Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

La qualità dell'aria in provincia e nel comune di Verona

Sintesi - anno 2012

ARPAV

Dipartimento di Verona
Ing. Giancarlo Cunego (Direttore)

Progetto e realizzazione
Servizio Controlli Ambientali – Unità Operativa Fisica dell'Ambiente
Francesca Predicatori (Dirigente)
Paolo Frontero

Ufficio reti di monitoraggio
Andrea Salomoni
Giacomo Sarego

Redatto da: *Francesca Predicatori, Paolo Frontero*

Si ringrazia per il supporto fornito:
Servizio Laboratori Provinciale di Padova

Qualità dell'aria in comune e in provincia di Verona

1 Qualità dell'aria nel Comune di Verona – Introduzione 5

2 Biossido di zolfo – SO_2 6

3 Biossido di azoto – NO_2 7

4 Monossido di carbonio – CO 10

5 Ozono- O_3 12

6 Materiale particolato – PM_{10} 14

7 Materiale particolato – $PM_{2.5}$ 17

8 Benzene – C_6H_6 19

9 METALLI 20

10 Idrocarburi policiclici aromatici – IPA..... **21**

11 Qualità dell'aria in Provincia di Verona – Introduzione 22

12 Biossido di zolfo – SO_2 23

13 Biossido di azoto – NO_2 25

14 Monossido di carbonio - CO 28

15 Ozono- O_3 28

16 Materiale particolato – PM_{10} 31

17 Benzene – C_6H_6 35

18 Andamento del PM_{10} a Verona e provincia dal 2003 al 2012..... 36

Comune di Verona

CCONCENTRAZIONI MEDIE NELL'ANNO 2012 A VERONA CITTA'							
Postazione	SO_2 µg/m^3	NO_2 µg/m^3	CO mg/m^3	PM10 µg/m^3	PM2.5 µg/m^3	(*)O_3 µg/m^3	BENZENE µg/m^3
Piazza Bernardi	-	39	0.5				
S.Giacomo	3	52	0.6				
B.go Milano	1	33	0.5	41			1.8
Via Roveggia		44	0.7			35	
Cason		27		31	24	72	
VALORE LIMITE		40	10	40	(**)25		5

(*) n° Superamenti del LIVELLO DI PROTEZIONE (media 8 ore>120µg/m^3)
(**) valore obiettivo da D.Lgs. 155/2011

provincia verona

CONCENTRAZIONI MEDIE NELL'ANNO 2012 IN PROVINCIA						
Postazione	SO_2 µg/m^3	NO_2 µg/m^3	CO mg/m^3	PM10 µg/m^3	(*)O_3 µg/m^3	BENZENE µg/m^3
Legnago	-	25	-		97	1.5
S.Bonifacio	3	39	-	41	81	1.7
Boscochiesanuova	2	14	0.3	22	75	
Fumane	1	31	-	32	-	-
VALORE LIMITE		40	10	40		5

(*) n° Superamenti del LIVELLO DI PROTEZIONE (media 8 ore>120µg/m^3)

1 Qualità dell'aria nel Comune di Verona – Introduzione

In questo rapporto vengono analizzati gli andamenti delle concentrazioni dei principali inquinanti in atmosfera nell'anno 2012 misurati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Verona. I valori di concentrazione sono confrontati con i limiti previsti dall'attuale normativa. A titolo di esempio vengono riportati graficamente gli andamenti delle concentrazioni di ogni inquinante presso alcune postazioni di misure, espressi sia come valore di concentrazione giornaliera sia come giorno tipo e settimana tipo

1.1 CRITICITA'

- **Biossido di zolfo:** non vengono superati né i limiti per la protezione della salute umana, né quelli previsti per la protezione degli ecosistemi.
- **Biossido di azoto:** Il limite annuale per la protezione della salute umana pari a 40 µg/m^3, viene superato nelle postazioni di via San Giacomo e via Roveggia. Il valore limite per la protezione degli ecosistemi viene superato in tutte le postazioni tranne a Verona-Cason. I mesi più critici risultano essere quelli invernali, dicembre,gennaio, febbraio e marzo
- **Monossido di carbonio:** nel corso del 2012 non sono stati registrati superamenti del valore limite per la protezione della salute umana (media massima su 8 ore), né dei valori limiti previsti dal Dl.gs 155/10. Le concentrazioni più elevate si misurano presso le postazioni di traffico di via Roveggia, e San Giacomo.
- **Ozono:** per quanto riguarda i limiti volti a contenere l'esposizione acuta e cronica ad alti livelli ozono si segnala il superamento della soglia di informazione e del livello di protezione della salute nella stazione di Cason. L'obiettivo per la protezione della salute prevede un limite pari a 120 µg/m^3 come valore massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore: tale limite è stato superato presso la stazione di Cason per 72 volte e per 35 volte in Via Roveggia**.**
- **Polveri sottili (PM_{10}):** sono stati registrati 104 superamenti del valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute in Corso Milano e 50 presso la stazione di Cason. La concentrazione media annua è stata leggermente superiore al limite pari a 40 µg/m^3 nella postazione di Borgo Milano; mentre a Cason il valore medio annuo è risultato di 31 µg/m^3. Anche nel corso del 2012, come è consuetudine, i mesi invernali registrano concentrazioni maggiori di quelli estivi, tuttavia spiccano nell'ordine, come elevata concentrazione media mensile, i mesi di febbraio, gennaio, marzo e dicembre. Si segnalano gli episodi più acuti di inquinamento rispettivamente: il 18 e 19 febbraio (con valore massimo di 135 e 143 µg/m^3 a B.go Milano), ed il 3 marzo (con valore massimo di 140 µg/m^3 a B.go Milano) e infine dal 9 al 12 marzo.
- **$PM_{2.5}$:** il valore medio annuo del $PM_{2.5}$ misurato a Cason è risultato pari a 24 µg/m^3, inferiore, quindi, al valore obiettivo medio annuo di 25 µg/m^3, previsto dalla direttiva europea 2009/50/CE e D.Lgs. 155/2011. L'episodio più acuto di inquinamento da polveri fini si è verificato il 19 febbraio con 128 µg/m^3 ed un rapporto $PM_{2.5}$/ PM_{10} pari al 90%.
- **Benzene:** la concentrazione media annua misurata risulta inferiore al limite di 5 µg/m^3 presso tutte le postazione. Dai risultati della campagna di misura effettuata con campionatori passivi nel periodo gennaio – dicembre 2012 si evince che nelle zone residenziali i valori di concentrazione sono in genere inferiori ai 2 µg/m^3; I valori più alti si registrano in via Emilei con 2.1 µg/m^3 e alla Barriera Borgo Roma con 1.9 µg/m^3
- **Idrocarburi policiclici aromatici:** presso le postazioni di Borgo Milano e Cason il valore medio annuo di concentrazione di benzo(a)pirene è risultato rispettivamente pari a 0.60 e 0.75 ng/m^3, inferiore al valore dell'obiettivo di qualità previsto dal DM 25/11/94 e D.Lgs. 155/2011 che è pari a 1.0 ng/m^3.
- **Metalli:** i valori delle concentrazioni di metalli ed elementi in tracce rilevati nei campioni di PM_{10} prelevati presso le stazioni di Borgo Milano e Cason sono inferiori ai valori limite previsti dalla normativa. Non si evidenziano differenze significative fra le due stazioni**.**

2 Biossido di zolfo – SO_2

2.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di zolfo (SO_2)	Valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	1 ora	**350 µg/m^3** da non superare più di 24 volte per anno civile
	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	24 ore	**125 µg/m^3** da non superare più di 3 volte per anno civile
	Soglia di allarme (D.Lgs. 155/201)	**500 µg/m^3** misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 Km^2 oppure in una intera zona o agglomerato, nel caso siano meno estesi	

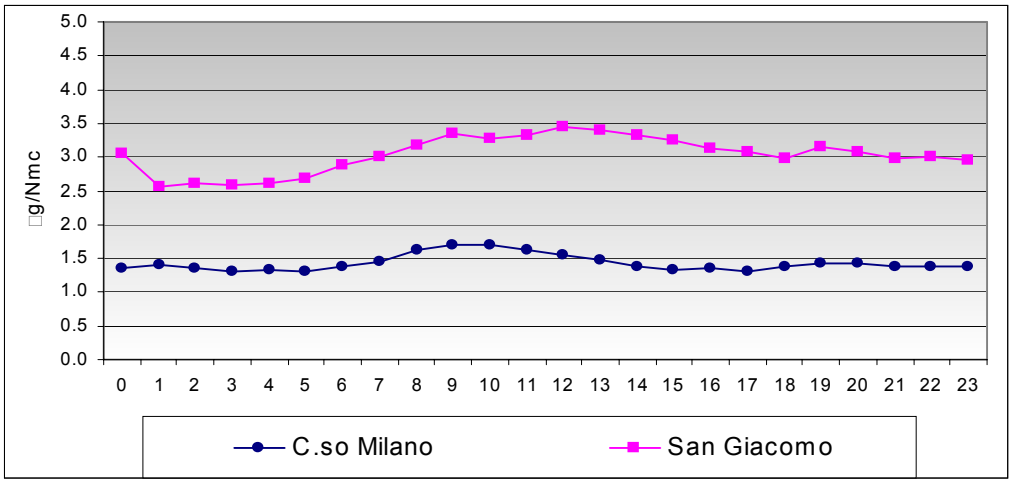
Tipo di esposizione:		*PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di zolfo (SO_2)	Valore limite per la protezione della vegetazione (D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**20 µg/m^3**

2.2 VALORI MISURATI

Postazione	*n° super. Limite orario*	*n° super. Limite giornaliero*	*n° super. Soglia allarme*	*Protezione ecosistemi: media anno*	*dati validi (%)*
S.Giacomo	0	0	0	3 µg/m^3	89
C.so Milano	0	0	0	1 µg/m^3	95

2.3 GRAFICI

Figura 2-1 Giorno tipo delle concentrazioni di SO_2 rilevate nell'anno 2012 nelle stazioni di Cason, Borgo Milano e San Giacomo



3 Biossido di azoto – NO_2

3.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	1 ora	**200 µg/m^3** da non superare più di **18 volte** per anno civile
	Soglia di allarme (D.Lgs. 155/2011)	**400 µg/m^3** misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 Km^2 oppure in una intera zona o agglomerato, nel caso siano meno estesi	

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**40 µg/m^3**

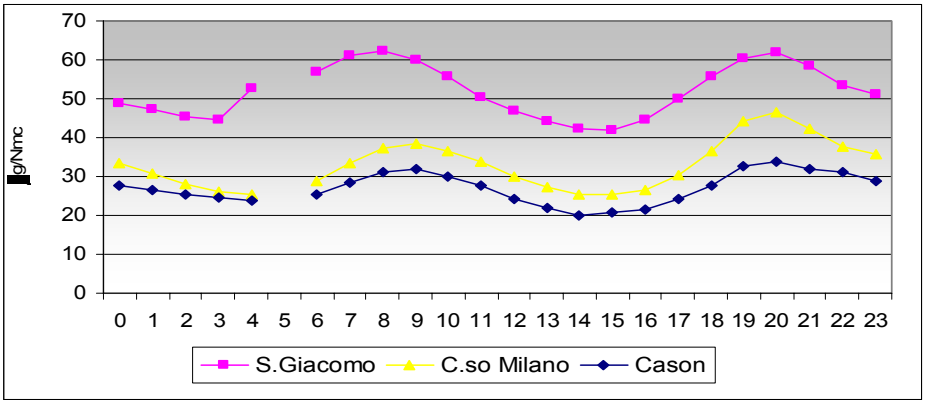
Tipo di esposizione:		*PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI*		
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**	**Tempi di raggiungimento del valore limite**
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite per la protezione della vegetazione (D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**30 µg/m^3**	

3.2 VALORI MISURATI

NO_2					
Postazione	*n° super. limite orario*	*n° super. Soglia allarme*	*Valore medio annuo*	*Superamenti valore limite*	*dati validi*
Piazza Bernardi	0	0	39 µg/m^3	no salute si vegetazione	94%
S.Giacomo	0	0	52 µg/m^3	si salute si vegetazione	93%
B.go Milano	0	0	33 µg/m^3	no salute si vegetazione	92%
Via Roveggia	0	0	44 µg/m^3	si salute si vegetazione	99%
Cason	0	0	27 µg/m^3	no salute no vegetazione	92%

3.3 GRAFICI

Figura 3-1: Giorno tipo delle concentrazioni di NO_2 rilevate nell'anno 2012 presso le stazioni di B.go Milano, San Giacomo, Cason

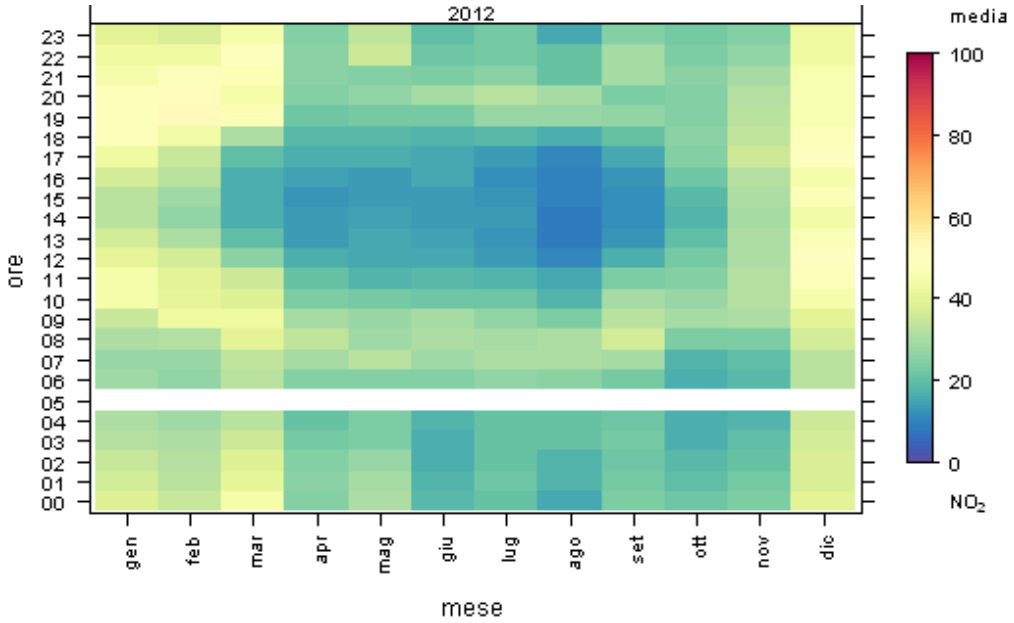


Rappresentazione annuale del giorno tipo delle concentrazioni di NO_2

In Figura 3-2, Figura 3-3 e Figura 3-4 è rappresentato in modo sintetico l'andamento delle concentrazioni di biossido di azoto misurate nelle tre principali stazioni di monitoraggio urbano. In un singolo grafico sono visualizzate le variazioni di concentrazione orarie e mensili dell'inquinante: in ascissa sono riportati i mesi, in ordinata si possono leggere i valori di concentrazione mediati ora per ora (giorno tipo). La scala colorimetrica permette di individuare i livelli di concentrazione nel campo ora-mese: colori freddi verso il verde-blu indicano concentrazioni più basse rispetto a colori giallo-rosso scuro che individuano valori di concentrazioni più elevate.

Come si può vedere dall'analisi dei grafici, le concentrazioni medie orarie più elevate si hanno nelle ore pomeridiane e serali in particolare nei mesi invernali.

Figura 3-2: rappresentazione oraria e mensile delle concentrazioni medie di NO_2 misurate presso la postazione di Cason nell'anno 2012



Le concentrazioni più significative si misurano presso le stazioni di traffico: Borgo Milano e via San Giacomo: analizzando i grafici di Figura 3-3 e Figura 3-4 si nota anche che in dicembre, gennaio, febbraio e marzo mesi le concentrazioni medie orarie sono più elevate; le ore in cui si misurano concentrazioni più elevate sono comprese fra le 9 e le 10 del mattino e le 19 e le 22 serali. Presso la stazione di fondo di Verona Cason le concentrazioni medie orarie di NO_2 sono inferiori a 40 µg/m^3, nelle ore serali e notturne sono in genere più elevate a causa delle minori caratteristiche dispersive dei bassi strati dell'atmosfera.

Figura 3-3: rappresentazione oraria e mensile delle concentrazioni medie di NO_2 misurate presso la postazione di via San Giacomo nell'anno 2012 (le celle bianche indicano mancanze di dati)

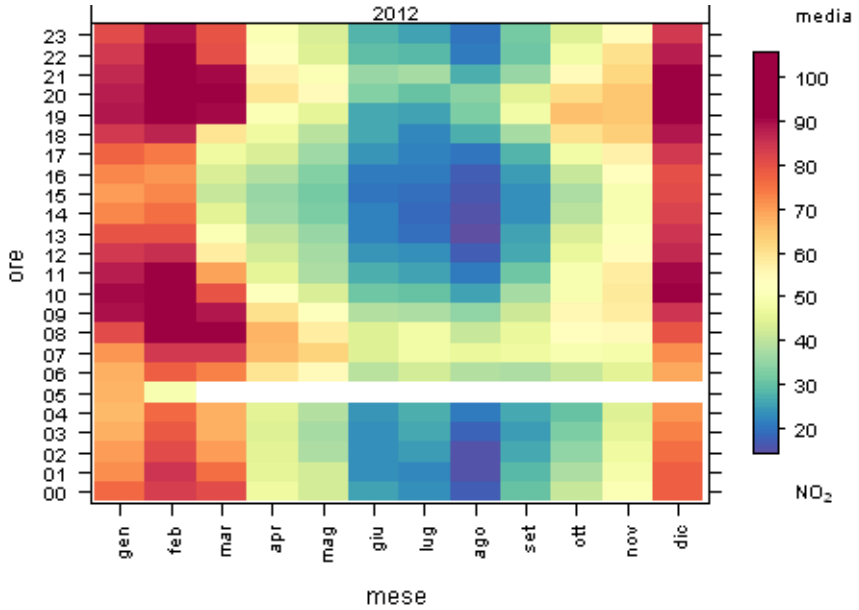


Figura 3-4: rappresentazione oraria e mensile delle concentrazioni medie di NO_2 misurate presso la postazione di B.go Milano nell'anno 2012 (le celle bianche indicano mancanze di dati)

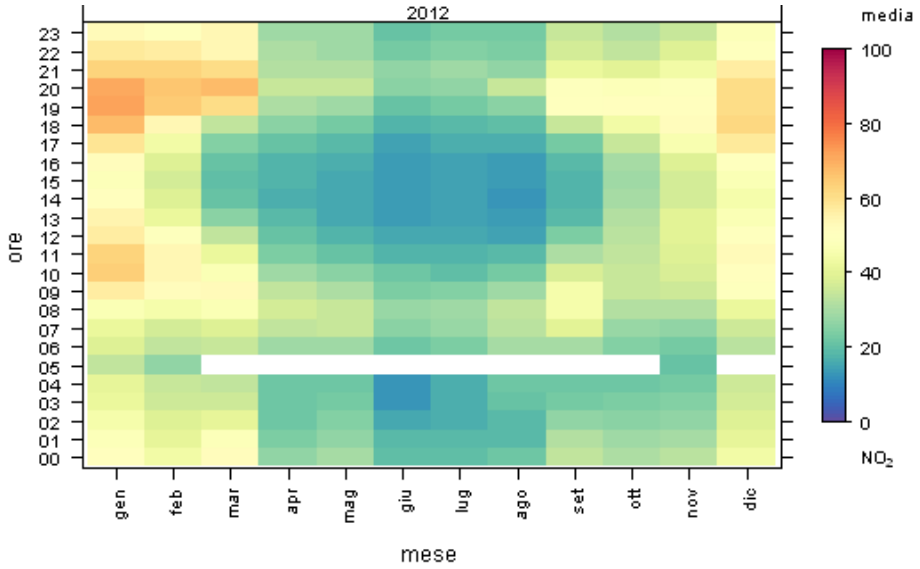
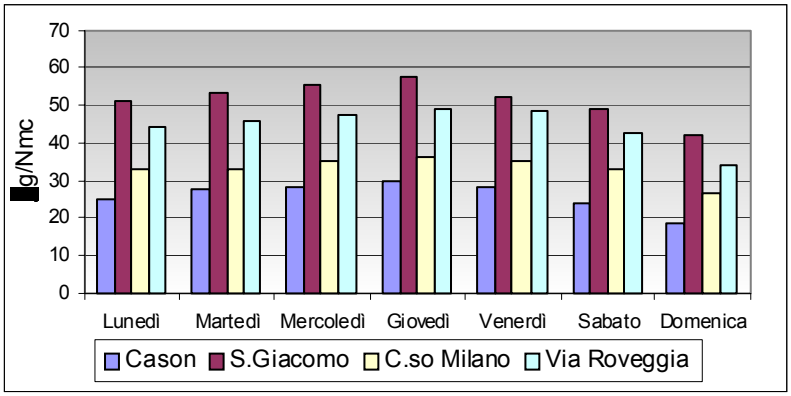


Figura 3-5: settimana tipo delle concentrazioni di NO_2 misurate nell'anno 2012 presso le stazioni di Cason, San Giacomo, Borgo Milano, via Roveggia.



4 Monossido di carbonio – CO

4.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Monossido di Carbonio (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana (DL.gs155/10)	Media massima giornaliera su 8 ore (medie mobili calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora)	**10 mg/m^3**

4.2 VALORI MISURATI

CO			
Postazione	*Concentrazione media annua (mg/m^3)*	*n° super. limite orario*	*dati validi (%)*
Piazza Bernardi	0.5	0	95
S.Giacomo	0.6	0	95
C.so Milano	0.5	0	95
Via Roveggia	0.7	0	93

4.3 GRAFICI

Rappresentazione annuale del giorno tipo delle concentrazioni di CO

Nella Figura 4-1 è rappresentato il giorno tipo delle cocnetraioni oraire di monossido di carbonio rilevate nelle tre stazioni urbane. In Figura 4-2 è rappresentato in modo sintetico l'andamento delle concentrazioni di monossido di carbonio misurate presso la stazione di monitoraggio di P.zza Bernardi: in un singolo grafico sono visualizzate le variazioni di concentrazione orarie e mensili dell'inquinante: in ascissa sono riportati i mesi, in ordinata si possono leggere i valori di concentrazione mediati ora per ora (giorno tipo). La scala colorimetrica permette di individuare i livelli di concentrazione nel campo ora-mese: colori freddi verso il verde-blu indicano concentrazioni più basse rispetto a colori giallo-rosso scuro che individuano valori di concentrazioni più elevate.

Le concentrazioni più elevate si misurano in corrispondenza delle ore di punta del traffico veicolare alla mattina e alla sera, e nei mesi invernali, segnatamente a dicembre e gennaio quando le condizioni atmosferiche determinano, statisticamente, il maggior accumulo degli inquinanti nei bassi strati.

.

Figura 4-1: Giorno tipo delle concentrazioni di CO rilevate nell'anno 2012 presso le stazioni di Cason, via San Giacomo, Borgo Milano, via Roveggia

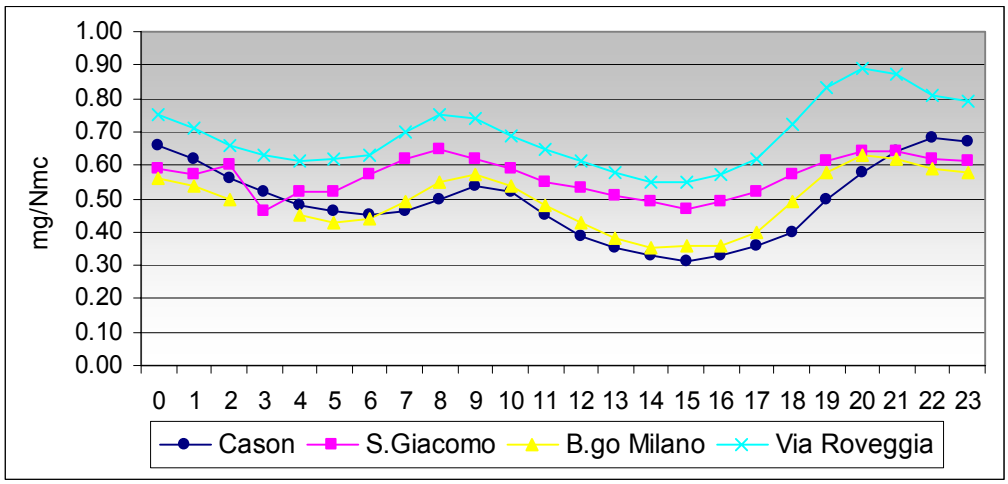


Figura 4-2: andamento orario e mensile delle concentrazioni medie di CO misurate presso la postazione di P.zza Bernardi (le celle bianche indicano mancanze di dati)

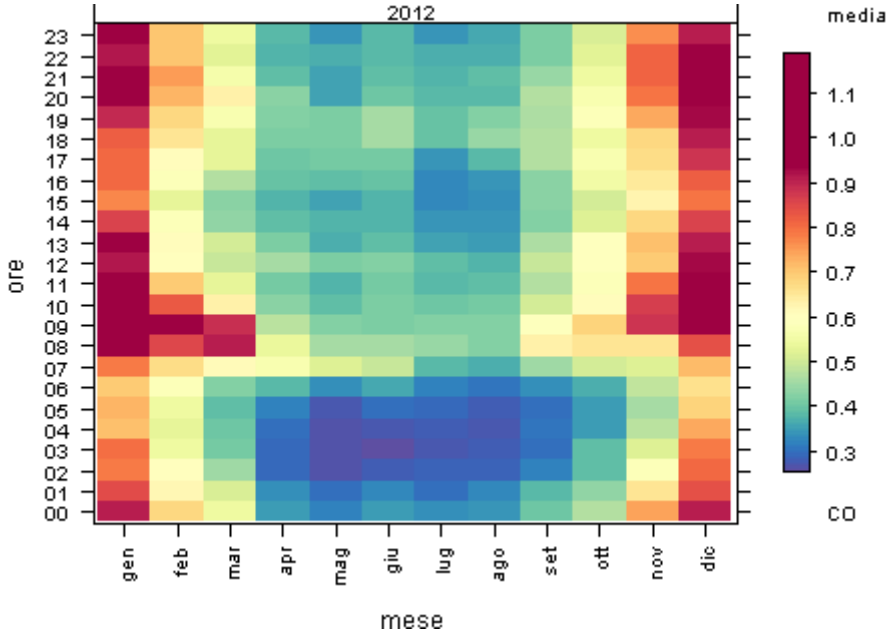
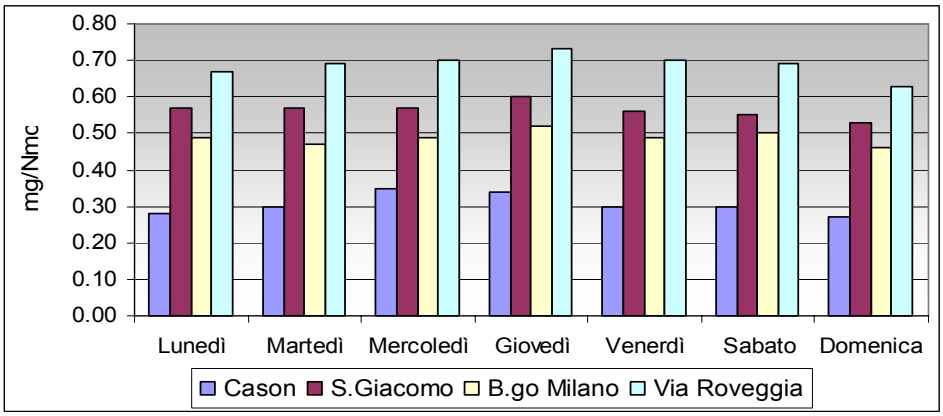


Figura 4-3: settimana tipo delle concentrazioni di CO misurate presso le stazioni di Cason, via S.Giacomo, Borgo Milano, via Roveggia, nell'anno 2012



5 Ozono- O_3

5.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*		
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**	**Riferimento legislativo**
Ozono (O_3)	Soglia di informazione	Concentrazione media di 1 ora	**180 µg/m^3**	DLgs n. 155/10
	Soglia di allarme	Concentrazione media di 1 ora	**240 µg/m^3**	DLgs n. 155/10

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*		
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**	**Riferimento legislativo**
Ozono (O_3)	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute	Concentrazione media su 8 h massima giornaliera	**120 µg/m^3**	DLgs n. 155/10
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	**18 000 µg/m^3·h come media su 5 anni**	DLgs n. 155/10

5.2 VALORI MISURATI

O_3					
Postazione	*super. soglia di informazione*	*super. soglia di allarme*	*super. livelli protezione salute*	*AOT40 (su base annua) (µg/m^3 h)*	*dati validi (%)*
Via Roveggia	0	0	35	18853	97
Cason	24	0	72	35672	98

5.3 GRAFICI

Figura 5-1: Giorno tipo delle concentrazioni di ozono rilevate nell'anno 2012 presso le postazioni di via Roveggia e Cason.

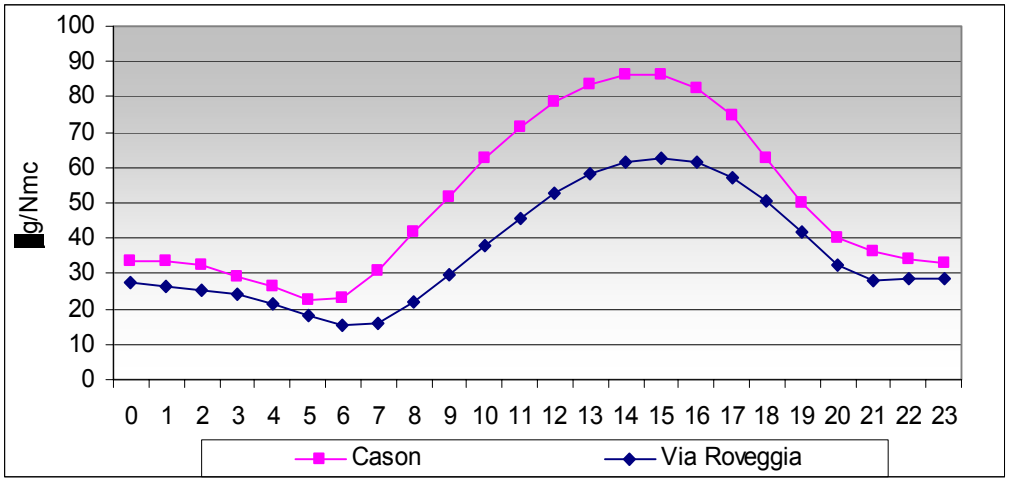
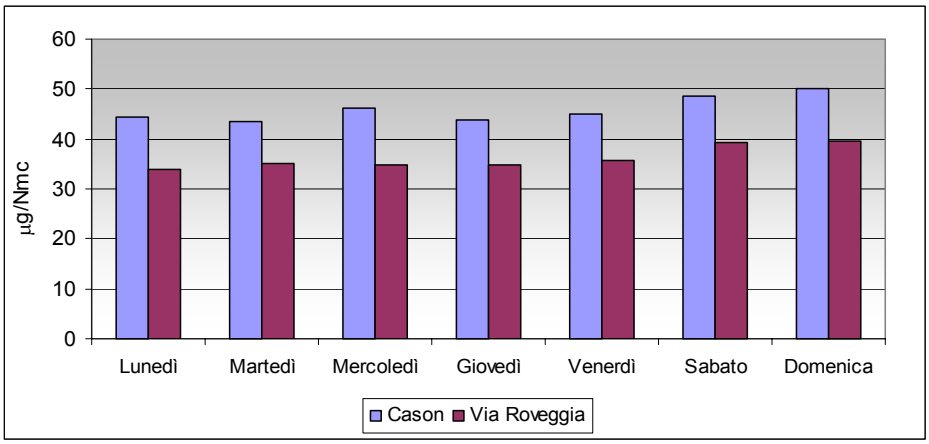


Figura 5-2: settimana tipo delle concentrazioni di ozono misurate presso le stazioni di Via Roveggia, Cason, nell'anno 2012



Plot-calendario dei dati di qualità dell'aria

Con l'introduzione del plot-calendario è possibile identificare giorno per giorno attraverso una scala colorimetrica la concentrazione media di un determinato inquinante: in Figura 5-3 e in Figura 5-4 sono riportati i grafici delle concentrazioni di ozono rilevate presso le stazioni di Verona-Cason e via Roveggia. La soglia iniziale è stata scelta pari a 50 µg/ m^3, pertanto le celle non colorate indicano che in quel giorno il valore medio dell'inquinante è stato inferiore a quella soglia.

I giorni con le concentrazioni medie più elevate si sono avuti a giugno, luglio ed agosto ed i valori più elevati di concentrazione si misurano presso la stazione di fondo di Cason. L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione degli inquinanti primari, quali composti organici volatili e ossidi di azoto. In particolare il verificarsi di intensa radiazione solare, temperatura mite o alta e venti moderati favorisce la formazione di smog fotochimico e l'aumento delle concentrazioni troposferiche di ozono; nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. Dal confronto fra i due grafici si nota come la concentrazione di ozono sia minore in vicinanza di sorgenti di NO come le strade caratterizzate da alti livello di traffico (stazione di via Roveggia): la produzione di ossidi di azoto causa infatti un "consumo" di ozono tramite una reazione fotochimica che porta alla formazione di biossido di azoto, il quale a sua volta contribuirà alla formazione di ozono, con tempi più lunghi e su scale spaziali più ampie. Dal punto di vista stagionale, per entrambe le stazioni i mesi più critici sono maggio, giugno, luglio e agosto.

Figura 5-3: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di ozono misurate presso la postazione di Cason nell'anno 2012

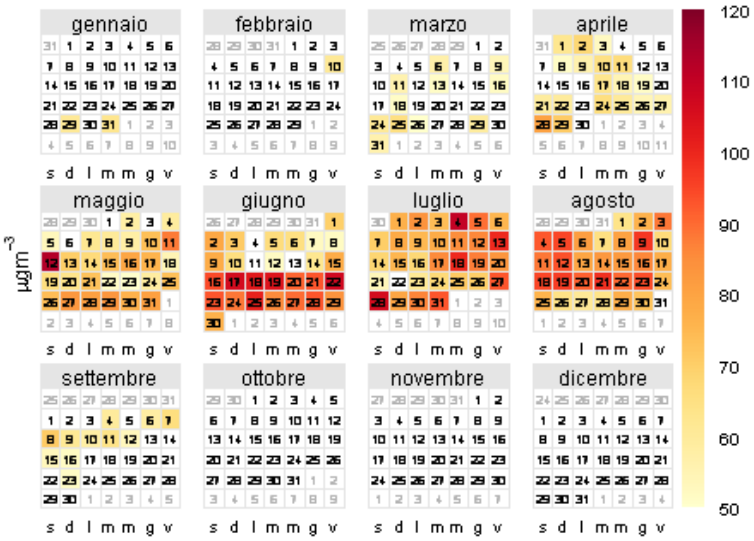
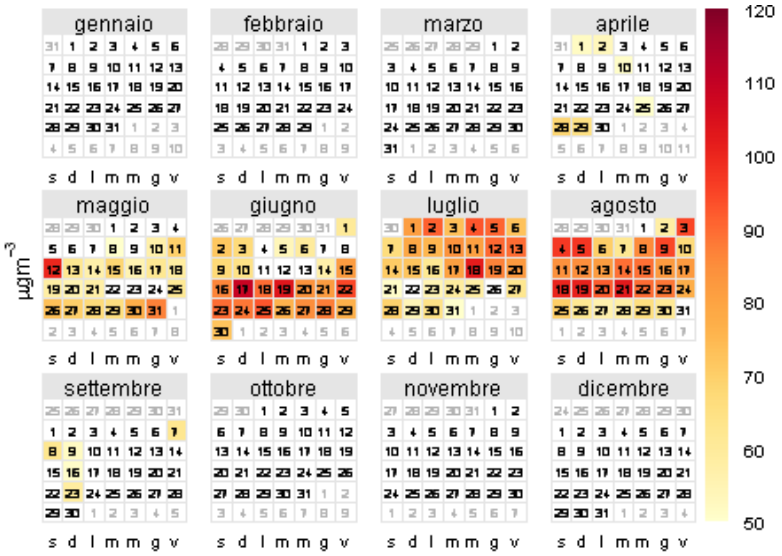


Figura 5-4: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di ozono misurate presso la postazione di via Roveggia nell'anno 2012



6 Materiale particolato – PM_{10}

6.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		***ESPOSIZIONE ACUTA***	
parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Materiale particolato (PM_{10})	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana (DL.gs 155/10)	24 ore	**50 µg/m^3** da non superare più di **35 volte** per anno civile
Tipo di esposizione:		***ESPOSIZIONE CRONICA***	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Materiale particolato (PM_{10})	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (DL.gs 155/10)	Anno civile	**40 µg/m^3**

6.2 VALORI MISURATI

PM10			
Postazione	*n°di superamenti limite 24h*	*concentrazione media annua* (µg/ m^3)	*dati validi(%)*
Cason	50	31	99
Borgo Milano	104	41	97

GRAFICI

Plot-calendario dei dati di qualità dell'aria

Con l'introduzione del plot-calendario è possibile identificare giorno per giorno attraverso una scala colorimetrica la concentrazione media di un determinato inquinante: in Figura 6-1 e in Figura 6-2 sono riportati i grafici delle concentrazioni di PM_{10} rilevate presso le stazioni di Verona Borgo Milano e Verona-Cason. La soglia iniziale è stata scelta pari a 50 µg/ m^3, pertanto le celle colorate indicano i giorni nei quali si è avuto il superamento del valore limite giornaliero.

Figura 6-1: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} rilevate nell'anno 2012 superiori ai 50 µg/ m^3 presso le postazioni di Borgo Milano

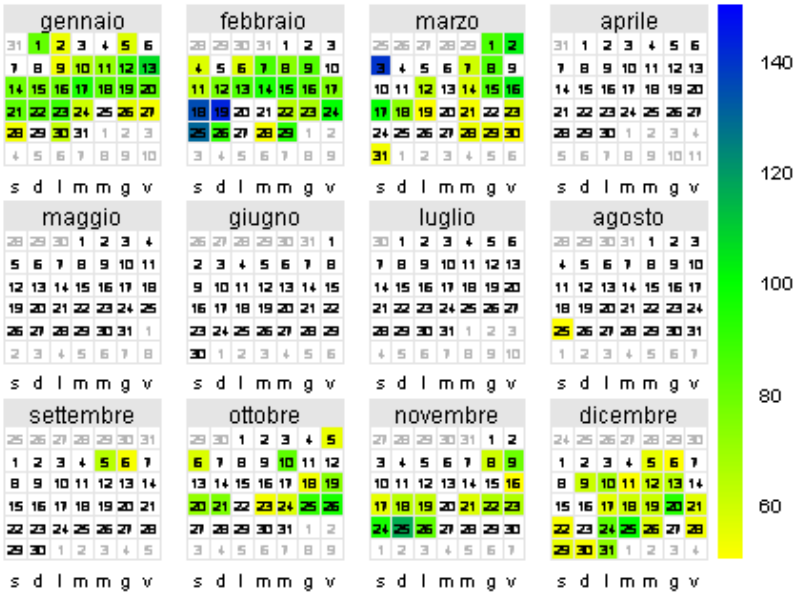
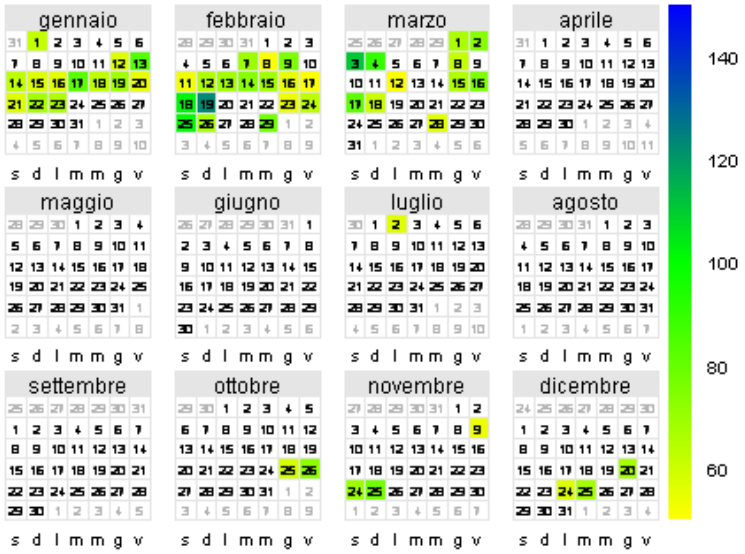
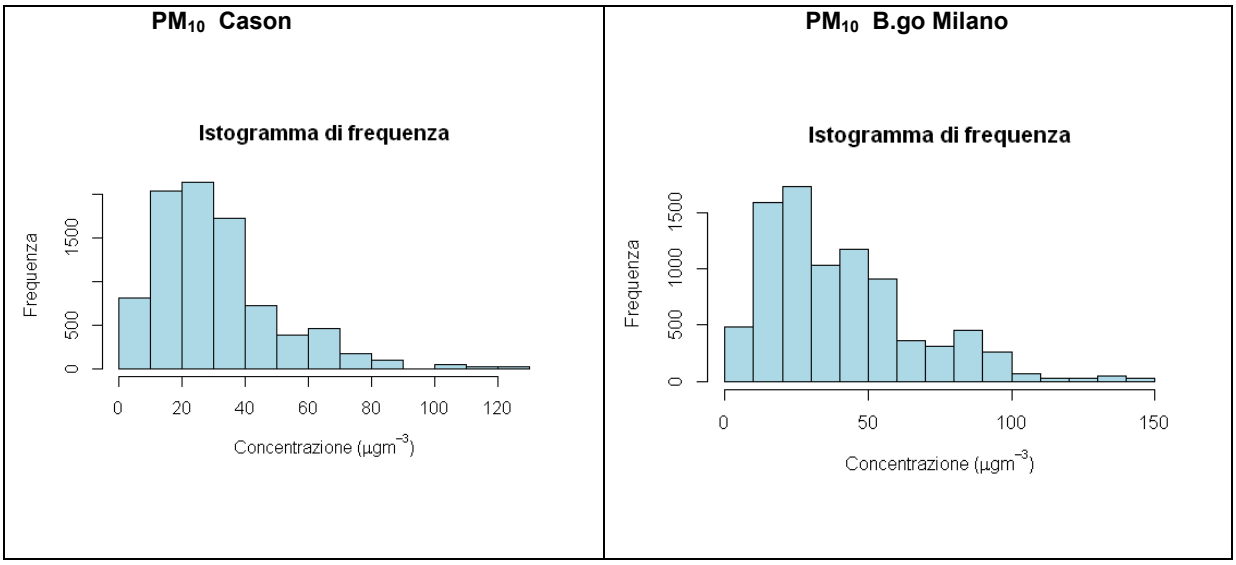


Figura 6-2: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} rilevate nell'anno 2012 superiori ai 50 µg/ m^3 presso le postazioni di Cason



I mesi più critici sono stati gennaio, febbraio e dicembre con numerosi superamenti del valore limite giornaliero e concentrazioni medie mensili più elevate come si può notare dal grafico di Figura 6-1 e di Figura 6-2. I giorni più critici sono stati il 18 e 19 febbraio ed il 3 marzo.
Complessivamente si sono avuti 50 superamenti del limite giornaliero a Verona-Cason e 104 superamenti a Verona – Borgo Milano: considerevolmente superiori al numero di superamenti annui ammesso dalla legislazione e pari a 35.
In Figura 6-3 sono riportati gli istogrammi di frequenza dei valori di concentrazione di PM_{10} : ogni classe ha larghezza pari a 10 µg/m^3, sull'asse verticale è rappresentata la frequenza in cui si presentano i dati appartenenti ad una singola classe (moltiplicato x 20 per facilità di lettura). Ad esempio presso la stazione di Cason sono state misurate con maggiore frequenza concentrazioni comprese fra 10 e 20 µg/m^3 e fra 30 e 40 µg/m^3. Anche presso la stazione di Borgo Milano le classi più popolate sono quelle di concentrazione compresa fra 10 e 20 µg/m^3 e fra 30 e 40 µg/m^3, ma risultano popolate con frequenza superiore a 50 (1000 nel grafico) le classi di concentrazione superiore a 30 e inferiori a 60 µg/m^3.

Figura 6-3: Istogramma di frequenza per classi dimensionali del PM_{10} per le stazioni di Cason e B.go Milano nel 2012



In Figura 6-4 è riportato l'andamento delle concentrazioni medie mensili di PM_{10} rilevate a Borgo Milano e Cason: i mesi più critici sono stati gennaio, febbraio e marzo con concentrazioni medie superiori a 50 µg/^{m3} a Borgo Milano: l'andamento stagionale è lo stesso a Borgo Milano e Cason.

Figura 6-4: Andamento stagionale delle concentrazioni di PM_{10} rilevate presso le stazioni di Borgo Milano e Cason nell'anno 2012

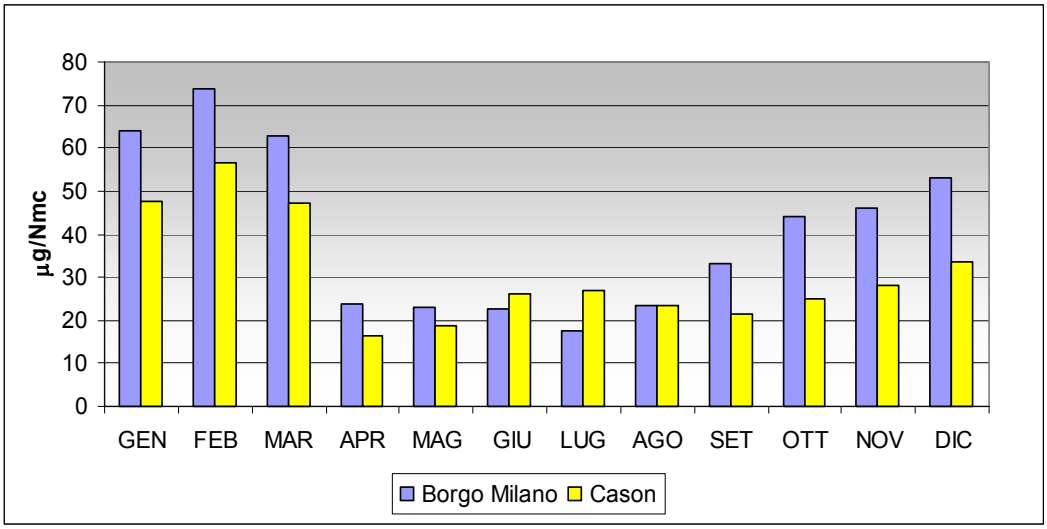
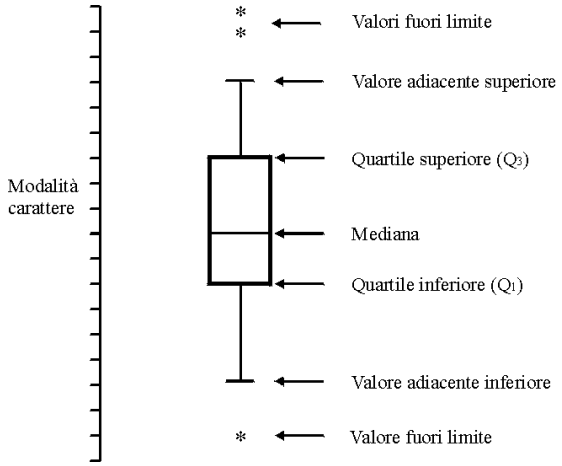


Grafico box-plot dei dati di qualità dell'aria

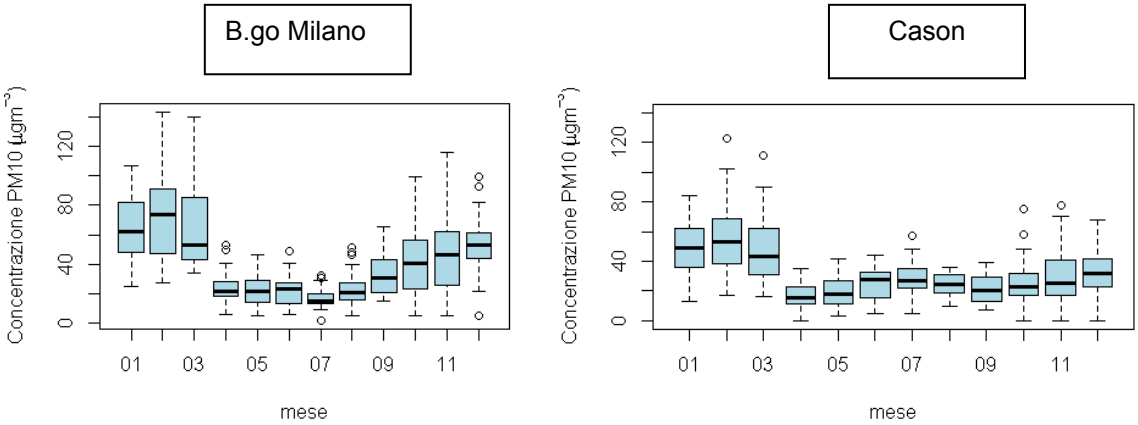
Il box-plot è una rappresentazione grafica che permette di descrivere una distribuzione di dati attraverso indici sintetici. Tale grafico è costituito da un rettangolo (Figura 6-5) la cui base inferiore individua il primo quartile dell'insieme di dati, la base superiore evidenzia il terzo quartile e al suo interno è diviso dalla mediana. I segmenti (i "baffi") rappresentano il valore minimo, ovvero il valore al di sotto del quale sono compresi il 99% dei dati, e il valore massimo; ovvero il valore al di sopra del quale sono compresi solo l'1% dei dati. Infine i valori esterni a questi limiti (detti valori anomali) vengono individuati da un cerchietto o stellina

Figura 6-5: Box-plot



In sono riportati i grafici a box delle concentrazioni medie giornaliere misurate presso le due stazioni urbane di Verona: Cason e Borgo Milano, nell'anno 2012: i valori della mediana sono più elevati a Borgo Milano rispetto a Cason, specie nei mesi di gennaio, febbraio, marzo: in questi due ultimi mesi si registrano anche i valori massimi di concentrazione.

Figura 6-6: Diagramma a box del PM_{10} per le stazioni di B.go Milano e Cason nel 2012



7 Materiale particolato – $PM_{2.5}$

7.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Il 13 agosto 2010 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il decreto legislativo n° 155 sull' attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Tale Direttiva prevede per il materiale articolato $PM_{2.5}$ un valore-obiettivo e un valore limite per la protezione della salute umana.

Tipo di esposizione:		***ESPOSIZIONE CRONICA***		
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**	Data entro la quale dovrebbe essere raggiunto il valore-obiettivo: 1° gennaio 2015
Materiale particolato ($PM_{2.5}$)	Valore limite (Direttiva 2008/50/CE, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**25 µg/m³**	

7.2 VALORI MISURATI

Postazione	*concentrazione media annua* (µg/m^3)	*dati validi(%)*
Cason	24	97

La frazione $PM_{2.5}$ ha costituito nel 2012 il 77% del materiale particolato (PM_{10}) misurato a Cason. Anche la concentrazione di $PM_{2.5}$ mostra un andamento stagionale analogo a quello del PM_{10} come si può vedere dal grafico della figura seguente; nel mese di febbraio caratterizzato da un episodio acuto di inquinamento da PM_{10} le concentrazioni di $PM_{2.5}$ costituivano il 91% circa del particolato atmosferico.
In Figura 7-2 è riportato il diagramma a box per le concentrazioni del $PM_{2.5}$: tale grafico è costituito da un rettangolo (Figura 6-5) la cui base inferiore individua il primo quartile dell'insieme di dati, la base superiore evidenzia il terzo quartile e al suo interno è diviso dalla mediana. I segmenti (i "baffi") rappresentano il valore minimo, ovvero il valore al di sotto del quale sono compresi il 99% dei dati, e il valore massimo; ovvero il valore al di sopra del quale sono compresi solo l'1% dei dati. Infine i valori esterni a questi limiti (detti valori anomali) vengono individuati da un cerchietto o stellina. La mediana del mese di febbraio è decisamente superiore alla mediana dei rimanenti mesi dell'anno, sempre in tale mesi si registrano i valori più elevati.

Figura 7-1: Andamento stagionale delle concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ rilevate presso le stazioni di Cason nel 2012

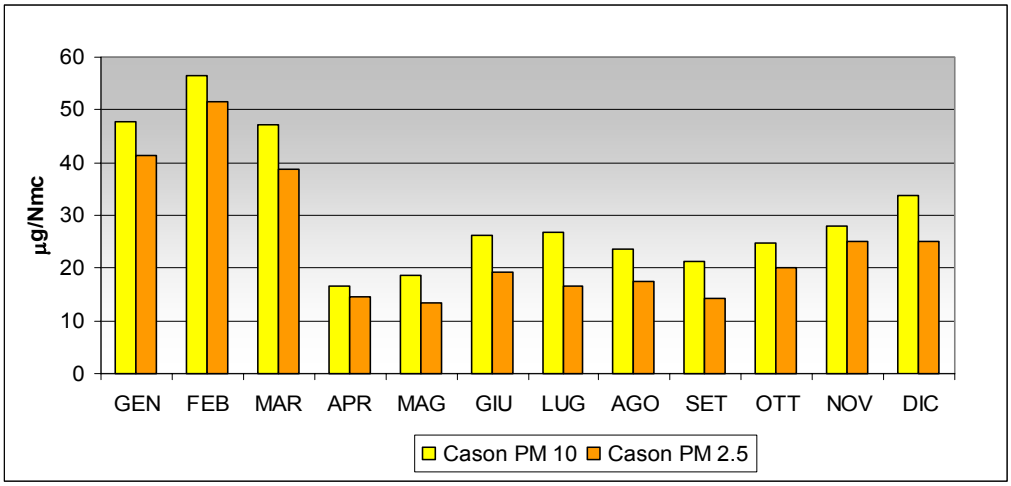
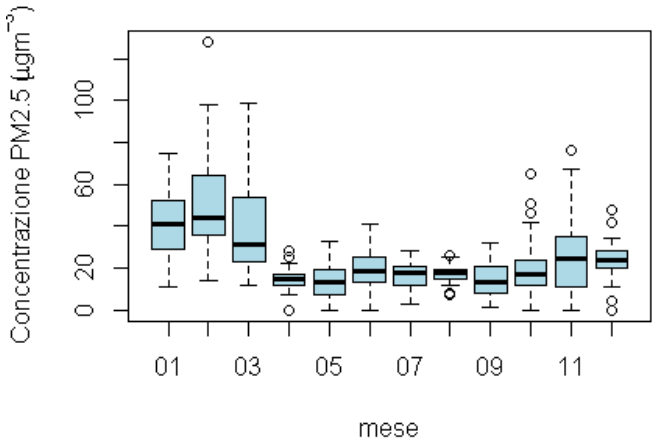


Figura 7-2: Diagramma a box del $Pm_{2.5}$ per la stazione di Cason nel 2012



8 Benzene – C_6H_6

8.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Benzene (C_6H_6)	Valore limite per la protezione della salute umana (DM 60/02, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**5 µg/m^3**

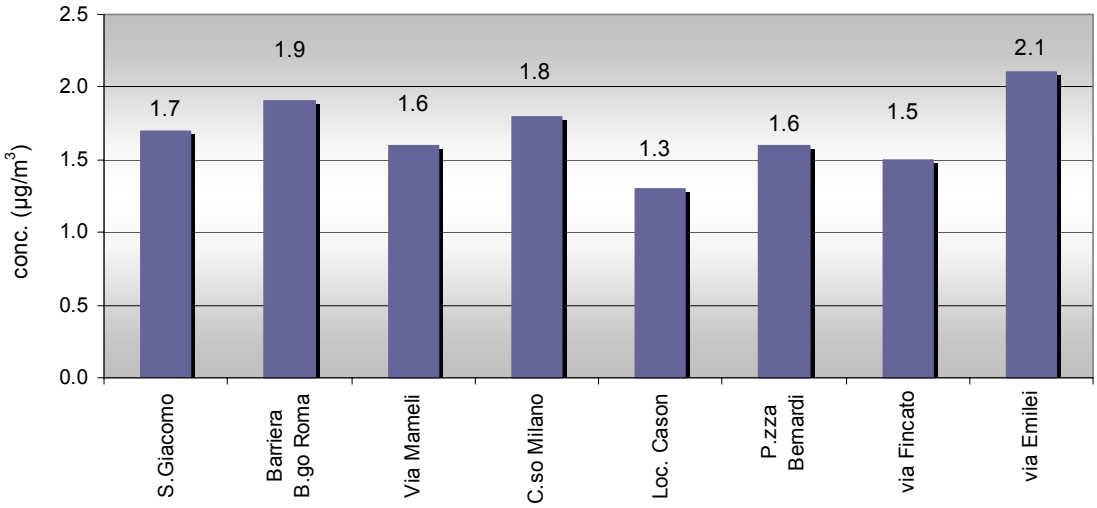
8.2 VALORI MISURATI

Il Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona misura giornalmente la concentrazione di benzene presso la postazione di Borgo Milano con campionatori attivi (fiale di carbone attivo) con cadenza di campionamento di 24 ore; inoltre effettua campagne di misura tramite campionatori passivi (radielli) dislocati in vari punti della città (8 punti di campionamento). I risultati delle misure effettuate con i campionatori attivi e passivi sono riportate nelle tabelle e grafici seguenti.

Benzene (campionamento attivo)	
Postazione	*concentrazione media annua*
Borgo Milano	1.8 µg/m^3

8.3 GRAFICI

Figura 8-1: concentrazioni medie giornaliere di benzene rilevate nel periodo gennaio-dicembre 2012 tramite l'utilizzo di radielli in diversi punti della città



9 Metalli e metalloidi

Dal 2006 viene misurata la concentrazione di metalli presenti nel particolato atmosferico totale nei filtri prelevati presso a stazione di Borgo Milano e Cason. La determinazione di tali metalli è effettuata per rispondere alla normativa vigente, ma anche per aumentare la conoscenza dei processi chimici e fisici che avvengono in atmosfera e che coinvolgono l'aerosol sia di origine antropica che naturale.

9.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Piombo	(DM 60/02, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	0.5 $\mu g/m^3$
Arsenico	Valore obiettivo di qualità (D.Lgs. n° 152 del 03/08/2007, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	6 ng/m^3
Cadmio	Valore obiettivo di qualità (D.Lgs. n° 152 del 03/08/2007, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	5 ng/m^3
Nichel	Valore obiettivo di qualità (D.Lgs. n° 152 del 03/08/2007, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	20 ng/m^3

9.2 VALORI MISURATI

Fra le fonti di nichel sono annoverate: l'utilizzo di olii pesanti e di carbone, catalizzatori, acciaio e leghe non ferrose: le concentrazioni rilevate non superano qualche ng/m^3.
La principale fonte di piombo era rappresentata dall'utilizzo di questo elemento quali antidetonante nelle benzine: l'utilizzo della benzina verde ha portato ad una radicale diminuzione di questo inquinante nell'ambiente. Le rilevazioni effettuate sono inferiori a 50 ng/m^3. Per quanto riguarda arsenico e cadmio le concentrazioni misurate sono inferiori ai limiti di rilevazione della strumentazione in gran parte dei campioni analizzati.

Tabella 9-1: concentrazioni di metalli ed altri elementi in tracce rilevati nei filtri di PM_{10} prelevati presso le stazioni di Borgo Milano e Cason

Valore medio annuo 2012 (ng/m^3)		
Tipo di metallo	*B.go Milano*	*Cason*
Piombo	10	12
Arsenico	0.6	0.6
Cadmio	0.2	0.2
Nichel	3.0	2.8

10 Idrocarburi policiclici aromatici – IPA

10.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
B (a)P	Valore obiettivo di qualità (D.Lgs. n° 155/10)	Anno civile	**1 ng/m^3**

10.2 VALORI MISURATI

Si riportano nella tabella sottostante oltre il Benzo(a)pirene anche gli altri componenti dell'IPA analizzati nei laboratori ARPAV di Verona e relativi alle postazioni di Borgo Milano e di Cason per l'anno 2012

Tabella 10-1: concentrazione di idrocarburi policiclici aromatici (in ng/m^3) misurate sui filtri di PM_{10} prelevati presso le stazioni di Borgo Milano e Cason

	Borgo Milano	**Cason**
Componente IPA	*concentrazione media annua ng/m^3*	*concentrazione media annua ng/m^3*
Benzo(a)Pirene	0.60	0.75
Benzo(a)Antracene	0.45	0.53
Benzo(b)Fluorantene	0.72	0.83
Benzo(g,h,i)Perilene	0.58	0.63
Benzo(k)Fluorantene	0.32	0.37
Crisene	0.81	0.89
Dibenzo(a,h)Antracene	0.04	0.05
Indeno(1,2,3-cd)Pirene	0.49	0.58

11 Qualità dell'aria in Provincia di Verona – Introduzione

In questo rapporto vengono analizzati gli andamenti delle concentrazioni dei principali inquinanti rilevati dalla rete di controllo della qualità dell'aria in provincia di Verona nell'anno 2012. I valori di concentrazione sono confrontati con i limiti previsti dall'attuale normativa. A titolo di esempio vengono riportati graficamente gli andamenti delle concentrazioni di ogni inquinante presso le postazioni di misura, espressi sia come valore di concentrazione giornaliera sia come giorno tipo e settimana tipo.

11.1 CRITICITÀ

- **Biossido di zolfo**: non vengono superati né i limiti per la protezione della salute umana, né quelli previsti per la protezione degli ecosistemi. Vi è generalmente una diminuzione nei valori medi giornalieri nel periodo estivo e al sabato ed alla domenica.
- **Biossido di azoto**:in tutte le postazioni non si segnala alcun **superamento** del valore limite per la protezione della salute umana pari a 40 µg/m^3 . A Fumane e San Bonifacio viene **superato** il valore limite per la protezione degli ecosistemi. Durante la settimana i valori più elevati si registrano dal mercoledì al venerdì. Non sono stati misurati superamenti del limite orario per la protezione della salute umana, pari a 200 µg/m^3
- **Monossido di carbonio**: nel corso del 2012 non sono stati registrati superamenti del valore limite per la protezione della salute umana (media massima su 8 ore), né dei valori limiti previsti dal D.Lgs. 155/2011. Si registra una diminuzione dei valori medi giornalieri in estate e nei giorni festivi.
- **Ozono**: nelle postazioni di San Bonifacio, Legnago e Bosco Chiesanuova sono stati registrati **superamenti** del livello di attenzione (D.Lgs. 155/2011), del livello di protezione della salute (D.Lgs. 155/2011) e dei livelli previsti per la protezione degli ecosistemi (D.Lgs. 155/2011), mentre non è stata mai superato in alcuna stazione la soglia di allarme. Pertanto durante il periodo estivo l'ozono rappresenta una costante criticità per il nostro territorio sia per l'esposizione acuta che cronica.
- **Benzene**: le concentrazioni medie annuali misurate tramite rilevatori passivi presso le postazioni fisse risultano inferiori a 5 µg/m^3.
- **Polveri sottili (PM_{10})**: Nella stazione di San Bonifacio è stato superato, di poco, il limite di concentrazione media annua pari a 40 µg/m^3, con una media annua di 41 µg/m^3 . Il valore limite giornaliero pari a 50 µg/m^3, da non superare più di 35 giorni in un anno è stato superato per 94 giorni a San Bonifacio, 49 giorni a Fumane e 16 giorni a Bosco Chiesanuova.

12 Biossido di zolfo – SO_2

12.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di zolfo (SO_2)	Valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	1 ora	**350 µg/m^3** da non superare più di 24 volte per anno civile
	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	24 ore	**125 µg/m^3** da non superare più di 3 volte per anno civile
	Soglia di allarme (D.Lgs. 155/201)	**500 µg/m^3** misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 Km^2 oppure in una intera zona o agglomerato, nel caso siano meno estesi	

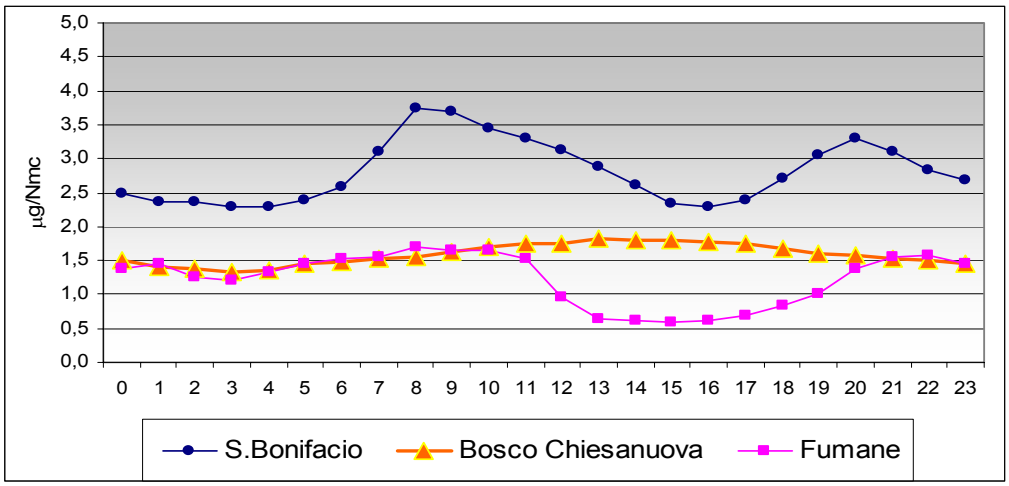
Tipo di esposizione:		*PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di zolfo (SO_2)	Valore limite per la protezione della vegetazione (D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**20 µg/m^3**

12.2 VALORI MISURATI

Postazione	*n° super. Limite orario*	*n° super. Limite giornaliero*	*n° super. Soglia allarme*	*Protezione ecosistemi: media anno*	*dati validi (%)*
S.Bonifacio	0	0	0	3 µg/m^3	93
Fumane	0	0	0	3 µg/m^3	91
Boscochiesanuova	0	0	0	2 µg/m^3	94

12.3 GRAFICI

Figura 12-1: Giorno tipo delle concentrazioni di SO_2 rilevate nell'anno 2012 nelle stazioni di San Bonifacio, , Bosco Chiesanuova, Fumane



Rappresentazione annuale del giorno tipo delle concentrazioni di SO_2

In Figura 12-2 e in Figura 12-3 si rappresenta in modo sintetico l'andamento delle concentrazioni di biossido di zolfo: in un singolo grafico sono visualizzate le variazioni di concentrazione orarie e mensili dell'inquinante. In ascissa sono riportati i mesi, in ordinata si possono leggere i valori di concentrazione mediati ora per ora (giorno tipo). La scala colorimetrica permette di individuare i livelli di concentrazione nel campo ora-mese: colori freddi verso il verde-blu indicano concentrazioni più basse rispetto a colori giallo-rosso scuro che individuano valori di concentrazioni più elevate.

Figura 12-2: andamento orario e mensile delle concentrazioni medie di SO_2 misurate presso la postazione di Fumane nell'anno 2012 (le celle bianche indicano mancanze di dati)

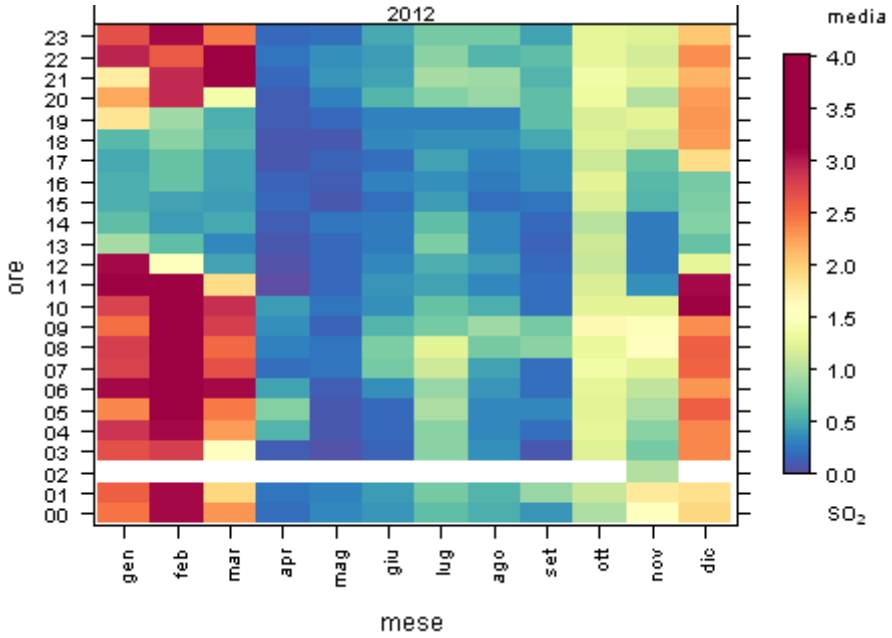
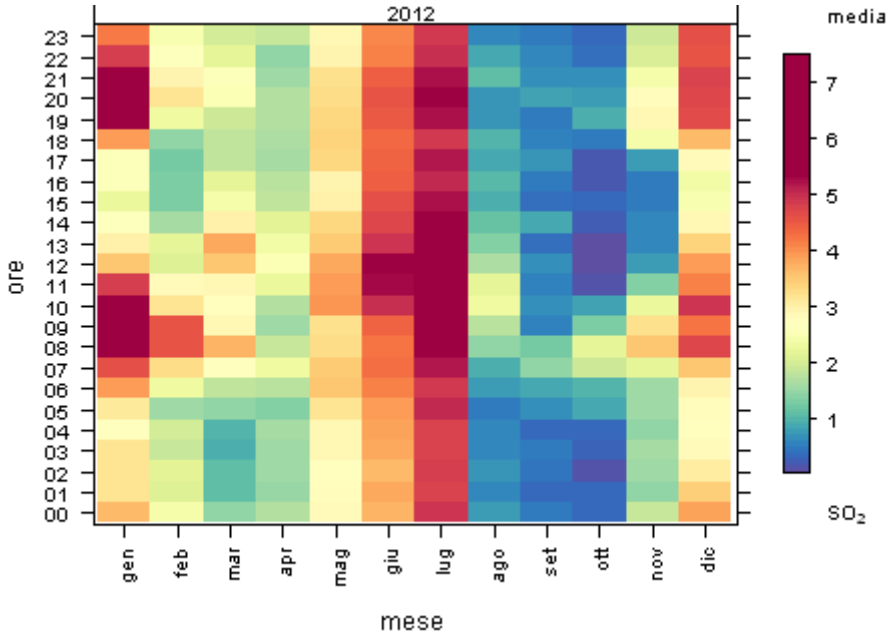


Figura 12-3: andamento orario e mensile delle concentrazioni medie di SO_2 misurate presso la postazione a San Bonifacio nell'anno 2012 (le celle bianche indicano mancanze di dati)



13 Biossido di azoto – NO_2

13.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	1 ora	**200 µg/m^3** da non superare più di **18 volte** per anno civile
	Soglia di allarme (D.Lgs. 155/2011)	**400 µg/m^3** misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 Km^2 oppure in una intera zona o agglomerato, nel caso siano meno estesi	

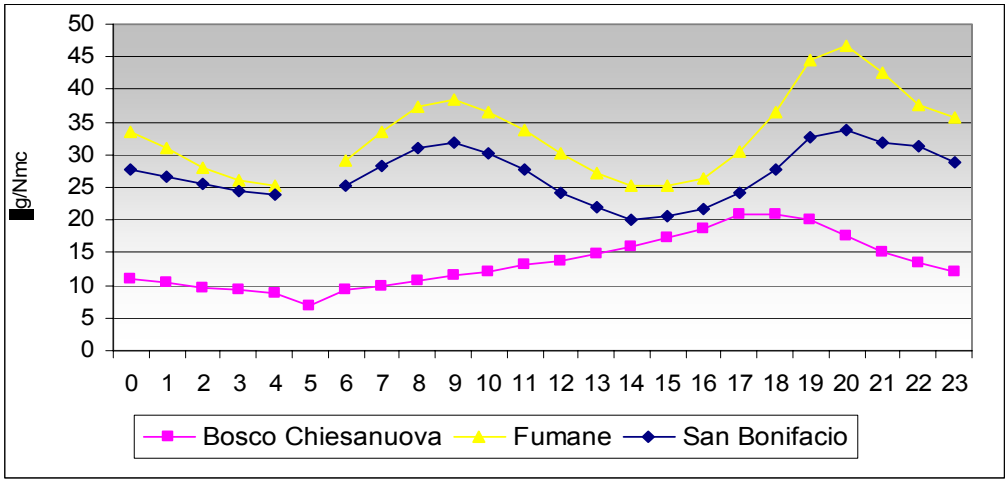
Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**40 µg/m^3**

Tipo di esposizione:		*PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite per la protezione della vegetazione (D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**30 µg/m^3**

13.2 VALORI MISURATI

NO_2					
Postazione	*n° super. Limite orario*	*n° super. soglia allarme*	*Valore medio annuo (µg/m^3)*	*Superamenti valore limite*	*Dati validi (%)*
Legnago	0	0	25	no vegetazione no salute	93
San Bonifacio	0	0	39	si vegetazione no salute	93
Boscochiesanuova	0	0	14	no vegetazione no salute	93
Fumane	0	0	31	si vegetazione no salute	75

Figura 13-1: Giorno tipo delle concentrazioni di NO_2 rilevate nell'anno 2012 presso le stazioni di Bosco Chiesanuova, Fumane, S. Bonifacio



Rappresentazione annuale del giorno tipo delle concentrazioni di NO_2

Nella Figura 13-2, e nelle altre analoghe successive, si rappresenta in modo sintetico l'andamento delle concentrazioni di biossido di azoto: in un singolo grafico sono visualizzate le variazioni di concentrazione orarie e mensili dell'inquinante. In ascissa sono riportati i mesi, in ordinata si possono leggere i valori di concentrazione mediati ora per ora (giorno tipo). La scala colorimetrica permette di individuare i livelli di concentrazione nel campo ora-mese: colori freddi verso il verde-blu indicano concentrazioni più basse rispetto a colori giallo-rosso scuro che individuano valori di concentrazioni più elevate.

A Fumane le concentrazioni più elevate si misurano nelle ore serali e notturne e nei mesi primaverili ed estivi, con valori di concentrazione superiori a 90 µg/m^3. A San Bonifacio i mesi più critici sono quelli invernali, in particolare le concentrazioni più elevate si misurano nelle ore di maggiore traffico fra le 9 e le 11 e le 19 e le 21. Presso la stazione di Boscochiesanuova le concentrazioni medie orarie sono in genere inferiori a 40 µg/m^3, solo nei mesi invernali e nelle ore serali si hanno valori superiori.

Figura 13-2: andamento orario e mensile delle concentrazioni medie di NO_2 misurate presso la postazione a **Fumane nell'anno 2012 (le celle bianche indicano mancanze di dati)**

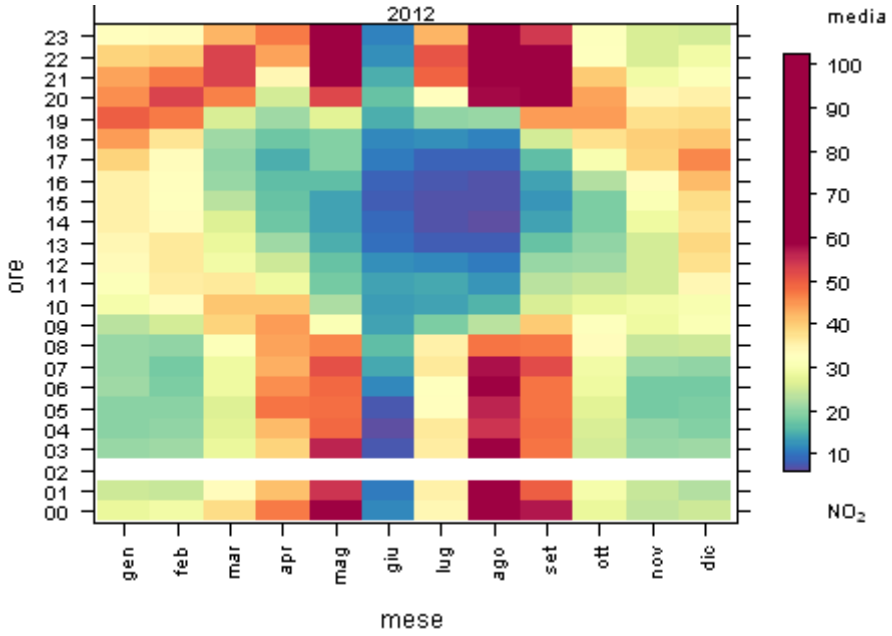


Figura 13-3: **andamento orario e mensile delle concentrazioni medie di NO_2 misurate presso la postazione di Bosco Chiesanuova nell'anno 2012**

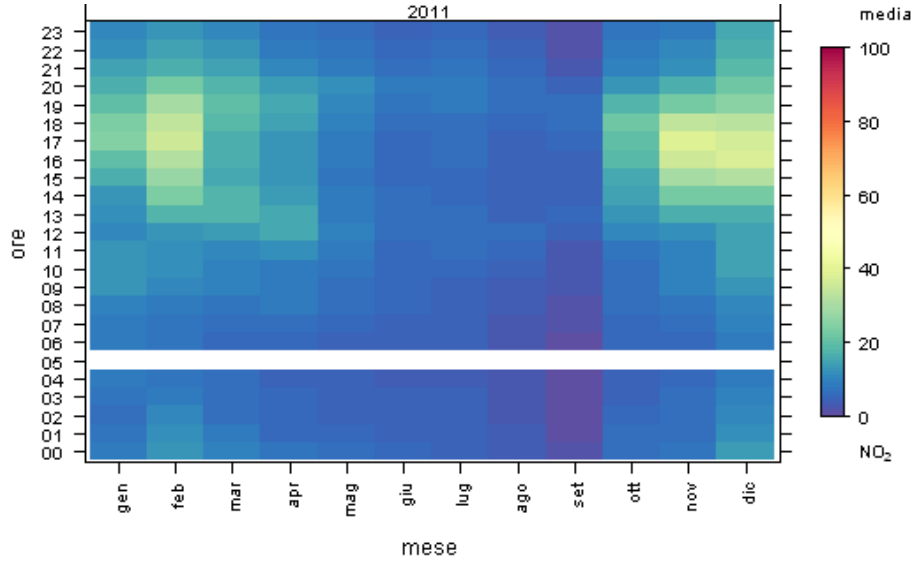


Figura 13-4: andamento orario e mensile delle concentrazioni medie di NO_2 misurate presso la postazione di San Bonifacio nell'anno 2012

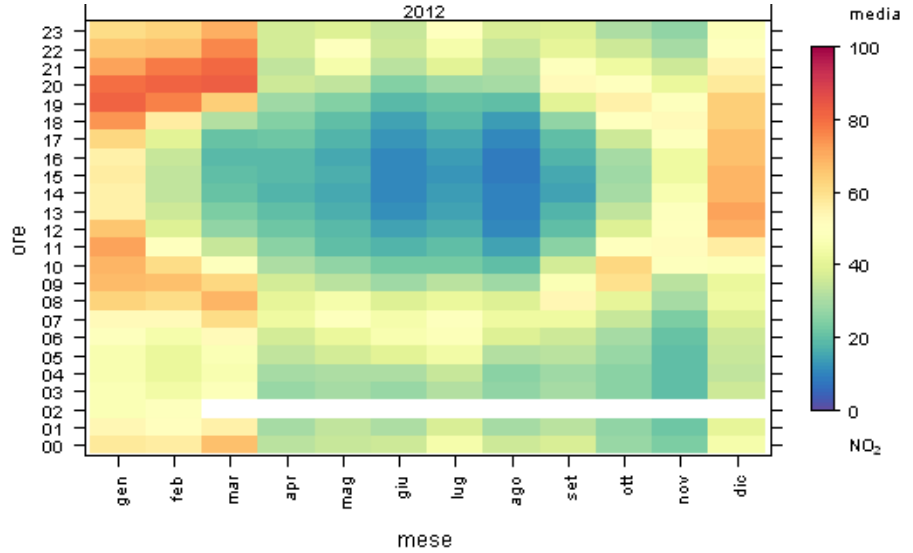
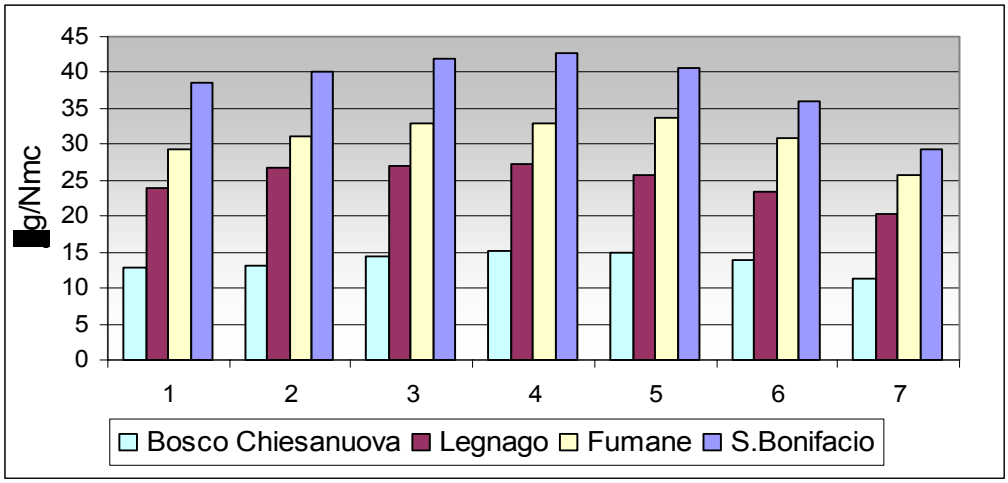


Figura 13-5: settimana tipo delle concentrazioni di NO_2 misurate presso le postazioni di Bosco Chiesanuova, Legnago, Fumane, San Bonifacio nell'anno 2012



14 Monossido di carbonio - CO

14.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Parametro**	**Tipo di limite**
Monossido di Carbonio (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana (DL.gs155/10)	**Monossido di Carbonio (CO)**	Valore limite per la protezione della salute umana (DL.gs155/10)

14.2 VALORI MISURATI

Postazione	*Concentrazione media annua (mg/m^3)*	*n° super. limite orario*	*n° super. conc. 8h*	*Dati validi (%)*
S.Bonifacio	0.6(*)			34
Bosco Chiesanuova	0.3			95

(*) *Il monitoraggio della CO è cessato ad aprile pertanto il valore medio tiene conto solo del periodo invernale*

15 Ozono- O_3

15.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*		
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**	**Riferimento legislativo**
Ozono (O_3)	Soglia di informazione	Concentrazione media di 1 ora	**180 µg/m^3**	DLgs 21 maggio 2004 n. 183
	Soglia di allarme	Concentrazione media di 1 ora	**240 µg/m^3**	DLgs 21 maggio 2004 n. 183

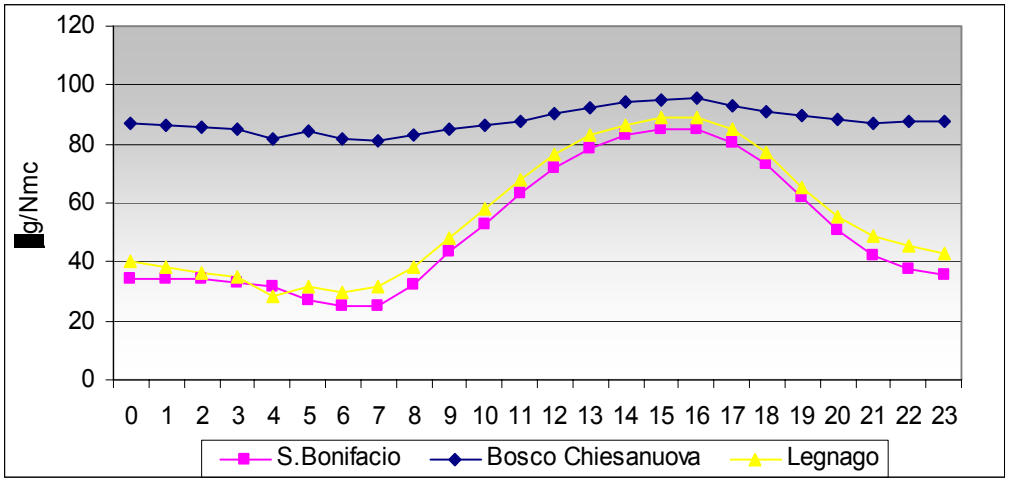
Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*		
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**	**Riferimento legislativo**
Ozono (O_3)	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute	Concentrazione media su 8 h massima giornaliera	**120 µg/m^3**	DLgs 21 maggio 2004 n. 183
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	**18 000 µg/m^3·h come media su 5 anni**	DLgs 21 maggio 2004 n. 183

15.2 VALORI MISURATI

O_3					
Postazione	*super. soglia di informazione*	*super. soglia di allarme*	*super. livelli protezione salute*	*AOT40 su base annua (µg/m^3 h)*	*Dati validi (%)*
Legnago	43	0	97	47415	56
San Bonifacio	52	0	81	42075	95
Bosco Chiesanuova	81	0	101	48647	88

15.3 GRAFICI

Figura 15-1: Giorno tipo delle concentrazioni di ozono rilevate nell'anno 2012 presso le postazioni di San Bonifacio, Legnago, Boscochiesanuova



E' interessante notare la differenza tra la struttura del grafico del giorno tipo (Figura 15-1) della stazione montana di Bosco Chiesanuova e quello delle stazioni di pianura di San Bonifacio e Legnago, il primo presenta valori più alti e per lo più costanti per tutto il corso della giornata dovuti alla cosiddetta "riserva di ozono" tipica della fascia collinare-pedemontana, mentre il secondo risente del meccanismo di produzione-rimozione con massimo nelle ore di maggior soleggiamento.

Plot-calendario dei dati di qualità dell'aria

Con l'introduzione del plot-calendario è possibile identificare giorno per giorno attraverso una scala colorimetrica la concentrazione media di un determinato inquinante: in Figura 15-2 e in Figura 15-3 sono riportati i grafici delle concentrazioni di ozono rilevate presso le stazioni di Bosco Chiesanuova e San Bonifacio. La soglia iniziale è stata scelta pari a 50 µg/ m^3 , pertanto le celle non colorate indicano che in quel giorno il valore medio dell'inquinante è stato inferiore a quella soglia. Si noti come anche nei mesi invernali venga superato a Bosco Chiesanuova per più giorni tale soglia.

I giorni con le concentrazioni medie più elevate si sono avuti da marzo a settembre presso la stazione di fondo remoto di Bosco Chiesanuova, mentre da maggio ad agosto presso la stazione di San Bonifacio. L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione degli inquinanti primari, quali composti organici volatili e ossidi di azoto. In particolare il verificarsi di intensa radiazione solare, temperatura mite o alta e venti moderati favorisce la formazione di smog fotochimico e l'aumento delle concentrazioni troposferiche di ozono; nell'arco della giornata e nelle stazioni di pianura, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare; nelle stazioni di collina o montagna vi è una maggiore stazionarietà delle concentrazioni per tutto l'arco della giornata . Infatti dal confronto fra i due grafici del giorno tipo, si nota come le concentrazioni maggiori si raggiungano nelle zone rurali, lontano da fonti di emissione dirette di ossidi di azoto, che contribuiscono a "consumare" ozono per produrre biossido di azoto tramite reazioni fotochimiche.

Figura 15-2: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di ozono misurate presso la postazione di Bosco Chiesanuova nell'anno 2012

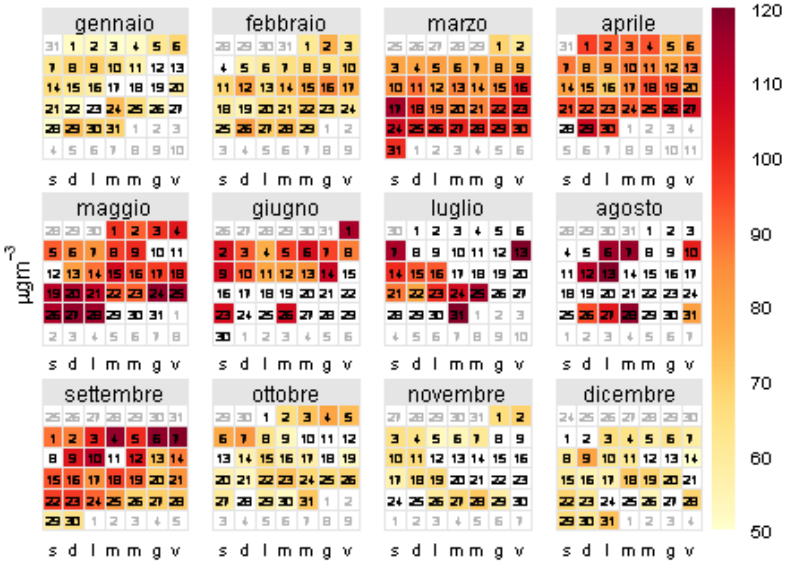
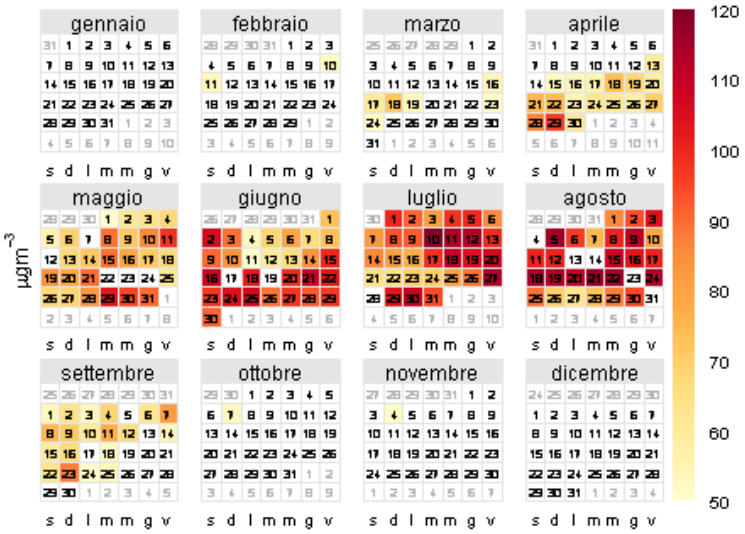


Figura 15-3: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di ozono misurate presso la postazione di San Bonifacio nell'anno 2012



16 Materiale particolato – PM_{10}

16.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE ACUTA*	
parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Materiale particolato (PM_{10})	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana (DL.gs 155/10)	24 ore	**50 µg/m^3** da non superare più di **35 volte** per anno civile

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Materiale particolato (PM_{10})	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (DL.gs 155/10)	Anno civile	**40 µg/m^3**

16.2 VALORI MISURATI

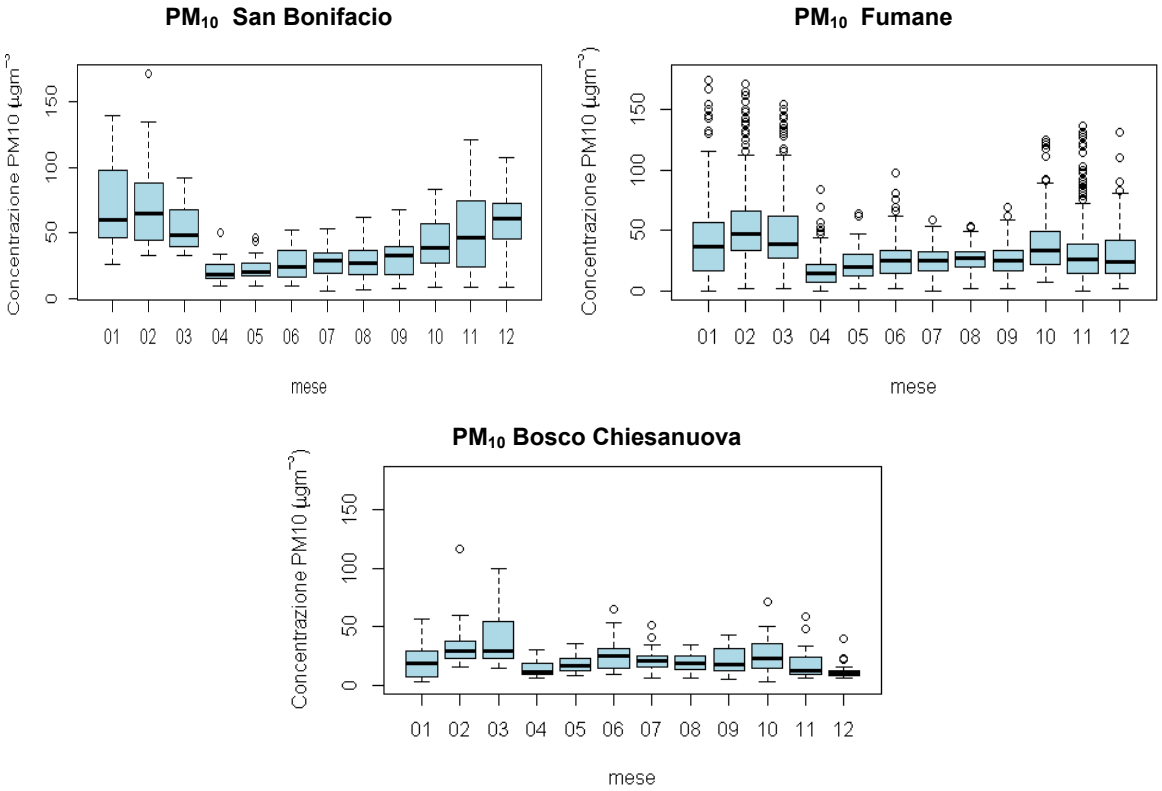
PM_{10}			
Postazione	*n°di superamenti limite 24h*	*concentrazione media annua* (µg/ m^3)	*Dati validi (%)*
Boscochiesanuova	16	22	98
San Bonifacio	94	41	93
Fumane	49	32	98

16.3 GRAFICI

Grafico box-plot dei dati di qualità dell'aria

Il box-plot è una rappresentazione grafica che permette di descrivere una distribuzione di dati attraverso indici sintetici. Tale grafico è costituito da un rettangolo (Figura 6-5) la cui base inferiore individua il primo quartile dell'insieme di dati, la base superiore evidenzia il terzo quartile e al suo interno è diviso dalla mediana. I segmenti (i "baffi") rappresentano il valore minimo, ovvero il valore al di sotto del quale sono compresi il 99% dei dati, e il valore massimo; ovvero il valore al di sopra del quale sono compresi solo l'1% dei dati. Infine i valori esterni a questi limiti (detti valori anomali) vengono individuati da un cerchietto o stellina. In Figura 16-1 sono riportati i diagrammi a box delle concentrazioni di PM_{10} delle stazioni di San Bonifacio, Fumane, Bosco Chiesanuova e Bovolone.

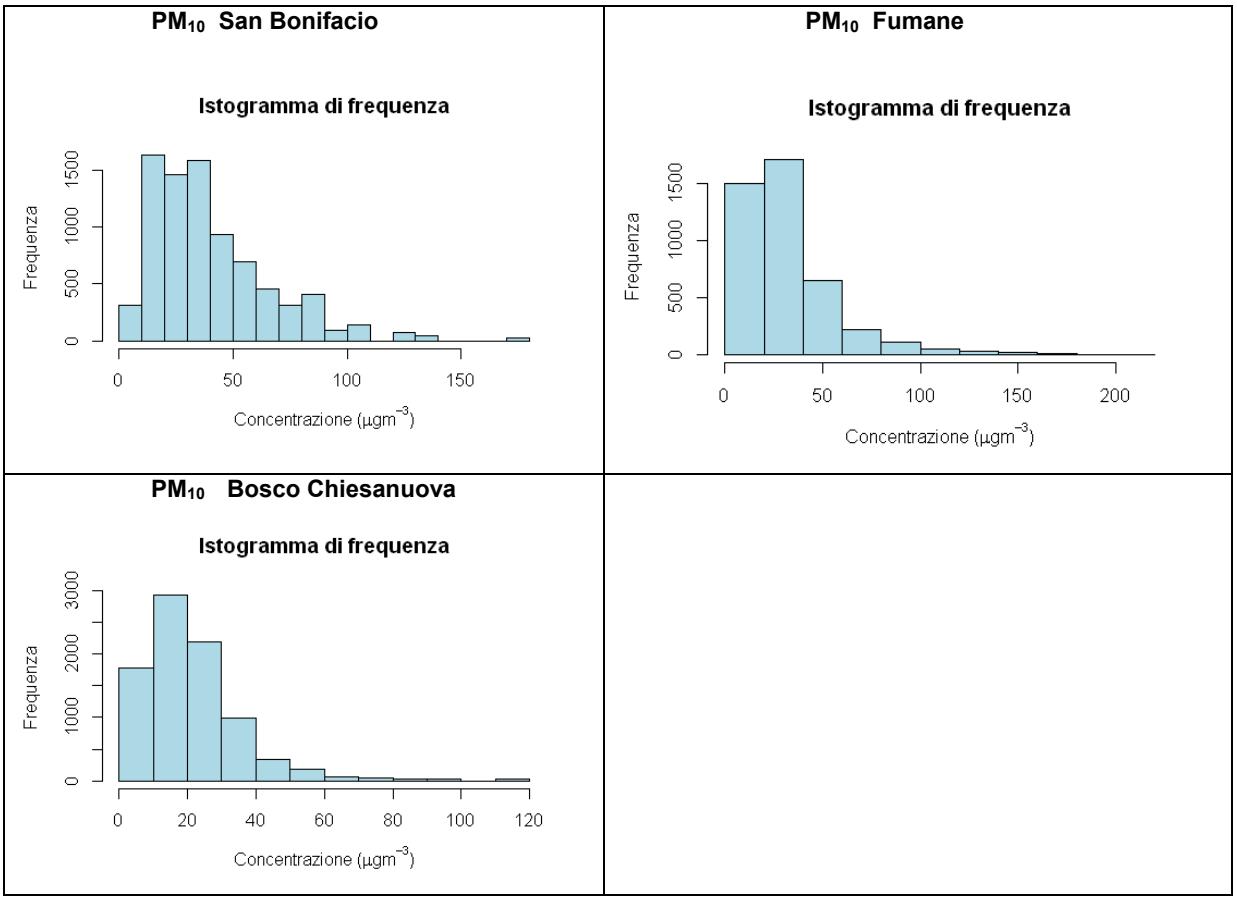
Figura 16-1: Diagramma a box del PM_{10} per le stazioni di San Bonifacio, Fumane e Bosco Chiesanuova nel 2012



Le mediane delle concentrazioni di PM_{10} rilevate a San Bonifacio sono più elevate rispetto a quelle delle concentrazioni rilevate a Fumane e Bosco Chiesanuova in particolare nei mesi invernali, i valori massimi sono confrontabili con quelli rilevati a Fumane, la distribuzione di valori di concentrazione rilevati a Fumane mostra numerosi outlier in particolare nei mesi invernali in cui si verificano episodi acuti di inquinamento atmosferico.

In Figura 16-2 sono riportate le distribuzioni in frequenza delle concentrazioni di PM_{10} misurate presso le stazioni provinciali della rete di monitoraggio: ogni classe ha larghezza pari a 10 µg/m^3, sull'asse verticale è rappresentata la frequenza in cui si presentano i dati appartenenti ad una singola classe (moltiplicato x 20 per facilità di lettura). Ad esempio presso le stazioni di Fumane e in particolare di Bosco Chiesanuova sono state misurate con maggiore frequenza concentrazioni inferiori a 40 µg/m^3. Presso la stazione di San Bonifacio le classi più popolate sono quelle di concentrazione compresa fra 20 e 30 µg/m^3 e fra 30 e 40 µg/m^3, ma risultano popolate con frequenza significativa le classi di concentrazione superiori a 40 e inferiori a 100 µg/m^3.

Figura 16-2: Istogramma di frequenza per classi dimensionali del PM_{10} per le stazioni di San Bonifacio, Fumane e Bosco Chiesanuova nel 2012



Plot-calendario dei dati di qualità dell'aria

Con l'introduzione del plot-calendario è possibile identificare giorno per giorno attraverso una scala colorimetrica la concentrazione media di un determinato inquinante: in Figura 16-3 e in Figura 16-4 sono riportati i grafici delle concentrazioni di PM_{10} rilevate presso le stazioni di San Bonifacio, Fumane e Bosco Chiesanuova. La soglia iniziale è stata scelta pari a 50 µg/ m^3, pertanto le celle colorate indicano i giorni nei quali si è avuto il superamento del valore limite giornaliero. Il numero all'interno della casella indica la data di quel giorno.

I mesi più critici sono stati gennaio, febbraio, novembre e dicembre. In particolare il mese di febbraio è stato caratterizzato da livelli elevati di PM_{10} anche nella stazione di Fumane.

Figura 16-3 plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} rilevate nell'anno 2012 superiori ai 50 µg/ m^3 presso le postazioni di San Bonifacio

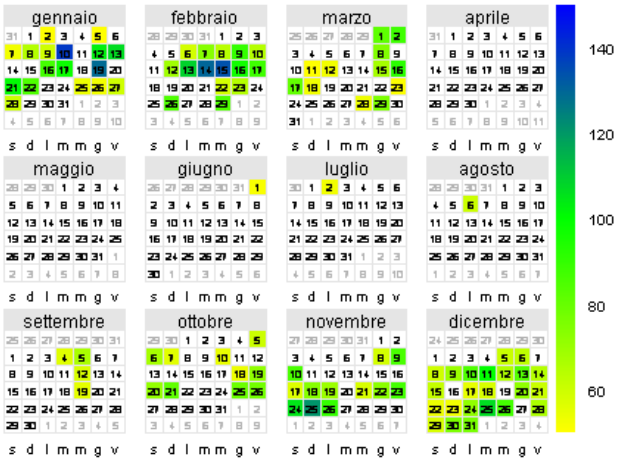


Figura 16-4: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} rilevate nell'anno 2012 superiori ai 50 µg/ m^3 presso la postazioni di Fumane

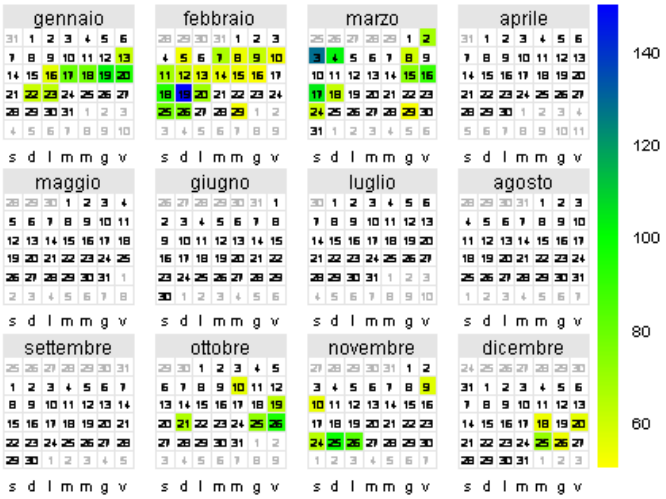
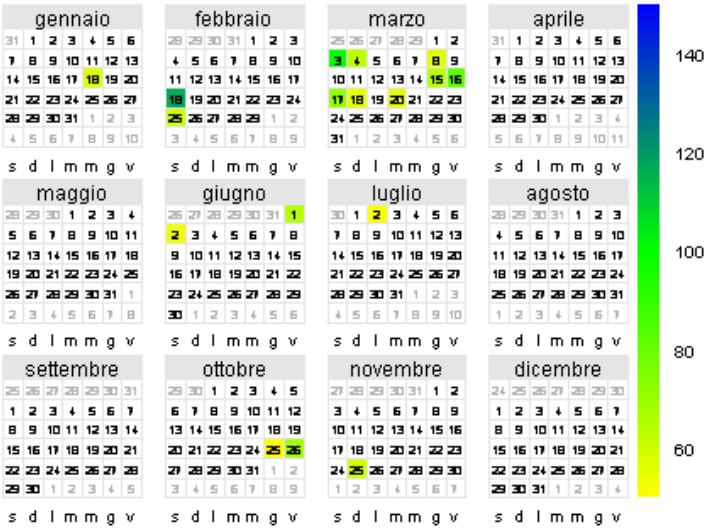


Figura 16-5: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} rilevate nell'anno 2012 superiori ai 50 µg/ m^3 presso la postazioni di Bosco Chiesanuova e vettore vento medio giornaliero



17 Benzene – C_6H_6

17.1 ADEMPIMENTI NORMATIVI

Tipo di esposizione:		*ESPOSIZIONE CRONICA*	
Parametro	**Tipo di limite**	**Periodo di mediazione**	**Valore limite**
Benzene (C_6H_6)	Valore limite per la protezione della salute umana (DM 60/02, D.Lgs. 155/2011)	Anno civile	**5 µg/m³**

17.2 VALORI MISURATI

Le concentrazioni di benzene in aria ambiente sono state misurate tramite l'utilizzo di rivelatori passivi (radielli) presso le postazioni fisse della rete provinciale di qualità dell'aria. Nella tabella seguente sono riportate le concentrazioni misurate presso le postazioni fisse.

Tabella 17-1: concentrazioni di benzene rilevate nel 2011 tramite campionatori presso le stazioni di Legnago, e San Bonifacio, nel 2012

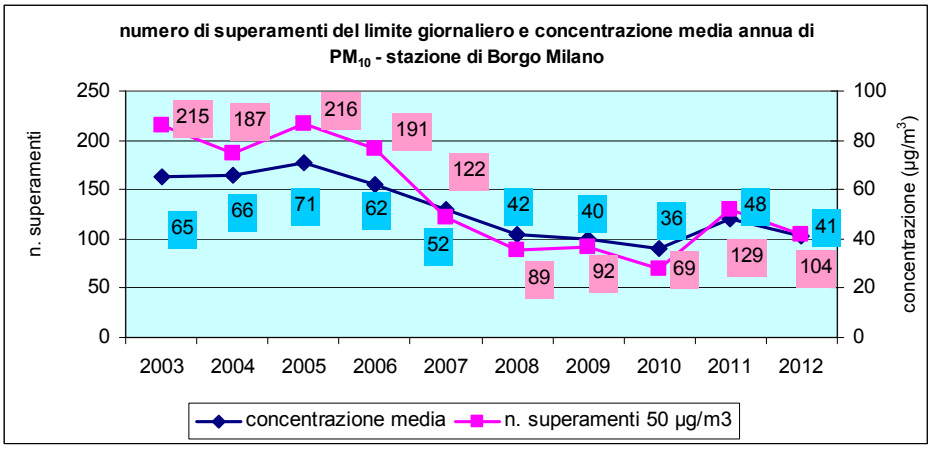
Postazione	*Concentrazione media benzene (µg/m³)*	*Dati validi (%)*
Legnago	1.5	100
San Bonifacio	1.7	100

18 Andamento del PM_{10} a Verona e provincia dal 2003 al 2012

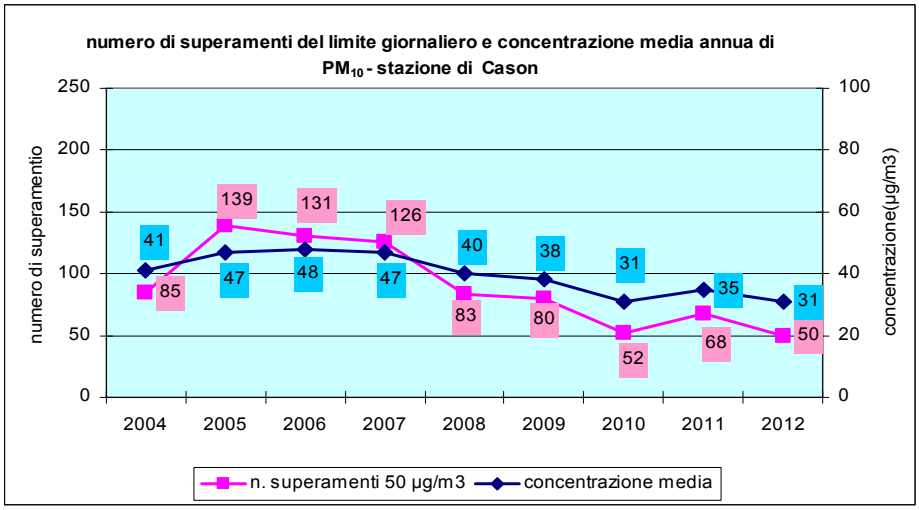
Nell'ambito urbano di Verona sono presenti due stazioni fisse di misura dell'inquinamento atmosferico da polveri sottili: Borgo Milano e Verona Cason. La prima è una stazione di "traffico" nella quale si effettua il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico che caratterizza situazioni urbane a elevata densità abitativa, presso strade con flussi elevati di veicoli. La seconda si trova in una zona suburbana ed è quindi una stazione in cui viene misurata la concentrazione degli inquinanti che caratterizza il fondo urbano; presso questa stazione è attivo da marzo 2007 anche il monitoraggio in continuo del $PM_{2.5}$. Si riporta nel grafico di
Figura 18-1 l'andamento della concentrazione media annua e dei superamenti di legge per il PM_{10} osservati nelle due stazioni della rete fissa di monitoraggio del Dipartimento Provinciale di Verona dal 2003 al 2012. Si ricorda che la normativa per quanto concerne l'esposizione acuta al PM_{10} prevede un valore limite giornaliero per la protezione della salute umana pari a 50 µg/m^3 da non superare più di 35 volte per anno civile, mentre per la protezione dall'esposizione cronica non si deve superare il valore medio annuo di 40 µg/m^3.
Il valore di concentrazione media annua rilevato presso la stazione di Borgo Milano nel periodo 2004-2012, è diminuito passando da un massimo di 71 µg/m^3 nel 2005 al valore di 36 µg/m^3 rilevato nel 2010. Nel 2011 vi è stato un aumento delle concentrazioni giornaliere, con una media annua di 48 µg/m^3, nel 2012 nuova diminuzione fino a 41 µg/m^3. Analoga iniziale riduzione si è avuta nel numero di superamenti del limite giornaliero: per quest'ultimo si è passati da un massimo di 209 superamenti nel 2005 ad un valore di 69 nel 2010, con una riduzione quindi del 67%, nel 2011 il numero di superamenti è aumentato, ma nel 2012 è diminuito portandosi a 104 superamenti; valori più elevati ci sono stati nel 2011 e nel 2007.

Figura 18-1: Andamento del PM_{10} dal 2003 al 2012 a Verona nelle stazioni di Borgo Milano a) e Cason b)

a)



b)

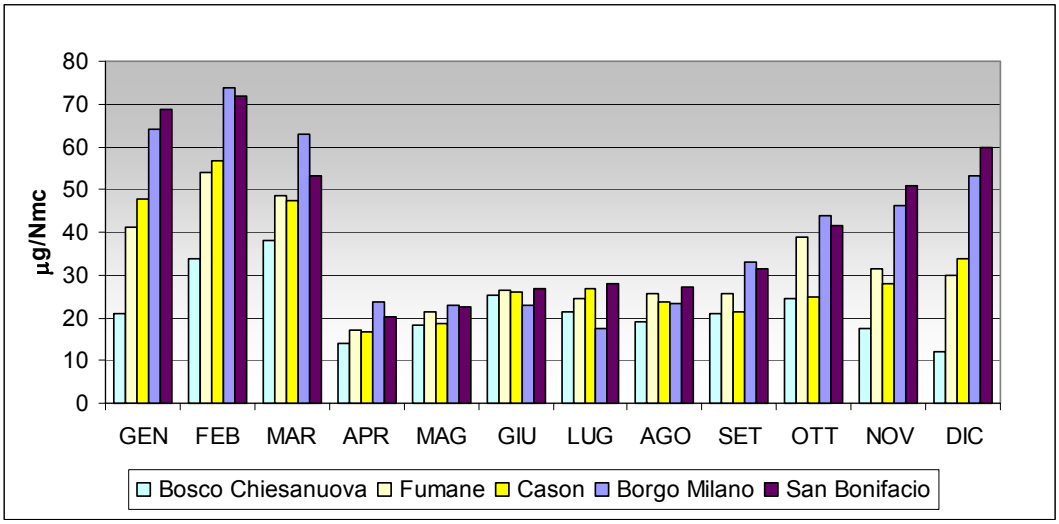


L'andamento dei valori medi di concentrazione e del numero di superamenti rilevati presso la stazione fissa di fondo urbano di Cason conferma il trend in diminuzione di questi ultimi anni, nonché l'aumento del 2011 e la diminuzione del 2012.
Si fornisce, inoltre, il dato relativo alla concentrazione media di $PM_{2,5}$ rilevato presso la stazione di Cason dal gennaio 2008 e il valore percentuale del rapporto fra le concentrazioni di $PM_{2.5}$ e di PM_{10}: mediamente la parte più fine del particolato costituisce a Verona oltre il 70% del particolato misurato, da segnalare tuttavia che per il 2011 la percentuale è stata del 80%. In Tabella 18-1 sono riassunti i valori di concentrazione media di PM_{10} e il numero di superamenti del valore limite per la protezione della salute, rilevati dal 2004 a oggi nelle stazioni della rete di monitoraggio ARPAV di Verona.
In figura Figura 18-2 è riportato l'andamento delle concentrazioni medie mensili di PM_{10} rilevate presso le stazioni di Verona e provincia nell'anno 2012: i mesi invernali si confermano quelli più critici, in particolare le stazioni di Verona Borgo Milano e San Bonifacio rilevano valori di PM_{10} superiori a 40 µg/m^3 nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre.

Tabella 18-1: concentrazioni medie annue e superamenti del valore limite giornaliero per il PM_{10} rilevato presso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPAV –Verona.

Borgo Milano	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
n. superamenti 50 µg/m^3	187	216	191	122	89	92	69	129	104
concentrazione media (µg/m^3)	66	71	62	52	42	40	36	48	41
Cason $PM_{2.5}$									
concentrazione media (µg/m^3)					28	27	24	28	24
$PM_{2.5}/PM_{10}$ in %					70%	71%	77%	80%	77%
Cason PM_{10}									
n. superamenti 50 µg/m^3	85	139	131	126	83	80	52	68	50
concentrazione media (µg/m^3)	41	47	48	47	40	38	31	35	31
Boscochiesanuova									
n. superamenti 50 µg/m^3				19	19	10	16	13	16
concentrazione media (µg/m^3)				20	20	20	20	20	22
Fumane									
n. superamenti 50 µg/m^3					57	55	54	56	49
concentrazione media (µg/m^3)					34	34	32	34	32
San Bonifacio									
n. superamenti 50 µg/m^3							80	108	94
concentrazione media (µg/m^3)							37	50	41

Figura 18-2: Andamento delle concentrazioni mensili di PM_{10} misurate presso le centraline ARPAV di Verona Borgo Milano e Verona Cason, e presso le stazioni della provincia nel 2012


80
70
60
50
40
30
20
10
0
µg/Nmc
GEN
FEB
MAR
APR
MAG
GIU
LUG
AGO
SET
OTT
NOV
DIC
Bosco Chiesanuova
Fumane
Cason
Borgo Milano
San Bonifacio

Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona
Via Dominutti,8
37138 Verona
Italy
Tel. +39 045 8016 906
Fax +39 045 8016 888
e-mail: dapvr@arpa.veneto.it

marzo 2013