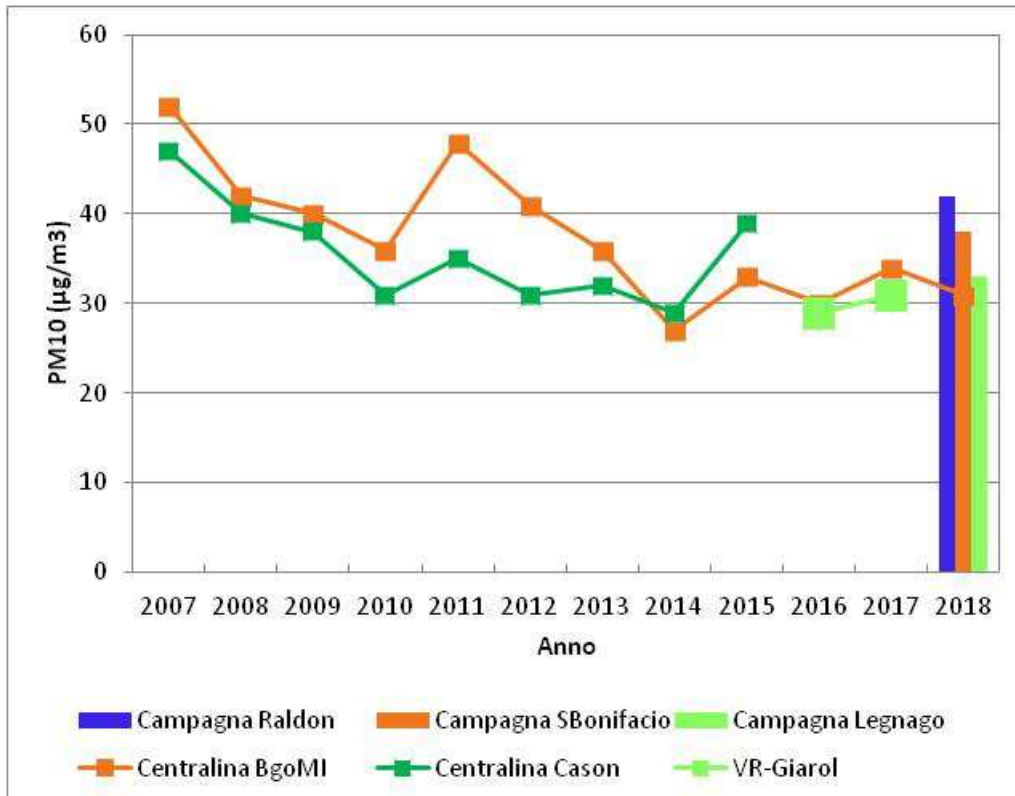


Figura 13. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano e VR-Giarol, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Raldon, e dalle centraline di VR-Borgo Milano e VR-Giarol (come in figura 12).

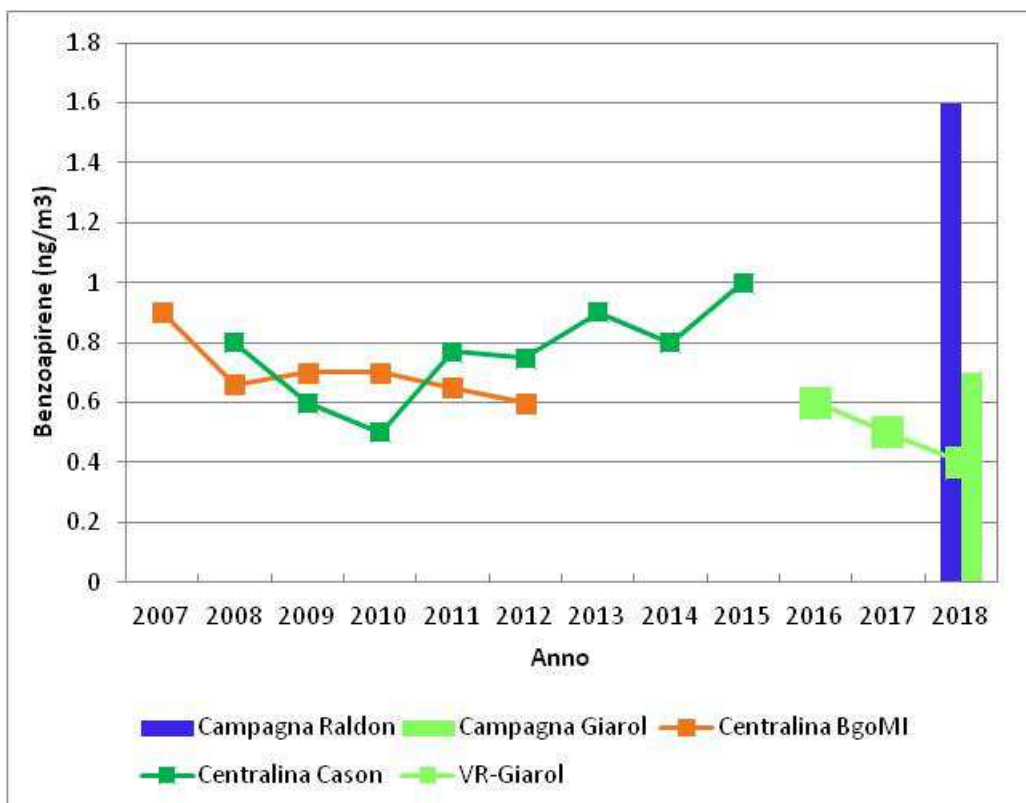


Figura 14. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di VR-Borgo Milano, VR-Giarol, Schio (VI) e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Raldon, dalla centralina di VR-Giarol (come in figura 12).

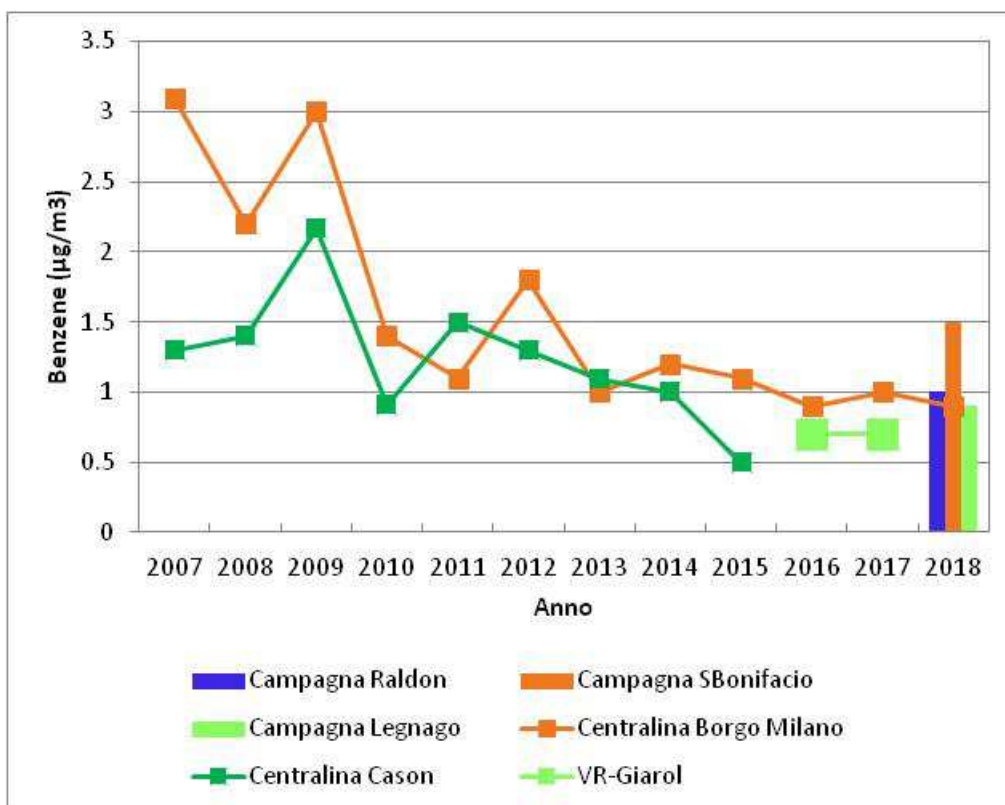


Figura 15. Benzene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di VR-Giarol e VR-Borgo Milano, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018-2019, misurata dal mezzo mobile a Raldon, dalla centralina di VR-Giarol e da quella di VR-Borgo Milano (come in figura 12).

## 10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Raldon, nella frazione di Raldon, all'incrocio tra Via Manzoni e Via Croce. Il punto di campionamento si trova in zona residenziale, ma il traffico stradale rappresenta una fonte di pressione importante: Via Manzoni, lungo la quale è stato posizionato il mezzo mobile, Via Pascoli, 300 m a nord-est di esso, e la SS434 Transpolesana, 700 m a est, sono tre vie di accesso dalla bassa pianura veronese verso Verona, caratterizzate da un traffico intenso. Diverse sono anche le attività industriali che possono avere un impatto sulla qualità dell'aria della zona oggetto di indagine: 1.5 km a sud-est del punto di misura si trova la Ferriera Valsider, 1 km a nord si trova la zona industriale Zai Bottura, Nell'area circostante sono presenti diverse aziende agricole. Per le sue caratteristiche, il sito è di tipologia "fondo sub-urbano".

La campagna di misura estiva a Raldon, è stata svolta dal 29 agosto al 27 settembre 2018, quella invernale dal 9 gennaio al 14 febbraio 2019. La campagna estiva si è svolta in un periodo caratterizzato da ventilazione molto debole e piovosità scarsa rispetto alla media; la campagna invernale ha avuto una ventilazione leggermente migliore della media e una piovosità di poco inferiore alla media.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> le medie giornaliere di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e benzo(a)pirene, 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 VR-Borgo Milano e quella di fondo urbano di VR-Giarol.

L'analisi dei dati ha evidenziato valori di ossidi di azoto superiori rispetto alle centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol. Per questi inquinanti non è stato registrato alcun

superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta durante la campagna di monitoraggio, né a Raldon né nelle stazioni di riferimento della Provincia di Verona; inoltre la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi di campionamento è stata  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , uguale al valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che risulta pertanto non superato. Nonostante i limiti normativi relativi alla concentrazione di ossidi di azoto non siano generalmente superati nei siti di monitoraggio della Provincia di Verona, questi inquinanti rappresentano una criticità, perché sono coinvolti nelle reazioni chimiche che portano alla formazione di altri inquinanti secondari, come PM10 e ozono, che invece mostrano dei superamenti dei limiti di legge.

Le polveri sottili rappresentano in genere un inquinante critico in tutta la Pianura Padana, mostrando frequenti superamenti dei limiti normativi. Il periodo invernale della campagna di monitoraggio è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche nella norma, e i superamenti del limite sulla media giornaliera pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sono avvenuti presso tutte le stazioni della provincia di Verona. A Raldon si sono verificati 18 superamenti di tale limite, prevalentemente in periodo invernale, un numero superiore rispetto a quello delle stazioni di riferimento. Anche i valori medi misurati a Raldon sono superiori a quelli delle due centraline di riferimento.

La stima del valore medio annuale per il sito a Raldon, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più rappresentativa del sito stesso (VR-Giarol), è stata  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che supera il valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il che determina il superamento del limite di 35 giornate all'anno nelle quali viene superato il valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Anche il benzo(a)pirene si è rivelato una maggiore criticità per il sito analizzato. Esso esibisce una forte stagionalità, rimanendo inferiore al limite di rivelabilità in estate, e assumendo in inverno valori elevati: questo comportamento è dovuto sia alle maggiori emissioni del periodo invernale, legate prevalentemente al riscaldamento residenziale a biomassa, sia alle condizioni meteorologiche, che nella stagione fredda inibiscono da un lato la dispersione degli inquinanti e dall'altro la volatilizzazione del benzopirene. Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è  $1.6 \text{ ng}/\text{m}^3$ , e risulta superiore al limite sulla media annua di  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ : questo indica che è possibile che presso il sito monitorato avvenga un superamento del limite normativo. I valori medi e massimi rilevati a Raldon sono superiori a quelli della stazione fissa di riferimento di VR-Giarol.

I valori medi e massimi di concentrazione di l'ozono sono confrontabili con quelli della centralina di riferimento di VR-Giarol; tuttavia il numero di superamenti del limite di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato maggiore, e pari a 11 giorni su 30 durante la campagna estiva a Raldon rispetto ai 6 di VR-Giarol. Il limite di  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, non è stato superato nel periodo di monitoraggio, né a Raldon né presso le centraline di riferimento: infatti, la campagna estiva è stata svolta a fine stagione, le temperature non sono state particolarmente elevate e critiche per questo inquinante.

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 vicini al limite di rilevabilità strumentale.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, mostra una forte stagionalità, con valori medi in estate inferiori al limite di rivelabilità strumentale, e in inverno più elevati, ma comunque inferiori al limite normativo, pari a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla media annua. I valori sono inferiori rispetto quelli misurati presso la centralina di VR-Borgo Milano e confrontabili con quelli della centralina di VR-Giarol. La media dei due periodi di campagna è stata  $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In sintesi, si può concludere che lo studio della qualità dell'aria della frazione di Raldon, del Comune di San Giovanni Lupatoto, ha evidenziato molteplici criticità. Da una lato elevati valori di ossidi di azoto, inquinanti associati prevalentemente al traffico veicolare, che pur, non presentando superamenti dei limiti normativi, sono coinvolti in reazioni chimiche che portano alla formazione di altri inquinanti secondari come le polveri sottili e l'ozono, per i quali sono stati rilevati dei superamenti. Dall'altro le polveri sottili, per le quali è stato stimato un valore medio annuale di  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che supera il limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e un numero di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  superiore alle 35 giornate/anno consentite dalla normativa: i valori di questo

inquinante risultano superiori a quelli delle centraline di riferimento. Infine il benzo(a)pirene, composto cancerogeno per l'uomo, che viene misurato sulle polveri sottili, e che mostra valori più elevati rispetto alle centraline di riferimento della provincia di Verona: la stima del valore medio annuale, pari a  $1.6 \text{ ng/m}^3$ , supera il limite sulla media annua di  $1 \text{ ng/m}^3$ . Le emissioni di questo composto sono legate principalmente al riscaldamento domestico a biomassa, attivo nel periodo invernale, e in misura inferiore al trasporto su strada. Durante il periodo estivo, invece, è l'ozono che mostra dei superamenti dei limiti normativi.

## 11. Sintesi

Inquinante	Tipo di limite	Indicatore statistico	Valore limite	Risultato del monitoraggio	Sintesi valutazione
PM <sub>10</sub>	Limite annuale (media)	Media	40 µg/m <sup>3</sup>	41 µg/m <sup>3</sup> (media stimata)	Stima di superamento del limite giornaliero per più di 35 giorni/anno e di superamento del limite sulla media annuale (cfr. par. 7.5)
	Limite giornaliero da non superare più di 35 volte in un anno (media 24 h)	Media 24 h	50 µg/m <sup>3</sup>	Più di 35 superamenti/anno stimati	
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione (media 1 h)	Media 1 h	180 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti (ore)	Superamento del valore obiettivo (cfr. par. 7.4)
	Soglia di allarme	Media 1 h	240 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile su 8 h	120 µg/m <sup>3</sup>	11 superamenti (giorni)	
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	Media 1h. Superamento per 3 ore consecutive del valore di soglia	400 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	Rispetto dei limiti normativi (cfr. par. 7.2) ma valori elevati
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1h da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup> (media delle due campagne di misura)	
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	Superamento per 3 h consecutive del valore di soglia	500 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.3)
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana anno civile	Media su 24 ore, da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	
CO	Valore limite	Massimo giornaliero della media mobile su 8 h	10 µg/m <sup>3</sup>	0 superamenti	Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.1)
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annua	5 µg/m <sup>3</sup>	0.6 µg/m <sup>3</sup> (media delle due campagne di misura)	Valori medi inferiori al limite annuale (cfr. par. 7.6)
BaP	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/m <sup>3</sup>	1.6 ng/m <sup>3</sup> (media delle due campagne di misura)	Valore medio durante le campagne di monitoraggio superiore al limite annuale (cfr. par. 7.7)

Tabella 17. Sintesi dei risultati della campagna di monitoraggio in Via A. Manzoni, Raldon, San Giovanni Lupatoto (VR).

## 12. Appendice

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in figura 16.

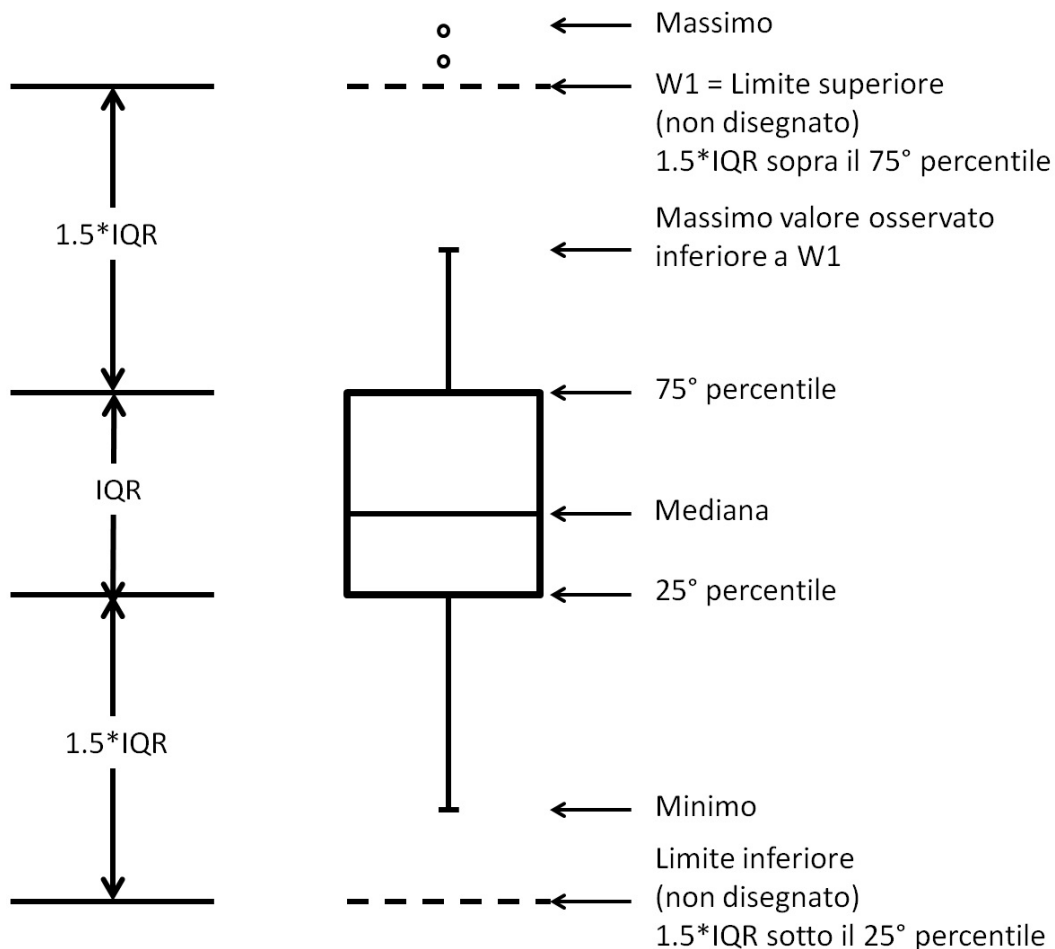


Figura 16. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo del rettangolo (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il “box” è il 25° percentile: il 25% dei dati è inferiore a tale valore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il “box” è il 75° percentile: il 75% dei dati è inferiore a tale valore. La differenza tra il 25° e 75° 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.

Figura 17 – Concentrazione di CO (mg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

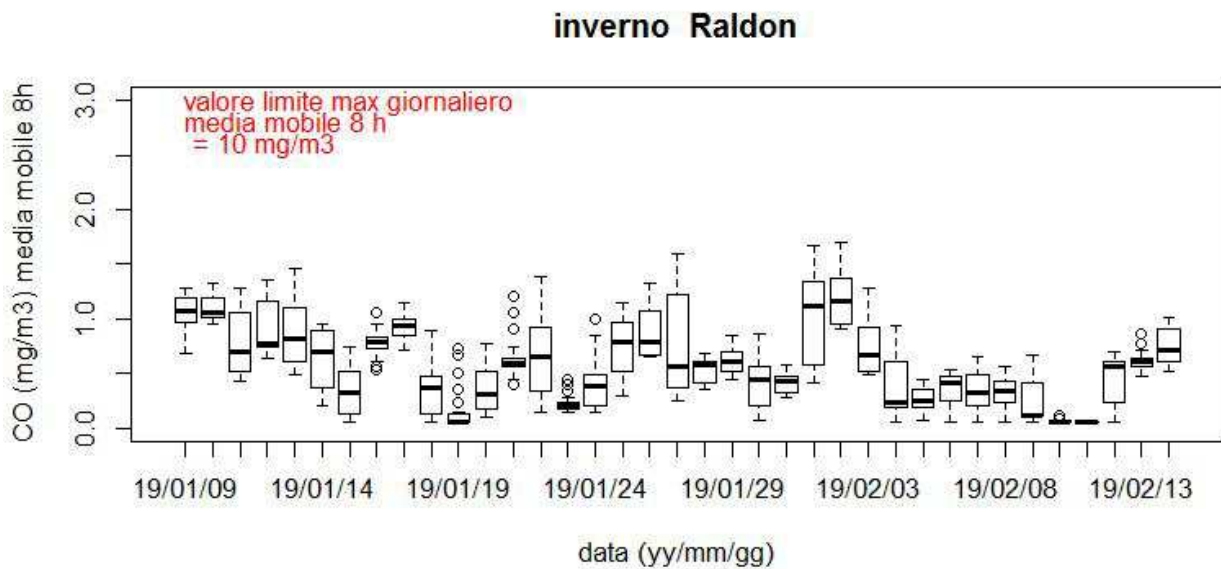
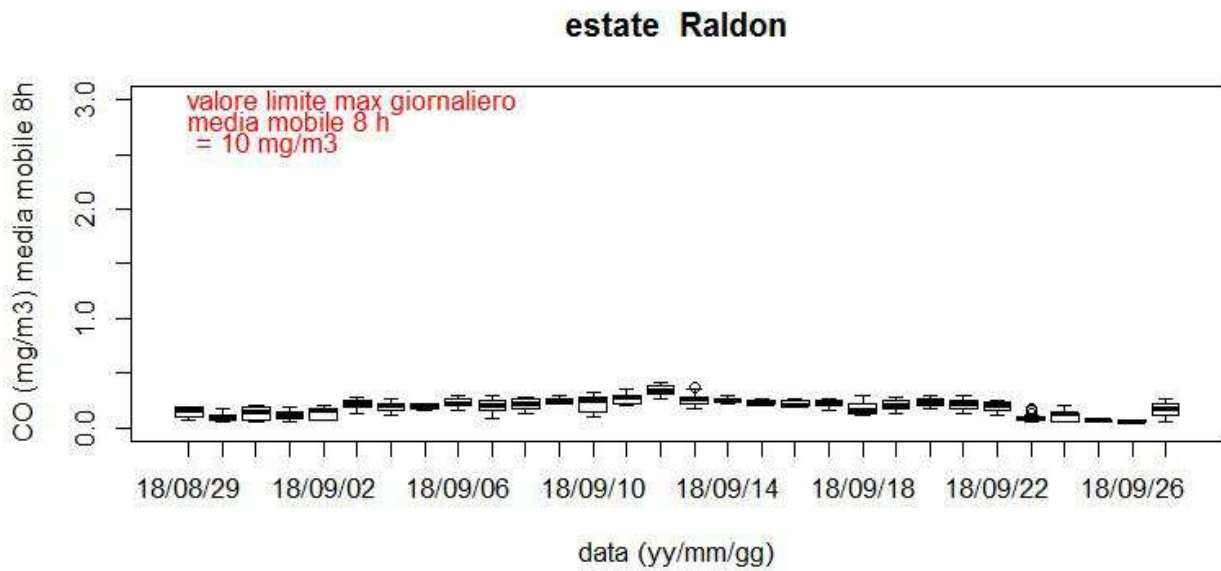




Figura 18 – Concentrazione di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

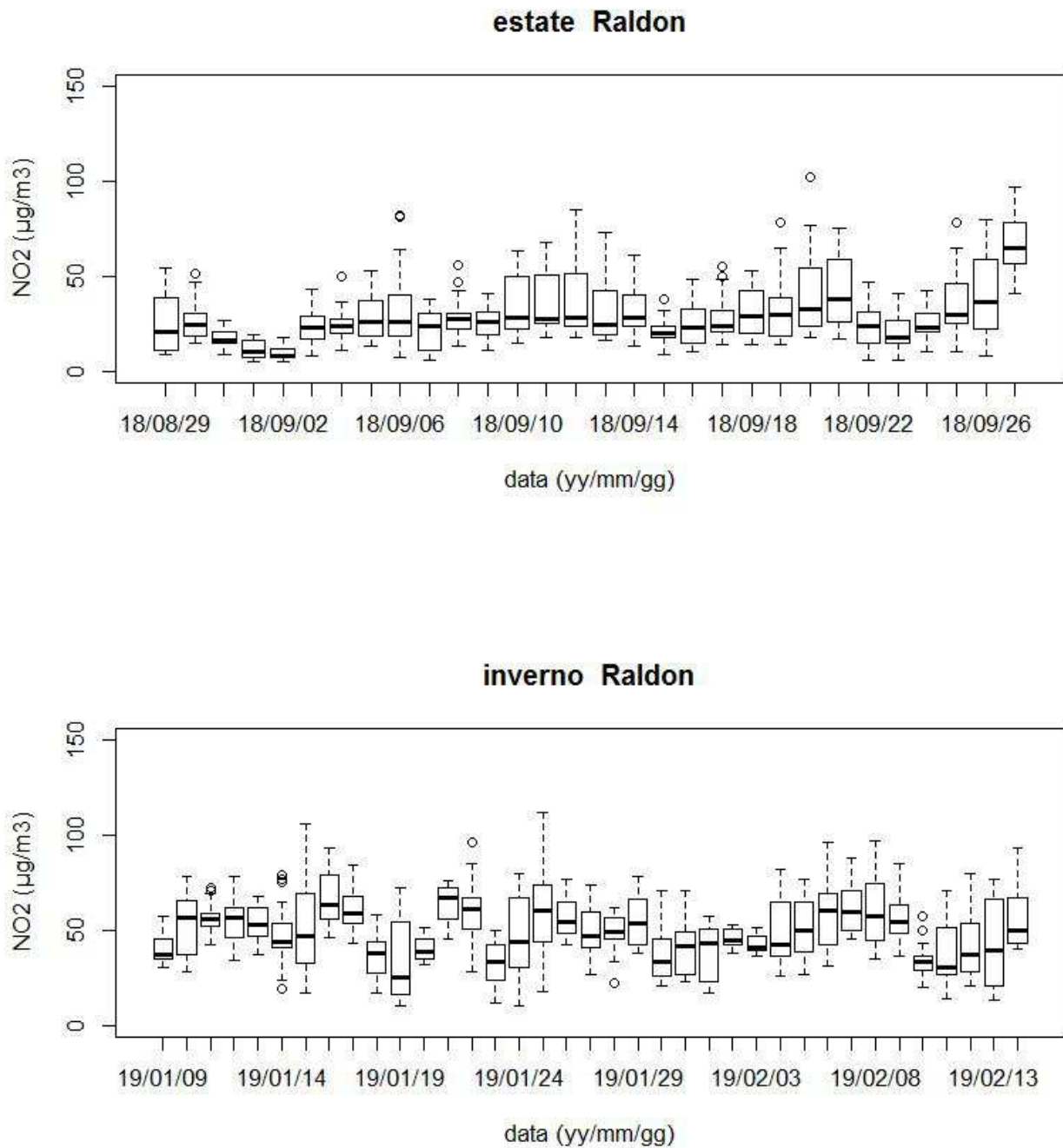


Figura 19 – Concentrazione di SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

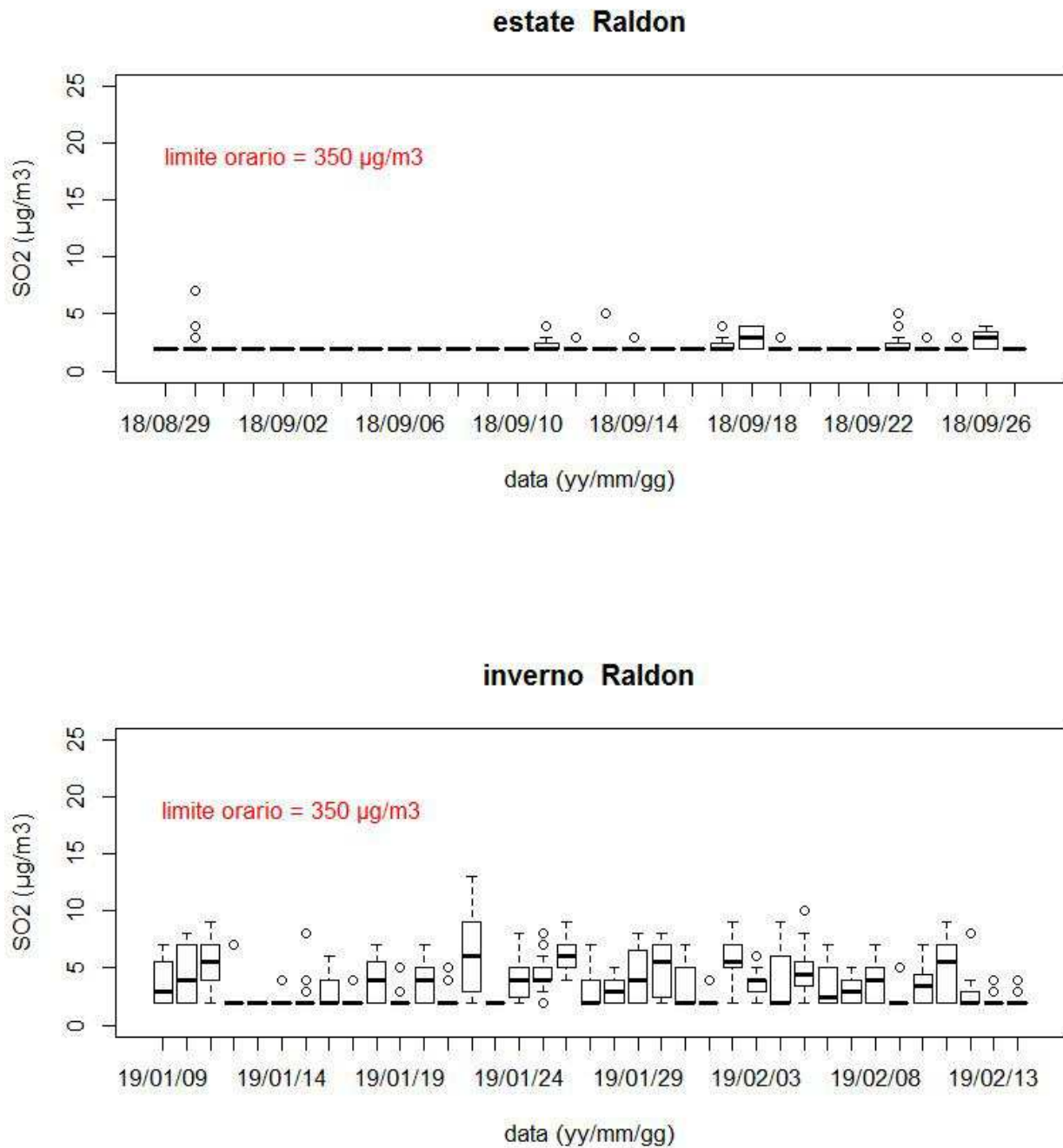


Figura 20 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

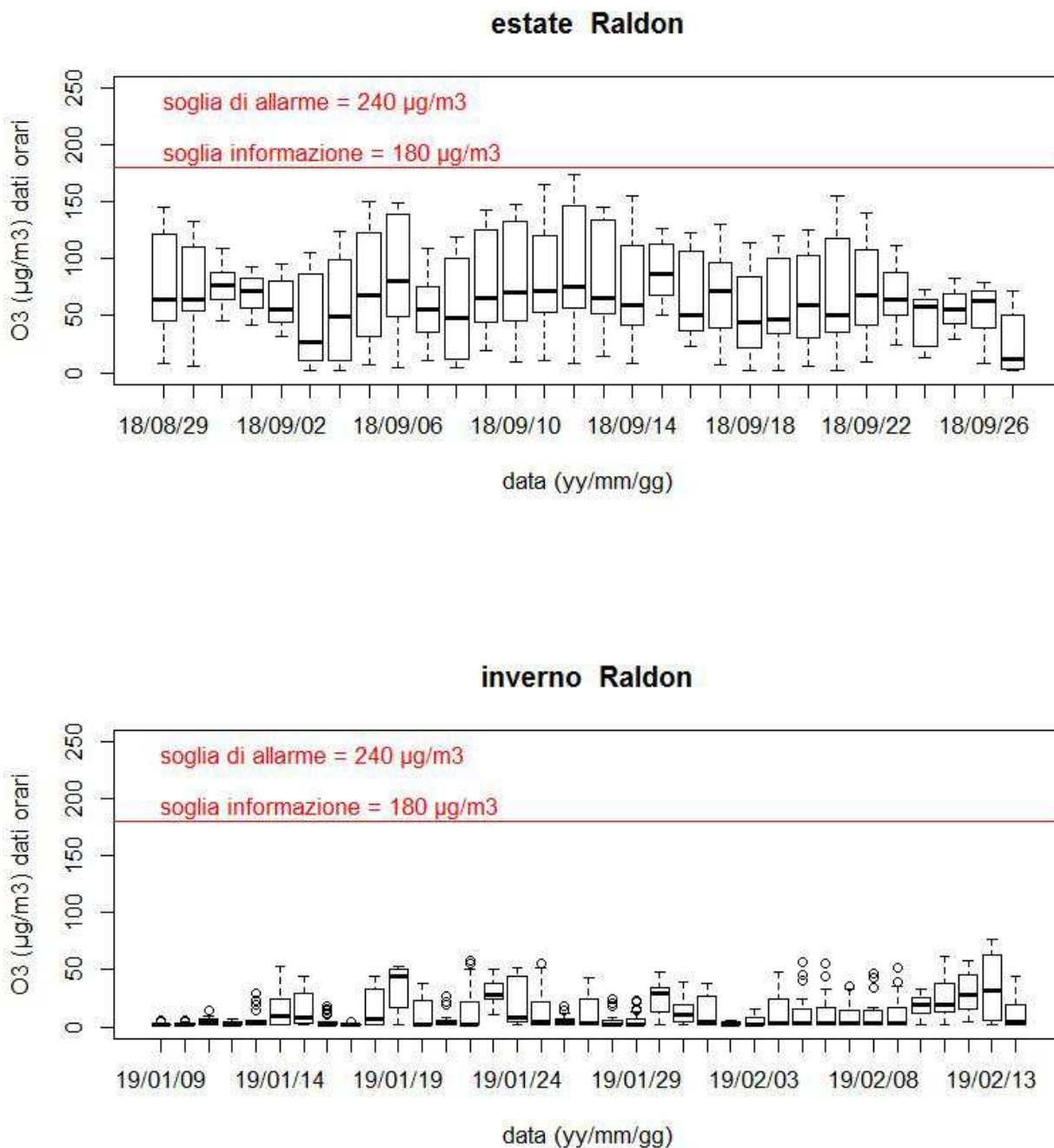


Figura 21 – Concentrazione di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

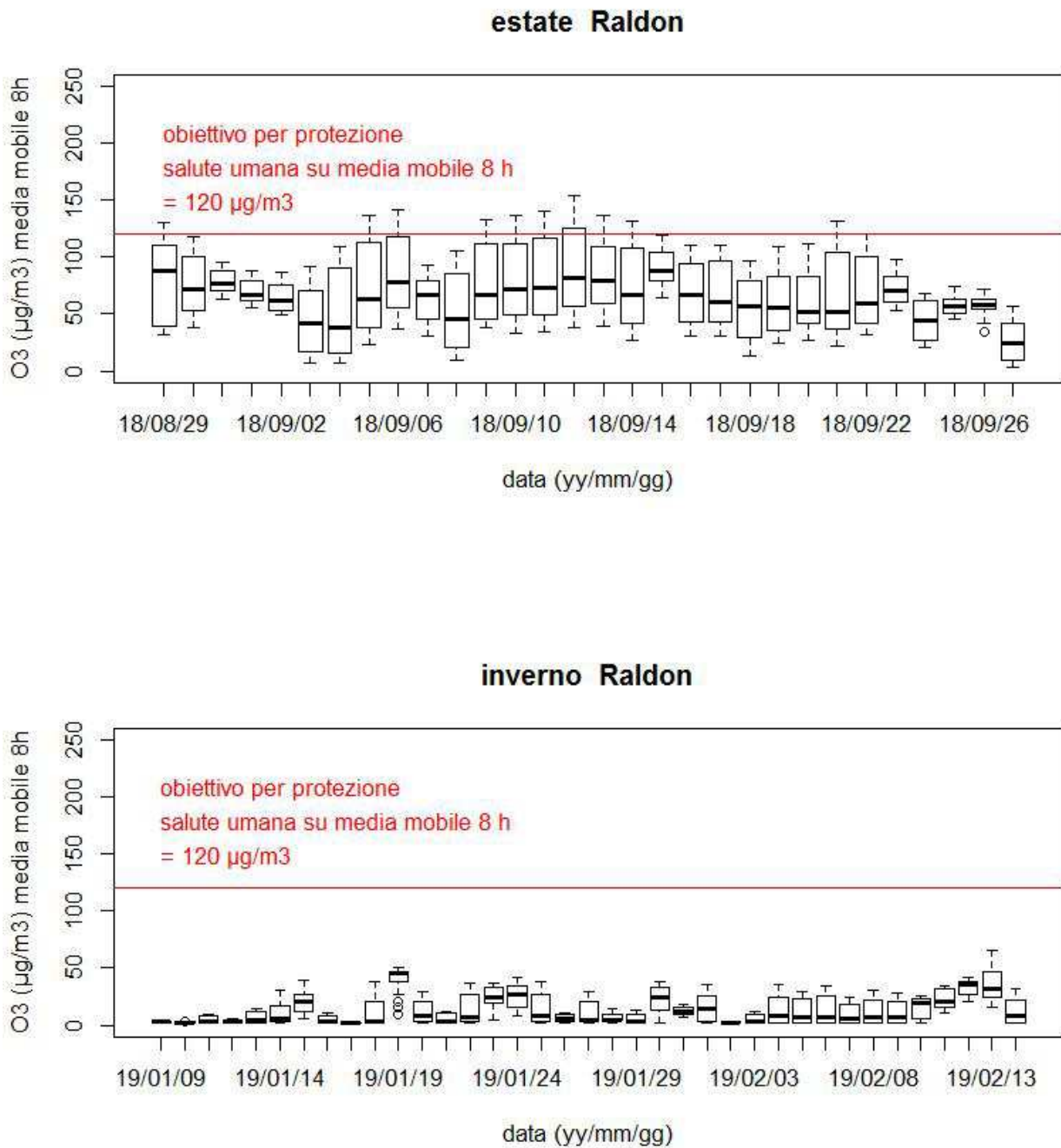


Figura 22 – Concentrazione giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Raldon, VR-Borgo Milano e VR-Giarol. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte l'anno.

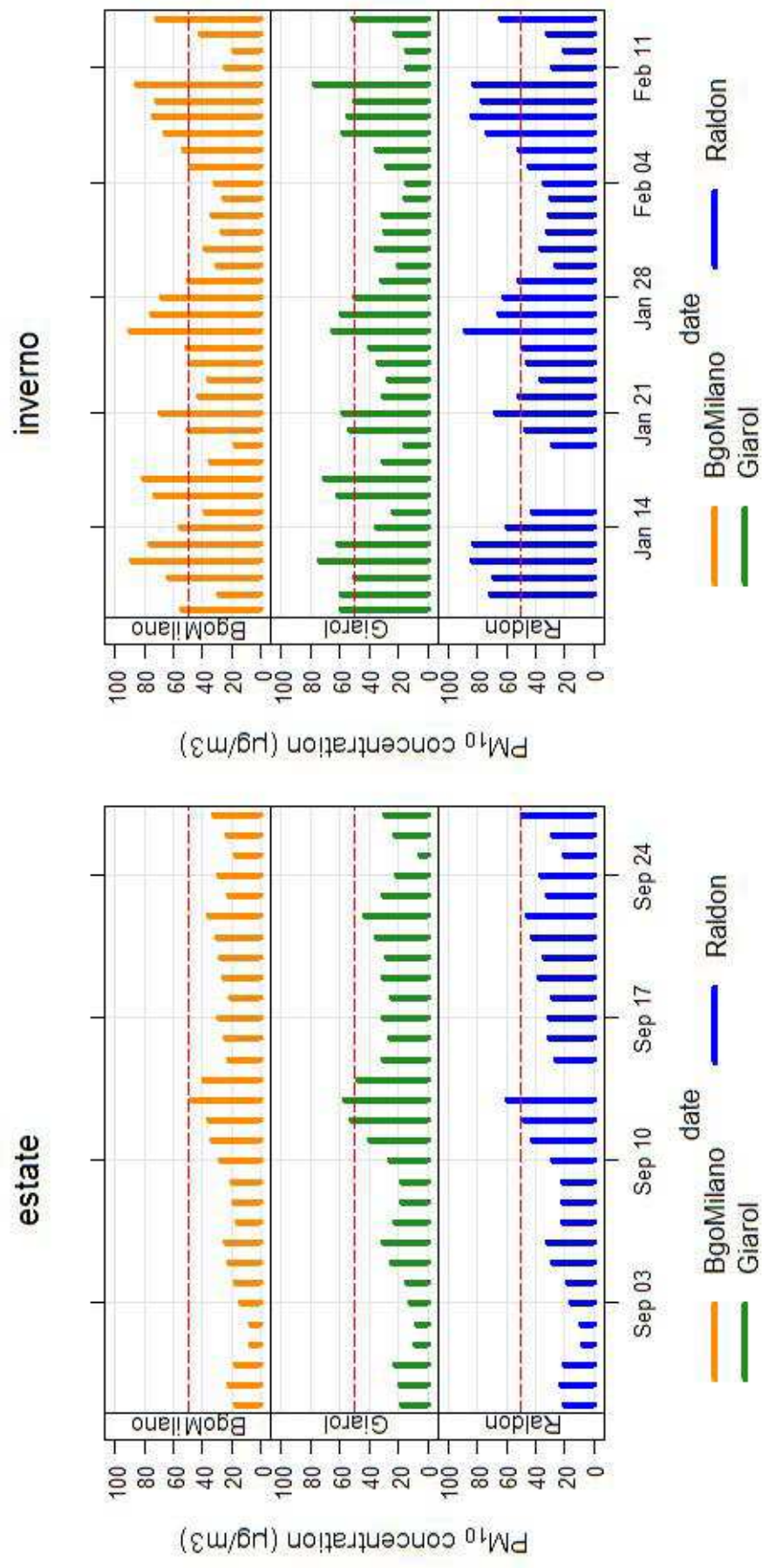


Figura 23 – Concentrazione di benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a VR-Borgo Milano, VR-Giarol, VR-Borgo Milano e a Raldon nelle due campagne di misura. La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valor medio, misurato tramite campionatore passivo esposto per un certo numero di giorni, viene attribuito a ogni giorno di esposizione.

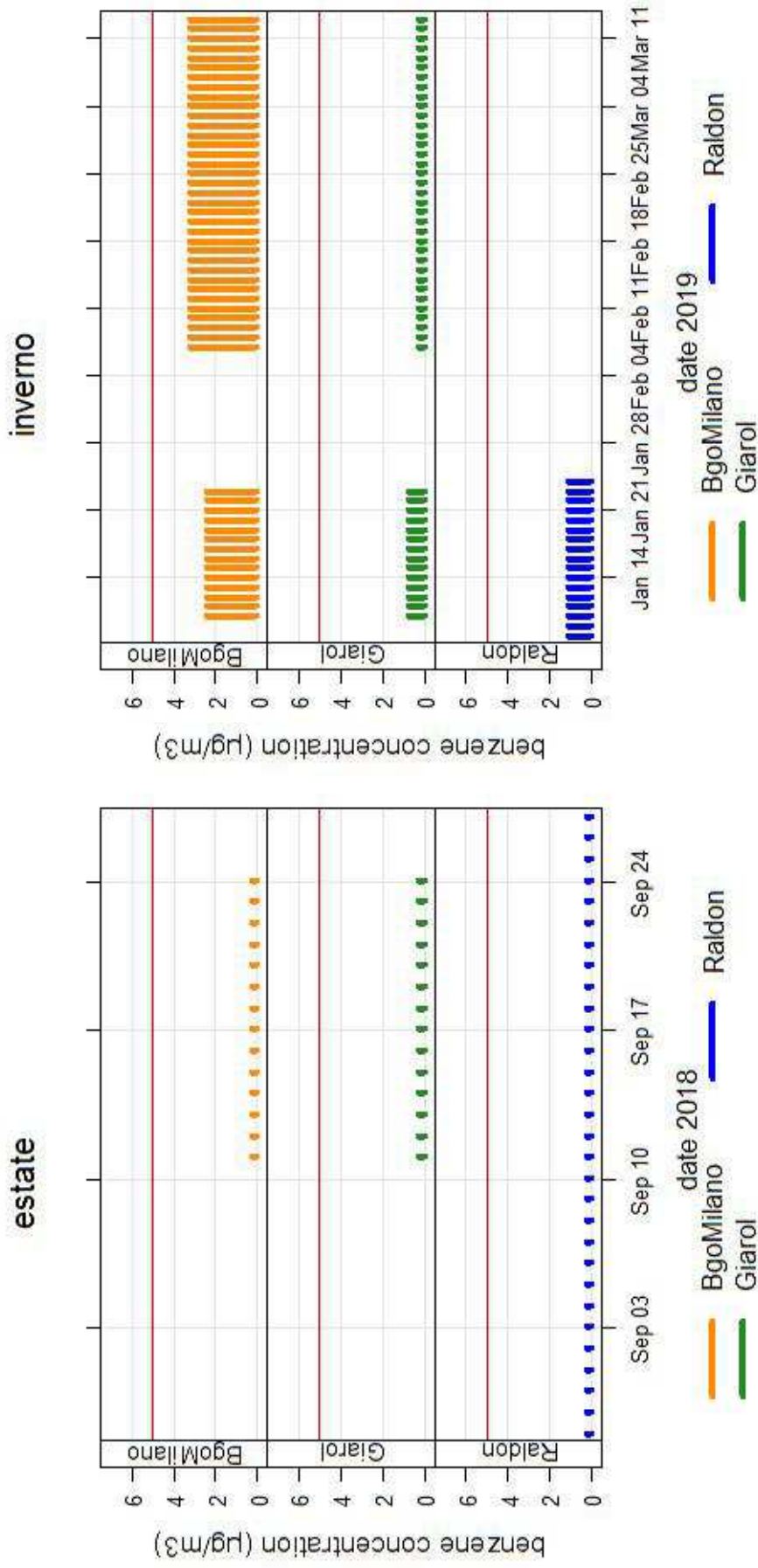


Figura 24 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m<sup>3</sup>) a VR-Giarol e a Raldon nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m<sup>3</sup>.

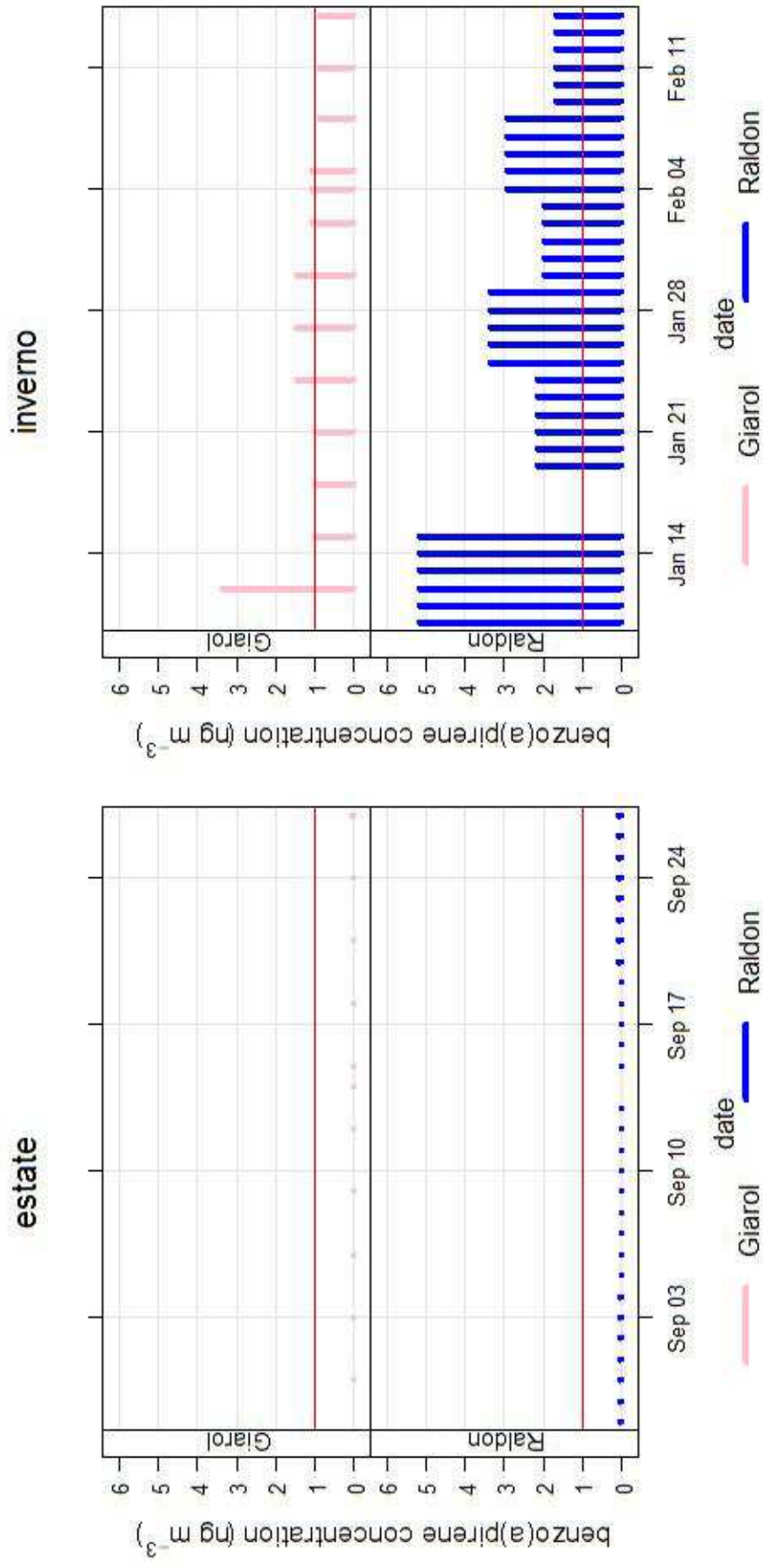


Figura 25 – Giorno-tipo di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernata (pannello a destra).

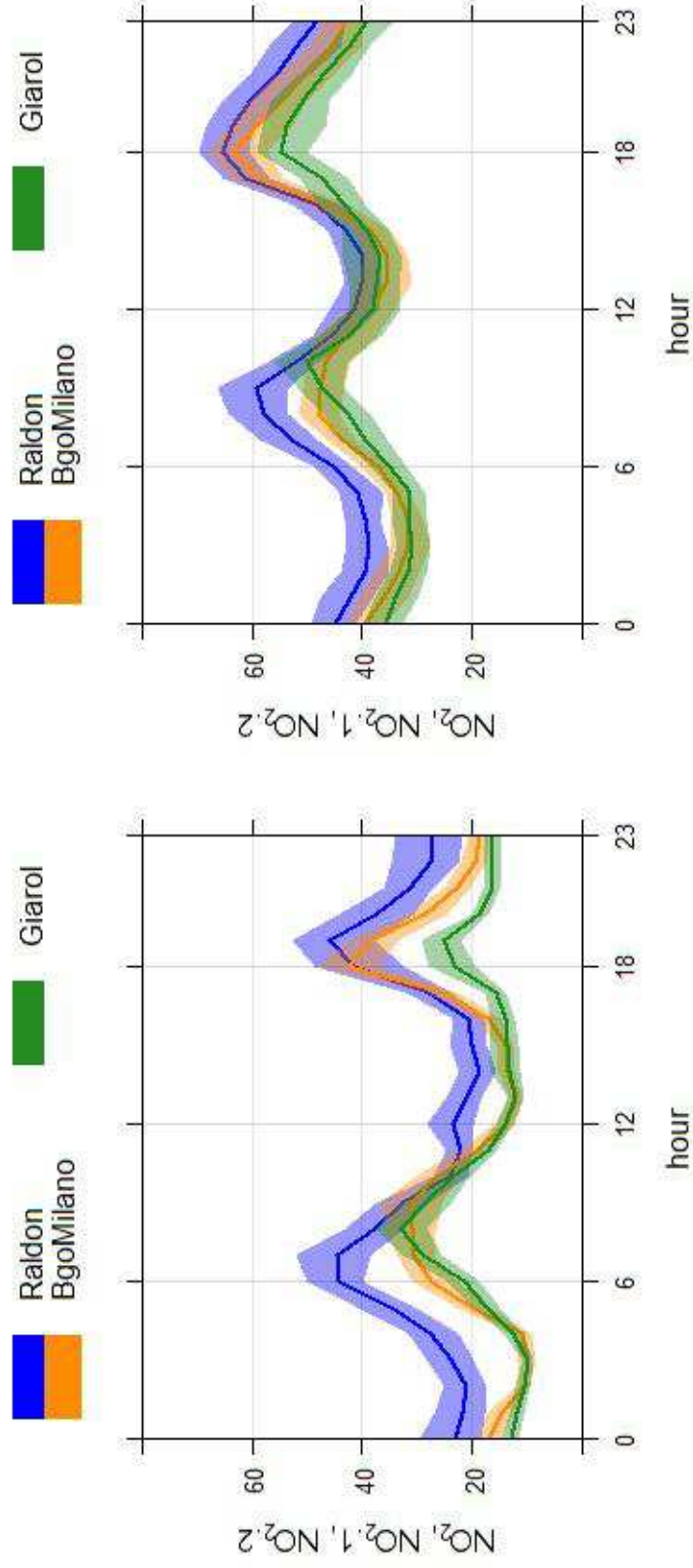




Figura 26 – Settimana-tipo di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

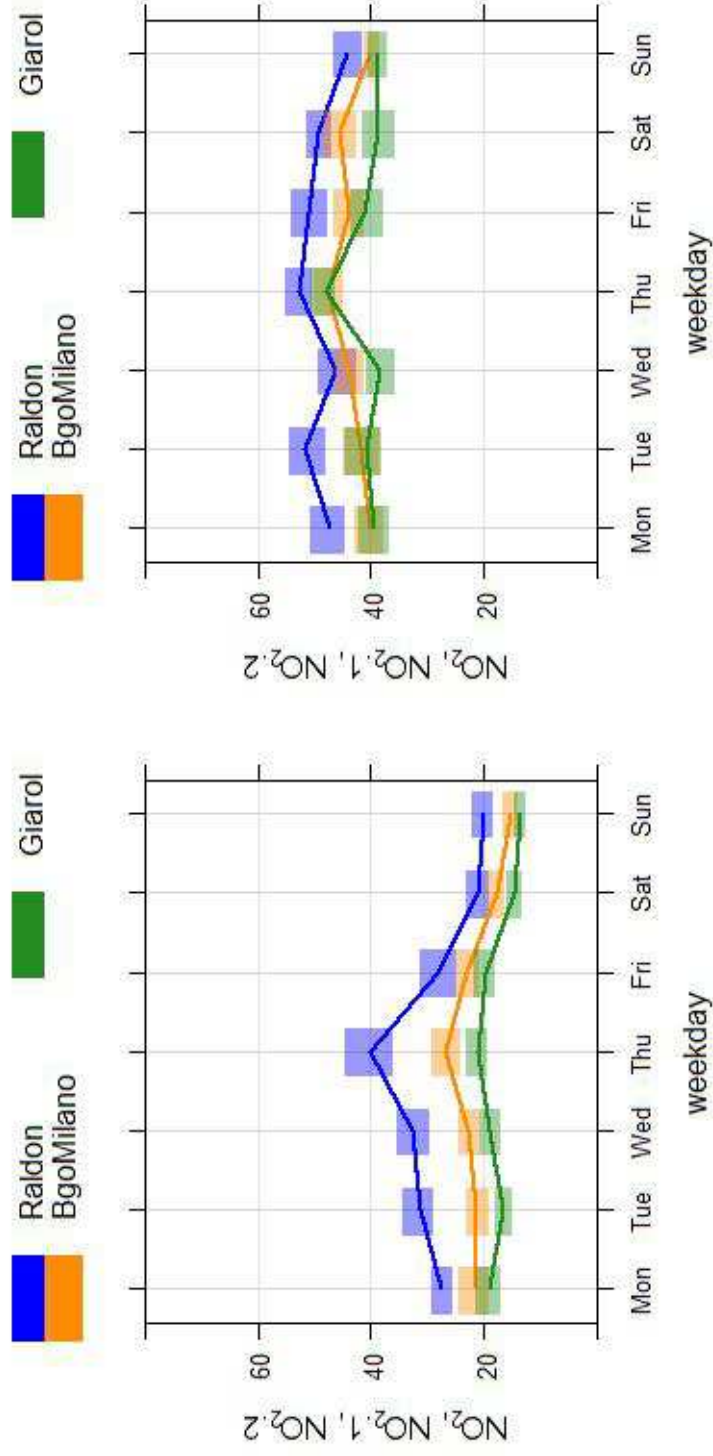


Figura 27 – Giorno tipo  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

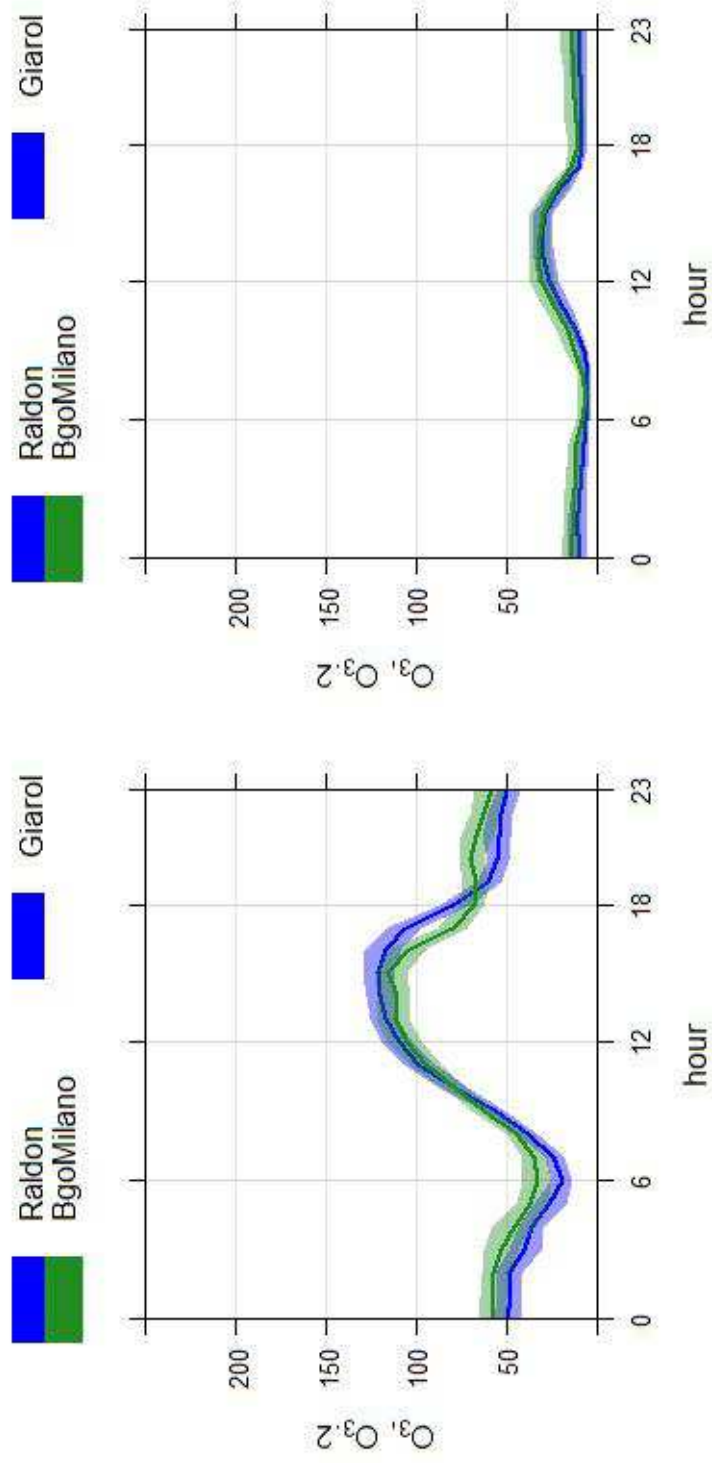
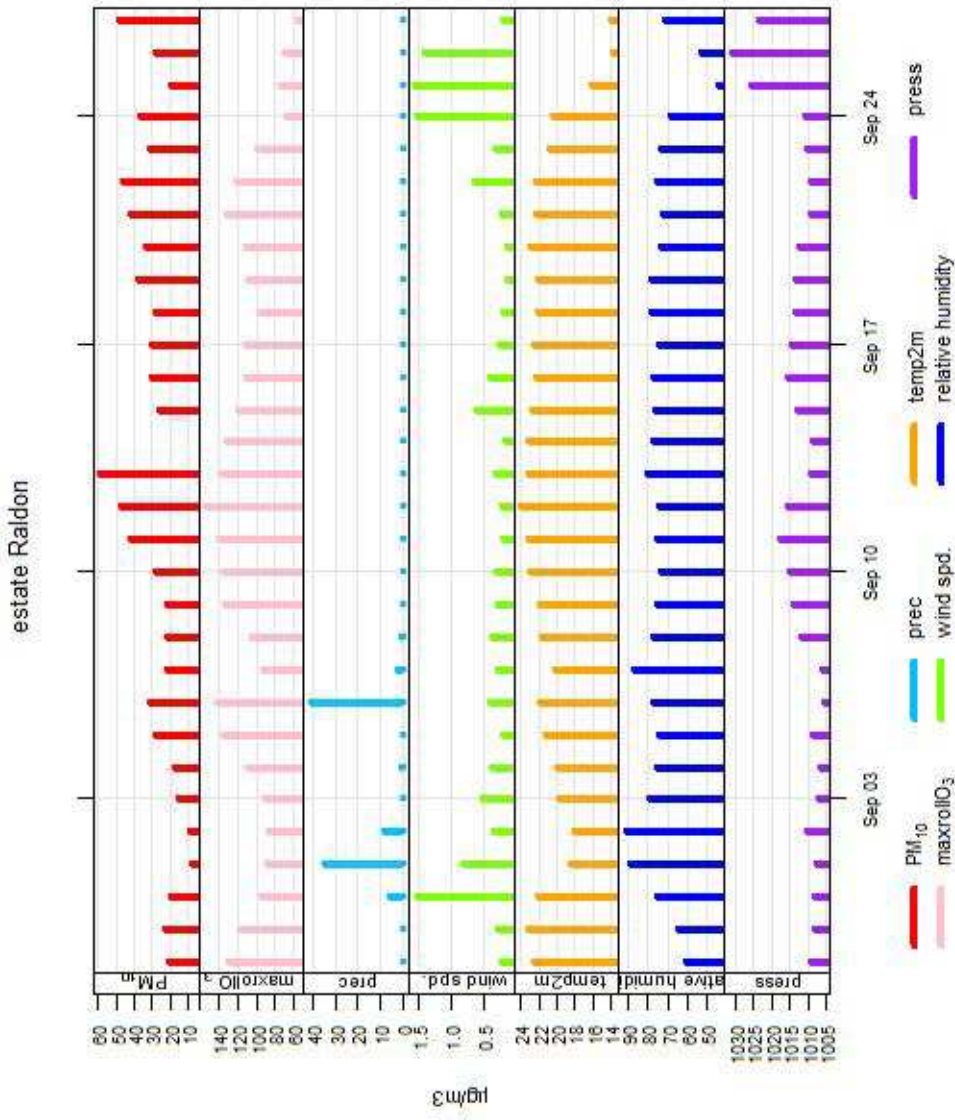
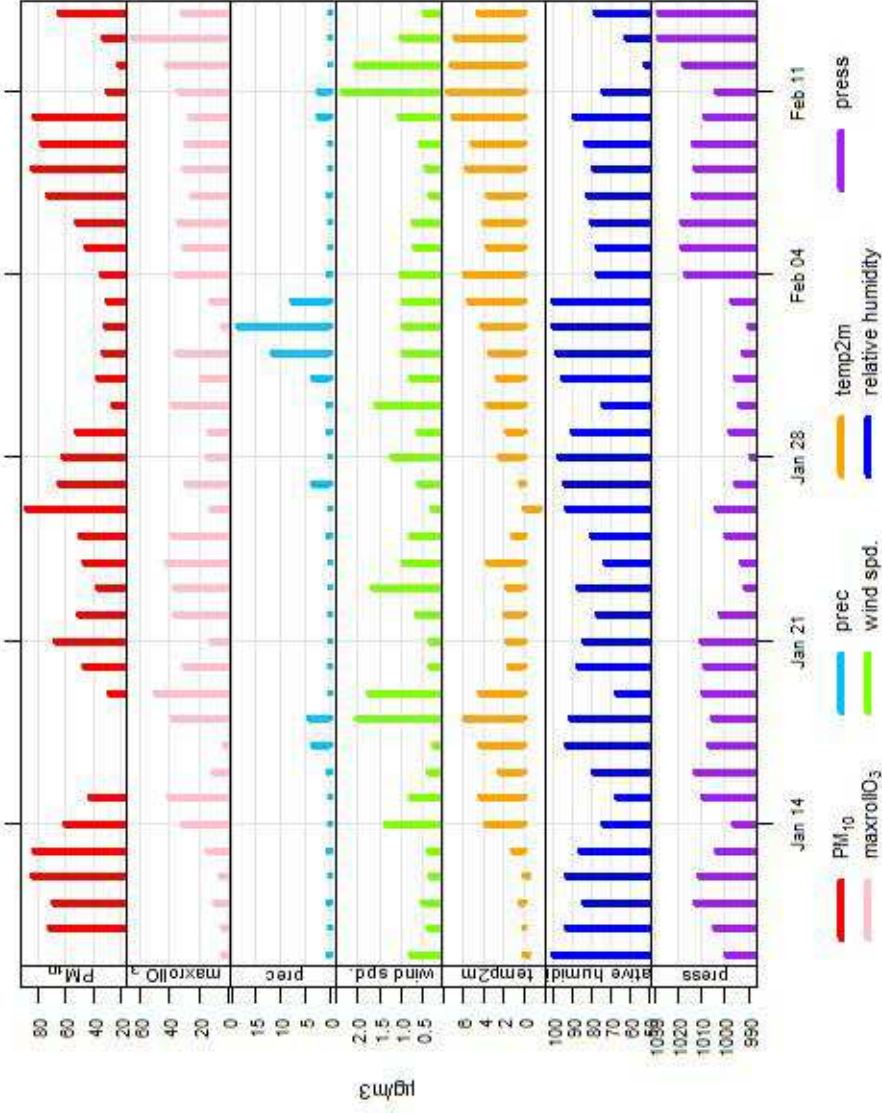


Figura 28 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) a Raldon, e variabili meteorologiche della stazione di Buttapietra: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%). La pressione (press, mbar) è stata rilevata presso la stazione di Verona-Giarol.



inverno Raldon



## 13. Glossario

### **Agglomerato**

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

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

Espresso in (µg/m<sup>3</sup>)\*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 µg/m<sup>3</sup>) e 40 ppb, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati, ogni giorno, tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

### **Background (stazione di)**

Punto di campionamento ubicato in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito

### **Fattore di emissione**

Valore medio (su base temporale e spaziale) che lega la quantità di inquinante rilasciato in atmosfera con l'attività responsabile dell'emissione (ad es. kg di inquinante emesso per tonnellata di prodotto o di combustibile utilizzato).

### **Industriale (stazione)**

Punto di campionamento ubicato in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.

### **Inquinante**

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

### **Inventario delle emissioni**

Serie organizzata di dati, realizzata secondo procedure e metodologie verificabili e aggiornabili, relativi alle quantità di inquinanti introdotti nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche. Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame si possono ottenere tramite misure dirette, campionarie o continue o tramite stima.

### **IQA (Indice di Qualità dell'Aria)**

E' una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria.

### **Margine di tolleranza**

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

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

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

giornaliera corrisponde alla media mobile su 8 ore che, nell'arco della giornata, ha assunto il valore più elevato.

### **Obiettivo a lungo termine**

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

### **Percentile**

I percentili o quantili, sono parametri di posizione che dividono una serie di dati in gruppi non uguali, ad esempio un quantile 0.98 (o 98° percentile), è quel valore che divide la serie di dati in due parti, nella quale una delle due ha il 98% dei valori inferiore al dato quantile. La mediana rappresenta il 50° percentile. I percentili si calcolano come la mediana, ordinando i dati in senso crescente e interpolando il valore relativo al quantile ricercato.

### **Soglia di allarme**

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

### **Soglia di informazione**

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

### **Sorgente (inquinante)**

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

### **Traffico (stazione di)**

Punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento massimi caratteristici dell'area monitorata influenzato prevalentemente da emissioni da traffico provenienti dalle strade limitrofe.

### **Valore limite**

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

### **Valore obiettivo**

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

### **Zonizzazione**

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

Dipartimento Provinciale di Verona  
Unità operativa Fisica Ambientale  
Via Dominutti 8  
37135 Verona Italia  
Tel.045-8016611 e 045-8016702  
Fax 045-8016700  
e-mail: [dapvr@arpa.veneto.it](mailto:dapvr@arpa.veneto.it)  
PEC: <mailto:dapvr@pec.arpav.it>  
Giugno 2019



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale Via Ospedale, 24 35131 Padova

Tel. +39 049 82 39301

Fax. +39 049 66 0966

e-mail [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)

e-mail certificata: [protocollo@pec.arpav.it](mailto:protocollo@pec.arpav.it)

[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

*Relazione tecnica n. 07/2019*