Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Castel D'Azzano

Via Scuderlando

Periodo di attuazione:
09/10/2014 – 21/11/2014 (periodo estivo)
13/01/2015 – 26/02/2015 (periodo invernale)

RELAZIONE TECNICA

Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Primo Munari

Servizio Controlli Ambientali

Dottoressa Francesca Predicatori

Ufficio Informativo Ambientale

Dottoressa Simona De Zolt Sappadina

Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

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. 1/2015	**Data : 15/05/2015**
F.to Il Tecnico Unità Operativa Fisica dell'Ambiente Dr.ssa Simona De Zolt	F.to Il Dirigente Servizio Controlli Ambientali Dr.ssa Francesca Predicatori

INDICE

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna....4
2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione....4
3. Contestualizzazione meteo climatica....6
4. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento....10
5. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi....11
6. Efficienza di campionamento....12
7. Analisi dei dati rilevati....14
8. Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)....27
9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse....31
10. Conclusioni....33

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria in una zona in cui è presente un forte traffico veicolare da e verso il centro urbano di Verona, e in cui sono attive diverse importanti realtà industriali. 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 09/10/2014 al 21/11/2014 nel semestre estivo e dal 13/01/2015 al 26/02/2015 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Castel d'Azzano ed è di tipologia "traffico urbano". Il comune di Castel d'Azzano 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 la campagna di monitoraggio, su carta tecnica regionale 1:5000. Il mezzo è stato posizionato lungo Via Scuderlando, che è una delle principali vie di collegamento fra Verona e i paesi a Sud, Castel d'Azzano e Vigasio. Lungo questa direttrice sono presenti importanti attività produttive quali lo stabilimento Bauli e la ditta Index. Via Scuderlando costituisce il prolungamento di via Vigasio in comune di Verona.

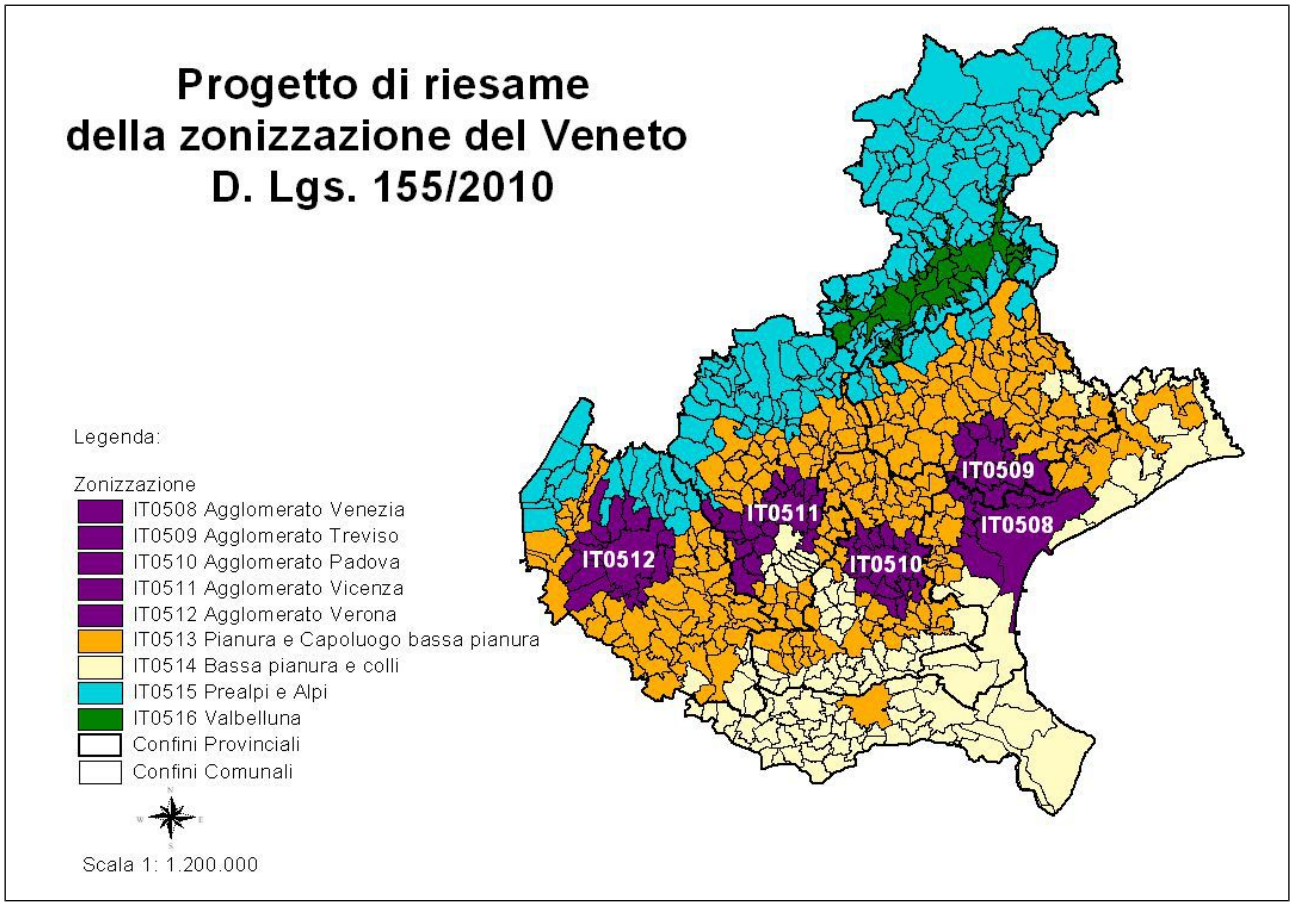


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.

Figura 2. Estratto Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio.

3. Contestualizzazione meteo climatica.

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

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

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in modo soggettivo in base a un campione pluriennale di dati.

Sono stati utilizzati i dati della stazione di Buttapietra, che tra quelle della rete ARPAV è la più vicina al punto di misura. L'anemometro di questa stazione meteorologica è posto all'altezza di 2 m sul livello del suolo, per cui l'intensità del vento è sottostimata rispetto alle misure effettuate normalmente a 5 o 10 m di altezza: per questo motivo nel grafico con i diagrammi circolari si utilizza una scala di intensità del vento che permetta di apprezzare eventuali differenze fra valori di bassa intensità del vento.

Nella Figura 3 sono state confrontate le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Villafranca Veronese per la precipitazione e per il vento in tre periodi ESTIVI:

- 9 ottobre – 21 novembre 2014, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 6 ottobre – 25 novembre dall'anno 2002 all'anno 2013 (PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 1 gennaio – 31 dicembre 2014 (ANNO CORRENTE).

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

- 14 gennaio – 26 febbraio 2015, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 11 gennaio – 28 febbraio dall'anno 1992 all'anno 2014 (pentadi di riferimento, ovvero PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 26 febbraio 2014 – 26 febbraio 2015 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è abbastanza simile a quella dell'anno in corso, mentre rispetto alla climatologia sono un po' meno frequenti i giorni poco piovosi;
- i giorni con calma di vento sono più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento e sono del tutto assenti le giornate con vento debole.

Durante la campagna di misura INVERNALE:

- la distribuzione delle giornate in base alla piovosità è abbastanza simile rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con solo una frequenza leggermente superiore di giorni piovosi;
- rispetto all'anno in corso sono un po' più frequenti i giorni con vento debole e meno frequenti quelli con calma di vento; rispetto alla climatologia sono leggermente più frequenti i giorni con calma di vento.

In Figura 5 è riportata la rosa dei venti registrati presso la stazione di Villafranca veronese durante lo svolgimento delle campagne di misura. Da essa si evince che le direzioni prevalenti di provenienza del vento durante il periodo ESTIVO sono est-sudest (6%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 71%; la velocità media pari a circa 0.4 m/s. Invece, nel periodo invernale, le direzione prevalente è est-nordest (12%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 11%; la velocità media pari a circa 0.8 m/s.

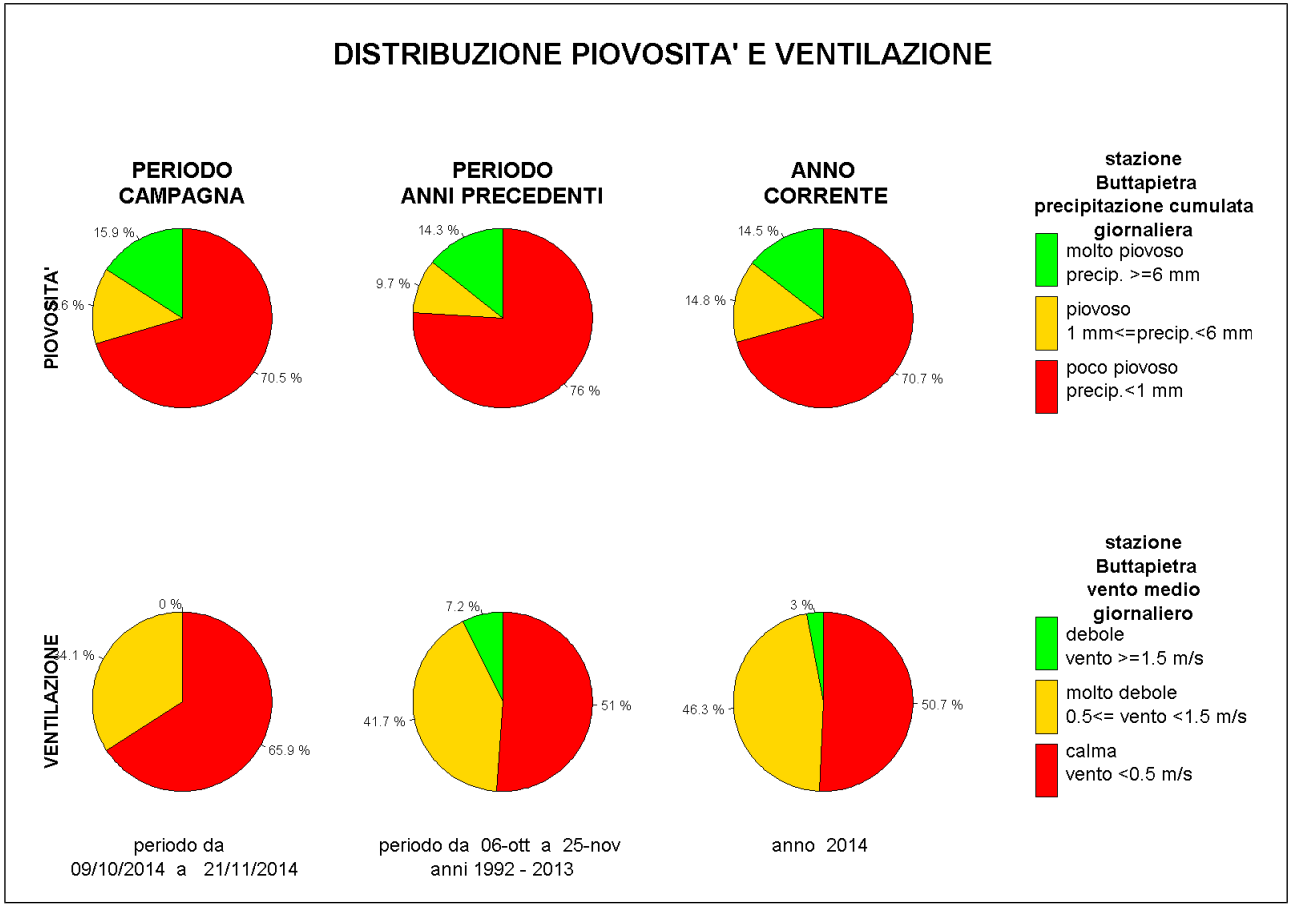


Figura 3. Campagna ESTIVA. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente a quello della campagna ma negli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI), e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE). Dati della stazione di Buttapietra.

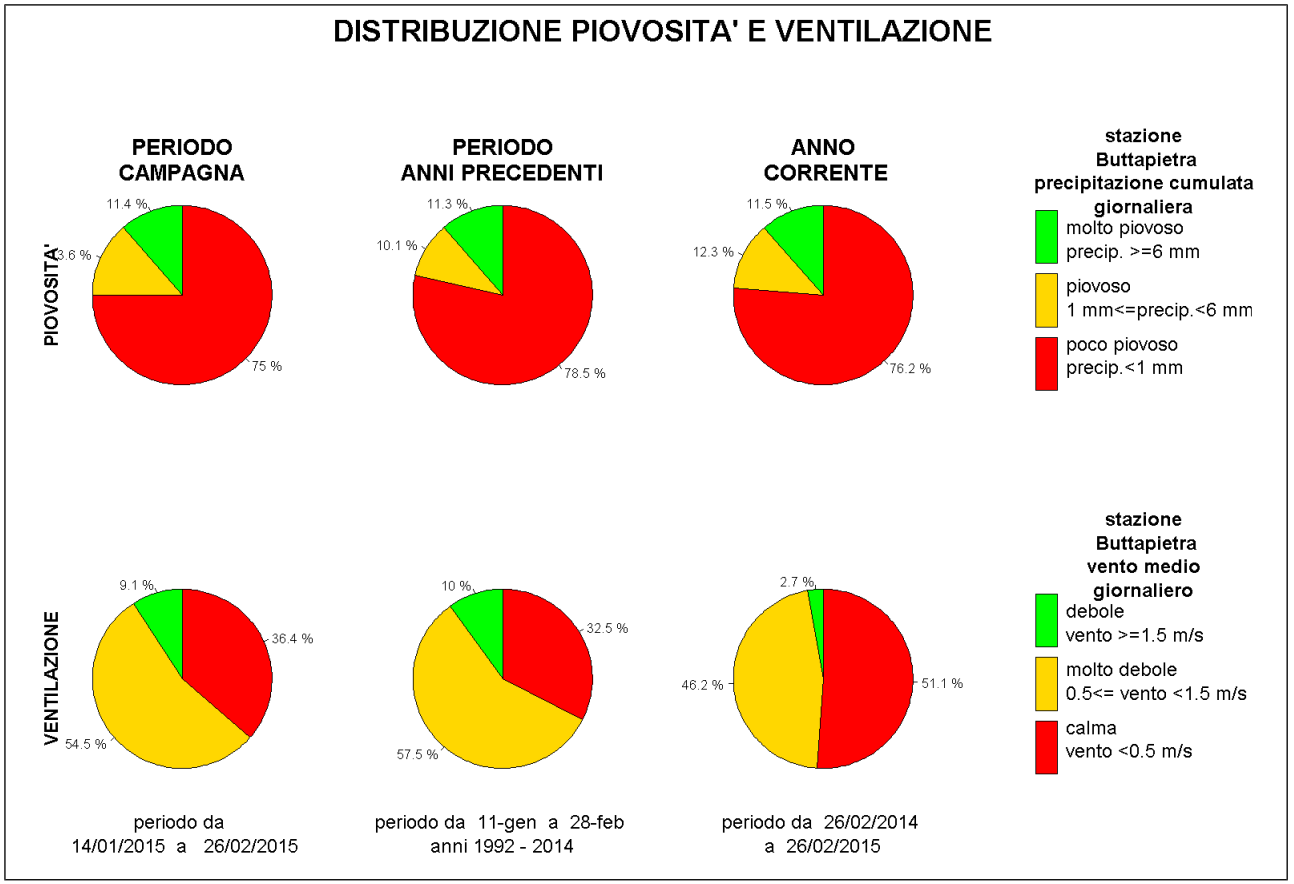


Figura 4. Campagna INVERNALE. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente a quello della campagna ma negli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI), e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE). Dati della stazione di Buttapietra.

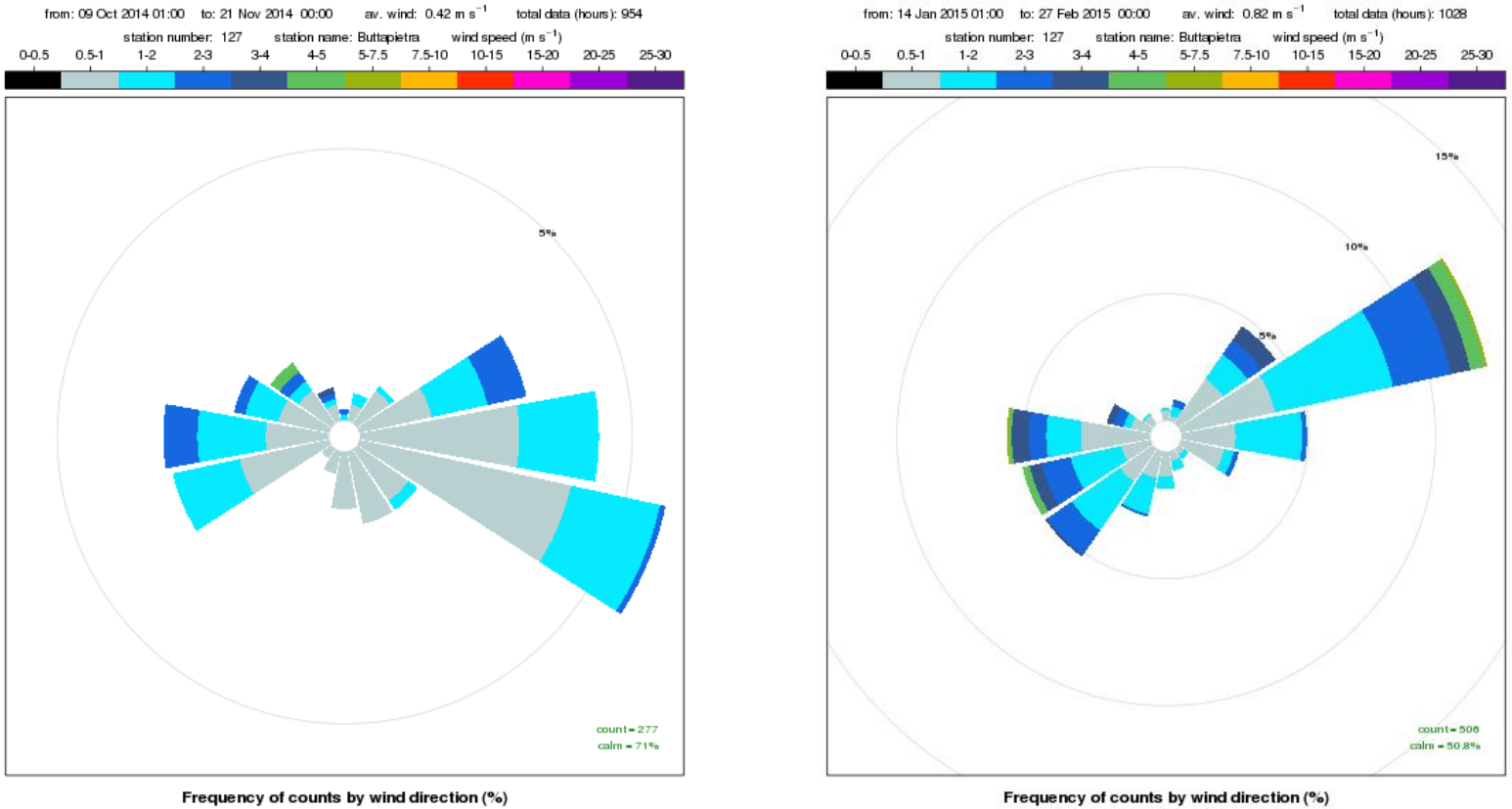


Figura 5. Rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Buttapietra nel periodo ESTIVO (1 luglio 2014 – 13 agosto 2014) nel pannello a sinistra ed INVERNALE (28 febbraio 2014 – 13 maggio 2014) nel pannello a destra.

4. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori in continuo per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente, inerente all'inquinamento atmosferico, e più precisamente monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO_2), biossido di azoto (NO_2), ossidi di azoto (NO_X), ozono (O_3).
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, dei metalli presenti nella frazione PM10 quali 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 risultano 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, correlati all'esposizione acuta della popolazione, e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, correlati all'esposizione cronica della popolazione. In tabella 3 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi, in Tabella 4. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

Inquinante	Tipologia	Valore
SO_2	Soglia di allarme (*)	**500** $\mu g/m^3$
	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	**350** $\mu g/m^3$
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	**125** $\mu g/m^3$
NO_2	Soglia di allarme (*)	**400** $\mu g/m^3$
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	**200** $\mu g/m^3$
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	**50** $\mu g/m^3$
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	**10** mg/m^3
O_3	Soglia di informazione (Media 1 h)	**180** $\mu g/m^3$
	Soglia di allarme (Media 1 h)	**240** $\mu g/m^3$
	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** $\mu g/m^3$
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	**120** $\mu g/m^3$

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 Km^2, oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

Inquinante	Tipologia	Valore
NO_2	Valore limite annuale	**40** $\mu g/m^3$
PM10	Valore limite annuale	**40** $\mu g/m^3$
$PM_{2,5}$	Valore limite annuale	**25** $\mu g/m^3$
Piombo	Valore limite annuale	**0.5** $\mu g/m^3$
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** $\mu g/m^3$
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** $\mu g/m^3$
NOX	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	**30** $\mu g/m^3$
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** $\mu g/m^3h$
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	**6000** $\mu g/m^3h$

Tabella 3. Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.

Inquinante	Indicazioni OMS	
	Livello di fondo	Aree urbane
Arsenico	1-3	20-30
Cadmio	0.1	1-10
Nichel	1	9-60
Piombo	0.6	5-500

Tabella 4. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

5. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti convenzionali e non, allestiti a bordo della stazione rilocabile, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C ed una pressione di 101,3 kPa) ed effettuano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico:
Il campionamento del particolato inalabile PM10 (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) e degli IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, posta all'interno della stazione rilocabile, che utilizza filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore. Detti campionamenti sono stati condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010 (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni). Le

determinazioni analitiche sui campioni prelevati sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, mediante determinazione gravimetrica ("metodo UNI EN 12341:1999") e cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC "metodo UNI EN 15549:2008"), rispettivamente.
Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate sui filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite "metodo UNI EN 14902:2005".
Il benzene è stato misurato attraverso "campionamento passivo", tecnica di monitoraggio così definita poiché la cattura dell'inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore (radiello), e non richiede quindi l'impiego di un dispositivo per l'aspirazione dell'aria. I dati ottenuti dai rilevamenti effettuati con tecnica di campionamento passivo pertanto non possono essere confrontati direttamente con i limiti di legge ma costituiscono ugualmente un riferimento utile per l'identificazione di eventuali azioni da intraprendere da parte delle Amministrazioni Comunali.

Con riferimento ai risultati riportati di seguito si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rivelabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale in cui la metà del limite di rivelabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rivelabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata.
Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le "Regole di accettazione e rifiuto semplici", ossia le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto. ("Valutazione della conformità in presenza dell'incertezza di misura". di R.Mufato e G. Sartori nel Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

6. Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità di cui all'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.
I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto e monossido di carbonio, la raccolta minima di dati deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile. Altresì, per le misurazioni indicative il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno); in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1ottobre-31marzo) e in quello estivo (1aprile-30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.
Per l'ozono, nelle misurazioni indicative, il periodo minimo di copertura necessario per raggiungere gli obiettivi per la qualità dei dati deve essere maggiore del 10% durante l'estate (pari a 36 giorni/anno) con una resa minima del 90%.
Anche per il PM10 misurato con metodo gravimetrico, gli IPA, il benzene e per gli altri metalli la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (51 giorni), con una resa minima del 90%; è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6% (22 giorni), purché si dimostri che l'incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.

La percentuale dell'anno coperta da campionamento e l'efficienza di campionamento per i vari inquinanti sono riportati in Tabella 5 e Tabella 6, mentre in Tabella 7 i due valori sono stati moltiplicati per ottenere la percentuale di dati validi rispetto all'anno di cui sono rappresentativi. Si vede che il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto.

	CO	NO_2	NOx	O_3 estate	SO2	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a) pirene
N giorni di campionamento	86	90	89	45	87	78	22	87	56
Periodo di copertura (%)	24	25	24	12	24	21	6	24	15
Periodo minimo di copertura (%)	14	14	14	10	14	14	6	14 o >6	6

Tabella 5. Numero di giorni in cui è stata fatta la misurazione dei vari inquinanti e percentuale dell'anno cui corrisponde.

	CO	NO_2	NOx	O_3 estate	SO_2	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a) pirene
Resa di campionamento (%)	100	96	96	96	99	100	100	100	100
Resa minima necessaria (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tabella 6. Efficienza di campionamento per i dati orari.

	CO	NO_2	NOx	O_3 estate	SO2	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a) pirene
Periodo valido campionato (%)	24	24	23	12	24	21	6	24	15
Periodo valido minimo richiesto dalla normativa(%)	13	13	13	9	13	13	5	5	5

Tabella 7. Percentuale dell'anno con dati validi, ottenuta dal prodotto tra il periodo di copertura e la resa di campionamento e confronto con il periodo minimo richiesto dalla normativa.

7. Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle analisi delle concentrazioni dei vari inquinanti, misurate durante le campagne di misura. Ove possibile, è stato realizzato un confronto con i corrispondenti valori misurati presso due centraline fisse di riferimento: la stazione di Cason e quella di Borgo Milano, entrambe del comune di Verona. La prima, essendo situata lontano da fonti emissive dirette come strade e industrie, è un punto di campionamento rappresentativo di un'area in cui l'inquinamento è determinato prevalentemente dal trasporto delle emissioni dall'area urbana al di fuori di essa, e si definisce stazione di fondo urbano. La centralina di Borgo Milano invece, essendo situata presso 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.

Monossido di carbonio (CO)

La Tabella 8, Figura 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/m^3 (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, sia in Via Scuderlando sia a Borgo Milano, i valori medi sono molto vicini al limite di rilevabilità dello strumento, pari a 0,1 µg/m^3. Anche i massimi assumono valori simili nelle due postazioni, e sono più elevati in inverno rispetto all'estate a causa delle condizioni meteorologiche che nella stagione invernale sono favorevoli al ristagno di inquinanti.

	ESTATE		INVERNO		ESTATE+INVERNO	
CO (mg/m^3)	Campagna	Bgo Milano	Campagna	Bgo Milano	Campagna	Bgo Milano
media	0.2	0.4	0.4	0.6	0.3	0.5
sd	0.2	0.2	0.3	0.3		
min	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
max	1.3	1.3	1.4	1.9	1.4	1.9
mediana	0.1	0.4	0.3	0.5		
N	1030	1030	1052	1052	2082	2082
dati mancanti	1	1	47	49	48	50
data.capture	100	100	96	95	98	98
max giornaliero	0.9	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
max.rolling.8	1.1	1.0	1.2	1.5	1.2	1.5
95°percentile	0.7	0.9	1.0	1.1		
99°percentile	1.1	1.1	1.3	1.4		
N superamenti 10 mg/m^3	0	0	0	0	0	0

Tabella 8. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura in Via Scuderlando e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano nello stesso periodo.

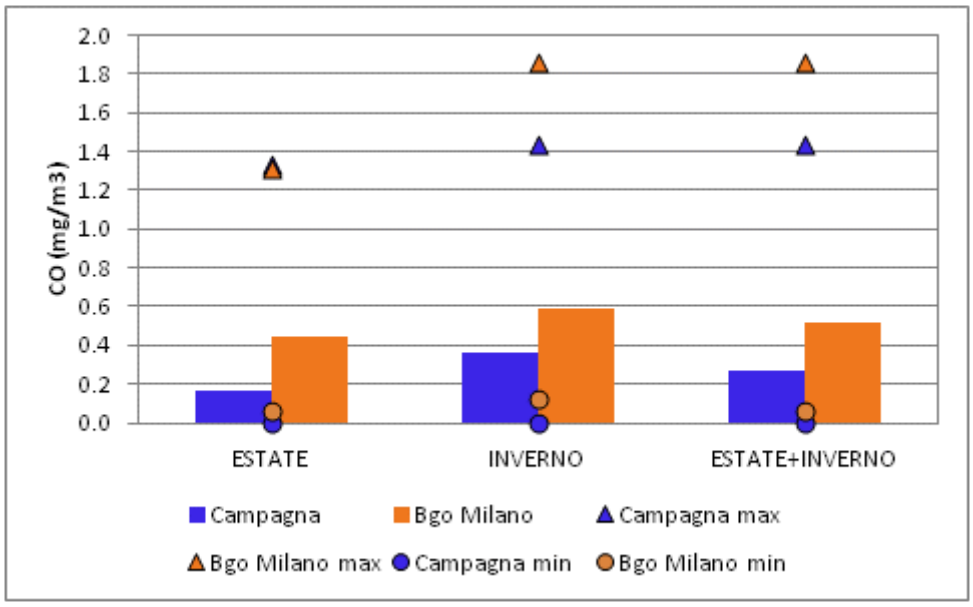


Figura 6. Concentrazione di CO: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Via Scuderlando e alla centralina di riferimento di Borgo Milano.

Biossido di azoto (NO_2) – Ossidi di azoto (NO_X)

Come si può vedere in Tabella 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 $\mu g/m^3$. Nello stesso periodo, non sono stati rilevati dei superamenti nelle stazioni di riferimento di Cason e Borgo Milano. Relativamente all'esposizione cronica (Tabella 9 e Figura 7) la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 45 $\mu g/m^3$, ed è quindi superiore al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$. Anche il valore medio di NOx, pari a 135 $\mu g/m^3$ (Tabella 10), supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 $\mu g/m^3$ (si ricorda tuttavia che il confronto con il valore limite di protezione degli ecosistemi rappresenta un riferimento puramente indicativo in quanto il sito indagato non risponde esattamente alle caratteristiche previste dal D.Lgs. 155/10 [1]). Il valore medio relativo alla postazione di Via Scuderlando è superiore a quello relativo alle due postazioni di riferimento di Borgo Milano e Cason, come anche i valori massimi.
Come già osservato per il CO, la media relativa al periodo invernale è superiore a quella del periodo estivo, e questo è associabile alle condizioni meteorologiche, che in inverno sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.
Nel grafico 9 in Allegato, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO_2, calcolato per i due periodi di campagna. Si nota la presenza di due picchi, il primo tra le 9 e le 10 del mattino e il secondo tra le 18 e le 20: si può ipotizzare che corrispondano alle ore di traffico stradale più intenso. Analoghe rappresentazioni, relative alla settimana tipo, sono riportate in Grafico 10 in Allegato e mostrano che le giornate in cui la concentrazione di NO_2 è maggiore sono il giovedì e il venerdì nel periodo "estivo", martedì nel periodo "invernale"; nel fine settimana, quando il traffico stradale è meno intenso, si trovano i valori più bassi.

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

	ESTATE			INVERNO			ESTATE+INVERNO		
NO_2 (µg/m^3)	Campagna	Bgo Milano	Cason	Campagna	Bgo Milano	Cason	Campagna	Bgo Milano	Cason
media	36	31	20	54	46	38	45	39	29
sd	18	15	12	24	20	19			
min	5	0	0	7	4	2	5	0	0
max	113	91	68	134	108	90	134	108	90
mediana	34	29	18	54	46	40			
N	1030	1030	1030	1052	1052	1052	2082	2082	2082
dati mancanti	45	1	0	93	50	54	138	51	54
data.capture	96	100	100	91	95	95	94	98	97
max giornaliero	59	50	37	92	86	61	92	86	61
95°percentile	71	61	41	96	81	71			
99°percentile	88	74	49	114	100	82			
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 9. Concentrazione di NO_2: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Cason.

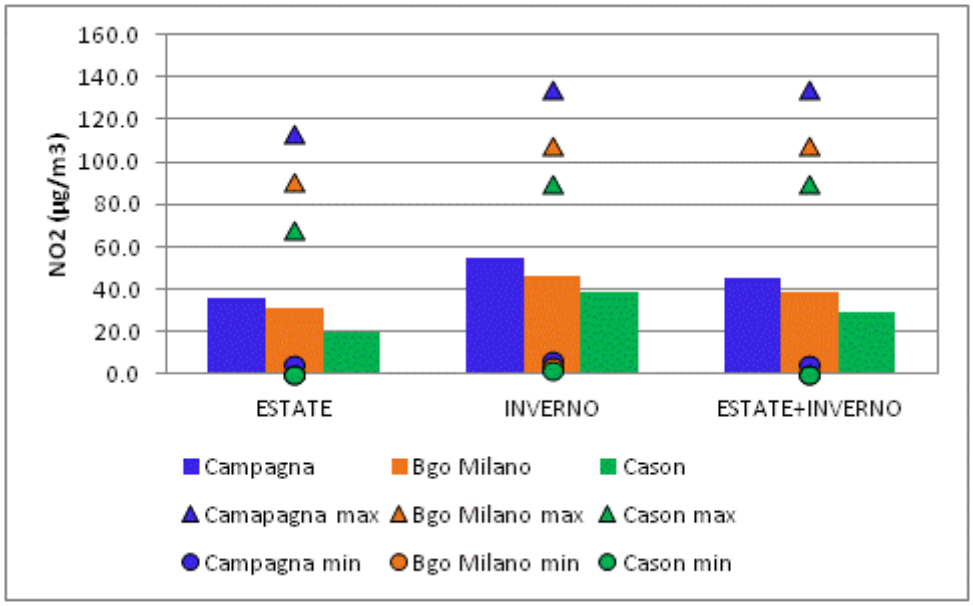


Figura 7. Concentrazione di NO_2: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Via Scuderlando e alle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Cason.

	ESTATE			INVERNO			ESTATE+INVERNO		
NOx (µg/m^3)	Campagna	Bgo Milano	Cason	Campagna	Bgo Milano	Cason	Campagna	Bgo Milano	Cason
media	101	70	36	168	120	77	135	95	57
sd	98	51	40	136	88	57			
min	6	9	0	10	12	2	6	9	0
max	806	342	527	785	560	426	806	560	527
mediana	68	56	24	130	97	64			
N	1030	1030	1030	1052	1052	1052	2082	2082	2082
dati mancanti	45	1	0	93	50	54	138	51	54
data.capture	96	100	100	91	95	95	94	98	97
max giornaliero	381	158	84	387	299	165	387	299	165
95°percentile	294	173	104	429	289	180			
99°percentile	463	254	170	612	421	242			

Tabella 10. Concentrazione di NOx: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano.

Biossido di zolfo (SO_2)

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite di 350 e 500 µg/m^3 (Tabella 11, Errore: sorgente del riferimento non trovata 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 valore limite di rivelabilità strumentale analitica (5 µg/m^3), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m^3). Il confronto con le concentrazioni misurate presso la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano mostra che i valori registrati sono simili, leggermente superiori in Via Scuderlando in entrambi i periodi.

SO_2 (µg/m^3)	ESTATE		INVERNO		ANNO	
	Campagna	Bgo Milano	Campagna	Bgo Milano	Campagna	Bgo Milano
media	3	2	4	2	3	2
sd	2	1	3	1		
min	0	0	0	0	0	0
max	15	9	17	7	17	9
mediana	2	1	4	1		
N	1030	1030	1052	1052	2082	2082
dati mancanti	9	1	73	48	82	49
data.capture	99	100	93	95	96	98
max giornaliero	9	7	10	4	10	7
95°percentile	7	4	10	4		
99°percentile	10	8	13	5		
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 11. Concentrazione di SO_2: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano.

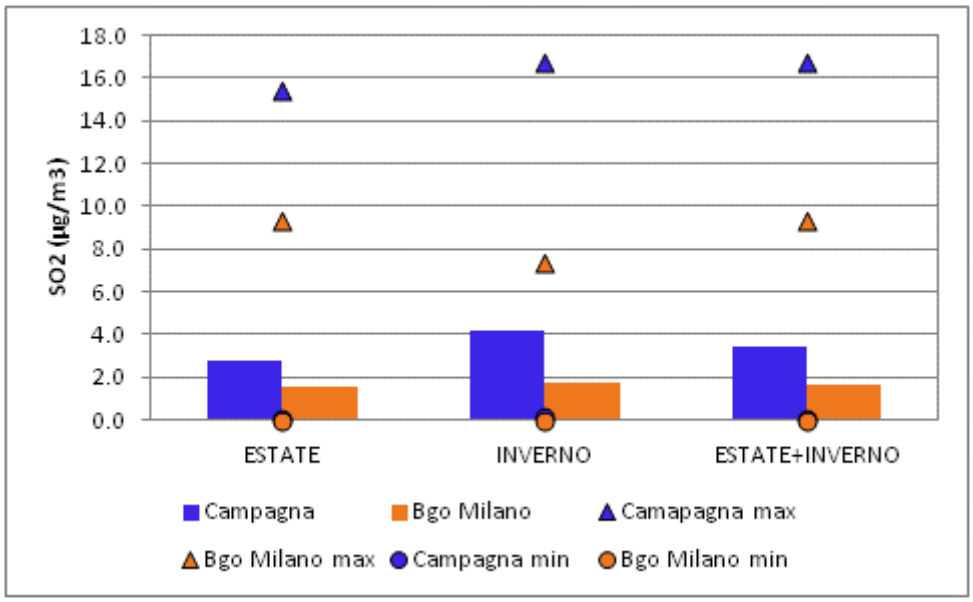


Figura 8. **Concentrazione di SO_2: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Via Scuderlando e alla centralina di riferimento di Borgo Milano.**

Ozono (O_3)

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. La campagna estiva di via Scuderlando è stata condotta in autunno, quando radiazione e temperatura atmosferica non hanno avuto valori elevati tipici dei mesi estivi: pertanto non si sono verificate criticità e i valori registrati sono sempre stati ampiamente inferiori ai limiti normativi di 240 $\mu g/m^3$ e 180 $\mu g/m^3$ (Allegato-grafici 4 e 5); i valori registrati sono comunque superiori a quelli relativi al periodo di campagna invernale. In Allegato-Grafico 11 si può vedere il grafico del giorno-tipo che mostra come le concentrazioni più elevate siano raggiunte nelle ore centrali della giornata.

L'andamento della settimana tipo, riportato in Allegato-Grafico 11, mostra una anticorrelazione con il corrispondente grafico relativo agli ossidi di azoto (Allegato-Grafico 10): questo si spiega con il fatto che il biossido di azoto tende a combinarsi con l'ozono, rimuovendolo dall'atmosfera.

Le concentrazioni medie registrate in Via Scuderlando sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Cason, leggermente inferiori.

O_3 (µg/m^3)	ESTATE		INVERNO		ANNO	
	Campagna	Cason	Campagna	Cason	Campagna	Cason
media	20	23	17	25	19	24
sd	20	22	21	24		
min	1	5	1	4	1	4
max	85	219	84	94	85	219
mediana	11	13	5	11		
N	1030	1030	1052	1052		
dati mancanti	38	0	63	52		
data.capture	96	100	94	95		
max giornaliero	49	56	60	71		
max.rolling.8	70	71	74	90		
95°percentile	58	65	61	76		
99°percentile	72	77	72	87		
N superamenti 120 µg/m^3 sulla media mobile di 8h	0	0	0	0	0	0
AOT40	0	0	0	0	0	0
N superamenti 180 µg/m^3	0	1	0	0	0	1
N superamenti 240 µg/m^3	0	0	0	0	0	0

Tabella 12. Concentrazione di O_3: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina di fondo urbano di Cason.

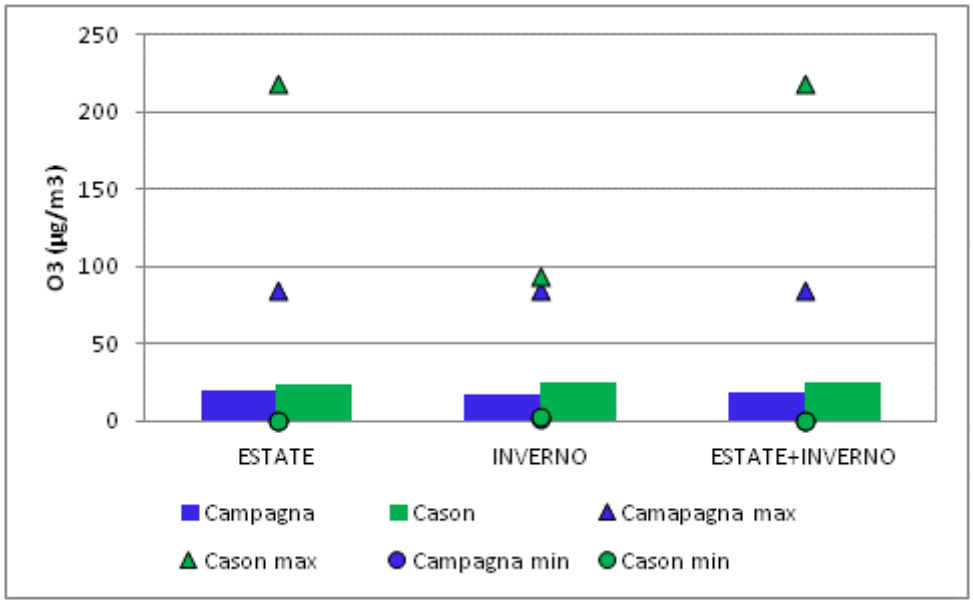


Figura 9. Concentrazione di O_3 : media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Via Scuderlando e alla centralina di riferimento di Cason.

.

Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

In Tabella 14 sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10 misurate con metodo gravimetrico in via Scuderlando durante le campagne di misura. Nei 77 giorni di misurazione, sono stati registrati 31 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m^3 che non deve essere superato più di 35 volte all'anno secondo la normativa. I valori medi, come anche il numero di superamenti, nel periodo invernale sono stati superiori ai corrispondenti relativi al periodo estivo, a causa delle condizioni meteorologiche più favorevoli al ristagno di inquinanti.

In Tabella 14 i dati relativi a Via Scuderlando sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Cason. Si consideri che mentre le misure della campagna di via Scuderlando 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 14, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni. I dati sono rappresentati graficamente in Errore: sorgente del riferimento non trovata. I valori medi di PM10, così come il numero di superamenti dei limiti normativi, in via Scuderlando sono superiori a quelli di Borgo Milano e di Cason.

In Allegato-Grafico 6, sono rappresentate le serie temporali complete dei dati di PM10 in via Scuderlando e presso le centraline di Borgo Milano e Cason.

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/m^3 e del Valore Limite annuale di 40 µg/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 µg/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 µg/m^3.
Per quanto detto, il sito di Via Scuderlando è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di traffico urbano di Borgo Milano. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di via Scuderlando il valore medio annuale di 37 µg/m^3 (inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m^3) ed il 90° percentile di 75 µg/m^3 (superiore al valore limite giornaliero di 50 µg/m^3).

	ESTATE	INVERNO	ESTATE+INVERNO
media	38	55	46
N	39	38	77
sd	21	27	
max	84	119	119
min	12	7	7
N superamenti 50 µg/m^3	10	21	31

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 (µg/m^3), misurata con metodo gravimetrico a Castel D'Azzano. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura.

	Campagna	Bgo Milano	Cason	Campagna	Bgo Milano	Cason	Campagna	Bgo Milano	Cason
media	39	29	33	55	47	46	48	38	39
N	35	35	35	36	36	36	71	71	71
sd	21	17	19	27	24	27			
max	84	62	76	119	110	121	119	110	121
min	12	7	0	7	4	7	7	4	0
N superamenti 50 µg/m3	10	7	7	21	13	13	31	20	20

Tabella 14. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina fissa di fondo urbano di Cason. Per il calcolo, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni.

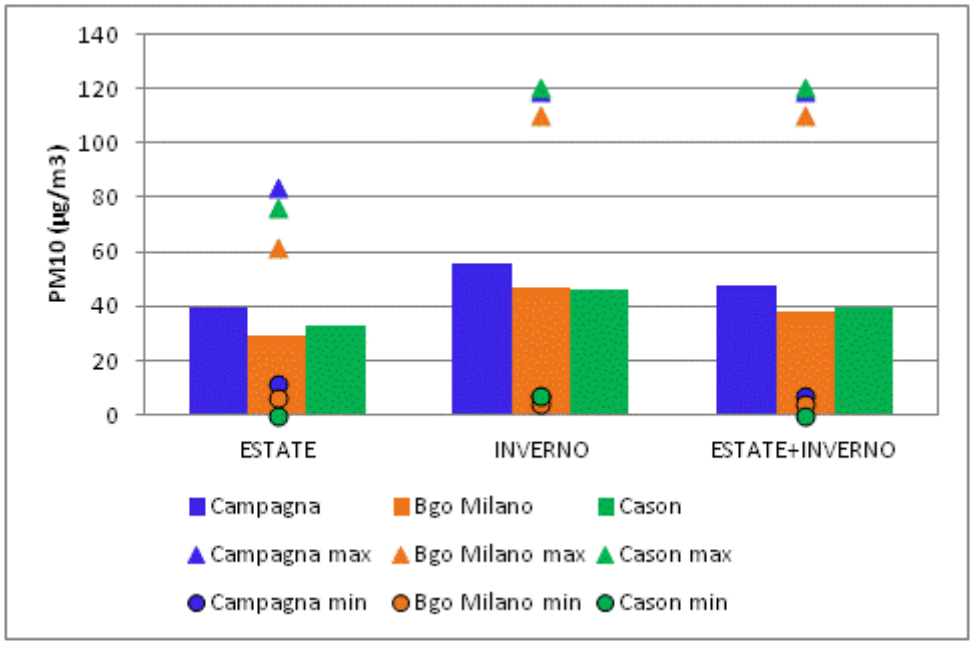


Figura 10. **Concentrazione di PM10: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Via Scuderlando e alle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Cason.**

Benzene (C_6H_6)

In Tabella 15 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna in via Scuderlando e nelle stazioni fisse di riferimento di Borgo Milano e Cason. 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. La tabella mostra che i valori medi delle concentrazioni di benzene misurate in via Scuderlando sono superiori a quelli di Cason in entrambi i periodi, e superiori a quelle di Borgo Milano nel periodo invernale. Tuttavia, la media pesata delle concentrazioni estive e invernali è 1.0 µg/m3, inferiore al limite annuale di 5 µg/m^3.
In Tabella 16 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.

	ESTATE				INVERNO				ESTATE+INVERNO			
benzene (µg/m3)	Bgo Milano	Cason	CastelDAzzano	Cso Milano	Bgo Milano	Cason	CastelDAzzano	Cso Milano	Bgo Milano	Cason	CastelDAzzano	Cso Milano
Media	1.1	0.6	0.5	0.9	2.1	1.5	1.5	2.2	1.5	0.4	1.0	1.0
N giorni	33	33	33	43	33	27	27	27	44	27	60	60
sd	0.6	0.5	0.2	0.9	0.9	0.1	0.6	0.8				
max	1.5	1.0	0.7	1.5	2.7	1.6	2.1	2.8	2.7	1.6	2.1	2.8
min	0.6	0.3	0.3	0.3	1.4	1.4	1.0	1.6	0.6	0.3	0.3	0.3

Tabella 15. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano, della postazione fissa di Corso Milano e della centralina fissa di fondo urbano di Cason. I dati delle quattro postazioni non si riferiscono esattamente agli stessi giorni di campionamento, pertanto il confronto è solamente indicativo. La riga della tabella denominata "misura" indica quale metodo di campionamento è stato utilizzato nei vari casi: "cp" sta per "campionatori passivi", "fa" per fiale adsorbenti.

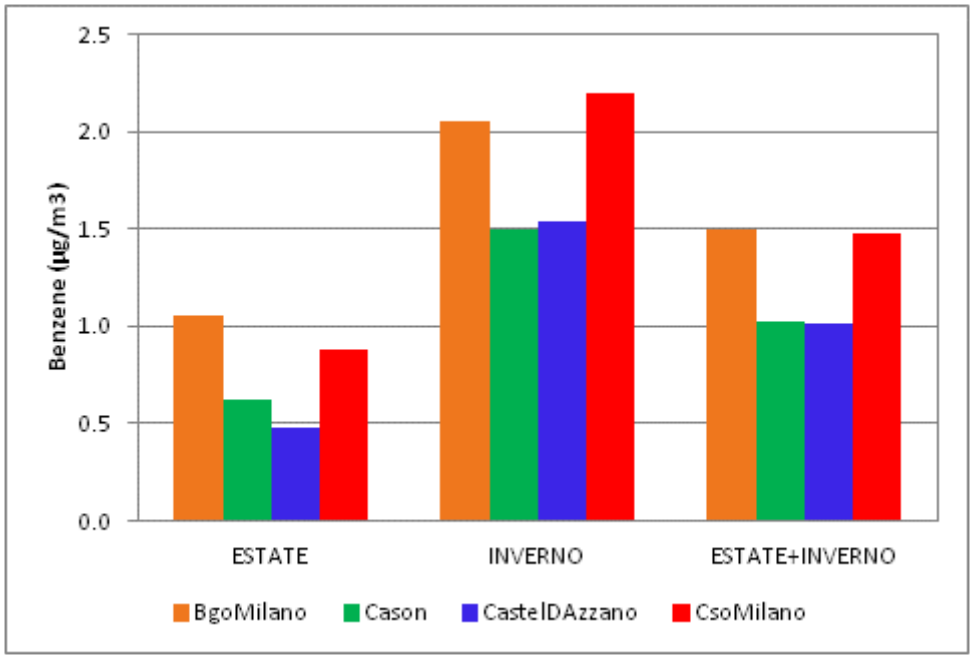


Figura 11. Concentrazione di benzene misurata durante i periodi di campagna in diverse postazioni (Campagna indica Castel D'Azzano, e poi Borgo Milano, Corso Milano e Cason) .

	ESTATE				INVERNO			
(µg/m^3)	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)
BgoMilano	0.3	0.3	1.1	1.2	0.7	0.3	1.6	1.2
Cason	0.6	0.4	3.0	2.5	1.5	0.4	2.8	1.3
CastelDAzzano	0.5	0.4	2.9	2.3	1.5	0.4	2.9	1.4
CsoMilano	0.9	1.0	5.5	5.4	2.2	0.5	4.4	2.7

Tabella 16. Concentrazione media delle varie specie di idrocarburi aromatici nelle diverse postazioni di misura

Benzo(a)pirene (B(a)p)

In Tabella 17 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzoapirene per le due postazioni di Via Scuderlando e della centralina fissa di Cason. Tali parametri sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località, per rendere significativo il confronto. Invece, in Tabella 18, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Via Scuderlando, per tutte le specie di IPA misurati. La concentrazione media di benzo(a)pirene in Via Scuderlando è più bassa di quella registrata a Cason nel periodo di campagna estiva, superiore in quello invernale(Figura 12). Il valore medio riferito ai due periodi è 1.5 µg/m^3, che supera il valore obiettivo, riferito alla media annuale, pari a 1.0 ng/m^3.

	ESTATE		INVERNO		ESTATE+INVERNO	
benzoapirene	Campagna	Cason	Campagna	Cason	Campagna	Cason
media	0.9	1.0	1.9	1.8	1.5	1.4
N	9	9	11	11	20	20
sd	0.8	1.0	0.7	0.7		
max	2.0	2.3	3.6	2.9	3.6	2.9
min	0.1	0.1	1.3	0.6	0.1	0.1

Tabella 17. Concentrazione di Benzopirene: dati della campagna di misura e della centralina fissa di fondo urbano di Cason. 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.

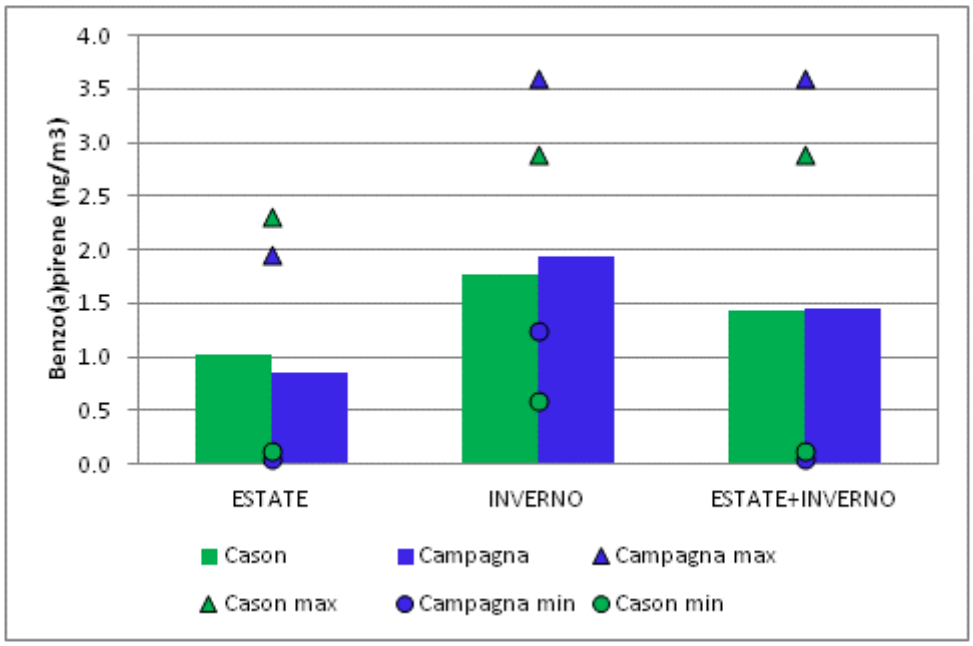


Figura 12. **Concentrazione di benzopirene a Castel D'Azzano e Cason, nel periodo di campionamento comune alle due località: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.**

	ESTATE					INVERNO					ESTATE+INVERNO			
(ng/m^3)	media	N	sd	max	min	media	N	sd	max	min	media pesata	N	max	min
Benzoaantracene	0.41857	28	0.5	1.3	0.1	1.7	28	0.6	2.7	0.9	1.0	56	2.7	0.1
Benzoapirene	0.635	28	0.7	2.0	0.1	2.2	28	0.7	3.6	1.3	1.4	56	3.6	0.1
Benzobfluorantene	0.56357	28	0.6	1.6	0.1	2.0	28	0.6	3.2	1.2	1.3	56	3.2	0.1
Benzoghiperilene	0.62429	28	0.7	1.8	0.1	2.1	28	0.6	3.3	1.3	1.4	56	3.3	0.1
Benzokfluorantene	0.3225	28	0.3	1.0	0.0	1.1	28	0.4	1.8	0.7	0.7	56	1.8	0.0
Dibenzoahantracene	0.04107	28	0.0	0.1	0.0	0.2	28	0.1	0.3	0.1	0.1	56	0.3	0.0
Indeno123cdpirene	0.44893	28	0.5	1.4	0.0	1.8	28	0.5	2.8	1.0	1.1	56	2.8	0.0

Tabella 18. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione media di diverse specie di IPA, misurata a Castel D'Azzano, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.

Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

In Tabella 19 sono riportati i principali parametri statistici. Le medie delle concentrazioni giornaliere di metalli misurate in Via Scuderlando sono ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica, riferiti alla media su anno civile.
La concentrazione media per arsenico, cadmio e nichel risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo, per il piombo è rappresentativa di un area urbana.
Per completezza si riportano in Tabella 20 i principali parametri statistici relativi alle concentrazioni dei metalli, calcolate nello stesso periodo di monitoraggio presso la stazione fissa di fondo urbano di Cason. I dati sono rappresentati graficamente in Figura 13. I valori medi di concentrazione di tutti i metalli in via Scuderlando sono molto simili a quelli di Cason.

Metallo ng/m^3	media	N	max	min	Limite esposizione cronica	Superamento del limite	Livello di fondo	Aree urbane
As	0.8	21	1.7	0.5	6.0	NO	1 - 3	20-30
Cd	0.3	21	0.6	0.1	5.0	NO	0.1	1 - 10
Ni	3.0	21	9.3	1.0	20.0	NO	1	9 - 60
Pb	10.2	21	24.0	2.6	500.0	NO	0.6	5-500

Tabella 19. Valori medi di concentrazione dei metalli. Nei calcoli sono stati utilizzati tutti i dati di campagna disponibili.

Metallo		Campagna (ng/m^3)	Cason (ng/m^3)	Campagna (ng/m^3)	Cason (ng/m^3)	Campagna (ng/m^3)	Cason (ng/m^3)
Arsenico	media	0.5	0.7	1.4	1.0	1.0	0.8
	n° dati	4	4	4	4	8	8
	max	0.5	1.2	1.7	1.4	1.7	1.4
	min	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cadmio	media	0.2	0.2	0.5	0.6	0.3	0.4
	n° dati	4	4	4	4	8	8
	max	0.2	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6
	min	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
Nichel	media	2.0	1.7	4.8	4.5	3.4	3.1
	n° dati	4	4	4	4	8	8
	max	3.0	3.8	6.0	4.5	6.0	4.5
	min	1.0	1.0	1.0	4.5	1.0	1.0
Piombo	media	5.6	6.1	17.5	17.7	11.5	11.9
	n° dati	4	4	4	4	8	8
	max	8.5	10.8	21.7	23.0	21.7	23.0
	min	2.6	4.5	5.0	12.3	2.6	4.5

Tabella 20. Valori medi delle concentrazioni di metalli misurate durante le campagne di misura in Via Scuderlando e presso la stazione background urbano di Cason (Verona) nei periodi corrispondenti a quelli delle campagne di misura in Via Scuderlando. Nei calcoli sono stati utilizzati solo i dati che si riferiscono a giornate in cui sono disponibili per entrambe le località.

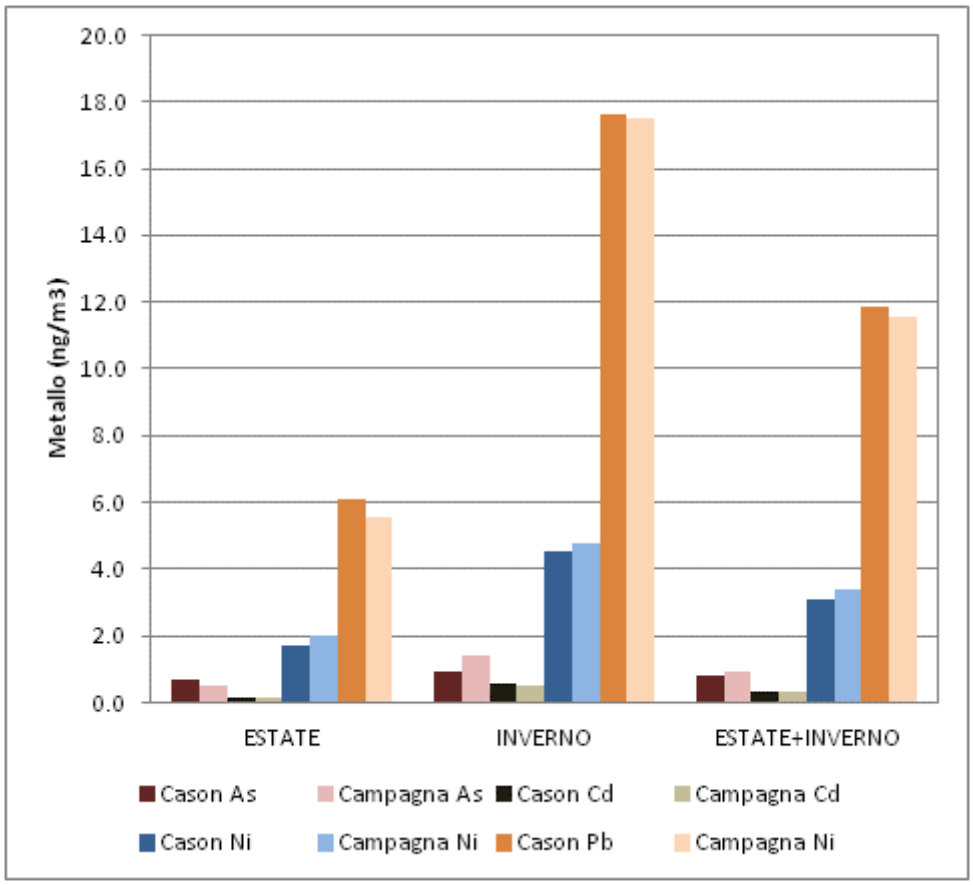


Figura 13.Concentrazione media di metalli nei due periodi di campagna, nelle postazioni di via Scuderlando e di Cason.

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 una scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria come riportato nella tabella seguente.

Cromatismi	Qualità dell'aria
	Buona
	Accettabile
	Mediocre
	Scadente
	Pessima

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

Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.
Le altre tre classi (mediocre, scadente e pessima) indicano invece che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato ed è possibile quindi distinguere situazioni di moderato superamento da altre significativamente più critiche.
Per maggiori informazioni sul calcolo dell'indice di qualità dell'aria si può visitare la seguente pagina web: http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/iqa
In Figura 13 e Figura 14 è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale rispettivamente. Si vede che durante la campagna estiva la qualità dell'aria è stata prevalentemente accettabile (38% del periodo), o buona (36% del periodo). Durante la campagna invernale si sono verificate anche tre giornate con qualità dell'aria pessima e quattro con qualità scadente, causate da valori elevati di PM10.

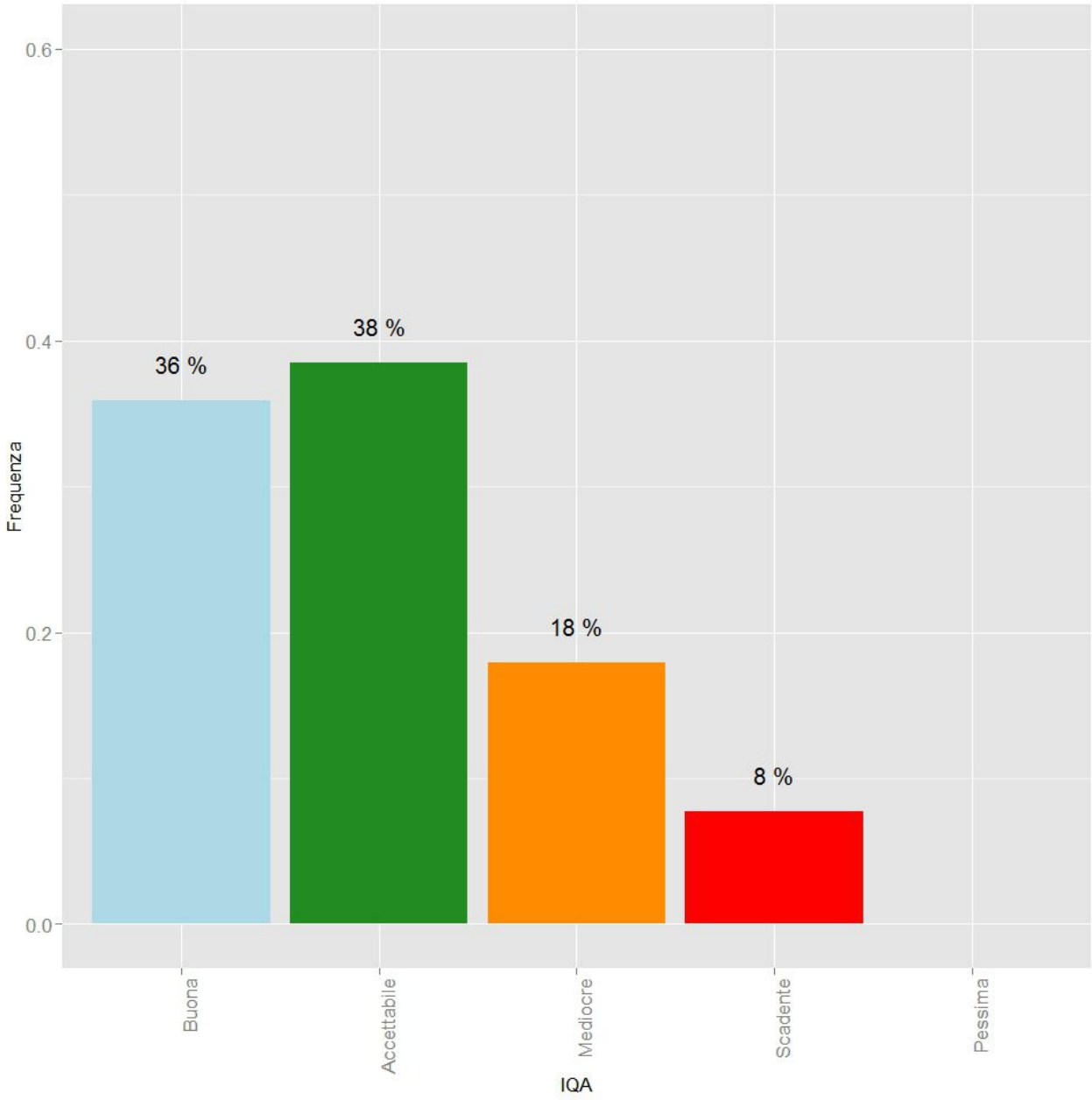


Figura 13. Indice sintetico di qualità dell'aria per la campagna estiva a Castel D'Azzano

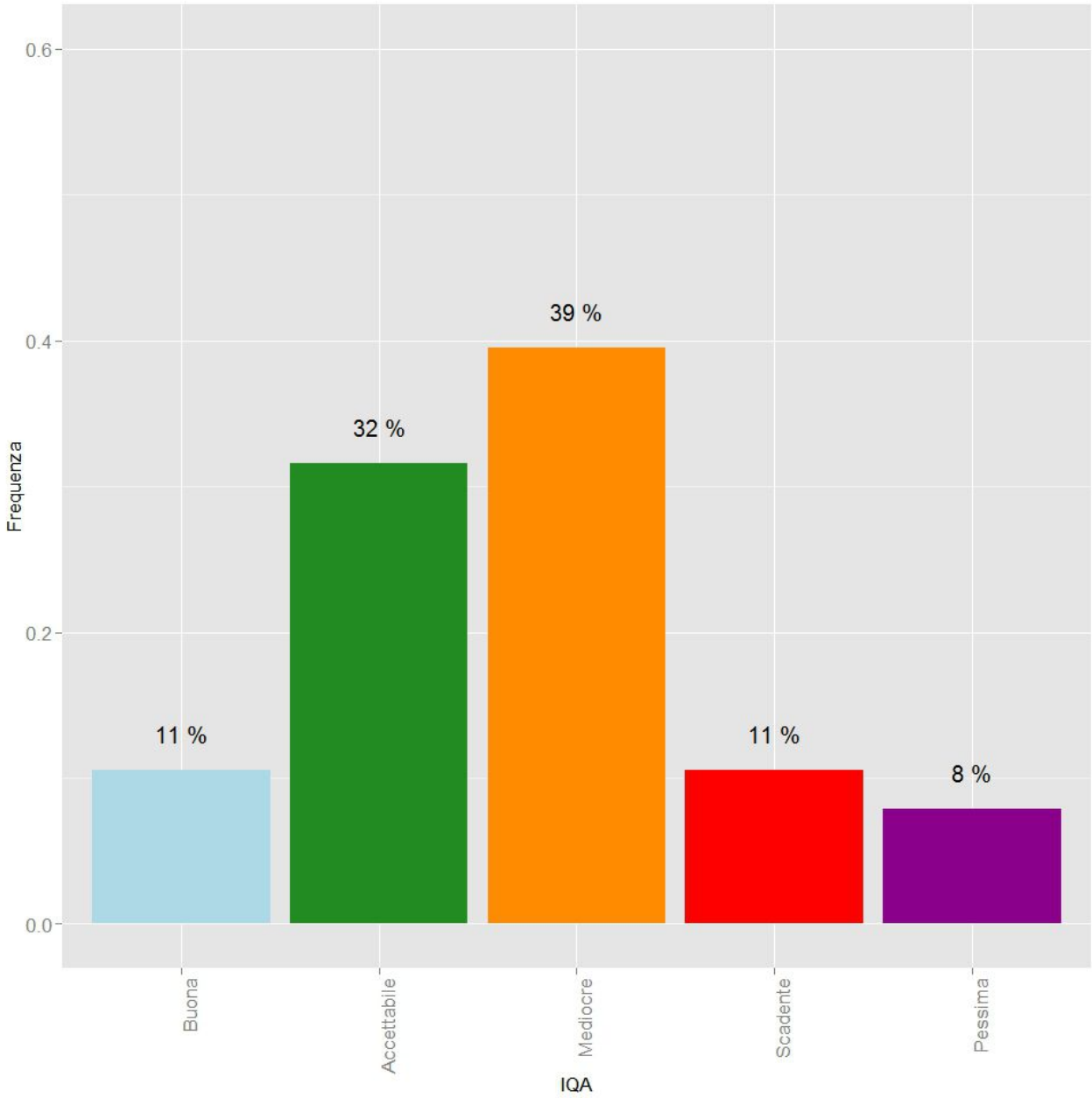


Figura 14. Indice sintetico di qualità dell'aria per la campagna invernale in Via Scuderlando

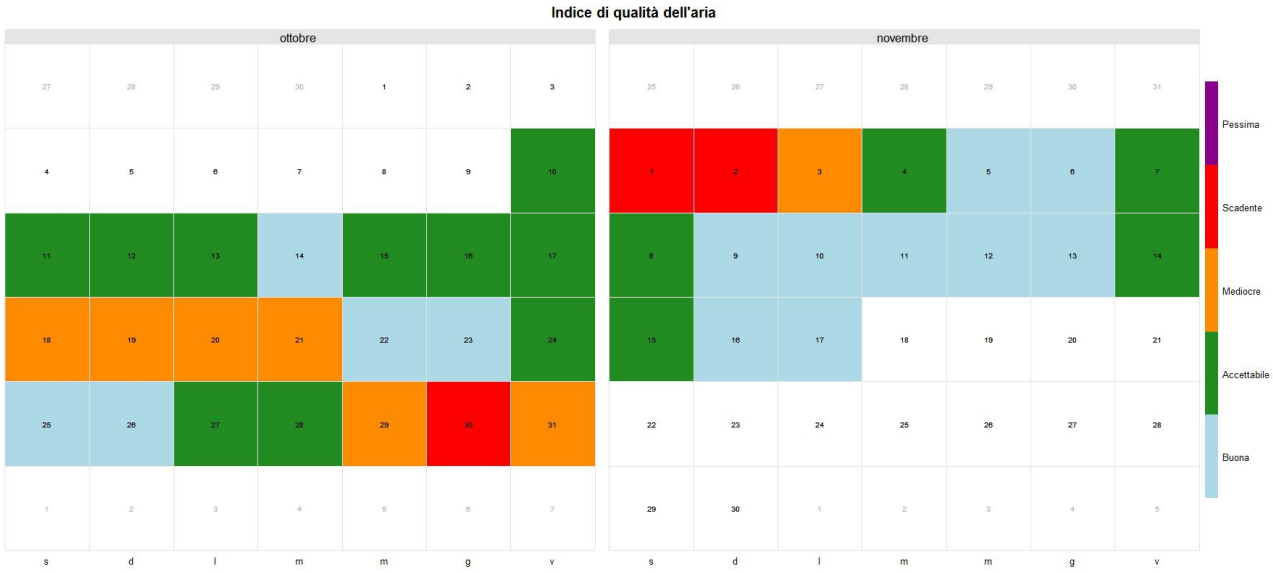


Figura 15. Grafico-calendario dell’indice di qualità dell’aria. Estate.

Figura 16. Grafico-calendario dell’indice di qualità dell’aria. Inverno.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La stazione del comune di Verona di Borgo Milano, essendo di “traffico urbano”, posta a circa 9 km di distanza da Via Scuderlando, può essere considerata rappresentativa anche dell’area di quest’ultima. Pertanto è stato effettuato un confronto, per gli inquinanti più significativi (NO_2, benzene e PM10), con le medie annuali registrate negli anni precedenti presso questa centralina fissa. I risultati sono riportati in forma grafica in Errore: sorgente del riferimento non trovata, Errore: sorgente del riferimento non trovata e Figura 19, dove sono riportati anche i valori relativi alla centralina fissa di riferimento di Cason.
Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni analizzati, sia a Borgo Milano sia a Cason. Il valore medio durante la campagna risulta superiore alle medie annuali registrate dalle stazioni fisse negli anni precedenti. I valori relativi alla stazione di background urbano di Cason sono inferiori a quelli della stazione di traffico di Borgo Milano, come ci si può attendere, essendo questo inquinante prevalentemente associato alle emissioni da traffico. I valori di NO_2 relativi a Via Scuderlando, sono più elevati rispetto a quelli di Borgo Milano e superano il limite annuale di 40 $\mu g/m^3$.
Il benzene, negli anni considerati, non mostra una tendenza definita. I valori medi di Borgo Milano sono leggermente superiori a quelli di Cason, tranne nel 2014, in cui sono leggermente superiori. Nei due periodi di campagna di misura, la concentrazione di benzene in Borgo Milano è stata superiore rispetto a Cason. I valori medi di Via Scuderlando sono inferiori anche rispetto a Cason. Il limite annuale di 5 $\mu g/m^3$ è comunque sempre rispettato.
La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2007 e il 2014. I valori di Borgo Milano sono superiori a quelli di Cason, con eccezione del 2014, in cui sono leggermente superiori. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di Borgo Milano e Cason sono molto vicini, superiori a quelli dei due anni precedenti, inferiori, anche se di poco, al limite annuale di 40 $\mu g/m^3$. La concentrazione media in via Scuderlando è superiore a quella delle centraline e anche al limite annuale.

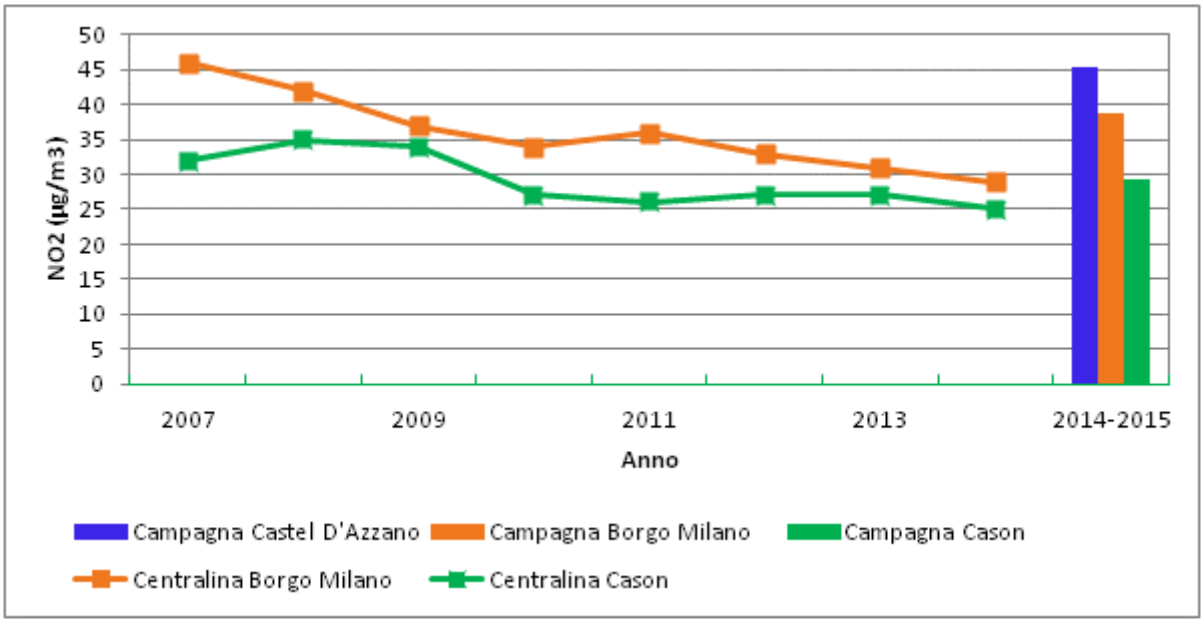


Figura 17. NO_2: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile in via Scuderlando, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

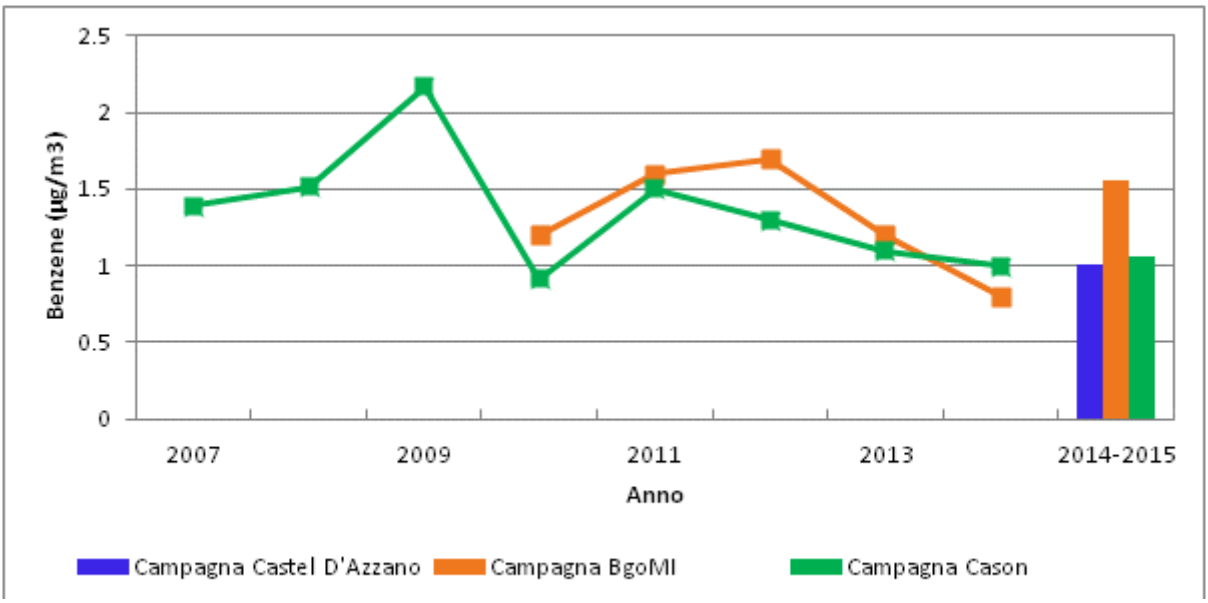


Figura 18. Benzene: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile in via Scuderlando, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

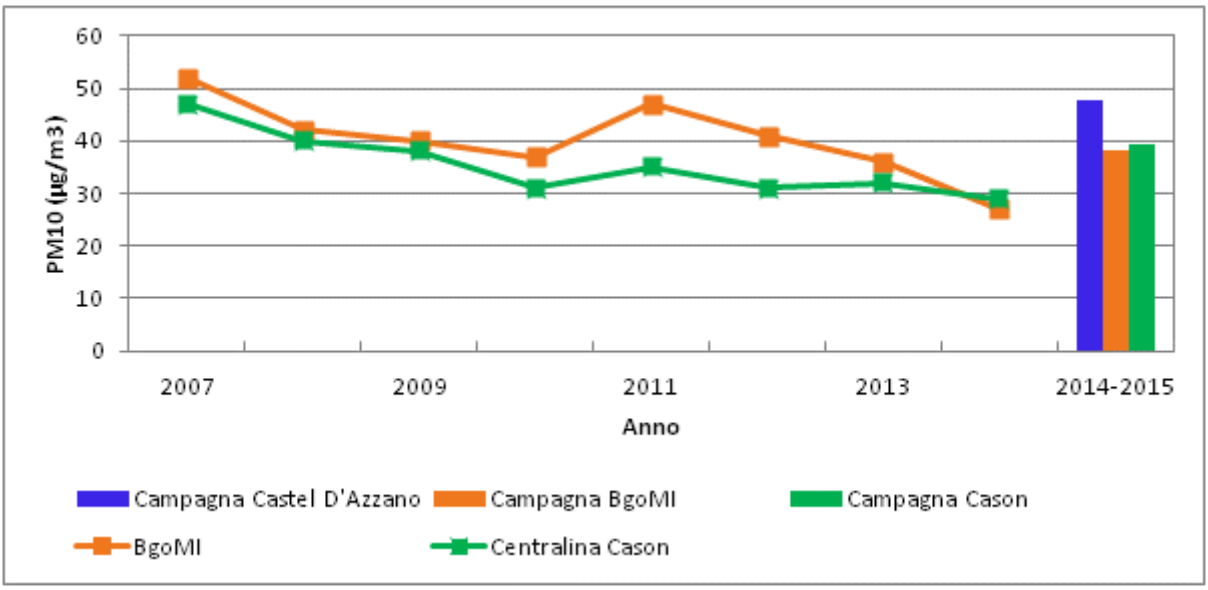


Figura 19. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile in via Scuderlando, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Castel D'Azzano, in Via Scuderlando, lungo una delle principali arterie di traffico per l'accesso da Sud al centro di Verona. Il sito, per le caratteristiche descritte, può essere considerato di "traffico urbano".
Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: il primo, che va dal 9 ottobre 2014 al 21 novembre 2014, il secondo, che va dal 13 gennaio al 26 febbraio 2015. Il primo periodo ha caratteristiche climatiche autunnali più che estive. Entrambi i periodi sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche molto variabili.
Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO_2, SO_2, O_3 , le medie giornaliere di PM10, benzo(a)pirene e metalli (Arsenico, Nichel, Piombo e Cadmio), e la media su un periodo di più giorni del benzene. I dati sono stati analizzati, sono stati calcolati vari parametri statistici ed è stato effettuato un confronto con le due stazioni fisse di riferimento di traffico urbano di Borgo Milano e di fondo urbano di Cason (del comune di Verona).

L'analisi dei dati ha evidenziato che la zona monitorata, in Via Scuderlando, presenta le caratteristiche tipiche di un sito di traffico, essendo caratterizzata da valori medi degli inquinanti confrontabili e, per alcuni di essi, superiori a quelli della centralina di riferimento di fondo urbano di Borgo Milano, del comune di Verona. Particolarmente critica si è rivelata la situazione degli ossidi di azoto, delle polveri sottili e del benzoapirene.

Nel caso degli ossidi di azoto, inquinanti legati principalmente alle emissioni da traffico, i valori medi e massimi registrati a Scuderlando sono superiori a quelli di Borgo Milano, come anche a quelli di Cason. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 45 $\mu g/m^3$, ed è quindi superiore sia al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$; invece la stessa media relativa agli NOx è 135 $\mu g/m^3$, superiore al limite annuale per la protezione degli ecosistemi di 30 $\mu g/m^3$.

Anche i valori medi di PM10 relativi a via Scuderlando sono più elevati di quelli di Borgo Milano e di Cason. Il numero di superamenti del limite normativo (valore giornaliero di 50 $\mu g/m^3$ da non superare per più di 35 volte l'anno) è pari al 43% del periodo monitorato in inverno, contro il 28% rilevato a Borgo Milano e Cason. La stima del valore medio annuale per il sito di Via Scuderlando, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (Borgo Milano), è stata 37 $\mu g/m^3$ (inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$). In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 75 $\mu g/m^3$, il che determina un superamento del valore limite giornaliero di 50 $\mu g/m^3$ per un numero di volte superiore a 35.

La concentrazione media di benzo(a)pirene in via Scuderlando è più elevata di quella registrata a Cason nel periodo invernale, inferiore in quello estivo. Il valor medio sui due periodi è pari a 1.4 ng/m^3, e supera il valore obiettivo riferito alla media sull'anno civile di 1.0 ng/m^3.

Le concentrazioni medie di ozono registrate in via Scuderlando sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Cason leggermente inferiori. Nei periodi di campagna non si sono verificati superamenti dei limiti normativi. Tuttavia si consideri che la campagna estiva è stata condotta in un periodo autunnale, in cui non si sono verificate le condizioni meteorologiche critiche per l'ozono.

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 confrontabili con i corrispondenti relativi alla stazione fissa di riferimento di Borgo Milano.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, presenta valori mediamente simili a quelli della centralina fissa di Cason, inferiori a quelli di Borgo Milano. La media pesata delle concentrazioni estive e invernali è 1.0 $\mu g/m^3$, inferiore al limite annuale di 5 $\mu g/m^3$

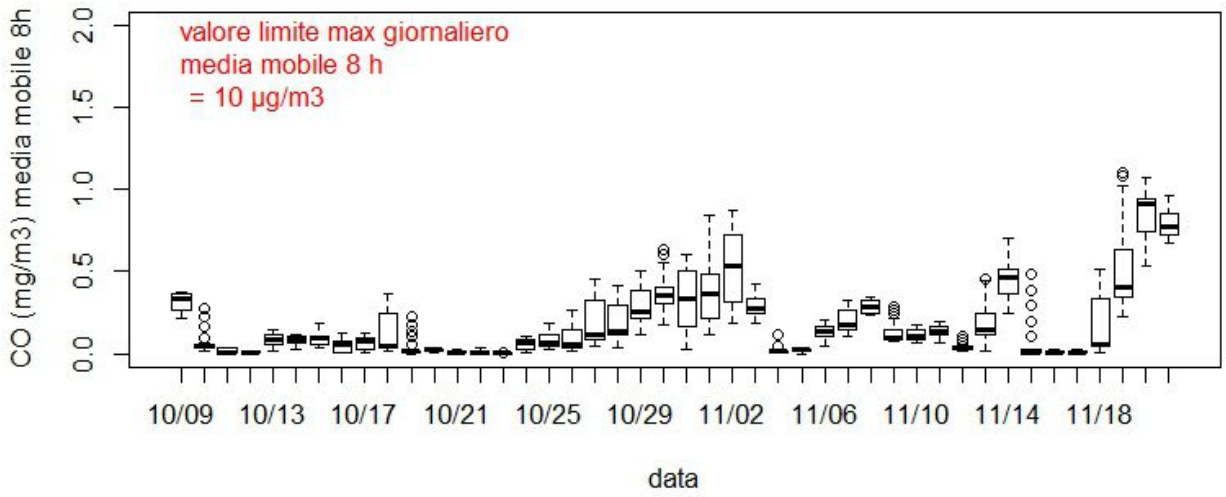
Le concentrazioni medie dei metalli misurate in via Scuderlando, in entrambi i periodi di campagna, sono ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica La concentrazione media per arsenico, cadmio e nichel risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo, per il piombo è rappresentativa di un area urbana. I valori medi di concentrazione di tutti i metalli in via Scuderlando sono molto simili a quelli di Cason.

Mediamente, nei due periodi monitorati, la qualità dell'aria del comune di Castel D'Azzano è risultata accettabile, ma nel periodo invernale la qualità dell'aria è stata da scadente a pessima per il 19% delle giornate in cui è stata possibile la valutazione dell'indice. Si consideri inoltre che il periodo di campagna estiva è stata svolta in autunno, e non ha presentato le condizioni meteorologiche che favoriscono concentrazioni elevate di ozono, che è l'inquinante più critico nel periodo estivo.

ALLEGATO

Grafico 1 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di CO (mg/m^3).

Semestre "estivo"



Semestre "invernale"

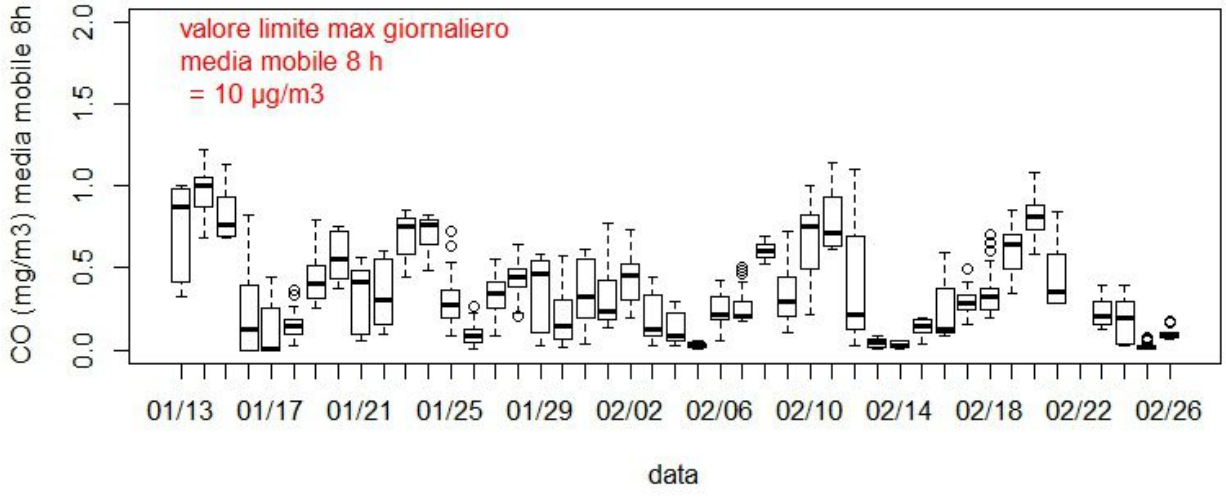
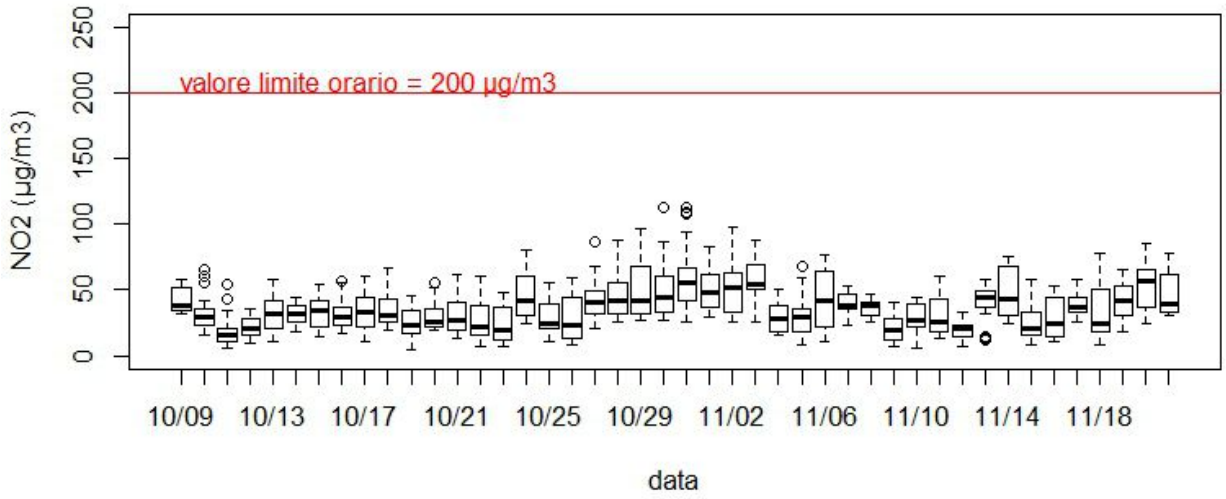


Grafico 2 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di NO_2 ($\mu g/m^3$). “Esposizione acuta”.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

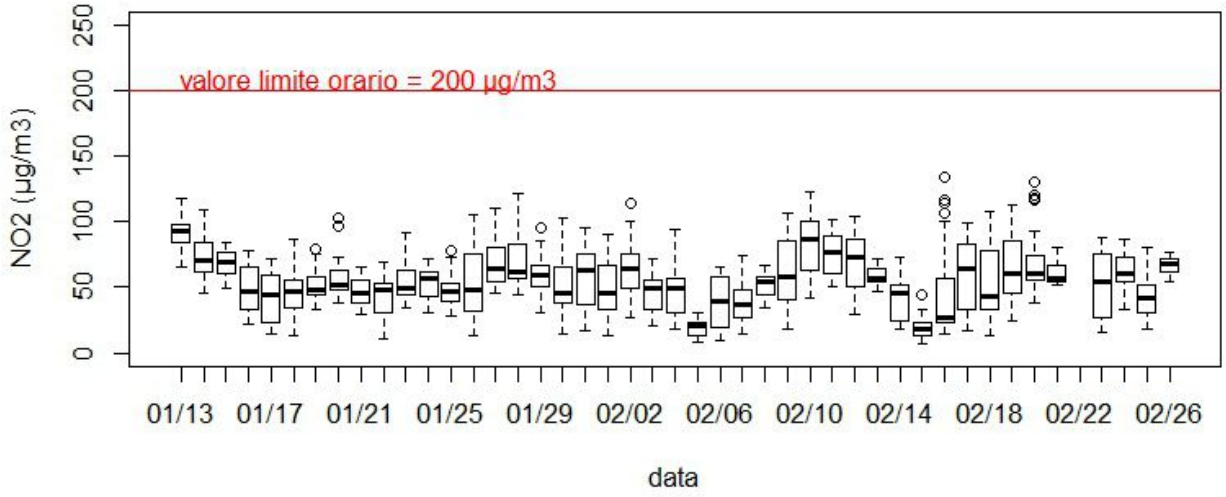
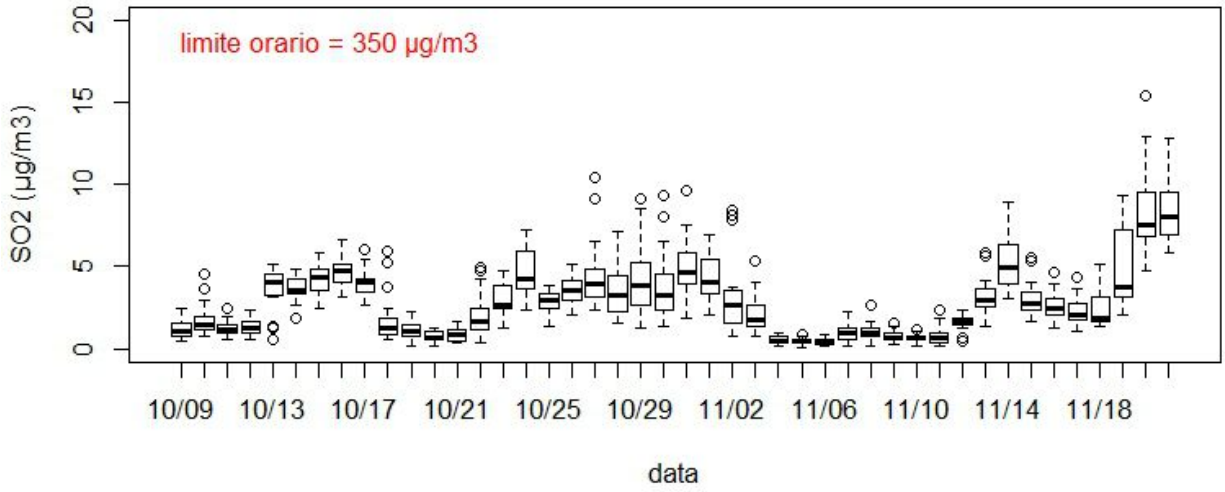


Grafico 3 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di SO_2 ($\mu g/m^3$).

Semestre "estivo"



Semestre "invernale"

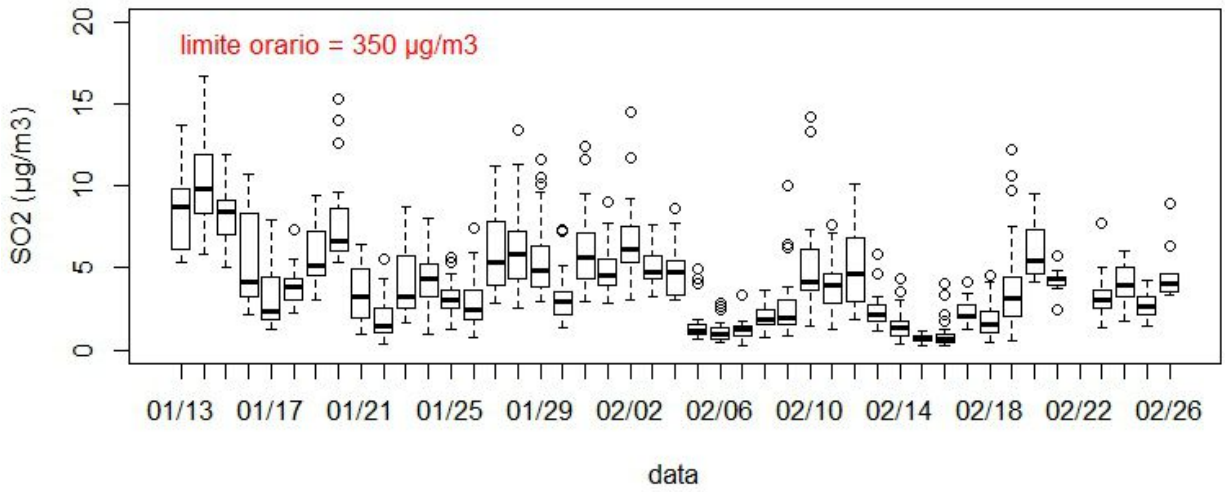
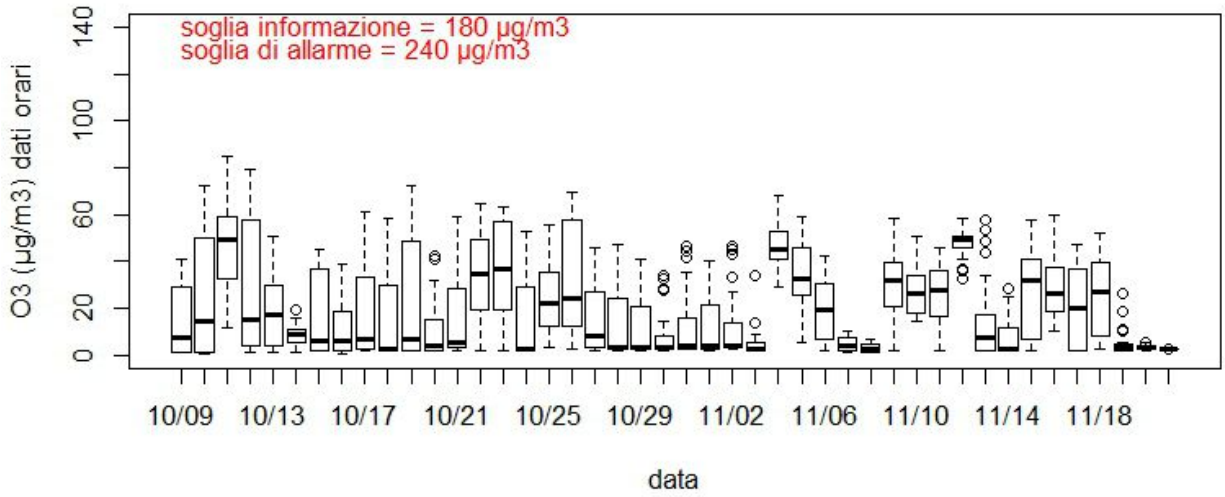


Grafico 4 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di O_3 ($\mu g/m^3$).

Semestre "estivo"



Semestre "invernale"

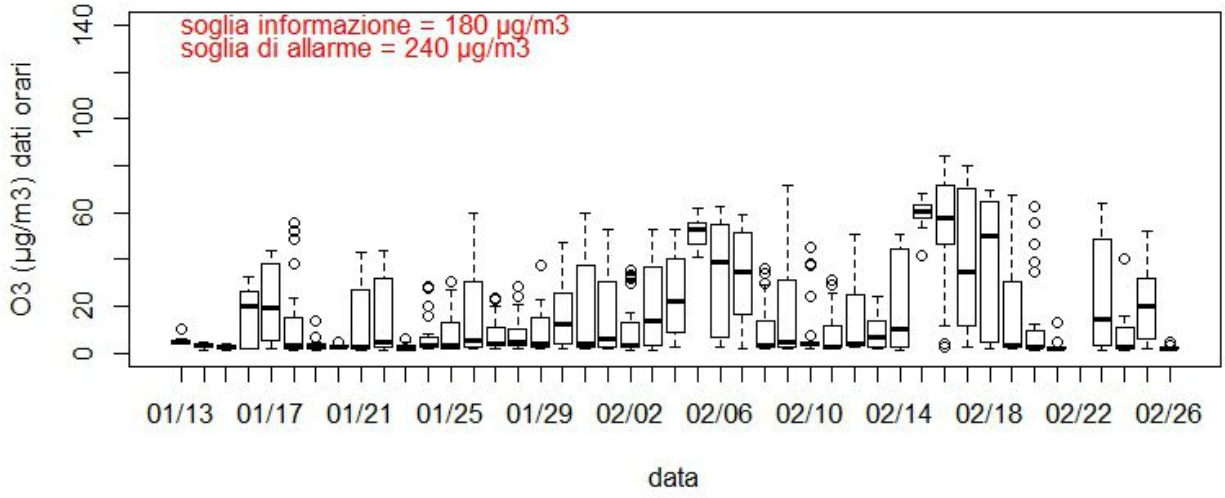
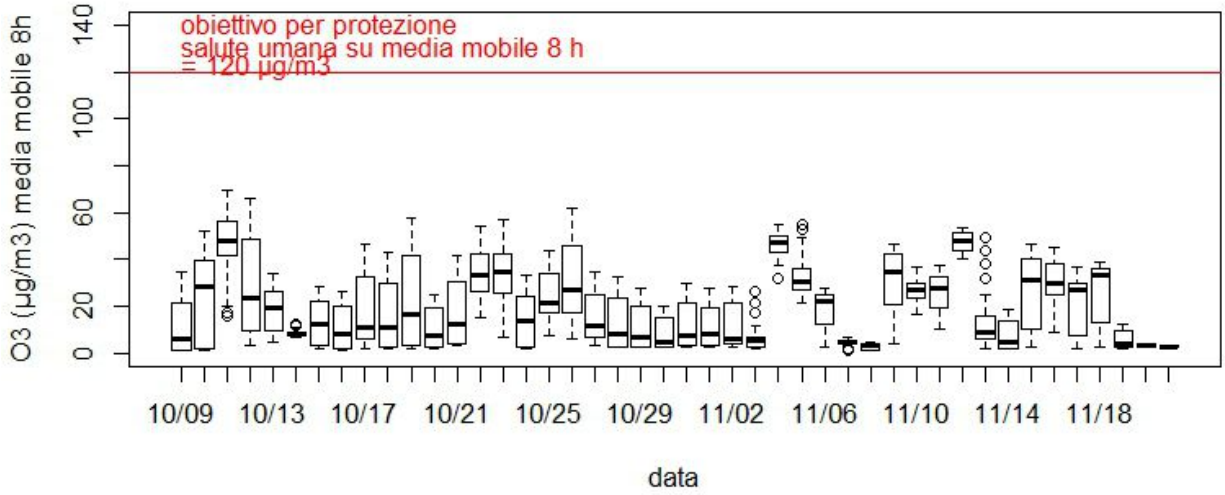


Grafico 5 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di O_3 (µg/m^3).

Semestre "estivo"



Semestre "invernale"

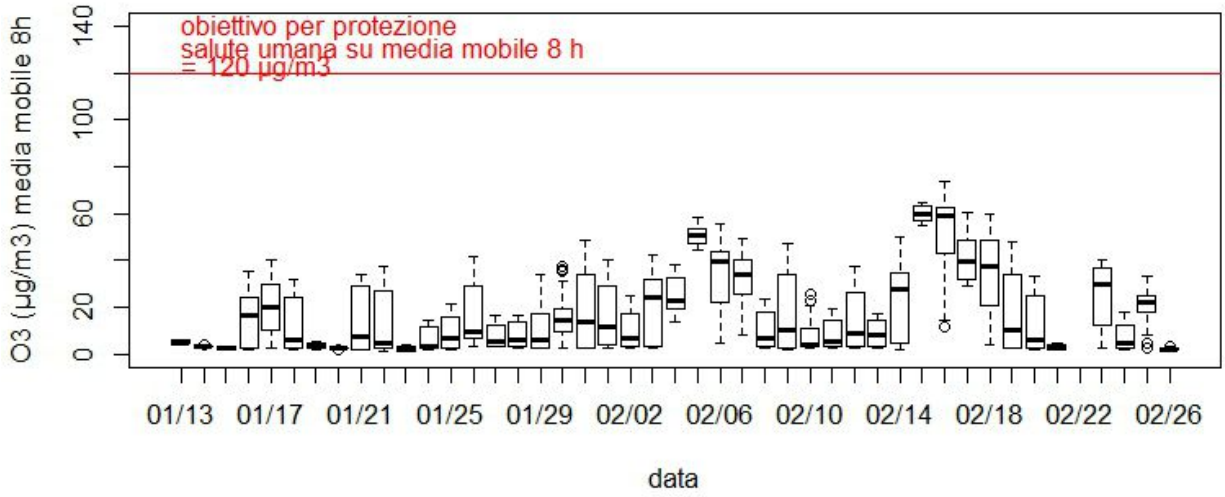


Grafico 6/a – Concentrazione Giornaliera di PM10 (µg/m^3).

Semestre "estivo"

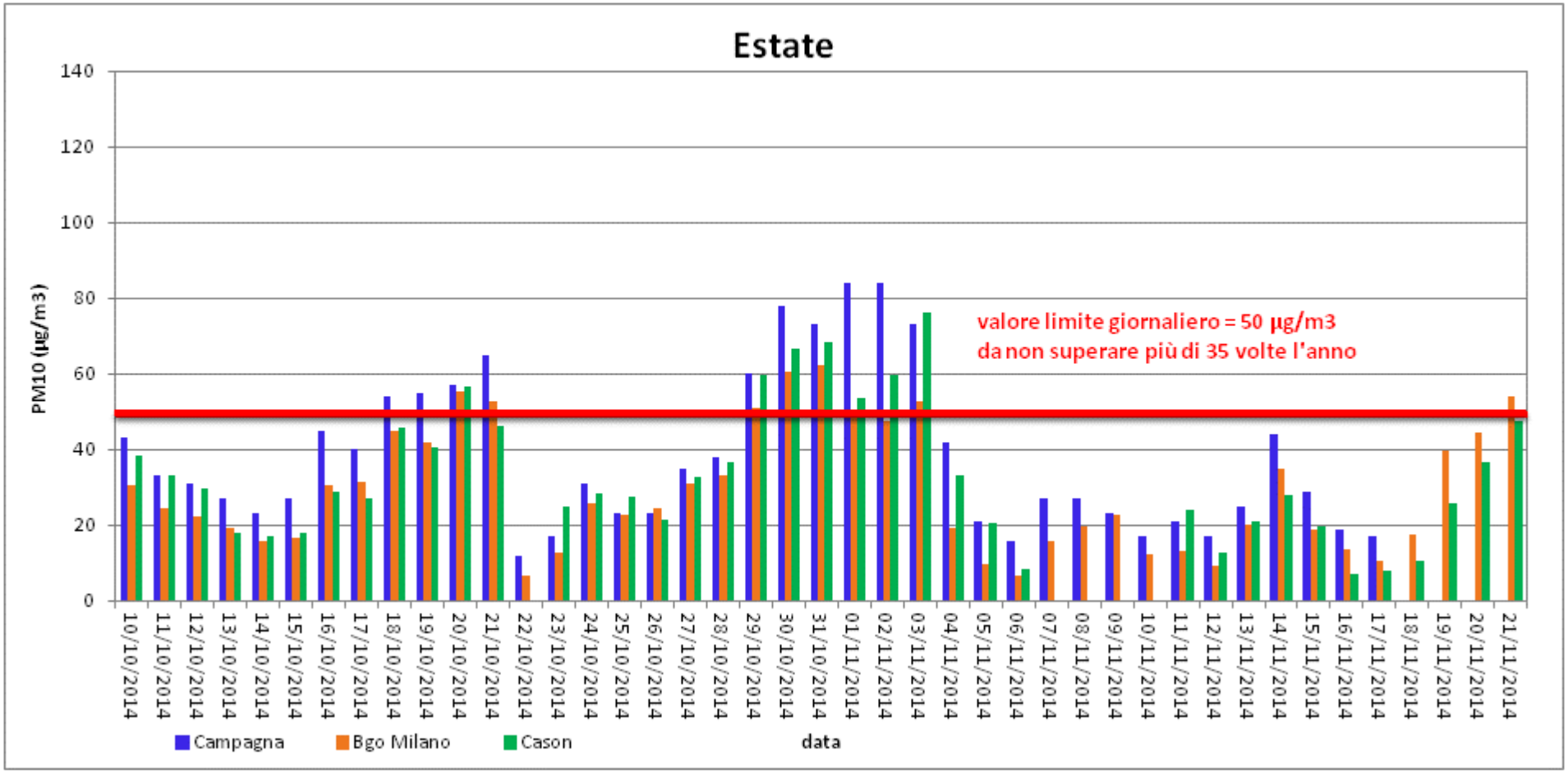


Grafico 6/b – Concentrazione Giornaliera di PM10 (µg/m³).

Semestre "invernale"

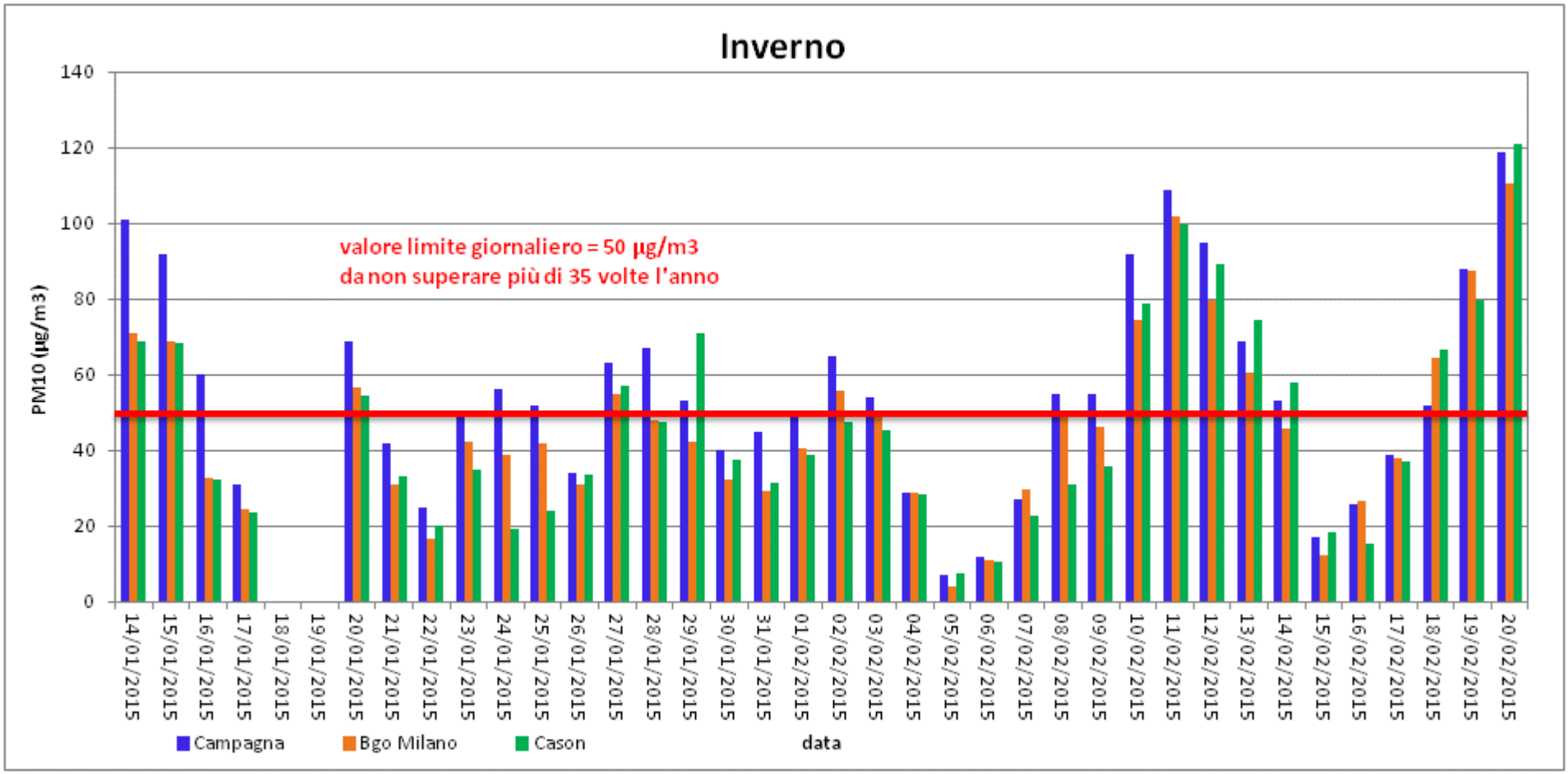


Grafico 9 – Giorno-tipo di NO_2 ($\mu g/m^3$). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

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

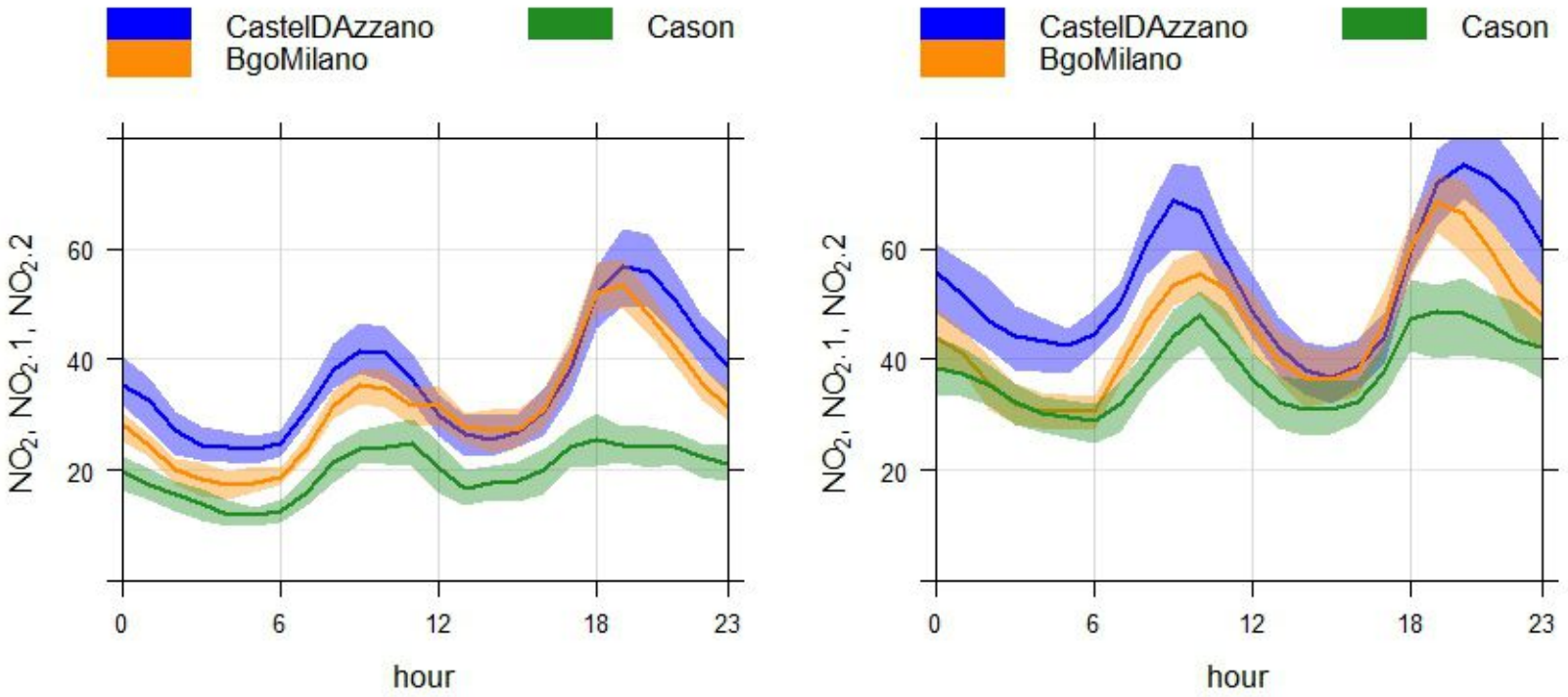


***Grafico 10 – Settimana-tipo di NO_2 ($\mu g/m^3$).* Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%**

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

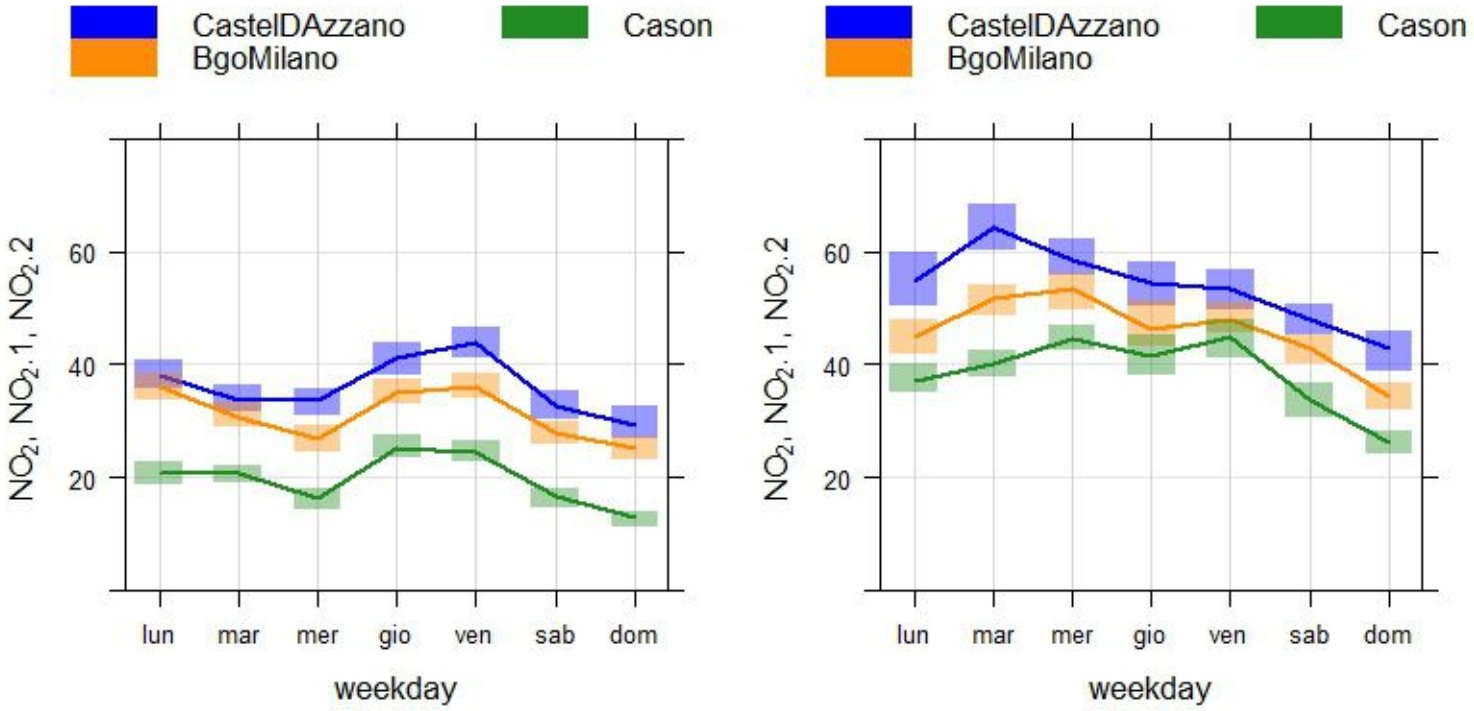
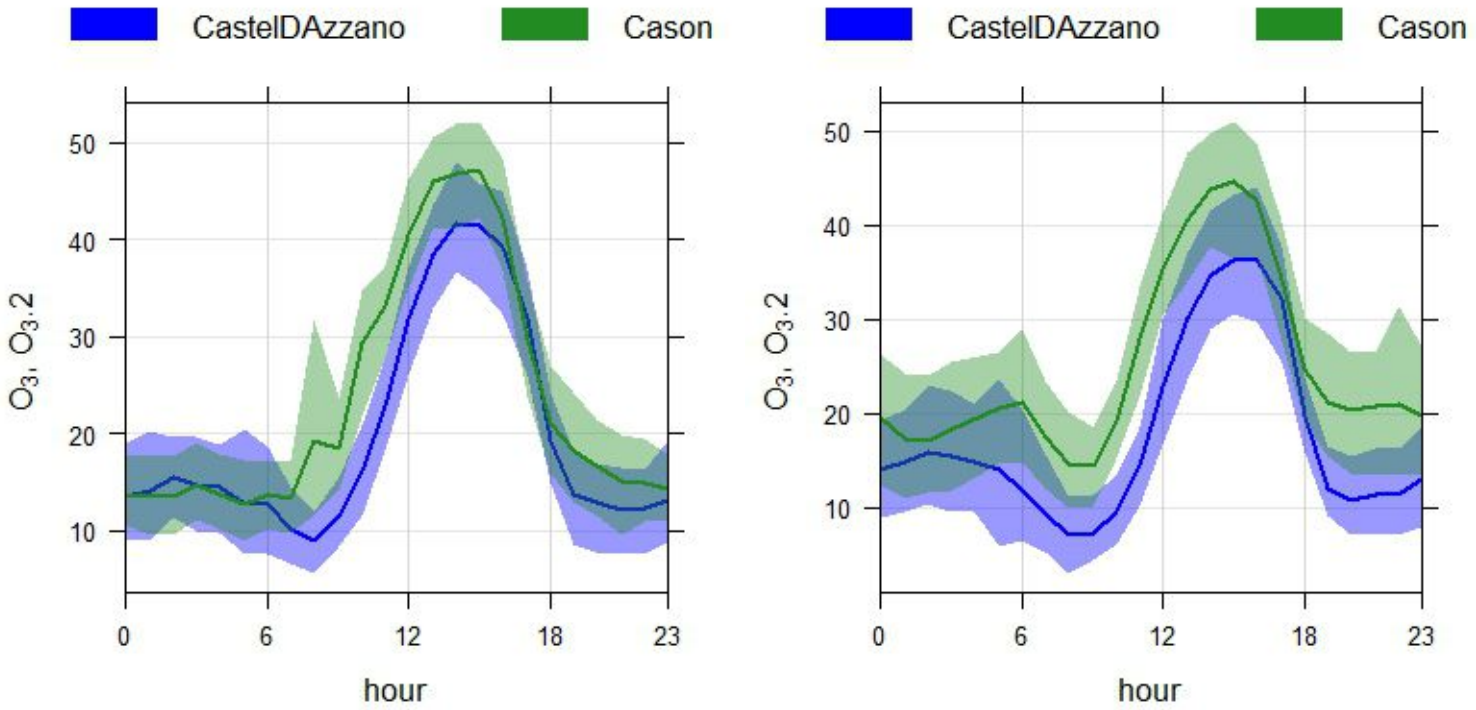


Grafico 11 – Giorno tipo O_3 (µg/m^3). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%.

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