

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Brentino Belluno

Via La Val, Rivalta, Brentino Belluno (VR)



Periodo di attuazione:

13/07/2018 – 27/08/2018 (periodo estivo)

22/11/2018 – 07/01/2019 (periodo invernale)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Giancarlo Cunego

Unità Operativa Fisica VR

Dirigente: Predicatori Francesca

De Zolt Sappadina Simona

Servizio Monitoraggio dello stato e Supporto Operativo VR

Responsabile: Salomoni Andrea

Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio

Sansone Maria

Con la collaborazione di:

Servizio Controlli VR

Sarego Giacomo

Servizio Monitoraggio e Valutazioni VR

Forigo Antonello

Fusato Giampaolo

Dipartimento Regionale Laboratori

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

Relazione tecnica n. 05/2019		Data : 18/05/2019
F.to II Tecnico Unità Operativa Fisica Dr.ssa Simona De Zolt Sappadina	F.to II Dirigente Unità Operativa Fisica 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. (A cura di Sansone Maria, del Centro Meteorologico di Teolo).....	7
3.1.	Periodo estivo: 13/07/2018– 27/08/2018.....	8
3.2.	Periodo invernale: 22/11/2018 – 07/01/2019.....	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).....	24
7.6.	Benzene (C ₆ H ₆).....	27
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA.....	28
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	30
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse.....	32
10.	Conclusioni.....	36
11.	Sintesi.....	38
12.	Appendice.....	39
13.	Glossario.....	53

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna è stata richiesta dal Comune di Brentino Belluno e rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Essa permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nella frazione di Rivalta, nel comune di Brentino Belluno. Il punto di misura si trova nel parcheggio della scuola primaria di Rivalta, in via La Val n.1, in una zona residenziale. 200 m a ovest di esso passa l'autostrada del Brennero A4, 80 m a nord-ovest passa la Strada Provinciale SP11. La zona industriale del paese si trova 1km a nord del punto di misura.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 13/07/2018 al 27/08/2018 nel semestre estivo, dal 22/11/2018 al 07/01/2019 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Brentino Belluno, in zona residenziale e vicino alla scuola, ed è di tipologia "fondo sub-urbano". Il comune di Brentino Belluno ricade nella zona "Pianura e capoluogo bassa pianura", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in figura 1. In figura 2 è indicata la posizione del mezzo mobile durante le campagne di monitoraggio.

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

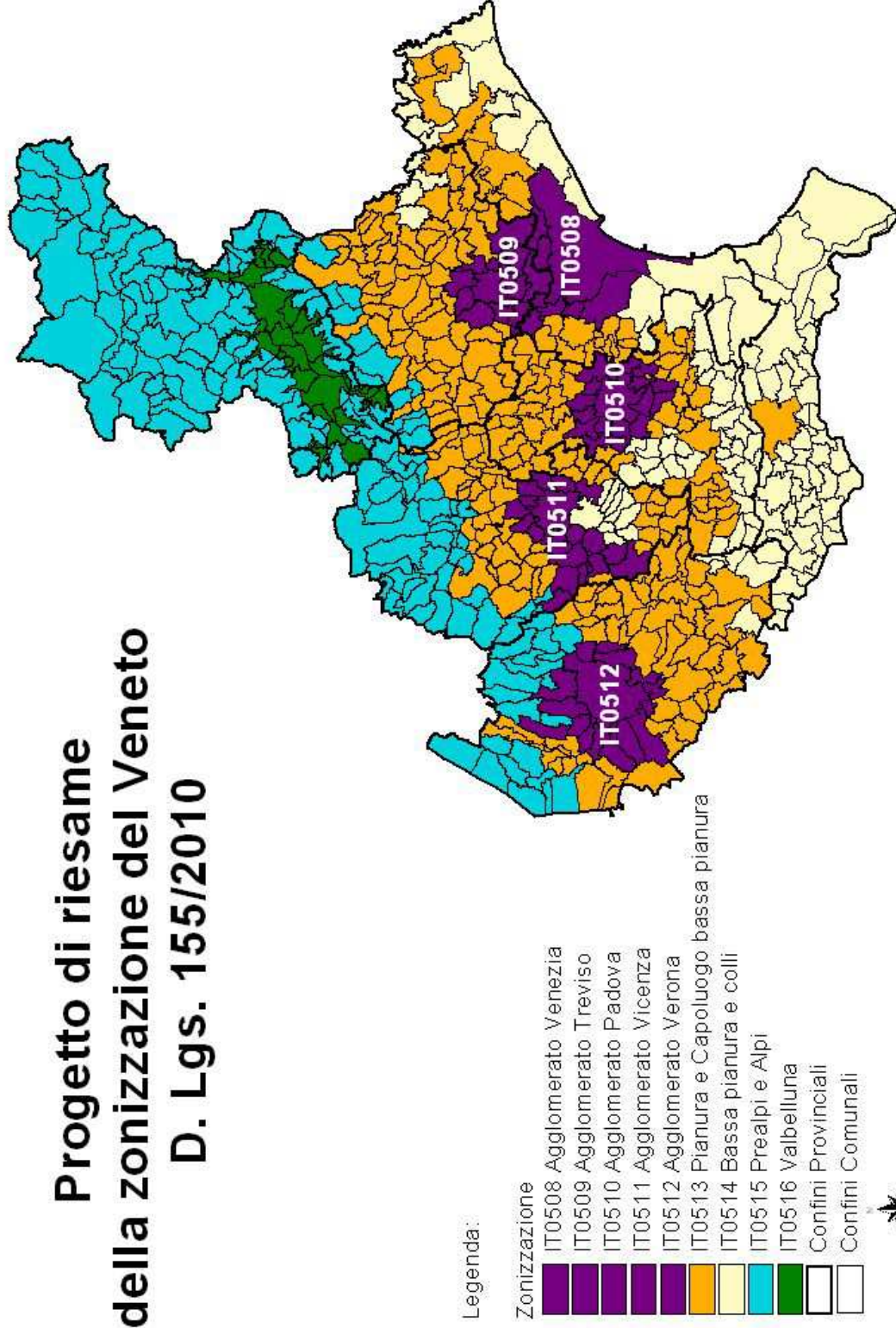


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012

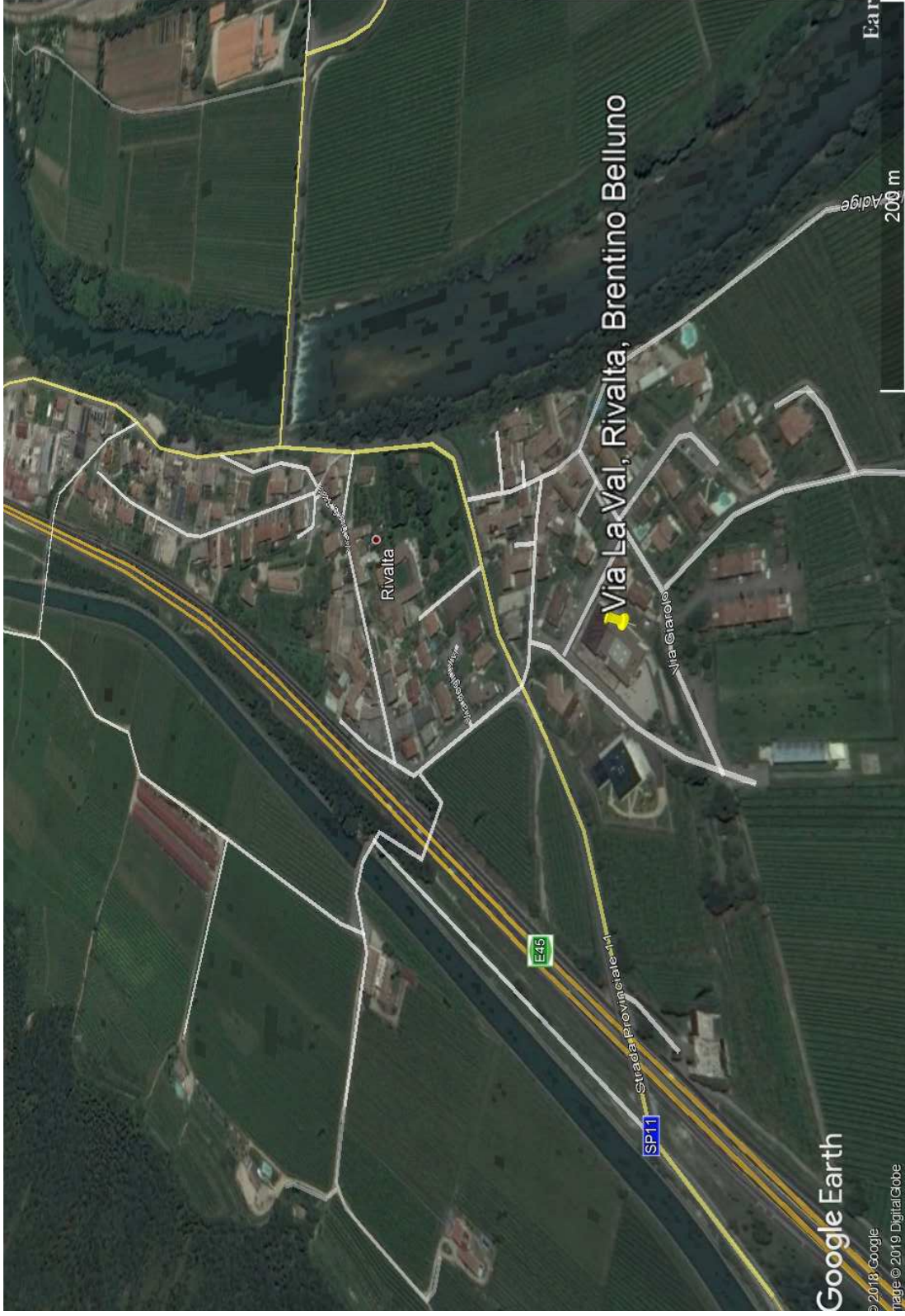


Figura 2. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio, Via La Val, Rivalta, Comune di Brentino Belluno (VR).

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

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

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 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 120 - Dolcè (VR), che dista dal sito della campagna di misura circa 5 km. La stazione 120 può essere considerata rappresentativa per le precipitazioni e l'intensità del vento, mentre potrebbe essere non del tutto significativa per la direzione del vento, in quanto il sito della stazione e quello della campagna di misura si trovano in due punti della vallata caratterizzati dalla presenza di differenti rilievi orografici. Inoltre, presso la stazione 120, la quota dell'anemometro tra il 13 e il 14 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 di 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 0.44 m.
Relazione tecnica n. 04/2019

3.1. Periodo estivo: 13/07/2018– 27/08/2018

DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

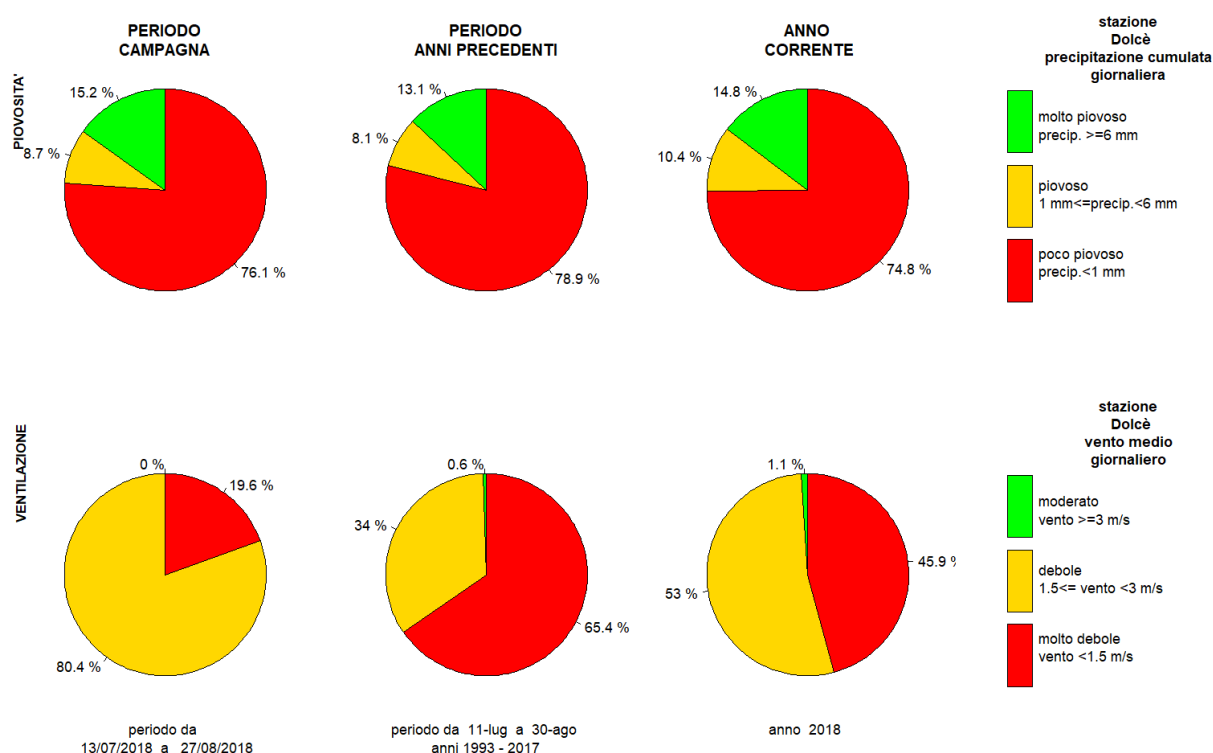


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

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

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

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

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è stata abbastanza simile a quelle di entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento molto debole sono stati ben meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti.

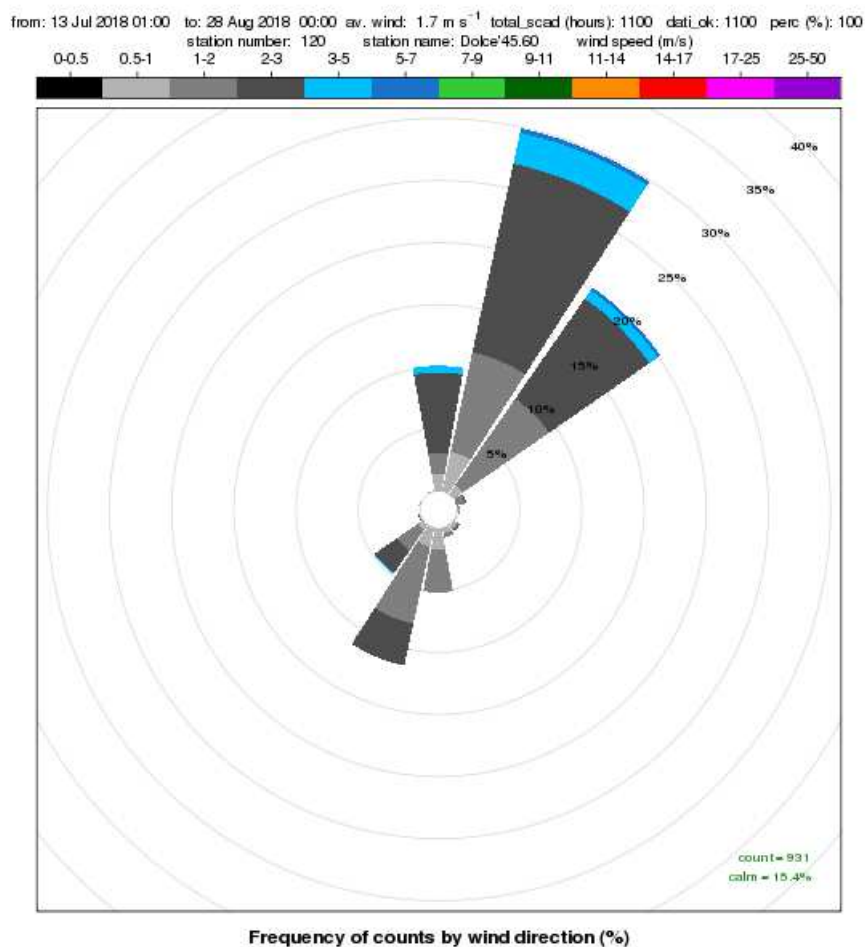


Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Dolcè nel periodo 13 luglio – 27 agosto 2018

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Dolcè durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-nordest (circa 30% dei casi), seguita da nord-est (circa 20%), sud-sudovest (circa 11%) e nord (circa 10%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa il 15%; la velocità media è stata pari a circa 1.7 m/s. Si sottolinea il fatto che la rosa dei venti evidenzia un regime fortemente influenzato dall'orografia circostante e che tale regime potrebbe risultare almeno in parte differente da quello verificatosi nel sito della campagna di misura.

3.2. Periodo invernale: 22/11/2018 – 07/01/2019

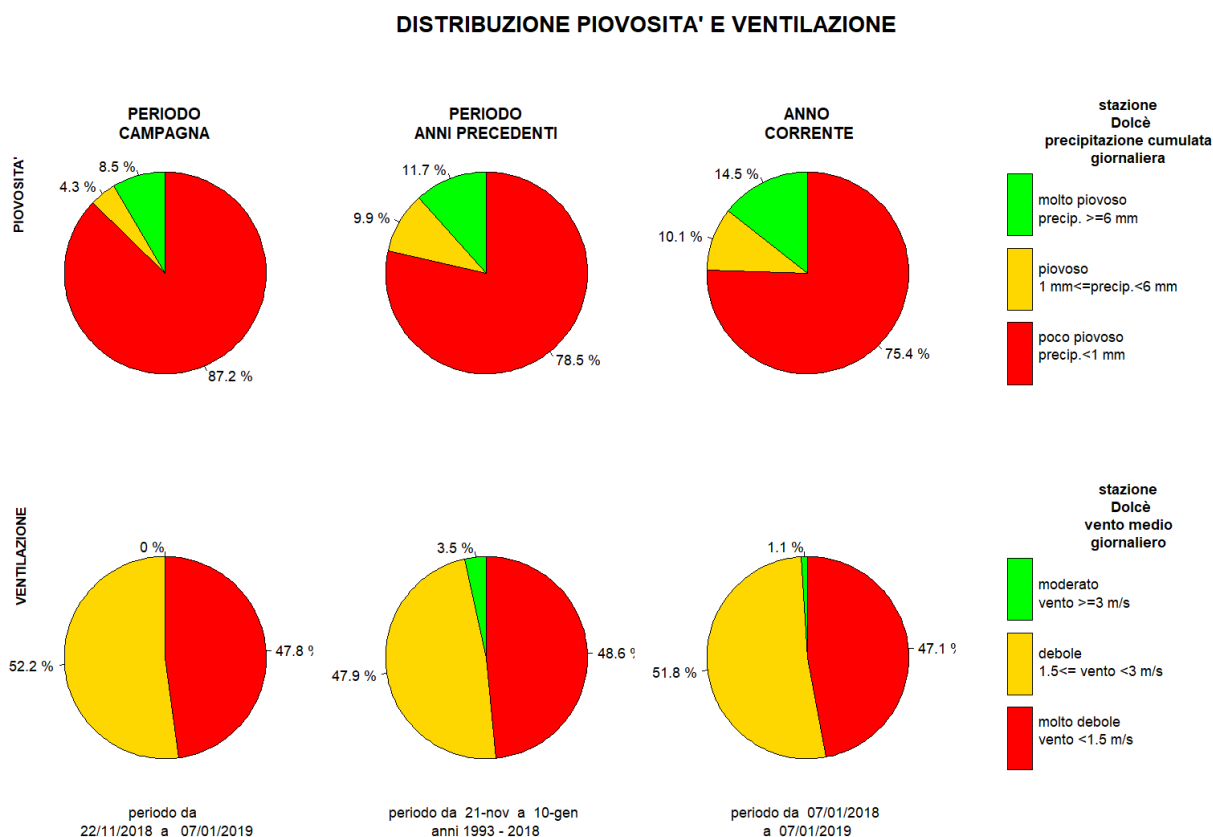


Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

- 22 novembre 2018 - 7 gennaio 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 21 novembre - 10 gennaio dall'anno 1993 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 7 gennaio 2018 – 7 gennaio 2019 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- la distribuzione dei giorni in relazione alla ventosità è stata simile a quella di entrambi i periodi di riferimento, salvo per il fatto che sono del tutto assenti i giorni con vento moderato, che erano invece presenti, anche se con basse percentuali sia nell'anno corrente che nello stesso periodo degli anni precedenti.

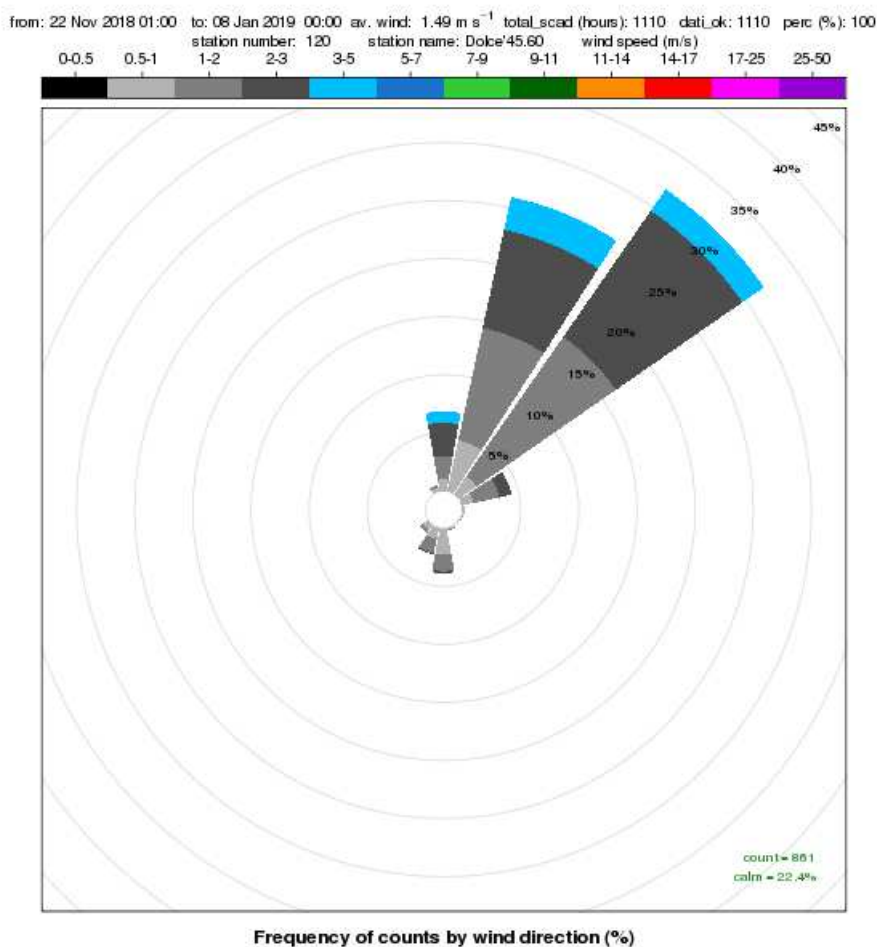


Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Dolcè nel periodo 22 novembre 2018 – 7 gennaio 2019

In figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Brentino Belluno durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-est (circa 32% dei casi), seguita da nord-nordest (circa 26%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa il 22%; la velocità media è stata pari a circa 1.5 m/s. Si sottolinea il fatto che la rosa dei venti evidenzia un regime fortemente influenzato dall'orografia circostante e che tale regime potrebbe risultare almeno in parte differente da quello verificatosi nel sito della campagna di misura.

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 e degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al benzo(a)pirene).

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

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

Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, fatta eccezione per il particolato PM_{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
PM ₁₀	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
NO _x	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'Appendice I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

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

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

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

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

Il numero di giorni dell'anno in cui è stato effettuato il campionamento e la resa di campionamento per i vari inquinanti sono riportati in tabella 4. Il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Benzo(a) pirene	Benzene
N giorni di campionamento	93	93	93	46	93	80	71	26
N minimo di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	100	95	95	100	100	100	100	100
Resa di campionamento minima (%)	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	93	88	88	46	93	80	71	26
N minimo di giorni di campionamento con dati validi	46	46	46	32	46	46	20	20

Tabella 4. Numero di giorni in cui è stata eseguita la misurazione dei vari inquinanti e resa di campionamento: valori relativi alle campagne di misura e valori minimi necessari.

7. Analisi dei dati rilevati

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

Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurata a Brentino Belluno. 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 17 in Appendice.

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

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

7.1. Monossido di carbonio (CO)

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

La tabella 6 e la figura 18 in Appendice mostrano che durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di monossido di carbonio è sempre stata ampiamente inferiore al valore limite di 10 mg/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 tutti i periodi dell'anno. In entrambe le stagioni, i valori medi sono stati prossimi al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m³.

CO (mg/m ³)	ESTATE	INVERNO	ESTATE+INVERNO
	Brentino Belluno	Brentino Belluno	Brentino Belluno
media	<0.1	0.4	0.2
sd	0.1	0.3	
min	<0.1	<0.1	<0.1
max	0.9	1.5	1.5
mediana	<0.1	0.3	
N	1104	1128	2232
dati mancanti	2	8	10
data.capture (%)	100	99	99
max giornaliero	0.2	0.8	0.8
max.rolling.8	0.3	1.1	
95°percentile	0.2	0.9	
99°percentile	0.3	1.2	
N superamenti 10 mg/m ³	0	0	0

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

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

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

Le due specie più importanti di ossidi di azoto sono il biossido di azoto (NO₂) e il monossido di azoto (NO), la cui somma pesata viene indicata come NO_x. L' NO₂ è un gas tossico molto irritante, responsabile del colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città molto inquinante dal traffico. Esso viene in parte emesso direttamente dalle sorgenti inquinanti (inquinante primario), ma prevalentemente (circa per il 90%) si forma per reazione a partire da altre specie chimiche (inquinante secondario). L'NO, invece, è un gas inodore e incolore molto meno tossico, e di origine primaria, cioè proviene direttamente alle sorgenti emmissive.

Come si può vedere in tabella 7 e figura 7, durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha superato il valore limite orario relativo all'esposizione acuta di 200 µg/m³. Nello stesso periodo, anche nelle stazioni di riferimento di San Bonifacio e

Legnago non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è pari a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore medio di NO_x , pari a $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 8), supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 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 di concentrazione di NO_2 , a Brentino Belluno come presso le centraline di riferimento, nel periodo invernale sono superiori a quelli del periodo estivo: questo è in accordo con quanto in genere ci si attende, in quanto le condizioni meteorologiche tipiche invernali sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.

Se si confrontano i dati delle tre postazioni, il valore medio e il massimo di NO_2 misurato a Brentino Belluno sono più elevati dei corrispondenti relativi a Legnago e San Bonifacio, in entrambe le stagioni. Se si considera il solo NO , che rappresenta la componente primaria degli ossidi di azoto, cioè quella emessa direttamente dalle fonti emissive, le concentrazioni a Brentino Belluno sono mediamente inferiori a quelle della centralina di riferimento di San Bonifacio nella campagna invernale (non mostrato).

Nella figura 26 in Appendice, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO_2 , calcolato per i due periodi di campagna. In entrambe le stagioni, in tutte le tre postazioni di misura, sono evidenti due picchi, al mattino e alla sera, in corrispondenza delle ore di maggiore traffico e delle condizioni meteorologiche che più inibiscono la dispersione di inquinanti (la sera, per la formazione di un'inversione termica superficiale).

In sintesi, sulla base alle analisi effettuate sugli ossidi di azoto, il punto di misura a Brentino Belluno mostra valori di NO_2 mediamente più elevati rispetto a quelli delle centraline, probabilmente per la vicinanza dell'autostrada del Brennero. E' stata rilevata una maggior componente secondaria degli ossidi di azoto nel periodo invernale rispetto alle centraline di riferimento.

NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago
media	24	21	13	45	41	36	35	31	25
sd	21	16	9	18	14	12			
min	<4	<4	<4	6	7	6	<4	<4	<4
max	100	93	71	109	103	85	109	103	85
mediana	17	17	11	44	39	35			
N	1104	1104	1104	1128	1128	1128	2232	2232	2232
dati mancanti	101	46	56	10	39	26	111	85	82
data.capture	91	96	95	99	97	98	95	96	96
max giornaliero	35	30	22	68	58	54	68	58	54
95°percentile	76	53	30	75	69	58			
99°percentile	93	67	41	96	86	67			
N superamenti $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N superamenti $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 7. Concentrazione di NO_2 : principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

² L'Appendice III, punto 3.2, del citato decreto stabilisce che i siti di campionamento in cui si valuta la qualità dell'aria ambiente ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali debbano essere ubicati ad oltre 20 Km dalle aree urbane ed oltre 5 Km da zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con conteggi di traffico superiori a 50000 veicoli al giorno.

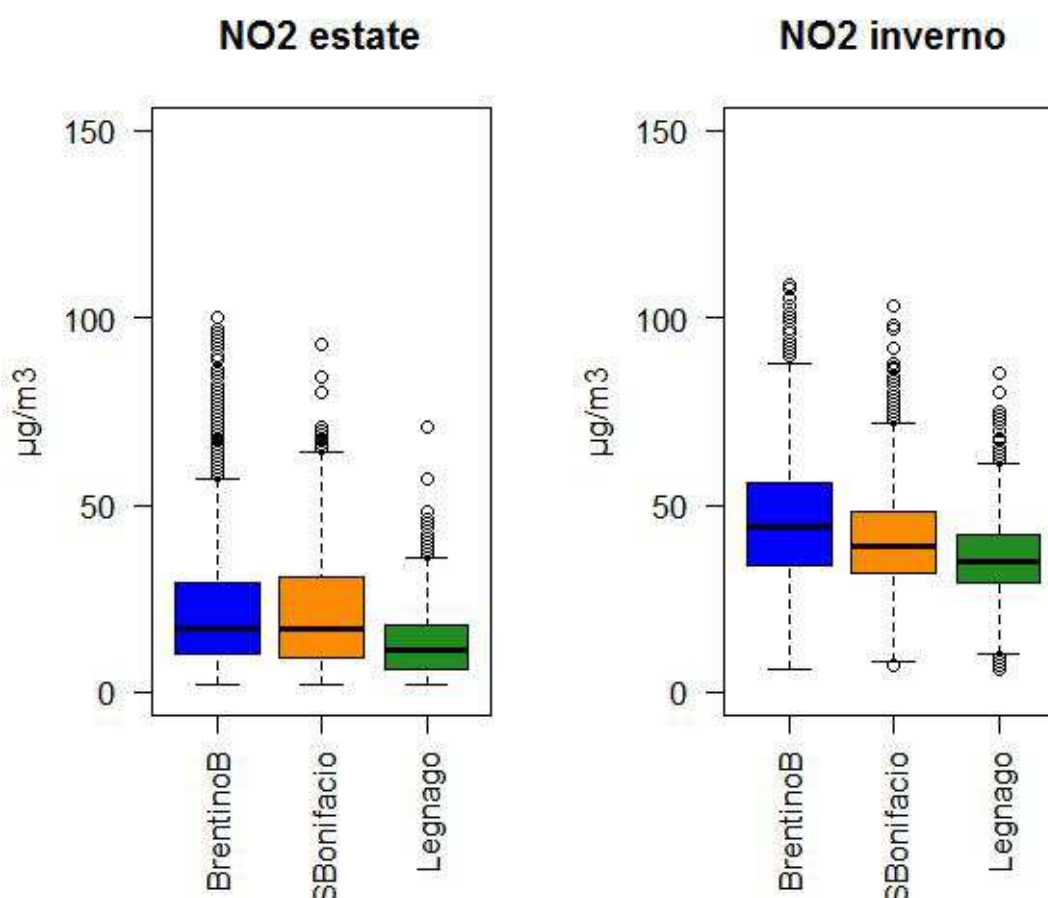


Figura 7. Box-plot della concentrazione di NO₂. Dati relativi a Brentino Belluno e alle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

NO _x (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago
media	28	25	19	99	125	88	64	75	54
sd	25	21	12	68	91	56			
min	<4	<4	<4	8	8	7	<4	<4	<4
max	131	190	71	410	530	453	410	530	453
mediana	20	19	17	85	106	76			
N	1104	1104	1104	1128	1128	1128	2232	2232	2232
dati mancanti	101	46	56	10	39	26	111	85	82
data.capture	91	96	95	99	97	98	95	96	96
max giornaliero	42	41	37	203	256	153	203	256	153
95°percentile	88	66	42	234	316	193			
99°percentile	110	99	54	340	432	272			

Tabella 8. Concentrazione di NO_x: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

7.3. Biossido di zolfo (SO₂)

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

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 µg/m³ e 500 µg/m³ (Tabella 9 e Appendice – figura 20), 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).

	ESTATE	INVERNO	ESTATE+INVERNO
SO ₂ (µg/m ³)	Brentino Belluno	Brentino Belluno	Brentino Belluno
media	<3	<3	<3
sd	1	2	
min	<3	<3	<3
max	9	11	11
mediana	<3	<3	
N	1104	1128	2232
dati mancanti	1	3	4
data.capture	100	100	100
max giornaliero	4	7	7
95°percentile	5	6	
99°percentile	7	9	
N superamenti 350 µg/m ³	0	0	0
N superamenti 125 µg/m ³	0	0	0

Tabella 9. Concentrazione di SO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

7.4. Ozono (O₃)

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

L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute nella Pianura Padana, ma anche in tutta Europa. Gli effetti a lungo termine dell'esposizione a ozono comprendono problemi respiratori e cardiocircolatori. Diversi studi europei hanno mostrato un aumento della mortalità giornaliera compreso tra 0.3% e 0.5% per ogni incremento della concentrazione media (su 8 ore) di ozono di 10 µg/m³ oltre un livello di base di 70 µg/m³ (WHO, 2016). Gli effetti sull'ambiente comprendono la riduzione della fotosintesi e una bassa produzione delle colture, e un contributo all'effetto serra.

Durante la campagna estiva a Brentino Belluno sono stati registrati 24 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore (tabella 10 e figura 22 in Appendice), pari al 52% del periodo di campagna, un numero inferiore ai 29 superamenti della centralina di riferimento di San Bonifacio. Essi si sono verificati in corrispondenza di giornate soleggiate con elevate temperature (vedasi figura 29 in Appendice). I superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m³ sul dato orario (figura 21 in Appendice) a Brentino Belluno sono stati 2, anche in questo caso un numero inferiore a quello relativo alle stazioni di riferimento (5 superamento a Legnago e nessuno a San Bonifacio). I valori medi e massimi sono superiori a quelli relativi a entrambe le centraline di riferimento.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago
media	79	76	88	14	7	7	46	41	47
Sd	40	45	42	16	10	10			
Min	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
max	181	190	190	73	62	65	181	190	190
mediana	76	70	81	6	<4	<4			
N	1104	1104	1104	1128	1128	1128	2232	2232	2232
dati mancanti	3	1	38	40	2	3	43	3	41
data.capture	100	100	97	96	100	100	98	100	98
max giornaliero	102	105	112	52	21	22	102	105	112
max.rolling.8	156	180	168	62	56	54			
95°percentile	151	147	156	54	29	32			
99°percentile	171	168	173	64	45	46			
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	24	29	33	0	0	0	24	29	33
N superamenti 180 µg/m ³	2	5	1	0	0	0	2	5	1
N superamenti 240 µg/m ³	0	0	0	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 Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m³.

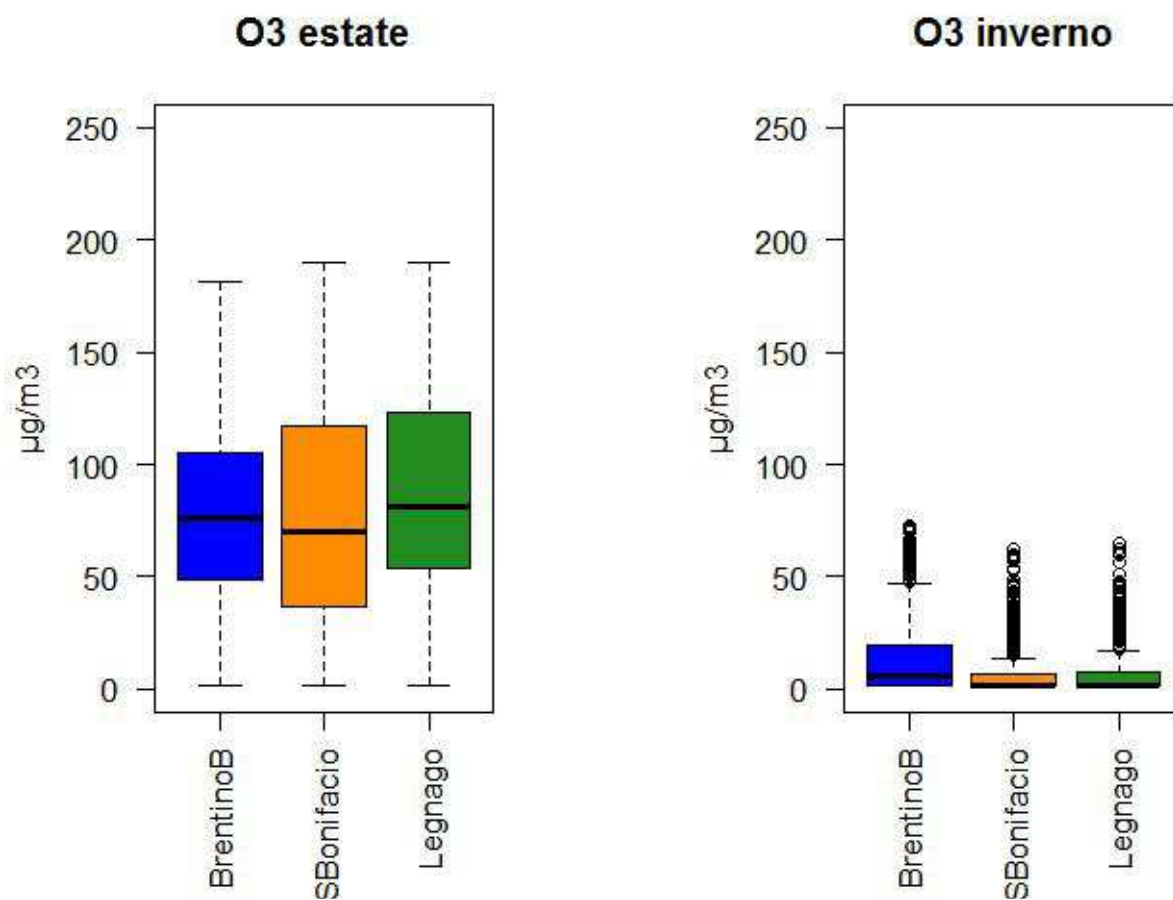


Figura 8. Box-plot della concentrazione di O₃. Dati relativi a Brentino Belluno e alla centralina di riferimento di Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

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

In tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Brentino Belluno durante le campagne di misura. Negli 80 giorni di misurazione, sono stati registrati 2 superamenti del limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), pari al 3% del periodo monitorato. Tali superamenti sono avvenuti nel corso del monitoraggio invernale.

In tabella 12, i dati relativi a Brentino Belluno sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. 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 Brentino Belluno, usati per produrre questa tabella, sono quindi di meno rispetto a quelli utilizzati per le statistiche di tabella 11, e questo spiega le leggere discrepanze. Le statistiche relative ai dati sono rappresentate graficamente in figura 9. I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 a Brentino Belluno nel periodo estivo sono confrontabili con quelli delle due centraline di riferimento; nel periodo invernale, invece, sono decisamente inferiori.

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

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

In base ai risultati dell'analisi dei dati, il sito a Brentino Belluno è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di Legnago. La metodologia di calcolo stima, per il sito sporadico a Brentino Belluno, il valore medio annuale di 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il 90° percentile di 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (che non supera il valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	21	29	25
N giorni	38	42	80
sd	5	12	
max	32	60	60
min	13	8	8
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	2	2

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

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago
media	21	22	21	29	50	49	25	37	36
N giorni	37	37	37	42	42	42	79	79	79
sd	5	7	6	12	19	20			
max	32	37	31	60	96	100	60	96	100
min	13	7	3	8	24	20	8	7	3
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	2	19	20	2	19	20

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

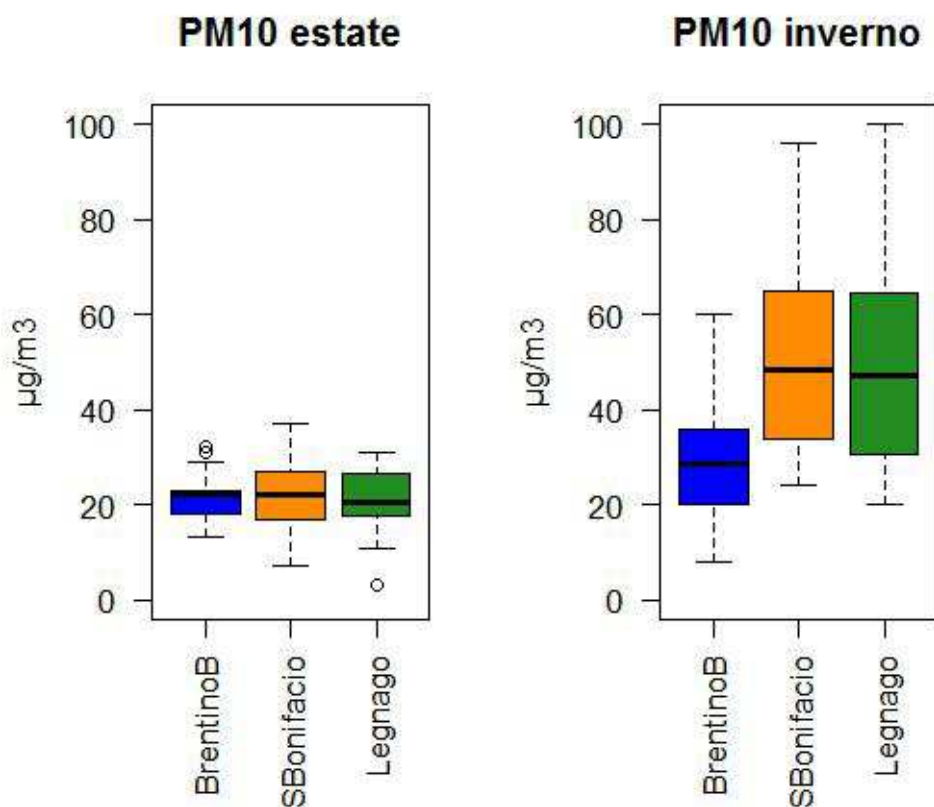


Figura 9. Box-plot della concentrazione di PM₁₀. Dati relativi a Brentino Belluno e alle centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.6. Benzene (C₆H₆)

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

In tabella 13 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Brentino Belluno e nelle stazioni fisse di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Il confronto è indicativo, in quanto questo tipo di misura comporta l'esposizione di un radiello per circa 15-20 giorni, ma i periodi di esposizione dei radielli delle tre postazioni non coincidono esattamente. I dati utilizzati per elaborare le statistiche in tabella sono rappresentati graficamente in Appendice–figura 24.

In tabella 13, si può vedere che in estate tutti i valori misurati a Brentino Belluno e presso le centraline di riferimento sono inferiori al limite di rivelabilità. In inverno i valori misurati a Brentino Belluno sono inferiori a quelli di San Bonifacio e superiori a quelli di Legnago.

In tabella 14 sono riportati i valori medi di benzene, etilbenze, toluene, xilene ottenuti utilizzando tutti i dati disponibili. Sia i valori medi sia i massimi, nei periodi di monitoraggio, sono inferiori al limite normativo di 5 µg/m³, che si riferisce alla media annuale.

Benzene (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE+INVERNO		
	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago	Brentino Belluno	San Bonifacio	Legnago
Media	<0.5	<0.5	<0.5	2.0	3.1	1.6	1.0	1.5	0.8
N giorni	15	15	15	11	11	11	26	26	26
sd	0	0	0	0.1	0.6	0.1			
max	<0.5	<0.5	<0.5	2.0	3.3	1.6	2.0	3.3	1.6
min	<0.5	<0.5	<0.5	1.6	1.4	1.3	<0.5	<0.5	<0.5

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura a Brentino Belluno, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. I dati delle quattro postazioni non si riferiscono esattamente agli stessi giorni di campionamento, pertanto il confronto è solamente indicativo. Il limite di rivelabilità dello strumento è 0.5 µg/m³.

Benzene (µg/m ³)	ESTATE				INVERNO			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene
Media pesata	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	1.9	<0.5	2.0	1.2
Sd	0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2
Max	<0.5	<0.5	1.2	<0.5	2.1	0.5	2.3	1.4
Min	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	1.6	0.5	1.9	1.0
N campioni	3	2	2	2	3	3	3	3
N giorni esposizione	47	39	39	39	48	48	48	48

Tabella 14. Parametri statistici relativi alle varie specie di idrocarburi aromatici a Brentino Belluno. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m³. ND= Non Disponibile

7.7. Benzo(a)pirene e IPA

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

In tabella 15 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene a Brentino Belluno e presso la stazione di fondo urbano di VR-Giarol: questa infatti è la stazione di riferimento per la misura degli IPA nella pianura Veronese.

I parametri di tabella 15 sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località. Invece, in tabella 16, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Brentino Belluno, per tutte le specie di IPA misurate. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nella figura 25 in Appendice.

I dati delle tabelle e le serie temporali della figura 25 in Appendice mostrano che, mentre in estate la concentrazione media giornaliera è inferiore al limite di rivelabilità strumentale, in inverno i valori sono più alti, con concentrazioni a Brentino Belluno decisamente superiori a quelle di VR-Giarol. Il valore medio calcolato per Brentino Belluno, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 1.8 ng/m³, che risulta superiore al limite annuale di 1.0 ng/m³.

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

Benzoapirene (ng/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Brentino Belluno	VR-Giarol	Brentino Belluno	VR-Giarol	Brentino Belluno	VR-Giarol
media	<0.02	<0.02	3.1	1.7	1.6	0.9
N	12	12	13	13	25	25
sd	0.0	0.0	0.8	0.3		
max	<0.02	<0.02	4.1	1.8	4.1	1.8
min	<0.02	<0.02	2.1	0.7	<0.02	<0.02

Tabella 15. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Brentino Belluno 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	29	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	2.4	0.7	3.7	1.3	71	1.4	3.7	<0.02
Benzoapirene	30	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	3.1	0.7	4.1	2.1	72	1.8	4.1	<0.02
Benzobfluorantene	30	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	2.4	0.5	3.2	1.7	72	1.4	3.2	<0.02
Benzoghiperilene	30	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	2.4	0.5	3.2	1.8	72	1.4	3.2	<0.02
Benzokfluorantene	30	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	1.3	0.3	1.8	0.9	72	0.8	1.8	<0.02
Dibenzoahantracene	30	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	0.1	0	0.2	0.1	72	0.1	0.2	<0.02
Indeno123cdpirene	1	<0.02		<0.02	<0.02	42	1.9	0.4	2.6	1.4	43	1.9	2.6	<0.02
Crisene	30	<0.02	0	<0.02	<0.02	42	2.7	0.7	3.7	1.5	72	1.6	3.7	<0.02

Tabella 16. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Brentino Belluno, 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 sinteticamente lo stato di qualità dell'aria considerando contemporaneamente i dati di più inquinanti atmosferici. L'indice, associato ad una scala di giudizi sulla qualità dell'aria, rappresenta uno strumento di immediata lettura, svincolato dalle unità di misura e dai limiti di legge che possono essere di difficile comprensione per i non addetti ai lavori.

Più nello specifico, l'indice di qualità dell'aria adottato da ARPAV viene calcolato in base ad indicatori di legge relativi a 3 inquinanti critici in Veneto:

- concentrazione media giornaliera di PM10;
- valore massimo orario di Biossido di azoto;
- valore massimo delle medie su 8 ore di Ozono.

Il calcolo dell'indice, fa riferimento a 5 classi di giudizio a cui sono associati altrettanti cromatismi, riportati in figura 10. Esso viene effettuato per ogni giorno di campagna.

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.

Cromatismi	Qualità dell'aria
	Buona
	Accettabile
	Mediocre
	Scadente
	Pessima

Figura 10. Scala dei colori associati alle diverse "classi" di qualità dell'aria.

Ulteriori approfondimenti sull'indice di qualità dell'aria sono riportati nella seguente pagina web: <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/iqa>

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

In figura 11 è riportata la percentuale di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per la campagne di misura estiva, mentre in figura 12 l'indice è riportato in un grafico-calendario. Vi è stata una prevalenza di giornate in cui la qualità dell'aria è stata "Mediocre" (41%), a causa delle elevate concentrazioni di ozono tipiche di questa stagione; le rimanenti giornate essa è stata "Accettabile" (30%), mentre nel 28% dei casi non si è potuto calcolare l'indice per mancanza di dati.

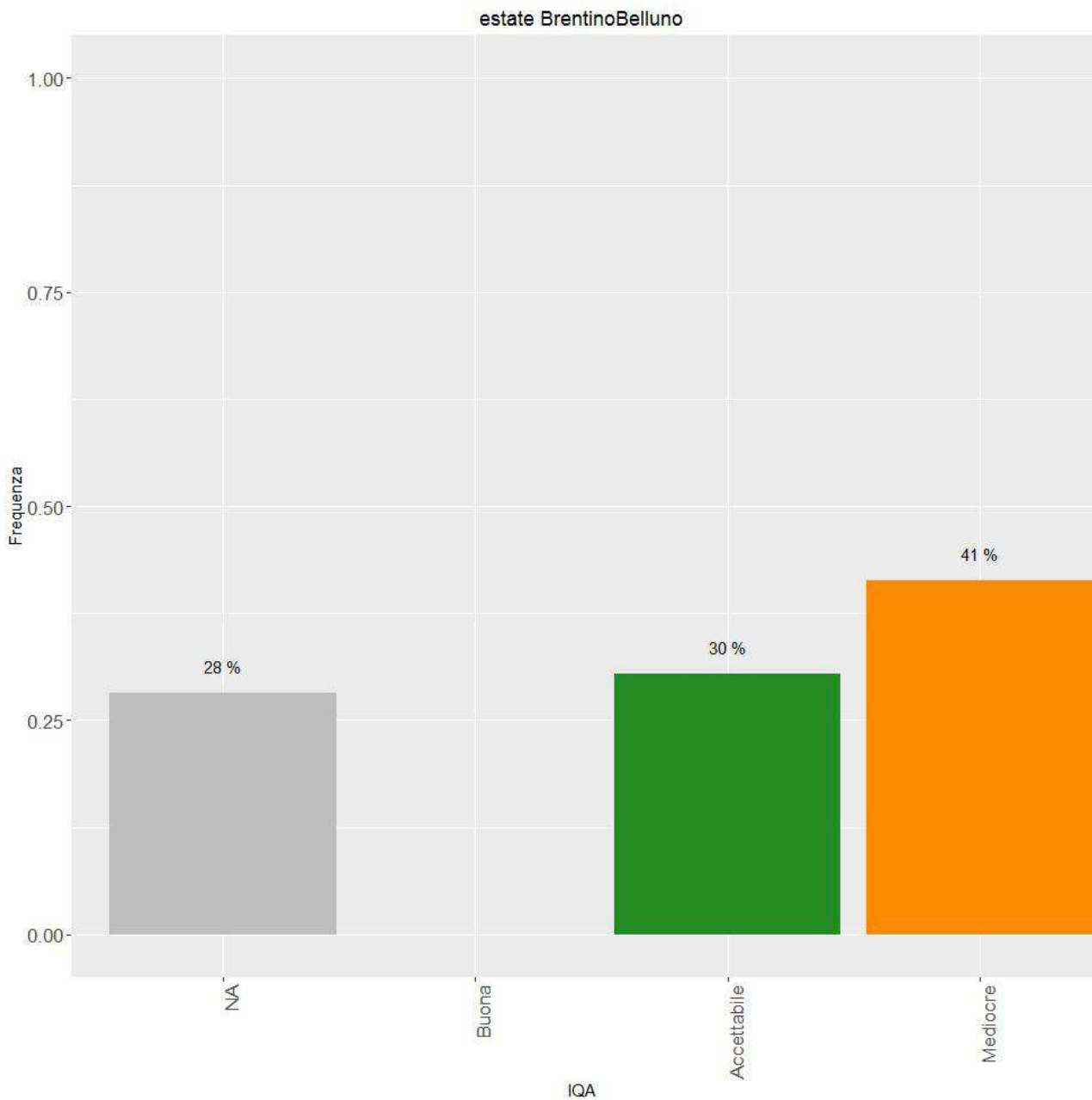


Figura 11. Indice di Qualità dell'aria a Brentino Belluno, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Brentino Belluno. NA (Not Available, non disponibile), è relativo alle giornate in cui non è stato possibile calcolare l'indice, a causa della mancanza di dati.

Indice di qualità dell'aria estate BrentinoBelluno



Figura 12. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna a Brentino Belluno, ESTATE 2018.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La centralina di traffico urbano di San Bonifacio, posta circa 40 km a est di Brentino Belluno, e la centralina di fondo urbano di Legnago, 40 km a sud-est del punto di analisi, sono le stazioni di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area individuata dalla zonizzazione come IT0513 "Pianura e capoluogo bassa pianura", a cui appartiene anche il punto di monitoraggio di Brentino Belluno. 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 13 a 16. Nelle figure sono rappresentate le due serie temporali della concentrazione media annua di un dato inquinante, misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadrato arancione) e Legnago (linea-quadrato verde); le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne di monitoraggio, misurata dal mezzo mobile a Brentino Belluno (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Legnago (barra verde). Il benzo(a)pirene, viene regolarmente misurato solo presso la centralina di monitoraggio di VR-Giarol, nel Comune di Verona.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni dal 2007 al 2014, sia presso la stazione di traffico di San Bonifacio sia presso la stazione di fondo di Legnago; negli anni seguenti si verifica una stabilizzazione dei valori medi. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono superiori ma confrontabili con la rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna a Brentino Belluno è superiore alle medie registrate nello stesso periodo a Legnago e San Bonifacio.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2011 e il 2018, pur essendoci un massimo locale nel 2015, legato prevalentemente alle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato questo anno. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di San Bonifacio e Legnago sono superiori alla loro media relativa al 2018. La concentrazione media a Brentino Belluno è inferiore a quella di San Bonifacio e Legnago.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2007 e il 2018 ha avuto un andamento variabile. La serie storica più lunga è quella della centralina di VR-Cason, che rappresenta un sito di fondo urbano: si osserva una tendenza all'aumento dal 2010 al 2015; nel 2016 la centralina è stata spostata a VR-Giarol, e negli ultimi due anni si è assistito a un lieve decremento. La concentrazione media misurata durante la campagna di misura nella stazione di fondo urbano di VR-Giarol è più elevata del valore medio annuale misurato nel 2018, e il valore relativo a Brentino Belluno risulta ancora più elevato.

Il benzene, nel periodo considerato, mostra una tendenza alla diminuzione. I valori misurati presso le centraline nel periodo di monitoraggio sono superiori a quelli medi del 2018. I valori di benzene misurati a Brentino Belluno sono confrontabili con quelli di Legnago e inferiori a quelli di San Bonifacio.

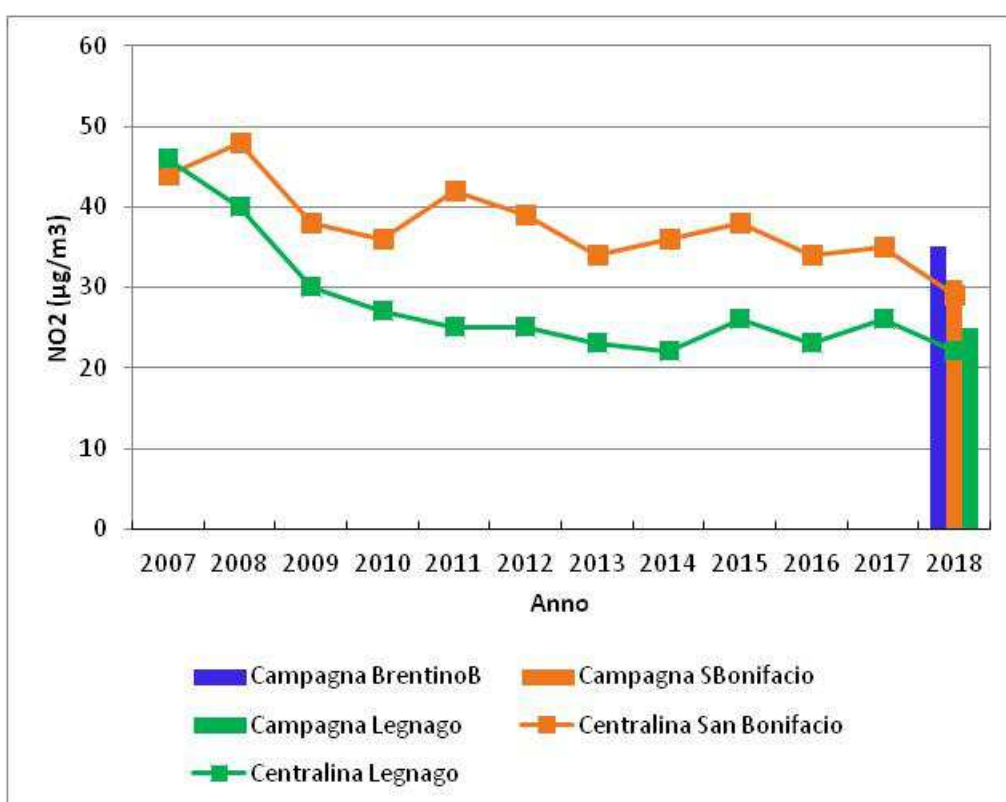


Figura 13: NO₂. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadrato arancione) e Legnago (linea-quadrato verde). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2018, misurata dal mezzo mobile a Brentino Belluno (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Legnago (barra verde).

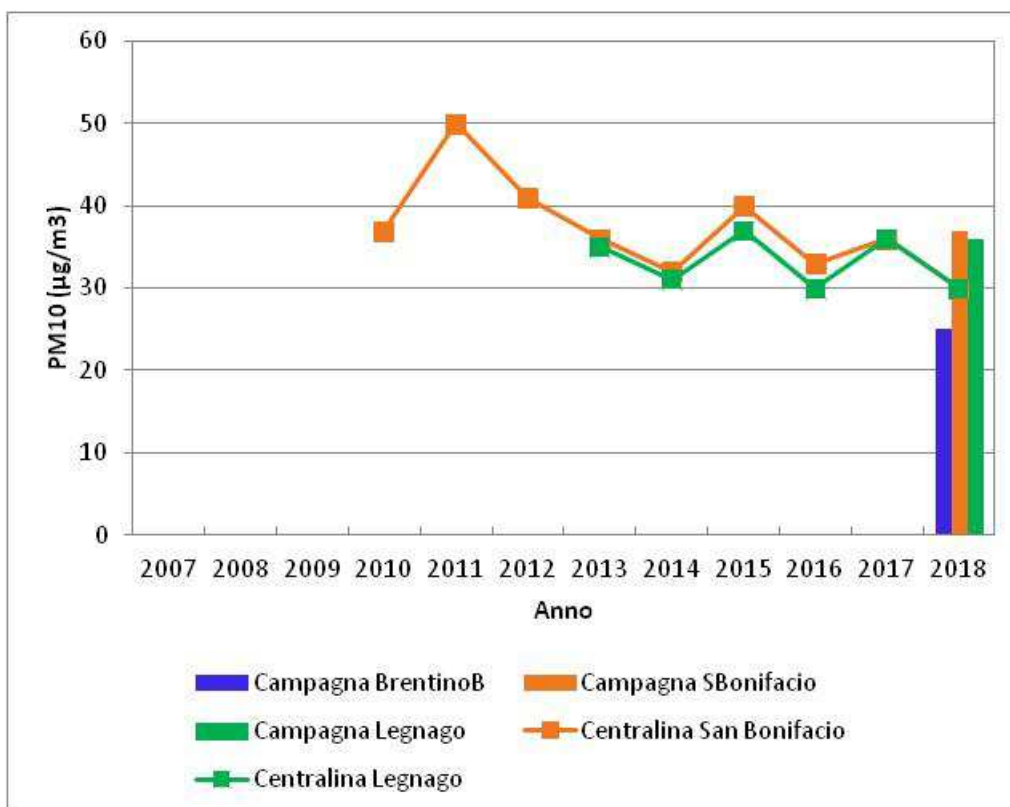


Figura 14. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018, misurata dal mezzo mobile a Brentino Belluno, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago (come in figura 13).

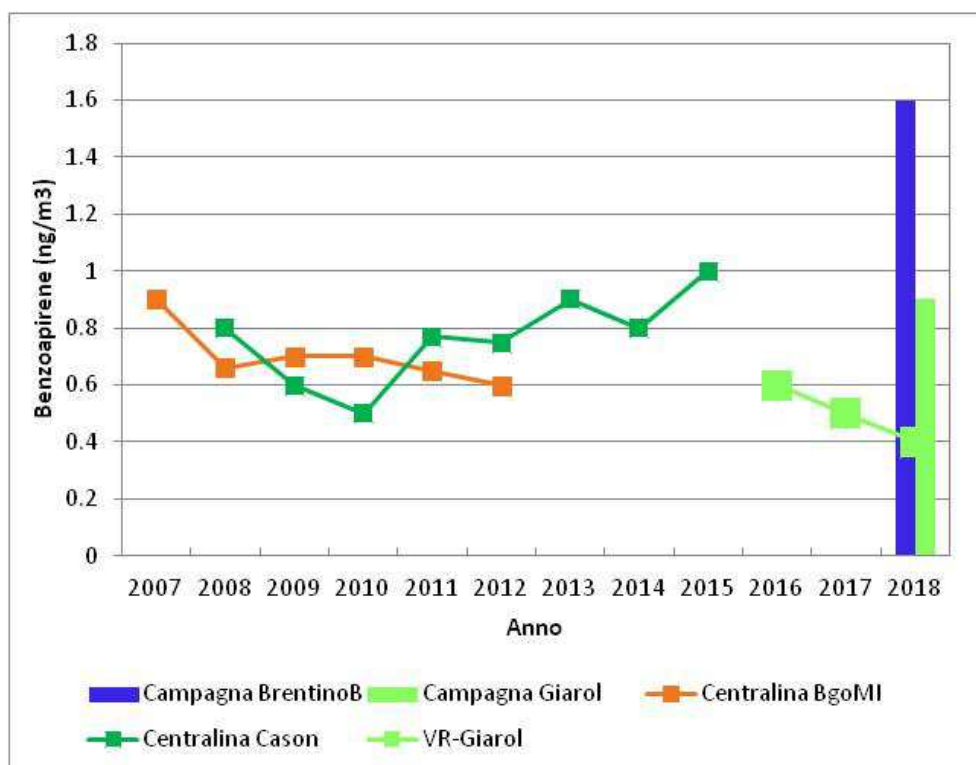


Figura 15. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di VR-Giarol e Bgo Milano e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018, misurata dal mezzo mobile a Brentino Belluno, dalla centralina di VR-Giarol (come in figura 13).

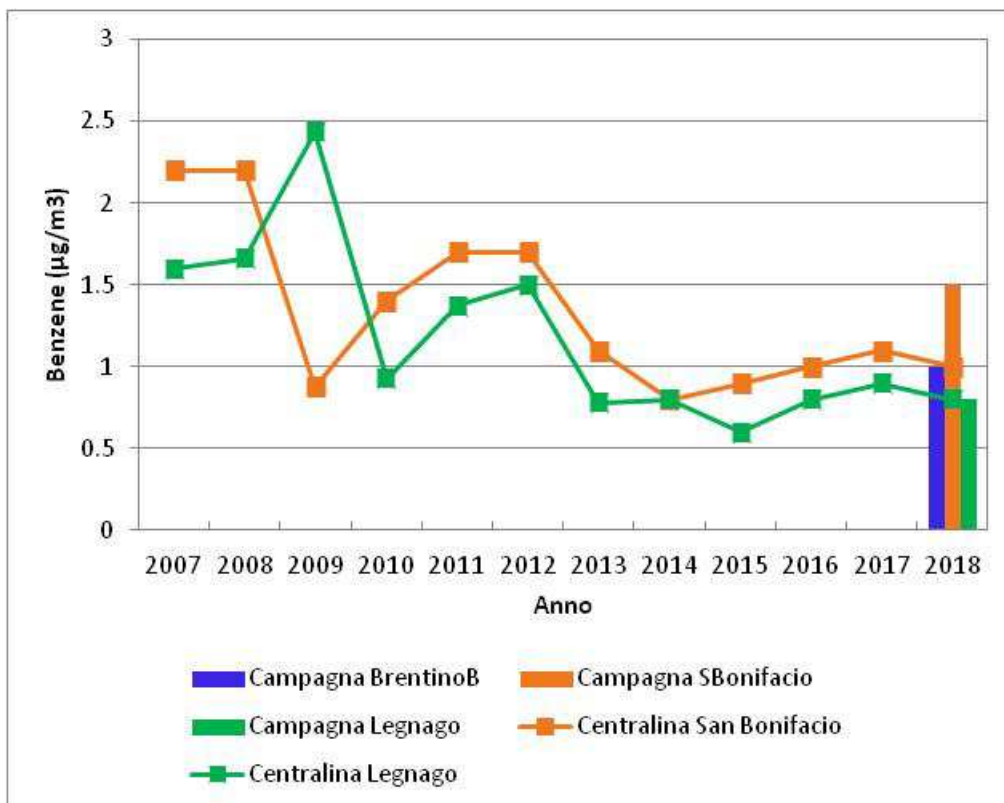


Figura 16. Benzene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di Legnago e San Bonifacio, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2018, misurata dal mezzo mobile a Brentino Belluno, dalla centralina di Legnago e da quella di San Bonifacio (come in figura 13).

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato a Brentino Belluno, in via La Val, nella frazione di Rivalta. Il punto di monitoraggio si trova ai margini di un'area residenziale, nel parcheggio della scuola primaria del paese. Le principali fonti di pressione sono: la strada provinciale SP11, via di attraversamento del paese che corre 80 metri a nord del punto di misura; l'autostrada del Brennero A22, circa 200 m a ovest; la piccola zona industriale del paese, circa 1 km a nord. E' opportuno sottolineare che il punto di monitoraggio si trova nel fondo della val d'Adige, dove il vento tende generalmente a soffiare da nord-est a sud-ovest, lungo l'asse della vallata, per la maggior parte della giornata; solo durante le ore centrali, è presente una più debole componente da sud-ovest verso nord-est.

La campagna di misura estiva a Brentino Belluno, è stata svolta dal 13 luglio al 27 agosto 2018, quella invernale dal 22 novembre 2018 al 7 gennaio 2019. La campagna estiva si è svolta in un periodo caratterizzato da ventilazione superiore alla media e piovosità nella norma; la campagna invernale ha avuto una ventilazione nella media e una piovosità inferiore alla media.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO_x, SO₂, O₃, NH₃ le medie giornaliere di PM10, PM2.5 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 San Bonifacio e quella di fondo urbano di Legnago.

Il benzo(a)pirene rappresenta la maggiore criticità per il sito analizzato. Esso esibisce una forte stagionalità, rimanendo inferiore al limite di rivelabilità in estate, e assumendo in inverno valori elevati: questo è legato sia alle maggiori emissioni del periodo invernale, legate prevalentemente al riscaldamento residenziale a biomassa, sia alle condizioni meteorologiche, che in estate favoriscono da un lato la dispersione degli inquinanti e dall'altro la volatilizzazione del benzopirene. Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è 1.8 ng/m³, e risulta superiore al limite sulla media annua di 1 ng/m³. I valori medi e massimi rilevati a Brentino Belluno sono superiori a quelli della stazione fissa di riferimento di VR-Giarol.

Anche l'ozono rappresenta una criticità per il sito analizzato, anche se i valori misurati sono stati inferiori a quelli delle centraline di riferimento. Il limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 24 giorni su 46 durante la campagna estiva a Brentino Belluno. Il limite di 180 µg/m³, relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, è stato superato 2 ore a Brentino Belluno.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, non c'è stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta, né a Brentino Belluno né nelle stazioni di riferimento della Provincia di Verona; inoltre la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi di campionamento è stata 35 µg/m³, ed è inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. I valori di NO₂ misurati a Brentino Belluno sono stati mediamente superiori a quelli rilevati presso la stazione di fondo urbano di Legnago e della centralina di traffico di San Bonifacio. E' stata verificata la presenza di una maggiore componente di origine secondaria (NO₂) degli ossidi di azoto a Brentino Belluno rispetto alle centraline di riferimento: questo indica una maggiore quantità di ossidi di azoto formati attraverso reazioni chimiche che coinvolgono anche altri inquinanti e non emessi direttamente dalle fonti di pressione. Nonostante i limiti normativi relativi alla concentrazione di ossidi di azoto non siano generalmente superati nei siti di monitoraggio della Provincia di Verona, questi inquinanti rappresentano una criticità, perché sono coinvolti nelle reazioni chimiche che portano alla formazione di altri inquinanti secondari, come PM10 e ozono, che invece mostrano dei superamenti dei limiti di legge.

Le polveri sottili rappresentano in genere un inquinante critico in tutta la Pianura Padana, mostrando frequenti superamenti dei limiti normativi. Il periodo invernale della campagna di monitoraggio è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti rispetto alla media, a causa di una bassa piovosità, e questo ha determinato

concentrazioni piuttosto elevate in tutta la pianura della provincia di Verona. A Brentino Belluno la situazione è stata meno critica: si sono verificati solo 2 superamenti del limite sulla media giornaliera pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nel periodo invernale, contro i 19 della stazione di riferimento di San Bonifacio: questo numero è decisamente inferiore a quello relativo alle centraline di Legnago (20) e San Bonifacio (19). Anche i valori medi e massimi misurati a Brentino Belluno risultano decisamente inferiori a quelli delle due centraline di riferimento.

La stima del valore medio annuale per il sito a Brentino Belluno, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più rappresentativa del sito stesso (Legnago), è stata $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il che determina il rispetto del limite di 35 giornate all'anno nelle quali viene superato il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Il benzene, misurato con campionatori passivi, mostra una forte stagionalità, con valori medi in estate inferiori al limite di rilevabilità strumentale, e in inverno più elevati, ma comunque inferiori al limite normativo, pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annua. I valori sono inferiori rispetto quelli misurati presso la centralina di San Bonifacio e superiori a quelli della centralina di Legnago.

In sintesi, si può concludere che la maggiore criticità evidenziata dallo studio della qualità dell'aria del comune di Brentino Belluno è rappresentato dalla concentrazione di benzo(a)pirene. Questo inquinante, cancerogeno per l'uomo, mostra valori più elevati rispetto alle centraline di riferimento della provincia di Verona. La stima del valore medio annuale, pari a $1.8 \text{ ng}/\text{m}^3$, supera il limite sulla media annua di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Le emissioni di questo composto sono legate principalmente al riscaldamento domestico a biomassa, e in misura inferiore al trasporto su strada. Durante il periodo estivo, invece, è l'ozono a mostrare dei superamenti dei limiti normativi, che portano a definire la qualità dell'aria di Brentino Belluno in questa stagione prevalentemente "Mediocre". Anche gli ossidi di azoto, emessi prevalentemente dal trasporto stradale, mostrano valori elevati, compatibilmente con la vicinanza dell'Autobrennero: pur non presentando superamenti dei limiti normativi, essi rappresentano un problema, in quanto precursori di inquinanti secondari come ozono e polveri sottili.

11. Sintesi

Inquinante	Tipo di limite	Indicatore statistico	Valore limite	Risultato del monitoraggio	Sintesi valutazione	
PM ₁₀	Limite annuale (media)	Media	40 µg/m ³	23 µg/m ³ (media stimata)	Rispetto dei limiti (cfr. par. 7.5), ma numerosi episodi critici	
	Limite giornaliero da non superare più di 35 volte in un anno (media 24 h)	Media 24 h	50 µg/m ³	35 superamenti/anno stimati		
O ₃	Soglia di informazione (media 1 h)	Media 1 h	180 µg/m ³	2 superamenti (ore)	Superamento del valore obiettivo e della soglia di informazione (cfr. par. 7.4)	
	Soglia di allarme	Media 1 h	240 µg/m ³	0 superamenti		
NO ₂	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile su 8 h	120 µg/m ³	24 superamenti (giorni)	Rispetto dei limiti normativi (cfr. par. 7.2) ma valori elevati	
	Soglia di allarme	Media 1h. Superamento per 3 ore consecutive del valore di soglia	400 µg/m ³	0 superamenti		
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1h da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³	0 superamenti		
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³	35 µg/m ³ (media delle due campagne di misura)		
SO ₂	Soglia di allarme	Superamento per 3 h consecutive del valore di soglia	500 µg/m ³	0 superamenti	Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.3)	
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³	0 superamenti		
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana anno civile	Media su 24 ore, da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³	0 superamenti		
CO	Valore limite	Massimo giornaliero della media mobile su 8 h	10 µg/m ³	0 superamenti	Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.1)	
C ₆ H ₆	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annua	5 µg/m ³	1.3 µg/m ³ (media delle due campagne di misura inferiore al limite di rivelabilità)	Valori inferiori al limite annuale (cfr. par. 7.6)	
BaP	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/m ³	1.8 ng/m ³ (media delle due campagne di misura)	Valore medio durante la campagna di monitoraggio superiore al limite annuale (cfr. par. 7.7)	

Tabella 17. Sintesi dei risultati della campagna di monitoraggio in Via La Val, Rivalta, Brentino Belluno (VR).

12. Appendice

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in figura 17.

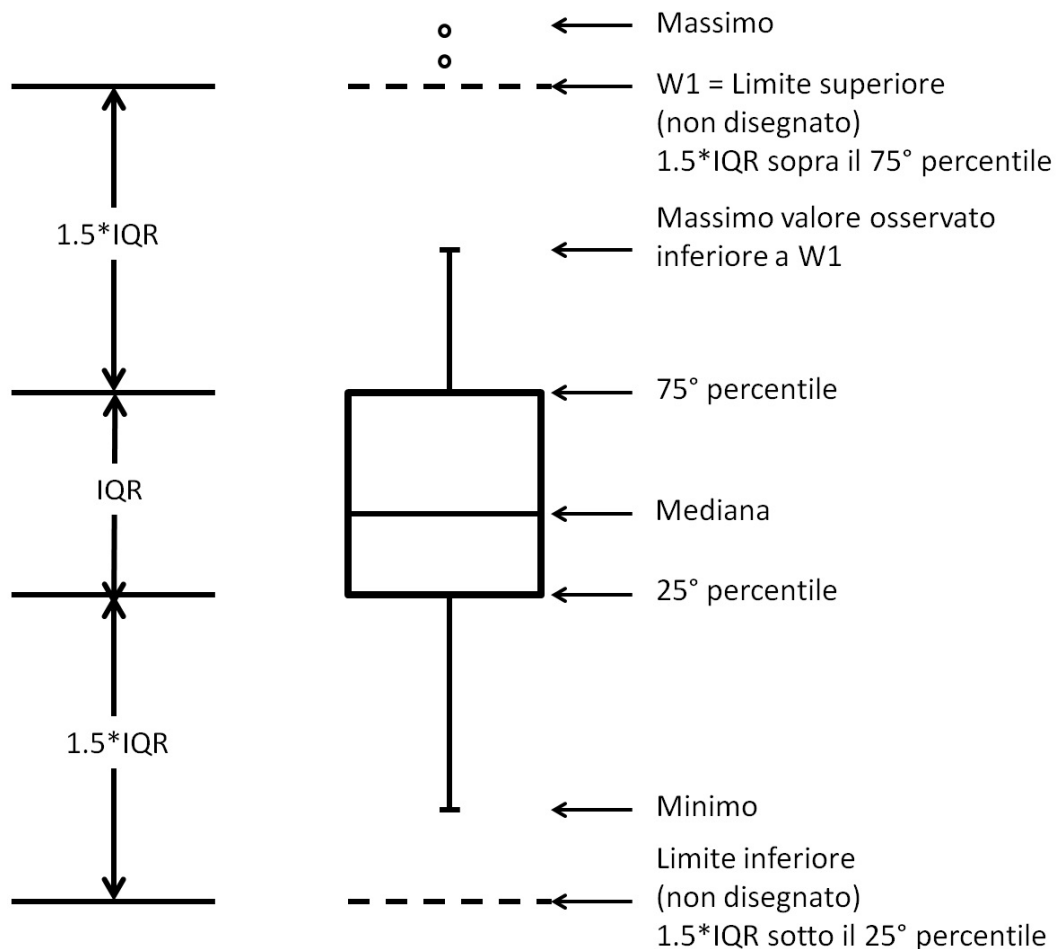


Figura 17. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo del rettangolo (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il “box” è il 25° percentile: il 25% dei dati è inferiore a tale valore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il “box” è il 75° percentile: il 75% dei dati è inferiore a tale valore. La differenza tra il 25° e 75° percentile si definisce “Inter Quartile Range” (IQR). In base all’IQR si definiscono i “baffi”, cioè le barre che si estendono in alto e in basso: lo spazio tra esse compreso dà un’indicazione della dispersione dei dati della serie rappresentata. Oltre i baffi, si trovano solo pochi dati della popolazione rappresentata, i valori minimi e massimi, che vengono chiamati “outliers” e indicati con dei pallini.

Figura 18 – Concentrazione di CO (mg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

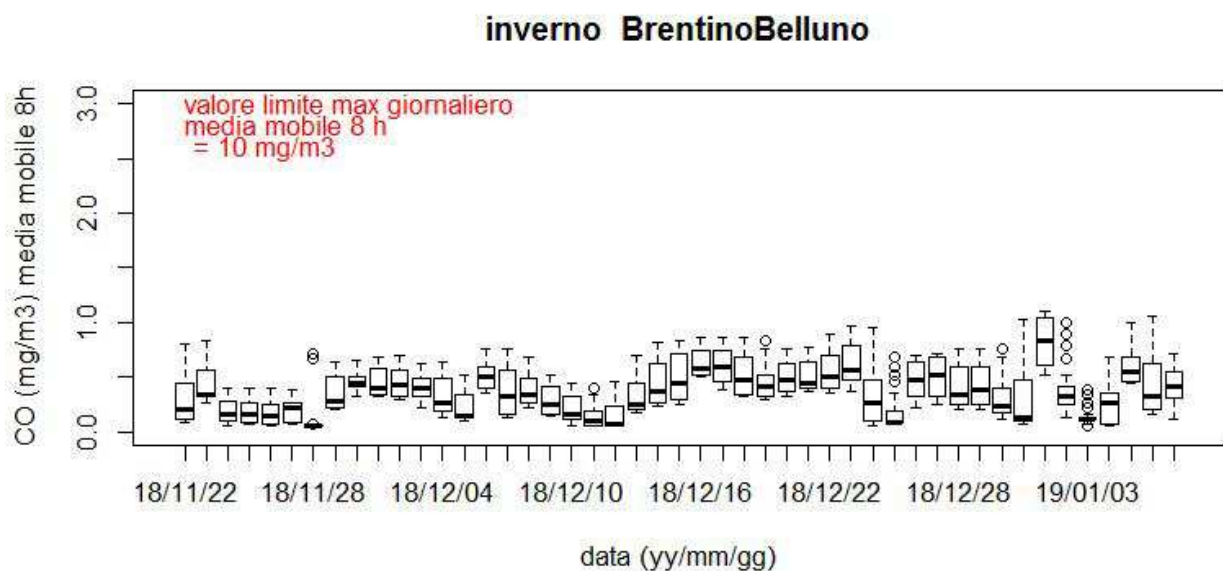
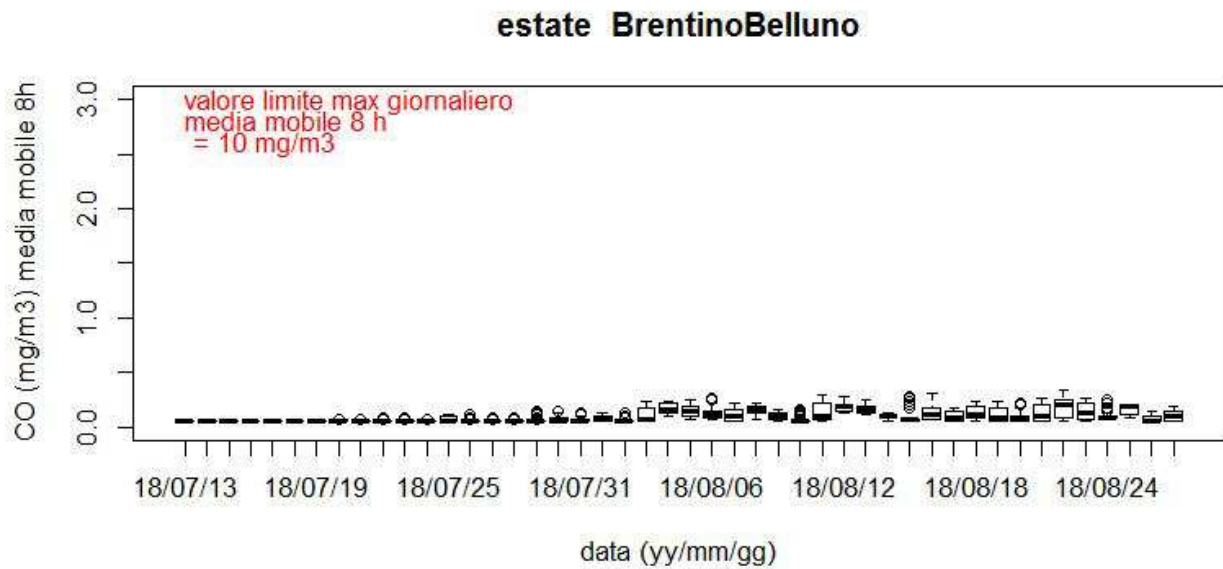


Figura 19 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

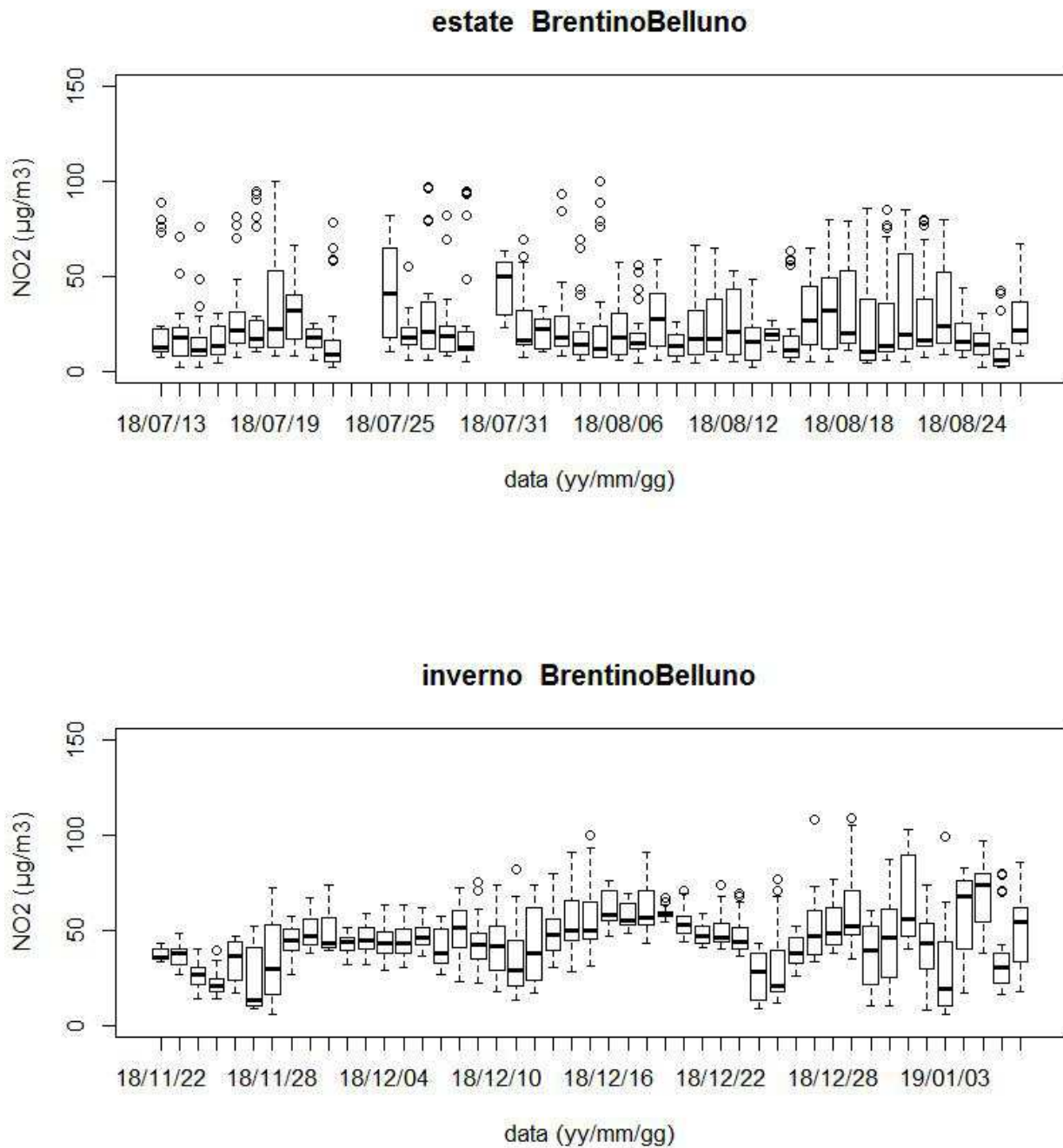


Figura 20 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

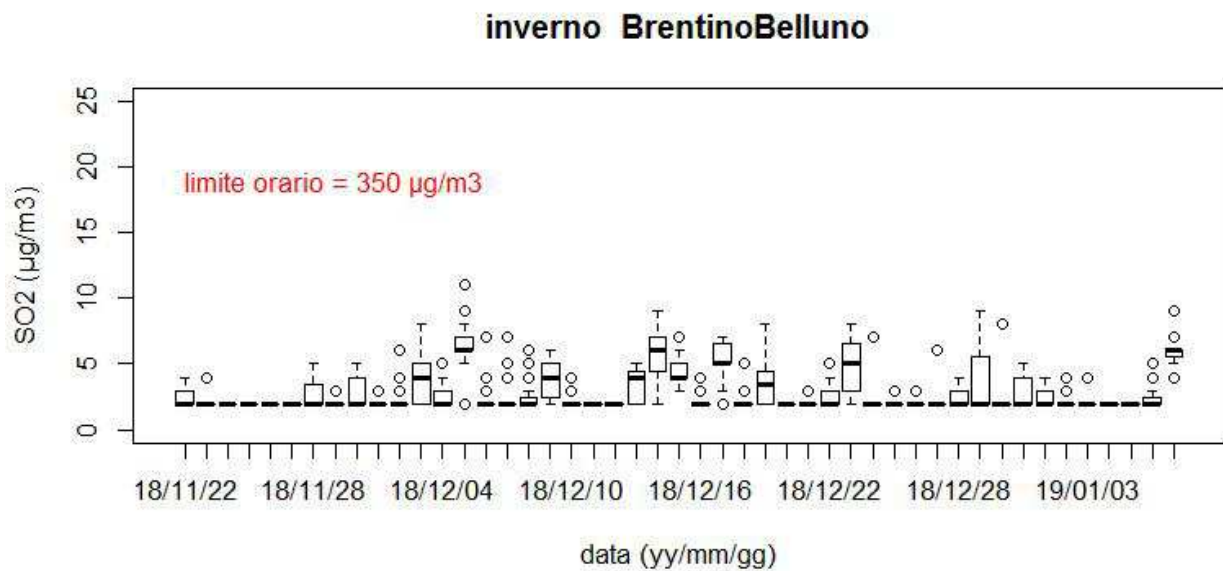
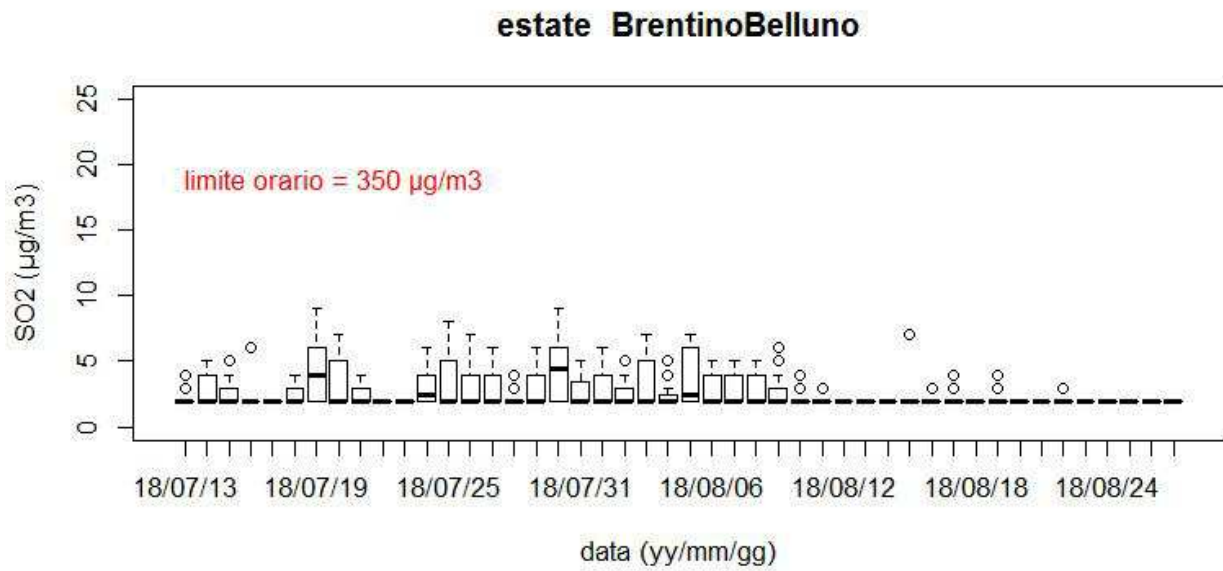


Figura 21 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

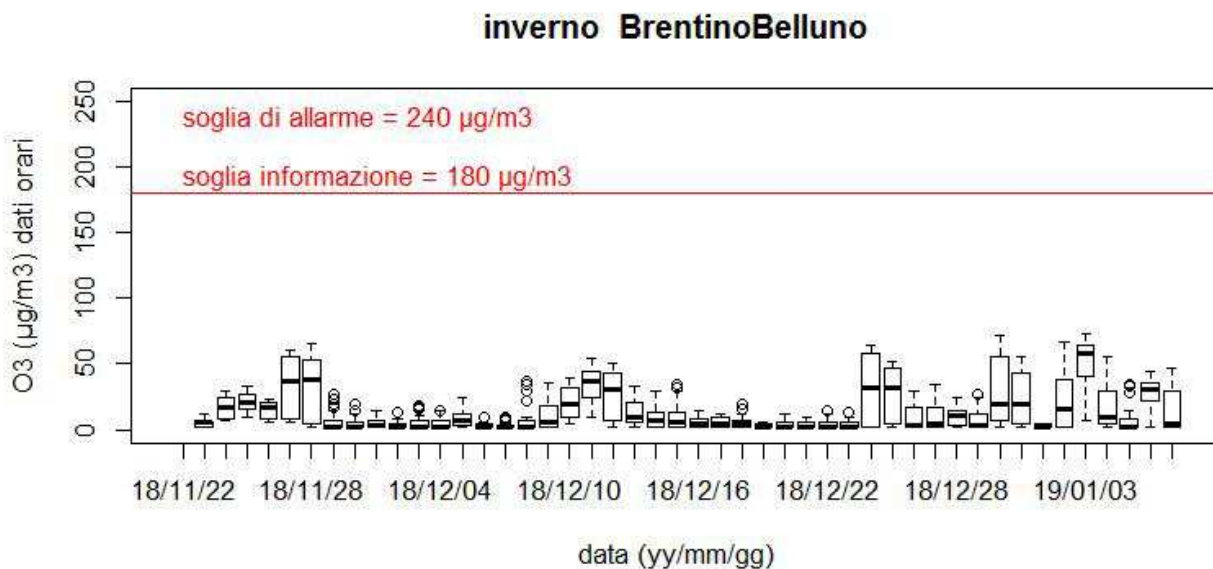
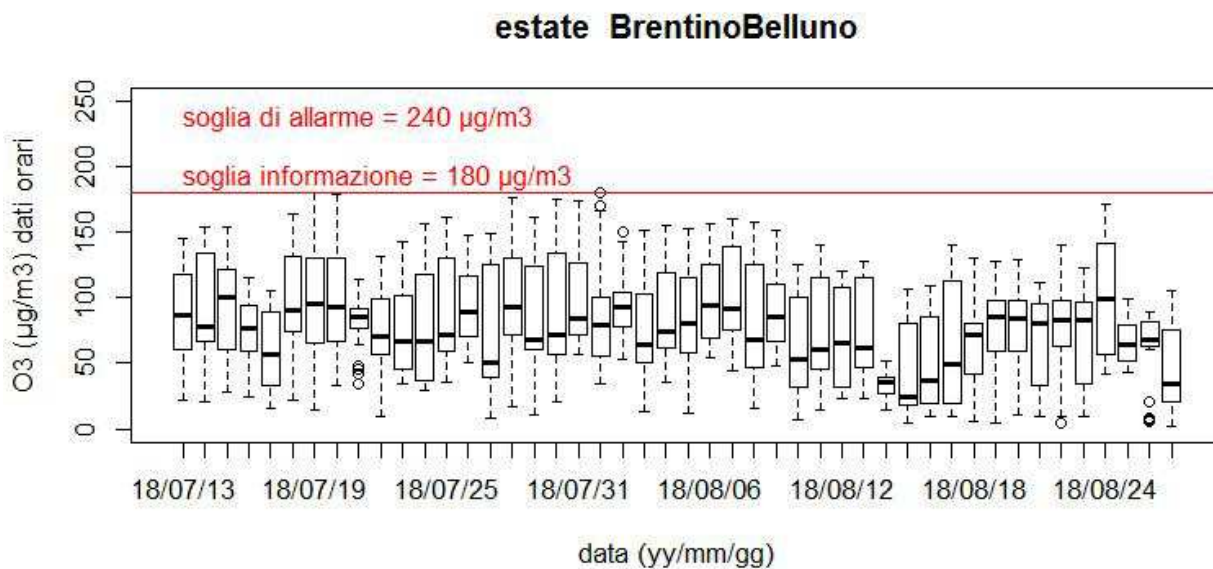


Figura 22 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

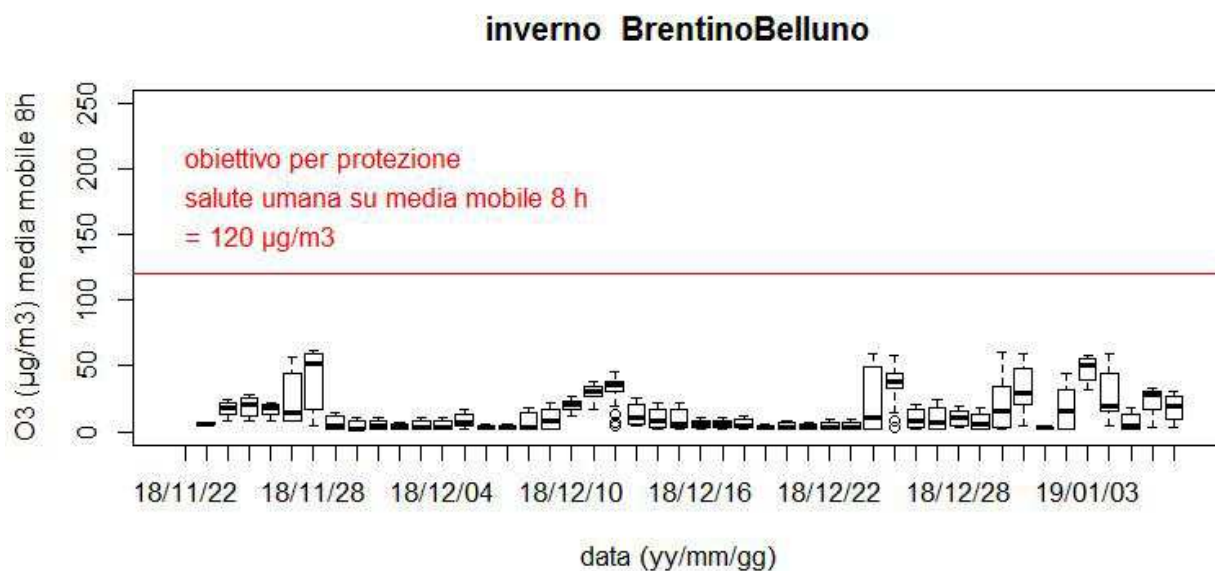
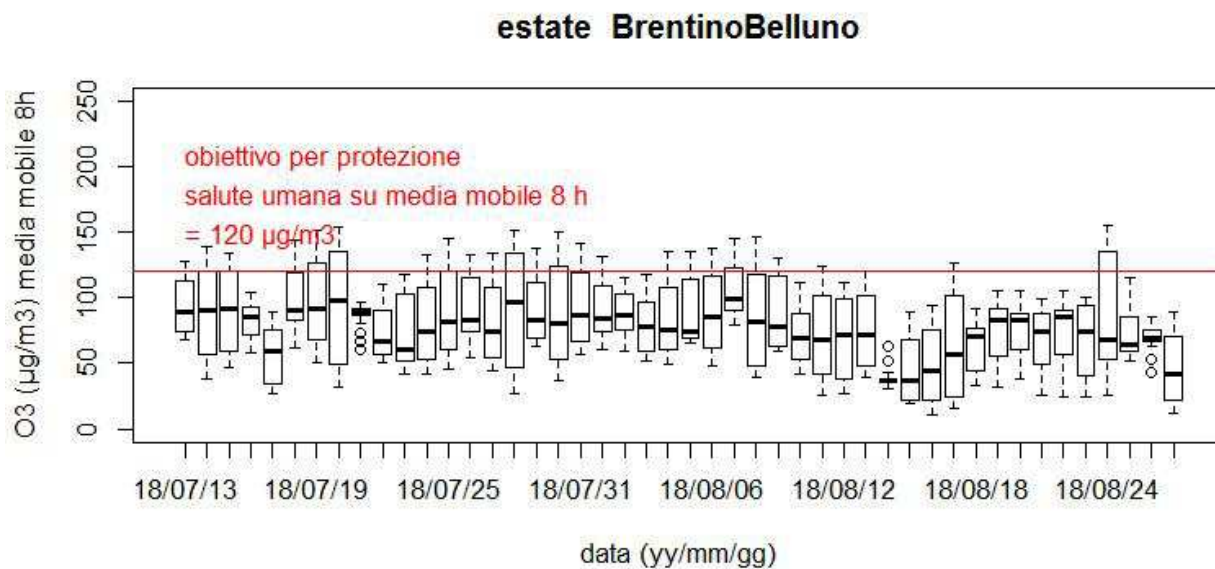


Figura 23 – Concentrazione giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Brentino Belluno, San Bonifacio e Legnago. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno.

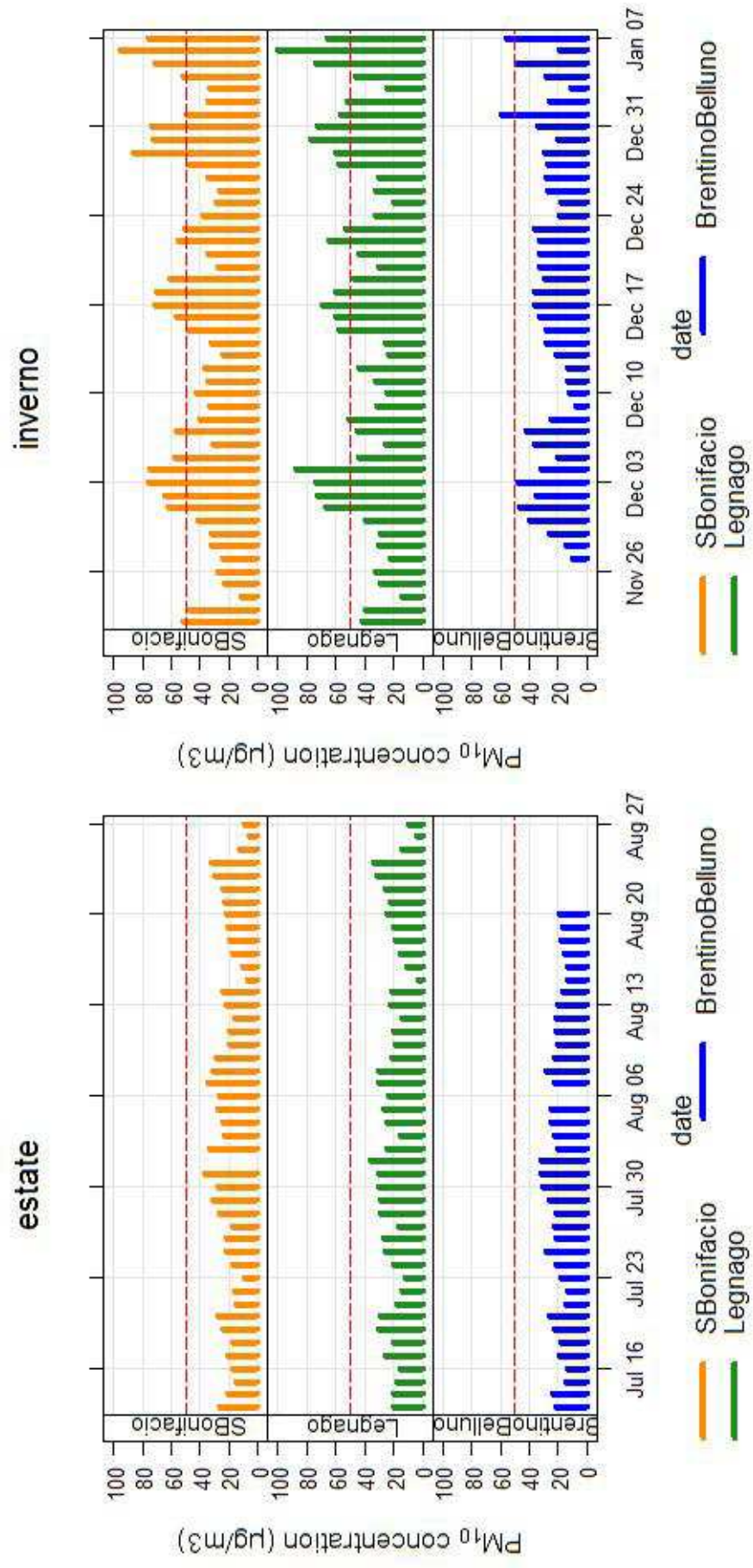


Figura 24 – Concentrazione di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Legnago, San Bonifacio e a Brentino Belluno nelle due campagne di misura. La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valor medio, misurato tramite campionatore passivo esposto per un certo numero di giorni, viene attribuito a ogni giorno di esposizione.

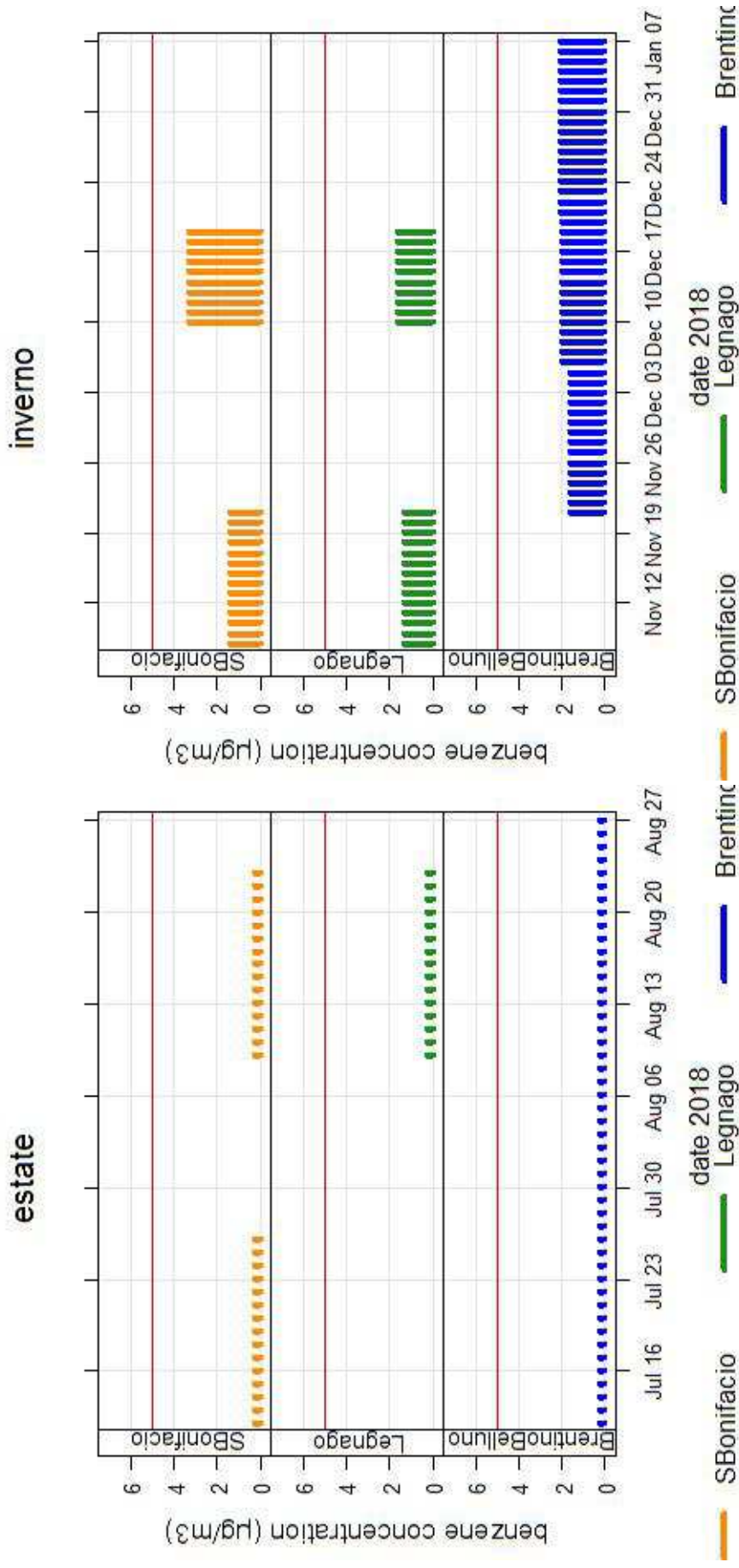


Figura 25 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m³) a VR-Giarol e a Brentino Belluno nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m³.

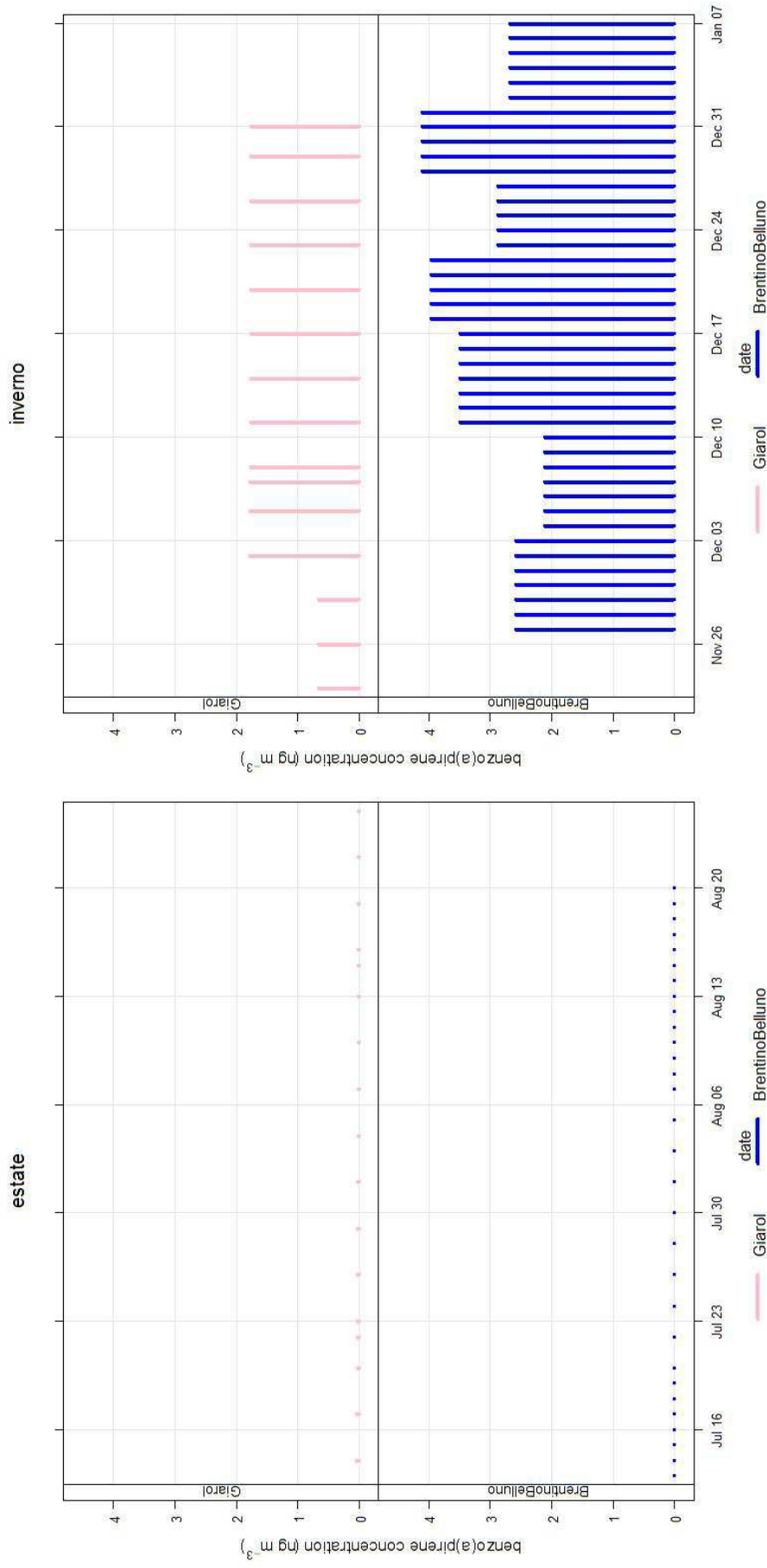


Figura 26 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernata (pannello a destra).

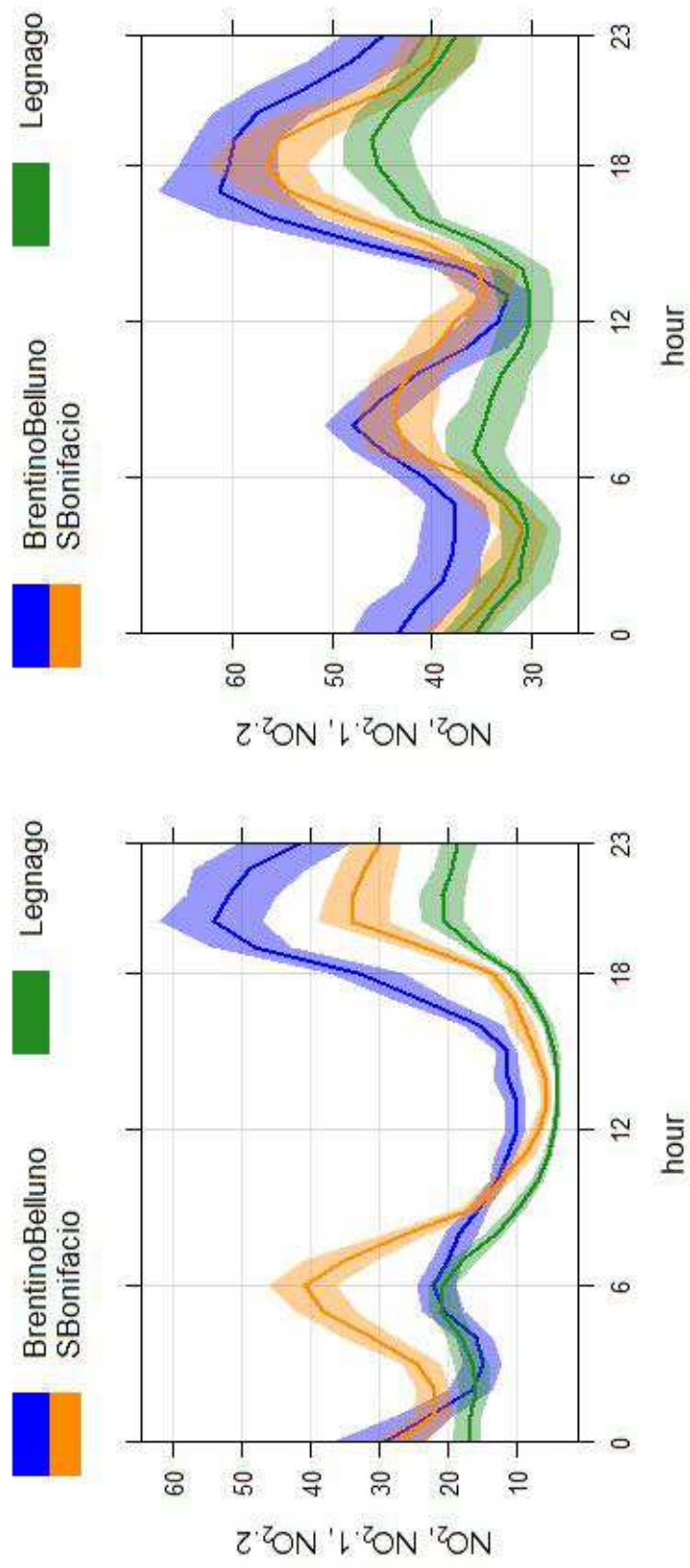


Figura 27 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

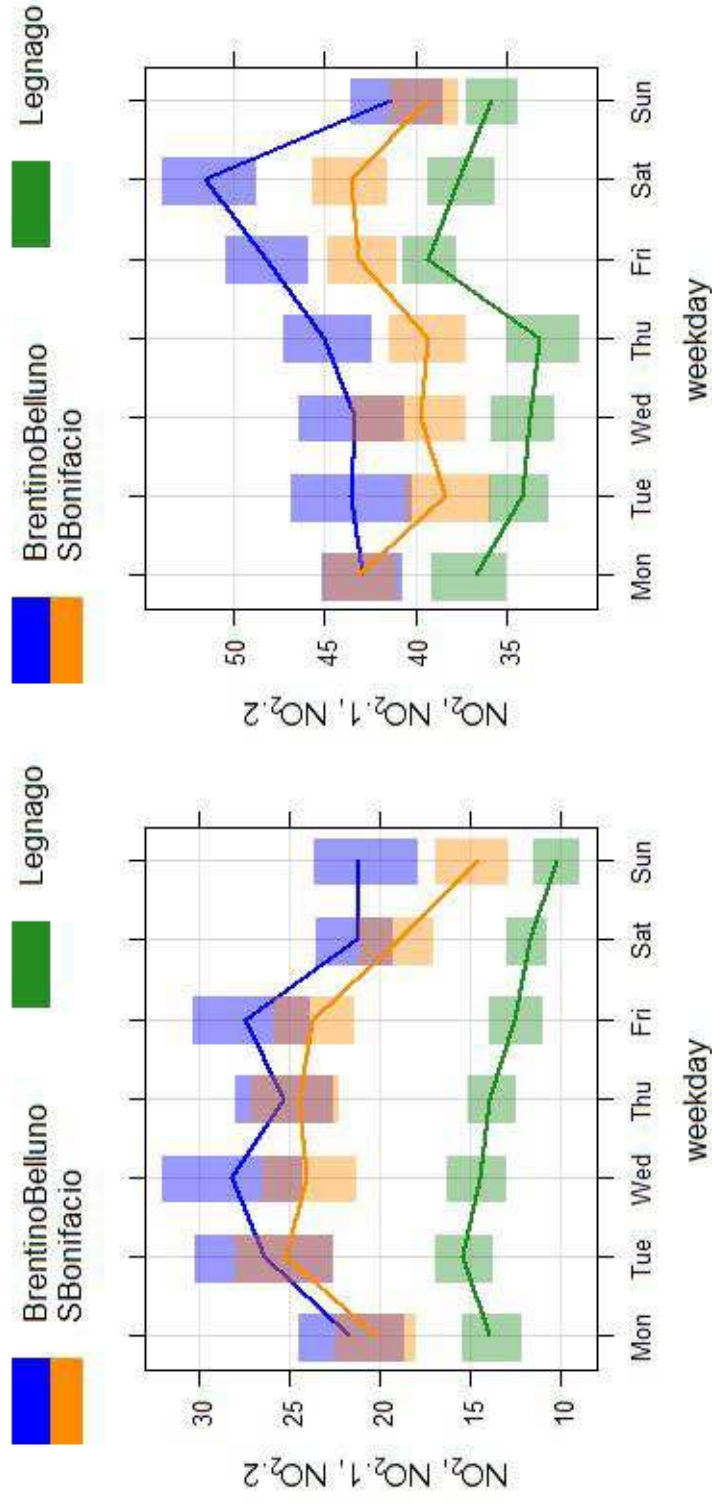


Figura 28 – Giorno tipo O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

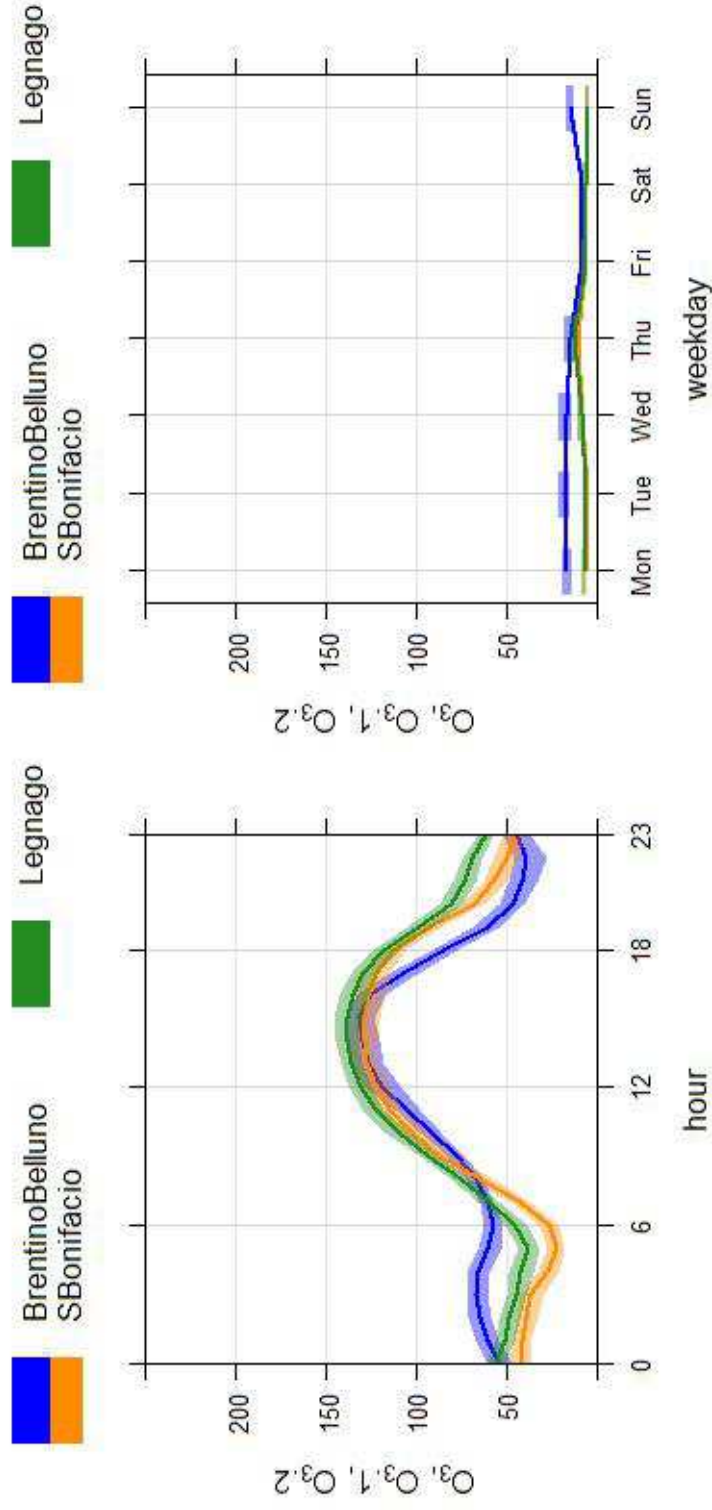
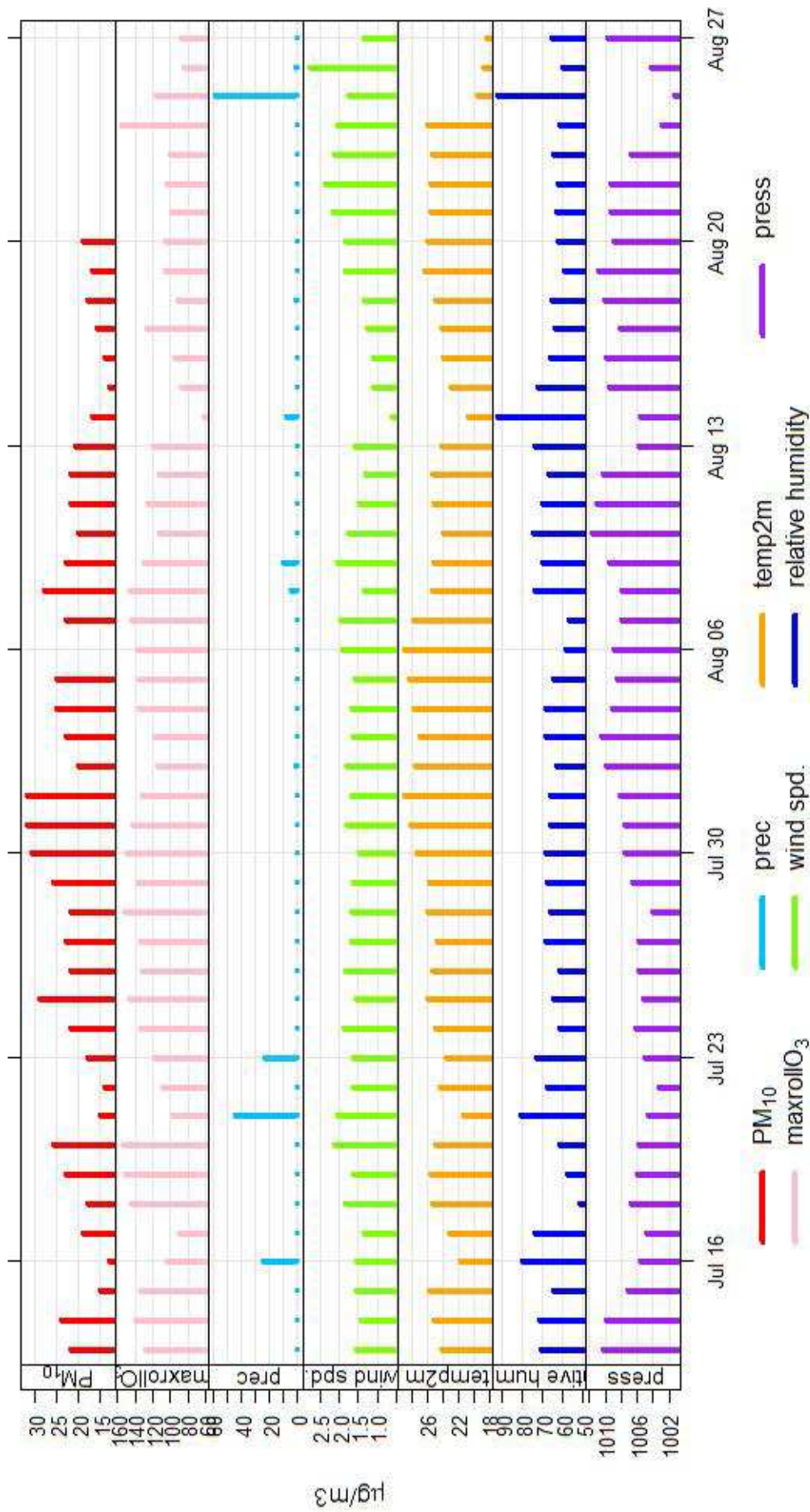
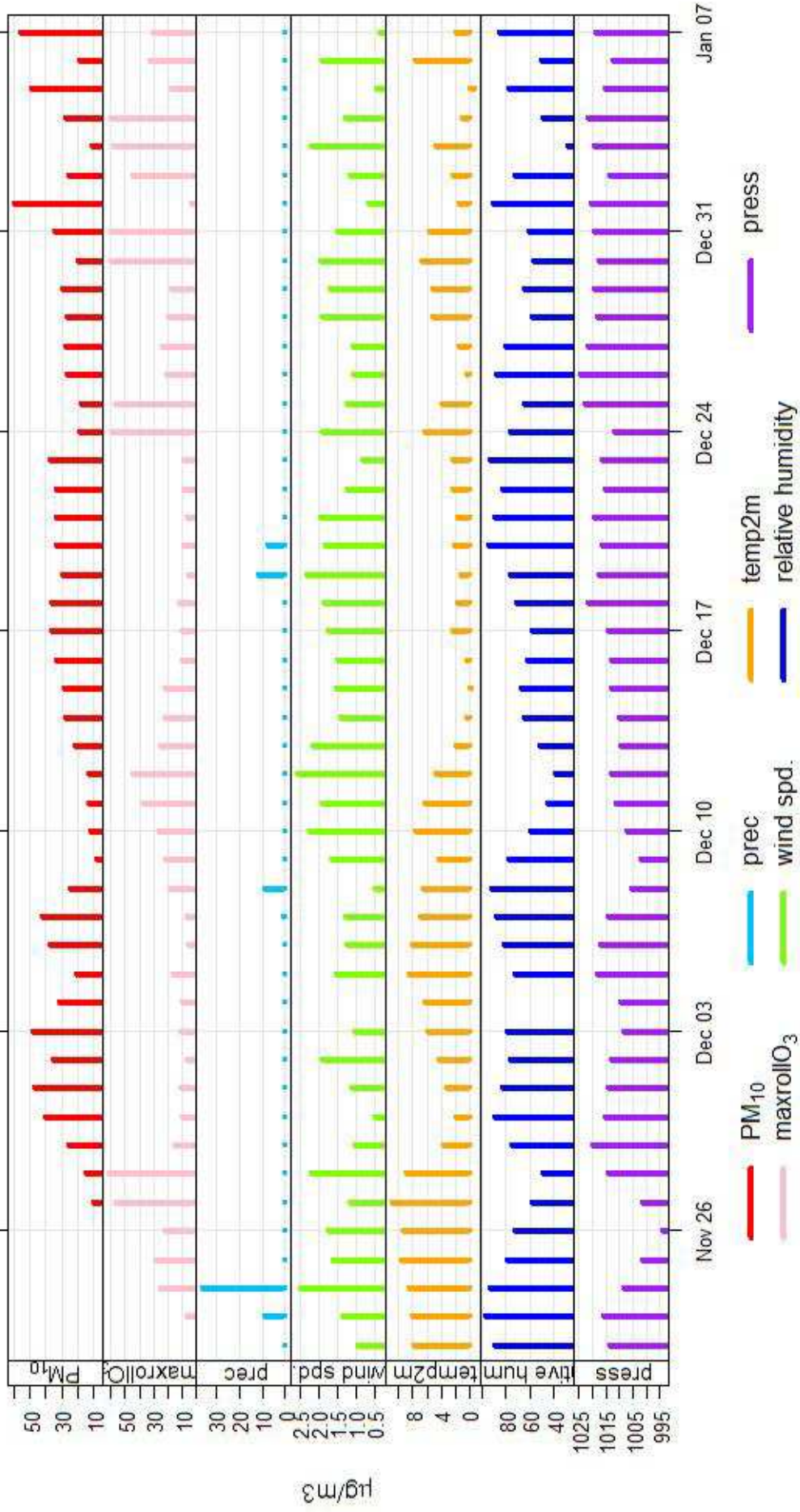


Figura 29 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O₃ (µg/m³) a Brentino Belluno, e variabili meteorologiche della stazione di Doicè: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%). La pressione (press, mbar) è stata rilevata presso la stazione di Verona-Giarol.

estate BrentinoBelluno



inverno BrentinoBelluno



13. Glossario

Agglomerato

Zona costituita da un'area urbana o da un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro oppure da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci, avente: 1) una popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure 2) una popolazione inferiore a 250.000 abitanti e una densità di popolazione per km² superiore a 3.000 abitanti.

AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb)

Espresso in (µg/m³)*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 µg/m³) e 40 ppb, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati, ogni giorno, tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

Background (stazione di)

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

Fattore di emissione

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

Industriale (stazione)

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

Inquinante

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

Inventario delle emissioni

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

IQA (Indice di Qualità dell'Aria)

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

Margine di tolleranza

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

Media mobile (su 8 ore)

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

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

Obiettivo a lungo termine

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

Percentile

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

Soglia di allarme

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

Soglia di informazione

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

Sorgente (inquinante)

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

Traffico (stazione di)

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

Valore limite

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

Valore obiettivo

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

Zonizzazione

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