Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Verona

Via Lungolorì

Periodo di attuazione:
04/10/2013 – 21/11/2013 (semestre invernale)
14/03/2014 – 16/05/2014 (semestre estivo)

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: Giancarlo Cunego

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. 7/14 (Codice ESAR: 12_9412)	Data 29/09/2014
F.to Il Tecnico Ufficio Informativo Ambientale Simona De Zolt Simona De Zolt Sappadina	F.to Il Dirigente Servizio Controlli Ambientali 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 9
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) 25
9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse 27
10. Conclusioni 28
11. ALLEGATO 30

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna è stata richiesta dal Comune di Verona e rientra nell'ambito delle *Attività in convenzione per il triennio 2013 -2015* (DDg n. 53 del 28/02/2013).
Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria in zone periferiche del territorio comunale e integra i dati forniti dalle stazioni di Verona della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 04/10/2013 al 21/11/2013 nel semestre invernale e dal 14/03/2014 al 16/05/2014 nel semestre estivo. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Verona ed è di tipologia "fondo urbano". Il comune di Verona ricade nella zona "Agglomerato Verona", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in Figura 1. In Figura 2 è indicata la posizione del mezzo mobile durante la campagna di monitoraggio, su carta tecnica regionale 1:5000. Il mezzo è stato posizionato nella frazione di Avesa, in zona residenziale, vicino a una scuola e a un'area verde.

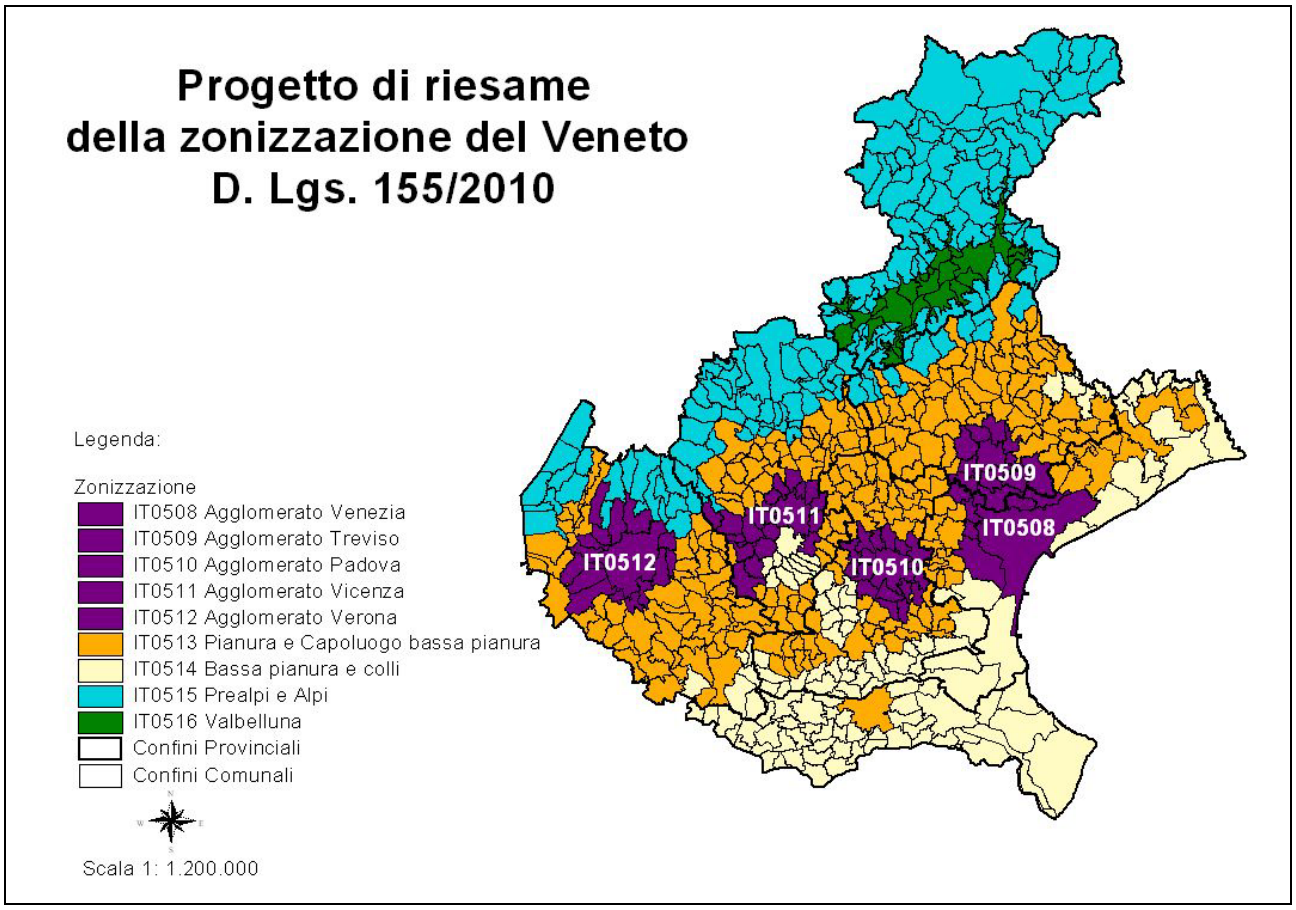


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.

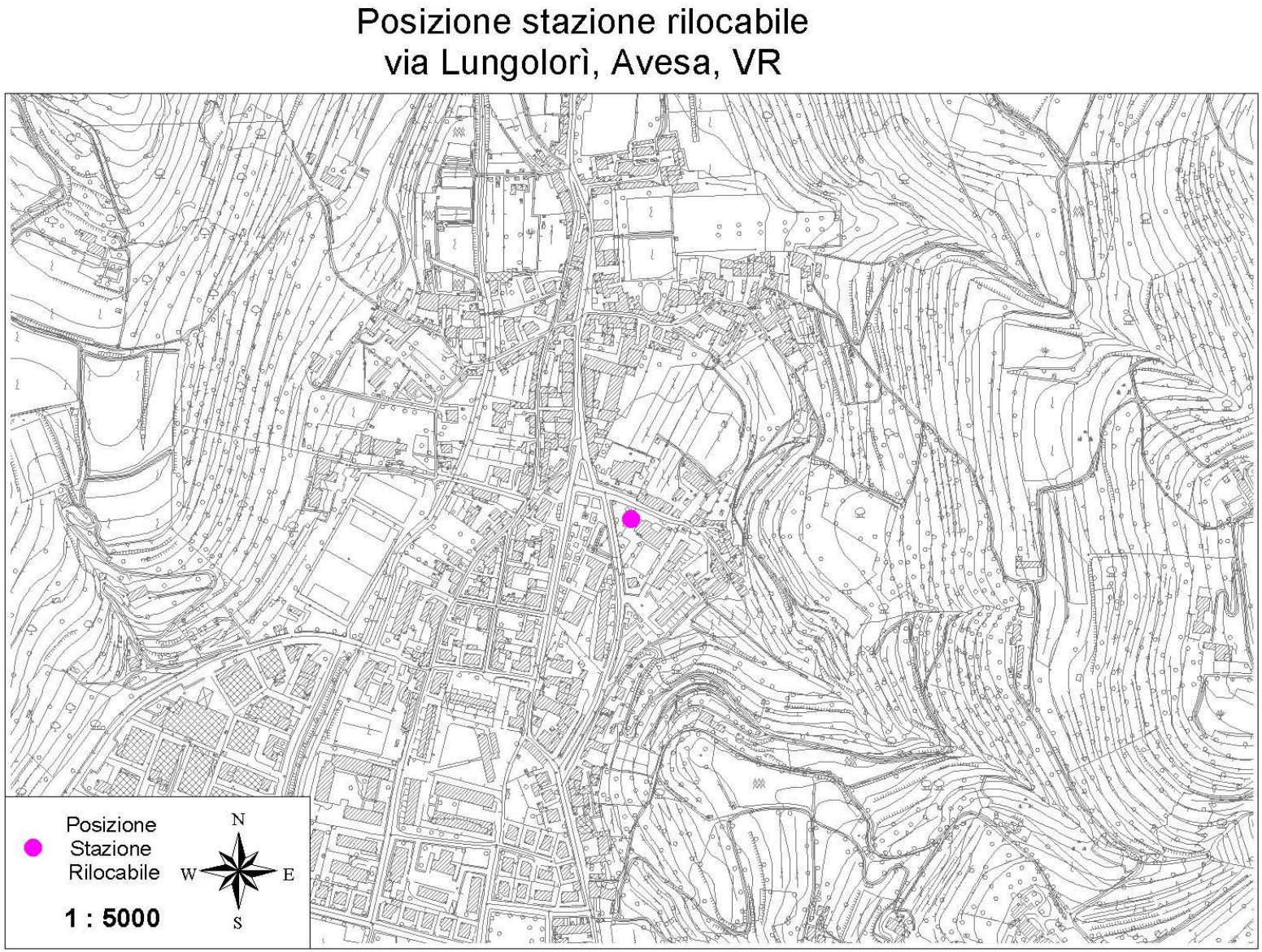


Figura 2. Estratto Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio.

3. Contestualizzazione meteo climatica.

La campagna invernale è stata caratterizzata dal continuo alternarsi di promontori mediterranei e di saccature atlantiche, a volte con discese di aria fredda, in altri momenti con intensi richiami d'aria molto mite, assieme a fasi sciroccali. Questo ha determinato condizioni meteorologiche molto variabili, spesso perturbate, con temperature molto altalenanti.
La campagna estiva è stata caratterizzata da tempo mite e soleggiato in marzo, interrotta solo da una discesa di aria fredda tra il 22 e il 27. Il mese di Aprile è stato variabile, ma mite e poco piovoso rispetto alla norma. A maggio il tempo è stato instabile, caratterizzato da rovesci e temporali che si sono alternati a periodi soleggiati. Dal 13 maggio, la situazione si è stabilizzata, con l'afflusso di aria secca e fredda da nord, che ha determinato una fase molto ventosa fino alla fine della campagna.
I due periodi monitorati vengono indicati come "estivo" e "invernale", pur non avendo propriamente le caratteristiche di queste due stagioni. Infatti, per la situazione meteorologica che le ha caratterizzate, sopra descritta, sono più propriamente rappresentative delle stagioni intermedie primaverile e autunnale.

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

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

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in modo soggettivo in base ad un campione pluriennale di dati.
Sono stati utilizzati i dati della stazione di Grezzana, che tra quelle della rete ARPAV è la più vicina al punto di misura. Essa è posta in una valle parallela a quella all'interno della quale si è svolta la campagna: pertanto può essere considerata rappresentativa per quanto riguarda la precipitazione e l'intensità del vento. Invece, i dati di direzione del vento sono specifici del sito di misura, e danno una indicazione approssimativa del regime dei venti nella località dove è stata svolta la campagna. Inoltre, essendo l'anemometro della stazione meteorologica di Grezzana posto all'altezza di 2 m sul livello del suolo, 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.

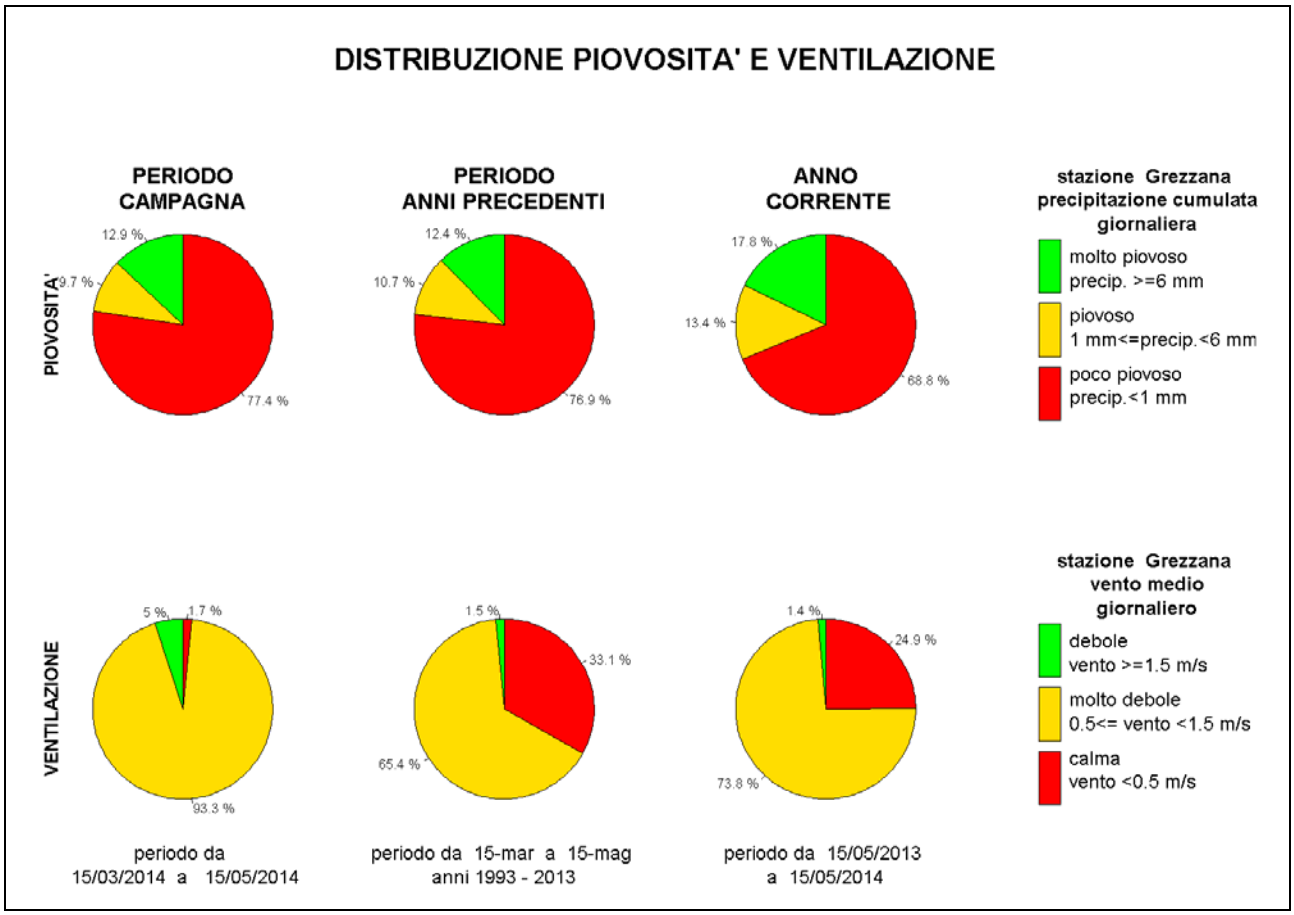


Figura 3. Campagna ESTIVA. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente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

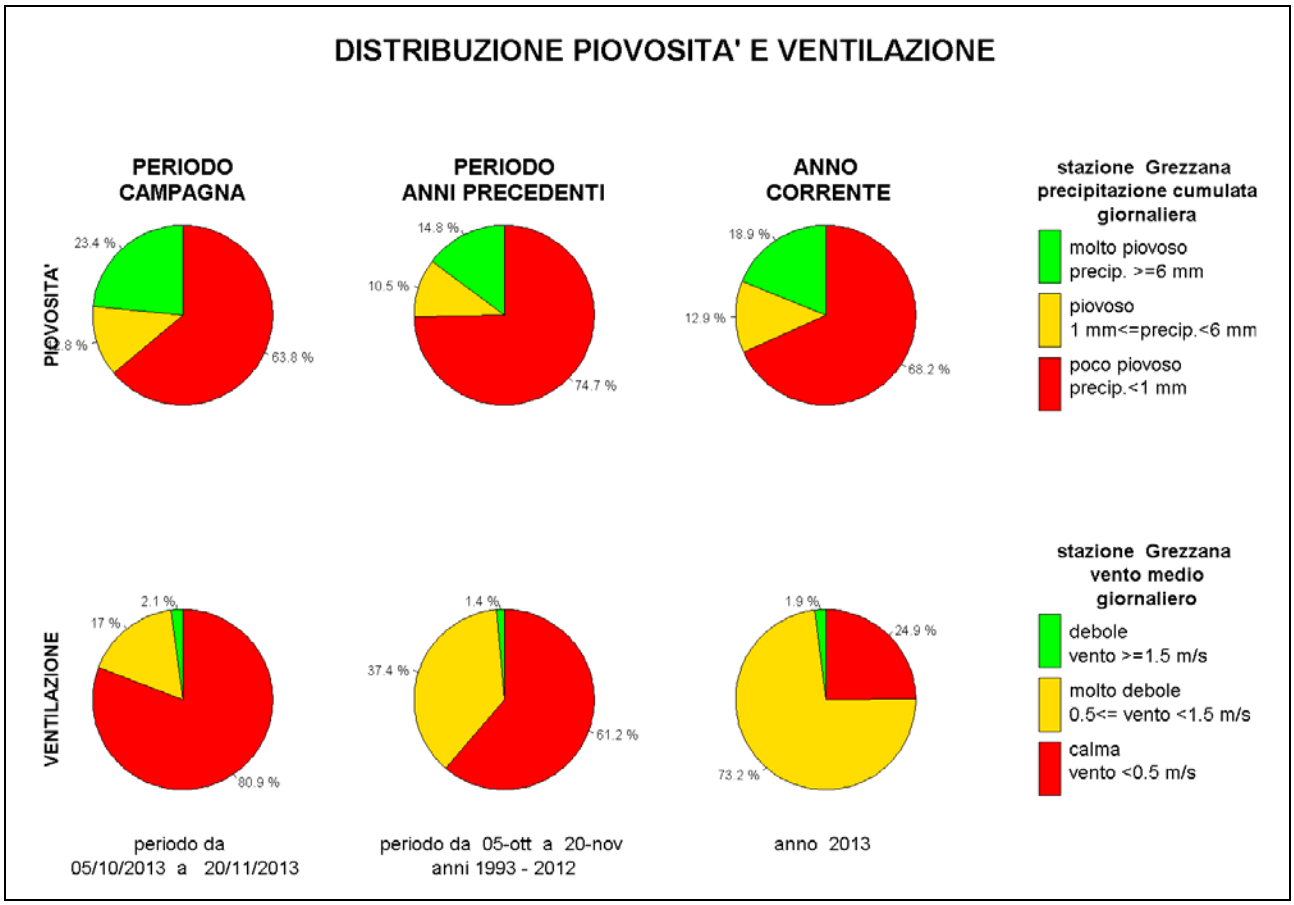


Figura 4. Campagna INVERNALE. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente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

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

- 15 marzo – 15 maggio 2014, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 15 marzo – 15 maggio dall'anno 2002 all'anno 2013 (PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 15 maggio 2013 – 15 maggio 2014 (ANNO CORRENTE).

Gli stessi grafici sono stati ripetuti in figura 4 con riferimento alla campagna INVERNALE, svoltasi tra il 5 ottobre 2013 e il 20 novembre 2013.

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

- la piovosità è simile a quella del periodo corrispondente degli anni precedenti, mentre i giorni poco piovosi sono stati più frequenti rispetto all'anno in corso;
- i giorni con vento debole risultano più frequenti sia rispetto alla climatologia del periodo, sia rispetto all'anno corrente e i giorni con calma di vento sono meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento.

Durante la campagna di misura INVERNALE:

- i giorni molto piovosi sono stati più frequenti rispetto sia all'anno in corso, che allo stesso periodo degli anni precedenti;
- i giorni con calma di vento risultano molto più frequenti sia rispetto alla climatologia del periodo, sia rispetto all'anno corrente.

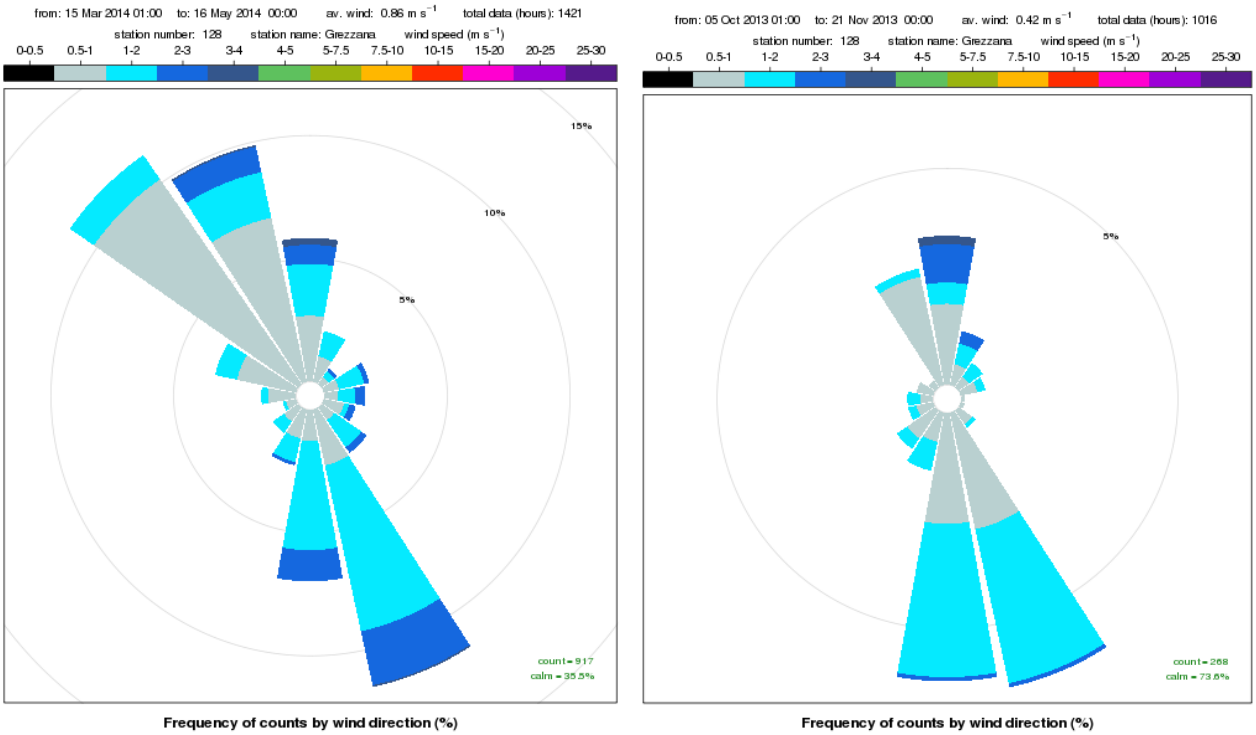


Figura 5. Rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Grezzana nel periodo ESTIVO (15 marzo 2043 – 15 maggio 2014) nel pannello a sinistra ed INVERNALE (5 ottobre 2013 – 20 novembre 2013) nel pannello a destra.

In Figura 1 è riportata la rosa dei venti registrati presso la stazione di Grezzana durante lo svolgimento delle campagne di misura. Da essa si evince che le direzioni prevalenti di provenienza del vento durante il periodo ESTIVO sono nord-ovest (12%), sud-sudest (11%) e nord-nordovest(9%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 36%; la velocità media pari a circa 0.9 m/s. Anche durante la campagna INVERNALE le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono sud-sudest (7%) e sud (6%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 74%; la velocità media pari a circa 0.4 m/s. Questi dati rappresentano il regime anemologico tipico della Valpantena, il cui asse è orientato in direzione NNW-SSE, caratterizzato dalla tipica brezza di valle che soffia lungo l'asse della stessa, verso nord di notte e verso sud di giorno. Con buona approssimazione possono essere considerati rappresentativi della direzione del vento anche nella valle di Avesa, la quale ha un asse orientato da Nord verso Sud, e che è caratterizzata dalla stessa fenomenologia di brezze monte-valle.

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	**26** $\mu g/m^3$ (per il 2013)
	Valore obiettivo (media su anno civile)	**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 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-30settembre), 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, anche se la resa è stata talvolta inferiore al 90%, essendo il periodo di copertura superiore al minimo richiesto, la percentuale di anno con dati validi risulta superiore al minimo richiesto.

	CO	NO_2	NOx	O_3 estate	SO_2	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a)pirene
N giorni di campionamento	111	111	111	63	111	70	23	81	58
Periodo di copertura (%)	30	30	30	17	30	19	6	22	16
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	97	97	97	98	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	SO_2	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a)pirene
Periodo valido campionato (%)	30	29	29	17	30	19	6	22	16
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 del Chievo 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 in 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.
La media del periodo invernale è superiore a quella del periodo estivo sia ad Avesa sia a Borgo Milano. Mentre nel periodo estivo ad Avesa sia i valori medi sia i massimi sono inferiori a quelli di Borgo Milano, in quello invernale accade il contrario.

		CO (mg/m^3)	
		Campagna	Borgo Milano
ESTATE	MEDIA	0.2	0.3
	DEVIAZIONE STANDARD	0.1	0.2
	MASSIMO	0.9	1.1
	MINIMO	0.05	0.05
	Superamenti limite massimo giornaliero media mobile 8 h 10 mg/m^3	0	0
INVERNO	MEDIA	1.1	0.4
	DEVIAZIONE STANDARD	0.2	0.2
	MASSIMO	1.7	1.1
	MINIMO	0.6	0.03
	Superamenti limite massimo giornaliero media mobile 8 h 10 mg/m^3	0	0
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	0.6	0.4
	MASSIMO	1.7	1.1
	MINIMO	0.03	0.03
	Superamenti limite massimo giornaliero media mobile 8 h 10 mg/m^3	0	0

Tabella 8. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano.

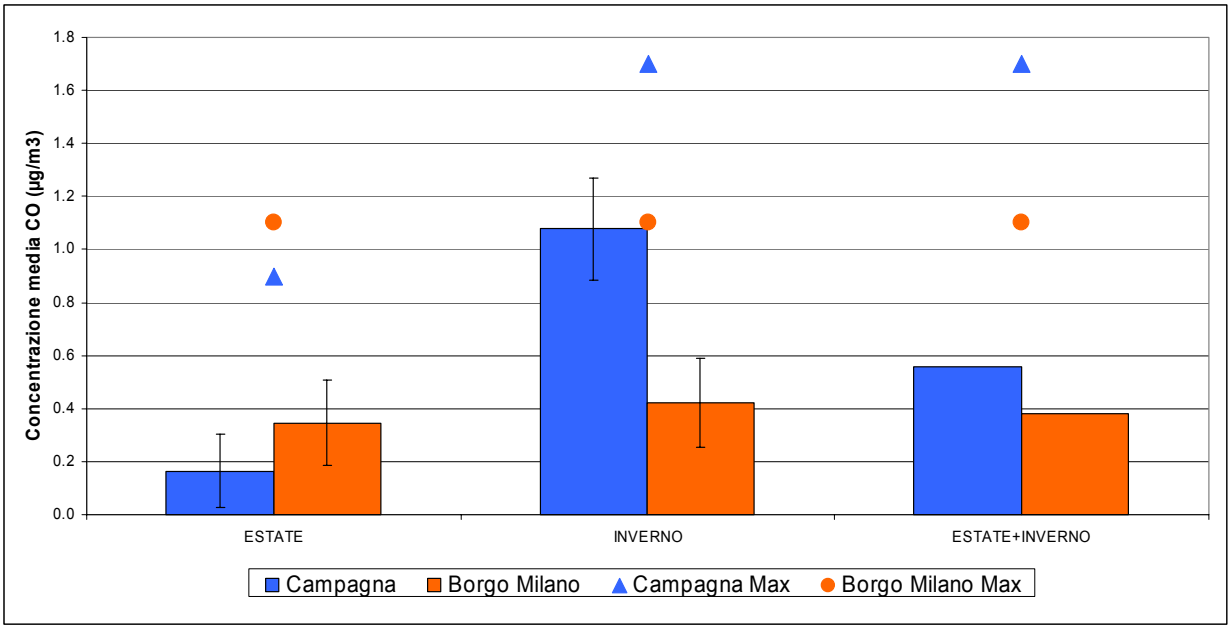


Figura 6. Concentrazione di CO ad Avesa: media e massimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.

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

Come si può vedere in Tabella 9, Figura 7 e nel Grafico 2 in Allegato, durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha mai superato i valori limite orari relativi all'esposizione acuta di 200 $\mu g/m^3$. Relativamente all'esposizione cronica la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 19 $\mu g/m^3$, ed è quindi inferiore sia al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$ sia al limite annuale per la protezione degli ecosistemi 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]).
Come già osservato per il CO, la media relativa al periodo invernale è superiore a quella del periodo estivo, anche se di molto poco.
La media misurata presso il sito di Avesa è inferiore a quella rilevata presso il sito fisso di riferimento di traffico urbano a Borgo Milano in entrambe le stagioni, e superiore a quella del sito di fondo urbano di Cason solo in inverno. Invece il valore massimo è inferiore al corrispondente registrato a Borgo Milano, ma superiore a quello di Cason.

		NO_2 ($\mu g/m^3$)		
		Campagna	Borgo Milano	Cason
ESTATE	MEDIA	18	30	25
	DEVIAZIONE STANDARD	12	17	16
	MASSIMO	108	108	102
	MINIMO	4	5	4
	Superamenti soglia di allarme 400 $\mu g/m^3$	0	0	0
	Superamenti limite orario 200 ($\mu g/m^3$)	0	0	0

[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.

INVERNO	MEDIA	19	33	14
	DEVIAZIONE STANDARD	11	12	6
	MASSIMO	74	95	35
	MINIMO	3	4	1
	Superamenti soglia di allarme 400 $\mu g/m^3$	0	0	0
	Superamenti limite orario 200 ($\mu g/m^3$)	0	0	0
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	19	31	20
	MASSIMO	108	108	35
	MINIMO	3	4	0
	Superamenti soglia di allarme 400 $\mu g/m^3$	0	0	0
	Superamenti limite orario 200 ($\mu g/m^3$)	0	0	0
	Superamento limite annuale di 40 ($\mu g/m^3$)	NO	NO	NO
	Superamento livello critico protezione vegetazione 30 ($\mu g/m^3$)	NO	SI	NO

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.

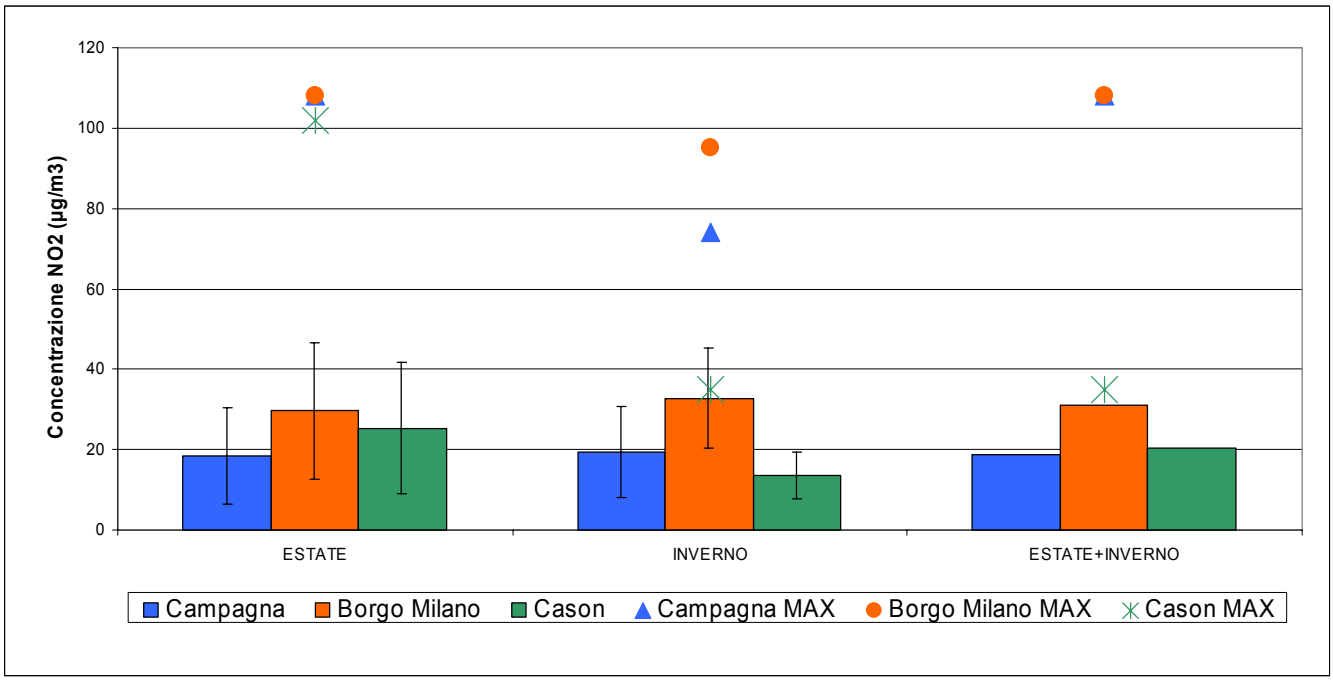


Figura 7. Concentrazione di NO_2 ad Avesa: media e massimo orario durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.

Biossido di zolfo (SO_2)

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite (Tabella 10, Allegato - Grafico 3 e Grafico 4), 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 $\mu g/m^3$), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 $\mu g/m^3$). 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 a Avesa.

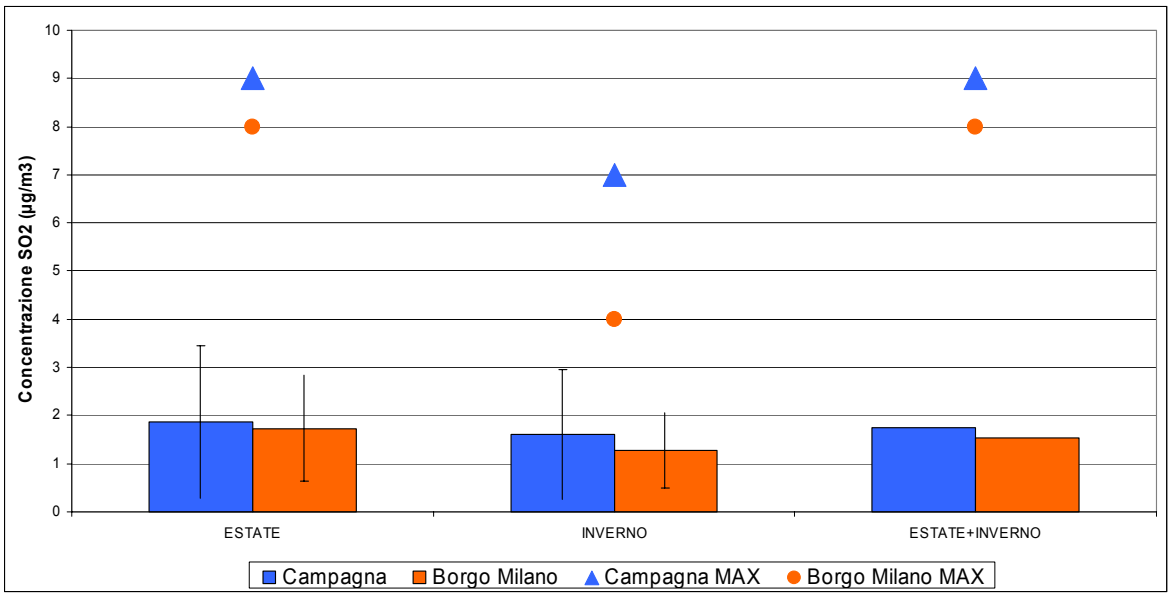


Figura 8. Concentrazione di SO_2 ad Avesa: media e massimo orario durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.

		SO_2 (µg/m³)	
		Campagna	Borgo Milano
ESTATE	MEDIA	2	2
	DEVIAZIONE STANDARD	2	1
	MASSIMO	9	8
	MINIMO	1	1
	Superamento soglia di allarme 500 (µg/m^3)	0	0
	Superamento limite orario 350 µg/m^3 da non superare più di 24 volte l'anno	0	0
	Superamento limite orario 125 µg/m^3 da non superare più di 3 volte l'anno	0	0
INVERNO	MEDIA	2	1
	DEVIAZIONE STANDARD	1	1
	MASSIMO	7	4
	MINIMO	1	1
	Superamento soglia di allarme 500 (µg/m^3)	0	0
	Superamento limite orario 350 µg/m^3 da non superare più di 24 volte l'anno	0	0
	Superamento limite orario 125 µg/m^3 da non superare più di 3 volte l'anno	0	0
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	2	2
	MASSIMO	9	8
	MINIMO	1	1
	Superamento soglia di allarme 500 (µg/m^3)	0	0
	Superamento limite orario 350 µg/m^3 da non superare più di 24 volte l'anno	0	0
	Superamento limite orario 125 µg/m^3 da non superare più di 3 volte l'anno	0	0
	Superamento livello critico protezione vegetazione 20 (µg/m^3)	NO	NO

Tabella 10. Concentrazione di SO_2: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano.

Ozono (O_3)

Durante le due campagne di monitoraggio, ad Avesa, la concentrazione media oraria di ozono non ha mai superato la soglia di allarme e la soglia di informazione, pari, rispettivamente, a 240 $\mu g/m^3$ e 180 $\mu g/m^3$ (Tabella 11 e Allegato - Grafico 5). Anche l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, pari a 120 $\mu g/m^3$, non è mai stato superato (Tabella 11 Allegato - Grafico 6).
Le concentrazioni medie registrate ad Avesa sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Cason, leggermente superiori nella stagione invernale.
Si consideri tuttavia che il periodo di campagna estiva ha coperto dei mesi autunnali caratterizzati da condizioni instabili, che pertanto hanno determinato sulla nostra regione condizioni non critiche per questo inquinante.

		O_3 ($\mu g/m^3$)	
		Campagna	Cason
ESTATE	MEDIA	54	54
	DEVIAZIONE STANDARD	24	34
	MASSIMO	128	143
	MINIMO	4	5
	Superamento 180 $\mu g/m^3$ soglia di informazione	0	0
	Superamento 240 $\mu g/m^3$ soglia di allarme	0	0
	Superamento 120 $\mu g/m^3$ valore obiettivo per la protezione della salute umana, da non superare per più di 25 volte l'anno come media sui 3 anni, e obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	0	2
INVERNO	MEDIA	19	10
	DEVIAZIONE STANDARD	15	9
	MASSIMO	71	42
	MINIMO	3	1
	Superamento 180 $\mu g/m^3$ soglia di informazione	0	0
	Superamento 240 $\mu g/m^3$ soglia di allarme	0	0
	Superamento 120 $\mu g/m^3$ valore obiettivo per la protezione della salute umana, da non superare per più di 25 volte l'anno come media sui 3 anni, e obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	0	0
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	39	35
	MASSIMO	128	143
	MINIMO	3	1
	Superamento 180 $\mu g/m^3$ soglia di informazione	0	0
	Superamento 240 $\mu g/m^3$ soglia di allarme	0	0
	Superamento 120 $\mu g/m^3$ valore obiettivo per la protezione della salute umana, da non superare per più di 25 volte l'anno come media sui 3 anni, e obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	0	2

Tabella 11. Concentrazione di O_3: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina di fondo urbano di Cason.

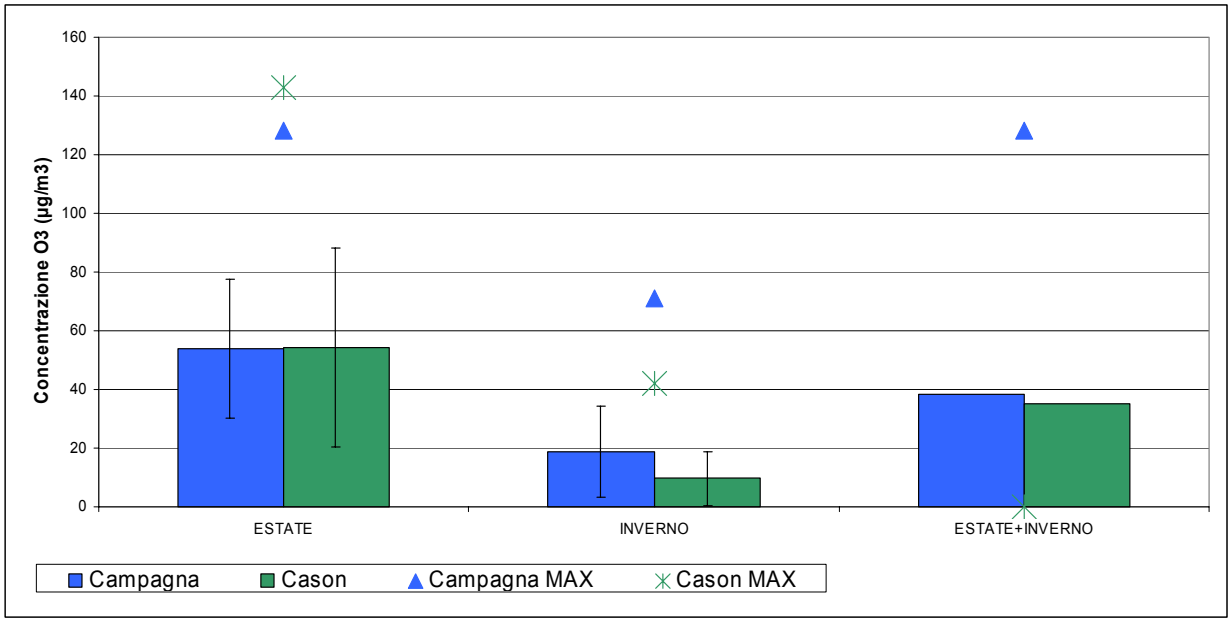


Figura 9. Concentrazione di O_3 ad Avesa: media e massimo orario durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.

Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

In Tabella 12 sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10. Si consideri che mentre le misure della campagna di Avesa sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale, e misura di assorbimento beta. Per il calcolo dei parametri riportati in Tabella 12, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni; invece nel Grafico 7 in Allegato sono riportati tutti i dati disponibili per Avesa, Borgo Milano e Cason, nel periodo di campagna.

La Tabella 12 mostra che i valori medi di PM10 sono confrontabili nei due periodi monitorati, e risultano leggermente inferiori ad Avesa rispetto a Borgo Milano e Cason. I valori massimi, invece, sono stati maggiori nella campagna "estiva", in tutte e tre le postazioni: questo è stato causato dalle condizioni meteorologiche favorevoli al ristagno di inquinanti determinate dall'anticiclone che ha interessato la nostra regione nei primi giorni di questa campagna, fino al 21 marzo. Anche i valori massimi sono sempre inferiori ad Avesa, rispetto alle due centraline. Il numero di giornate in cui c'è stato un superamento del limite di 50 µg/m^3 è confrontabile nelle due campagne (15% delle giornate nel periodo estivo e 13% nel periodo invernale), è sempre significativamente inferiore al corrispondente relativo alle stazioni fisse 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 Avesa è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di background urbano di Cason. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di Avesa il

valore medio annuale di 30 μg/m^3 (inferiore al valore limite annuale di 40 μg/m^3) ed il 90° percentile di 61 μg/m^3 (superiore al valore limite giornaliero di 50 μg/m^3).

		PM10 (μg/m³)		
		Campagna	Borgo Milano	Cason
ESTATE	MEDIA	32	38	41
	DEVIAZIONE STANDARD	30	32	33
	MASSIMO	110	126	129
	MINIMO	5	6	2
	Superamenti limite 50 (μg/m^3)	6	9	11
	n° dati	40	40	40
	% superamenti	15	23	28
INVERNO	MEDIA	32	39	43
	DEVIAZIONE STANDARD	18	19	21
	MASSIMO	67	77	88
	MINIMO	7	7	11
	Superamenti limite 50 (μg/m^3)	4	10	11
	n° dati	30	30	30
	% superamenti	13	33	37
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	32	38	41
	MASSIMO	110	126	129
	MINIMO	5	6	2
	Superamenti limite 50 (μg/m^3)	10	19	22
	n° dati	70	70	70
	% superamenti	14	27	31

Tabella 12. 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.

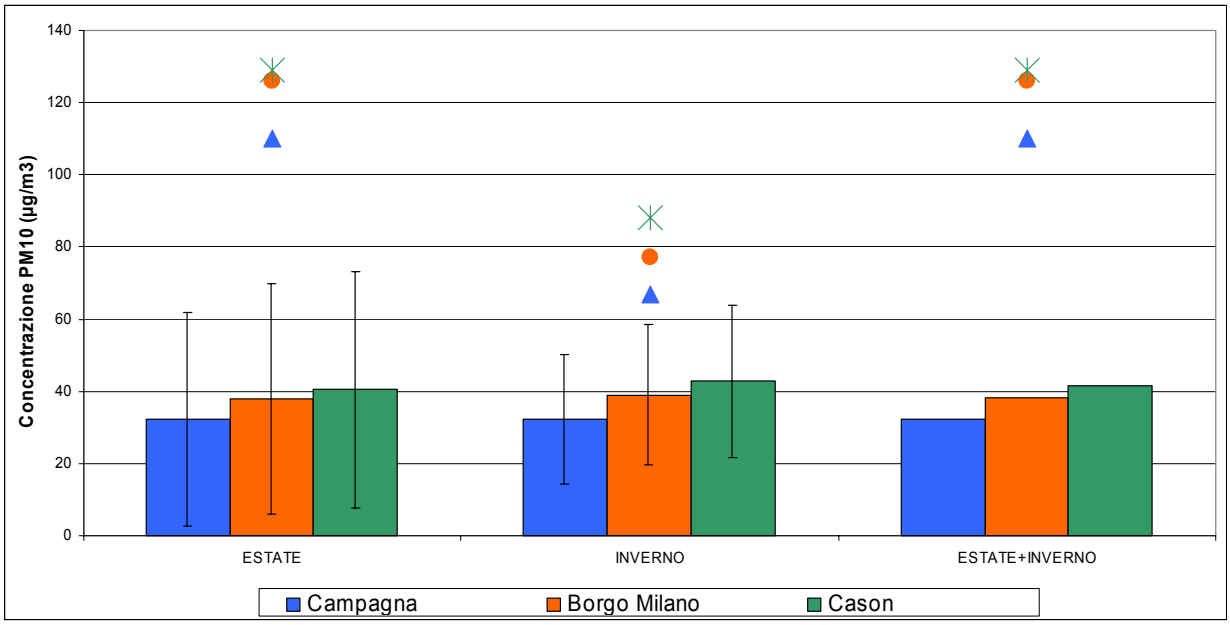


Figura 10. Concentrazione di PM10 ad Avesa, Borgo Milano e Cason nel periodo di confronto, in cui sono disponibili dati per tutte e tre le postazioni: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.

Benzene (C_6H_6)

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 Avesa 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 a Avesa sono significativamente inferiori a quelle misurate a Borgo Milano e Cason nel periodo invernale, mentre nel periodo estivo esse sono ancora inferiori a quelli di Borgo Milano ma leggermente superiori a quelle di Cason. La media pesata delle concentrazioni estive e invernali è 0.6 µg/m^3, inferiore al limite annuale di 5 µg/m^3.

		Benzene (µg/m^3)		
		Campagna	Borgo Milano	Cason
ESTATE	MEDIA	0.8	1.0	0.7
	n° giorni di campionamento	41	52	52
	max	1	1.4	1
	min	0.5	0.8	0.5
INVERNO	MEDIA	0.5	1.5	1.1
	n° giorni di campionamento	40	20	45
	max	0.8	1.5	1.1
	min	0.25	1.5	1.1
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	0.6	1.1	0.9
	n° giorni di campionamento	81	72	97
	max	1	1.5	1.1
	min	0	0.8	0.5

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina fissa di fondo urbano di Cason. I dati delle tre postazioni non si riferiscono esattamente agli stessi giorni di campionamento, pertanto il confronto è solamente indicativo.

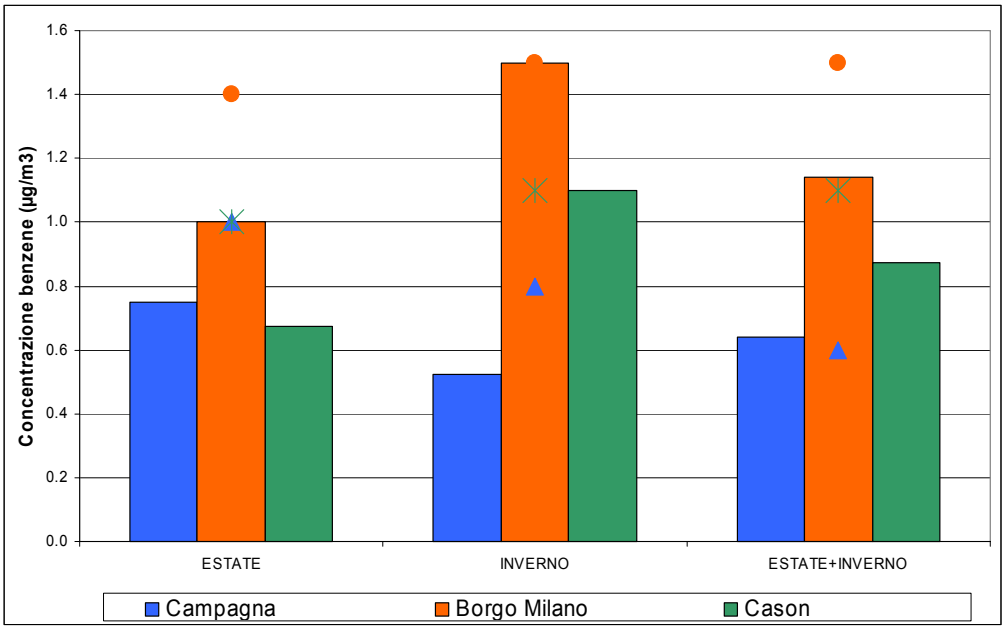


Figura 11. Concentrazione di benzene ad Avesa: media e massimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne.

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

In Tabella 14 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzopirene per le due postazioni di Avesa 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 15 gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Avesa. La concentrazione media di benzo(a)pirene a Avesa è più bassa di quella registrata a Cason in entrambi i periodi di campagna. Il valore medio riferito ai due periodi è 0.25 (Tabella 15), che è ampiamente inferiore al valore obiettivo, riferito alla media annuale, di 1.0 ng/m^3.

		Benzo(a)pirene (ng/m^3)	
		Campagna	Cason
ESTATE	MEDIA	0.20	0.67
	n° dati	6	6
	DEV.ST	0.06	0.51
	MAX	0.24	1.13
	MIN	0.12	0.20
INVERNO	MEDIA	0.39	0.68
	n° dati	12	12
	DEV.ST	0.15	0.39
	MAX	0.60	1.25
	MIN	0.22	0.28
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	0.33	0.67
	n° dati	18	18
	MAX	0.60	1.25
	MIN	0.12	0.20

Tabella 14. 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.

Tutti i dati	Benzo(a)pirene (ng/m^3)	
		Campagna
ESTATE	MEDIA	0.16
	n° dati	28
	DEV.ST	0.08
	MAX	0.34
	MIN	0.06
INVERNO	MEDIA	0.34
	n° dati	30
	DEV.ST	0.17
	MAX	0.60
	MIN	0.11
ESTATE + INVERNO	MEDIA PESATA	0.25
	n° dati	58
	MAX	0.60
	MIN	0.06

Tabella 15. Concentrazione di Benzoapirene nelle campagne svolte a Avesa: i principali parametri statistici sono stati calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.

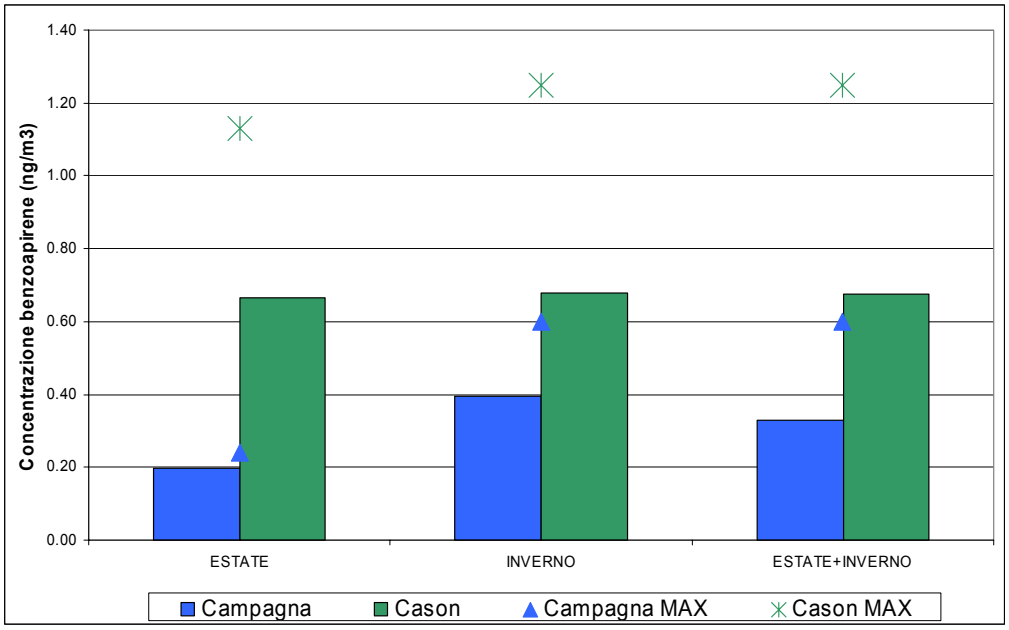


Figura 12. Concentrazione di benzopirene ad Avesa e Cason, nel periodo di campionamento comune alle due località: media e massimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Le barre indicano la deviazione standard.

Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

In Tabella 16 si vede che le medie delle concentrazioni giornaliere di metalli misurate a Avesa, in entrambi i periodi di campagna, sono ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica.
La concentrazione media, per tutti i metalli, risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo.
Per completezza si riportano in Tabella 17 i principali parametri statistici relativi alle concentrazioni dei metalli, calcolate nello stesso periodo di monitoraggio presso la stazione fissa di fondo urbano di Cason: per Arsenico e Cadmio sono uguali nelle due postazioni, mentre per Nichel e Piombo si riscontrano valori più elevati a Cason.

Metallo	ESTATE	INVERNO	Media complessiva	Limite esposizione cronica	Superamento del limite	Indicazioni OMS	
	(ng/m^3)	(ng/m^3)	(ng/m^3)	(ng/m^3)		Livello di fondo	Aree urbane
Arsenico	0.5	0.5	0.5	6.0	NO	1 - 3	20-30
Cadmio	0.1	0.2	0.1	5.0	NO	0.1	1 - 10
Nichel	1.3	1.6	1.5	20.0	NO	1	9 - 60
Piombo	3.2	6.6	4.8	500.0	NO	0.6	5-500

Tabella 16. Valori medi di periodo (semestre estivo, invernale) e media complessiva per le concentrazioni dei metalli. Nei calcoli sono stati utilizzati tutti i dati di campagna disponibili.

Metallo		Campagna	Cason
		(ng/m^3)	(ng/m^3)
Arsenico	media	0.5	0.5
	n° dati	16	16
	max	0.5	0.2
	min	0.5	0.1
Cadmio	media	0.1	0.1
	n° dati	16	16
	max	0.3	0.2
	min	0.1	0.1
Nichel	media	1.3	2.7
	n° dati	16	16
	max	3.1	6.6
	min	1.0	1.0
Piombo	media	3.7	4.4
	n° dati	16	16
	max	10.6	7.5
	min	2.2	3.0

Tabella 17. Valori medi delle concentrazioni di metalli misurate durante le campagne di misura a Avesa e presso la stazione background urbano di Cason (Verona) nei periodi corrispondenti a quelli delle campagne di misura a Avesa. Nei calcoli sono stati utilizzati solo i dati che si riferiscono a giornate in cui sono disponibili per entrambe le località.

Si ricorda che, per ulteriori informazioni sulla qualità dell'aria del territorio provinciale di Venezia, sul sito internet di ARPAV (www.arpa.veneto.it) sono attualmente consultabili in tempo reale le concentrazioni di polveri inalabili PM10 determinate presso le stazioni fisse della rete ARPAV dislocate nel territorio Provinciale di Venezia, nonché di molte altre stazioni a livello regionale.

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 è normalmente 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 in Figura 14 è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQ. Si vede che, durante la campagna invernale, per la metà dei giorni in cui è stata possibile la valutazione dell'indice, la qualità dell'aria è stata buona; negli altri casi è stata prevalentemente accettabile, in 4 casi scadente. Nel periodo estivo, la qualità dell'aria è stata prevalentemente accettabile, in soli 3 casi buona, in 5 casi da mediocre a pessima. Le giornate in cui la qualità dell'aria è stata scadente sono state caratterizzate da concentrazioni di PM10 elevate a causa delle condizioni meteorologiche favorevoli al ristagno di inquinanti che hanno caratterizzato la regione nei giorni tra il 16 e il 20 marzo.

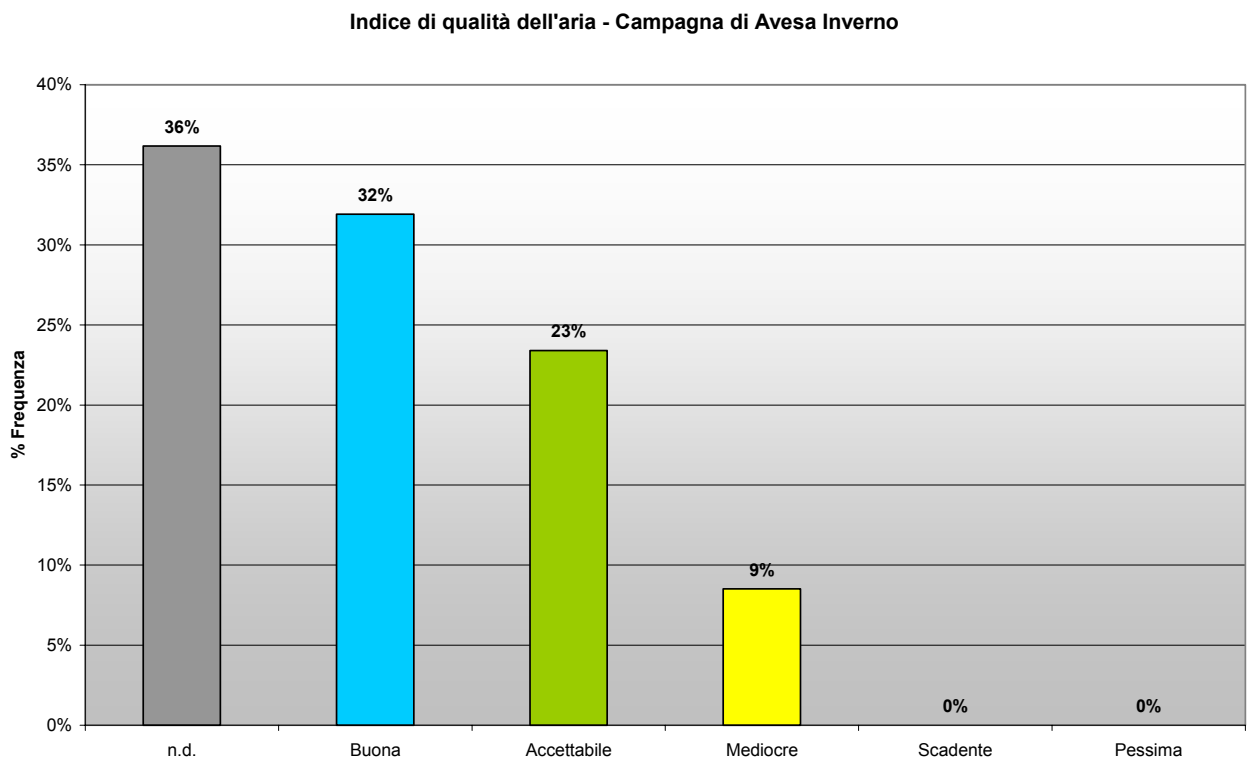


Figura 13. Indice sintetico di qualità dell'aria per la campagna invernale a Avesa

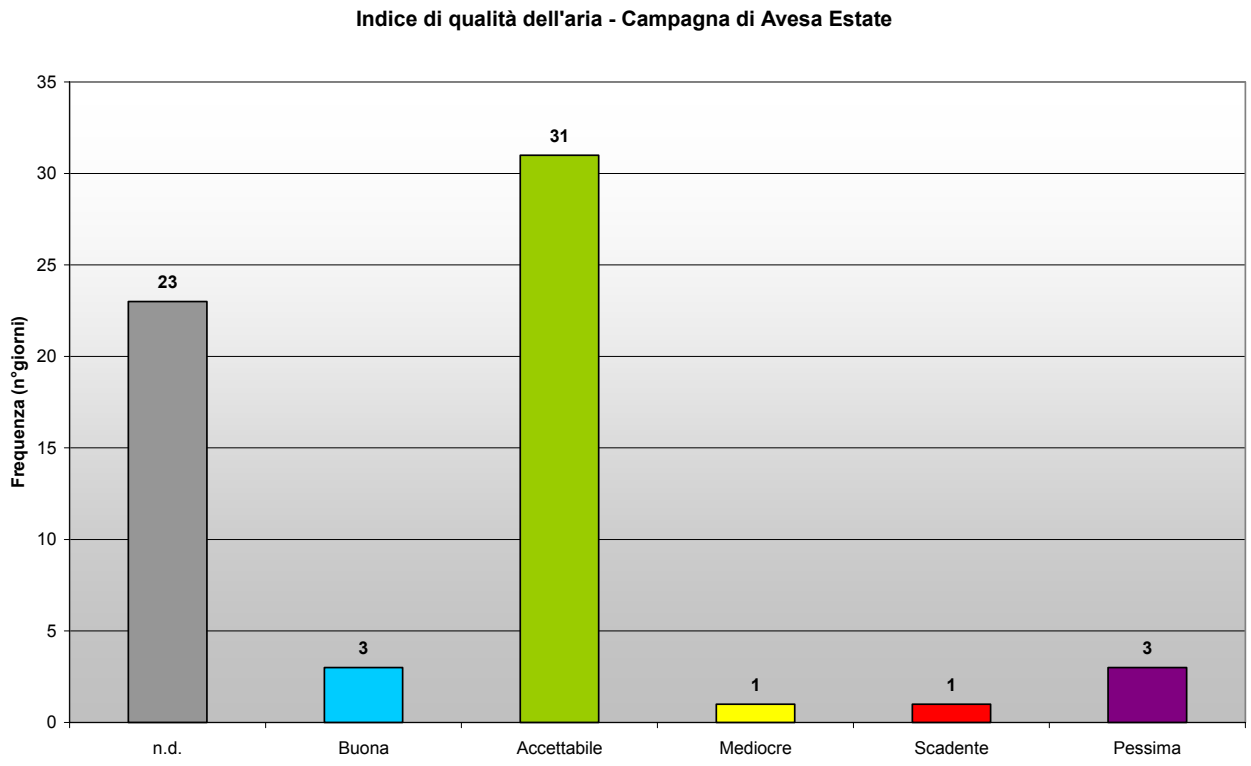


Figura 14. Indice sintetico di qualità dell'aria per la campagna estiva a Avesa

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La stazione del comune di Verona di Cason, essendo una stazione di "fondo urbano" posta a circa 7 km di distanza da Avesa, può essere considerata rappresentativa anche dell'area di quest'ultima. Pertanto è stato effettuato un confronto, per gli inquinanti più significativi (NO_2 e benzene), con le medie annuali registrate negli anni precedenti presso questa centralina fissa. I risultati sono riportati in forma grafica in Figura 15 e Figura 16, dove sono riportati anche i valori relativi alla centralina fissa di riferimento di Borgo Milano.
Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva che i valori medi annuali a Cason sono stati più bassi nel periodo 2010-2013 rispetto agli anni precedenti. Il valore medio durante la campagna risulta inferiore alle medie annuali registrate dalla stazione fissa negli anni precedenti. Tutti i valori sono comunque inferiori al valore limite annuale di 40 µg/m^3 previsto dalla normativa. I valori medi di Cason e Avesa, che sono simili, sono inferiori a quelli di Borgo Milano.
Per il PM10 valgono le stesse considerazioni fatte per il biossido di azoto. Nel periodo di campagna 2013-2014, i valori medi registrati a Cason sono più bassi delle medie annuali degli anni precedenti, e sempre inferiori a quelli di Borgo Milano. Si nota una tendenza alla diminuzione dei valori medi: dal 2010 i valori sono inferiori al limite annuale di 40 µg/m^3 indicato dalla normativa.

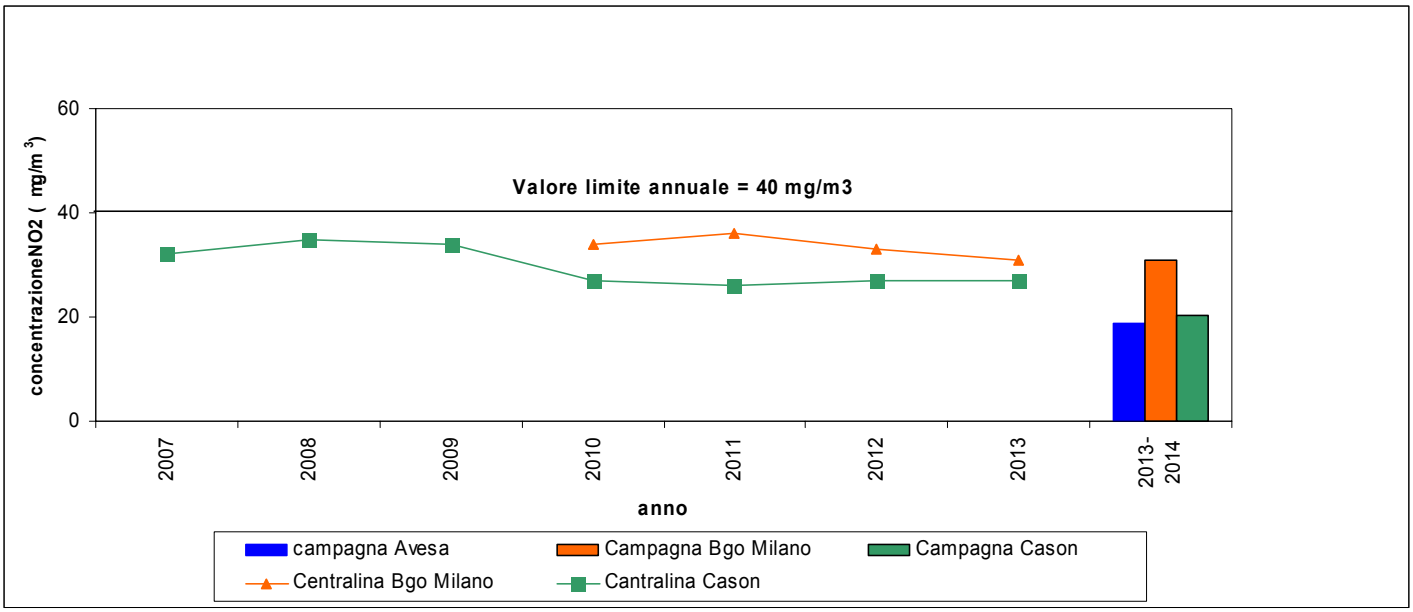


Figura 15. NO_2: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile a Avesa, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

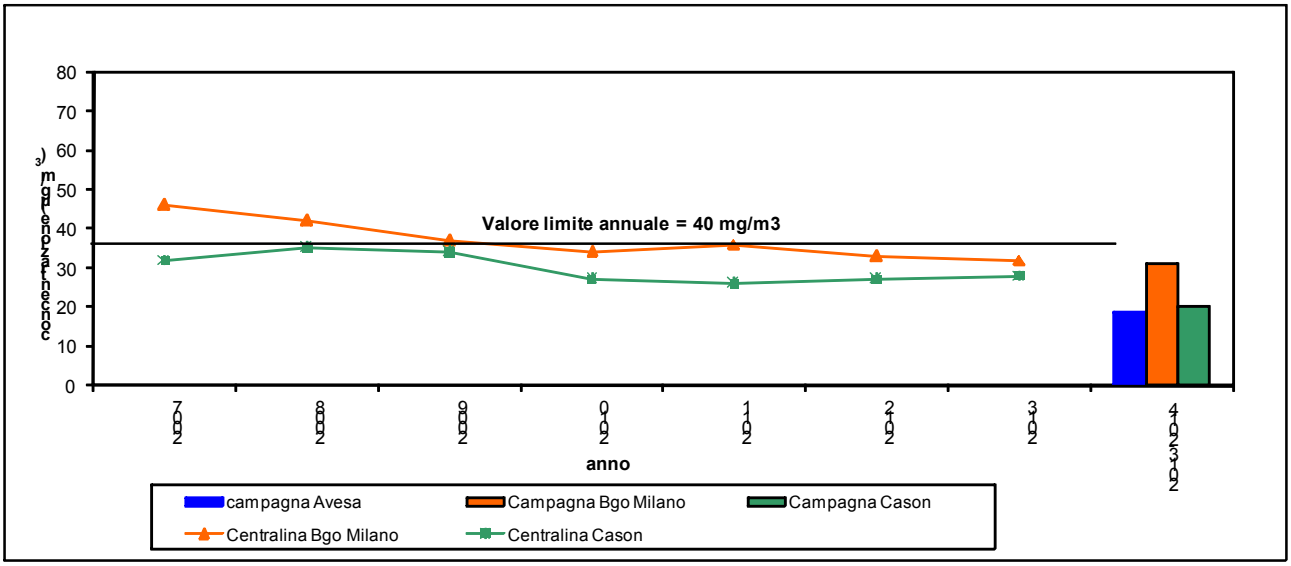


Figura 16. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile a Avesa, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Avesa, in un'area residenziale posta vicino ad una scuola e ad un parco pubblico. Il sito, per le caratteristiche descritte, può essere considerato di "background urbano".
Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: il primo, che va dal 4 ottobre al 21 novembre 2013, il secondo, che va dal 14 marzo 2014 al 16 maggio 2014. Entrambi i periodi sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche tipiche delle stagioni di transizione (autunno e primavera), con temperature molto altalenanti, e grande variabilità. Pertanto i valori medi di concentrazione dei vari inquinanti si sono rivelati simili nelle due campagne, e non particolarmente critici. Infatti non si sono manifestate le situazioni di inversione termica, critiche per ossidi di azoto e polveri sottili in inverno, o i periodi di intenso calore, critici per l'ozono in estate. L'unica eccezione è rappresentata dai giorni compresi tra il 16 e il 20 marzo, in cui sono avvenuti superamenti dei limiti relativi alle polveri sottili, a causa di un anticiclone che ha stazionato sulla nostra regione, determinando condizioni di inversione termica favorevoli al ristagno di inquinanti.
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, nel comune di Avesa, presenta le caratteristiche tipiche di un sito di fondo urbano, essendo caratterizzata da valori medi degli inquinanti confrontabili con quelli della centralina di riferimento di fondo urbano di Cason, del comune di Verona.
Infatti, la concentrazione media di biossido di azoto misurata ad Avesa risulta inferiore a quella della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e vicina a quella della centralina di fondo urbano di Cason. Per questo inquinante non è avvenuto alcun superamento dei limiti di legge legati all'esposizione acuta o cronica. Anche per l'ozono, si trovano valori medi molto vicini a quelli della centralina di Cason, e non è avvenuto alcun superamento dei limiti di legge.

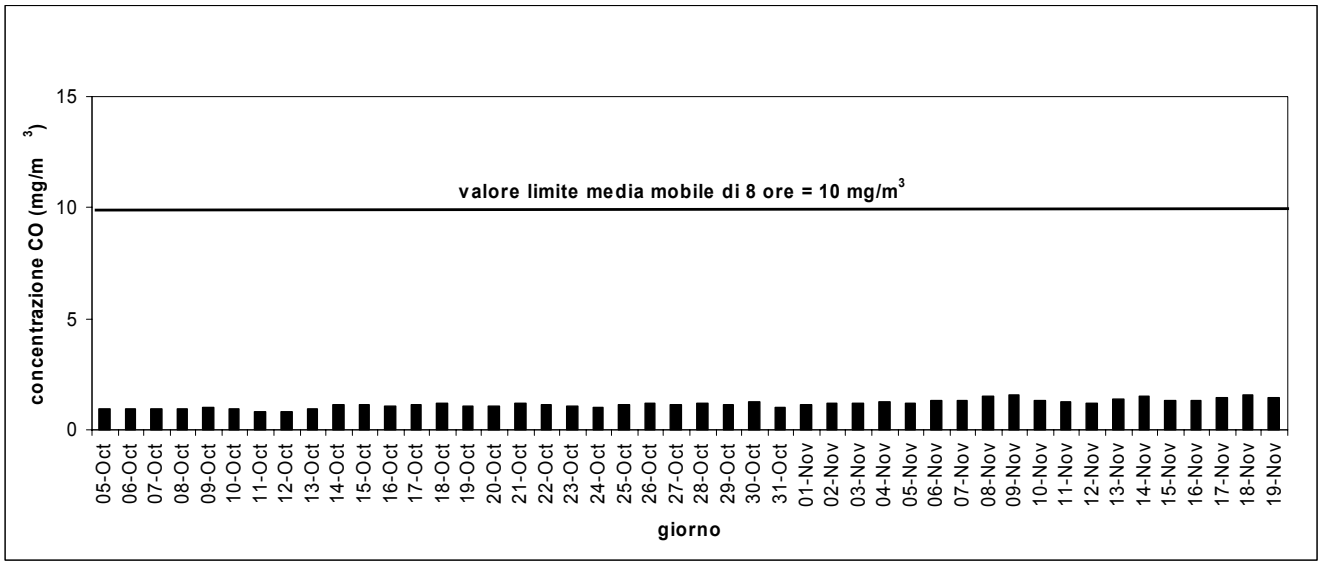
Per quanto riguarda il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, i valori medi di concentrazione sono molto bassi rispetto ai limiti indicati dalla normativa, e confrontabili con i corrispondenti relativi alla stazione fissa di riferimento di Borgo Milano.
Il benzene è stato misurato con campionatori passivi, e presenta valori mediamente inferiori a quelli delle centraline fisse di Borgo Milano e Cason.
La concentrazione di benzoapirene è bassa, inferiore a quella della stazione fissa di Cason e al valore obiettivo annuale di 1 ng/m^3.
Le concentrazioni medie dei metalli misurate a Avesa, in entrambi i periodi di campagna, sono ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica. La concentrazione media del piombo assume valori in linea con quelli rappresentativi delle aree urbane, mentre per quanto riguarda l'arsenico, il cadmio e il nichel la media risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo. I valori medi registrati a Avesa sono uguali a quelli relativi alla stazione fissa di Cason per Arsenico e Cadmio, inferiori per Nichel e Piombo.
La concentrazione di PM10 a Avesa, invece, è stata quasi sempre inferiore a quella delle centraline fisse. Sono avvenuti alcuni superamenti del limite della normativa, pari al 14% del periodo campionato. La stima del valore medio annuale per il sito di Avesa, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (Cason), è stata 30 $\mu g/m^3$ (inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$), mentre in base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 61 $\mu g/m^3$, che determina un superamento del valore limite giornaliero di 50 $\mu g/m^3$, che non dovrebbe essere superato più di 35 volte in un anno.

Mediamente, nei due periodi monitorati, la qualità dell'aria del comune di Avesa è risultata accettabile. Si consideri tuttavia che i periodi di campagna sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli alla dispersione di inquinanti e non si sono verificate condizioni critiche né in estate né in inverno.

11. ALLEGATO

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

Semestre "invernale"



Semestre "estivo"

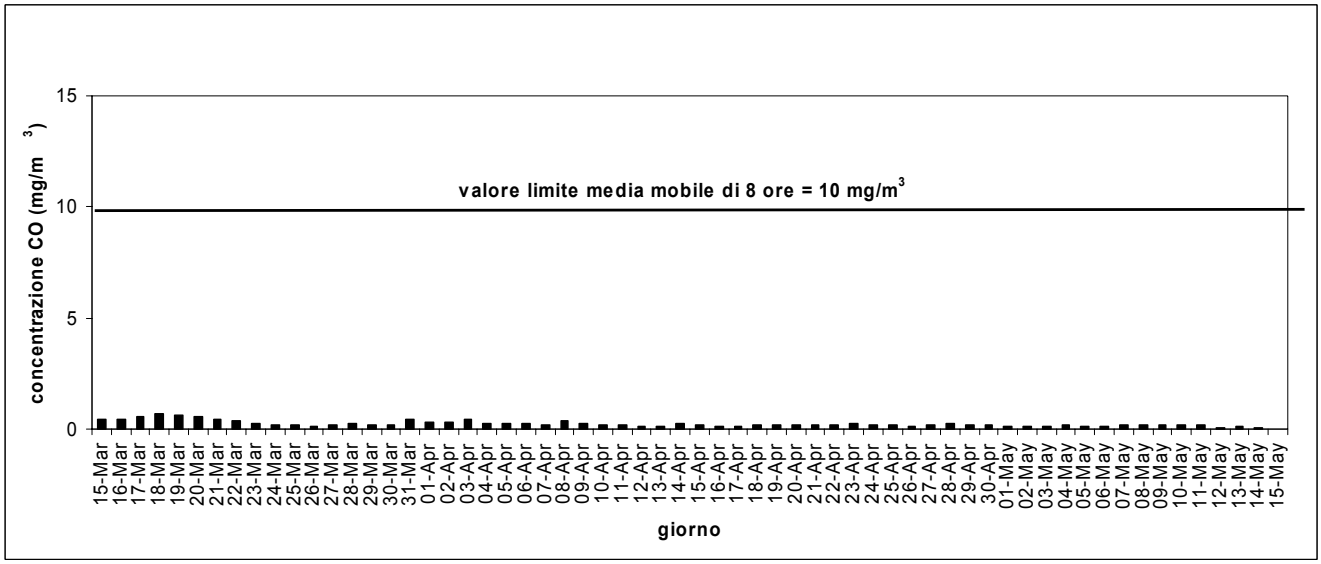
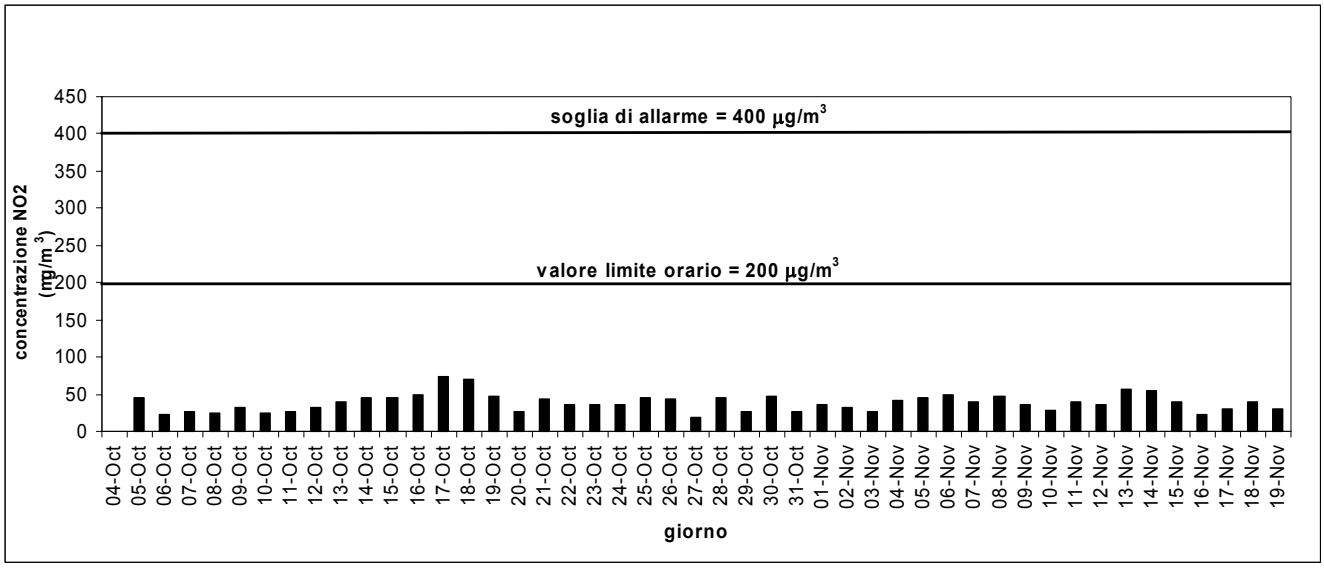


Grafico 2 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di NO_2 (µg/m^3). "Esposizione acuta".

Semestre "invernale"



Semestre "estivo"

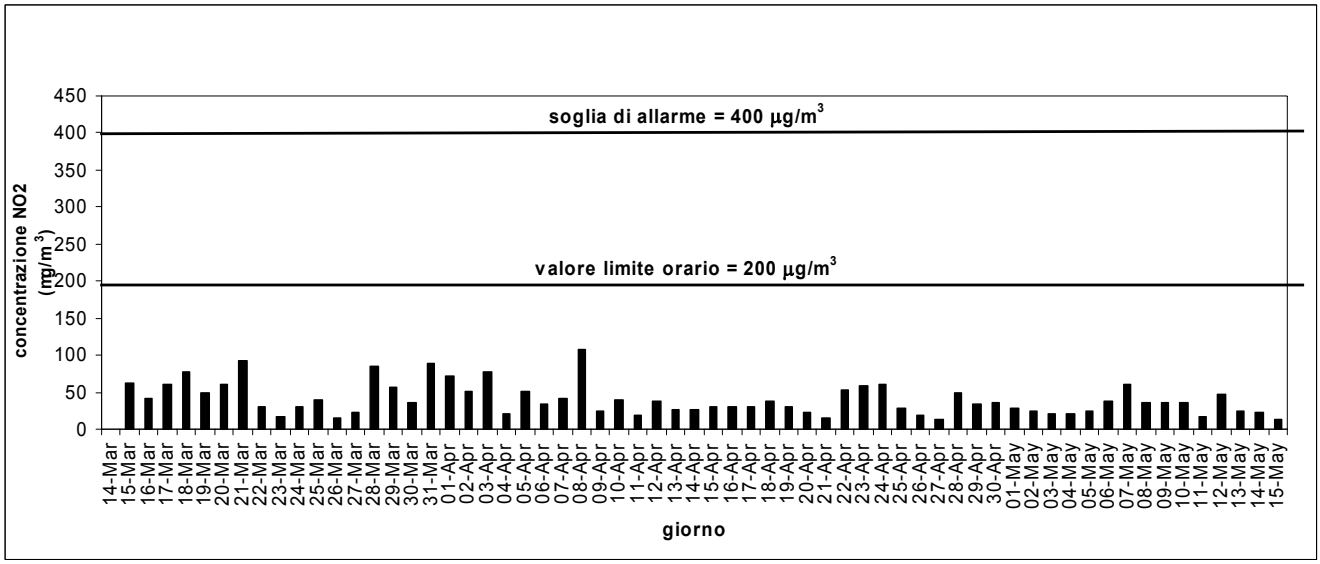
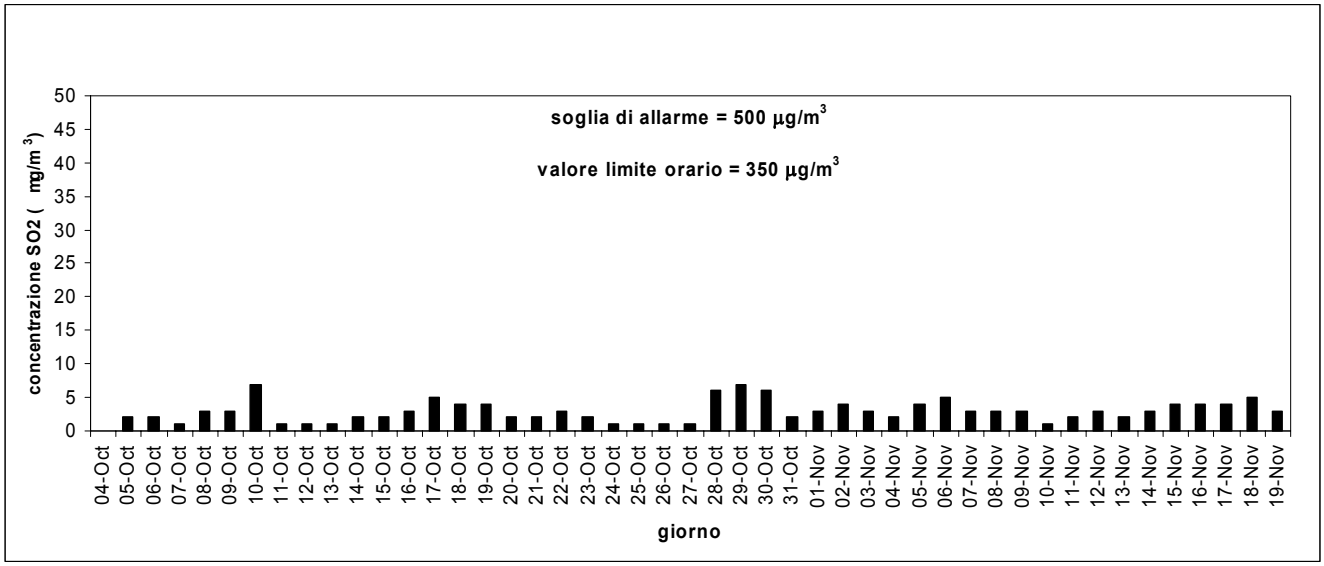


Grafico 3 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di SO_2 (µg/m^3).

Semestre "invernale"



Semestre "estivo"

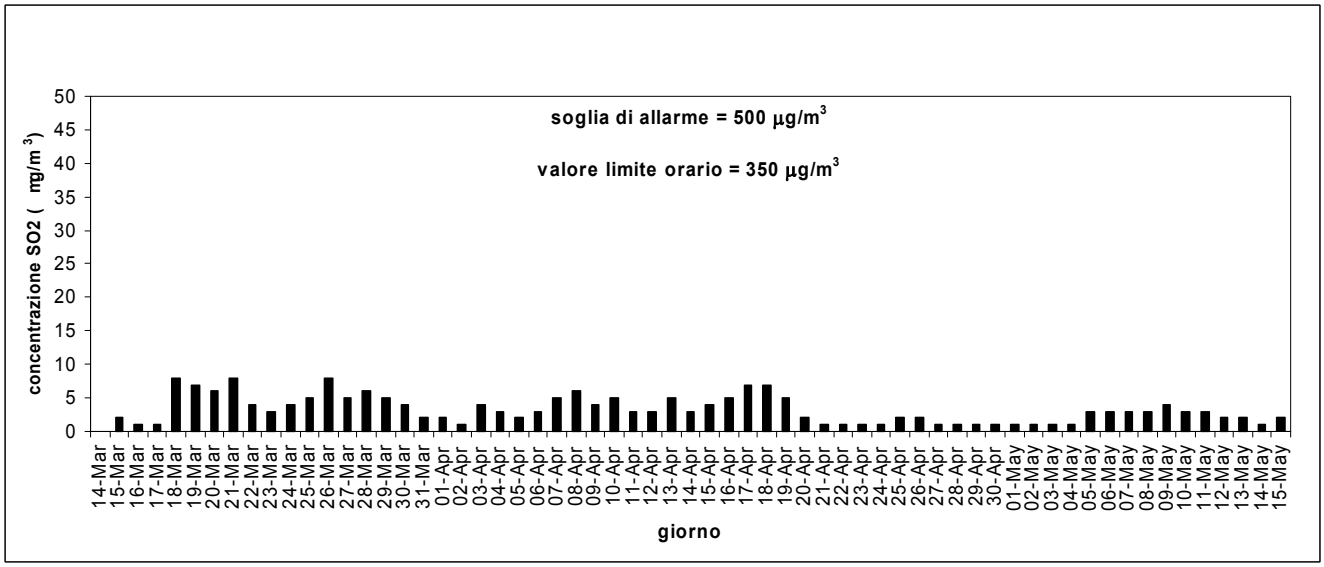
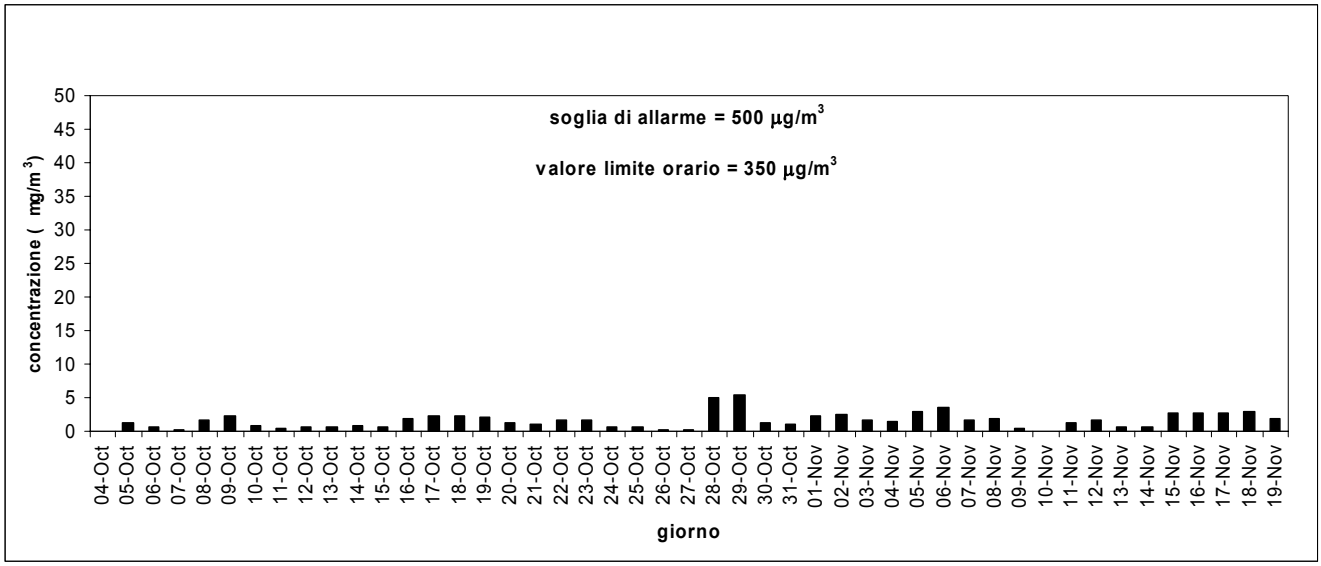


Grafico 4 – Concentrazione Media Giornaliera di SO_2 (µg/m^3).

Semestre "invernale"



Semestre "estivo"

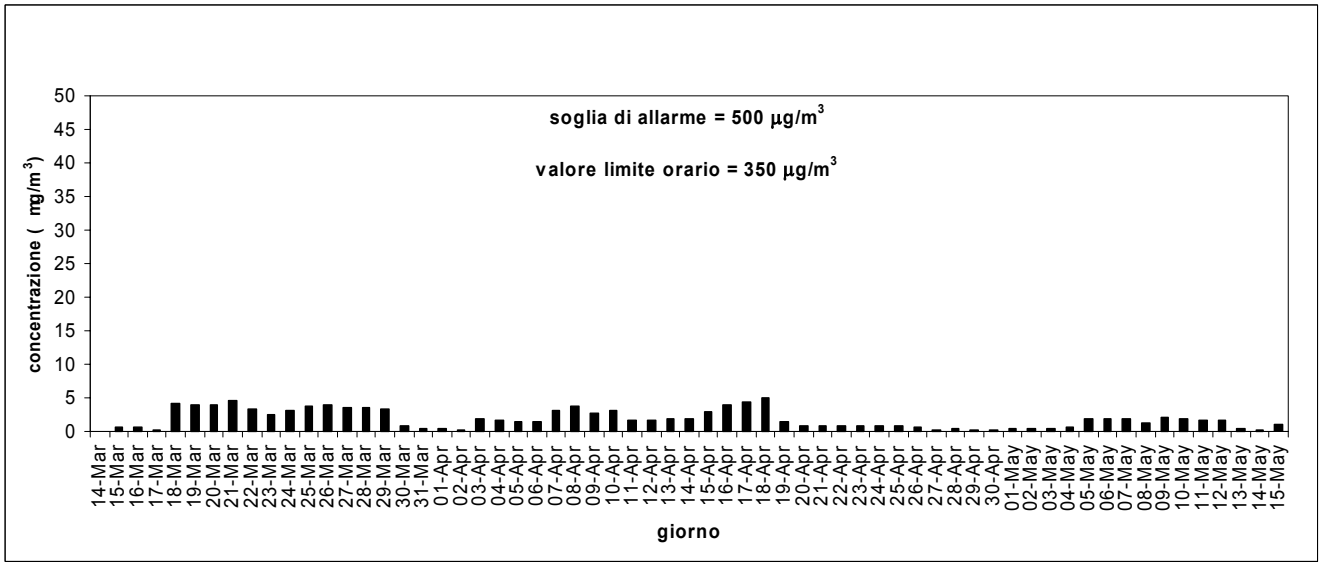
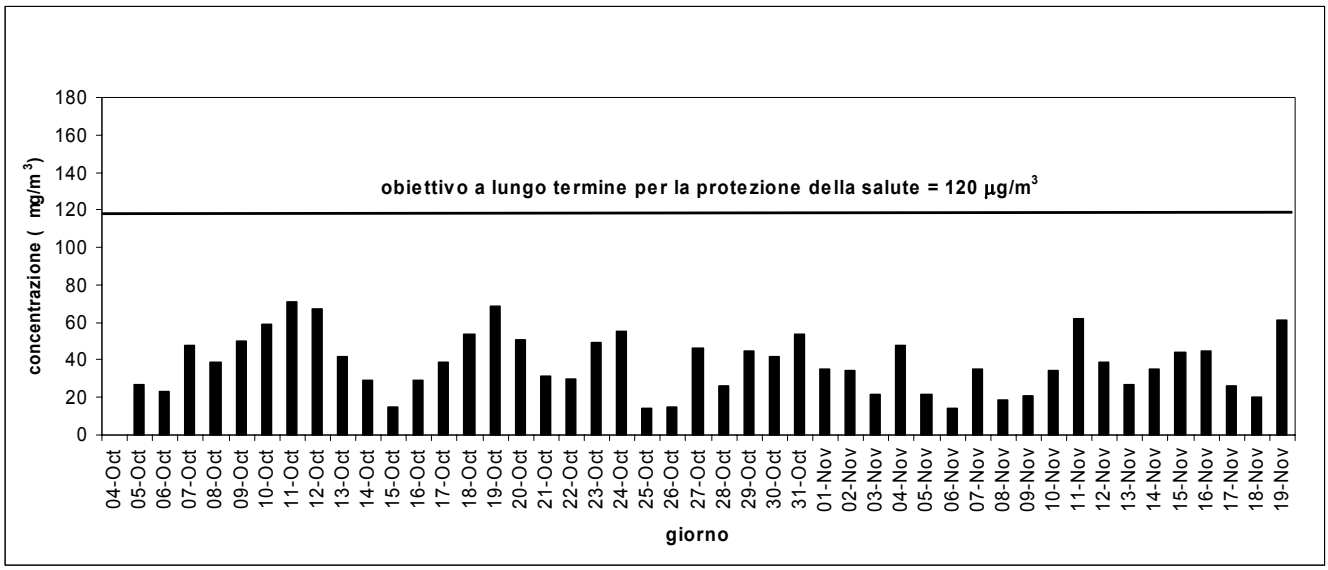


Grafico 5 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di O_3 (µg/m^3).

Semestre "invernale"



Semestre "estivo"

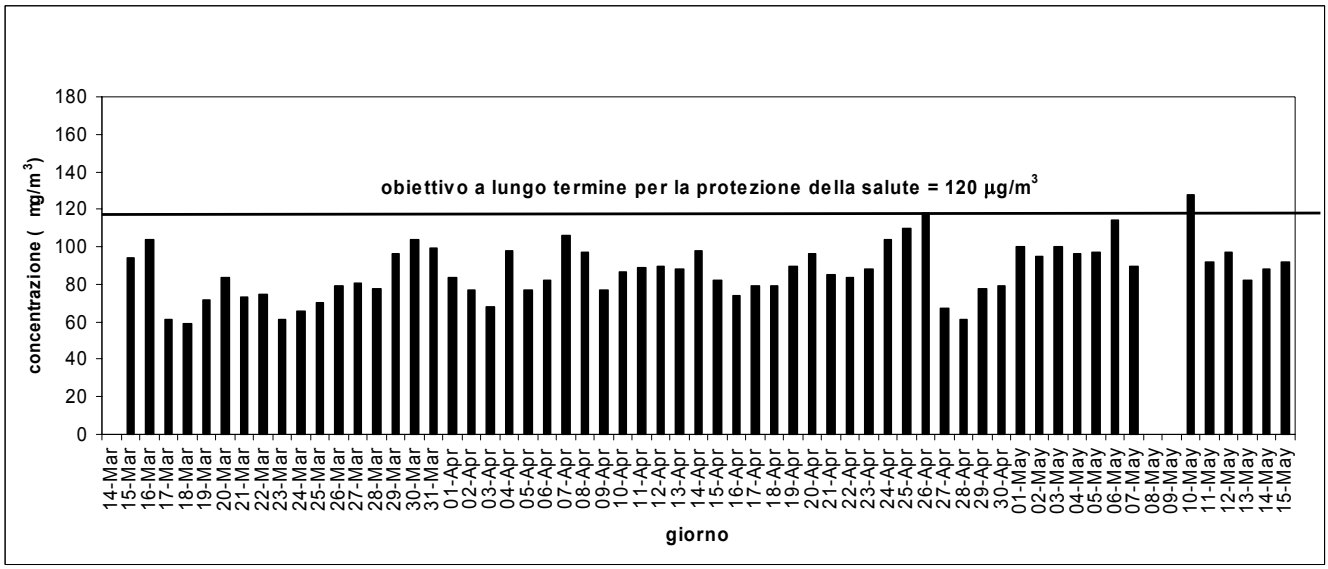
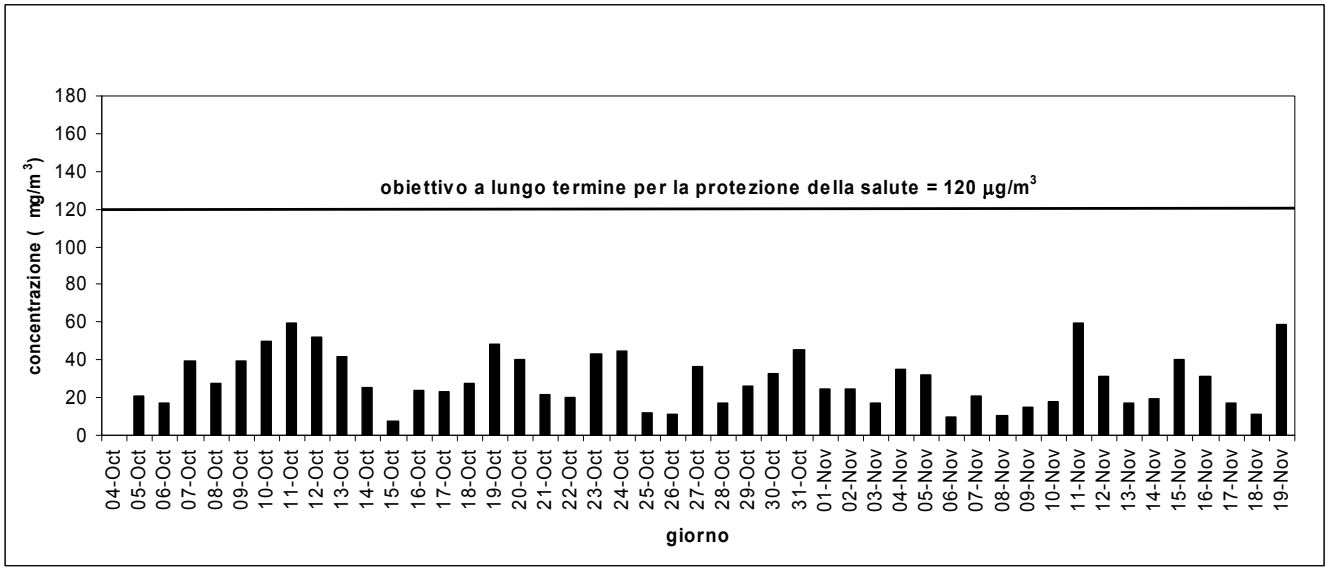


Grafico 6 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di O_3 (µg/m^3).

Semestre "invernale"



Semestre "estivo"

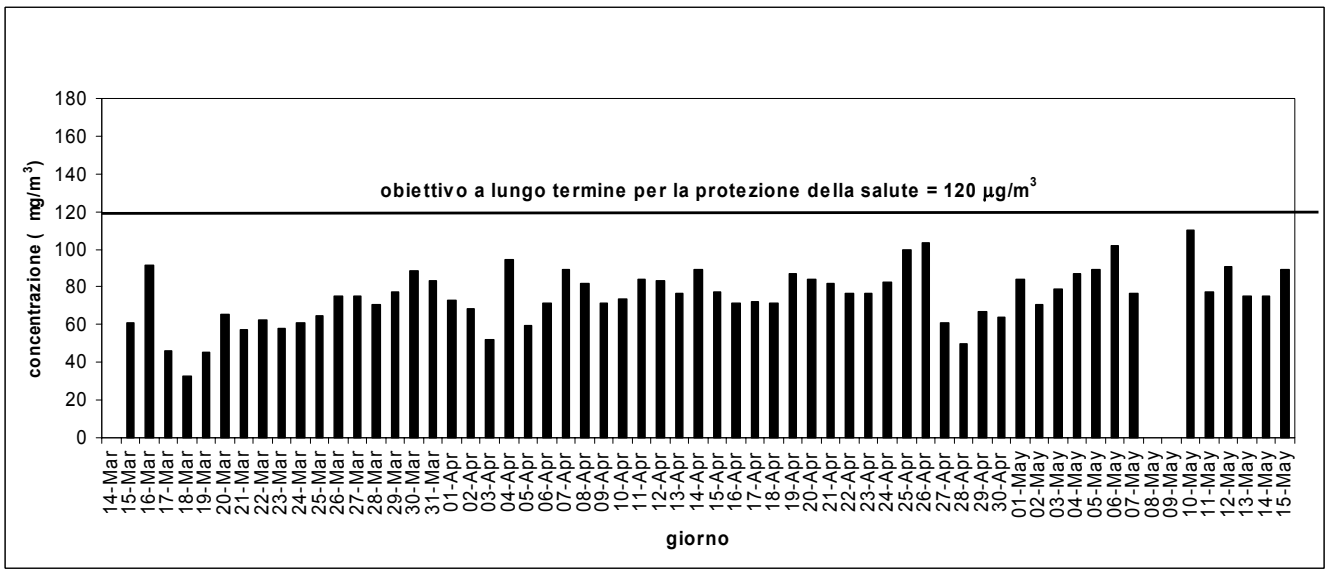


Grafico 7/a – Concentrazione Giornaliera di PM10 (µg/m^3).

Semestre "invernale"

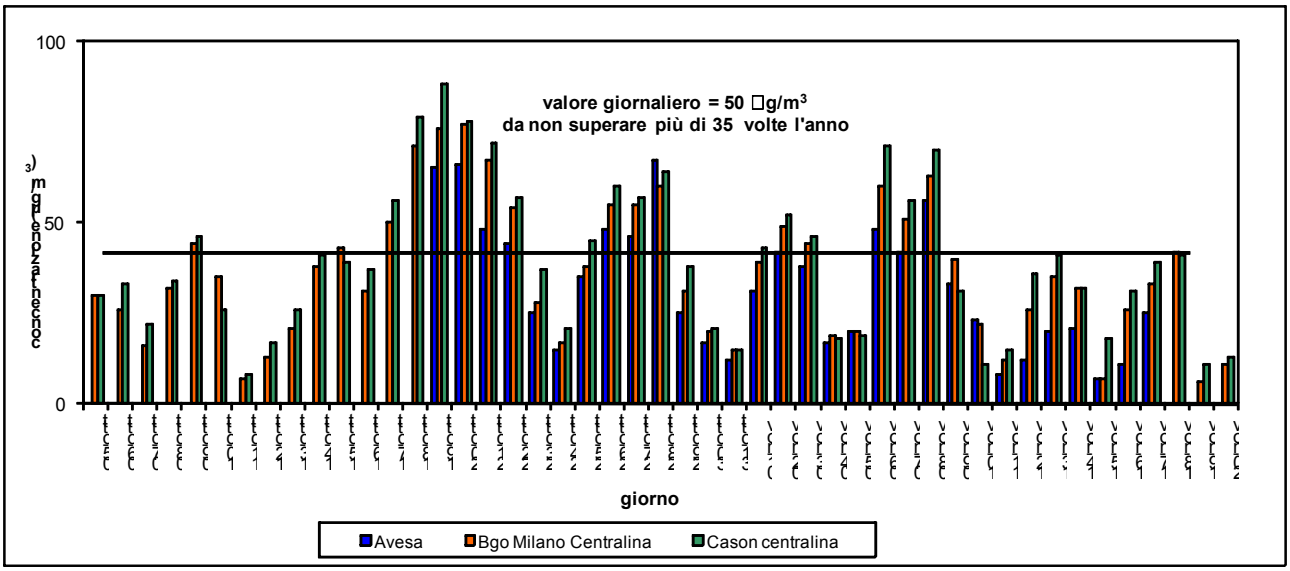
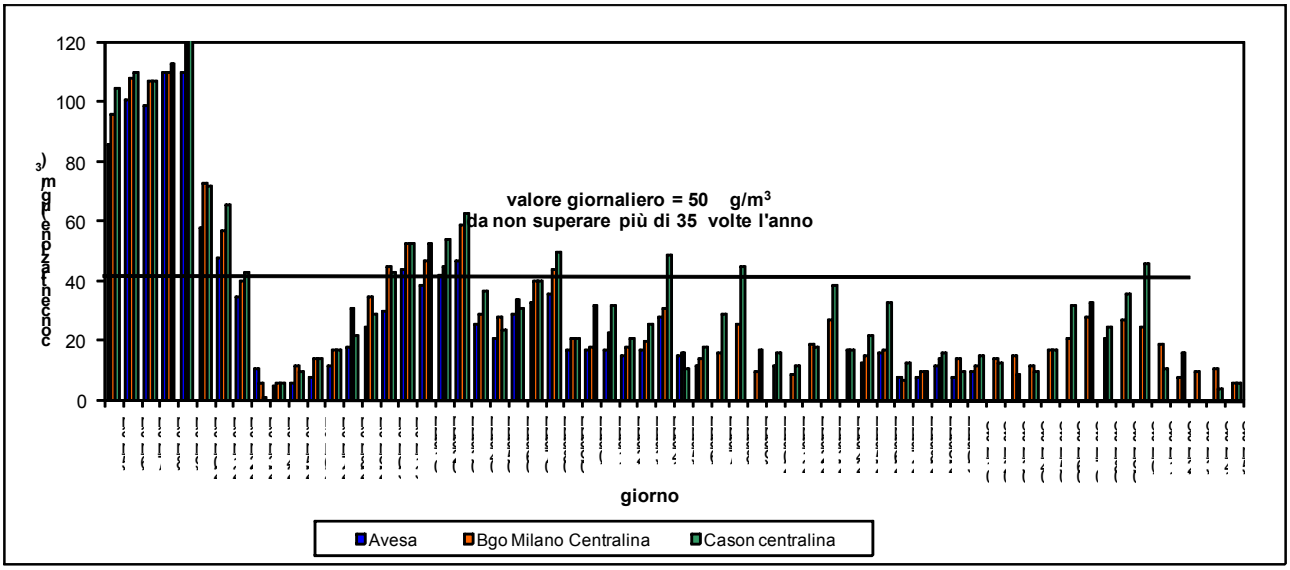


Grafico 8/b – Concentrazione Giornaliera di PM10 (µg/m^3).

Semestre "estivo"