

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Verona

Via Udine



Foto della postazione di Via Udine

Periodo di attuazione:

22/04/2016 – 09/06/2016 (periodo estivo)

05/09/2016 – 28/10/2016 (periodo invernale, prima parte)

15/11/2016 – 05/12/2016 (periodo invernale, seconda parte)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di VR-via Udine

Direttore: Ing. Giancarlo Cunego

Servizio Controlli Ambientali

Dottorssa Francesca Predicatori

Dottorssa Simona De Zolt Sappadina

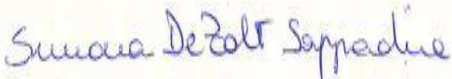

Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

Commento sulla situazione meteorologica

Massimo Enrico Ferrario

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

Relazione tecnica n. 4/2017		Data : 14/04/2017
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.	7
3.1.	22/04/2016 – 09/06/2016 (periodo estivo).....	8
3.2.	05/09/2016 – 28/10/2016 (periodo invernale, prima parte)	10
3.3.	15/11/2016 – 05/12/2016 (periodo invernale, seconda parte).....	12
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento	14
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi	15
6.	Efficienza di campionamento.....	16
7.	Analisi dei dati rilevati	18
8.	Monossido di carbonio (CO).....	19
9.	Biossido di azoto (NO ₂) – Ossidi di azoto (NO _x).....	19
10.	Biossido di zolfo (SO ₂)	23
11.	Ozono (O ₃)	24
12.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10).....	25
13.	Benzene (C ₆ H ₆)	27
14.	Benzo(a)pirene e IPA.....	28
15.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)	29
16.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse	34
17.	Conclusioni	37

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

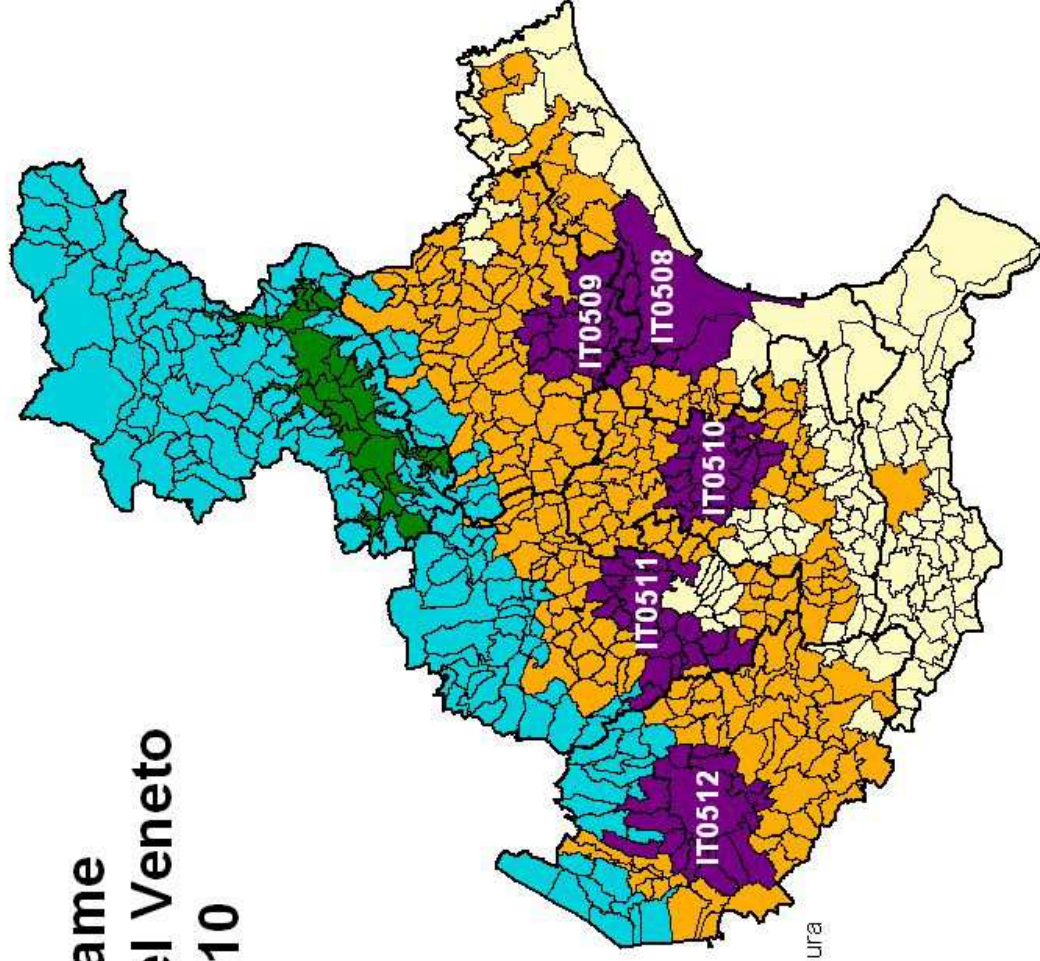
La campagna è stata richiesta dal Comune di Verona e rientra nell'ambito delle Attività in convenzione per il biennio 2016 -2017 (giusto Decreto del Commissario Straordinario n. 20 del 19.02.2016). Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nel quartiere di Borgo Roma del comune di Verona. Le misure sono state eseguite in via Udine, nel parcheggio antistante l'Istituto comprensivo Verona 11. Il punto di monitoraggio si trova in un'area in cui la principale fonte di pressione è rappresentata dal traffico. Due sono i grandi attrattori di traffico che la interessano: la Fiera di Verona, 200 m a ovest del punto di misura, e l'ospedale Policlinico di Borgo Roma, 1 km a sud-est. Inoltre, 400 m a ovest passa viale del Lavoro, strada di accesso alla città per i mezzi che provengono dall'autostrada A4 e dalla tangenziale Sud; 150 m a est si trova via San Giacomo, che costituisce una delle principali vie di accesso alla città dalla parte meridionale della provincia; 1.3 km a sud passa l'autostrada A4.

La zona di occidentale di Borgo Roma, a ridosso dell'area della fiera, sarà interessata da un progetto di riqualificazione che prevede la realizzazione di un centro commerciale e di altre realtà commerciali che rappresenteranno ulteriori attrattori di traffico e andranno ad aumentare ulteriormente la pressione ambientale su questo quartiere. Per tale motivo, sarà interessante confrontare i dati di inquinamento atmosferico prima e dopo la realizzazione di queste nuove opere.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 22/04/2016 al 09/06/2016 nel semestre estivo, dal 05/09/2016 al 28/10/2016 e dal 15/11/2016 al 05/12/2016 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Verona ed è di tipologia "traffico urbano". Il comune di Verona ricade nella zona "Agglomerato Verona", 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



Legenda:

Zonizzazione

- IT0508 Agglomerato Venezia
- IT0509 Agglomerato Treviso
- IT0510 Agglomerato Padova
- IT0511 Agglomerato Vicenza
- IT0512 Agglomerato Verona
- IT0513 Pianura e Capoluogo bassa pianura
- IT0514 Bassa pianura e colli
- IT0515 Prealpi e Alpi
- IT0516 Valbelluna
- Confini Provinciali
- Confini Comunali



Scala 1: 1.200.000

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

Posizione stazione rilocabile
Via Udine, Verona

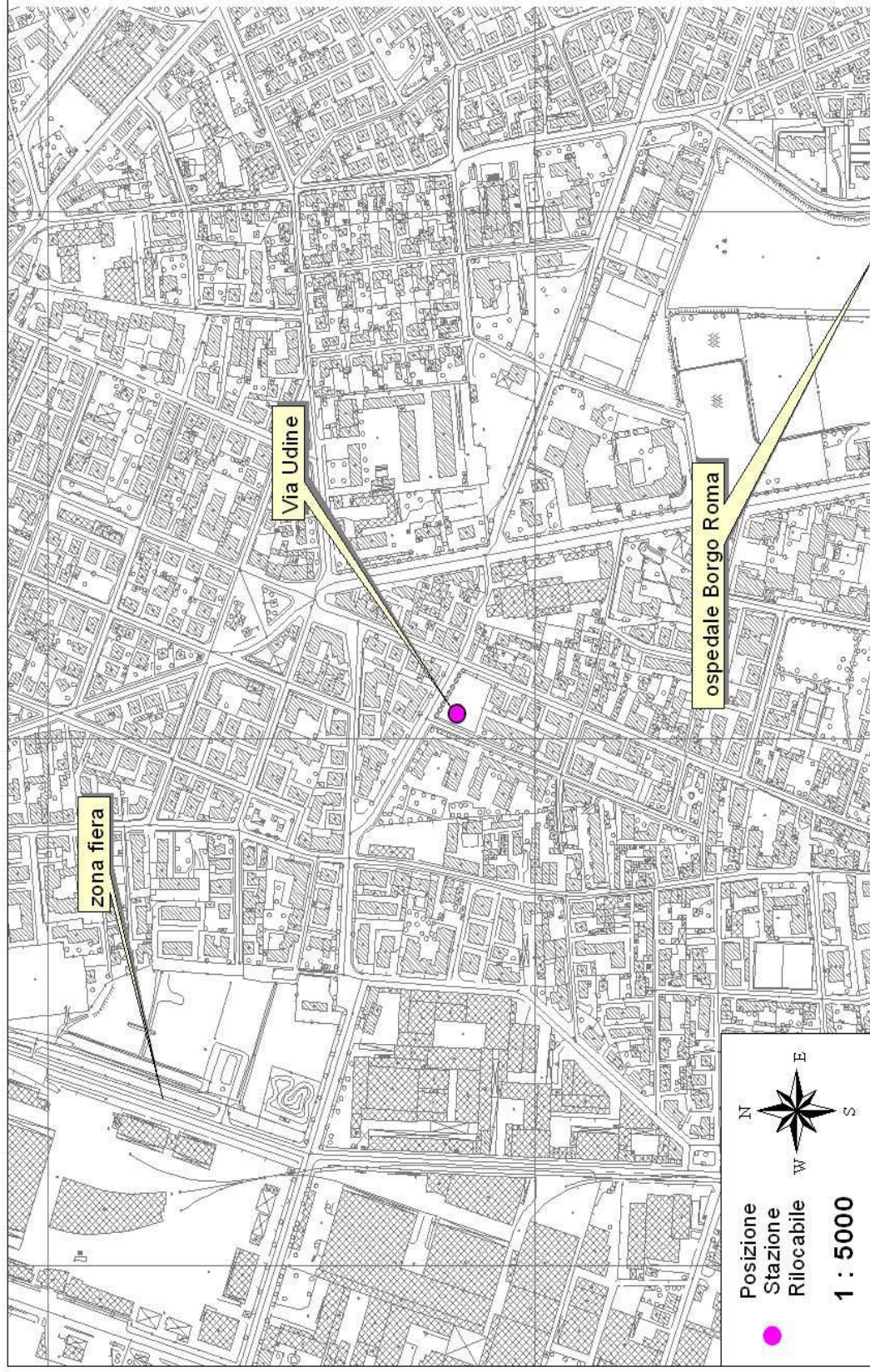


Figura 2. Estratto della Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio e delle principali fonti di pressione.

3. Contestualizzazione meteo climatica.

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

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

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera 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 10 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. 22/04/2016 – 09/06/2016 (periodo estivo)

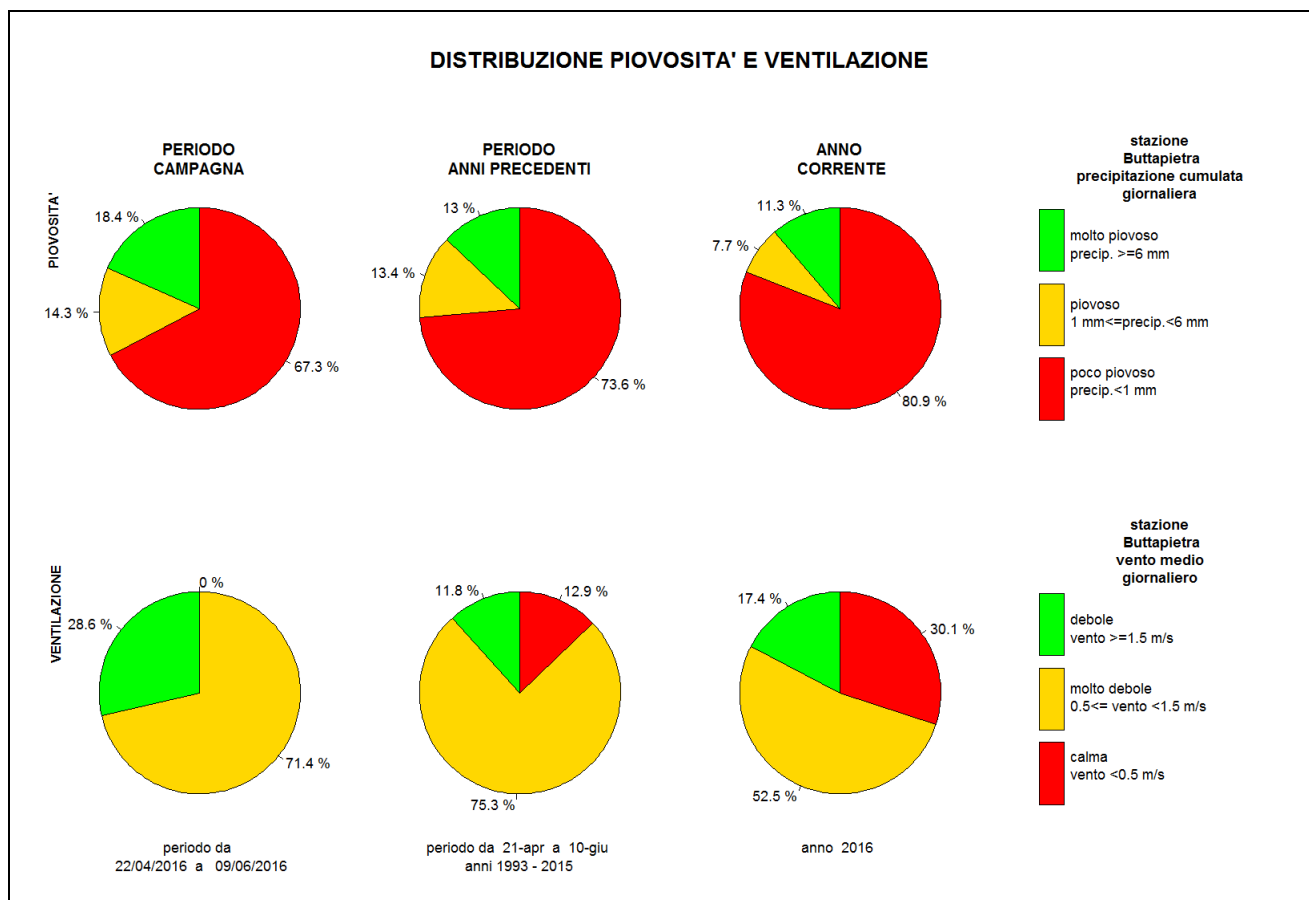


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente 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:

- 22 aprile - 9 giugno 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 21 aprile - 10 giugno dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni molto piovosi sono stati più frequenti e quelli poco piovosi meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente;
- i giorni con calma di vento sono stati del tutto assenti e quindi meno numerosi rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti e molto meno frequenti rispetto all'anno corrente.

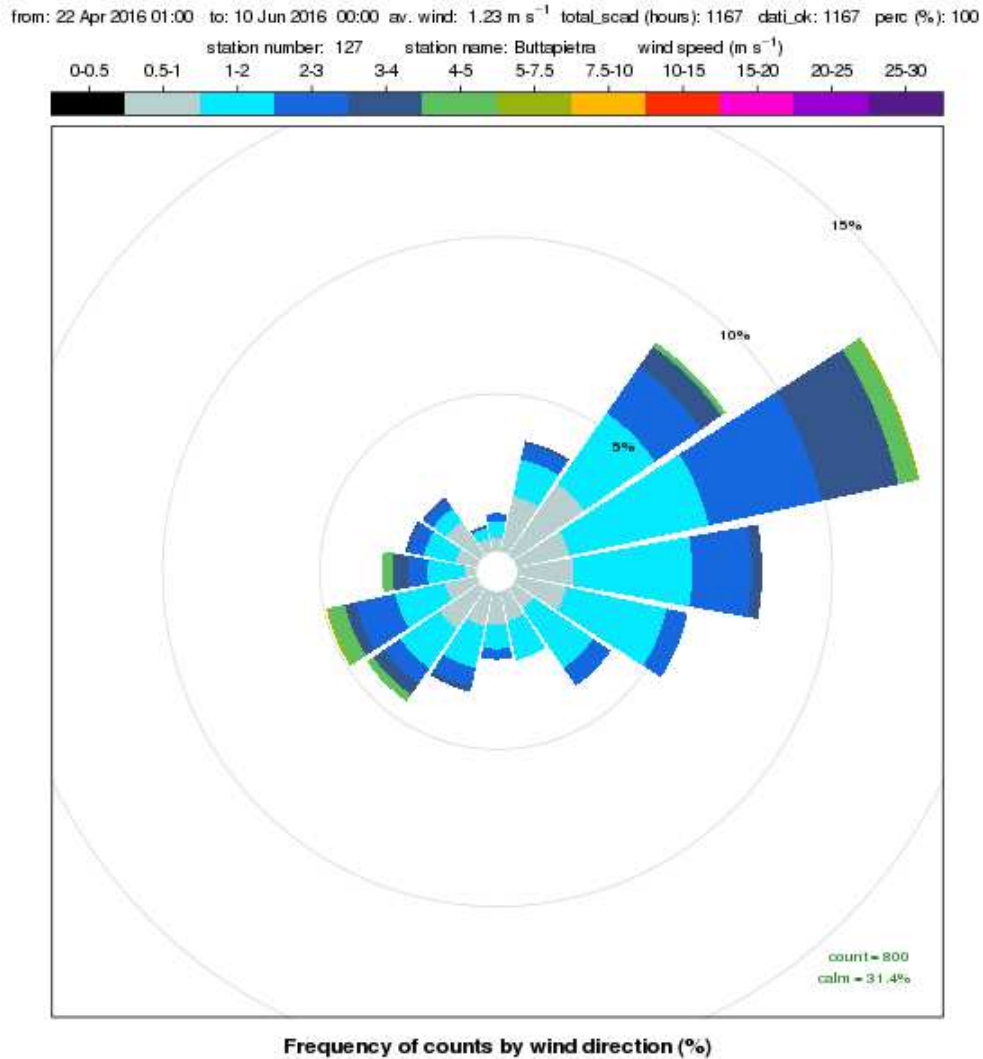


Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Buttapietra nel periodo 22 aprile -9 giugno 2016.

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 la direzione prevalente di provenienza del vento è est-nordest (circa 13% dei casi) seguita da nord-est ed est (entrambe circa 7%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 31%; la velocità media pari a circa 1.2 m/s.

3.2. 05/09/2016 – 28/10/2016 (periodo invernale, prima parte)

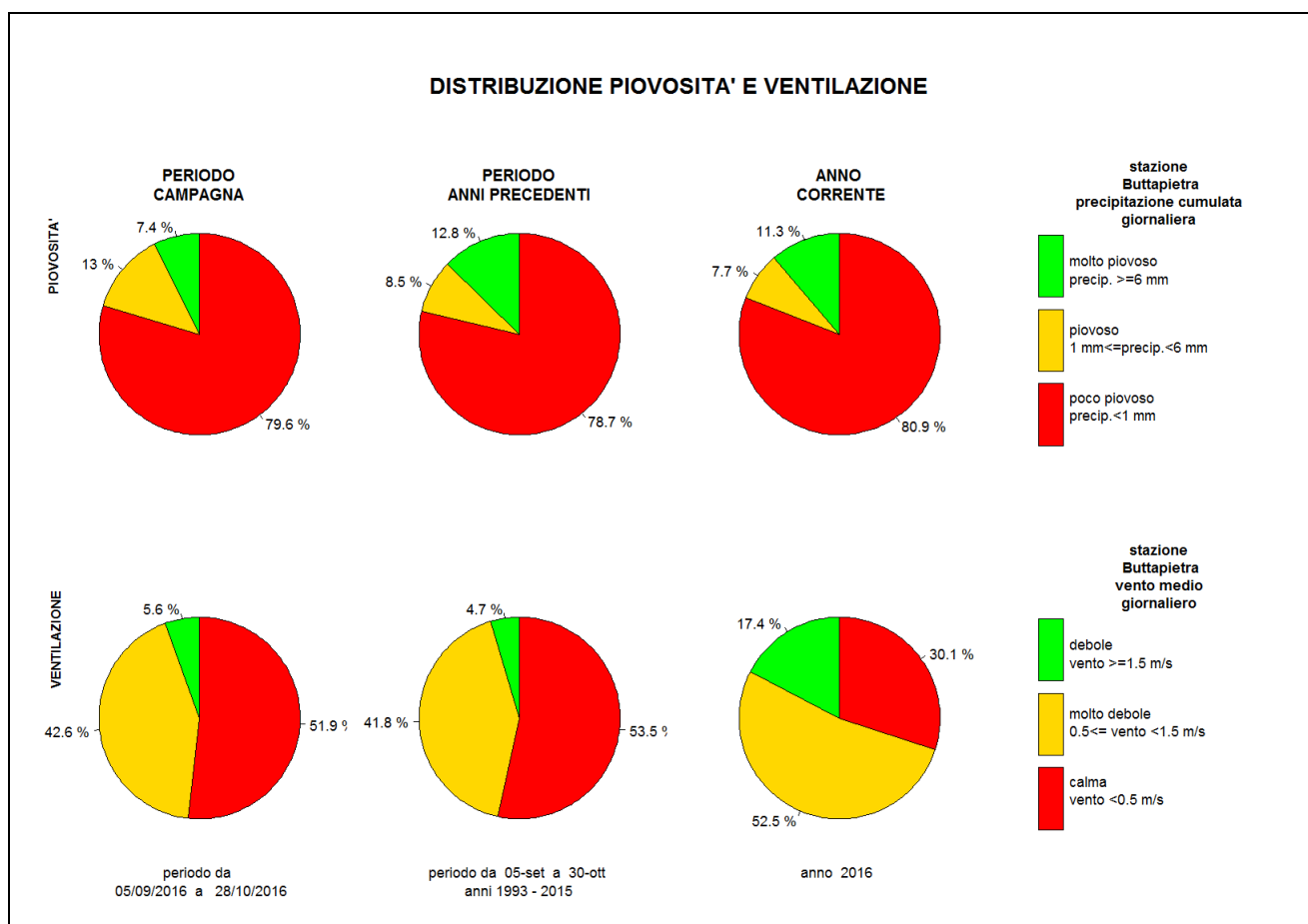


Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadecennale corrispondente 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:

- 5 settembre - 28 ottobre 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 5 settembre - 30 ottobre dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è simile a quella di entrambe le stazioni di riferimento;
- la distribuzione delle giornate in base alla ventosità è simile a quella dello stesso periodo degli anni precedenti, mentre rispetto all'anno corrente sono ben più frequenti i giorni con calma di vento.

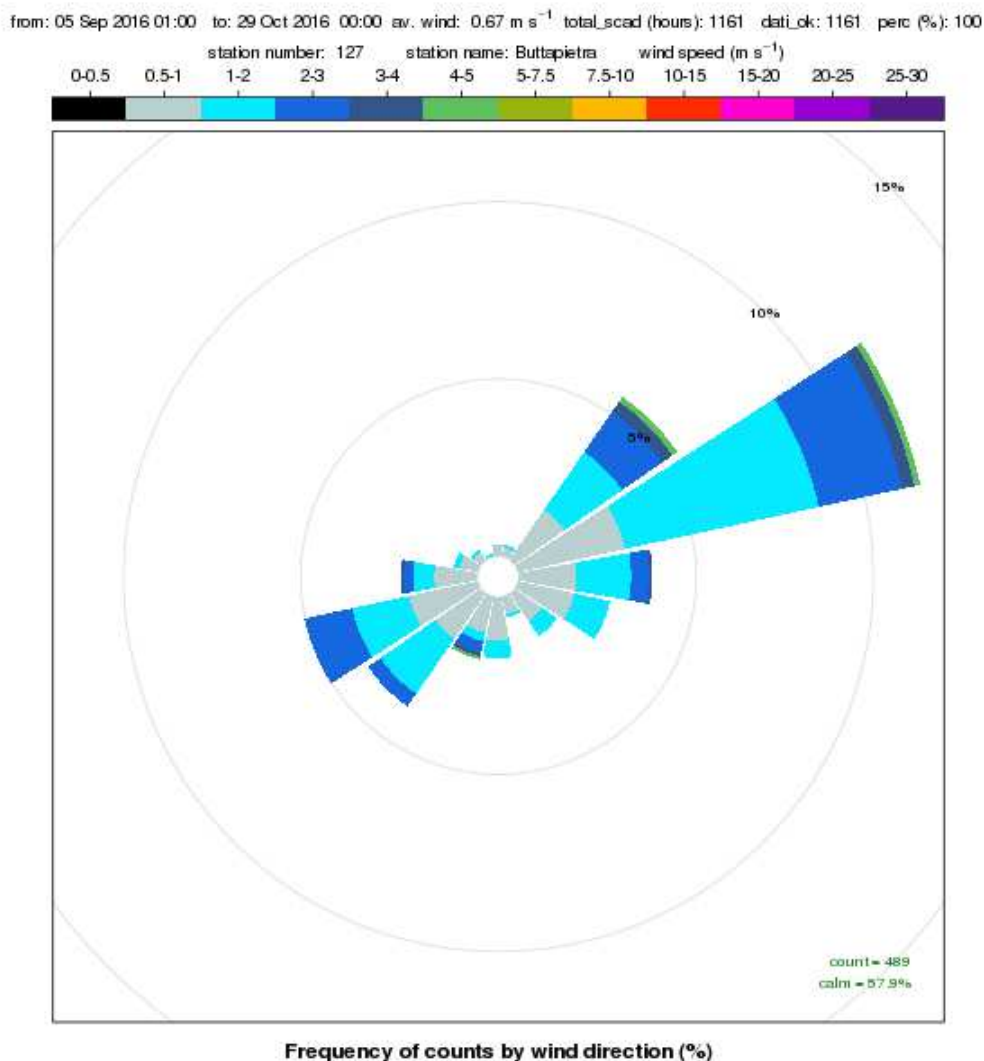


Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Buttapietra nel periodo 5 settembre - 28 ottobre 2016

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 11% dei casi) seguita da nord-est (circa 6%) e ovest-sudovest (5%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 58%; la velocità media pari a circa 0.7 m/s.

3.3. 15/11/2016 – 05/12/2016 (periodo invernale, seconda parte)

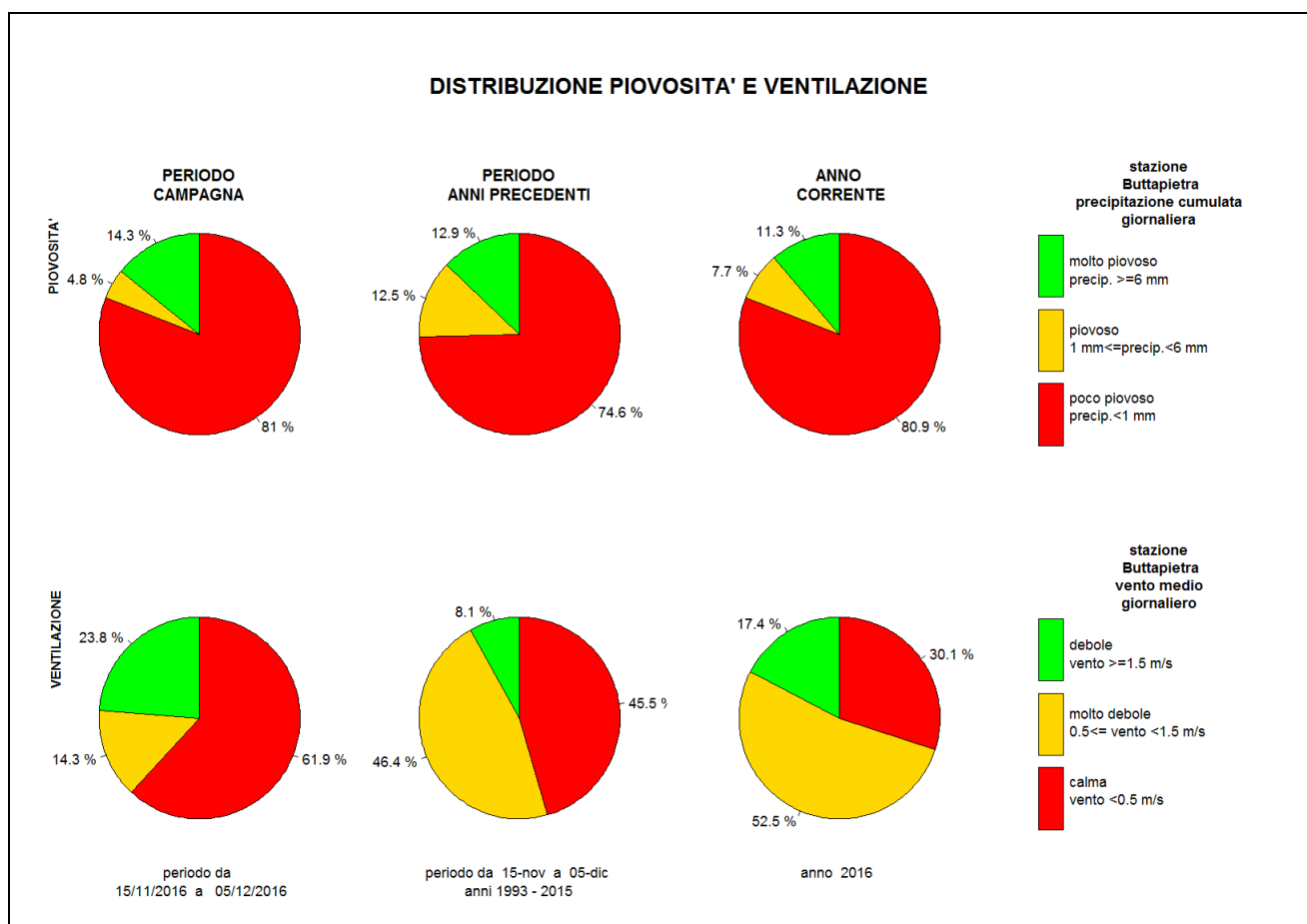


Figura 7: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Nella figura 7 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Buttapietra in tre periodi:

- 15 novembre - 5 dicembre 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 15 novembre - 5 dicembre dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è simile a quella dell'anno corrente, mentre rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti sono un po' più frequenti i giorni poco piovosi;
- i giorni con calma di vento sono ben più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento; anche i giorni con vento debole (che per questa area rappresentano le condizioni più favorevoli alla dispersione) sono un po' più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto allo stesso periodo degli anni

precedente, ma a prevalere sono comunque le condizioni con calma di vento che sono quelle più favorevoli al ristagno.

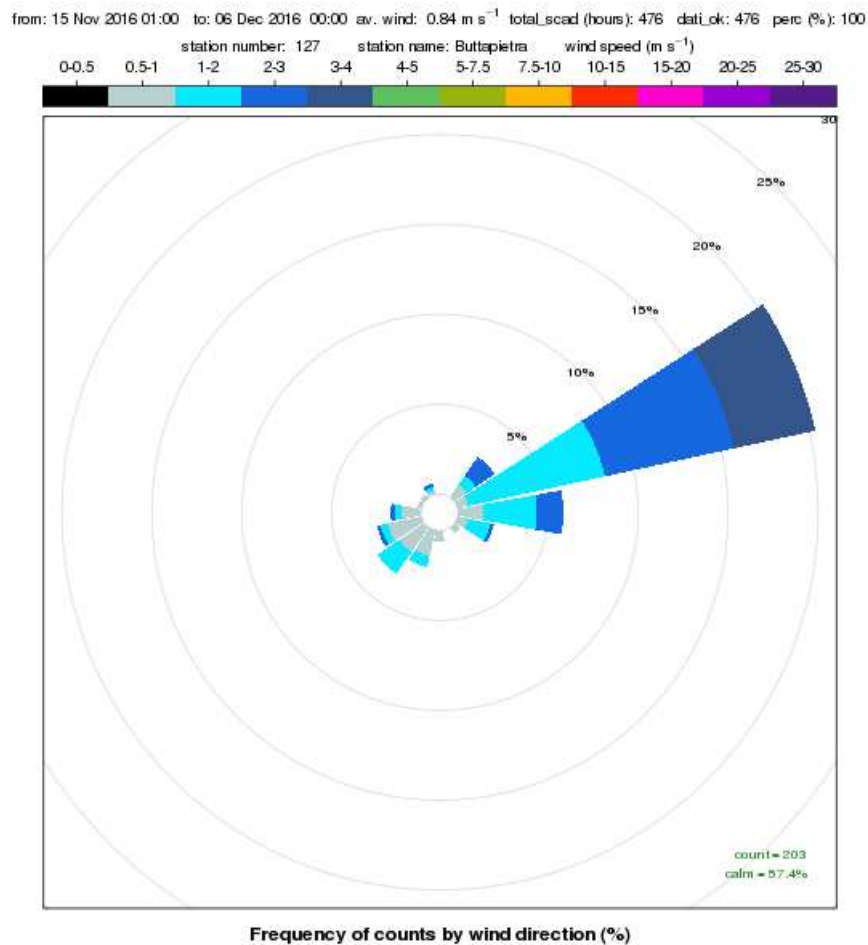


Figura 8: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Buttapietra nel periodo 15 novembre - 5 dicembre 2016

In figura 8 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 20% dei casi). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 58%; la velocità media pari a circa 0.8 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 (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO_x), ozono (O₃).

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_{2,5}, 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 ₂	Soglia di allarme (*)	500 µg/m ³
	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³
NO ₂	Soglia di allarme (*)	400 µg/m ³
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
PM ₁₀	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m ³
O ₃	Soglia di informazione (Media 1 h)	180 µg/m ³
	Soglia di allarme (Media 1 h)	240 µg/m ³
	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 ³
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m ³

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 Km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

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

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

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m ³
NOX	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	30 µg/m ³
O ₃	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 ³ h
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 µg/m ³ 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'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

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

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

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

Anche per il PM10 misurato con metodo gravimetrico, gli IPA, 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. Si vede che il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Benzo(a) pirene	Benzene
N giorni di campionamento	120	120	120	48	120	106	106	113
N <u>minimo</u> di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	91	93	93	96	90	100	100	100
Resa di campionamento <u>minima</u> (%)	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	109	112	112	46	108	106	106	113
N <u>minimo</u> 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. Ove 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 dal trasporto delle emissioni dall'area urbana al di fuori di essa, 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 VR-via Udine. 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 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 5, esplicitiva del significato dei principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.

8. Monossido di carbonio (CO)

La Tabella 6 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/m³ (applicato alla media mobile di 8 ore), in linea con quanto si rileva presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona. In entrambe le stagioni, i valori medi sono stati molto vicini al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m³.

CO (mg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE+ INVERNO	
	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-via Udine	VR-Borgo Milano
media	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4
sd	≤0.1	≤0.1	0.2	0.2		
min	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1
max	0.9	0.7	1.4	1.9	1.4	1.9
mediana	0.2	0.3	0.3	0.4		
N	1147	1147	1736	2178	2883	3325
dati mancanti	50	50	221	208	271	258
data.capture (%)	96	96	87	90	90	92
max giornaliero	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8
max.rolling.8	0.6	0.6	1.1	1.3		
95°percentile	0.4	0.5	0.8	0.9		
99°percentile	0.6	0.6	1.1	1.1		
N superamenti 10 mg/m ³	0	0	0	0	0	0

Tabella 6. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a VR-via Udine. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m³.

9. Biossido di azoto (NO₂) – Ossidi di azoto (NO_x)

Come si può vedere in Tabella 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/m³. 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 (Tabella 7 e figura 9), la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è pari a 33 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. Invece, il valore medio di NO_x, pari a 62 µg/m³ (Tabella 8) supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³ (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. 155/10¹). I valori medio e massimo riferiti alla postazione di VR-via Udine sono più elevati rispetto ai corrispondenti, relativi a VR-Borgo Milano e VR-Giarol, in entrambe le stagioni.

Il valore medio di concentrazione di NO₂ relativo al periodo invernale è superiore a quello del periodo estivo, a VR-via Udine come anche presso le centraline di riferimento. 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.

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

Nel Grafico 9 in Allegato, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO₂, 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 e durante la notte, in tutte le tre postazioni di misura. Questo tipo di analisi indica che i valori relativi a VR-via Udine sono molto vicini a quelli di VR-Borgo Milano, tranne in corrispondenza dei picchi di traffico, quando i valori di via Udine sono più elevati.

Analoghe rappresentazioni, relative alla settimana tipo, sono riportate in Grafico 10 in Allegato e mostrano che la giornata in cui la concentrazione di NO₂ è maggiore è il venerdì in inverno e il martedì d'estate. I valori più bassi si trovano la domenica. Un comportamento simile si trova anche nelle stazioni di riferimento. Anche questi grafici confermano che il punto di misura di VR-via Udine mostra le caratteristiche di un sito di "traffico urbano" come VR-Borgo Milano.

Tale caratteristica viene parzialmente confermata anche dall'analisi del rapporto NO₂/NO_x riportato nel Grafico 11 in Allegato. Gli ossidi di azoto (NO_x) sono una miscela costituita prevalentemente da NO e NO₂. Il monossido di azoto rappresenta la componente emessa direttamente in seguito alla combustione sia essa in ambito industriale, residenziale o nei motori a combustione interna come quelli dei veicoli su strada. Il biossido di azoto è un inquinante complesso, in parte emesso direttamente in seguito alla combustione (veicoli a motore, industrie), in parte di origine secondaria; si trova in equilibrio chimico con altri componenti atmosferici, in particolare l'ozono.

Bassi valori di concentrazione giornaliera di NO e quindi un rapporto NO₂/NO_x che si avvicina a 1 sono tipici di siti di fondo, come avviene ad esempio a VR-Giarol (Grafico 11 in Allegato, in alto). Presso siti di traffico come VR-Borgo Milano si misurano concentrazioni medie giornaliere di NO più elevate e pertanto il rapporto NO₂/NO_x si abbassa (tipicamente è compreso fra 0,6 e 0,8). Il valore NO₂/NO_x a VR-via Udine assume generalmente un valore intermedio compreso fra quello di VR-Borgo Milano e quello di VR-Giarol. I valori più bassi del rapporto NO₂/NO_x in inverno rispetto all'estate sono legati sia alle temperature, che alle reazioni fotochimiche che avvengono maggiormente nel periodo estivo, sia al minor rimescolamento dell'aria vicino alla superficie durante l'inverno.

Questo sembra suggerire che nella postazione di VR-via Udine, oltre al contributo della fonte emissiva costituita dal traffico delle vicine strade, vi sia un importante contributo dato dalle sorgenti più lontane, di traffico o di altra natura.

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol
media	26	23	13	37	31	20	33	28	17
sd	14	11	8	20	15	10			
min	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	84	68	55	119	99	58	119	99	58
mediana	23	20	11	34	29	18			
N	1147	1147	1147	1736	2178	2178	2883	3325	3325
dati mancanti	53	50	65	160	101	114	213	151	179
data.capture	95	96	94	91	95	95	93	95	95
max giornaliero	44	37	31	67	53	36	67	53	36
95°percentile	55	43	29	73	57	38			
99°percentile	65	55	44	94	71	46			
N superamenti 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N superamenti 400 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 7. Concentrazione di NO₂: 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/m³.

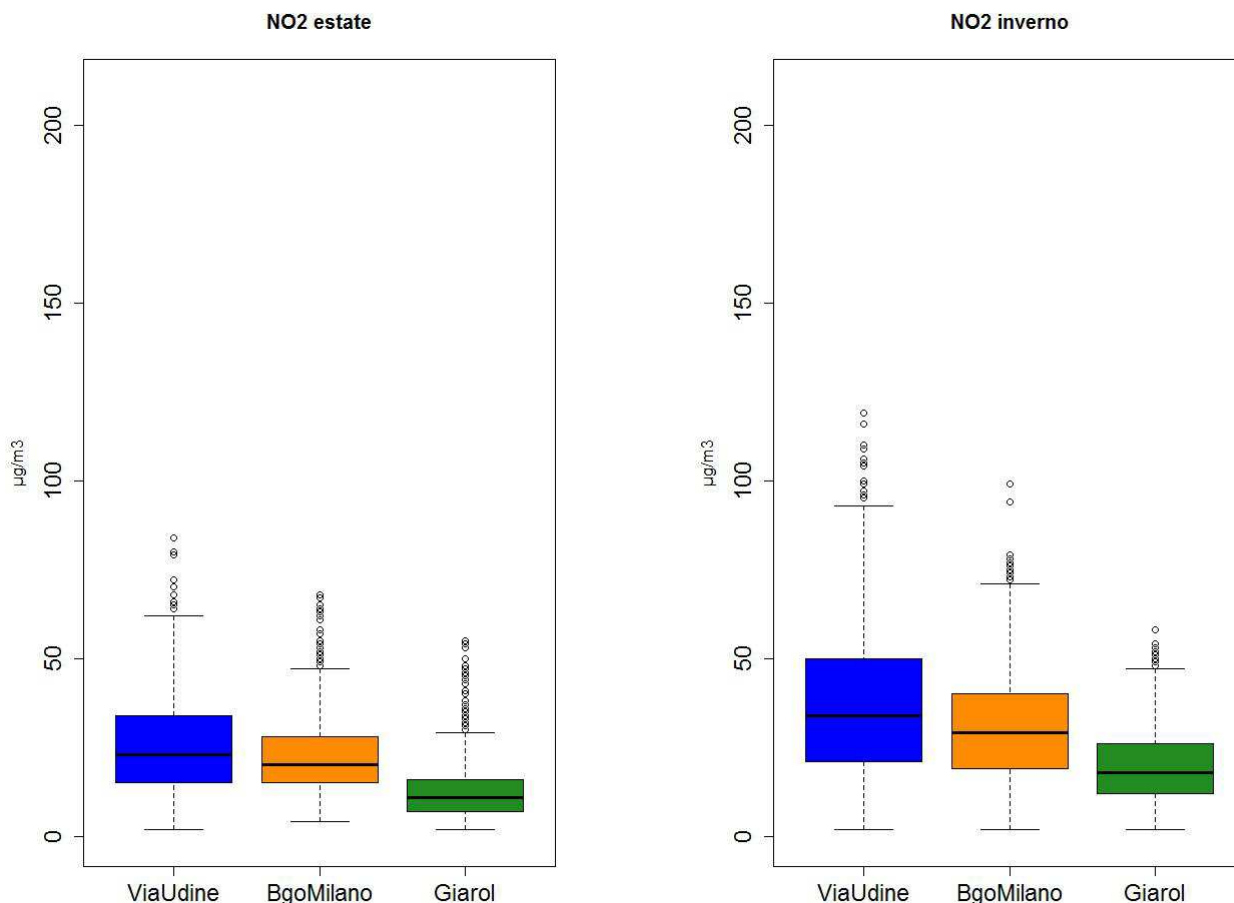


Figura 9. Box-plot della concentrazione di NO₂. Dati relativi a VR-via Udine e alle due centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol.

NOx (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol
media	33	30	14	81	64	36	62	52	28
sd	26	17	12	74	48	34			
min	≤4	7	≤4	≤4	10	≤4	≤4	7	≤4
max	285	149	110	512	485	203	512	485	203
mediana	26	26	11	55	48	23			
N	1147	1147	1147	1736	2178	2178	2883	3325	3325
dati mancanti	53	50	65	159	100	114	212	150	179
data.capture	95	96	94	91	95	95	93	95	95
max giornaliero	81	56	35	266	177	131	266	177	131
95°percentile	80	60	36	233	162	111			
99°percentile	135	101	65	344	219	155			

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/m³.

10. Biossido di zolfo (SO₂)

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 µg/m³ e 500 µg/m³ (Tabella 9 e Allegato – Grafico 3), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

I valori medi misurati nei due periodi di campagna sono inferiori al limite di rivelabilità strumentale analitica (3 µg/m³), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m³). Anche presso la centralina di riferimento di VR-Borgo Milano, i valori medi di concentrazione di questo inquinante, nel periodo di campagna, sono inferiori al limite di rivelabilità. Per quanto riguarda invece i valori massimi, essi sono superiori a quelli di VR-Borgo Milano in entrambe le stagioni.

SO ₂ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-via Udine	VR-Borgo Milano
media	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
sd	0	0	1	0		
min	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
max	6	5	11	9	11	9
mediana	≤3	≤3	≤3	≤3		
N	1147	1147	1736	2178	2883	3325
dati mancanti	57	50	219	93	276	143
data.capture	95	96	87	96	90	96
max giornaliero	2	2	4	5	4	5
95°percentile	2	2	4	2		
99°percentile	3	3	5	4		
N superamenti 350 µg/m ³	0	0	0	0	0	0
N superamenti 125 µg/m ³	0	0	0	0	0	0

Tabella 9. Concentrazione di SO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di VR-Borgo Milano. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

11. Ozono (O₃)

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 12 in Allegato).

Durante la campagna estiva di VR-via Udine sono stati registrati 9 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore; anche durante la campagna invernale sono avvenuti 5 superamenti (Tabella 10 e Grafico 5 in Allegato). Essi si sono verificati tra il 6 e l'8 maggio, tra il 18 e il 28 maggio e tra il 9 e il 14 settembre, in corrispondenza di giornate soleggiate in cui le temperature si sono alzate (vedasi Grafico 13 in Allegato). Non vi è stato alcun superamento della soglia di informazione di 180 µg/m³ sul dato orario (Grafico 4 in Allegato). I valori medi e massimi, come anche il numero di superamenti, sono molto vicini ai corrispondenti valori relativi a VR-Giarol.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	VR-via Udine	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Giarol
media	70	71	32	33	47	46
sd	34	33	32	33		
min	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	157	146	151	159	157	159
mediana	71	75	20	22		
N	1147	1147	1736	2178	2883	3325
dati mancanti	49	49	238	108	287	157
data.capture	96	96	86	95	90	95
max giornaliero	113	110	90	101	113	110
max.rolling.8	148	138	130	133		
95°percentile	131	126	99	99		
99°percentile	150	140	133	130		
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	9	9	5	4	14	13
N superamenti 180 µg/m ³	0	0	0	0	0	0
N superamenti 240 µg/m ³	0	0	0	0	0	0

Tabella 10. Concentrazione di O₃: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina di fondo urbano di VR-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m³.

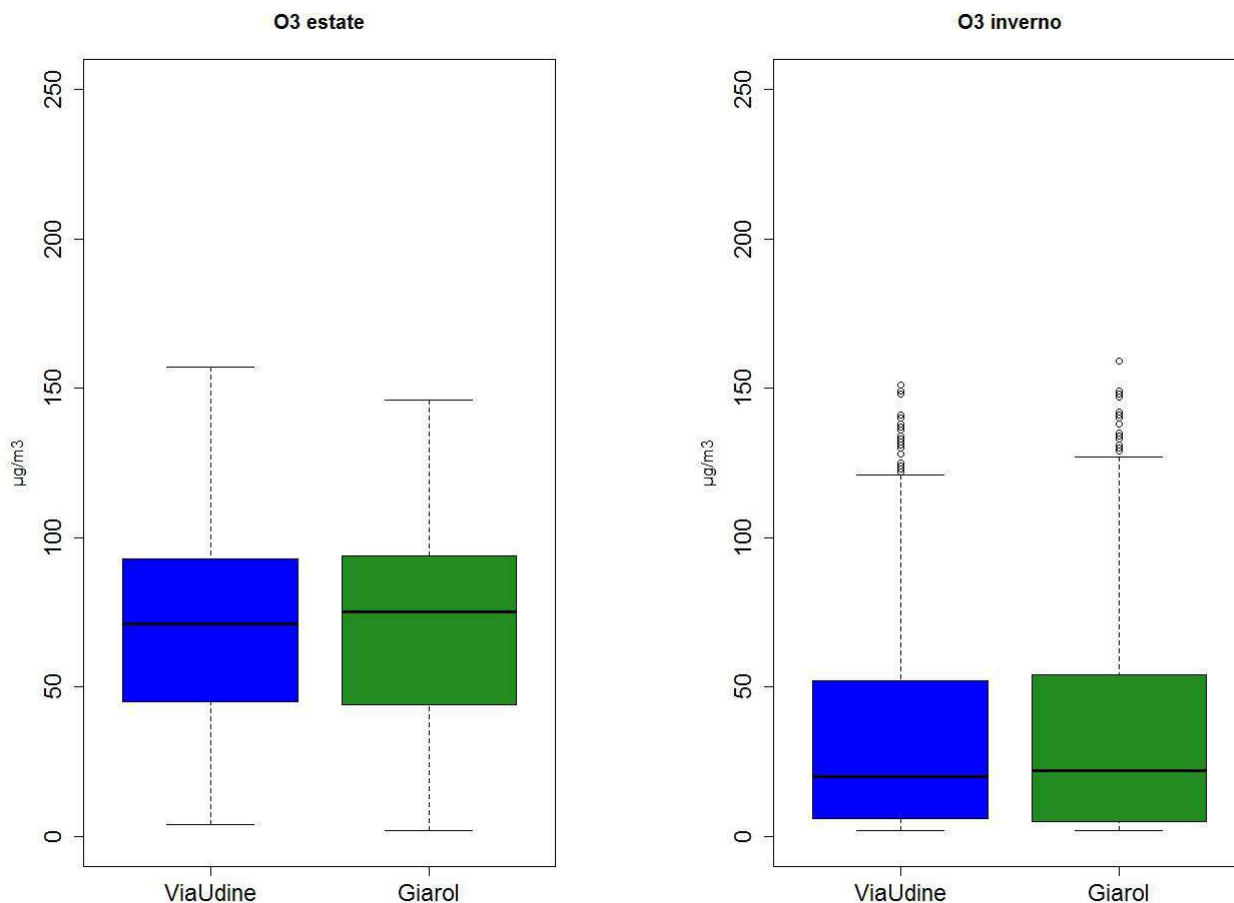


Figura 10. Box-plot della concentrazione di O₃. Dati relativi a VR-via Udine e alla centralina di riferimento di VR-Giarol.

12. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

Le polveri sottili sono un inquinante ubiquitario nelle zone a intensa attività umana, essendo per buona parte di natura secondaria e avendo lunghi tempi di permanenza in atmosfera: la sua distribuzione è quindi abbastanza uniforme su vaste aree.

In Tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico in VR-via Udine durante le campagne di misura. Nei 106 giorni di misurazione, sono stati registrati 9 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), corrispondenti all' 8% del periodo monitorato. Tali superamenti sono avvenuti il 30 settembre 2016, tra il 16 e il 19 novembre 2016, e tra l'1 e il 4 dicembre 2016, in corrispondenza di periodi di inversione termica, con tempo stabile e fresco e debole ventilazione (Grafico 13 in Allegato).

In Tabella 12, i dati relativi a VR-via Udine sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol. Si consideri che mentre le misure della campagna di VR-via Udine sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale e misura di assorbimento beta. Per il calcolo dei parametri riportati in Tabella 12, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni: i dati relativi a VR-via Udine 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 11. I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 sono più elevati in VR-via Udine rispetto alle centraline di riferimento, in

entrambe le stagioni. Il numero di superamenti del limite normativo di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è 8 per tutte tre le postazioni del comune.

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 di VR-via Udine è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di traffico urbano di VR-Borgo Milano. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di VR-via Udine il valore medio annuale di $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e il 90° percentile di $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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	19	34	28
N giorni	45	61	106
sd	6	19	
max	38	100	100
min	8	10	8
N superamenti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	9	9

Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), misurata con metodo gravimetrico in VR-via Udine. 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		
	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol
media	20	15	14	33	30	28	27	23	22
N giorni	43	43	43	58	58	58	101	101	101
sd	6	5	7	19	17	19			
max	38	30	28	100	85	95	100	85	95
min	8	2	2	10	9	2	8	2	2
N superamenti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	8	8	8	8	8	8

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 era disponibile per tutte e tre le postazioni. Il limite di rivelabilità dello strumento è $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

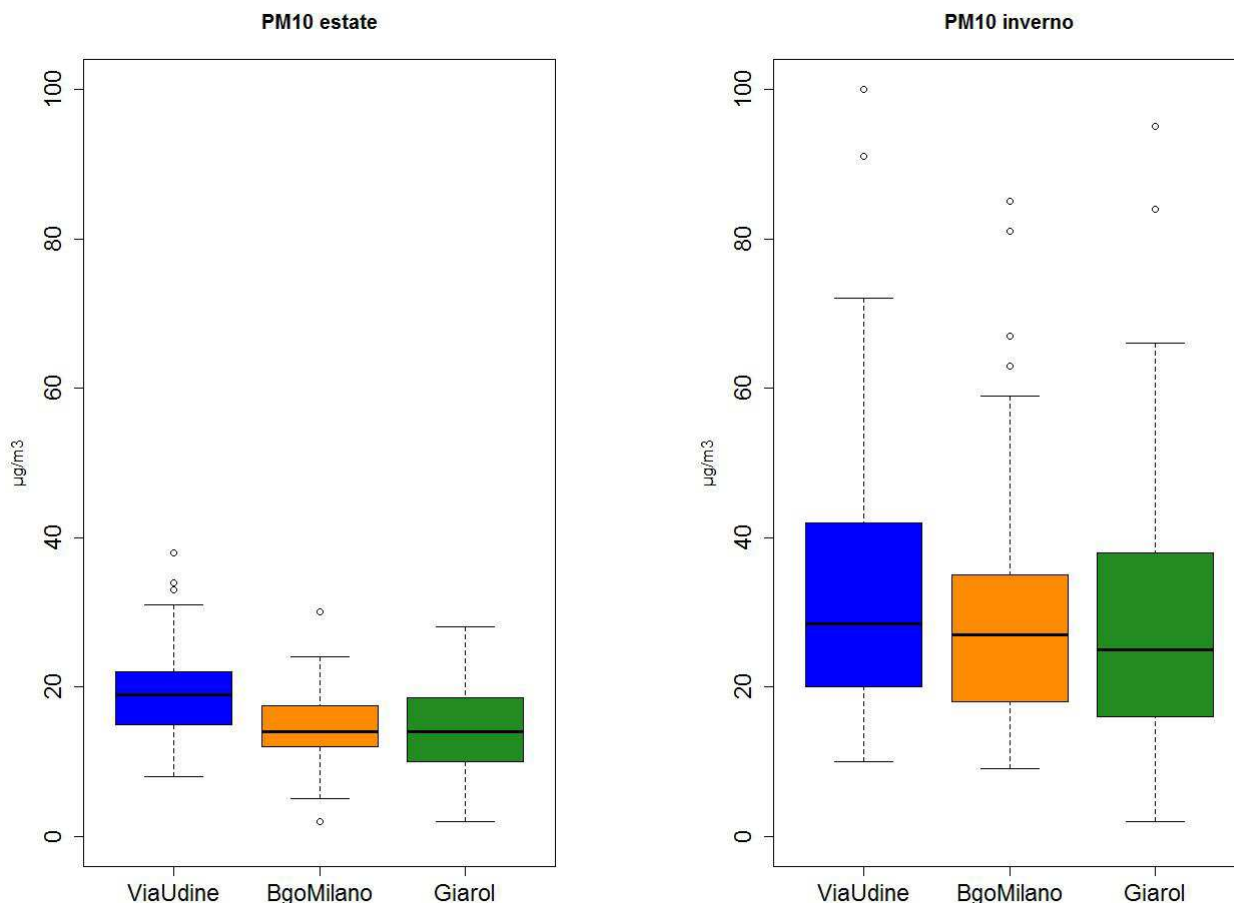


Figura 11. Box-plot della concentrazione di PM₁₀. Dati relativi a VR-via Udine e alle centraline di riferimento di VR-Borgo Milano e VR-Giarol.

13. Benzene (C₆H₆)

In Tabella 13 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna in VR-via Udine 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, 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 Allegato–Grafico 7. In Tabella 13, si può vedere che in estate, in tutte le postazioni, i valori medi delle concentrazioni di benzene sono inferiori alla soglia di rivelabilità strumentale. In inverno, il valore medio calcolato per VR-Borgo Milano e VR-Giarol è ancora inferiore alla soglia di rivelabilità, mentre in via Udine lo supera. Il valore misurato nel periodo di campagna presso le centraline di riferimento (VR-Borgo Milano e VR-Giarol) è inferiore alla media annuale, alla quale è riferito il limite normativo di 5 µg/m³ (vedasi capitolo 9): tuttavia, in base ai dati annuali, nel 2016 il limite è stato ampiamente rispettato (vedasi Cap 9). Il confronto tra i dati delle centraline indica che è probabile che anche nel sito di VR-via Udine il limite annuale possa essere stato rispettato.

In Tabella 14 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 anche per gli idrocarburi diversi dal benzene, i valori di VR-via Udine sono superiori a quelli di VR-Borgo Milano e VR-Giarol, e sono più elevati in inverno rispetto all'estate.

benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Borgo Milano	VR-Giarol
Media	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	0.8	≤ 0.5	≤ 0.5	0.6	≤ 0.5	≤ 0.5
N giorni	48	28	31	65	43	43	113	71	74
sd	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.3			
max	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	1.3	1.1	0.8	1.3	1.1	0.8
min	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura di VR-via Udine, 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 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE					INVERNO				
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	N	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	N
VR-via Udine	≤ 0.5	≤ 0.5	3.0	1.6	48	0.8	0.5	6.9	4.5	65
VR-Borgo Milano	≤ 0.5	≤ 0.5	2.1	0.6	28	≤ 0.5	≤ 0.5	5.1	3.9	43
VR-Giarol	≤ 0.5	≤ 0.5	2.4	0.4	31	≤ 0.5	≤ 0.5	5.1	1.7	43

Tabella 14. 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 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. N indica il numero di giorni di esposizione.

14. Benzo(a)pirene e IPA

In Tabella 15 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene per le due postazioni di VR-via Udine e della centralina fissa di VR-Giarol. 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 16, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per VR-via Udine, per tutte le specie di IPA misurate. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nel Grafico 8 in Allegato. I dati disponibili per un confronto tra le due stazioni (cioè riferiti alle stesse giornate) sono 38 e indicano che il valore medio di VR-Giarol è leggermente superiore a quello di VR-via Udine. Le serie temporali del Grafico 8 in allegato mostrano che in estate la concentrazione media giornaliera rimane sempre piuttosto bassa, mentre in inverno i valori sono più alti, e a volte superano il limite normativo di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$, che però si riferisce a una media annuale. Il valore medio calcolato per VR-via Udine, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è $0.23 \text{ ng}/\text{m}^3$:

Il comportamento di questo inquinante esibisce una forte stagionalità, assumendo valori elevati in inverno. Le concentrazioni misurate in VR-via Udine durante la campagna hanno un andamento molto simile a quelle rilevate a VR-Giarol, inoltre il valore misurato a VR-Giarol nel periodo di campagna ($0.3 \text{ ng}/\text{m}^3$) è stato inferiore ai valori medi relativi a questa centralina nel 2016. Questo indica che è probabile che il limite annuale per il benzopirene possa essere stato rispettato nel 2016 anche in VR-via Udine.

Benzoapirene (ng/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	VR-via Udine	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Giarol	VR-via Udine	VR-Giarol
media	0.06	0.06	0.37	0.46	0.25	0.3
N	15	15	23	23	38	38
sd	0.03	0.06	0.54	0.7		
max	0.09	0.17	1.84	2.35	1.84	2.35
min	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02

Tabella 15. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a VR-via Udine 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/m³.

(ng/m ³)	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	N	media	sd	max	min	N	media	sd	max	min	N	media pesata	max	min
Benzoaantracene	45	0.1	0.03	0.14	0.06	61	0.31	0.43	1.56	0.03	106	0.22	1.56	0.03
Benzoapirene	45	0.06	0.03	0.09	≤0.02	61	0.37	0.51	1.84	≤0.02	106	0.23	1.84	≤0.02
Benzobfluorantene	45	0.09	≤0.02	0.12	0.06	61	0.43	0.57	1.99	0.04	106	0.29	1.99	0.04
Benzoghiperilene	45	0.08	≤0.02	0.11	0.05	61	0.46	0.55	1.97	0.05	106	0.3	1.97	0.05
Benzokfluorantene	45	0.05	≤0.02	0.06	0.03	61	0.23	0.3	1.07	≤0.02	106	0.16	1.07	≤0.02
Dibenzoahantracene	45	0.03	0.03	0.07	≤0.02	61	0.03	0.03	0.11	≤0.02	106	0.03	0.11	≤0.02
Indeno123cdpirene	45	0.09	0.03	0.13	0.04	47	0.43	0.4	1.36	0.06	92	0.26	1.36	0.04
Crisene	45	0.11	0.04	0.16	0.05	61	0.35	0.48	1.73	0.05	106	0.25	1.73	0.05

Tabella 16. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata in VR-via Udine, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.

15. Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)

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

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

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

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

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

In figura 12 e figura 13 è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale, rispettivamente. Durante entrambe le campagne prevalgono le giornate in cui la qualità dell'aria è stata "accettabile". Nel corso della campagna

invernale ci sono state 12 giornate con qualità dell'aria "mediocre" e due con qualità dell'aria "scadente".

E' stato effettuato un confronto tra la qualità dell'aria in VR-via Udine e quella della stazione fissa di riferimento dell'area "Agglomerato Verona". A tal fine sono stati calcolati l'IQA di VR-via Udine e quello di VR-Giarol nei giorni della campagna in cui il dato è disponibile per entrambe le postazioni: il risultato è rappresentato in figura 14 e figura 15, per le campagne estiva e invernale, rispettivamente. Nelle stesse figure è stata riportata la statistica dell'IQA di VR-Giarol relativa a tutta la stagione, estiva o invernale, dell'anno 2016. Il confronto consente di concludere che la qualità dell'aria a VR-via Udine è stata leggermente peggiore di quella di VR-Giarol durante la campagna invernale, mentre nel corso di quella estiva essa è stata molto simile nelle due postazioni.

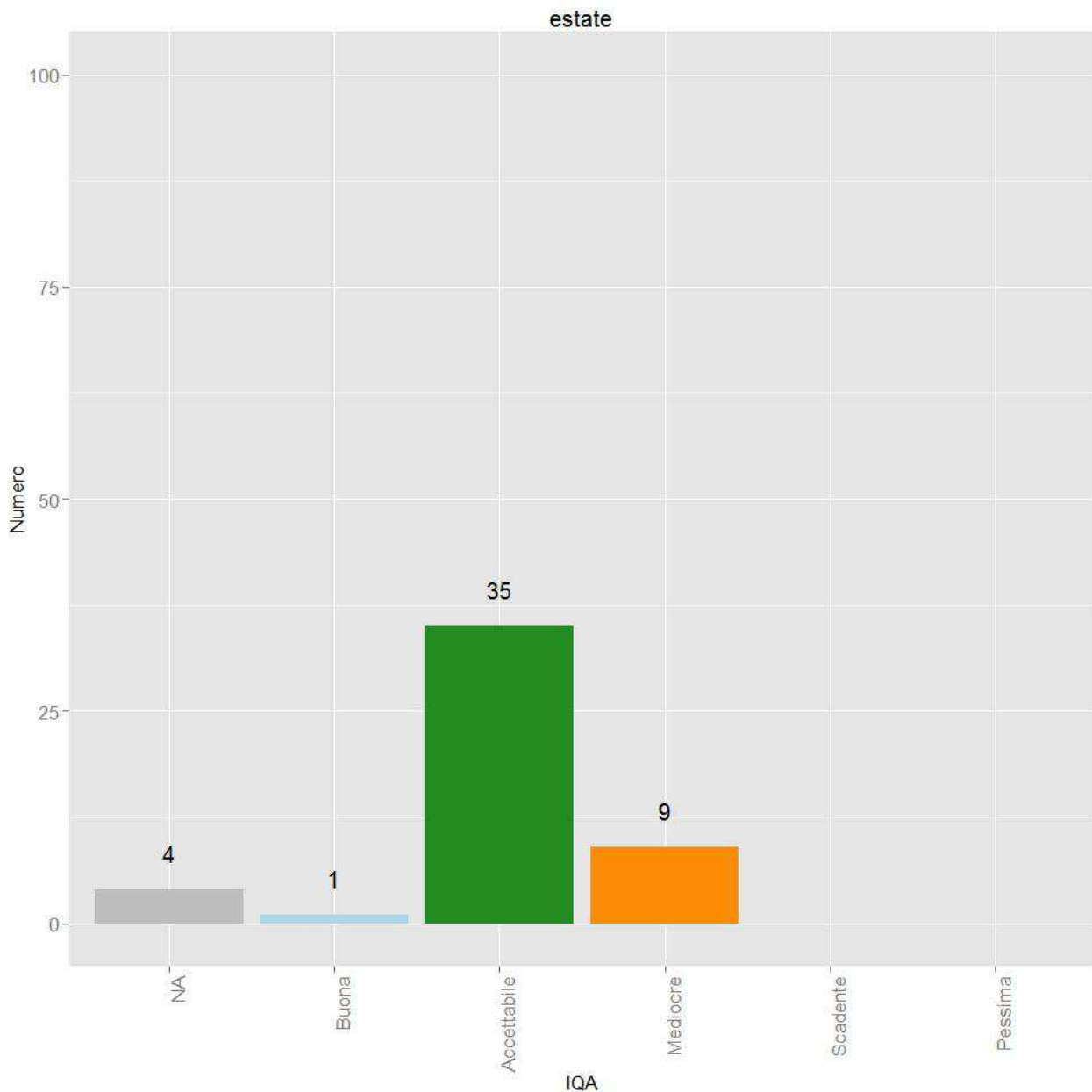


Figura 12. Indice di Qualità dell'aria a VR-via Udine, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per VR-via Udine.

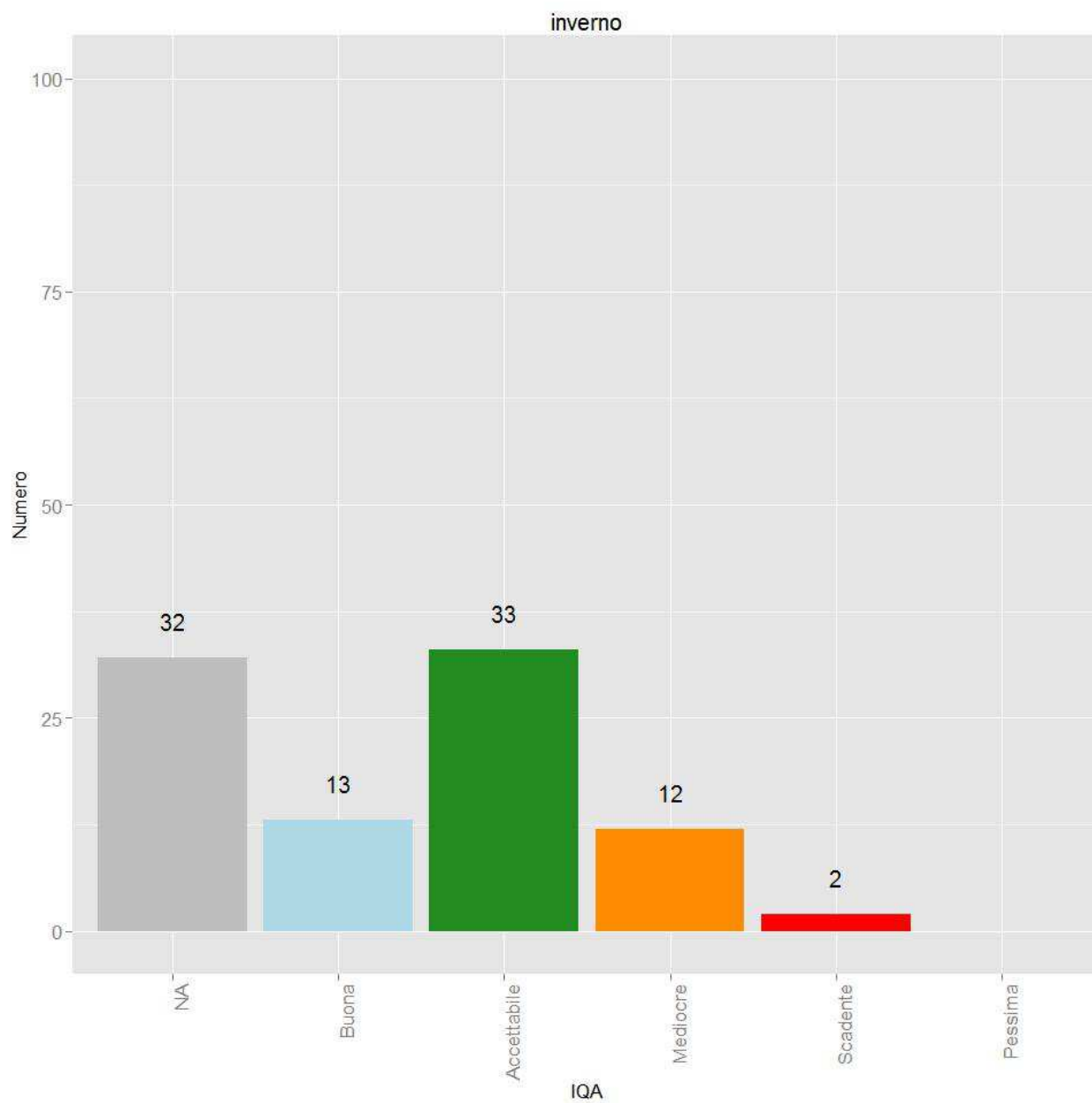


Figura 13. Indice di Qualità dell'aria a VR-via Udine, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per VR-via Udine.

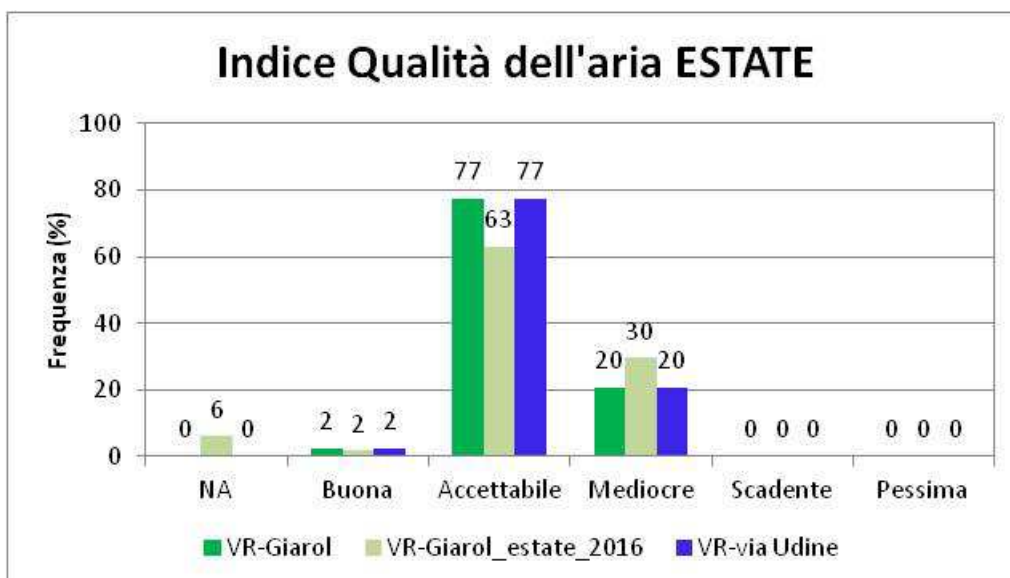


Figura 14 . Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione estiva. Le tre serie si riferiscono ai dati di VR-Giarol nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a VR-via Udine ("VR-Giarol"), ai dati di VR-Giarol in tutta l'estate 2016 ("VR-Giarol_ESTATE_2016"), ai dati della campagna estiva a VR-via Udine ("VR-via Udine"). Per la serie "VR-Giarol" e la serie "VR-via Udine" sono stati considerati solo i giorni in cui è disponibile il dato in entrambe le postazioni, al fine di effettuare un confronto sullo stesso periodo.

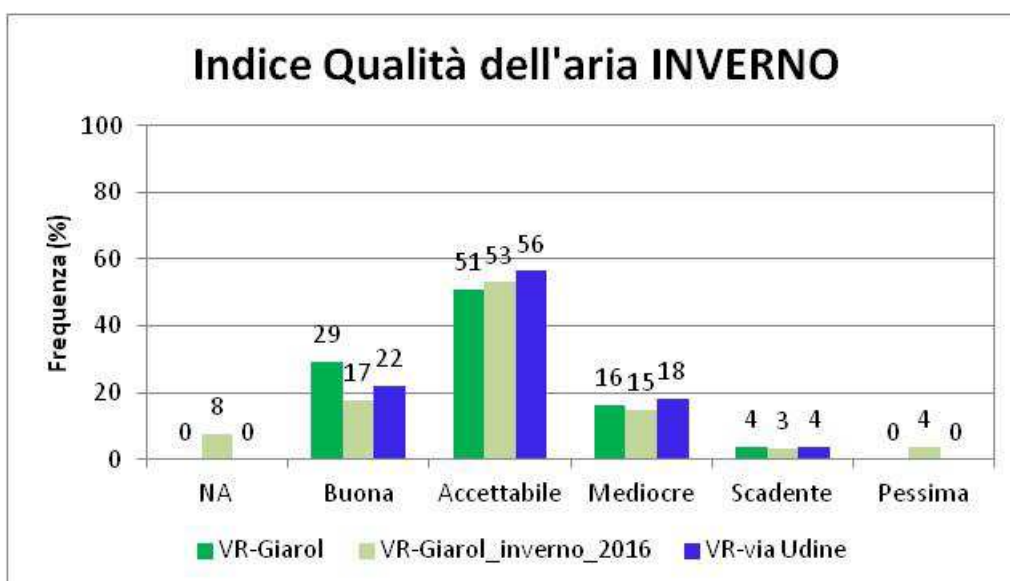


Figura 15. Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione invernale. Le tre serie si riferiscono ai dati di VR-Giarol nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a VR-via Udine ("VR-Giarol"), ai dati di VR-Giarol nei mesi invernali del 2016 ("VR-Giarol_INVERNO_2016"), ai dati della campagna invernale a VR-via Udine ("VR-via Udine"). Per la serie "VR-Giarol" e la serie "VR-via Udine" sono stati considerati solo i giorni in cui è disponibile il dato in entrambe le postazioni, al fine di effettuare un confronto sullo stesso periodo.

Indice di qualità dell'aria

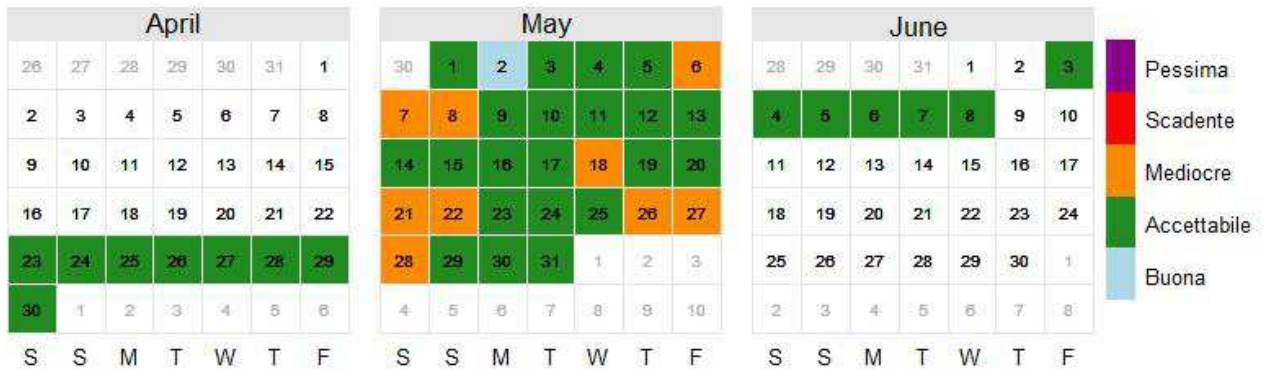


Figura 16. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di VR-via Udine, ESTATE 2016.

Indice di qualità dell'aria

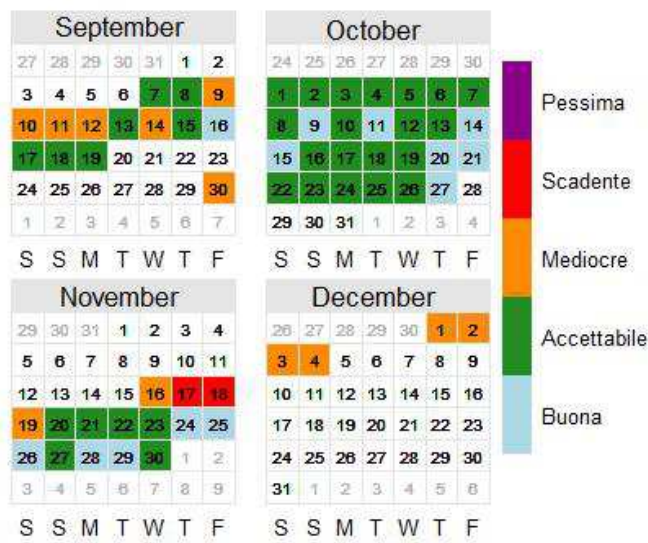


Figura 17. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di VR-via Udine, INVERNO 2016.

16. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La centralina di traffico urbano di VR-Borgo Milano, posta circa 4 km a nord-ovest di VR-via Udine, e la centralina di fondo urbano di VR-Giarol, nella zona est della città, sono le stazioni di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area individuata dalla zonizzazione come IT0512 "Agglomerato Verona", a cui appartiene anche il punto di monitoraggio di VR-via Udine. È stato effettuato un confronto tra i dati degli inquinanti più significativi (NO₂, 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 18 a 21. Fino al 2016, la stazione di fondo urbano era localizzata a VR-Cason, pertanto i grafici riportano i valori relativi alla centralina fissa di VR-Cason fino al 2015 e successivamente i dati relativi a VR-Giarol. Nelle figure sono rappresentate le due serie temporali della concentrazione media annua di un inquinante misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano (linea-quadrato arancione), VR-Cason (linea-quadrato verde scuro, fino al 2015) e VR-Giarol (singolo quadrato verde chiaro, dal 2016); le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne del 2016, misurata dal mezzo mobile in VR-via Udine (barra blu), e dalle centraline di VR-Borgo Milano (barra arancione) e VR-Giarol (barra verde chiaro).

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni analizzati, sia presso la stazione di traffico che presso la stazione di fondo. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono inferiori alla rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna a VR-via Udine risulta leggermente più alto rispetto a quello delle medie annuali nel 2016 e delle medie di campagna registrate dalle stazioni fisse.

Il benzene, negli anni considerati, mostra una tendenza alla diminuzione. Nei due periodi di campagna di misura, la concentrazione di benzene a VR-Borgo Milano e VR-Giarol è stata inferiore al limite di rilevabilità, e più bassa del valore medio corrispondente relativo all'anno 2016. Quest'ultimo è tuttavia decisamente più basso del limite annuale di 5 µg/m³. Il valore medio misurato durante la campagna di via Udine è più alto del corrispondente valore relativo alle centraline di riferimento, ma non si discosta da esse così tanto da portare a pensare che ci possa essere stato un superamento di tale limite in VR-via Udine.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2010 e il 2016, pur essendoci un massimo locale nel 2011 e nel 2015. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di VR-Borgo Milano e VR-Giarol sono di poco inferiori a quello medio del 2016. La concentrazione media a VR-via Udine è superiore a quella di entrambe le stazioni di riferimento.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2010 e il 2015 ha avuto un andamento variabile, con valori medi annuali superiori al limite annuale di 1 ng/m³ solo nell'anno 2015 a VR-Cason, e una tendenza all'aumento a VR-Cason a partire dal 2010. I valori misurati durante la campagna di misura, sia in VR-via Udine sia a VR-Giarol, sono inferiori al valore medio annuale misurato nel 2016. Il valore relativo a VR-via Udine è stato inferiore a quello di VR-Giarol, dove non è avvenuto il superamento del limite annuale di 1 ng/m³: è pertanto probabile che tale limite sia stato rispettato anche in VR-via Udine.

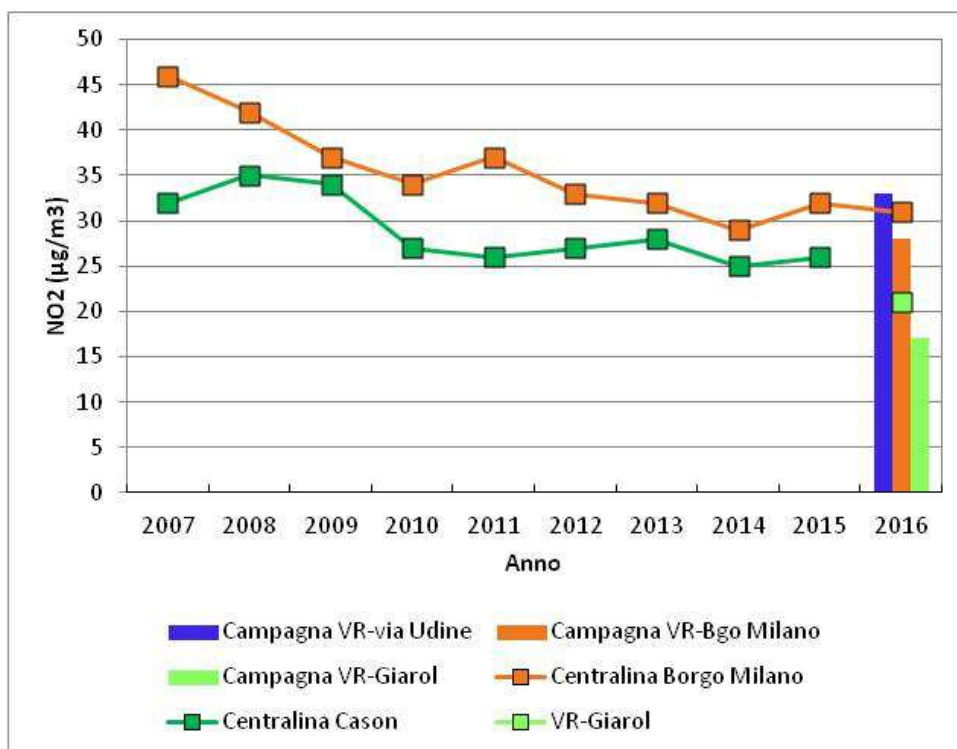


Figura 18: NO₂. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano (linea-quadrato arancione), VR-Cason (linea-quadrato verde scuro, fino al 2015) e VR-Giarol (singolo quadrato verde chiaro, dal 2016). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile in VR-via Udine (barra blu), e dalle centraline di VR-Borgo Milano (barra arancione) e VR-Giarol (barra verde chiaro).

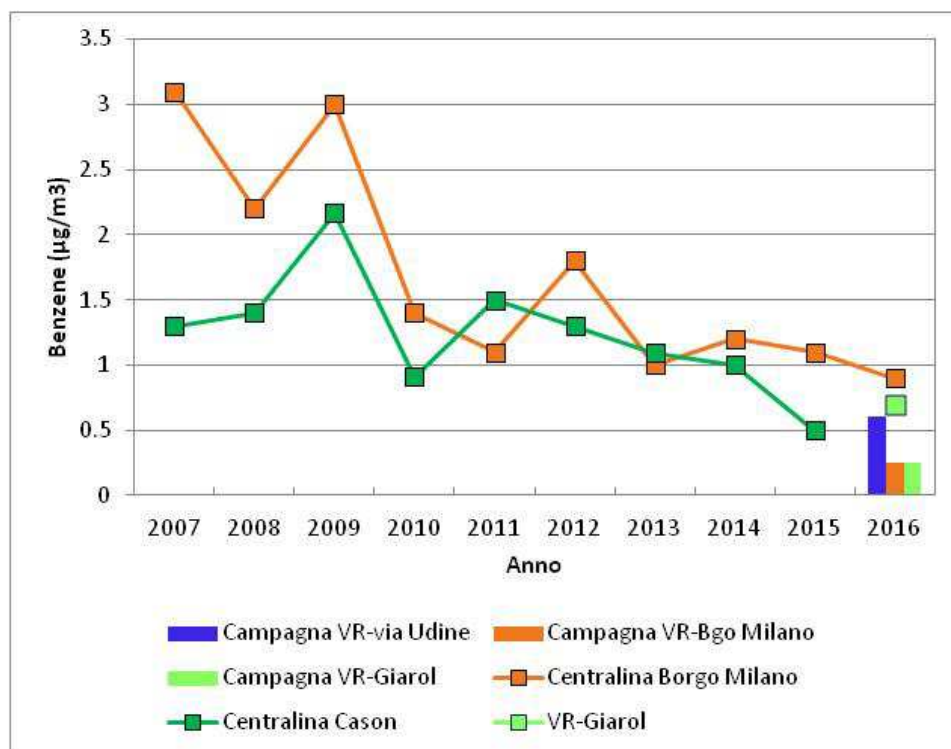


Figura 19. Benzene: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano e VR-Giarol, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a VR-via Udine, e dalle centraline di VR-Borgo Milano e VR-Giarol (come in figura 18)

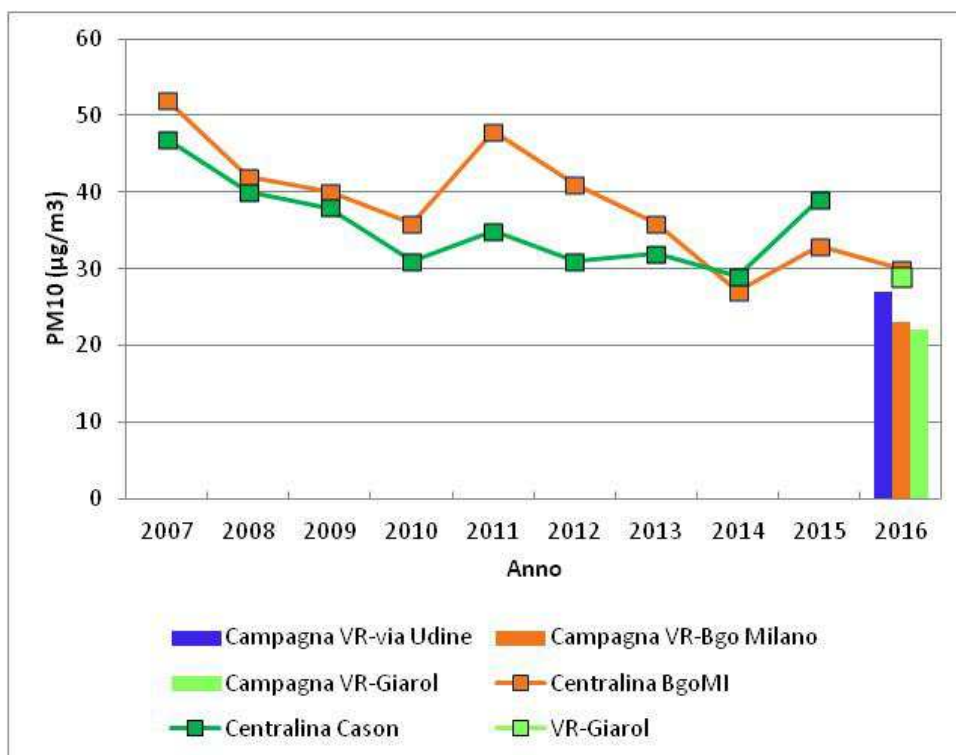


Figura 20. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di VR-Borgo Milano e VR-Giarol, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a VR-via Udine, e dalle centraline di VR-Borgo Milano e VR-Giarol (come in figura 18).

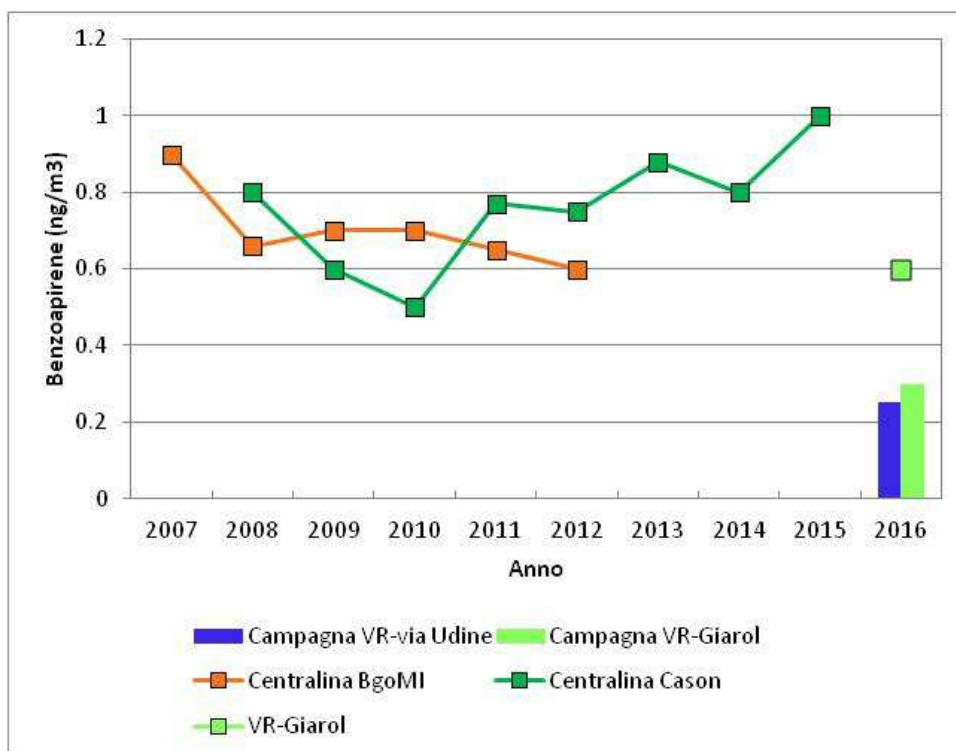


Figura 21. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso la centralina fissa di VR-Giarol, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a VR-via Udine, e dalla centralina di VR-Giarol (come in figura 18).

17. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Verona in via Udine, nel parcheggio antistante l'Istituto comprensivo Verona 11. Via Udine si trova nel quartiere meridionale del comune di Verona, denominato Borgo Roma, che rappresenta un'area già soggetta a forti pressioni ambientali e che sarà interessata da un progetto di riqualificazione. Infatti, in questo quartiere si trova l'ospedale di Borgo Roma, a ovest c'è la zona della Fiera, ed è circondato da importanti arterie stradali quali l'autostrada e la Tangenziale Sud a sud, viale del Lavoro a ovest e via San Giacomo a est. Il progetto di riqualificazione prevede la realizzazione di un centro commerciale e di altre realtà commerciali che rappresenteranno ulteriori attrattori di traffico e andranno ad aumentare ulteriormente la pressione ambientale su questa zona. Sarà quindi interessante confrontare i dati di inquinamento atmosferico prima e dopo la realizzazione di queste nuove opere, e a tale scopo sono state pianificate altre campagne di misura, da effettuarsi dopo tali interventi.

La campagna di misura estiva di VR-via Udine, è stata svolta dal 22 aprile al 9 giugno 2016. Quella invernale, è stata realizzata in due periodi: dal 5 settembre al 28 ottobre e dal 15 novembre al 5 dicembre 2016. La campagna estiva è stata svolta in un periodo con piovosità e ventilazione superiori alla media tipica di questo periodo dell'anno; quella invernale è stata caratterizzata da una piovosità nella media e da una ventilazione inferiore a quella tipica di questo periodo.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO_x, SO₂, O₃, le medie giornaliere di PM10 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.

Gli ossidi di azoto si sono rivelati gli inquinanti più critici per il sito monitorato. Essi sono legati principalmente alle emissioni da traffico. Pur non essendoci stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta (in VR-via Udine come anche nelle stazioni di riferimento del comune di Verona), i valori medi e massimi registrati in VR-via Udine sono più elevati di quelli misurati a VR-Borgo Milano e a VR-Giarol. L'andamento delle concentrazioni medie nel corso della giornata a VR-via Udine e presso le stazioni di riferimento mostra che durante le ore diurne i valori medi di NO₂ in VR-via Udine sono simili a quelli di VR-Borgo Milano, mentre durante la notte e in corrispondenza dei picchi di traffico essi sono più elevati. L'analisi del rapporto tra le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ e NO_x evidenzia una maggior componente di origine secondaria (NO₂) in VR-via Udine rispetto a VR-Borgo Milano. Questo indica la presenza di un contributo importante alle concentrazioni di ossidi di azoto, oltre che da parte del traffico veicolare in prossimità del punto di monitoraggio, anche da sorgenti emissive più lontane, siano esse sorgenti di traffico o di altra natura. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 33 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³; invece la stessa media relativa agli NO_x è 62 µg/m³, ampiamente superiore al limite annuale per la protezione degli ecosistemi di 30 µg/m³.

Anche le polveri sottili rappresentano un inquinante critico per la postazione di VR-via Udine. Infatti, i valori medi e massimi di PM10 relativi a VR-via Udine sono stati superiori a quelli delle centraline di VR-Borgo Milano e VR-Giarol nello stesso periodo, in entrambe le campagne di misura. In VR-via Udine sono avvenuti 9 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, pari all'8% del periodo monitorato.

La stima del valore medio annuale per il sito di VR-via Udine, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (VR-Giarol), è stata 36 µg/m³, che è di poco inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 68 µg/m³, il che determina un superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ per un numero di volte superiore al limite di 35 su base annua.

Le concentrazioni medie di ozono registrate a VR-via Udine sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di VR-Giarol. Il limite di 120 µg/m³ 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 vicino ma superiore a quello misurato presso la stazione di VR-Giarol.

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, in estate presenta valori medi inferiori al limite di rilevabilità strumentale, in VR-via Udine come anche presso le centraline di riferimento; in inverno, solo in VR-via Udine tale soglia viene superata. Il confronto con i dati delle centraline di riferimento e con i dati storici, suggerisce che il limite annuale per questo inquinante ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sia rispettato in VR-via Udine.

La concentrazione di benzo(a)pirene in VR-via Udine rimane sempre molto bassa in estate, mentre in inverno assume valori anche elevati, se confrontati con il limite normativo relativo a questo inquinante. Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è $0.23 \text{ ng}/\text{m}^3$. I valori medi relativi a VR-via Udine sono di poco inferiori a quelli di VR-Giarol. Il confronto con la centralina di riferimento e con i valori storici suggerisce che il limite annuale di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ sia stato rispettato in VR-via Udine.

L'indice di qualità dell'aria, durante la campagna di monitoraggio estiva in via Udine, è risultato per il 77 % giorni accettabile, 20% mediocre e solo per il 2% buono; analogamente presso il sito di Verona-Giarol. In inverno la situazione è peggiore a Verona-via Udine, con il 56% di giorni accettabili (51% a Verona Giarol), il 18% dei giorni con qualità dell'aria mediocre contro il 16% di VR.-Giarol e con solo il 22% dei giorni con QA buona contro il 29% di VR-Giarol.

ALLEGATO

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

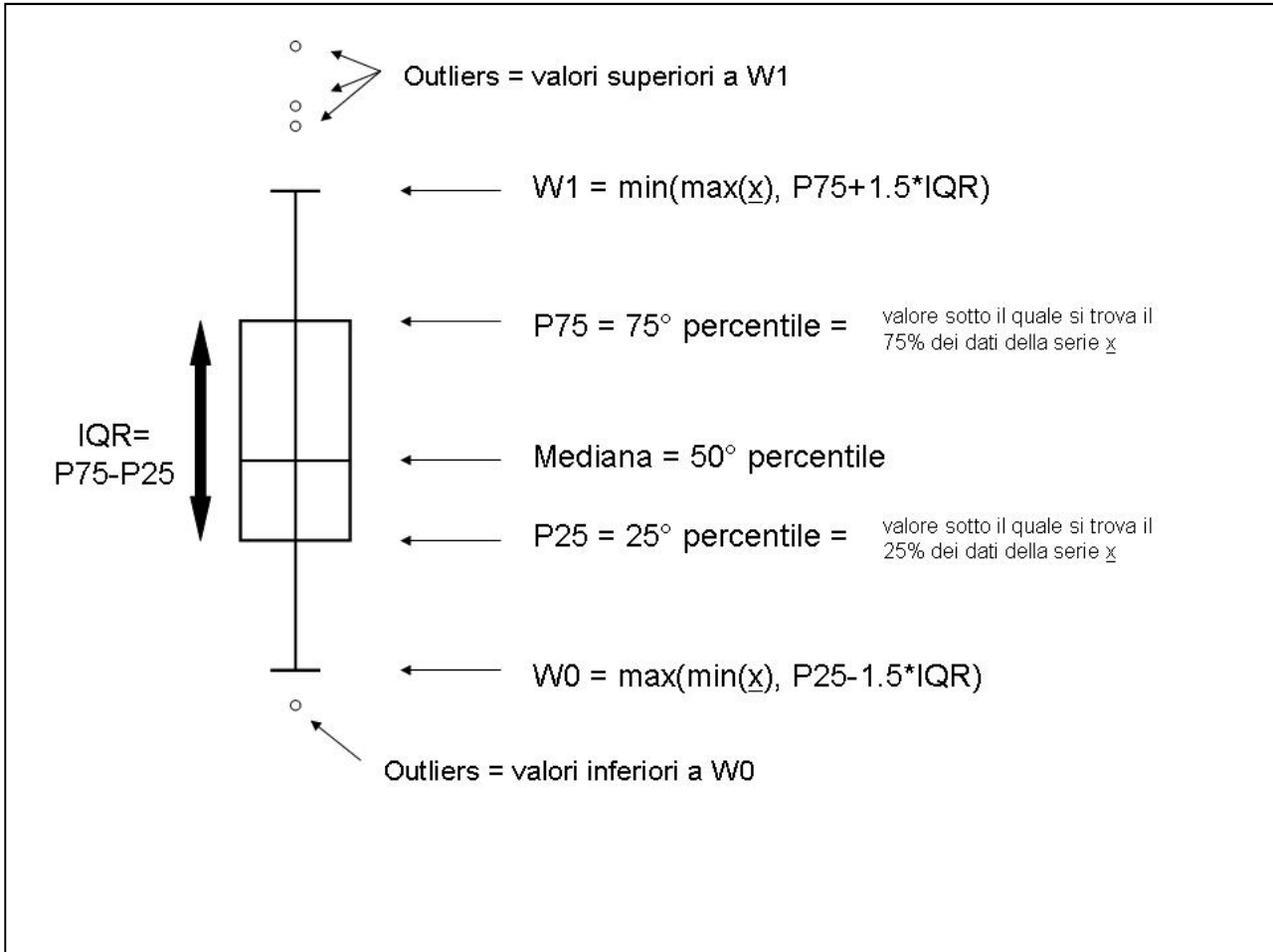
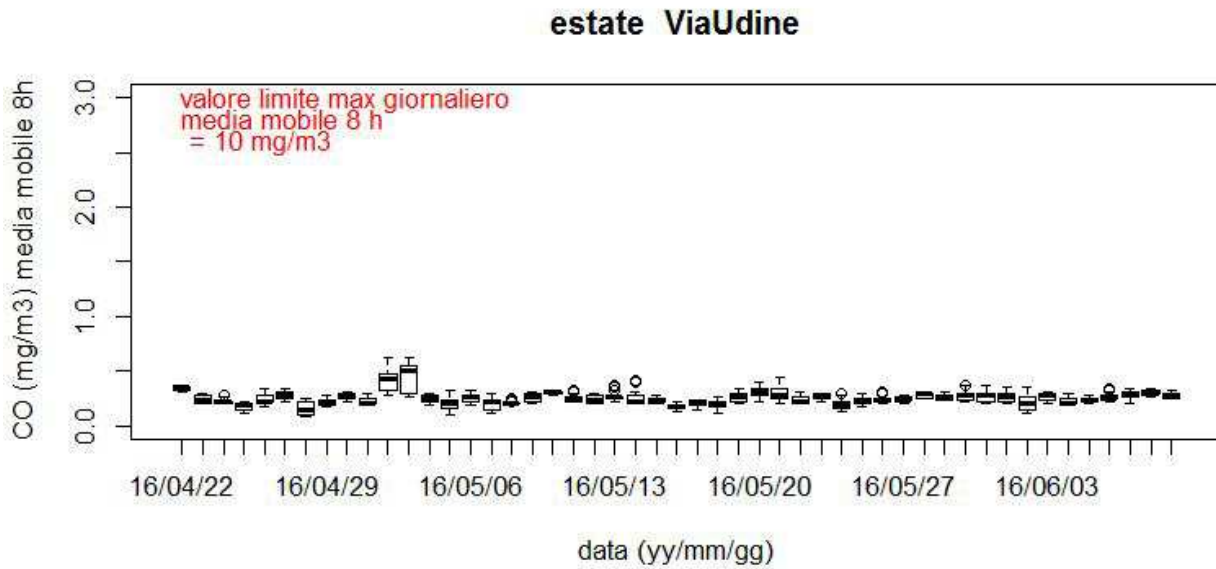


Figura 22. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il “box” è il 25° percentile, cioè il valore rispetto al quale il 25% dei dati è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il “box” è il 75° percentile, cioè il valore rispetto al quale il 75% dei dati è inferiore. 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.

Grafico 1 – Concentrazione di CO (mg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

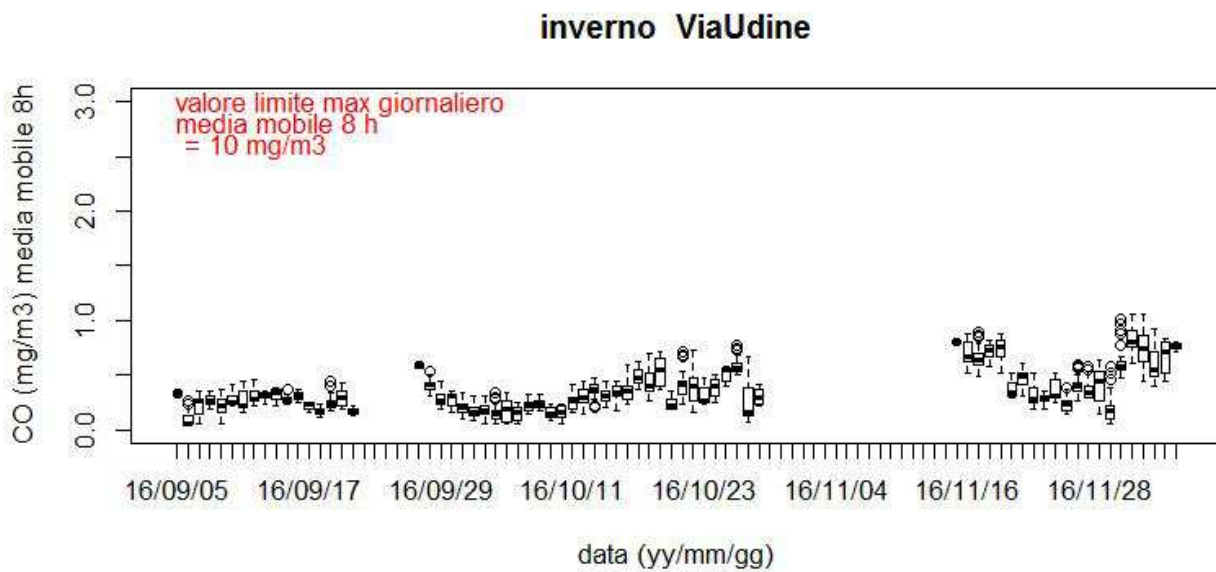
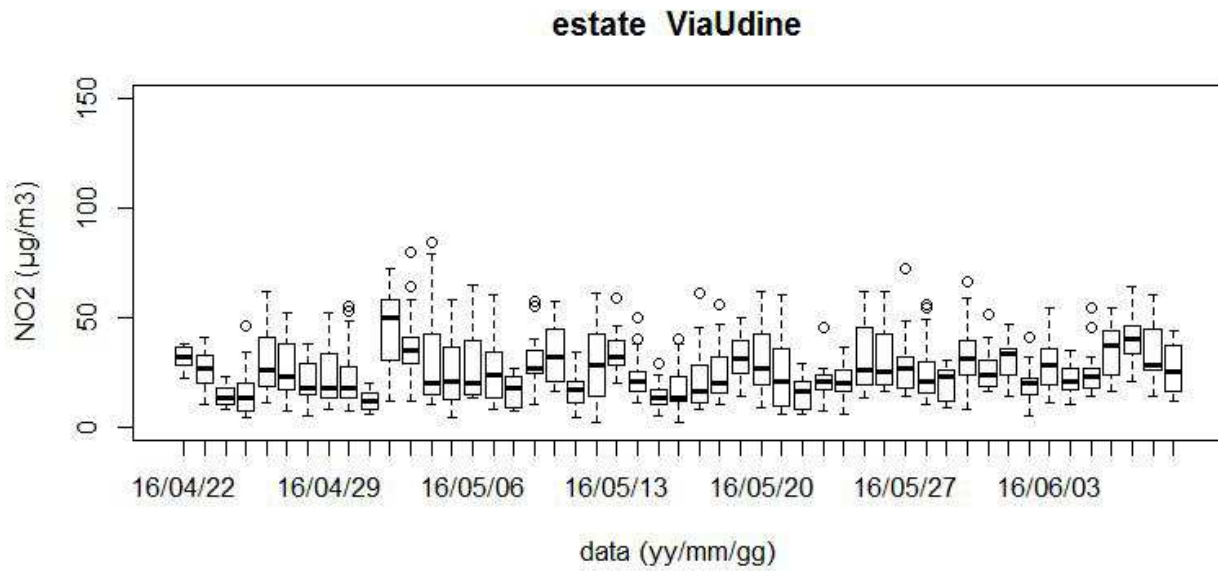


Grafico 2 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. “Esposizione acuta”.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

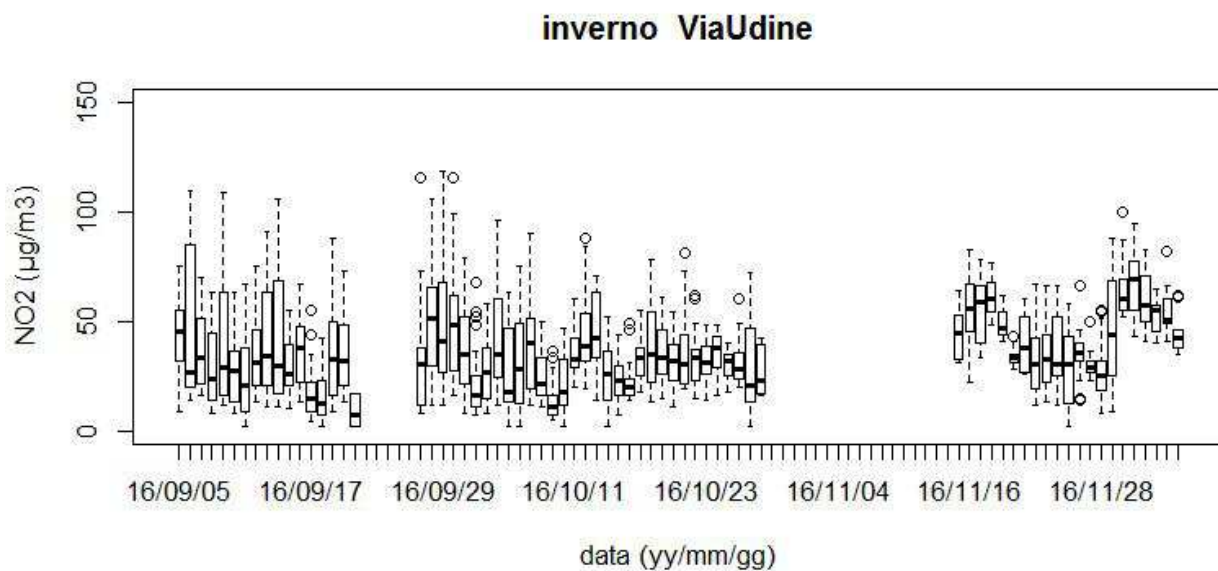
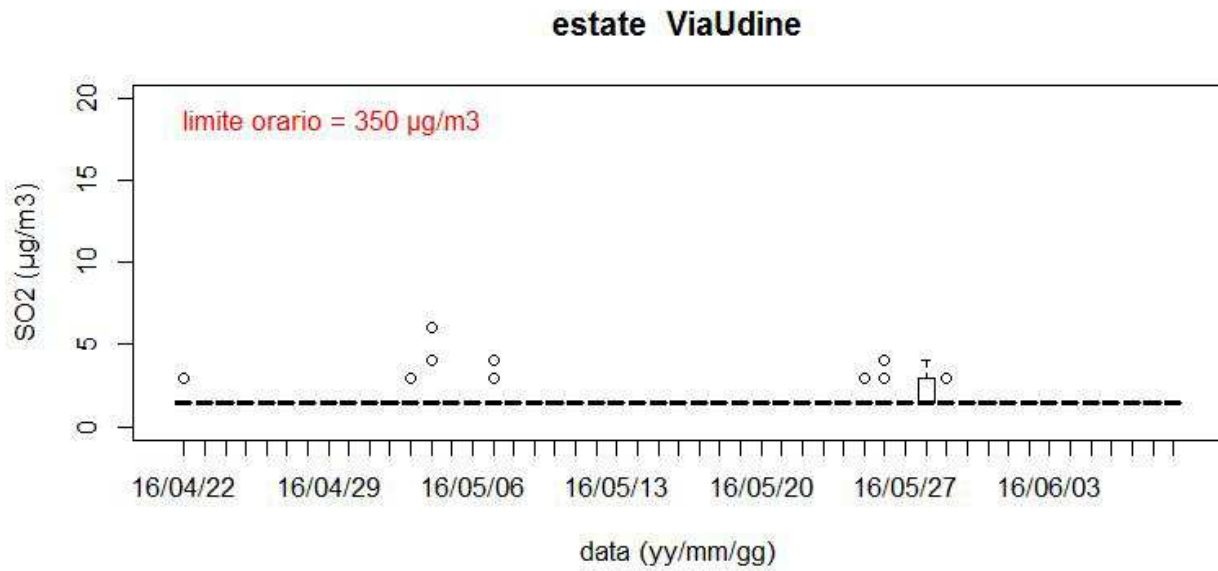


Grafico 3 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

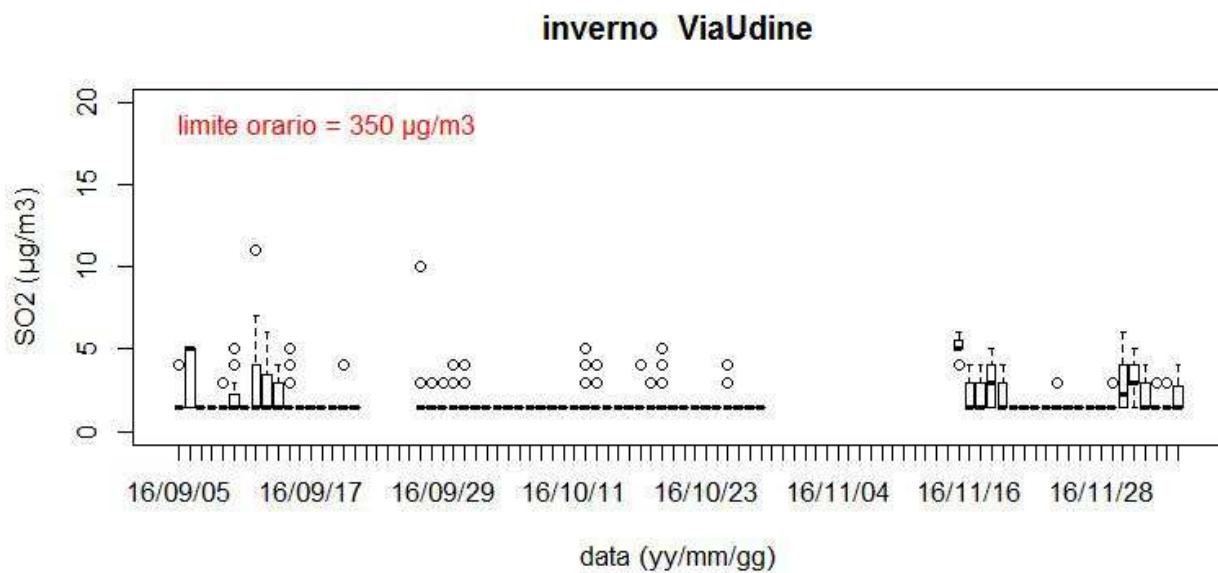
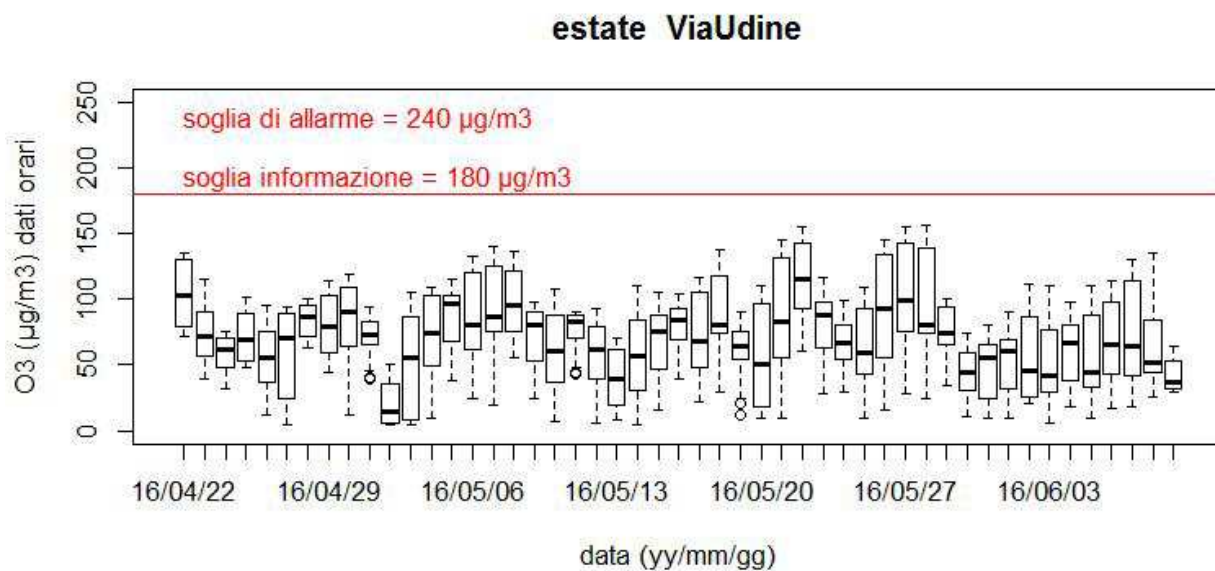


Grafico 4 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

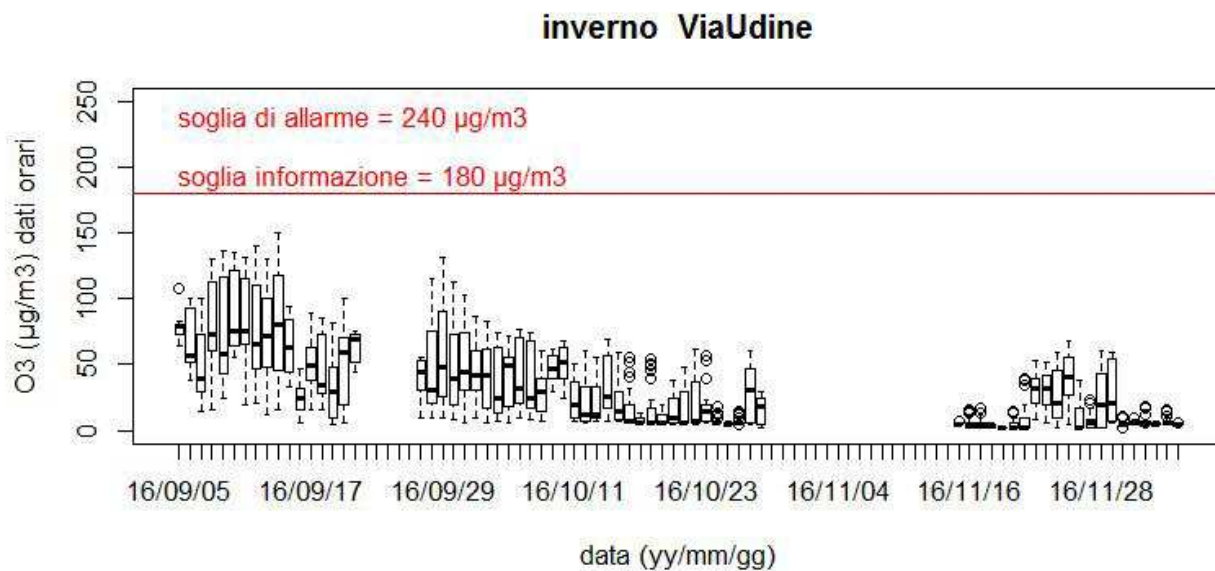
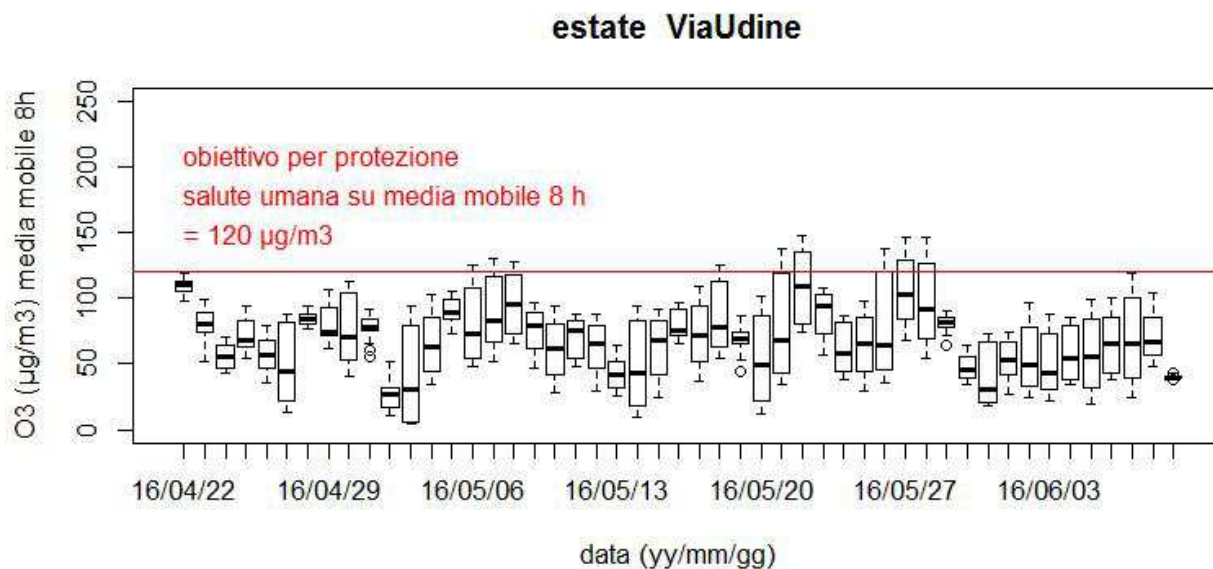


Grafico 5 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

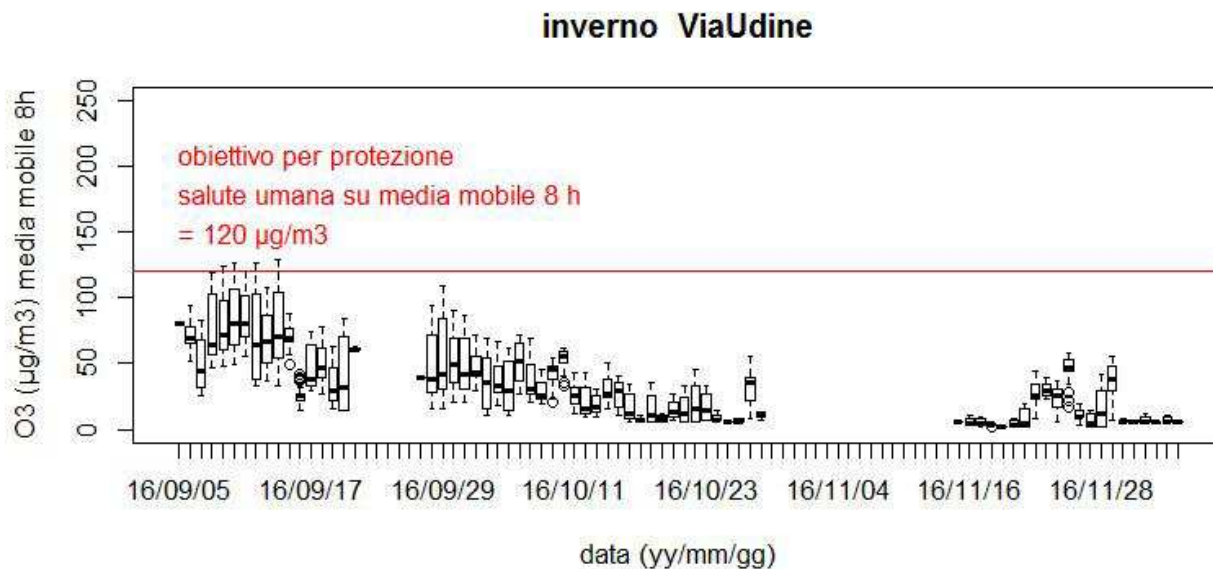


Grafico 6 – Concentrazione giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a VR-Borgo Milano e VR-Giarol. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno.

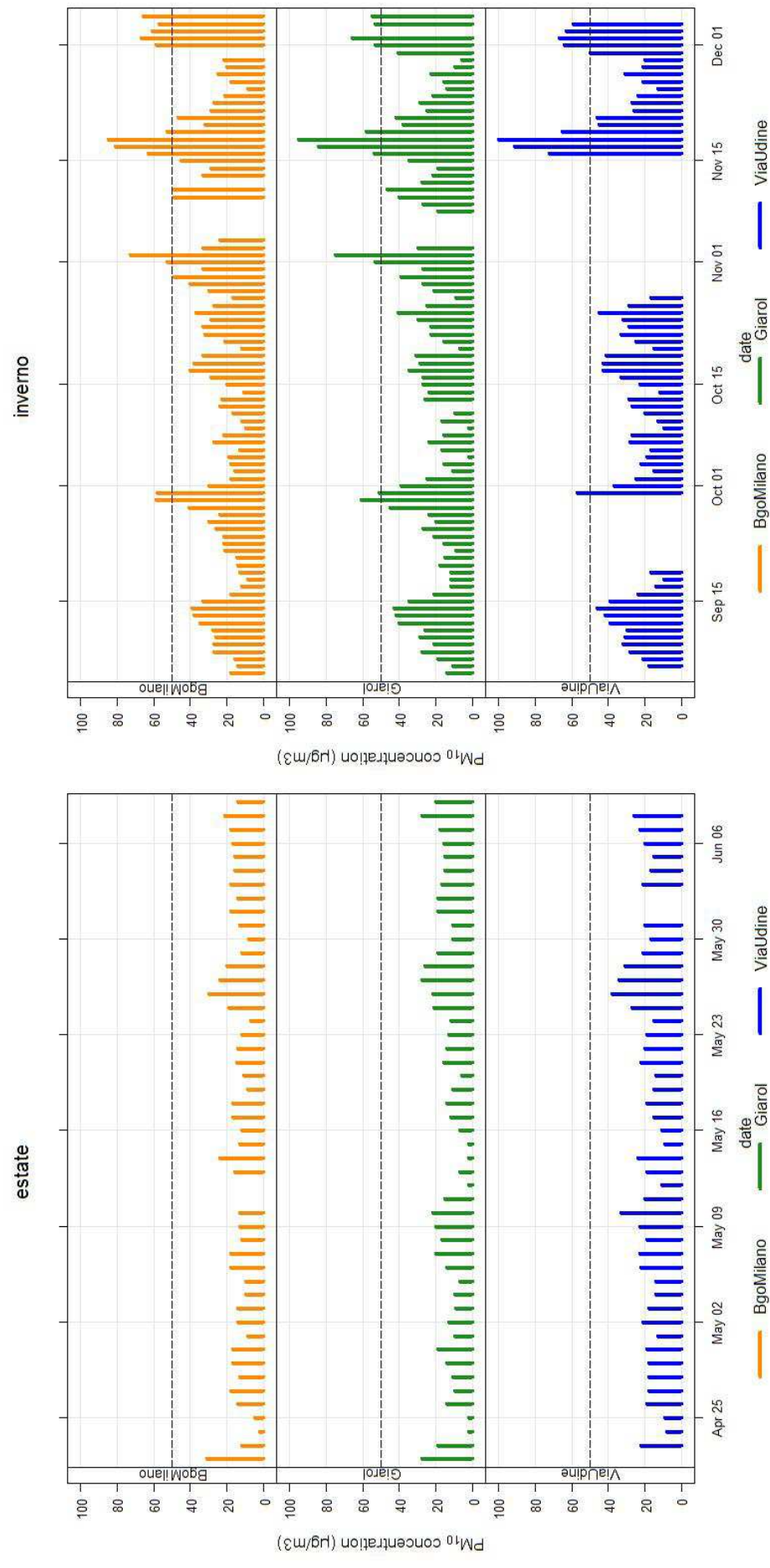


Grafico 7 – Concentrazione di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a VR-Borgo Milano, VR-Giarol, VR-Borgo Udine nella campagna di misura estiva (sopra) e invernale (sotto). La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valor medio, misurato tramite campionatore passivo esposto per un certo numero di giorni, viene attribuito a ogni giorno di esposizione.

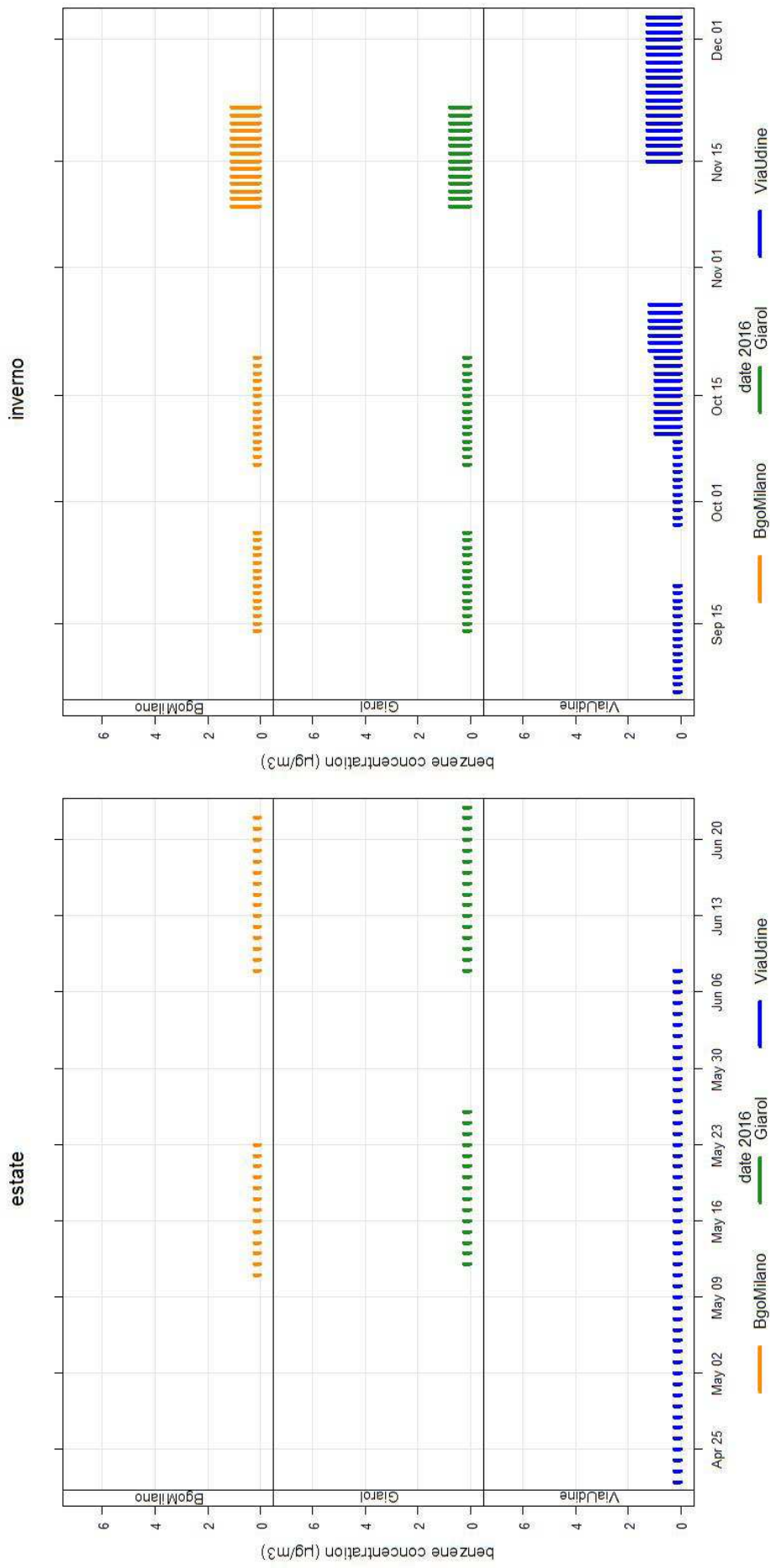


Grafico 8 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m³) a VR-Giarol, VR-Borgo Milano e VR-via Udine nella campagna di misura estiva (sopra) e invernale (sotto). La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m³.

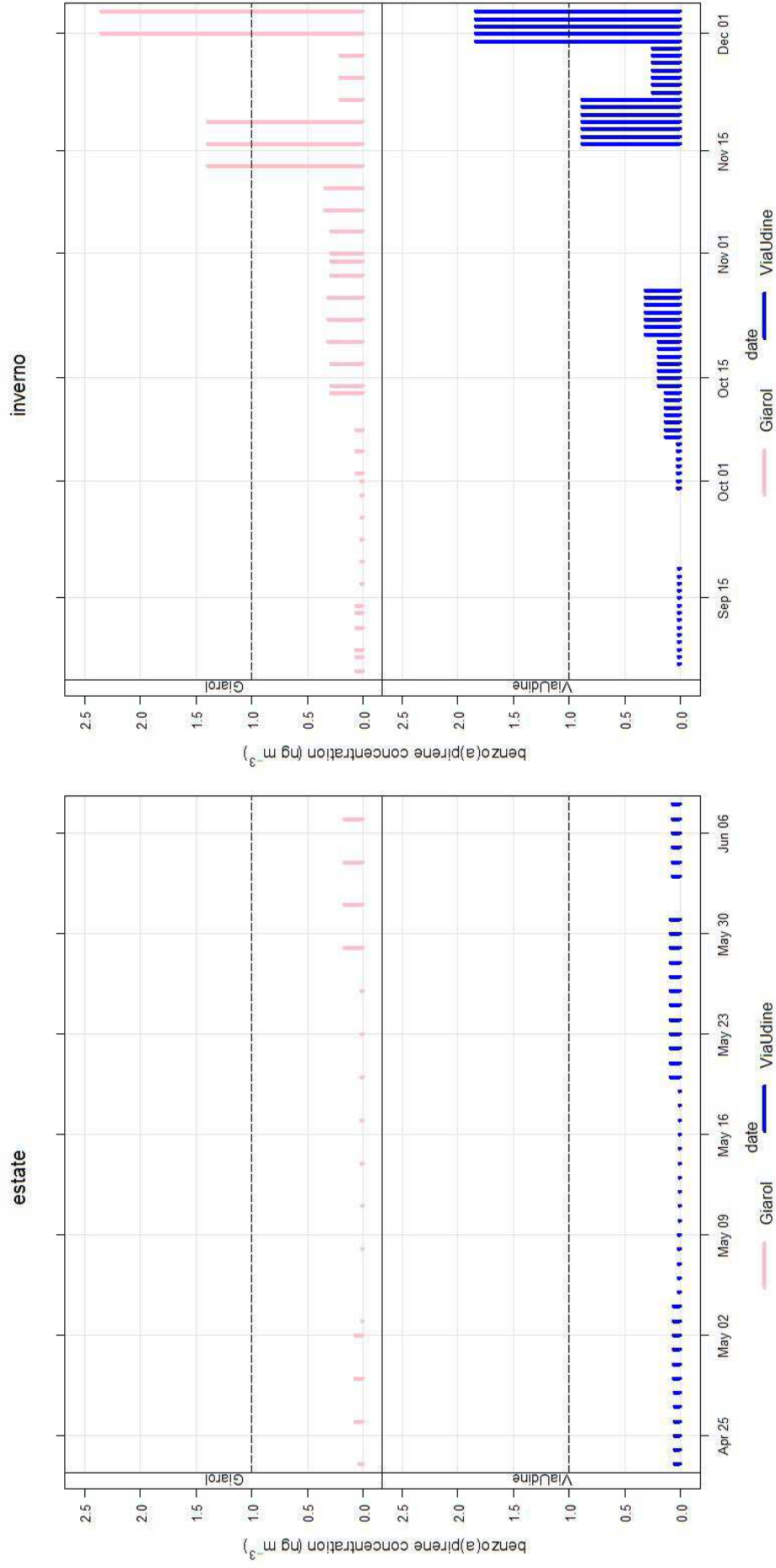


Grafico 9 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

Relazione tecnica n. 2/2017

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

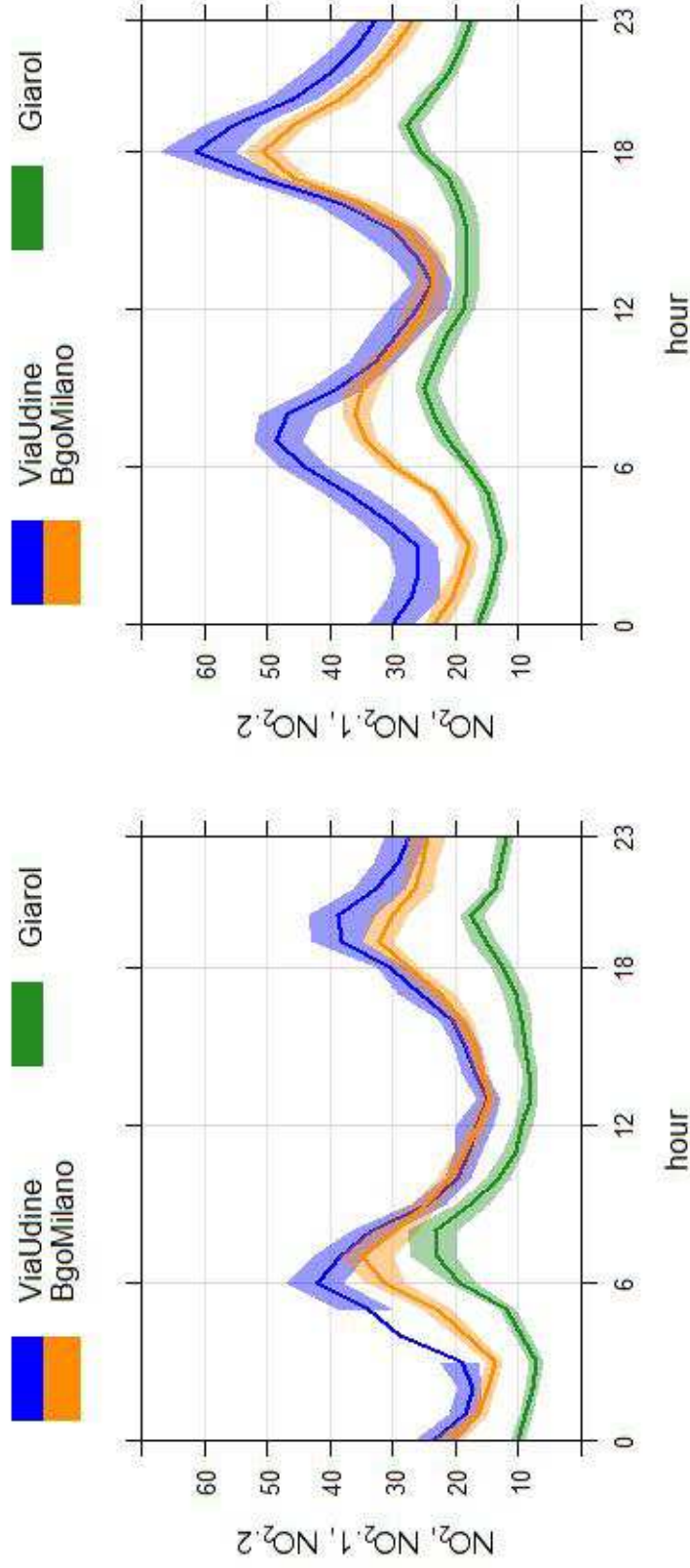


Grafico 10 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

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

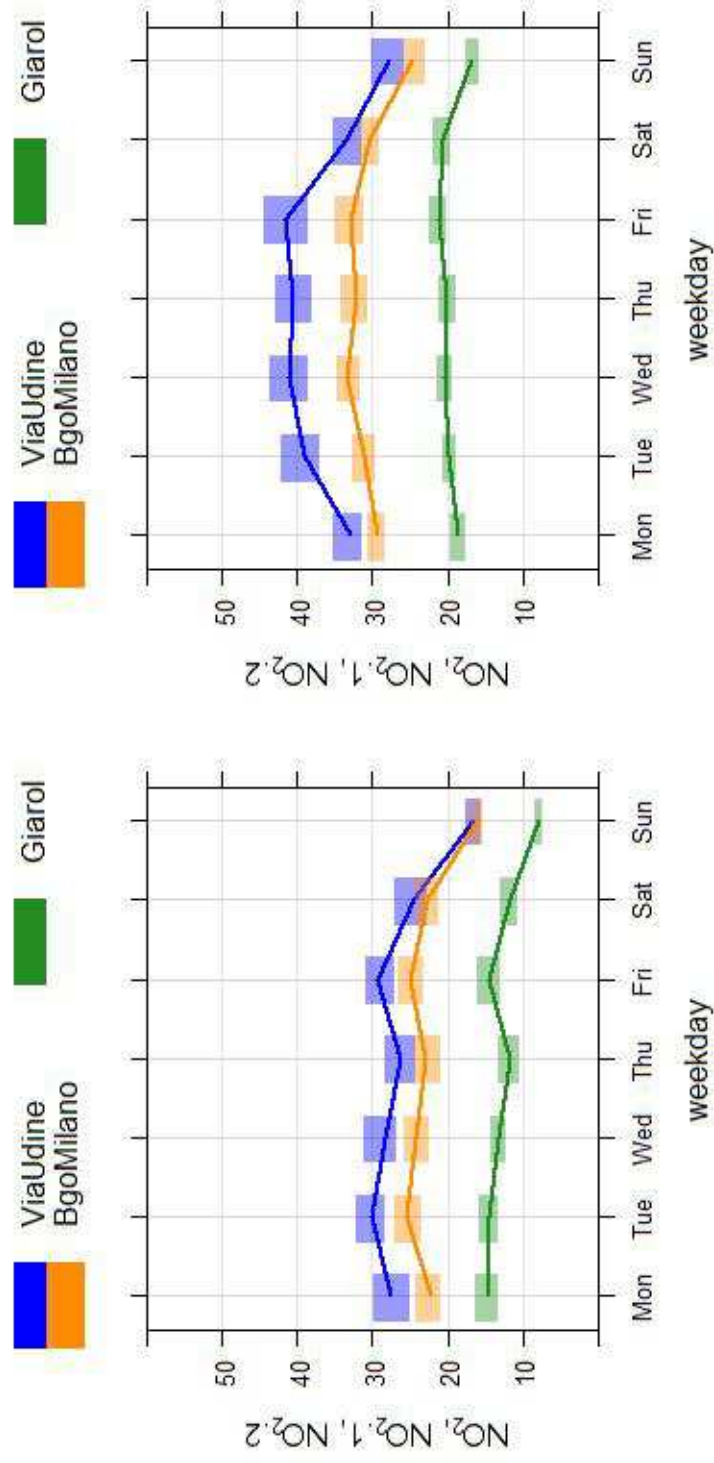


Grafico 11 – Serie temporale valori giornalieri del rapporto NO₂/NO_x, in VR-via Udine, VR-Borgo Milano e VR-Giarol, durante la campagna estiva (sopra) e invernale (sotto).

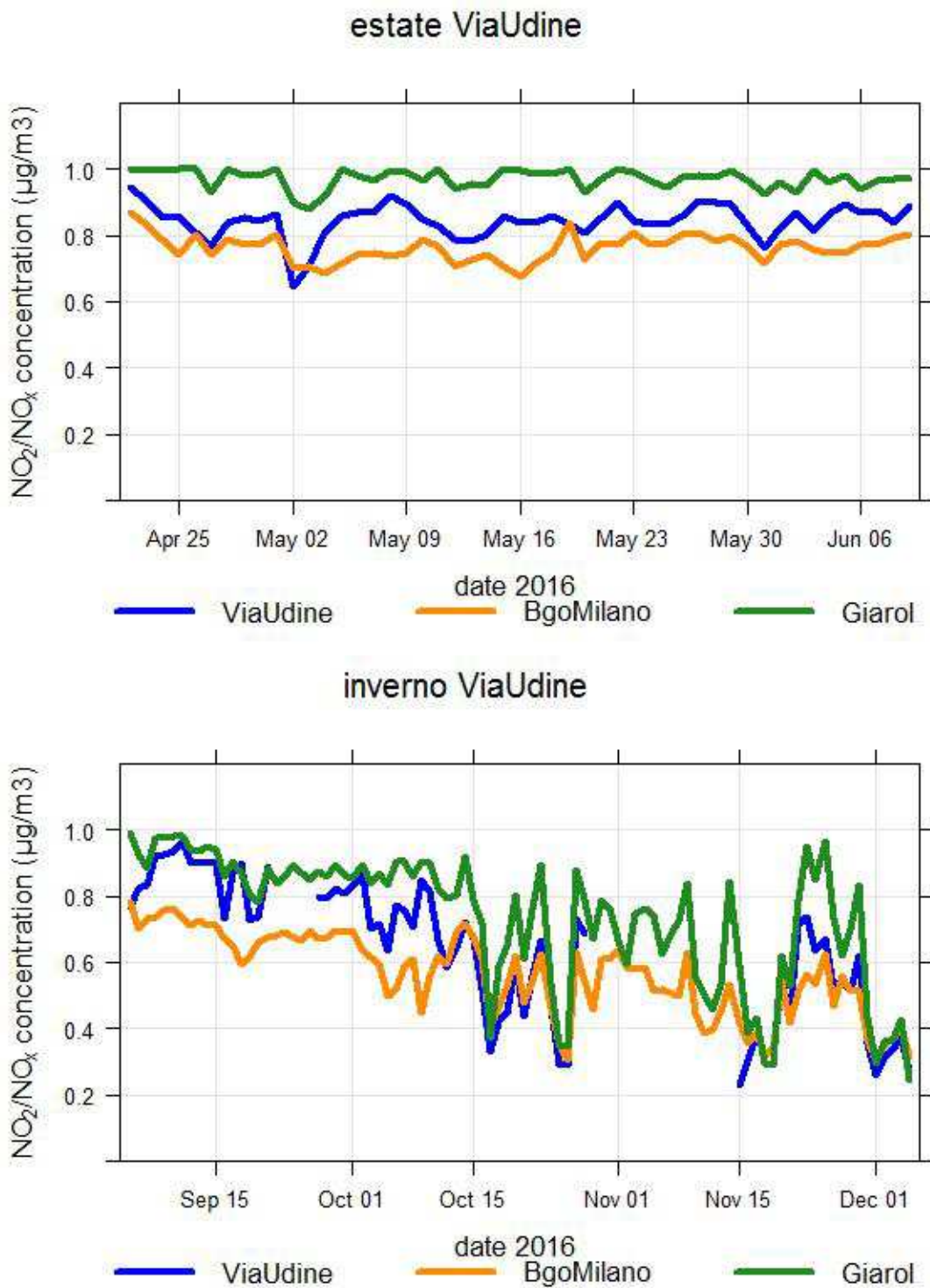


Grafico 12 – Giorno tipo O₃ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%.

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

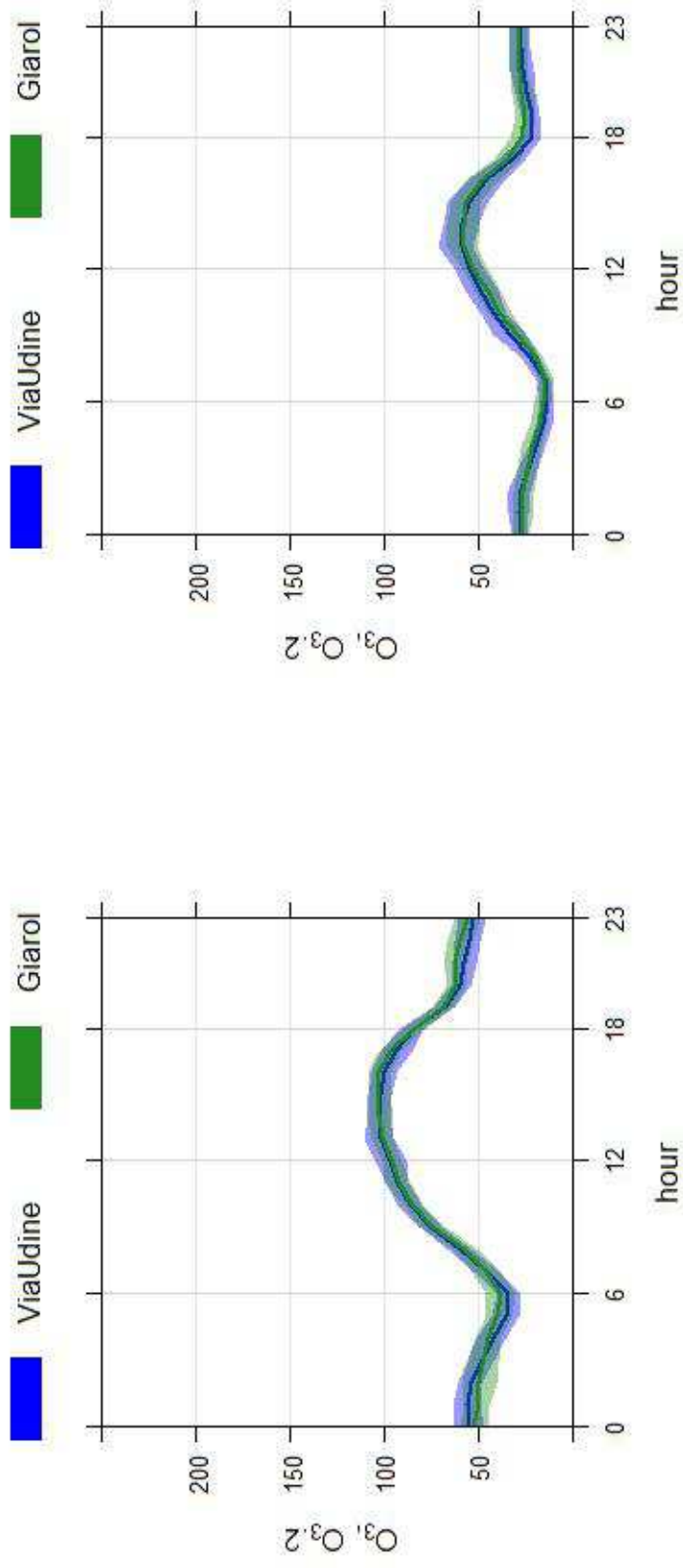
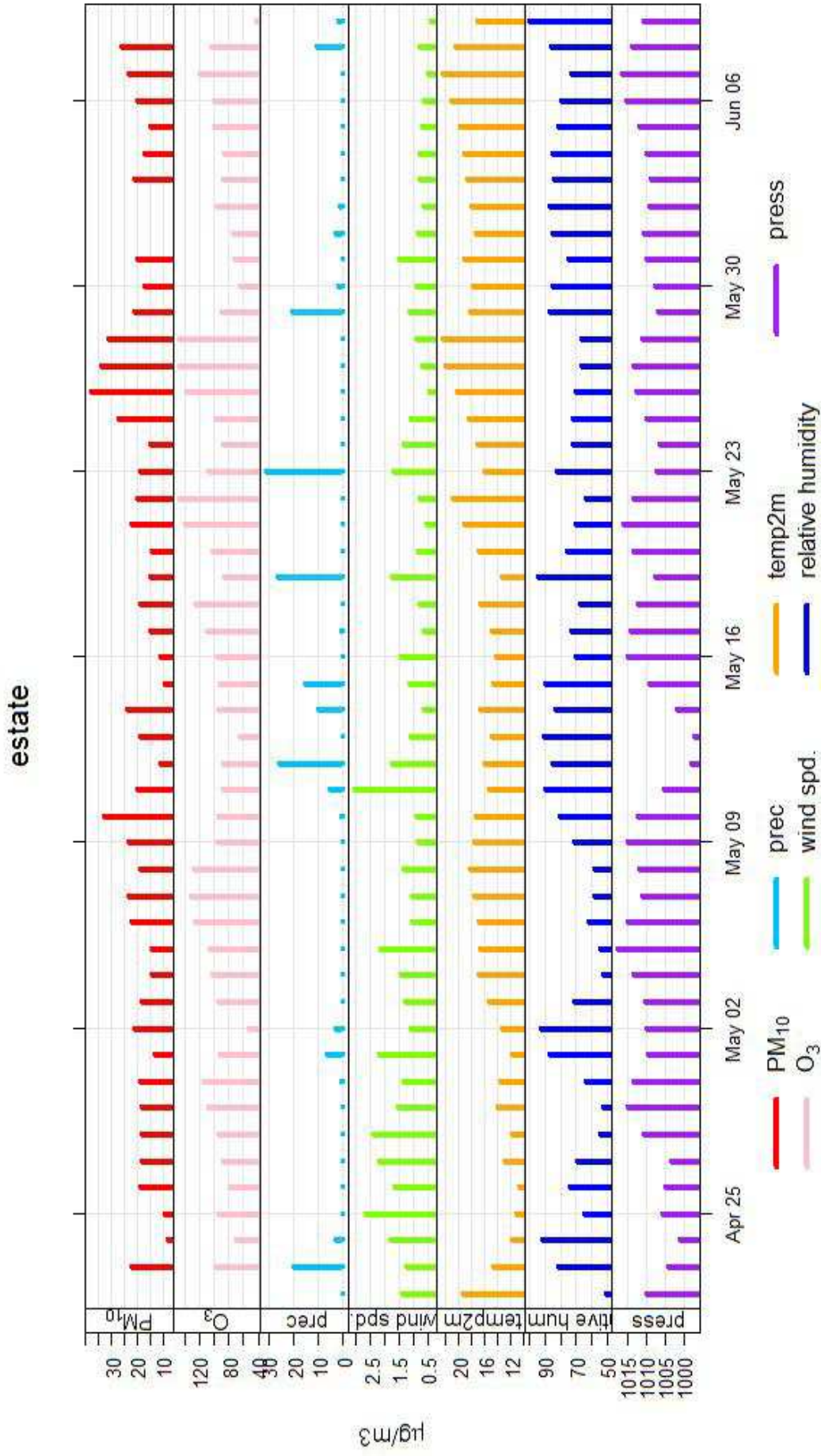


Grafico 13 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O₃ (µg/m³) a VR-via Udine, e variabili meteorologiche della stazione di Buttapietra: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%). La pressione (press, mbar) è stata rilevata presso Verona-Giarol.



inverno

