

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Sommacampagna

Località Accademia, Sommacampagna (VR)



Periodo di attuazione:

08/07/2016 – 29/08/2016 (periodo estivo)

30/09/2016 – 27/10/2016 (periodo invernale)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Ing. Giancarlo Cunego

Servizio Controlli Ambientali

Dottoressa Francesca Predicatori

Dottoressa Simona De Zolt Sappadina

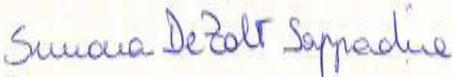
Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

Contestualizzazione meteo-climatica

Maria Sansone

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

Relazione tecnica n. 10/2017		Data : 13/07/2017
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.	Periodo estivo: 08/07/2016 – 29/08/2016.....	8
3.2.	Periodo invernale: 30/09/2016 – 27/10/2016.....	10
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	12
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	13
6.	Efficienza di campionamento.....	14
7.	Analisi dei dati rilevati.....	16
7.1.	Monossido di carbonio (CO).....	17
7.2.	Biossido di azoto (NO ₂) – Ossidi di azoto (NO _x).....	17
7.3.	Biossido di zolfo (SO ₂).....	20
7.4.	Ozono (O ₃).....	21
7.5.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10 e PM2.5).....	22
7.6.	Benzene (C ₆ H ₆).....	25
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA.....	26
7.8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	27
7.9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse.....	32
7.10.	Conclusioni.....	34

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

Il dipartimento ARPAV di Verona ha effettuato due campagne di misura, una in periodo estivo ed una in periodo invernale, per valutare la qualità dell'aria in località Accademia a Sommacampagna (Figura 2), interessata dall'atterraggio e dal decollo di aerei dell'aviazione civile.

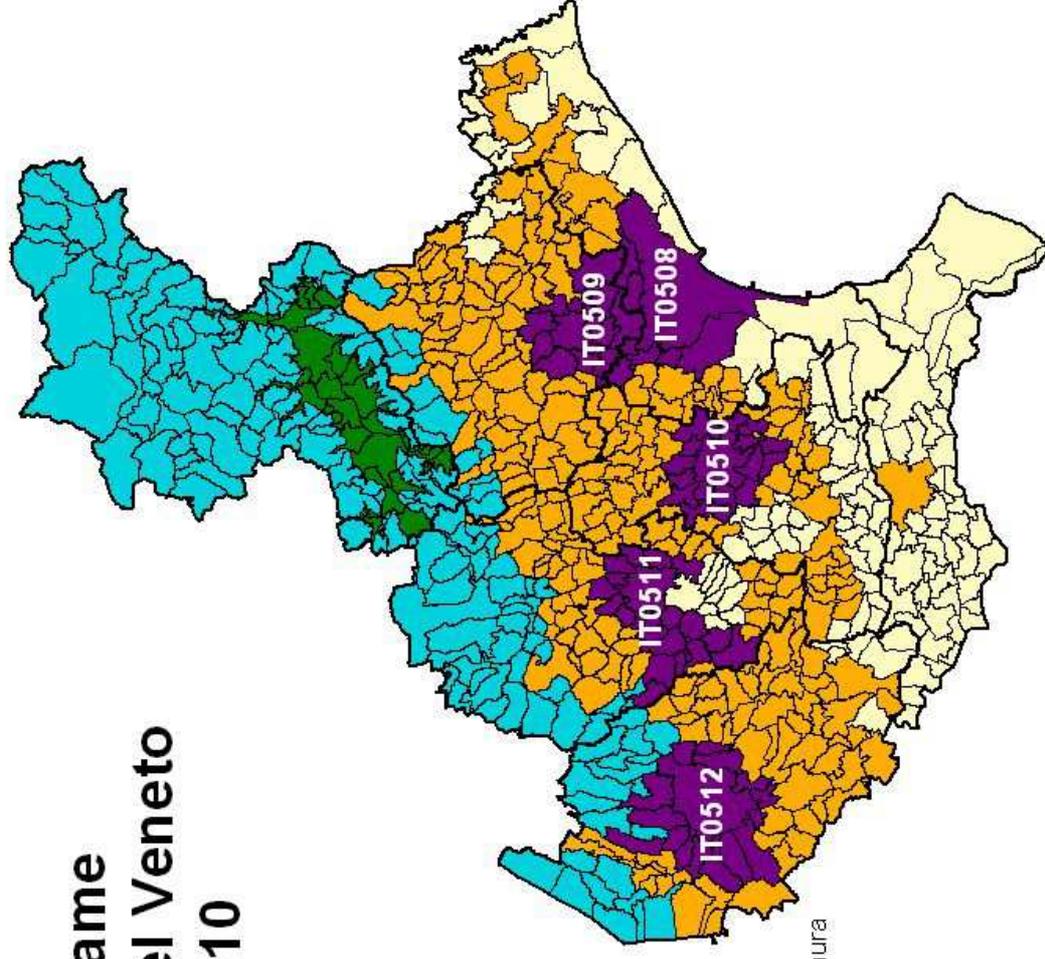
L'indagine è stata richiesta da Aeroporto Valerio Catullo di Verona Villafranca s.p.a.

Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nei pressi dell'aeroporto di Verona sito in Comune di Villafranca. I dati di monitoraggio integrano, inoltre, i dati forniti dalla rete di qualità dell'aria della provincia di Verona.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 08/07/2016 al 29/08/2016 nel semestre estivo, dal 30/09/2016 al 27/10/2016 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Sommacampagna nei pressi della pista dell'aeroporto. Il comune di Sommacampagna 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
Località Accademia, Sommacampagna VR

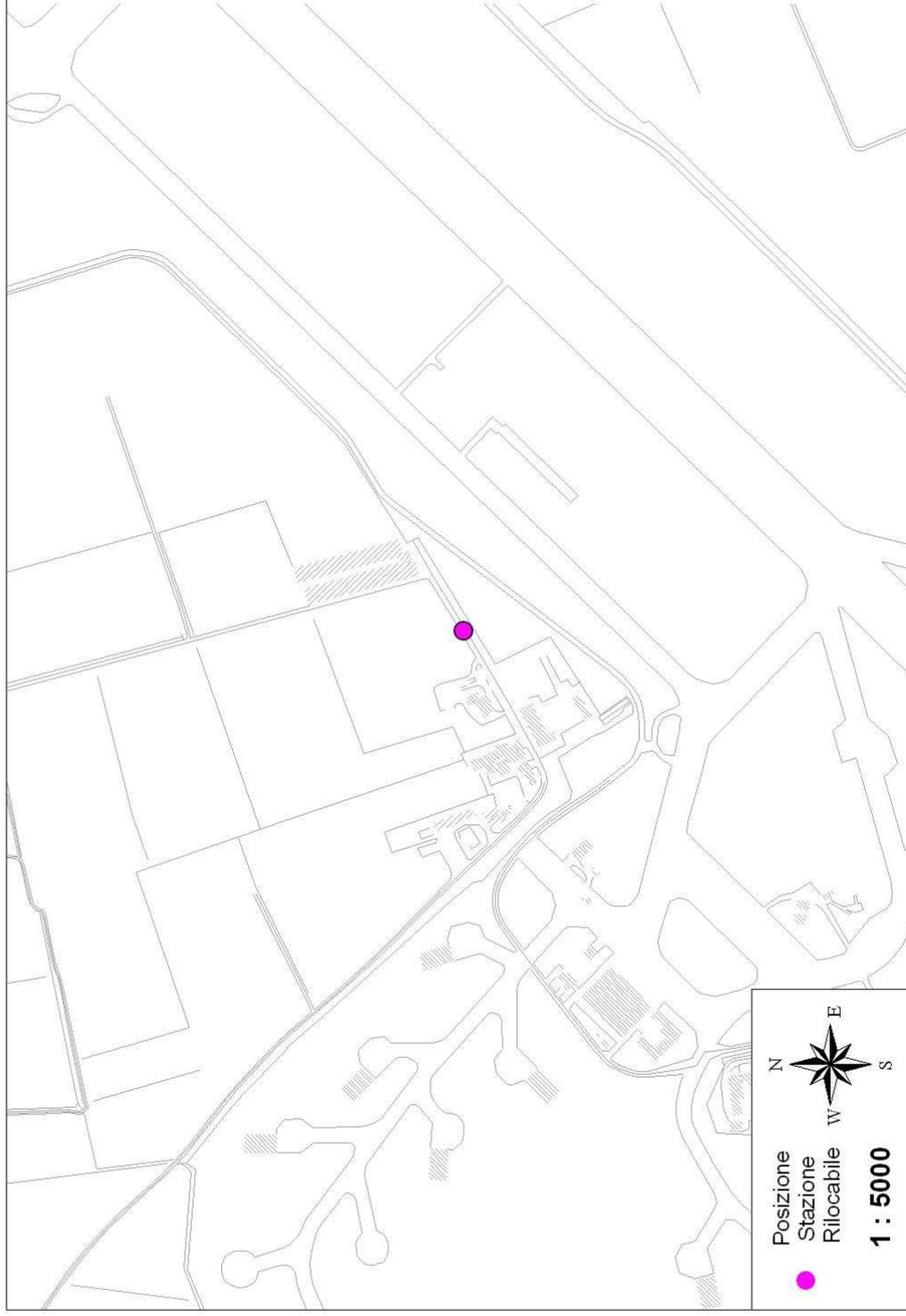


Figura 2. Estratto della Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio e delle principali fonti di pressione.

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

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

Per la descrizione della situazione meteorologica sono stati utilizzati i dati della stazione ARPAV 104 - Villafranca Veronese (VR). Presso la suddetta stazione la quota dell'anemometro tra il 5 e il 6 novembre 2015 è stata portata da 3.5 m a 5 m; per effettuare il confronto su dati il più possibile omogenei, l'intensità del vento misurata a quota 3.5 m è stata ricalcolata alla quota 5 m mediante la formula logaritmica di cui alla nota¹.

¹ $u(z_2) = u(z_1) \frac{\ln(z_2) - \ln(z_0)}{\ln(z_1) - \ln(z_0)}$ dove $z_1 = 3.5$ m è la quota di misura del vento, $z_2 = 5$ m è la quota a cui si

estrapola il vento e z_0 è la roughness del sito che in questo caso vale 0.25 m.

3.1. Periodo estivo: 08/07/2016 – 29/08/2016

DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

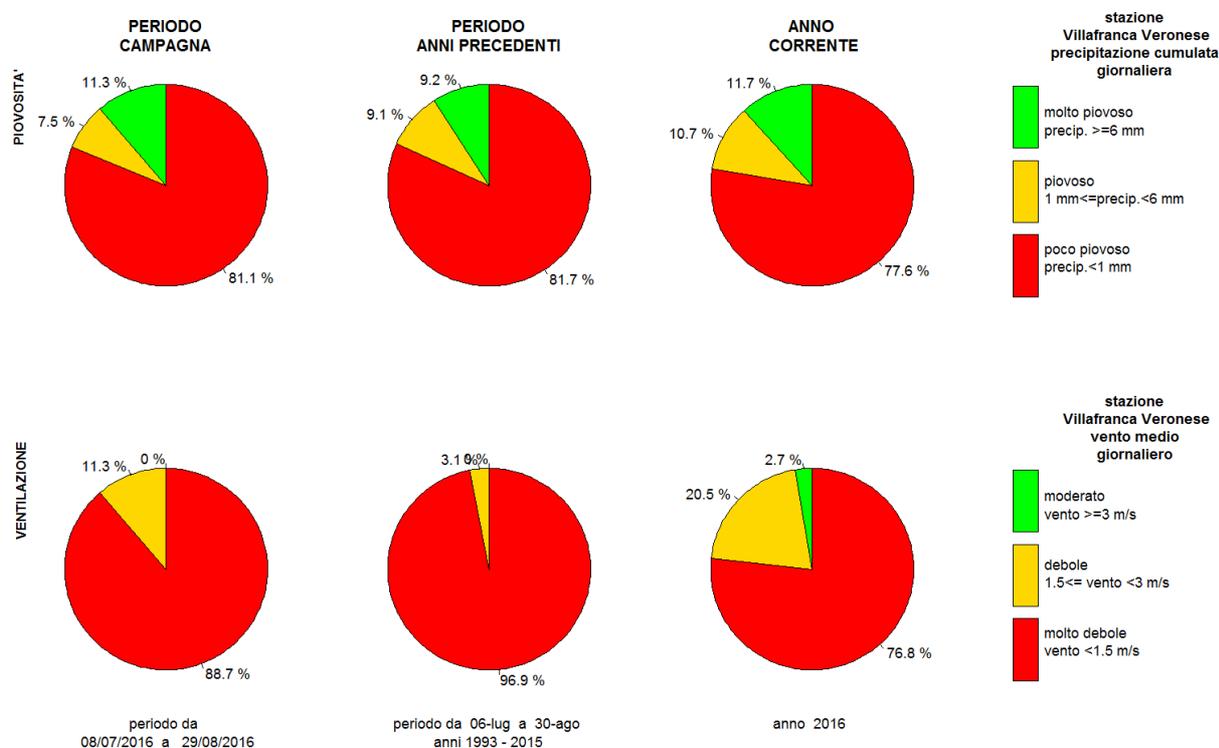


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

- 8 luglio- 29 agosto 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 6 luglio - 30 agosto 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 dei giorni in base alla piovosità è simile a quella di entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento molto debole sono più frequenti rispetto all'anno corrente, ma meno frequenti rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti.

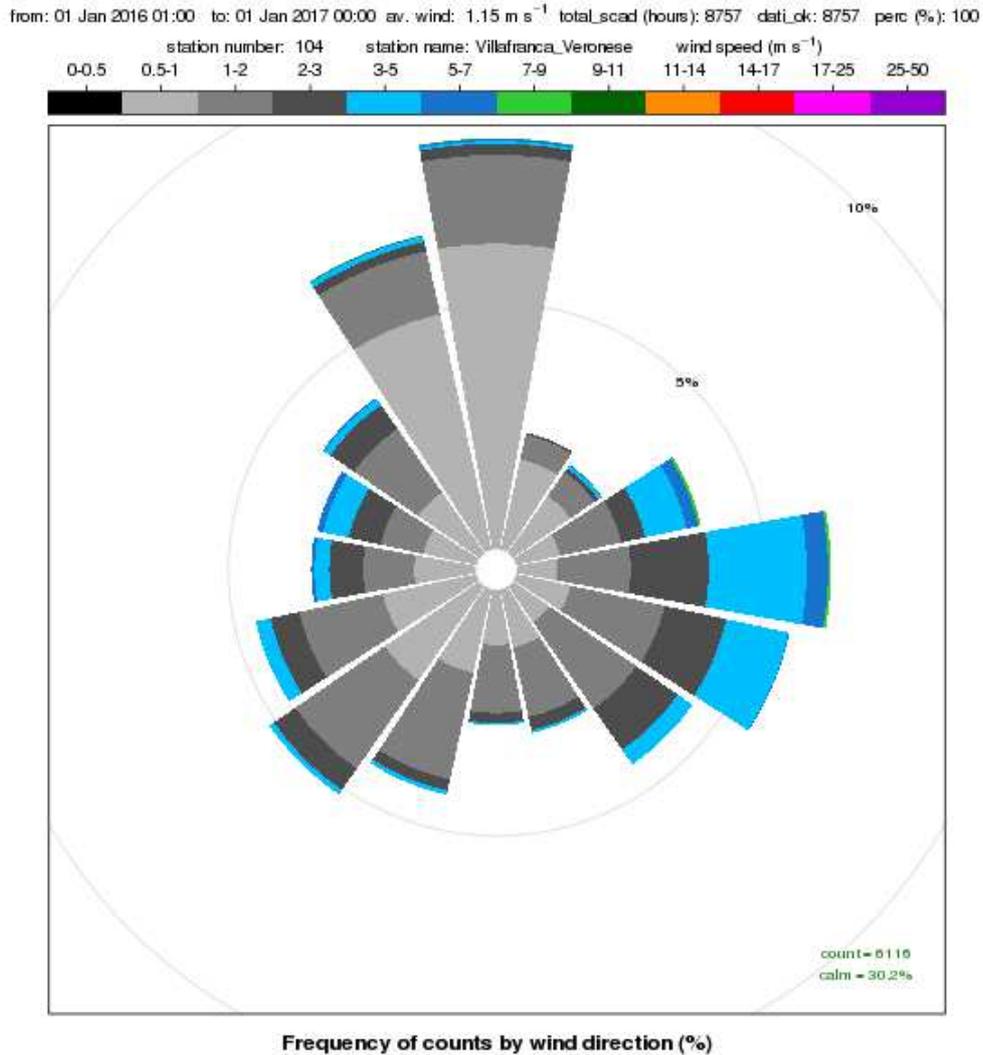


Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Villafranca Veronese nel periodo 8 luglio - 28 agosto 2016

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Villafranca Veronese durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-nordovest (circa 14% dei casi) seguita da sud-sudovest (circa 8%) e nord-ovest (circa 7%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 25%; la velocità media è stata pari a circa 1 m/s.

3.2. Periodo invernale: 30/09/2016 – 27/10/2016

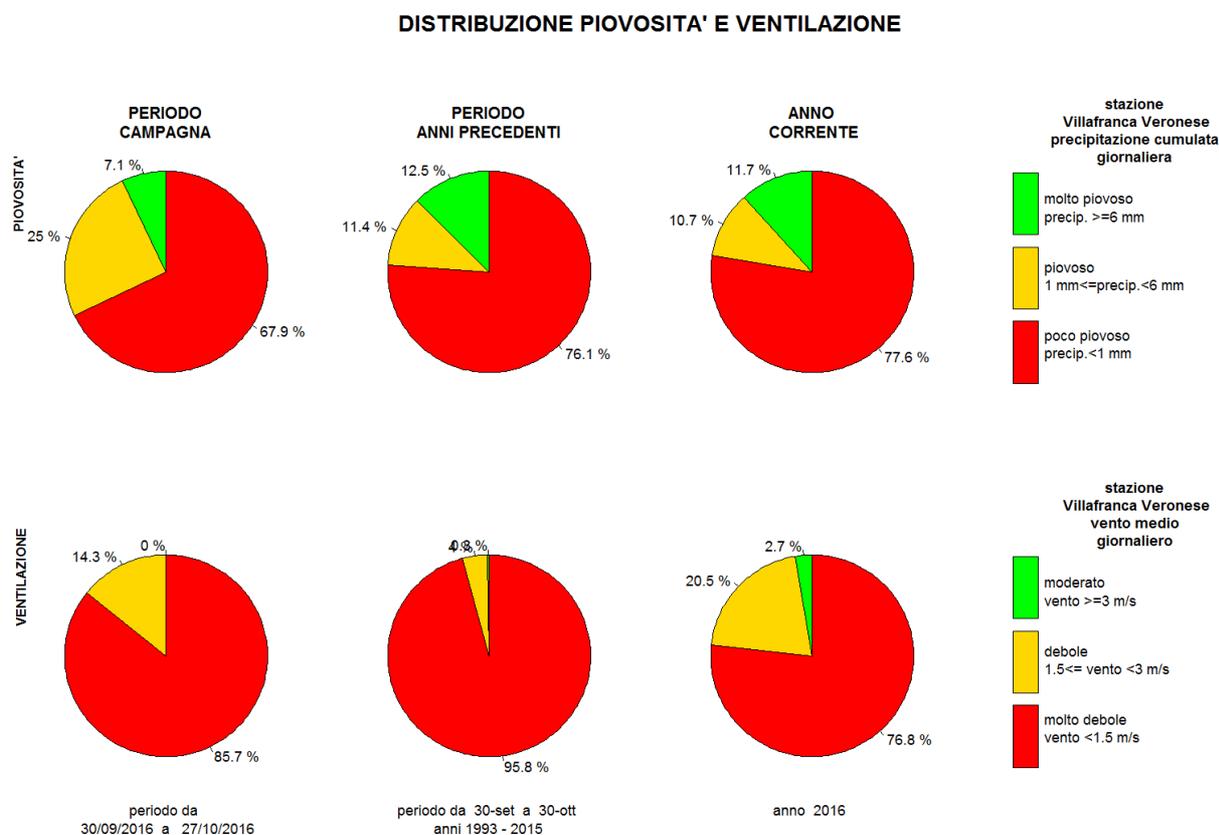


Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

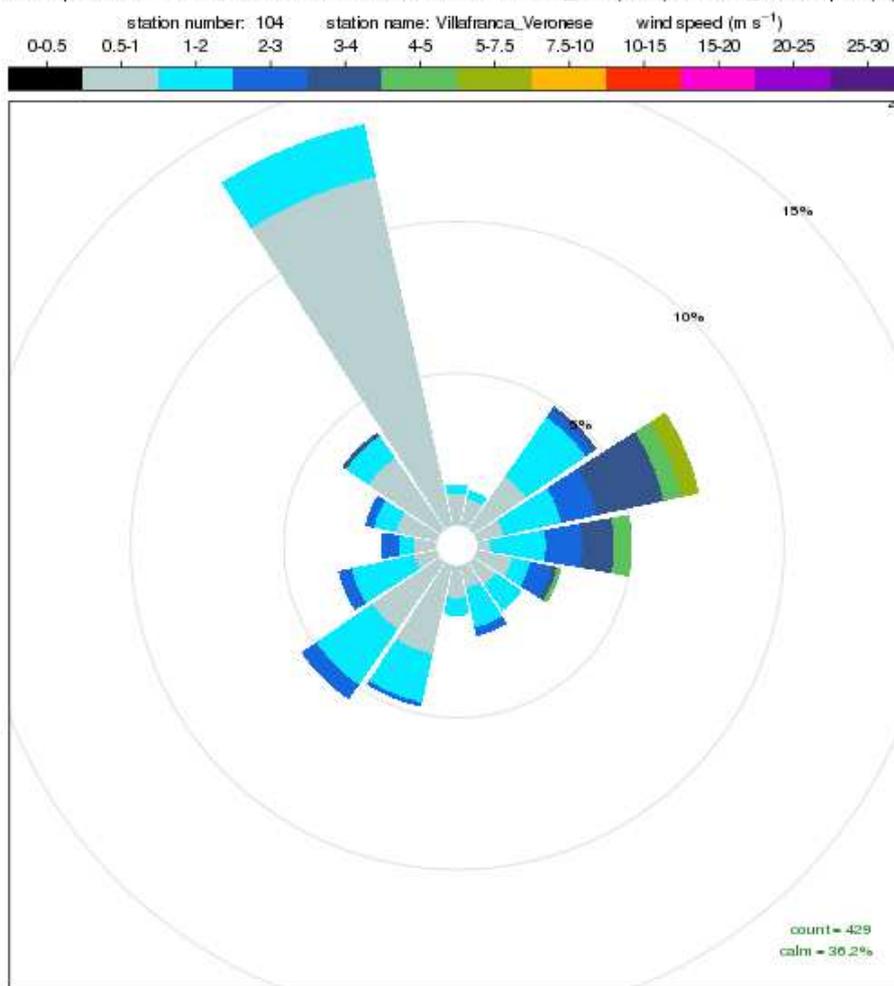
Nella figura 5 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Villafranca Veronese in tre periodi:

- 30 settembre - 27 ottobre 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 30 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:

- i giorni piovosi sono più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento molto debole sono più frequenti rispetto all'anno corrente, ma meno frequenti rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti.

from: 30 Sep 2016 01:00 to: 28 Oct 2016 00:00 av. wind: 0.97 m s⁻¹ total_scad (hours): 672 dati_ok: 672 perc (%): 100



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Villafranca Veronese nel periodo 30 settembre - 27 ottobre 2016

In figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Villafranca Veronese durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-nordovest (circa 14% dei casi), seguita da est-nordest (circa 7%) e sud-ovest (circa 6%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 36%; la velocità media è stata pari a circa 1 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	79	79	79	52	79	56	56	79
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 (%)	98	98	98	97	98	100	100	100
Resa di campionamento <u>minima</u> (%)	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	77	77	77	50	77	56	56	79
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 Verona-Giarol e quella di Verona-Borgo Milano, della provincia di Verona. La prima, essendo situata lontano da fonti emmissive 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 Verona-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 Sommacampagna. 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 21 in Allegato.

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

Tabella 5, esplicitiva del significato dei principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.

7.1. 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 vicini al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m³.

CO (mg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE+ INVERNO	
	Sommacampagna	VR- BgoMilano	Sommacampagna	VR- BgoMilano	Sommacampagna	VR- BgoMilano
media	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3
sd	0.1	0.1	0.2	0.2		
min	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
max	1.2	0.7	1.2	0.9	1.2	0.9
mediana	0.2	0.3	0.4	0.4		
N	1245	1245	644	644	1889	1889
dati mancanti	41	67	1	113	42	180
data.capture (%)	97	95	100	82	97	90
max giornaliero	0.3	0.5	0.8	0.6	0.8	0.6
max.rolling.8	0.5	0.5	0.9	0.8		
95°percentile	0.3	0.5	0.7	0.6		
99°percentile	0.4	0.5	0.9	0.8		
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 Sommacampagna. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m³.

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

Come si può vedere in tabella 7 e figura 9, 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 Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è pari a 26 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. Il valore medio di NO_x, pari a 41 µg/m³ (tabella 8), supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³ (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. 155/10²). I valori medi e massimi riferiti alla postazione di Sommacampagna sono superiori ai corrispondenti relativi a Verona-Borgo Milano e a Verona-Giarol.

Il valore medio di concentrazione di NO₂ relativo al periodo invernale è superiore a quello del periodo estivo, a Sommacampagna come anche presso le centraline di riferimento. Questo è in

² 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 trOpeanoco superiori a 50000 veicoli al giorno.

accordo con quanto in genere ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche tipiche invernali sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.

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, in tutte le tre postazioni di misura. D'altra parte, i valori relativi a Sommacampagna, in corrispondenza dei picchi e durante le ore notturne, sono più elevati di quelli delle stazioni di riferimento.

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 più bassa è la domenica. Un comportamento simile si trova anche nelle stazioni di riferimento. Anche questi grafici confermano che il punto di misura di Sommacampagna mostra le caratteristiche di un sito di "traffico urbano" come Verona-Borgo Milano.

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol
media	23	18	12	30	27	18	26	21	14
sd	17	9	6	14	14	9			
min	<4	<4	4	5	<4	<4	<4	<4	<4
max	91	74	55	76	79	43	91	79	55
mediana	18	16	11	29	26	16			
N	1245	1245	1245	644	644	644	1889	1889	1889
dati mancanti	43	56	65	1	30	35	44	86	100
data.captura	97	96	95	100	95	95	98	95	95
max giornaliero	36	30	19	43	43	27	43	43	27
95°percentile	57	35	22	57	51	34			
99°percentile	69	48	31	66	70	40			
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 Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

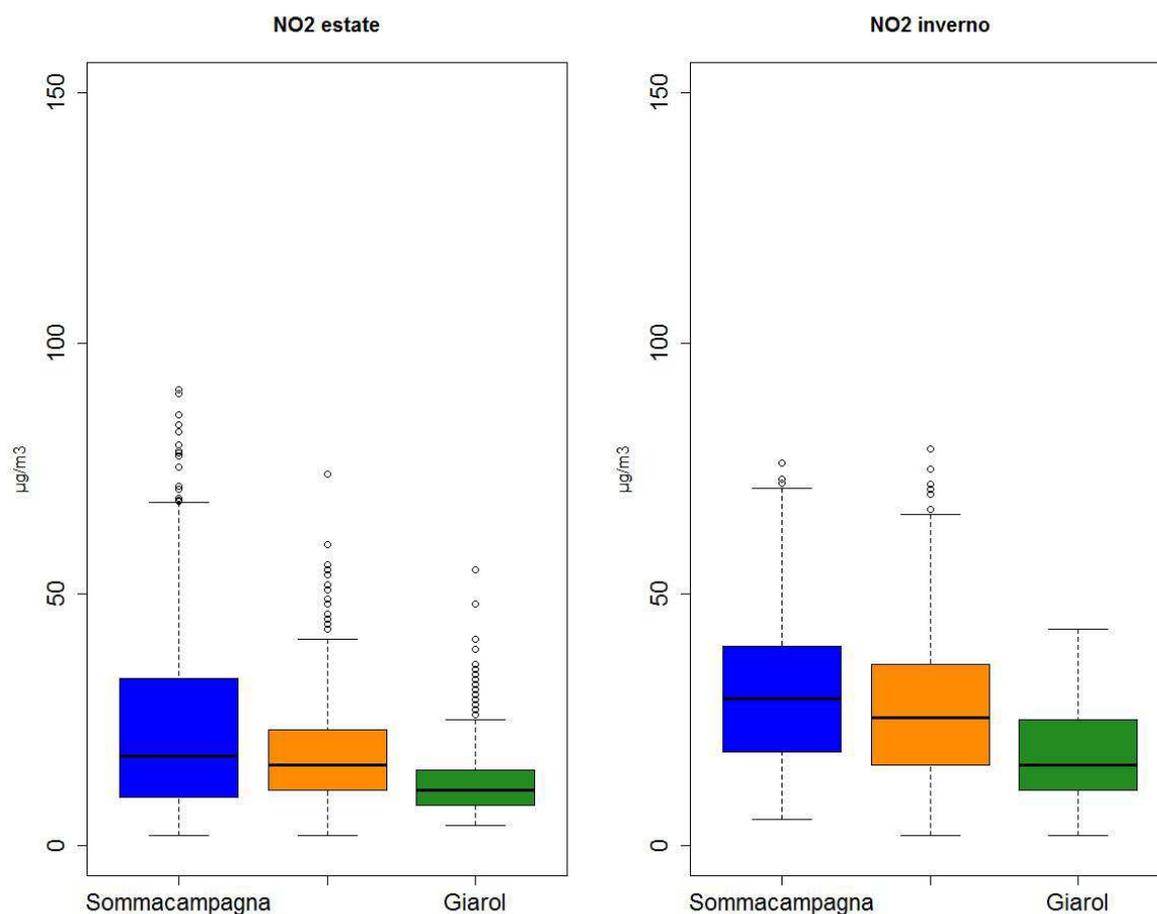


Figura 9. Box-plot della concentrazione di NO₂. Dati relativi a Sommacampagna e alle due centraline di riferimento di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

NO _x (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol
media	30	28	13	63	53	31	41	36	19
sd	25	12	8	52	36	28			
min	<4	6	5	7	10	2	<4	6	<4
max	180	145	98	352	227	199	352	227	199
mediana	22	25	12	45	43	20			
N	1245	1245	1245	644	644	644	1889	1889	1889
dati mancanti	43	56	65	1	30	35	44	86	100
data.capture	97	96	95	100	95	95	97.671	95.447	94.706
max giornaliero	52	41	25	113	102	82	113	102	82
95°percentile	78	47	26	162	124	93			
99°percentile	121	70	45	260	174	128			

Tabella 8. Concentrazione di NO_x: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

7.3. 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 Verona-Borgo Milano, i valori medi di concentrazione di questo inquinante, nel periodo di campagna, sono inferiori al limite di rivelabilità. Per quanto riguarda i valori massimi misurati a Sommacampagna, essi sono superiori al limite di rivelabilità.

SO ₂ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Sommacampagna	VR-BgoMilano
media	<3	<3	<3	<3	<3	<3
sd	0	0	0	0		
min	<3	<3	<3	<3	<3	<3
max	5	5	5	4	5	5
mediana	2	2	2	2		
N	1245	1245	644	644	1889	1889
dati mancanti	42	54	1	27	43	81
data.capture	97	96	100	96	98	96
max giornaliero	2	3	2	2	2	3
95°percentile	2	2	2	2		
99°percentile	2	3	4	3		
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 Verona-Borgo Milano. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

7.4. 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 11 in Allegato).

Durante la campagna estiva di Sommacampagna sono stati registrati 24 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore (tabella 10 e grafico 5 in Allegato). Essi si sono verificati durante tutto il mese di luglio e la prima metà di agosto, e verso la fine della campagna, tra il 27 e il 28 agosto, in corrispondenza di giornate soleggiate con elevate temperature (vedasi grafico 12 in Allegato). I superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m³ sul dato orario (grafico 4 in Allegato) sono stati 14. I valori medi sono vicini, ma più bassi di quelli di Verona-Giarol; i massimi, invece, sono più elevati. I valori medi sono più bassi di quelli di Verona-Giarol. I massimi, invece, sono più elevati di quelli di Verona-Giarol. Il numero dei superamenti del valore obiettivo di 120 µg/m³ è leggermente superiore a Sommacampagna rispetto a Verona-Giarol, come anche il numero di superamenti della soglia di informazione.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Sommacampagna	Verona-Giarol	Sommacampagna	Verona-Giarol	Sommacampagna	Verona-Giarol
media	73	84	23	27	56	65
sd	46	38	26	24		
min	<4	<4	<4	<4	<4	<4
max	198	192	122	116	198	192
mediana	69	83	12	23		
N	1245	1245	644	644	1889	1889
dati mancanti	42	65	3	36	45	101
data.capture	97	95	100	94	98	95
max giornaliero	113	133	64	67	113	133
max.rolling.8	187	178	107	97		
95°percentile	152	150	75	69		
99°percentile	183	180	96	87		
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	24	21	0	0	24	21
N superamenti 180 µg/m ³	14	12	0	0	14	12
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 Verona-Giarol. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m³.

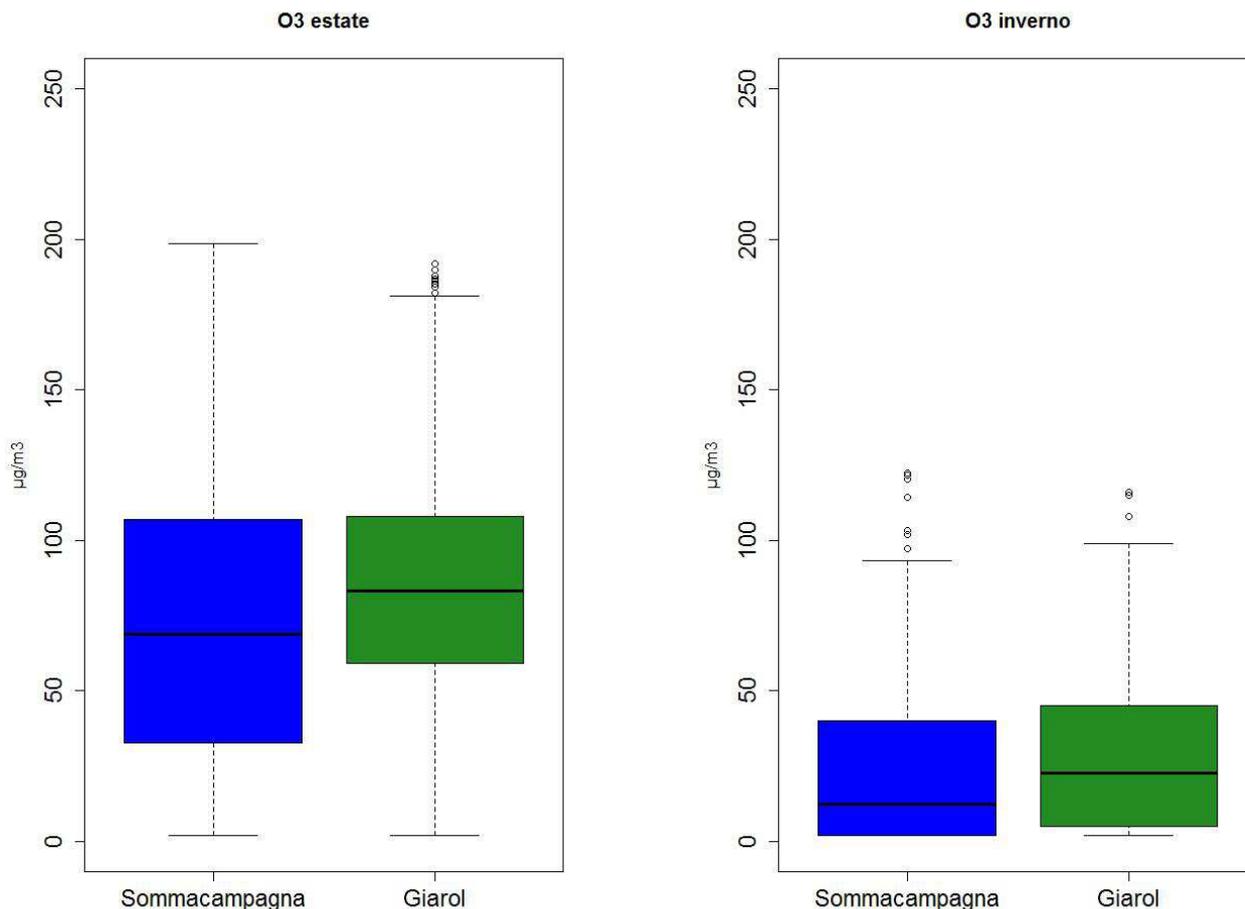


Figura 10. Box-plot della concentrazione di O₃. Dati relativi a Sommacampagna e alla centralina di riferimento di Verona-Giarol. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10 e PM2.5)

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 loro distribuzione è quindi abbastanza uniforme su vaste aree.

In tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Sommacampagna durante le campagne di misura. Nei 56 giorni di misurazione, non sono stati registrati superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), a Sommacampagna, come anche presso le centraline di riferimento. Questo è legato alle condizioni atmosferiche che hanno caratterizzato il periodo di campagna invernale, che è stato particolarmente favorevole alla dispersione degli inquinanti (grafico 12 in Allegato).

In tabella 12, i dati relativi a Sommacampagna sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol. Si consideri che mentre le misure della campagna di Sommacampagna 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 Sommacampagna, 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 di concentrazione di PM10 a Sommacampagna sono molto vicini a quelli delle centraline di

riferimento, in entrambe le stagioni; il valore massimo di Sommacampagna è uguale a quello di Verona-Borgo Milano e più basso di quello di Verona-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 µg/m³ e del Valore Limite annuale di 40 µg/m³) nei siti presso i quali si realizza una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria di lunghezza limitata (misurazioni indicative), è stata utilizzata una metodologia di calcolo elaborata dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV.

Tale metodologia prevede di confrontare il "sito sporadico" (campagna di monitoraggio) con una stazione fissa, considerata rappresentativa per vicinanza o per stessa tipologia di emissioni e di condizioni meteorologiche. Sulla base di considerazioni statistiche è possibile così stimare, per il sito sporadico, il valore medio annuale e il 90° percentile delle concentrazioni di PM10; quest'ultimo parametro statistico è rilevante in quanto corrisponde, in una distribuzione di 365 valori, al 36° valore massimo. Poiché per il PM10 sono consentiti 35 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, in una serie annuale di 365 valori giornalieri, il rispetto del valore limite è garantito se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 µg/m³.

In base ai risultati dell'analisi dei dati, il sito di Sommacampagna è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di Verona-Borgo Milano. La metodologia di calcolo stima, per il sito sporadico di Sommacampagna, il valore medio annuale di 33 µg/m³ (inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³) e il 90° percentile di 58 µg/m³ (che supera il valore limite giornaliero di 50 µg/m³).

In tabella 13 sono riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM2.5, cioè di quella componente delle polveri sottili il cui diametro è inferiore a 2.5 µm, ed è quindi in grado di essere inspirata e di raggiungere gli alveoli polmonari. Si nota che il valore medio di PM2.5 è maggiore durante la campagna estiva, mentre il valore massimo è stato misurato nella campagna invernale. Il PM2.5 ha rappresentato l'80% del PM10 nella campagna estiva, il 72% in quella invernale.

PM10 (µg/m ³)	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	20	25	22
N giorni	30	26	56
sd	7	9	
max	29	40	40
min	7	9	7
N superamenti 50 µg/m ³	0	0	0

Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 (µg/m³), misurata con metodo gravimetrico a Sommacampagna. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura.

PM10 (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol
media	20	17	23	25	23	22	22	20	23
N giorni	27	27	27	25	25	25	52	52	52
sd	7	6	13	10	9	10			
max	29	26	49	40	40	41	40	40	49
min	7	6	2	9	10	2	7	6	2
N superamenti 50 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 12. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina fissa di fondo urbano di Verona-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 µg/m³.

PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	16	18	17
N giorni	30	26	56
sd		7	
max	42	31	42
min	5	8	5

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), misurata con metodo gravimetrico a Sommacampagna. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura.

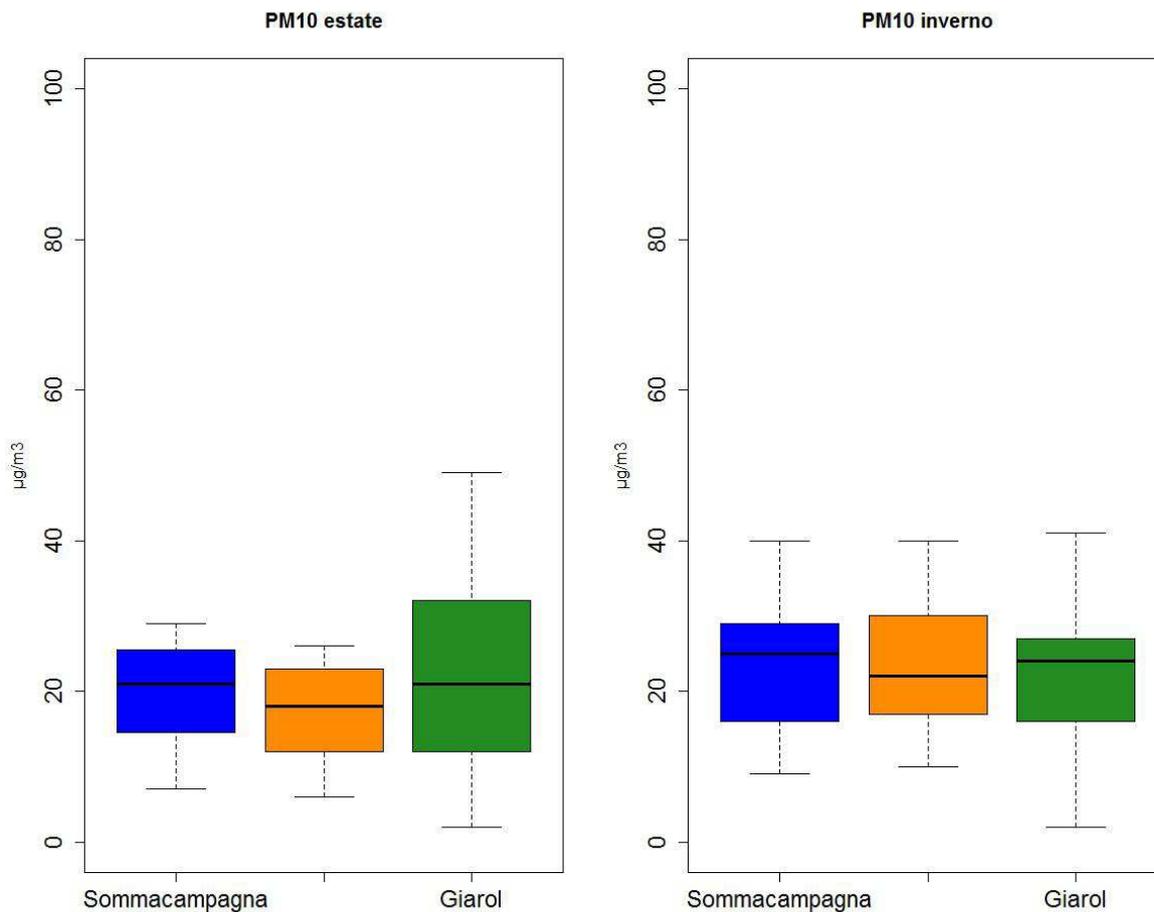


Figura 11. Box-plot della concentrazione di PM₁₀. Dati relativi a Sommacampagna e alle centraline di riferimento di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.6. Benzene (C₆H₆)

In tabella 14 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Sommacampagna e nelle stazioni fisse di riferimento di Verona-Borgo Milano e Verona-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 14, si può vedere che durante entrambi i periodi di campagna, in tutte le postazioni, tutti i valori di benzene sono inferiori alla soglia di rivelabilità strumentale. Il valore medio annuale riferito al 2016, presso le centraline di riferimento (Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol), è risultato inferiore al limite normativo di 5 µg/m³: il confronto tra i dati dei diversi siti di misura indica che anche nel sito di Sommacampagna il limite annuale è rispettato.

In tabella 15 sono riportati i valori medi di tutti gli idrocarburi aromatici misurati (benzene, etilbenzene, xilene e toluene) nelle diverse postazioni di misura e nei due periodi di campagna.

benzene (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO		
	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol	Sommacampagna	VR-BgoMilano	Verona-Giarol
Media	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
N giorni	33	33	33	15	15	15
sd	0	0	0	0	0	0
max	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
min	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Tabella 14. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura di Sommacampagna, della centralina fissa di traffico urbano di Verona-Borgo Milano e della centralina fissa di fondo urbano di Verona-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/m³.

Benzene (µg/m ³)	ESTATE				INVERNO			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)
Media pesata	<0.5	0.5	2.0	2.0	<0.5	<0.5	1.0	<0.5
Sd	0.0	0.4	1.0	2.6	0.0	0.0	1.2	0.3
Max	<0.5	1.0	3.0	5.0	<0.5	<0.5	1.9	0.7
Min	<0.5	<0.5	1.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
N campioni	3	3	3	3	2	2	2	2
N giorni esposizione	52	52	52	52	27	27	27	27

Tabella 15. Parametri statistici relativi alle varie specie di idrocarburi aromatici a Sommacampagna. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m³. N indica il numero di giorni di esposizione.

7.7. Benzo(a)pirene e altri IPA

In tabella 16 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene per le postazioni di Sommacampagna e di altre centraline fisse di riferimento. Le concentrazioni di IPA misurate nella campagna di monitoraggio sono state confrontate con quelle misurate dalla stazione di fondo urbano di Verona-Giarol.

I parametri di tabella 16 sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località. Invece, in tabella 17, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Sommacampagna, per tutte le specie di IPA misurate. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nel Grafico 8 in Allegato.

I dati delle tabelle e le serie temporali del Grafico 8 in allegato mostrano che, mentre in estate la concentrazione media giornaliera è vicina al limite di rivelabilità strumentale, in inverno i valori sono più alti, pur rimanendo sempre inferiori a 1 ng/m³, limite normativo riferito alla concentrazione media annuale. Il valore medio calcolato per Sommacampagna, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 0.13 ng/m³.

Il comportamento di questo inquinante esibisce una forte stagionalità, assumendo valori elevati in inverno. Le concentrazioni misurate a Sommacampagna durante la campagna invernale mostrano un valore medio molto vicino a quello di Verona-Giarol, e un andamento molto simile nelle due stazioni.

Benzoapirene (ng/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Sommacampagna	VR-Cason	Sommacampagna	VR-Giarol	Sommacampagna	VR-Cason-Giarol
media	<0.02	<0.02	0.22	0.20	0.11	0.10
N	11	11	10	10	21	21
sd	0	0.01	0.15	0.13		
max	0.02	0.02	0.46	0.32	0.46	0.32
min	<0.02	<0.02	0.04	0.02	<0.02	<0.02

Tabella 16. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Sommacampagna e della centralina fissa di fondo urbano di Verona-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
Benzo(a)antracene	30	0.01	0	0.02	0.01	26	0.12	0.06	0.19	0.03	56	0.06	0.19	0.01
Benzo(a)pirene	30	0.01	0	0.02	0.01	26	0.26	0.15	0.46	0.04	56	0.13	0.46	0.01
Benzofluorantene	30	0.02	0	0.03	0.02	26	0.28	0.14	0.46	0.07	56	0.14	0.46	0.02
Benzofluorantene	30	0.03	0.01	0.04	0.02	26	0.4	0.22	0.65	0.07	56	0.2	0.65	0.02
Benzofluorantene	30	0.01	0	0.01	0.01	26	0.15	0.08	0.25	0.03	56	0.07	0.25	0.01
Dibenzofluorantene	30	0.01	0	0.01	0.01	26	0.04	0.07	0.2	0.01	56	0.03	0.2	0.01
Indeno(1,2,3-cd)pirene	30	<0.02	0.01	0.02	0.01	26	0.21	0.11	0.34	0.04	56	0.1	0.34	0.01
Crisene	30	0.02	0	0.02	0.01	26	0.13	0.07	0.23	0.04	56	0.07	0.23	0.01

Tabella 17. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Sommacampagna, 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 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 riportata la percentuale di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale, rispettivamente. Durante la campagna estiva prevalgono le giornate in cui la qualità dell'aria è stata "Mediocre" (29%), a causa delle elevate concentrazioni di ozono che hanno caratterizzato questo periodo particolarmente caldo dell'anno; per il 27% del periodo la qualità dell'aria è stata "Accettabile" e per il 2% Scarsa. Nel corso della campagna invernale la qualità dell'aria è stata prevalentemente "Accettabile" (57%) e per il 36% è stata "Buona".

E' stato effettuato un confronto tra la qualità dell'aria in Sommacampagna e quella della stazione fissa di riferimento dell'area "Agglomerato Verona". A tal fine sono stati calcolati l'IQA di Sommacampagna e quello di Verona-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 Verona-Giarol relativa a tutta la stagione, l'estate 2016 o l'inverno 2016-2017. Il confronto consente di concludere che la qualità dell'aria a Sommacampagna è molto simile a quella di Verona-Giarol durante la campagna invernale, e un po' peggiore di quella della centralina fissa nel corso della campagna estiva. Inoltre, la campagna estiva è stata svolta in un periodo in cui la qualità dell'aria della stazione di riferimento di Verona-Giarol è stata peggiore rispetto a quella di tutta la stagione estiva; invece la campagna invernale è stata svolta in un periodo meno critico rispetto alla media della stagione invernale.

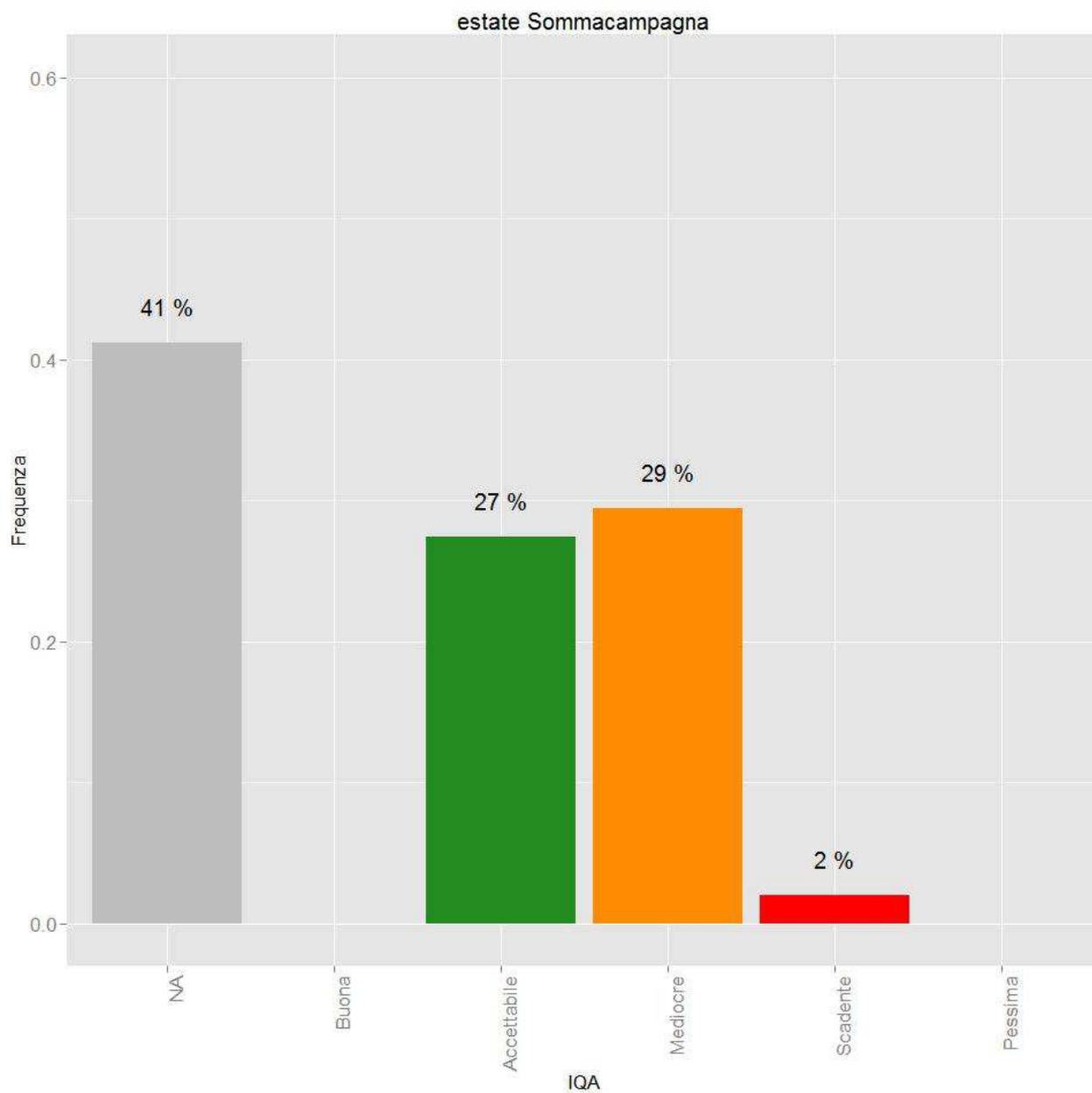


Figura 12. Indice di Qualità dell'aria a Sommacampagna, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Sommacampagna.

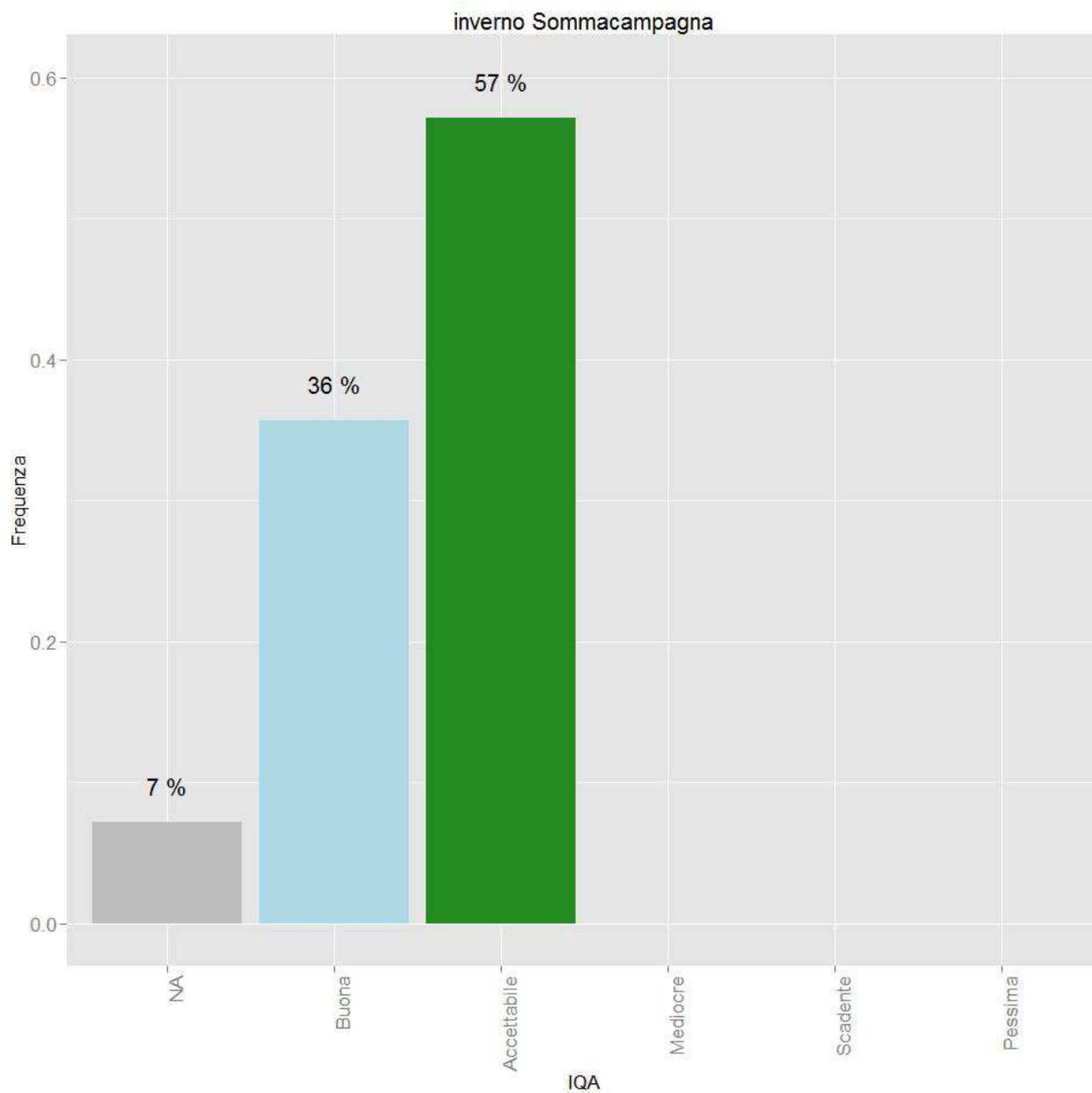


Figura 13. Indice di Qualità dell'aria a Sommacampagna, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Sommacampagna.

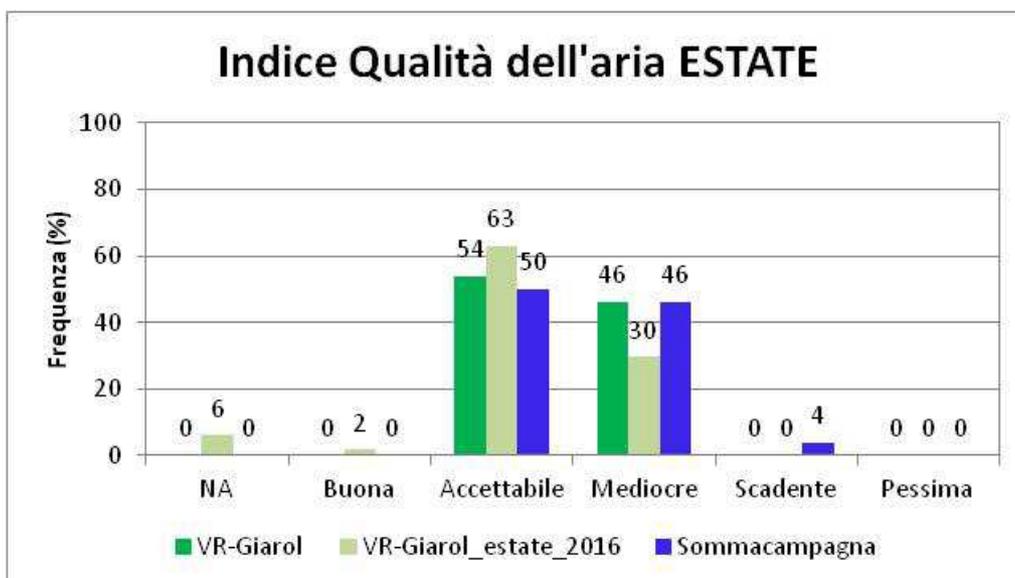


Figura 14 . Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione estiva. Le tre serie si riferiscono ai dati di Verona-Giarol nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Sommacampagna ("Verona-Giarol"), ai dati di Verona-Giarol in tutta l'estate 2016 ("Verona-Giarol_ESTATE_2016"), ai dati della campagna estiva a Sommacampagna ("Sommacampagna"). Per la serie "Verona-Giarol" e la serie "Sommacampagna" 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.

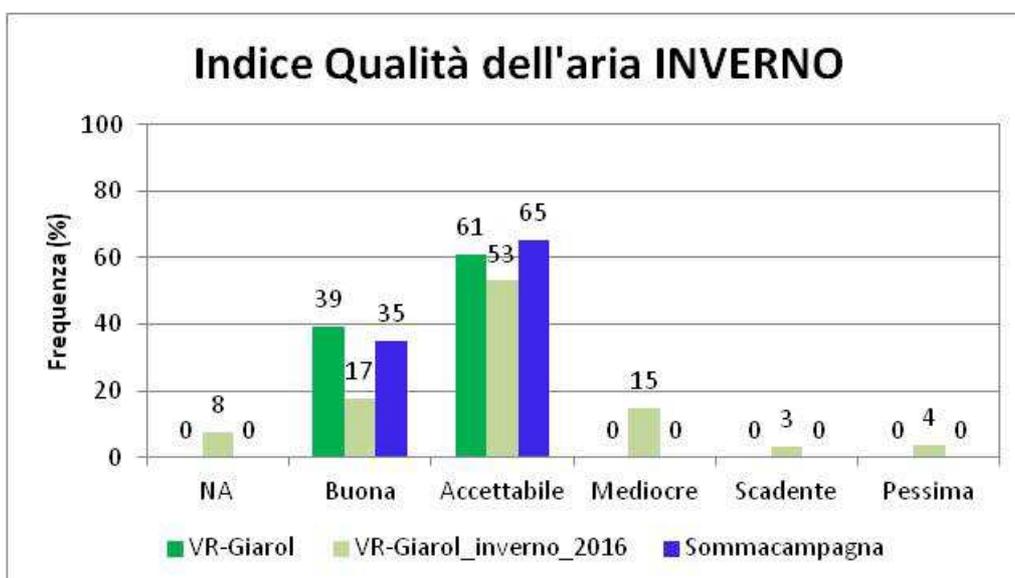


Figura 15. Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione invernale. Le tre serie si riferiscono ai dati di Verona-Giarol nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Sommacampagna ("Verona-Giarol"), ai dati di Verona-Giarol nei mesi invernali del 2016 ("Verona-Giarol_INVERNO_2016"), ai dati della campagna invernale a Sommacampagna ("Sommacampagna"). Per la serie "Verona-Giarol" e la serie "Sommacampagna" 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 estate Sommacampagna



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

Indice di qualità dell'aria inverno Sommacampagna

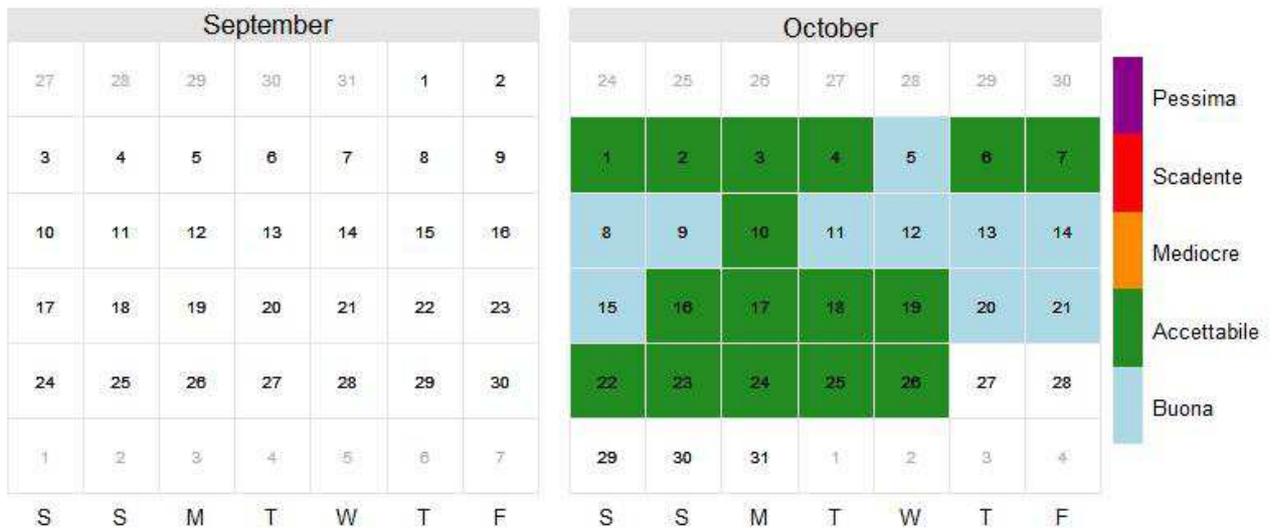


Figura 17. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Sommacampagna, INVERNO 2016.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La centralina di traffico urbano di Verona-Borgo Milano, posta circa 9 km a nord-est di Sommacampagna, e la centralina di fondo urbano di Verona-Giarol, 13 km a nord-est, 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 Sommacampagna. E' 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 20. Nelle figure sono rappresentate le due serie temporali della concentrazione media annua di un inquinante misurata dalle centraline fisse di Verona-Borgo Milano (linea-quadratino arancione) e Verona-Cason (linea-quadratino verde scuro) e Verona-Giarol (linea-quadratino verde chiaro): infatti la centralina di fondo, a fine 2015, è stata spostata da Verona-Cason a Verona-Giarol. Le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne di monitoraggio, misurata dal mezzo mobile a Sommacampagna (barra blu), e dalle centraline di Verona-Borgo Milano (barra arancione) e Verona-Giarol (barra verde).

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 di Verona-Borgo Milano sia presso la stazione di fondo di Verona-Giarol. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono inferiori alla rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna a Sommacampagna è più elevato della media registrata nello stesso periodo a Verona-Giarol e Verona-Borgo Milano.

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 Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol sono inferiori a quello medio del 2016. La concentrazione media a Sommacampagna è vicina a quella di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2010 e il 2015 ha avuto un andamento variabile, con una tendenza all'aumento a VR-Cason a partire dal 2010. I valori misurati durante la campagna di misura, sia a Sommacampagna sia nella stazione di fondo urbano di Verona-Giarol, sono molto più bassi del valore medio annuale misurato nel 2016 a Verona-Giarol.

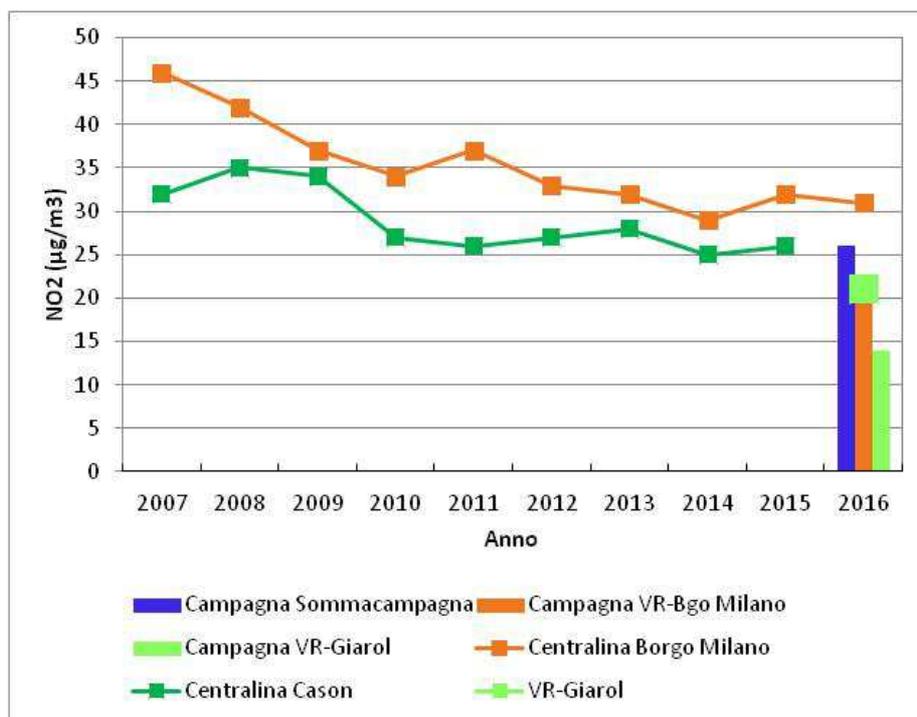


Figura 18: NO₂. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Verona-Borgo Milano (linea-quadratino arancione) e Verona-Giarol (linea-quadratino verde). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile a Sommacampagna (barra blu), e dalle centraline di Verona-Borgo Milano (barra arancione) e Verona-Giarol (barra verde).

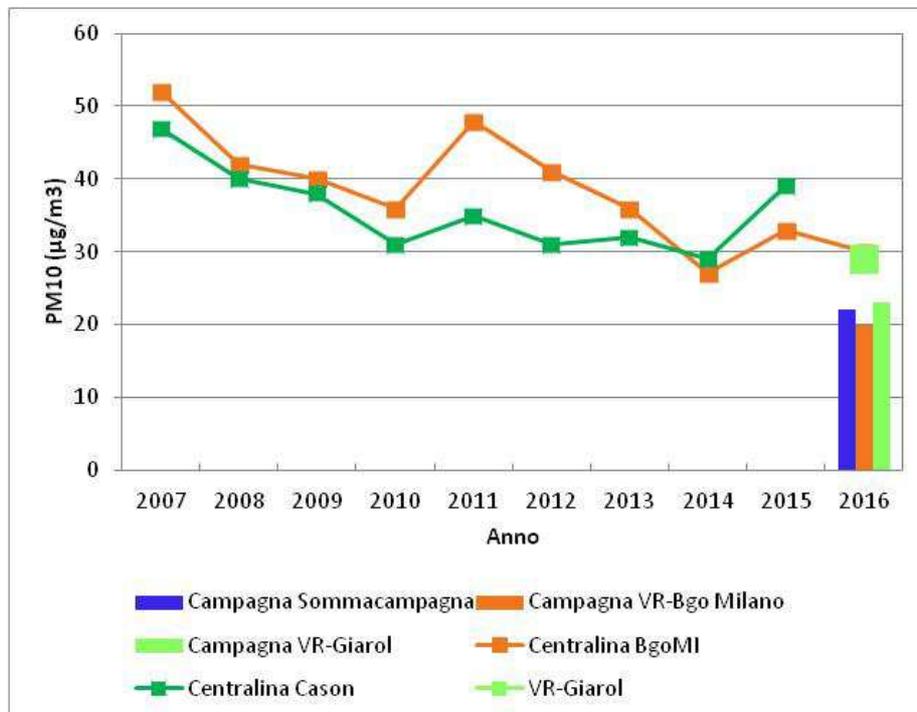


Figura 19. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015-2016-2017, misurata dal mezzo mobile a Sommacampagna, e dalle centraline di Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol (come in figura 18).

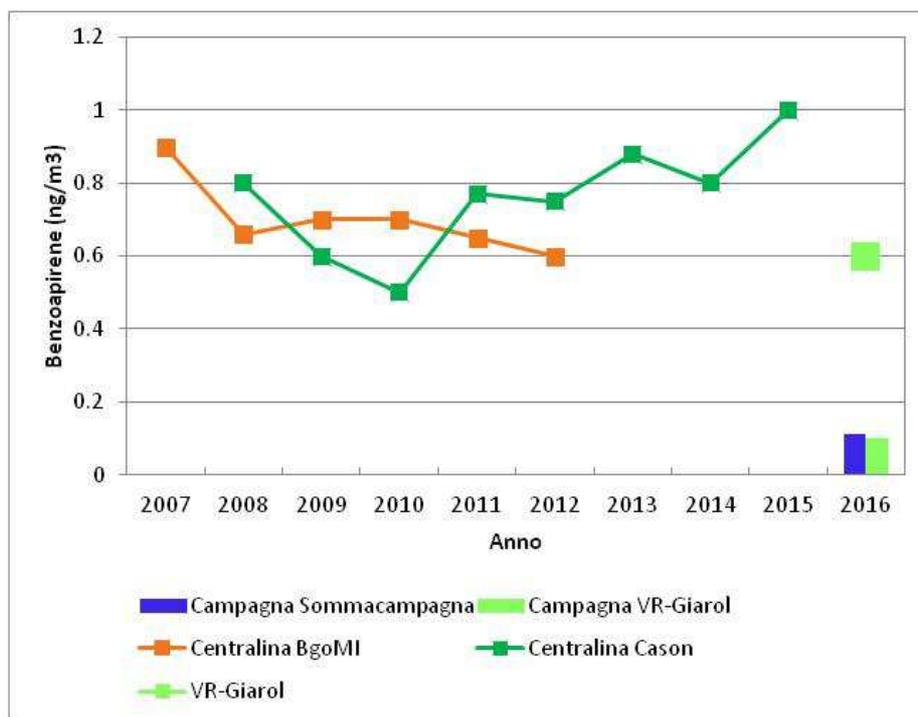


Figura 20. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di VR-Cason, VR-Giarol, VR-Bgo Milano) e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015-2016-2017, misurata dal mezzo mobile a Sommacampagna, e dalla centralina di VR-Cason e VR-Giarol (come in figura 18).

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Sommacampagna, in località Accademia. Il punto di misura si trova in una zona rurale, al lato della pista aeroportuale, a circa 2,5 Km dall'autostrada del Brennero e dalla tangenziale.

La campagna di misura estiva di Sommacampagna, è stata svolta dall'8 luglio al 29 agosto 2016, quella invernale dal 30 settembre 2016 al 27 ottobre 2016. La campagna estiva è stata svolta in un periodo critico per le elevate temperature che l'hanno caratterizzato; quella invernale è stata caratterizzata da piovosità e ventilazione leggermente superiori a quelle dello stesso periodo degli anni precedenti, che hanno favorito la dispersione degli inquinanti.

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 Verona-Borgo Milano e quella di fondo urbano di Verona-Giarol.

Gli ossidi di azoto si sono rivelati l'inquinante più critico. Non sono state misurate concentrazioni di ossidi di azoto superiori ai limiti normativi relativi all'esposizione acuta (a Sommacampagna come anche nelle stazioni di riferimento della provincia di Verona). I valori medi registrati a Sommacampagna sono più alti di quelli misurati a Verona- Borgo Milano e Verona-Giarol. L'andamento delle concentrazioni medie nel corso della giornata e della settimana a Sommacampagna è molto simile a quello di Verona-Borgo Milano: sono presenti due picchi di concentrazione nel corso della giornata, in corrispondenza delle ore di maggior traffico, e una diminuzione della concentrazione media nel fine settimana. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 26 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³.

Per quanto riguarda le polveri sottili, nei 56 giorni di misurazione, non sono stati registrati superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), a Sommacampagna, come anche presso le centraline di riferimento. Questo è legato alle condizioni atmosferiche che hanno caratterizzato il periodo di campagna invernale, che è stato particolarmente favorevole alla dispersione degli inquinanti

La stima del valore medio annuale per il sito di Sommacampagna, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più rappresentativa del sito stesso (Verona-Borgo Milano), è stata $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il che determina un superamento del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per un numero di volte superiore al limite di 35 su base annua.

L'ozono ha mostrato concentrazioni simili a quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Verona-Giarol. Il limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 24 giorni su 52 durante la campagna estiva a Sommacampagna, mentre il numero di superamenti a Verona-Giarol è leggermente inferiore e pari a 21. La soglia di attenzione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è stata superata 14 volte a Sommacampagna, e 12 volte a Verona-Giarol.

La concentrazione di benzo(a)pirene esibisce una forte stagionalità, rimanendo inferiore al limite di rivelabilità in estate, e assumendo in inverno valori più elevati, ma comunque bassi rispetto al limite normativo relativo a questo inquinante (limite che tuttavia si applica alla media annuale). Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è $0.13 \text{ ng}/\text{m}^3$. I valori medi e massimi rilevati a Sommacampagna sono molto vicini a quelli della stazione fissa di Verona-Giarol. Il confronto con questa stazione, dove il limite annuale di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ nel 2016 è stato rispettato, indica che con elevata probabilità tale limite normativo possa essere stato rispettato anche a Sommacampagna.

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, presenta valori medi inferiori al limite di rilevabilità strumentale, a Sommacampagna come anche presso le centraline di riferimento. Il confronto con i dati delle centraline di riferimento e con i dati storici, suggerisce che il limite annuale per questo inquinante ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) possa essere stato rispettato anche a Sommacampagna.

L'indice di qualità dell'aria, durante la campagna di monitoraggio estiva a Sommacampagna, è risultato per il 27% dei giorni accettabile, per il 29% mediocre e per il 2% scadente a causa degli elevati livelli di ozono. In inverno per il 57% delle giornate la qualità dell'aria è stata accettabile, per il 36% buona.

ALLEGATO

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in figura 21.

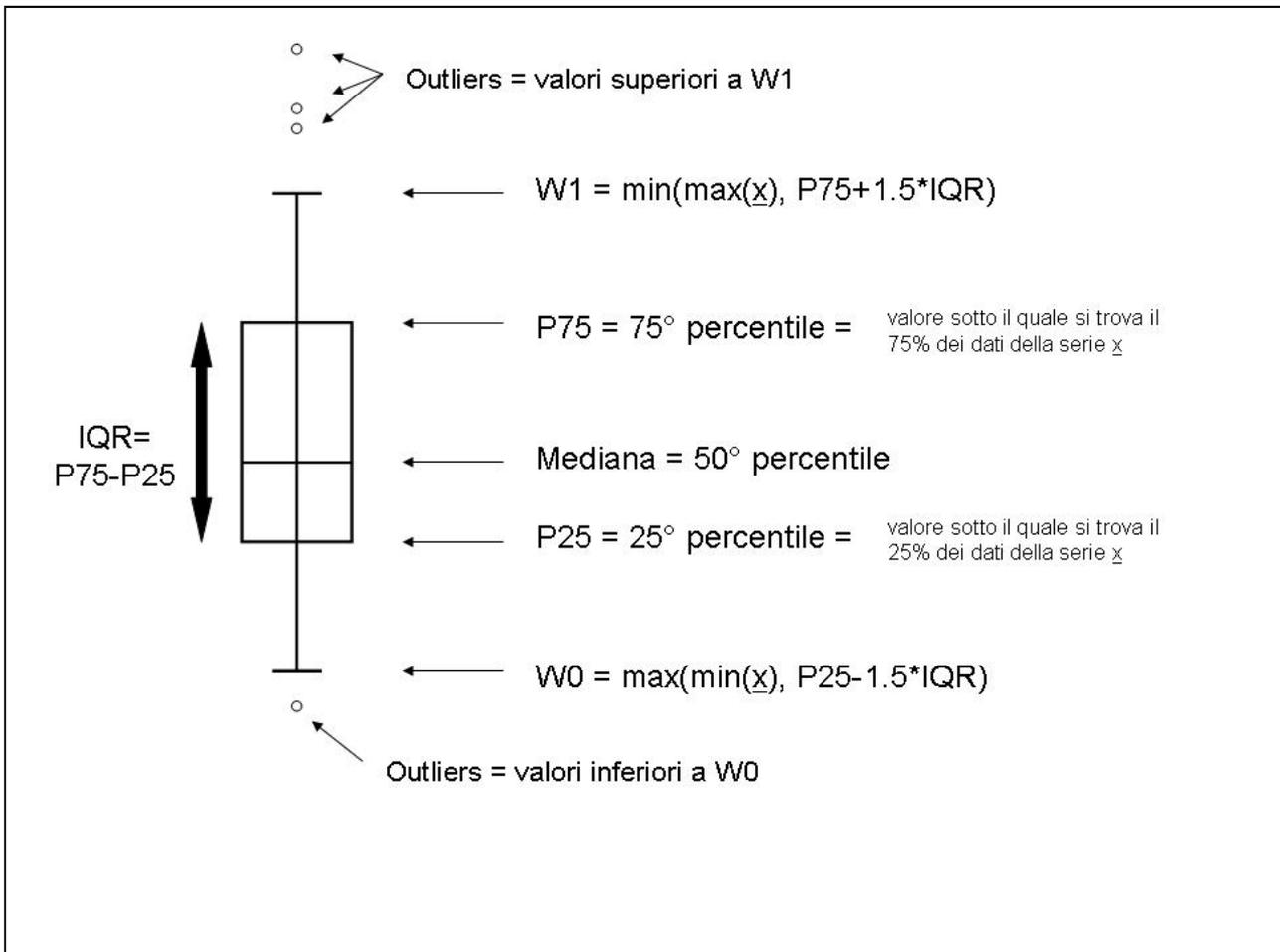


Figura 21. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata 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. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

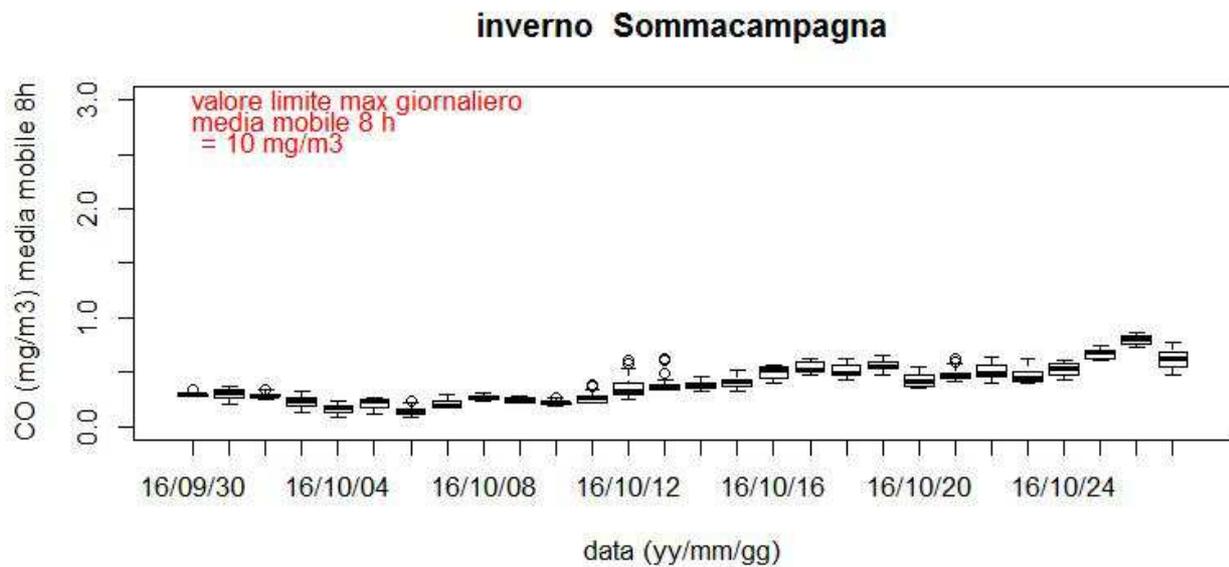
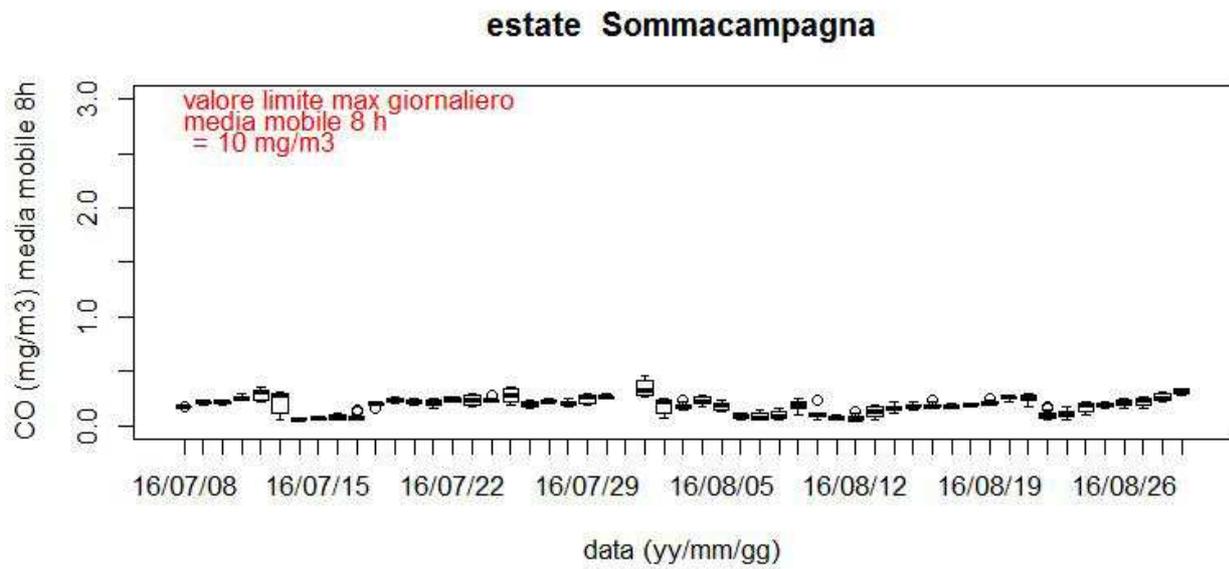


Grafico 2 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

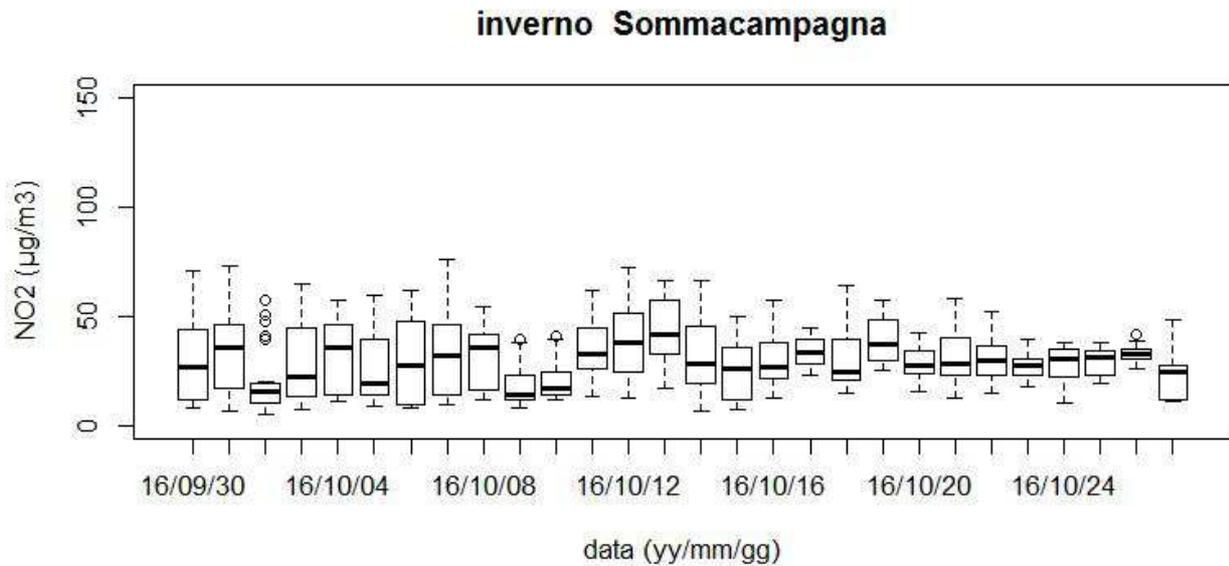
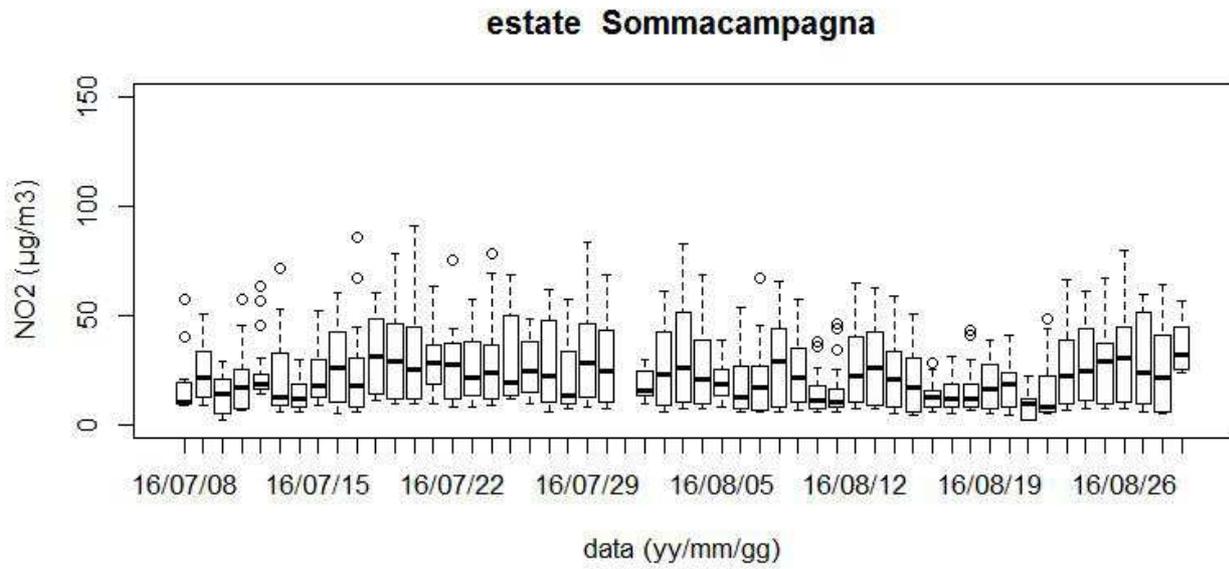


Grafico 3 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

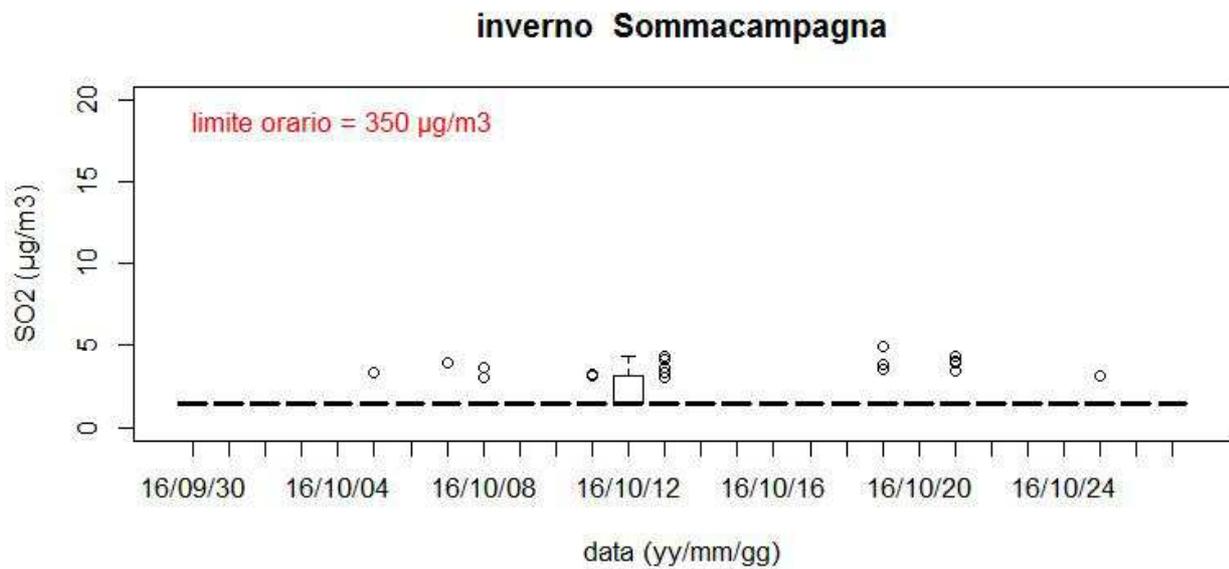
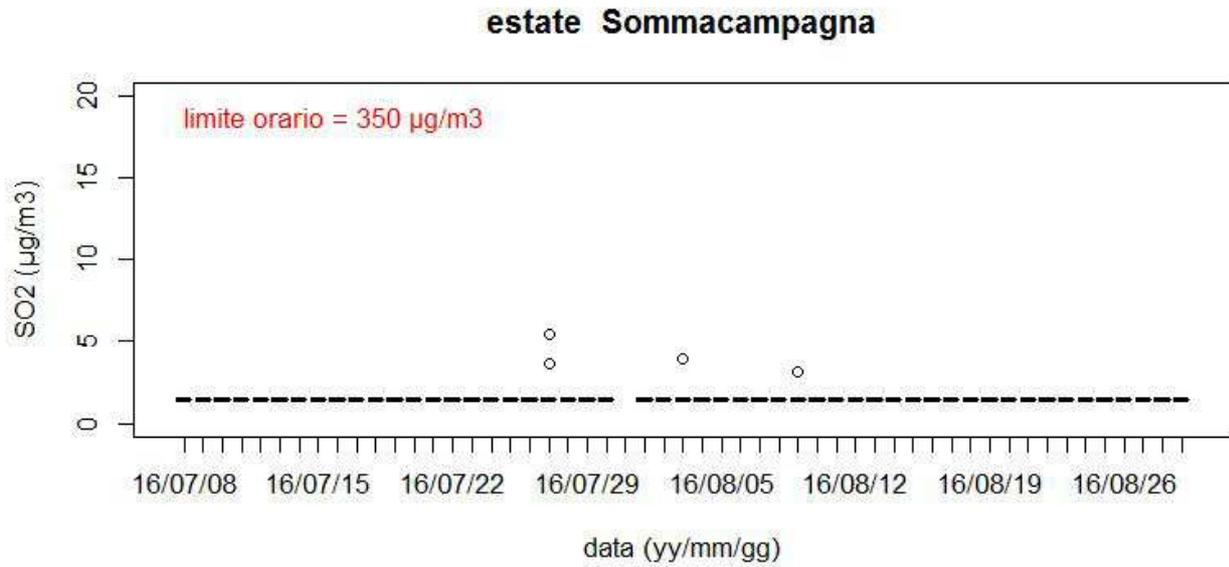


Grafico 4 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

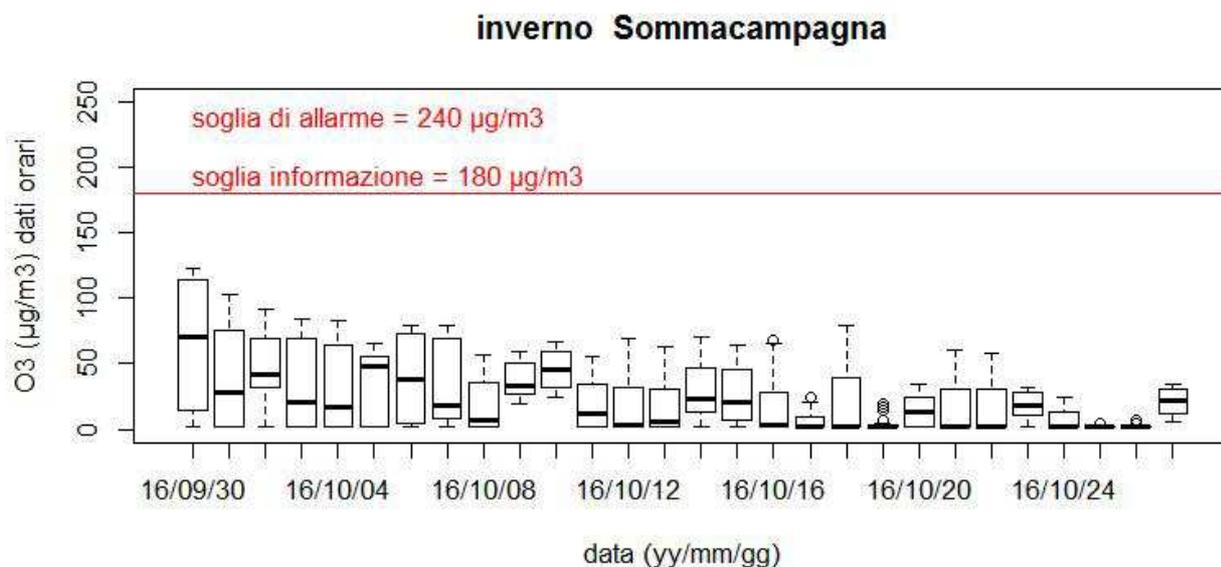
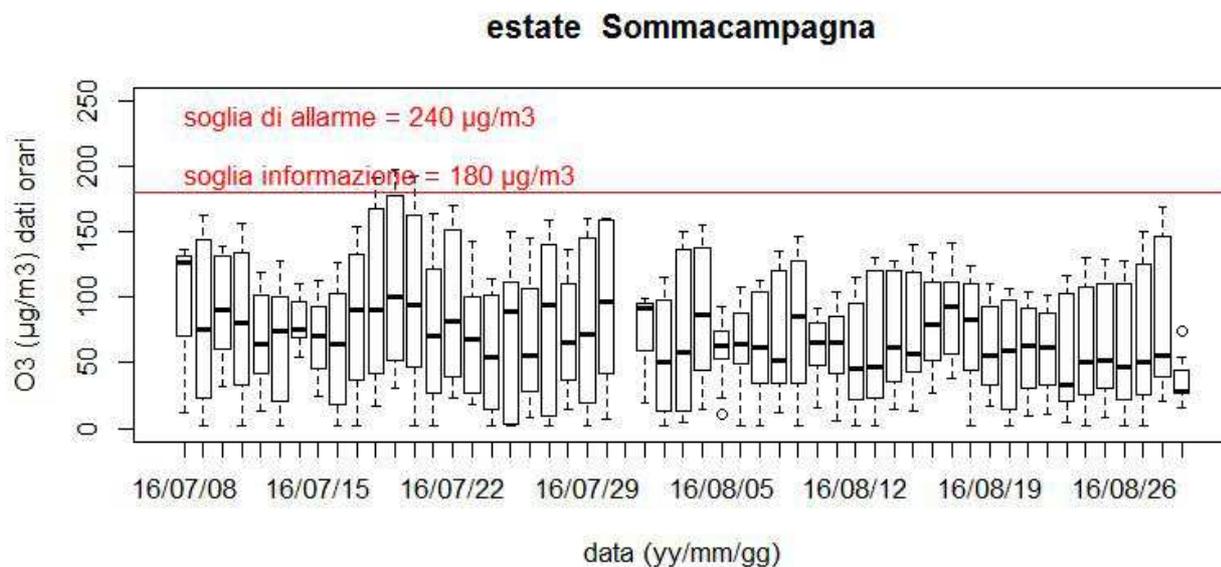


Grafico 5 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

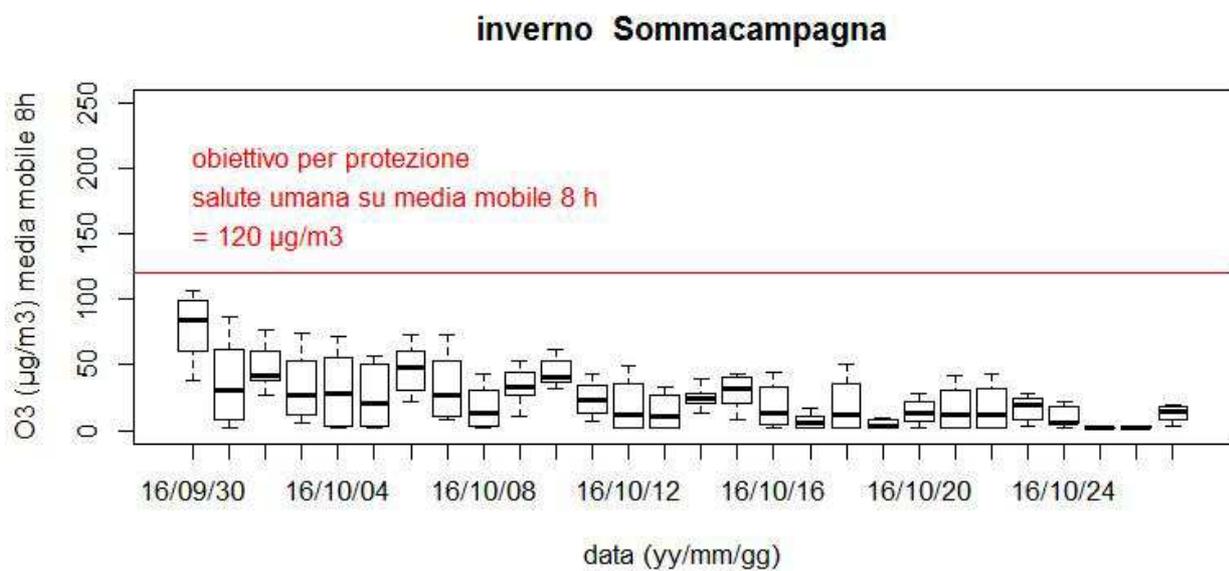
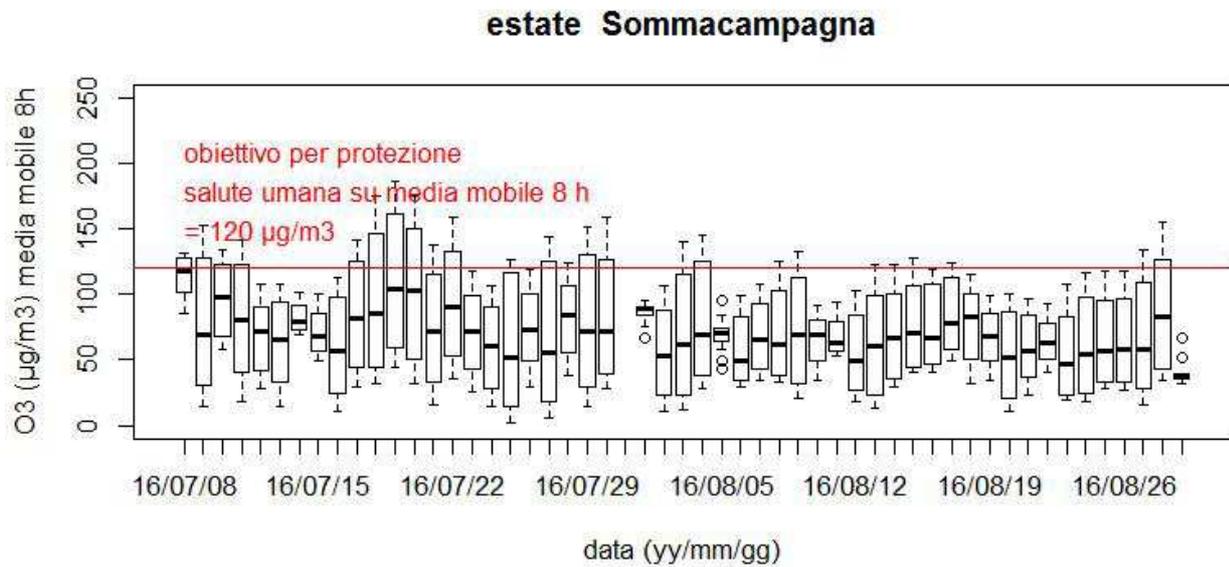


Grafico 6 – Concentrazione giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Sommacampagna, Verona-Borgo Milano e Verona-Giarol. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno.

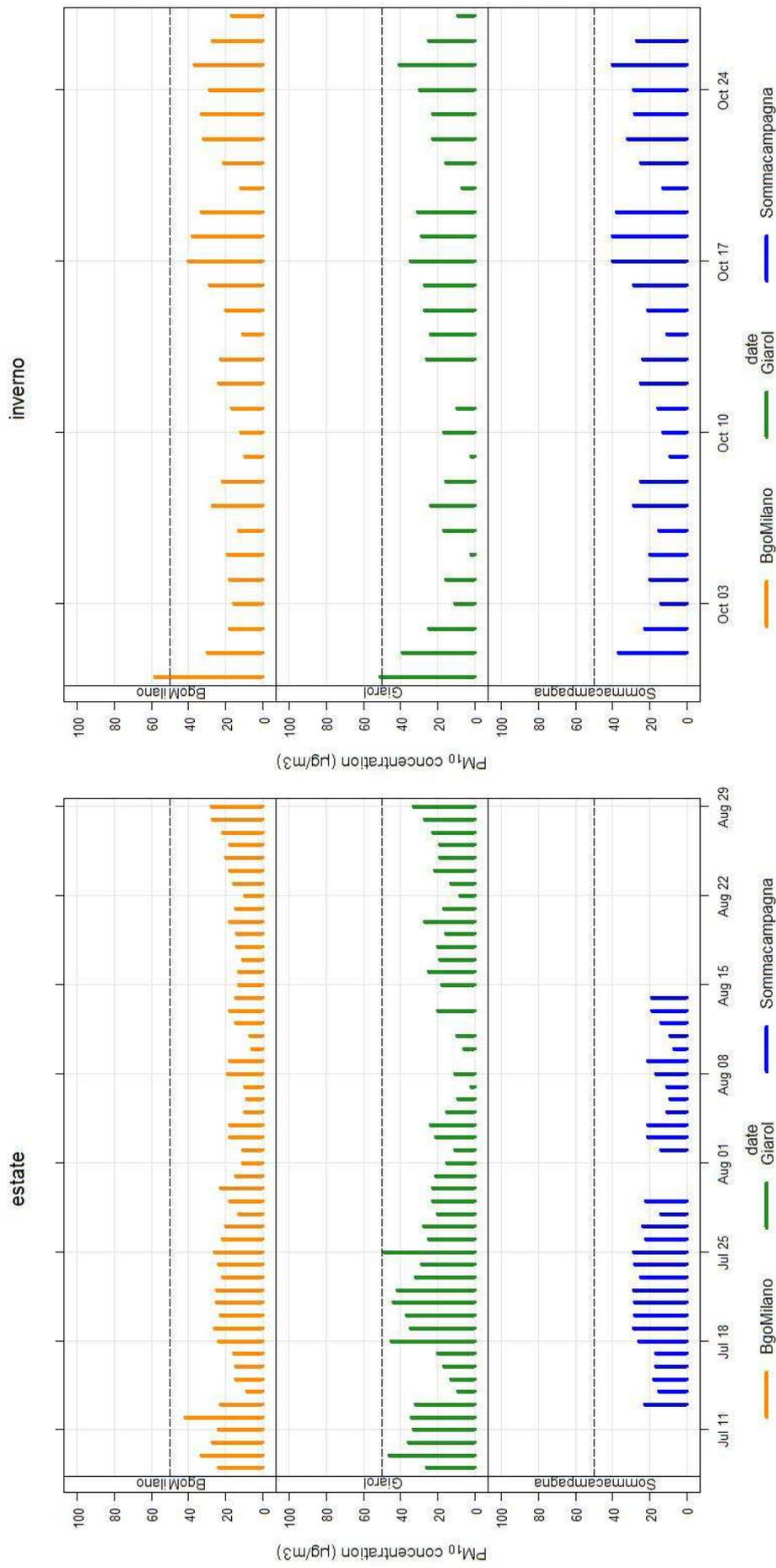


Grafico 7 – Concentrazione di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Verona-Borgo Milano, Verona-Giarol, Sommacampagna nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valor medio, misurato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

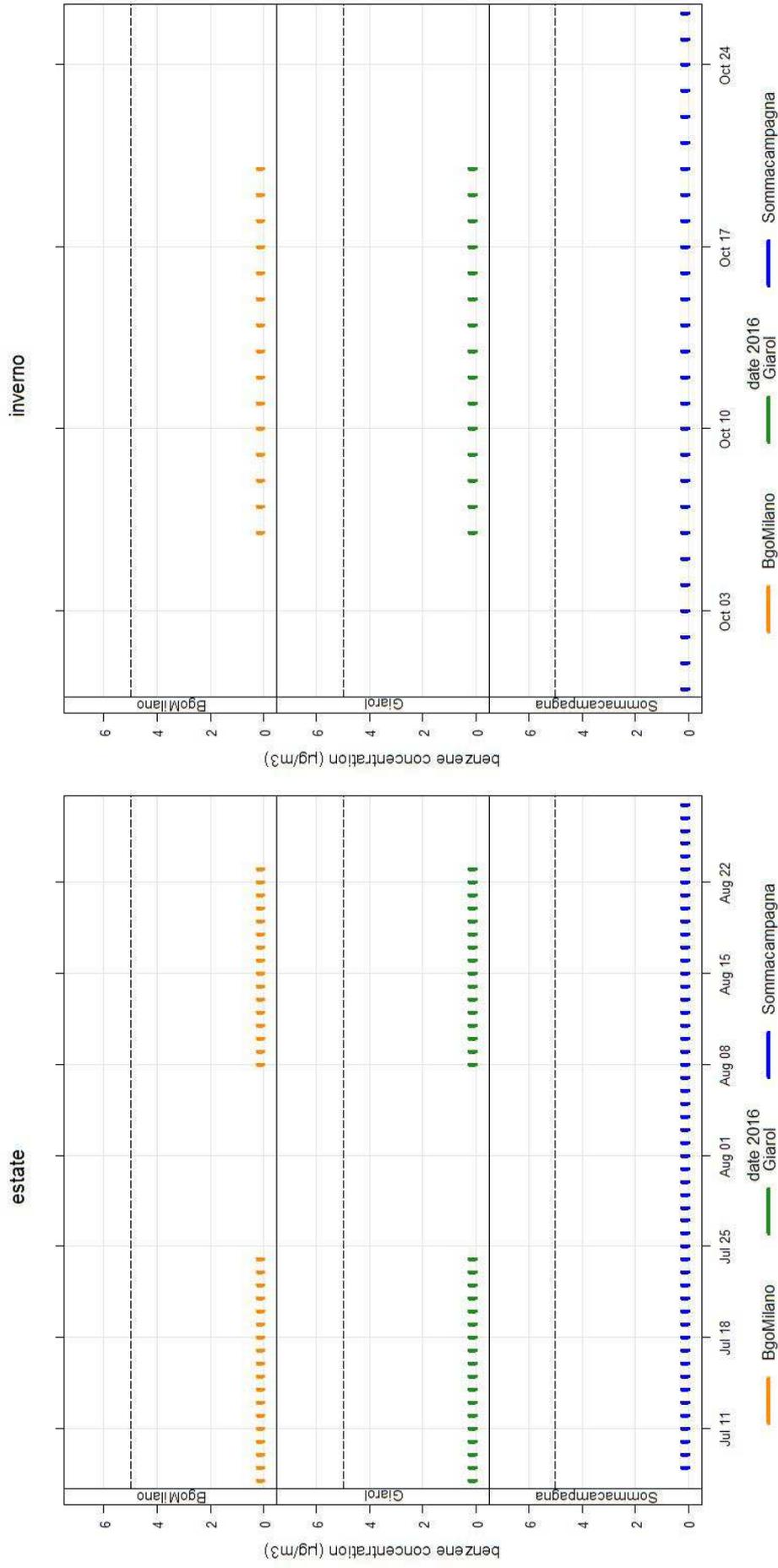


Grafico 7 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m³) a Verona-Giarol, Verona-Borgo Milano e Sommacampagna nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m³.

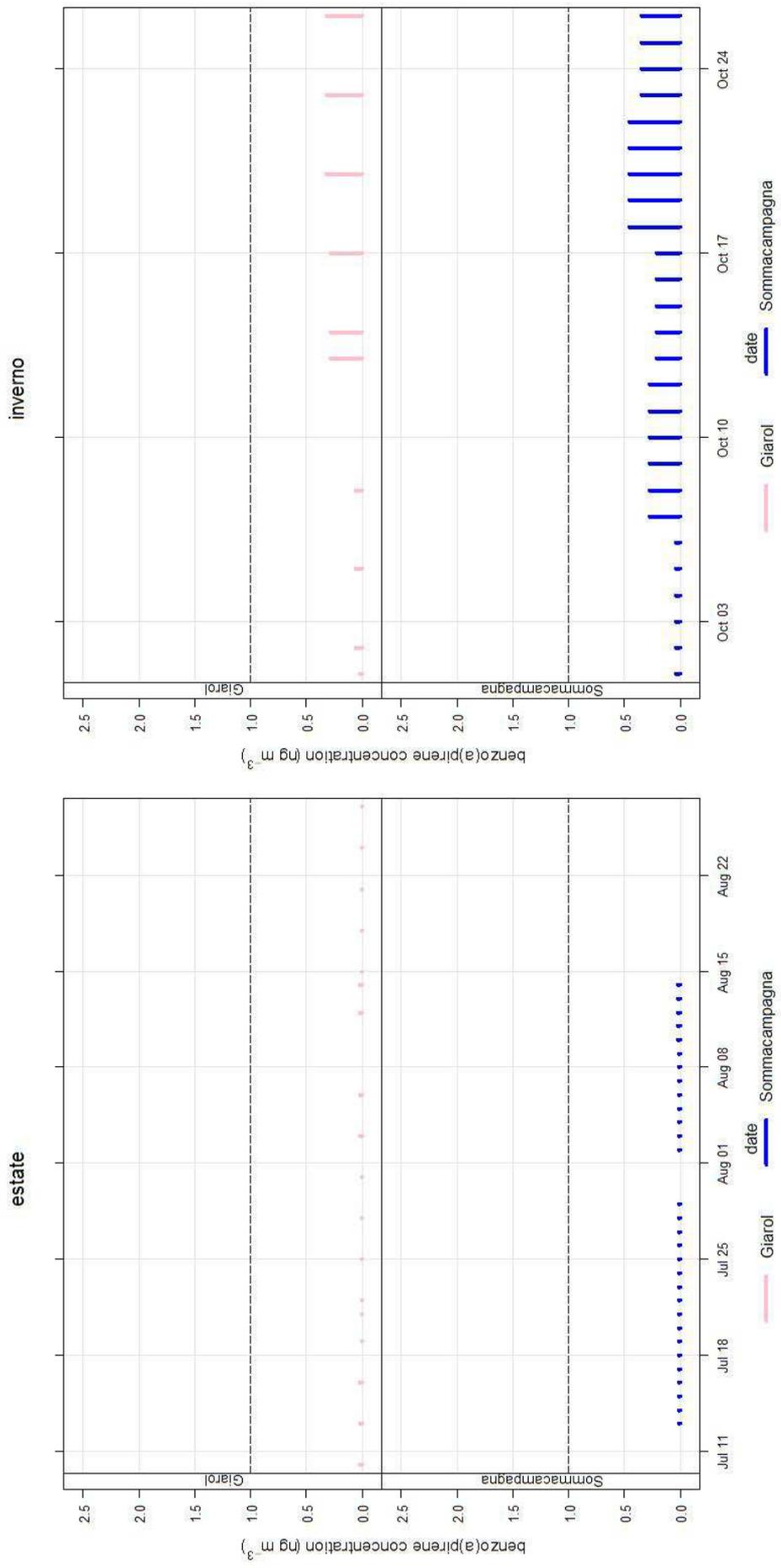


Grafico 9 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernata (pannello a destra).

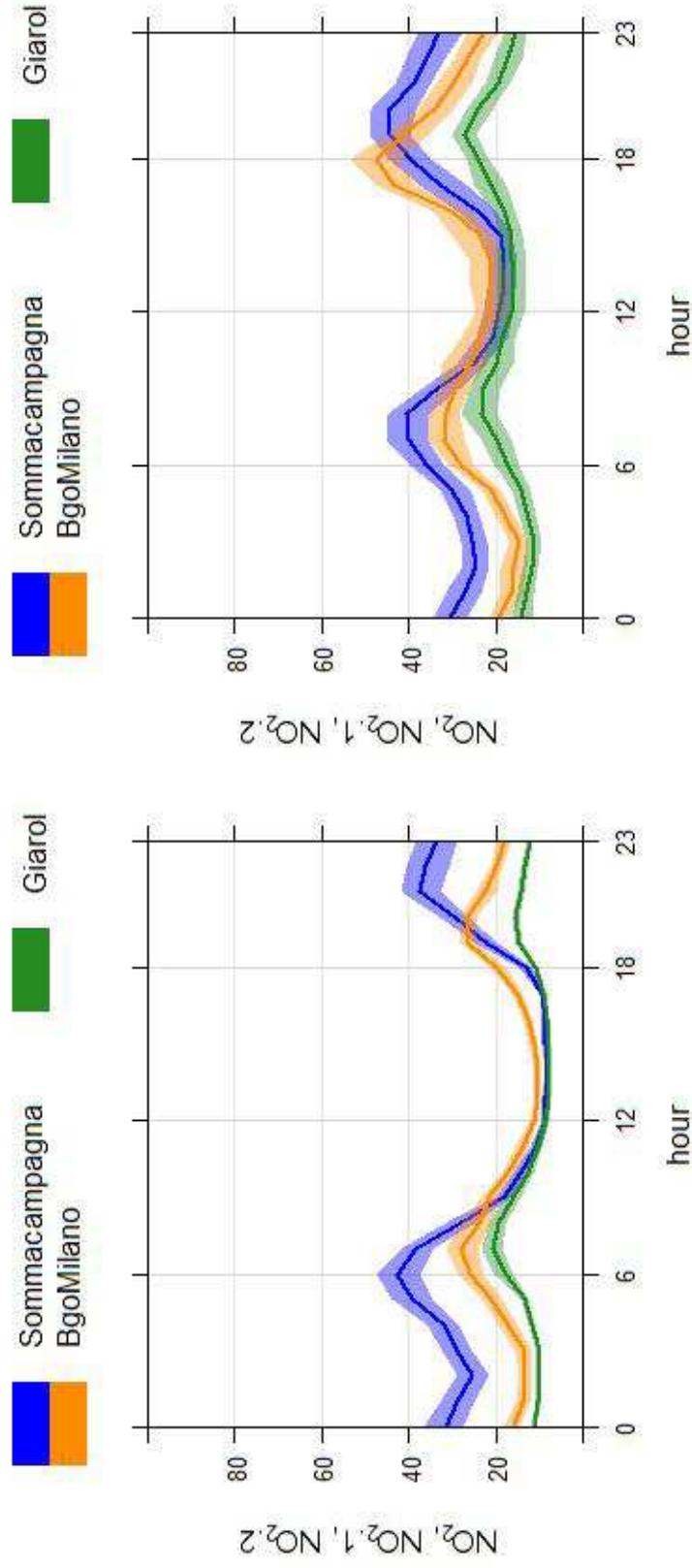


Grafico 10 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

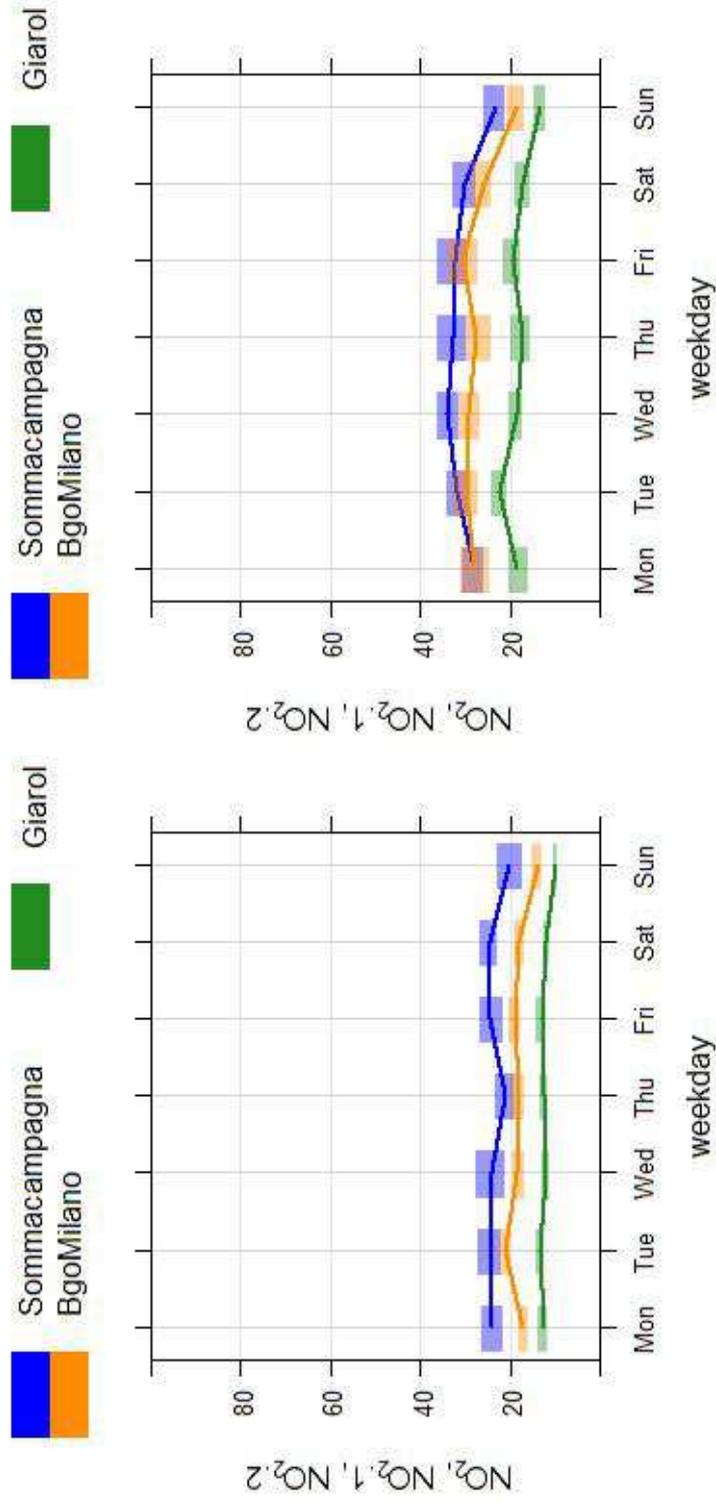


Grafico 11 – Giorno tipo O₃ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

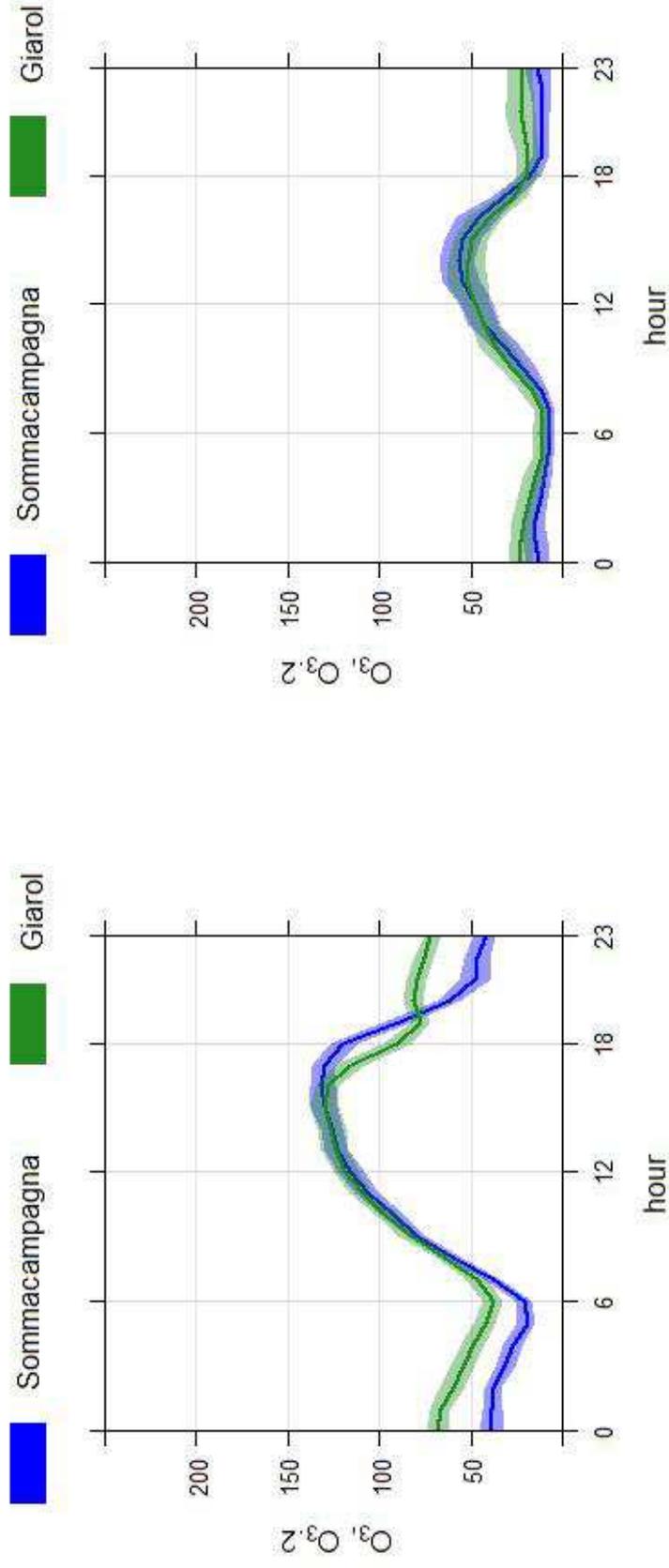
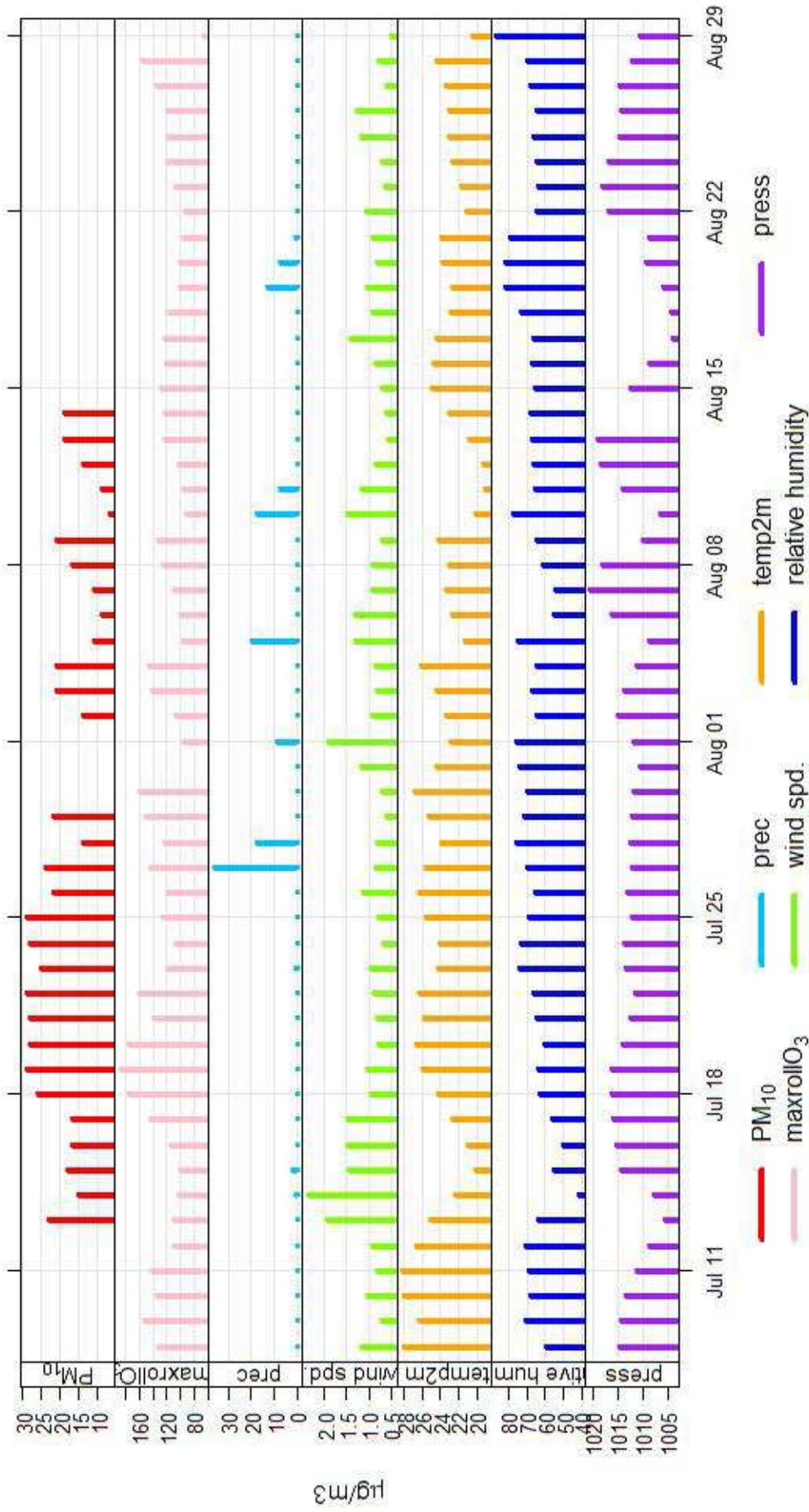


Grafico 12 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O₃ (µg/m³) a Sommacampagna, e variabili meteorologiche della stazione di Villafranca Veronese: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 10m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%). La pressione (press, mbar) è stata rilevata presso Verona-Giarol.

estate Sommacampagna



inverno Sommacampagna

