



Relazione sulla qualità dell'aria Anno 2015

Provincia di Verona







RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Ing. Giancarlo Cunego

Servizio Controlli Ambientali

Dottoressa Francesca Predicatori

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. 01/2016	Data : 31/03/2016
F.to II Tecnico Unità Operativa Fisica Ambientale Dr.ssa Simona De Zolt Sappadina	F.to II Dirigente Unità Operativa Fisica Ambientale Dr.ssa Francesca Predicatori
Surara De Folt Soppadire	Froted





INDICE

1	Int	roduzione	3
2	Ca	aratteristiche dei principali inquinanti	3
	2.1	Polveri sottili (PM10, PM2.5)	
	2.2	Biossido di azoto (NO ₂)	
	2.3	Biossido di zolfo (SO ₂)	3
	2.4	Monossido di carbonio (CO)	3
	2.5	Ozono (O ₃)	3
	2.6	Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene (BTEX)	3
	2.7	Metalli	
	2.8	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	
3	Ind	quinanti monitorati e normativa di riferimento	3
4	Inf	ormazioni sulla strumentazione e sulle analisi	3
5	Ar	nalisi dei principali inquinanti	3
	5.1	Ossidi di azoto (NOx)	3
	5.2	Monossido di carbonio (CO)	3
	5.3	Biossido di zolfo (SO2)	
	5.4	Ozono (O ₃)	3
	5.5	Analisi del materiale particolato di diametro inferiore a 10 µg/m3 (PM10)	3
	5.6	Analisi del materiale particolato di diametro inferiore a 2.5 µg/m³ (PM2.5)	3
	5.7	Analisi dei BTEX (benzene, toluene, etilbenzene, xilene)	3
	5.8	Analisi degli IPA (idrocarburi policiclici aromatici)	
	5.9	Analisi dei metalli	3
6	Ar	nalisi dell'andamento interannuale dei principali inquinanti e influenza della	
m	eteor	ologia	3
7	Ind	dice di qualità dell'aria	3
8	Ar	nalisi delle campagne di misura con mezzo mobile	3
9		aratterizzazione dei siti e tempi di realizzazione	
1(Analisi dei principali inquinanti	
	10.1	Biossido di azoto (NO ₂) – Ossidi di azoto (NO _X)	3
	10.2	Ozono (O ₃)	
	10.3	Polveri atmosferiche inalabili (PM10)	
	10.4	BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni)	
	10.5	IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	3
	10.6	Metalli (Pb, As, Cd, Ni)	3
1	1	Nuova stazione fissa di Verona – Giarol Grande	3
12		Analisi dei principali inquinanti	
	12.1	Ossidi di azoto (NOx)	
	12.2	Ozono (O ₃)	
	12.3	Polveri sottili (PM10)	
	12.4	Benzene, benzoapirene, metalli	
13	3	Conclusioni	3

1 Introduzione

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle analisi dei dati di qualità dell'aria, misurati presso le stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria della provincia di Verona, poste a Verona Cason, Verona Borgo Milano, Bosco Chiesanuova, San Bonifacio e Legnago. Sono, inoltre, analizzati i dati della stazione del comune di Fumane, e quelli di Ca' del Bue e San Giovanni Lupatoto, che fanno parte della rete di monitoraggio dell'impianto AGSM di Ca' del Bue.

La posizione delle stazioni è rappresentata in Figura 1: le due stazioni di VR-Cason e VR-Borgo Milano si trovano nel comune di Verona, e rappresentano una situazione di fondo urbano e di traffico urbano, rispettivamente. La stazione di Bosco Chiesanuova, situata a 825 m di quota slm, rappresenta una situazione di fondo, essendo lontana dalle fonti di pressione più significative che si trovano in pianura. Anche la stazione di Fumane può essere considerata di "fondo", pur essendo più vicina ai grossi agglomerati urbani e industriali, e situata a quota più bassa (184m slm). La stazione di San Bonifacio è di "traffico urbano" e quella di Legnago di "fondo urbano".

In data 14 dicembre 2015, la stazione di VR-Cason è stata disattivata, e successivamente spostata in località VR-Giarol Grande, dove ha ripreso a funzionare il 19 dicembre 2015. Le statistiche dei parametri relativi a questa nuova postazione non sono state riportate insieme alle altre, essendo disponibili meno di due settimane di dati. Al capitolo 11 sono riportati i risultati di un confronto tra le due postazioni di VR-Cason e VR-Giarol, basato sui dati di una campagna condotta nel 2014.

Nel corso dell'anno, sono state svolte alcune campagne di misura con le stazioni rilocabili, in varie località della provincia. Per una stessa località vengono sempre svolti due fasi di misurazione, una in periodo estivo e una in periodo invernale, in modo che i dati siano rappresentativi della situazione media dell'anno. I dati delle campagne sono discussi al capitolo 8.

Stazione	Rete	Acronimo usato nei grafici	Tipologia
Bosco Chiesanuova	Provincia	BoscoC	fondo rurale
Legnago	Provincia	Legnago	fondo urbano
San Bonifacio	Provincia	SBonifacio	traffico urbano
Fumane	Provincia	Fumane	fondo urbano
Verona - Giarol Grande	Comune	VR-Giarol	fondo urbano
Verona - Borgo Milano	Comune	BgoMilano	traffico urbano
San Giovanni Lupatoto	AGSM	SGiovanniL	fondo urbano
Ca' del Bue	AGSM	CaDelBue	fondo urbano

Tabella 0. Stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria in provincia di Verona.

Posizione stazioni QA 45.6 - Boscochiesanuova Furmane 45.5 - VR - Cason VR - Borgo Milano VR - Cason VR - Ca

Figura 1. Mappa delle centraline per il monitoraggio della qualità dell'aria della provincia di Verona.

2 Caratteristiche dei principali inquinanti

2.1 Polveri sottili (PM10, PM2.5)

Con il termine polveri sottili o PM10 si indica la componente con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm del particolato aereodisperso. Si tratta di un insieme alquanto eterogeneo di composti che in parte derivano dall'emissione diretta causata dalle attività antropiche quali traffico, industria, riscaldamento. In parte (si stima per più dell'80%) è prodotto da reazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera e coinvolgono i composti organici volatili, ammoniaca, gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo. Inoltre, grazie alle ridotte dimensioni, le particelle di PM10 possono rimanere in atmosfera per periodi di tempo anche relativamente lunghi prima di subire il processo di dilavamento o sedimentazione. Non è quindi possibile legare la concentrazione di PM10 misurata localmente con una o più precise fonti emissive poiché essa è il risultato di un complesso insieme di fenomeni che implicano l'emissione di sostanze inquinanti, il loro ricombinarsi e coagularsi in atmosfera, il trasporto dovuto alle dinamiche dei bassi strati dell'atmosfera. Questo spiega la diffusione pressoché omogenea del PM10 sul nostro territorio.

Il PM2.5 è costituito dalla frazione con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm delle polveri aereodisperse, costituisce circa il 60-70% del PM10. Viene indicato come "frazione respirabile" delle polveri poiché a causa delle sue ridotte dimensioni penetra fino agli alveoli polmonari. Può essere originato sia per emissione diretta sia in seguito a reazioni nell'atmosfera di composti chimici quali ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ammoniaca e composti organici. Le fonti antropiche

possono essere ricondotte essenzialmente ai processi di combustione (traffico veicolare, utilizzo di combustibili nei processi industriali) e a emissioni industriali. Il tempo di residenza in atmosfera delle polveri fini in atmosfera può essere di diversi giorni.

2.2 Biossido di azoto (NO₂)

Con il termine ossidi di azoto si indica una famiglia di composti i più caratteristici dei quali sono il monossido (NO) ed il biossido di azoto (NO₂). Il monossido di azoto (NO) è un gas incolore e inodore che si forma in tutti i processi di combustione, indipendentemente dalla composizione chimica del combustibile, poiché l'azoto e l'ossigeno che lo costituiscono sono naturalmente presenti nell'atmosfera e si combinano in tutti i processi in cui si raggiungono temperature sufficientemente elevate (>1210°C). Tali valori sono normalmente raggiunti nei motori a combustione interna. Nei processi di combustione si forma anche una piccola quantità di biossido (circa il 5%). Quest'ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione dell'ossido di azoto (NO), favorita dalla presenza di ossidanti quali l'ozono. Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche. Gli effetti negativi sull'ambiente dovuti ad alte concentrazioni di NO₂ sono legati alla formazione di smog fotochimico in presenza di irraggiamento solare, alla acidificazione delle piogge ed alla riduzione dell'ozono stratosferico.

2.3 Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo è un gas incolore dall'odore acre e pungente a temperatura ambiente derivante sia da fonti antropiche che da fonti naturali. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche. A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO₂ viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio; quindi solo le piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone. Gli ossidi di zolfo svolgono un'azione indiretta nei confronti della fascia di ozono stratosferico in quanto fungono da substrato per i clorofluorocarburi, principali responsabili del "buco" dell'ozono. Nel contempo si oppongono al fenomeno dell'effetto serra in quanto hanno la capacità di riflettere le radiazioni solari producendo un raffreddamento del pianeta.

2.4 Monossido di carbonio (CO)

Qualsiasi processo di combustione incompleta provoca la produzione di monossido di carbonio (CO), un gas incolore ed inodore che a concentrazioni molto elevate, normalmente non riscontrabili nell'aria ambiente, è fortemente dannoso per la salute. Una quota notevole di CO deriva da processi naturali connessi all'ossidazione atmosferica di metano e di altri idrocarburi normalmente emessi nell'atmosfera, dalle emissioni degli oceani e paludi, da incendi forestali, da acqua piovana e tempeste elettriche.

Le fonti antropiche di monossido di carbonio sono rappresentate da tutte le attività che comportano l'utilizzo di combustibili fossili, in particolare il traffico stradale (motori a benzina) è la sorgente principale (60% circa su scala nazionale), seguito dall'industria metallurgica (16% circa) e dall'uso domestico e commerciale (14% circa). Il CO è un inquinante primario che solo lentamente viene ossidato a CO₂: il tempo di permanenza in atmosfera può arrivare a sei mesi.

2.5 Ozono (O₃)

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. Anche in questo caso, le

condizioni meteorologiche hanno un'enorme influenza sull'andamento delle concentrazioni. In particolare il verificarsi di intensa radiazione solare, temperatura mite o alta e venti moderati favoriscono 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. Precursori sono i composti idrocarburici e gli ossidi di azoto presenti nell'aria, anche relativamente distanti dal punto di formazione dell'O₃. Dall'analisi dei dati effettuata l'inquinamento da ozono risulta particolarmente critico in tutta l'area pianeggiante del Veneto. L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute.

2.6 Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene (BTEX)

Il benzene (formula bruta: C_6H_6) è il più semplice dei composti organici aromatici: è un liquido incolore dal caratteristico odore pungente che diventa irritante a concentrazioni elevate e che volatilizza facilmente a temperatura ambiente. Il benzene presente nell'aria ambiente è prevalentemente di origine antropica e deriva principalmente da processi di combustione incompleta (emissioni industriali, veicoli a motore, incendi). La più importante fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina, i quali emettono benzene, oltre che dal tubo di scappamento, anche dal serbatoio e dal carburatore. In questi ultimi due casi si tratta di perdite dovute all'evaporazione legata cioè alla volatilità del combustibile ed ai fenomeni fisici che la favoriscono. L'industria petrolchimica in questi ultimi anni sta utilizzando in sostituzione del benzene il toluene (formula bruta: C_7H_8). Esso infatti presenta caratteristiche chimico-fisiche molto simili a quelle del benzene ma risulta meno tossico.

Lo xilene (formula bruta: C_8H_{10}) è un gruppo di tre derivati del benzene (isomeri: orto-, meta-e para-) e come quest'ultimo è contenuto naturalmente nel petrolio. Una delle sue possibili fonti in un contesto urbano è il gasolio per autotrazione.

2.7 Metalli

Nel particolato sono presenti metalli di varia natura, la cui origine è legata a una varietà di sorgenti: la normativa prevede il monitoraggio su base annuale di arsenico, nichel, cadmio e piombo. La determinazione dei metalli e microelementi nel particolato viene 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.

Il nichel è ampiamente presente nell'ambiente soprattutto come lega metallica o in combinazione con altri elementi (a dare ossidi principalmente). Fra le fonti di nichel sono annoverate: l'utilizzo di oli pesanti e di carbone, catalizzatori, acciaio e leghe non ferrose.

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 agli 80 ng/m³ previsti dalla normativa.

L'inquinamento ambientale da arsenico deriva principalmente dalle industrie che utilizzano i suoi composti e dall'uso di combustibili fossili (come il petrolio ed il carbone) in cui esso è presente in quantità relativamente elevata.

I processi di formazione e lavorazione di leghe ferrose, prevedono l'utilizzo oltre che di minerali di ferro, di altri elementi quali vanadio, manganese, nichel, cobalto, cromo, molibdeno, rame e tungsteno. Tracce di questi elementi si possono ritrovare nell'aria ambiente, come componente del particolato fine.

2.8 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono una classe di composti organici formata da due o più anelli aromatici (es. benzene) condensati tra loro solitamente a formare una struttura piana. Si trovano naturalmente nel petrolio e la loro fonte antropica principale è data dalla combustione incompleta di legname, grassi, tabacco e combustibili fossili od organici in generale. I composti ad alto peso molecolare sono inoltre abbondantemente presenti negli asfalti, nei bitumi e nel carbone. Il comportamento degli IPA nell'ambiente è fortemente legato al numero di anelli aggregati: i composti a basso peso molecolare risultano particolarmente volatili e maggiormente solubili. La loro solubilità in acqua rimane comunque scarsa o addirittura nulla per le strutture con un maggior numero di anelli, mentre risultano particolarmente solubili nelle sostanze lipidiche (lipofilia), aspetto questo che ne determina il bioaccumulo. Solitamente in aria non si ritrovano mai composti singoli ma miscele formate anche da decine di IPA differenti. Molti di questi sono stati classificati dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo", eccezion fatta per il benzo(a)pirene che è stato classificato come "cancerogeno per l'uomo".

3 Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria è costituita dal D.Lgs.155/2010. Tale decreto regolamenta i livelli in aria ambiente di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NOx), monossido di carbonio (CO), particolato (PM10 e PM2.5), piombo (Pb), benzene (C6H6), oltre alle concentrazioni di ozono (O₃) e ai livelli nel particolato PM10 di cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As) e benzo(a)pirene (BaP).

Il D.Lgs.155/2010 è stato aggiornato dal Decreto Legislativo n. 250/2012 che ha fissato il margine di tolleranza (MDT) da applicare, ogni anno, al valore limite annuale per il PM2.5 (25 μ g/m³, in vigore dal 1° gennaio 2015).

In questo documento è stato verificato il rispetto dei valori limite e/o valori obiettivo e di tutti gli indicatori riportati nelle tabelle da 1 a 3, per i seguenti parametri: NO₂, NOx, SO₂, CO, O₃, PM10, PM2.5, C₆H6, Pb, As, Ni, Cd.

Inquinante	Tipologia	Valore
	Soglia di allarme (*)	500 μg/m ³
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 μg/m³
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 μg/m³
NO	Soglia di allarme (*)	400 μg/m ³
NO ₂	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 μg/m ³
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 μg/m³
СО	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m ³
	Soglia di informazione (Media 1 h)	180 μg/m³
	Soglia di allarme (Media 1 h)	240 μg/m ³
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	120 μg/m³
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	120 μg/m³

Tabella 1. Limiti di legge relativi all'esposizione acuta

^(*) misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

Inquinante	Tipologia	Valore
NO ₂	Valore limite annuale	40 μg/m³
PM10	Valore limite annuale	40 μg/m³
PM _{2,5}	Valore obiettivo (media su anno civile)	25 μg/m³
Piombo	Valore limite annuale	0.5 μg/m³
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	6.0 ng/m ³
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	5.0 ng/m ³
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	20.0 ng/m ³
Benzene	Valore limite annuale	5.0 μg/m³
B(a)pirene	Valore obiettivo (media su anno civile)	1.0 ng/m ³

Tabella 2. Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 μg/m³
NOX	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	30 μg/m³
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	18000 μg/m³h
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 μg/m³h

Tabella 2. 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 3. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

4 Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo di anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x-NO-NO₂), monossido di carbonio (CO) e ozono (O₃) presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010: il volume di aria campionata è normalizzato 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 μ m), degli IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) e dei metalli è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, che utilizza filtri da 47 mm di diametro, in nitrato di cellulosa e cicli di prelievo di 24 ore. L' analisi delle polveri PM10 avviene sul posto mediante tecnica basata sull'assorbimento di radiazioni beta. La determinazione degli IPA avviene in laboratorio, con cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC "metodo UNI EN 15549:2008"). Anche i metalli sono determinati in laboratorio, con 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 due metodi. Il primo è una tecnica di "campionamento passivo" in cui 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. La seconda tecnica, invece, è di tipo attivo, con cicli di prelievo di 24 ore, e utilizza per il campionamento fiale a carboni attivi che vengono poi analizzate in laboratorio.

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).

5 Analisi dei principali inquinanti

In questo capitolo sono esaminati i dati relativi ai vari inquinanti misurati presso le diverse centraline della provincia di Verona, servendosi di parametri statistici e grafici che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva.

In particolare, sono stati utilizzati anche i grafici "box-whisker", il cui significato è illustrato in Figura 2, e tabelle riassuntive di vari parametri statistici relativi alla concentrazione di ogni inquinante, spiegate in modo esteso in Tabella 5.

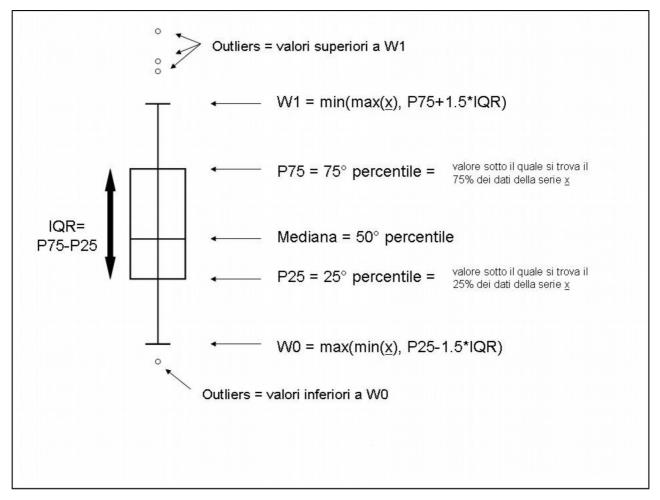


Figura 2. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta ("box") indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il "box" è il 25% percentile, cioè il valore rispetto al quale il 25% dei dati è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il "box" è il 75% percentile, cioè il valore rispetto al quale il 75% dei dati è inferiore. La differenza tra il 25° e 75° percentile si definisce "Inter Quartile Range" (IQR). In base all'IQR si definiscono i "baffi", cioè le barre che si estendono in alto e in basso: lo spazio tra esse compreso dà un'indicazione della dispersione dei dati della serie rappresentata. Oltre i baffi, si trovano solo pochi dati della popolazione rappresentata, i valori minimi e massimi, che vengono chiamati "outliers e indicati con dei pallini.

Grandezza statistica	Significato
media	Media
sd	Deviazione Standard
min	Minimo
max	Massimo
mediana	Mediana
N ore	Numero totale di ore del periodo di analisi
N ore mancanti	Numero di ore in cui il dato è mancante
Data capture	Percentuale di dati validi in tutto il periodo di analisi
max giornaliero	Massimo calcolato sulle medie giornaliere
max.rolling.8	Massimo calcolato sulla media mobile su 8 ore
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

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

5.1 Ossidi di azoto (NOx)

Gli ossidi azoto sono rilevati presso tutte le stazioni poste in provincia di Verona.

Si osserva in Figura 3 che le serie temporali della concentrazione di NO_2 nelle diverse stazioni hanno un andamento molto simile, fatta eccezione per Bosco Chiesanuova e Fumane. Queste ultime sono stazioni di background, localizzate lontano dalle fonti di pressione presenti in pianura, la prima anche in quota: per esse l'andamento e i valori medi (Tabella 6) si discostano nettamente da quelli delle altre stazioni.

Tabella 6 e Figura 4 mostrano che i valori medi annuali e i massimi più elevati si trovano nelle tre stazioni di San Bonifacio, VR-Borgo Milano e Ca' del Bue, mentre quelli più bassi si trovano a Bosco Chiesanuova.

Il giorno tipo della concentrazione di NO₂, mostrato in Figura 5, è molto simile per le varie stazioni di pianura, mostrando due picchi, il primo tra le 6 e le 8 e il secondo tra le 18 e le 20, che coincidono con i picchi di traffico, principale fonte di pressione per questo inquinante. L'andamento della concentrazione di NO₂ rilevato presso le stazioni di Bosco Chiesanuova e Fumane, invece, si discosta e mostra un aumento della concentrazione nelle ore pomeridiane. Il valore medio elevato a Bosco Chiesanuova alle ore 23 è causato dalla calibrazione dello strumento, che avviene quasi sempre a quest'ora, facendo sì che i dati disponibili per la media siano molto pochi.

La settimana tipo, rappresentata in Figura 6, mostra valori più elevati tra mercoledì e venerdì, e un minimo la domenica, confermando la relazione di questo inquinante col traffico.

Figura 7 mostra le medie mensili, ed evidenzia che le concentrazioni più elevate si raggiungono in inverno (tra novembre e marzo) e quelle minime in estate: questo comportamento si spiega con l'influenza delle condizioni meteorologiche, che nel periodo estivo sono più favorevoli al rimescolamento dello strato atmosferico più vicino alla superficie, e quindi consentono la diluizione degli inquinanti. Ancora una volta si nota come le stazioni di Bosco Chiesanuova e Fumane si discostano dalle altre, mostrando concentrazioni medie più basse e minore escursione tra l'estate e l'inverno.

Non è avvenuto alcun superamento dei limiti normativi relativi all' NO_2 : anche la media annuale rimane inferiore al valore limite annuale di $40~\mu g/m^3$.

Il livello critico per la protezione della vegetazione, pari a una concentrazione di NOx di 30 μ g/m³, viene superato presso tutte le stazioni con l'eccezione della stazione di fondo rurale di Bosco Chiesanuova: il valore di concentrazione media annua di Nox rilevato è pari a 17 μ g/m³ inferiore al livello critico (Tabella 7).

L'analisi della distribuzione dei dati di concentrazione oraria (Figura) mostra che le distribuzioni dei valori rilevati presso i due siti rurali di bosco Chiesanuova e Fumane sono quasi sovrapponibili. Analogamente i valori rilevati pressi i due siti di traffico di Ca' del Bue e San Bonifacio, posti non lontano da grandi vie di scorrimento (autostrada e tangenziale) mostrano distribuzioni simili

NO₂ (μg/m³)	Bosco Chiesanuova	Fumane	Legnago	San Giovanni Lupatoto	San Bonifacio	Borgo Milano	Cason	Ca' del Bue
media	11	15	26	28	38	32	26	35
sd	9	13	18	18	24	20	16	21
min	2	2	2	2	2	2	2	4
max	76	78	108	95	152	122	105	124
mediana	8	10	21	26	34	27	21	33
N superamenti 200 μg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0
N superamenti 400 μg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0
N ore	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
N ore mancanti	480	890	153	363	603	405	816	391
Data capture	95	90	98	96	93	95	91	96

Tabella 6. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di NO_2 ($\mu g/m^3$) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona.

NO _x (μg/m³)	Bosco Chiesanuova	Fumane	Legnago	San Giovanni Lupatoto	San Bonifacio	Borgo Milano	Cason	Ca' del Bue
media	17	35	48	65	83	73	48	92
sd	13	51	53	79	106	83	55	105
min	2	2	2	5	2	2	2	7
max	167	484	498	585	1017	744	597	772
mediana	13	15	28	31	39	37	27	49
N ore	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
N ore mancanti	480	890	153	363	604	405	816	391
data.capture	95	90	98	96	93	95	91	96

Tabella 7. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di NO_x ($\mu g/m^3$) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona.

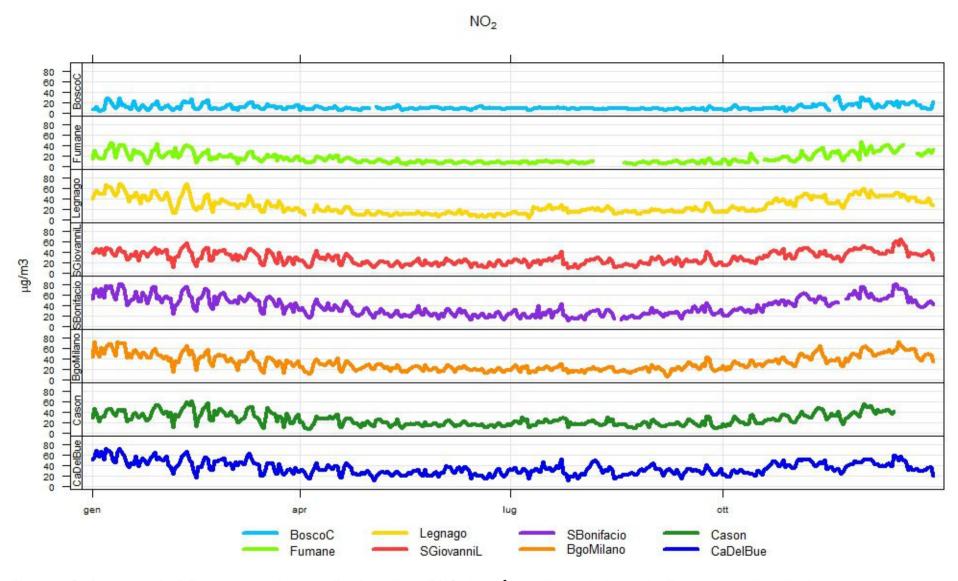


Figura 3. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di NO₂ (μg/m³), per l'anno 2015, per le diverse centraline di misura.

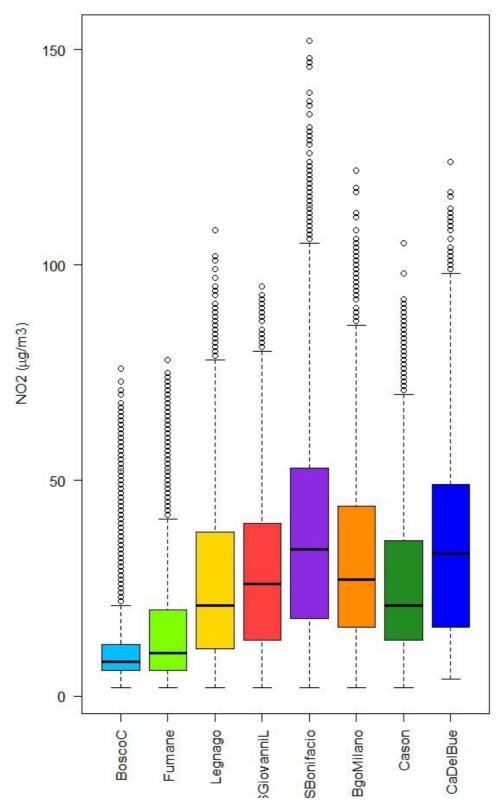


Figura 4. Box-Whiscker plot, che rappresenta diverse variabili statistiche calcolate per la concentrazione di NO^2 ($\mu g/m^3$) nel 2015, presso le diverse centraline. Vedasi Figura 2 per una spiegazione dettagliata.

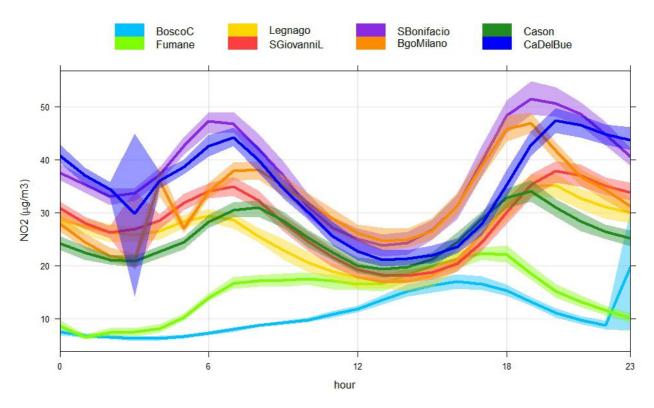


Figura 5. Giorno tipo per la concentrazione di NO2 (μ g/m³), presso le diverse centraline di misura. Si noti che il dato delle ore 0 si riferisce al periodo compreso tra le ore 0 e le ore 1, e così anche per le altre ore riportate in ascissa del grafico.

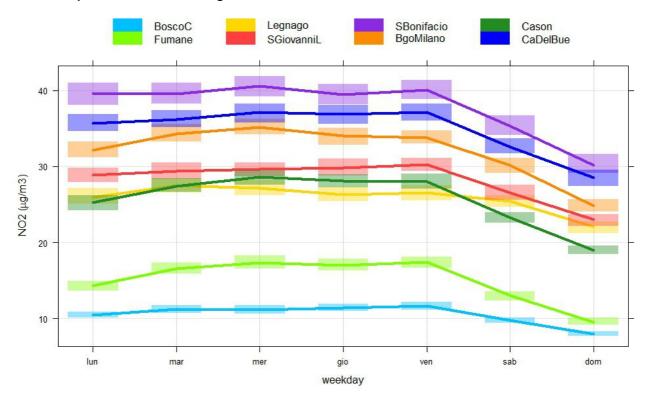


Figura 6. Settimana tipo della concentrazione di NO₂ (µg/m³), presso le diverse centraline di misura.

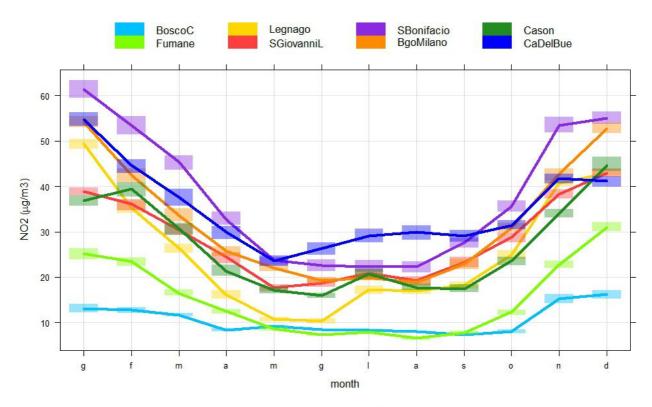


Figura 7. Medie mensili della concentrazione di NO_2 ($\mu g/m^3$), presso le diverse centraline di misura.

5.2 Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO), viene rilevato dalle stazioni della rete regionale di qualità dell'aria di VR–Borgo Milano (traffico urbano), Bosco Chiesanuova (fondo remoto) e dalle stazioni di San Giovanni Lupatoto e Ca' del Bue (rete di monitoraggio dell'impianto AGSM di Ca' del Bue)

I valori medi e massimi di concentrazione di CO sono molto bassi, se si tiene conto che il limite di rilevabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m³. I valori medi e massimi più elevati sono quelli della stazione di VR-Borgo Milano, e sono comunque di un ordine di grandezza inferiori al limite normativo di 10 mg/m³.

La Figura 8 mostra che le serie temporali della concentrazione di questo inquinante hanno un andamento simile nelle stazioni di San Giovanni Lupatoto, Borgo Milano e Ca' del Bue. Per queste stazioni, il giorno tipo della concentrazione di CO (non mostrato) mostra due picchi che coincidono con quelli dell'NO₂ e del traffico, e anche la settimana tipo (non mostrato) mostra un minimo alla domenica. Anche per questo inquinante l'influenza della componente meteorologica sulle medie mensili è evidente (Figura 8): i valori massimi si trovano in inverno e i minimi in estate. La centralina di Bosco Chiesanuova, invece, ha un andamento che si discosta da quello delle altre località, mostrando variazioni molto limitate della concentrazione di questo inquinante sia durante l'anno, sia durante la giornata e la settimana.

CO (mg/m³)	Bosco Chiesanuov a	San Giovanni Lupatoto	Borgo Milano	Ca' Del Bue
media	0.3	0.2	0.4	0.3
sd	0.1	0.2	0.3	0.3
min	0.1	0.1	0.1	0.1
max	1.3	1.4	2.0	1.7
mediana	0.3	0.1	0.3	0.2
N superamenti 10 mg/m³	0	0	0	0
N ore	8760	8760	8760	8760
N ore mancanti	367	519	412	409
data.capture	96	94	95	95

Tabella 7. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di CO (mg/m³) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona.

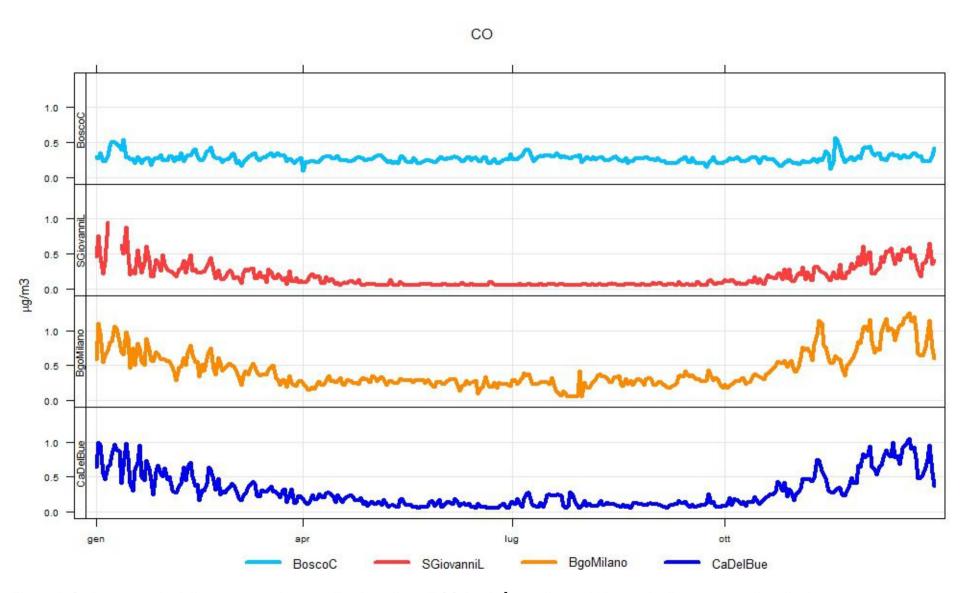


Figura 8. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di CO (mg/m³), per l'anno 2015, per le diverse centraline di misura.

5.3 Biossido di zolfo (SO2)

Il biossido di zolfo (SO₂), viene rilevato dalle stazioni della rete regionale di qualità dell'aria di VR-Borgo Milano (traffico urbano), Bosco Chiesanuova (fondo remoto). San Bonifacio (traffico urbano) e dalle stazioni di San Giovanni Lupatoto e Ca' del Bue (rete di monitoraggio dell'impianto AGSM di Ca' del Bue)

I valori medi di SO_2 sono molto bassi, inferiori al limite di rilevabilità dello strumento di misura, pari a 3 μ g/m³. Tuttavia, ci sono degli episodi in cui i valori orari risultano più elevati, come risulta evidente dai valori dei massimi, riportati in Tabella 8.

I valori medi più elevati si trovano a San Bonifacio e San Giovanni Lupatoto, con valori orari che superano i 20 μg/m³.

Tutti i valori sono comunque ampiamente inferiori ai limiti legislativi di 125 μ g/m³ (limite di 24 ore) e 350 μ g/m³ (limite orario), come anche al livello critico per la protezione della vegetazione, di 20 μ g/m³.

SO ₂ (μg/m³)	BoscoC	Fumane	SGiovanniL	SBonifacio	BgoMilano	CaDelBue
media	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
sd	1	2	1	2	1	1
min	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
max	13	13	24	26	13	8
mediana	2	2	2	2	2	2
hours.gt.350	0	0	0	0	0	0
hours.gt.125	0	0	0	0	0	0
N ore	8760	8760	8760	8760	8760	8760
N ore mancanti	407	1135	488	581	530	379
data.capture	95	87	94	93	94	96

Tabella 8. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di SO2 ($\mu g/m^3$) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona. "hours.gt.350" indica il numero di ore in cui la concentrazione media di SO₂ è stata superiore al limite di 350 $\mu g/m^3$; "hours.gt.125" indica il numero di ore in cui la concentrazione media di SO₂ è stata superiore al limite di 125 $\mu g/m^3$.



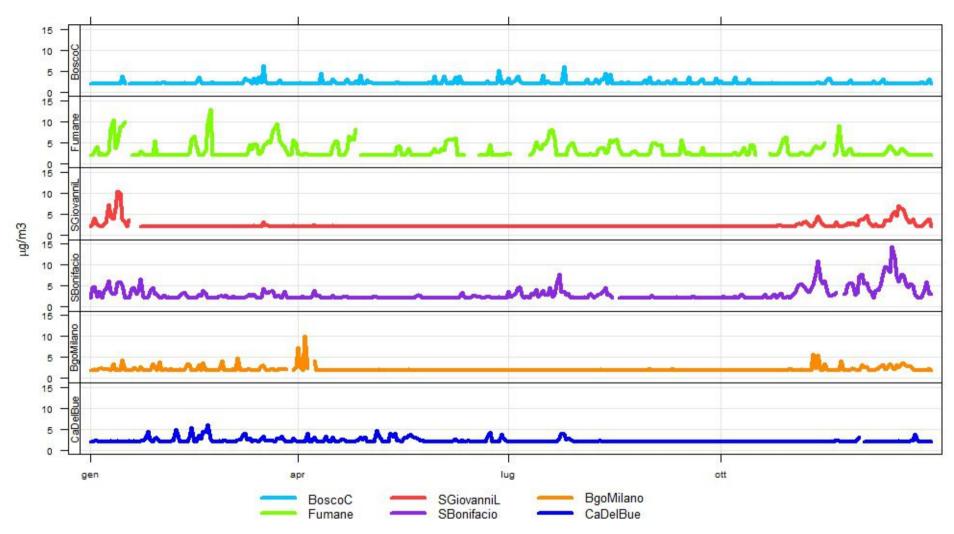


Figura 9. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di SO₂ (μg/m3), per l'anno 2015, per le diverse centraline di misura

5.4 Ozono (O₃)

La concentrazione di ozono è rilevata dalle stazioni della rete provinciale di qualità dell'aria di VR-Cason, Bosco Chiesanuova, Legnago e San Bonifacio.

L'ozono è un inquinante che si forma a partire da precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di radiazione solare. Per questo motivo le sue concentrazioni sono particolarmente elevate durante il periodo estivo (Figura 10 e Figura 14) e nelle ore centrali della giornata, (Figura 12), quando la radiazione solare è più intensa. In particolare, nel 2016, il mese più critico è stato luglio.

L'andamento della settimana tipo, riportato in Figura 13, che mostra valori massimi durante il fine settimana, si spiega con il fatto che il biossido di azoto tende a combinarsi con l'ozono, rimuovendolo dall'atmosfera: per questo motivo, la concentrazione di ozono e quella degli ossidi di azoto sono generalmente anticorrelate.

Nel corso dell'anno 2016, non ci sono stati superamenti della soglia di allarme di 240 μ g/m³, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata. La soglia di informazione di 180 μ g/m³, oltre la quale vi è rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per i gruppi sensibili della popolazione, è invece stata superata presso tutte le stazioni in cui avviene il monitoraggio (Tabella 9).

I valori medi e massimi più elevati si trovano a Bosco Chiesanuova (Figura 11): la media delle concentrazioni rilevate in questa stazione è significativamente diversa dalle medie misurate presso le altre stazioni di fondo. Questa stazione mostra un andamento della concentrazione di ozono che si discosta nettamente da quello delle altre postazioni: l'aumento della concentrazione nelle ore centrali della giornata è molto meno marcato (Figura 12), come anche la variazione nel corso dell'anno e durante la settimana (Figura 24 e Figura 23). Questo comportamento è tipico delle stazioni situate al di sopra dei 900 m di altitudine slm, lontane da fonti di pressione ambientale. Attraverso i fenomeni convettivi tipici dello strato mescolato e le circolazioni locali legate a effetti geografici (brezze monte-valle), l'ozono viene trasportato dalle aree di pianura, dove si forma tramite il processo fotochimico, in montagna. Presso queste stazioni, è bassa la concentrazione di altri inquinanti, come ossidi di azoto: questo impedisce la reazione di combinazione di ozono e ossido di azoto, che comporterebbe la rimozione dell'ozono nelle ore notturne. E' per questo che, nella parte superiore dello strato mescolato, a un'altezza compresa tra i 1000 e i 2000 metri di quota, tende a formarsi una sorta di riserva di ozono, la cui concentrazione media rimane pressoché stabile durante la giornata.

O ₃ (μg/m ³)	BoscoC	Legnago	San Bonifacio	Cason
media	88	52	45	53
sd	35	43	43	44
min	2	2	2	4
max	217	206	209	206
mediana	81	46	36	44
roll.8.O3.gt.120	98	74	70	82
AOT40	55084	39800	36817	42311
hours.O3.gt.180	134	5	11	21
hours.gt.240	0	0	0	0
all.hours	8760	8760	8760	8760
missing.hours	398	495	342	817
data.capture	95	94	96	91

Tabella 9. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di O_3 ($\mu g/m^3$) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona. "roll.8.O3.gt.120" indica il numero di ore in cui la media mobile su 8 ore della concentrazione oraria di O_3 è stata superiore al valore obiettivo di 120 $\mu g/m^3$. "AOT40" (Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb) è un parametro definito come somma delle concentrazioni orarie eccedenti gli 80 $\mu g/m^3$, considerando i valori orari di ozono registrati dalle 8.00 alle 20.00 (ora solare) nel periodo compreso tra il 1° maggio e il 31 luglio."hours.O3.gt.180" indica il numero di ore in cui la concentrazione oraria di O_3 è stata superiore alla soglia di informazione di 180 $\mu g/m^3$. "hours.gt.240" indica il numero di ore in cui la concentrazione oraria di O_3 è stata superiore alla soglia di allarme di 240 $\mu g/m^3$.

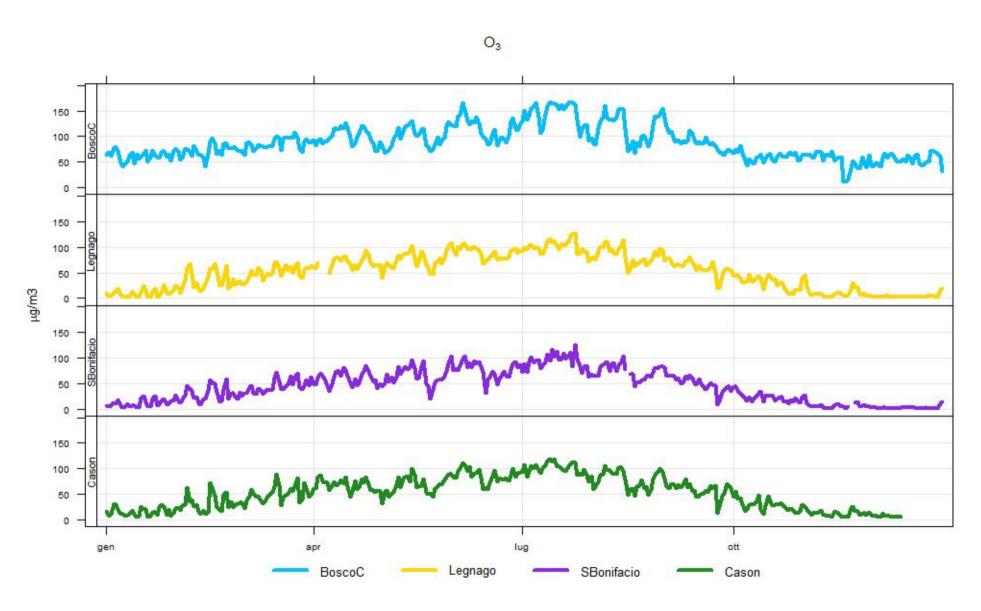


Figura 10. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di O₃ (μg/m³), per l'anno 2015, per le diverse centraline di misura.

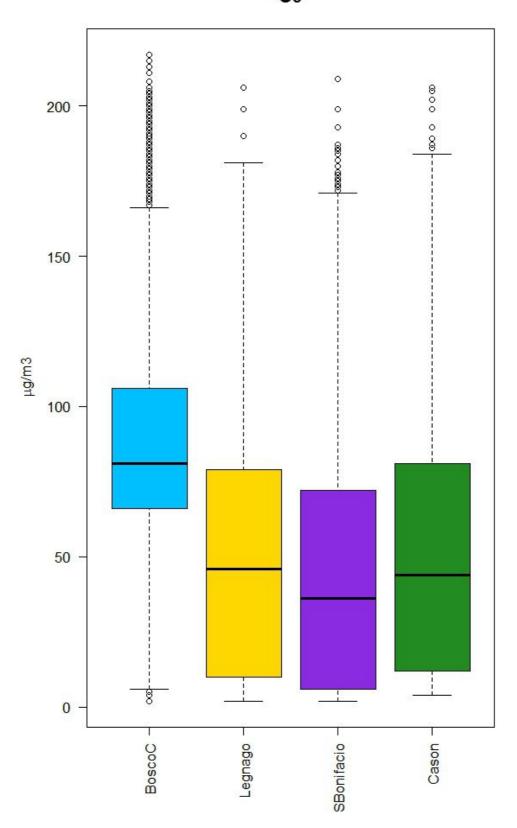


Figura 11. Box-Whisker plot, che rappresenta diverse variabili statistiche calcolate per la concentrazione di O_3 ($\mu g/m^3$) nel 2015, presso le diverse centraline.

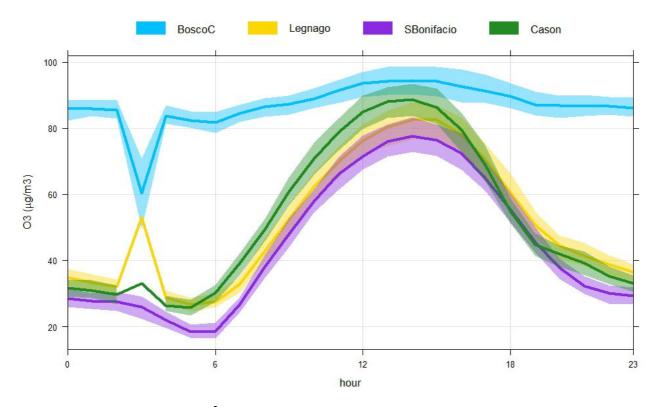


Figura 12. Giorno tipo O₃ (μg/m³), presso le diverse centraline di misura. Si noti che il dato delle ore 0 si riferisce al periodo compreso tra le ore 0 e le ore 1, e così anche per le altre ore riportate in ascissa del grafico. La parte ombreggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 95% della media. Il dato delle ore 3 di Legnago e Bosco Chiesanuova è anomalo perché quasi sempre a quest'ora avviene la taratura dello strumento.

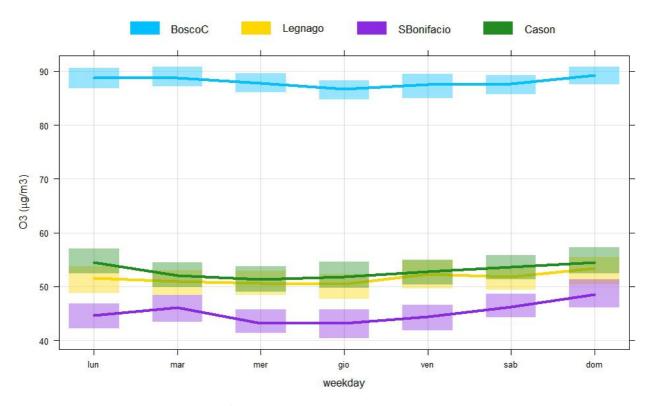


Figura 13. Settimana tipo O_3 ($\mu g/m^3$), presso le diverse centraline di misura. La parte ombreggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 95% della media.

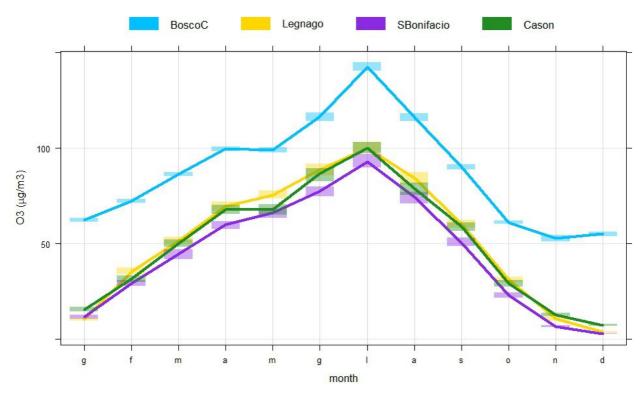


Figura 14. Medie mensili di O3 ($\mu g/m^3$), presso le diverse centraline di misura. La parte ombreggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 95% della media.

5.5 Analisi del materiale particolato di diametro inferiore a 10 µg/m³ (PM10)

Le concentrazioni di PM10 sono rilevate dalle stazioni di VR-Borgo Milano e VR-Cason, di San Bonifacio, Legnago e Bosco Chiesanuova. Presso le stazioni di Bosco Chiesanuova e San Bonifacio, sono disponibili anche i dati orari di PM10 misurato con metodo ottico. Questi dati sono stati utilizzati per visualizzare l'andamento medio di questo inquinante nel corso della giornata e della settimana (Figura 17 e Figura 18).

Per questo inquinante, come per gli ossidi di azoto, i valori più elevati si trovano nelle stazioni di traffico e di fondo urbano e suburbano, mentre Bosco Chiesanuova e Fumane presentano valori medi inferiori (Tabella 10 e Figura 19). Nelle stazioni della pianura (Legnago, San Bonifacio, VR-Borgo Milano e VR-Cason) è stato superato il numero massimo di giornate in cui il valor medio della concentrazione di PM10 ha superato i 50 μg/m³, mentre nelle due rimanenti di Fumane e Bosco Chiesanuova il numero dei superamenti è stato inferiore (Tabella 10).

Il giorno tipo, rappresentato in Figura 17, mostra a San Bonifacio e Legnago due massimi, al mattino e alla sera, che possono essere messi in relazione ai picchi di traffico e ai momenti in cui inizia l'inversione termica notturna: si notano infatti delle analogie con lo stesso relativo al biossido di azoto (Figura 5), ma i picchi, in questo caso, sono molto meno definiti. Per quanto riguarda la stazione di Fumane, si nota un unico picco alle 19 di sera. La settimana tipo (Figura 18), mostra una diminuzione della concentrazione di PM10 nel fine settimana e il lunedì, analogo a quello degli ossidi di azoto (Figura 6): Tuttavia, non si riconosce un andamento preciso, riconducibile a una fonte di pressione definita. Infatti, le polveri sottili sono un inquinante in buona percentuale secondario, che presenta caratteristiche abbastanza omogenee in vaste aree, e la concentrazione è fortemente influenzata dalle condizioni atmosferiche, assumendo valori più elevati in presenza di inversioni termiche, nei mesi invernali e nelle ore più fredde.

I valori medi mensili più elevati sono quelli di gennaio, febbraio, novembre e dicembre (Figura 19), mesi in cui sono più frequenti le inversioni termiche superficiali, che determinano un aumento della concentrazione al suolo. Fa eccezione la stazione di Bosco Chiesanuova, per la quale i valori medi non variano significativamente durante l'anno.

Il grafico-calendario di Figura 20 fornisce una rappresentazione immediata delle giornate dell'anno 2015 in cui la concentrazione di PM10 di VR-Cason ha assunto valori più elevati e critici.

PM10 (μg/m³)	BoscoC	Fumane	Legnago	SBonifacio	BgoMilano	Cason
Media	21	26	37	40	33	39
Sd	9	16	24	20	21	23
min	8	5	4	8	4	2
max	69	95	120	120	110	131
mediana	19	22	31	37	27	35
days.gt.50	5	27	83	76	65	83
n giorni campionati	351	323	357	326	364	337
data.capture	96	88	98	89	100	9

Tabella 10. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu g/m^3$) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona. "days.gt.50" indica il numero di giorni in cui è stato superato il limite di 50 $\mu g/m^3$.

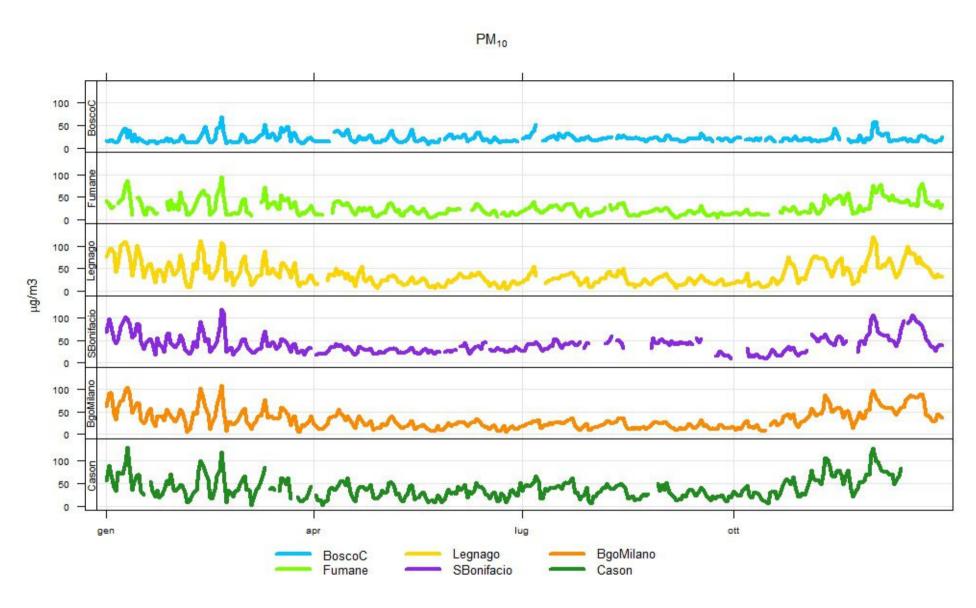


Figura 15. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di PM10 (μg/m³), per l'anno 2015, per le diverse centraline di misura.



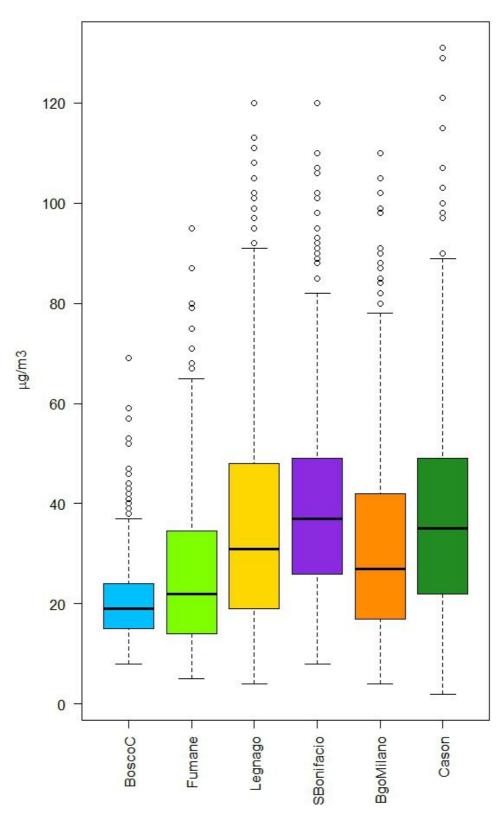


Figura 16. Box-Whisker plot, che rappresenta diverse variabili statistiche calcolate per la concentrazione di PM10 ($\mu g/m^3$) nel 2015, presso le diverse centraline. Vedasi Figura 2 per una spiegazione dettagliata.

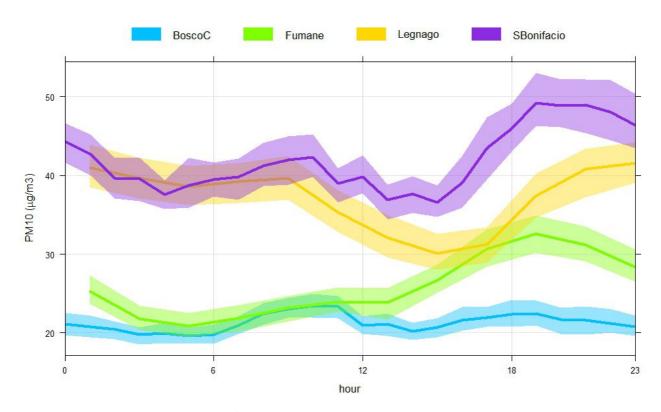


Figura 17. Giorno tipo PM10 (μ g/m³), presso le diverse centraline di misura. Si noti che il dato delle ore 0 si riferisce al periodo compreso tra le ore 0 e le ore 1, e così anche per le altre ore riportate in ascissa del grafico. La parte ombreggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 95% della media.

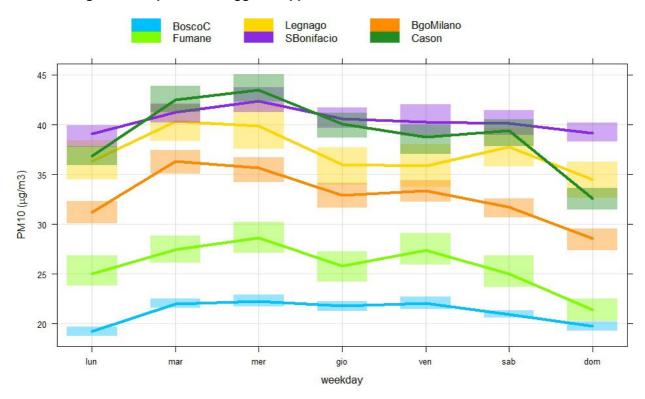


Figura 18. Settimana tipo PM10 (μg/m³), presso le diverse centraline di misura. La parte ombreggiata rappresenta l'intervallo di confidenza del 95% della media.

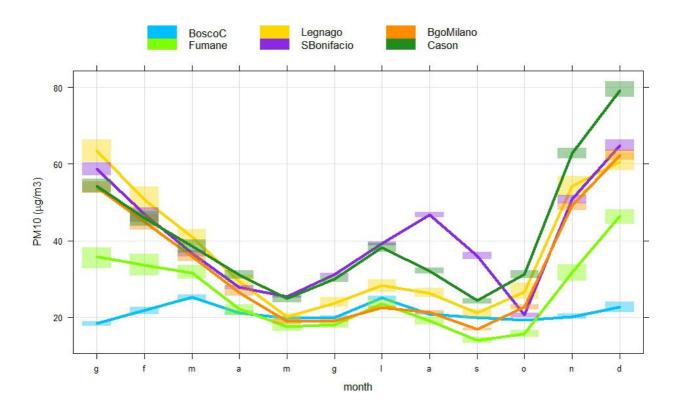


Figura 19. Medie mensili della concentrazione di PM10 (μg/m³), presso le diverse centraline di misura.

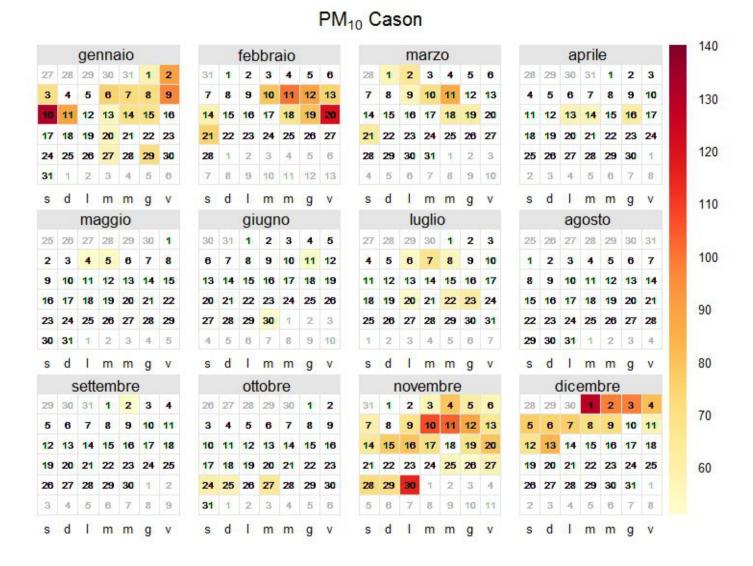


Figura 20. Grafico- calendario, in cui sono evidenziati i giorni dell'anno in cui la concentrazione di PM10 ha superato i 50 μg/m³, con un colore che tende al rosso per le concentrazioni medie giornaliere più elevate

5.6 Analisi del materiale particolato di diametro inferiore a 2.5 μg/m³ (PM2.5)

Il PM2.5 è misurato nella stazione di VR-Cason. Presso le stazioni di Bosco Chiesanuova e San Bonifacio, sono disponibili i dati orari di PM2.5 misurato con metodo ottico. Tramite questi dati è stato analizzato l'andamento delle serie temporali (Figura 21).

Il PM2.5 di VR-Cason, nel 2015, ha rappresentato il 68% del PM10 totale nella stessa postazione. Anche in questo caso, come per il PM10, i valori massimi sono stati raggiunti nei mesi invernali, quando le condizioni meteorologiche sono state più favorevoli all'aumento della concentrazione di questo inquinante (Figura 21).

Anche per questo inquinante, come per il PM10, l'andamento delle serie temporali è molto simile nelle tre stazioni di misura (Figura 21). I valori più elevati, come anche quelli massimi, sono stati registrati a VR-Cason.

Dall'analisi dei dati misurati si nota che la distribuzione delle concentrazioni rilevate a San Bonifacio è simile a quella delle concentrazioni rilevate a Verona – Cason (figura 22).

PM2.5 (μg/m³)	Cason	Bosco Chiesanuova	San Bonifacio
media	26	12	26
sd	18	6	16
min	2	3	8
max	112	47	86
mediana	23	12	26
days.gt.50	33	0	30
n giorni campionati	344	308	307
n giorni mancanti	21	57	58
data.capture	94	84	84

Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM2.5 ($\mu g/m^3$) misurata presso le centraline di qualità dell'aria della provincia di Verona. "days.gt.50" indica il numero di giorni in cui è stato superato il limite di 50 $\mu g/m^3$.

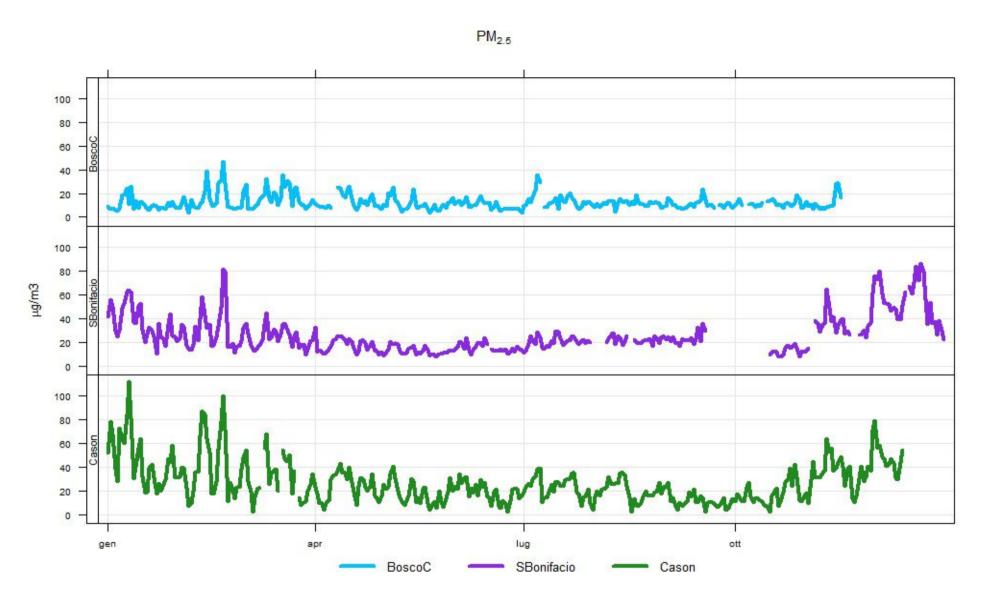


Figura 21. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di PM2.5 (μg/m³), per l'anno 2015, per le diverse centraline di misura

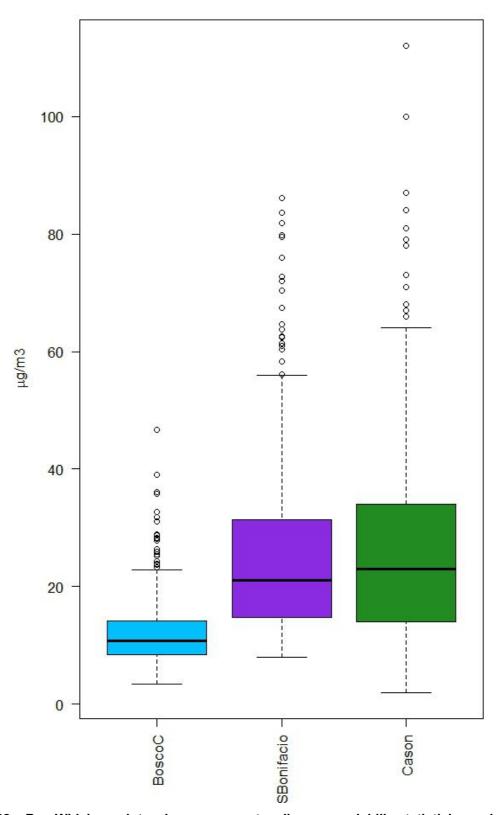


Figura 22. Box-Whisker plot, che rappresenta diverse variabili statistiche calcolate per la concentrazione di PM2.5 ($\mu g/m^3$) nel 2015, presso le diverse centraline. Vedasi Figura 2 per una spiegazione dettagliata

5.7 Analisi dei BTEX (benzene, toluene, etilbenzene, xilene)

La concentrazione di benzene, e di altri composti aromatici quali etilbenzene, toluene e xilene, è stata misurata con due modalità: l' esposizione di fiale a carboni attivi e quella di campionatori passivi. La prima è la tecnica di riferimento, i cui risultati possono essere utilizzati per un confronto con i limiti normativi; essa è' stata utilizzata solo nella postazione di VR-Borgo Milano. I campionatori passivi si utilizzano per monitoraggi di tipo indicativo, e sono stati utilizzati a Legnago, San Bonifacio, Cason e presso un'ulteriore punto di misura posizionato in Corso Milano a Verona. I risultati ottenuti con quest'ultima tecnica, sono comunque utili per un confronto tra le varie postazioni.

Per quanto riguarda le misure ottenute con le fiale in Corso Milano, si osserva in Tabella 12 che il valor medio di benzene per il 2015 è stato 0,4 μ g/m³, e quindi non è stato superato il limite normativo di 5 μ g/m³. In Figura 24, in cui è riportato l'andamento della concentrazione di benzene nei vari mesi dell'anno, si evidenziano valori più elevati in inverno e più bassi in estate, quando sono vicini al limite di rilevabilità strumentale di 0.5 μ g/m³. Si vede che le misure effettuate con i campionatori passivi, sono sempre superiori a quelle fatte con le fiale nella stessa postazione di Corso Milano.

In Figura 23 sono riportati i valori medi annuali per le varie postazioni di misura, relativi sia al benzene sia ad altri idrocarburi. I campionatori passivi sono stati esposti per una settimana al mese nelle diverse postazioni, in periodi quasi coincidenti: la media è quindi rappresentativa della concentrazione di benzene media nell'anno.

Benzene ed etilbenzene presentano i valori più bassi, vicini al limite di rivelabilità (0.5 μg/m³). Per tutte le specie di idrocarburi aromatici, i valori più elevati si trovano presso le postazioni di San Bonifacio, VR-Borgo Milano e VR-Corso Milano.

sito	Legnago	San Bonifacio	Cason	Cso Milano	Bgo Milano	Bgo Milano FIALE
Benzene	0.6	0.9	0.5	0.7	1.0	0.4
Etilbenzene	0.3	0.5	0.3	0.6	0.6	0.4
Toluene	1.4	4.7	1.9	3.7	3.7	1.5
Xilene	0.9	1.9	1.1	2.9	2.6	1.1

Tabella 12. Valori medi annuali di concentrazione di idrocarburi aromatici (μg/m³), nelle diverse postazioni di misura della provincia di Verona.

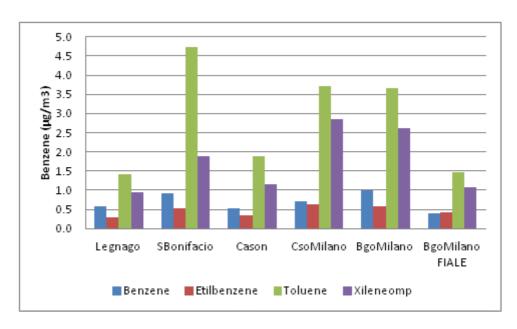


Figura 23. Concentrazione media delle varie specie di BTEX ($\mu g/m^3$) presso varie postazioni della provincia di Verona.

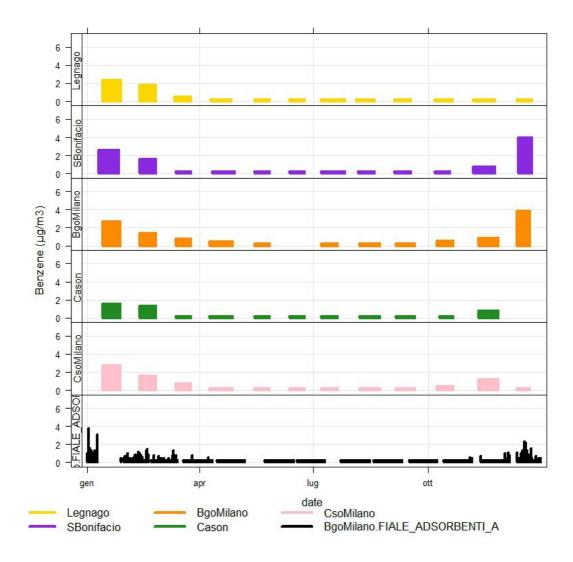


Figura 24. Serie temporali della concentrazione di benzene (μg/m³) misurata a presso le varie postazioni della provincia di Verona, con campionatori passivi. E' riportata anche la serie temporale della stessa concentrazione misurata a VR-Borgo Milano con fiale adsorbenti.

5.8 Analisi degli IPA (idrocarburi policiclici aromatici)

In Tabella 13 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione degli idrocarburi policiclici aromatici misurati a VR-Cason e a Bosco Chiesanuova. La concentrazione media di benzo(a)pirene non supera il valore obiettivo di 1 ng/m³ in entrambe le località. I valori di VR-Cason sono significativamente superiori rispetto a quelli di Bosco Chiesanuova. La variabilità di questo inquinante durante l'anno è rappresentata in Figura 25: i valori più elevati sono misurati in inverno, mentre in estate i valori medi sono vicini al limite di rivelabilità strumentale (0.01 ng/m³), in entrambe le stazioni. In figura sono evidenti a Cason valori giornalieri elevati, se confrontati con il limite legislativo riferito però alla media annuale, soprattutto nel periodo invernale.

	Bosco Chiesanuova								
(ng/m³)	Benzoant	Benzoa	Benzobflu	Benzoghip	Benzokfluor	Dibenzoah	Indeno123c		
	racene	pirene	orantene	erilene	antene	antracene	dpirene		
N	138	138	138	138	138	138	138		
media	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.3		
sd	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.3		
max	1.3	1.1	1.0	1.0	0.6	0.1	1.4		
min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

	Cason								
(ng/m³)	Benzoant	Benzoa	Benzobflu	Benzoghip	Benzokfluor	Dibenzoah	Indeno123c		
	racene	pirene	orantene	erilene	antene	antracene	dpirene		
N	128	128	128	128	128	128	128		
media	0.9	1.0	0.9	0.9	0.5	0.1	0.8		
sd	1.2	1.2	1.1	1.1	0.6	0.1	1.1		
max	4.7	4.7	4.0	4.1	2.3	0.3	3.7		
min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione (ng/m³) di vari idrocarburi policiclici aromatici a VR-Cason e a Bosco Chiesanuova.

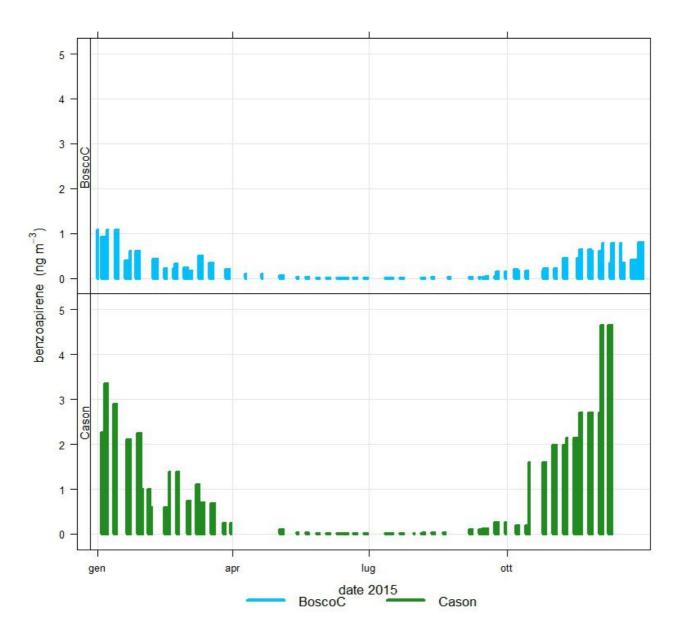


Figura 25. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di Benzo(a)pirene (ng/m³), per l'anno 2015, a Bosco Chiesanuova e a VR-Cason.

5.9 Analisi dei metalli

I metalli sono stati misurati a VR-Cason e a Boscochiesanuova. Le specie considerate sono Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo.

In Tabella 14 sono riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di metalli misurata a VR-Cason e a Bosco Chiesanuova. I valori di concentrazione più elevati, anche per questi inquinanti, si trovano nei mesi invernali. Le concentrazioni rilevate sono ampiamente inferiori ai limiti di legge.

Bosco	Bosco Chiesanuova								
(ng/m³)	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo					
media	≤1.0	≤0.2	≤2	4.1					
sd	0.0	0.0	0.5	3.7					
max	0.5	0.3	3.1	28.3					
min	≤1.0	≤0.2	≤2	0.5					
N	196	196	196	196					
	•								
	Cason								
(ng/m³)	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo					
media	≤1.0	0.2	2.6	8.0					
sd	0.3	0.2	3.4	6.3					
max	2.6	1.1	27.7	29.0					
min	≤1.0	≤0.2	≤2	1.4					
N	187	187	187	187					
Limite esposizione cronica	6.0	5.0	20.0	500.0					

Tabella 14. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione (ng/m³) dei metalli misurata a VR-Cason.

6 Analisi dell'andamento interannuale dei principali inquinanti e influenza della meteorologia

Le concentrazioni dei tre inquinanti più critici (PM10, ozono e ossidi di azoto), registrate nell'anno 2015 nella provincia di Verona, sono state confrontate con quelle relative al decennio precedente. I dati relativi agli inquinanti, inoltre, sono stati confrontati con alcune variabili meteorologiche (precipitazione e temperatura) che influenzano la concentrazione in atmosfera degli inquinanti stessi. I dati meteorologici utilizzati sono quelli della stazione di Roverchiara, sita 25 km a sud-est rispetto alle centraline del comune, stazione a norma OMM e rappresentativa anche del territorio pianeggiante di tutta la provincia di Verona, dal punto di vista della meteorologia. La precipitazione attiva il processo di deposizione umida degli inquinanti ed è associata ad eventi meteorologici che tendono a disperdere gli inquinanti stessi, diminuendone la concentrazione; la temperatura a 2 metri è una variabile indicativa del processo fotochimico di formazione dell'ozono.

Nelle figure da 26 a 29 sono riportate le serie temporali dei dati annuali relativi agli inquinanti e alle variabili meteorologiche. Si nota una tendenza alla diminuzione della concentrazione media e del numero di superamenti per tutti gli inquinanti, nel corso del decennio di riferimento considerato. Invece i valori relativi al 2015 segnano una tendenza all'aumento, dopo il minimo del 2014. Osservando anche l'andamento delle variabili meteorologiche, si nota che a valori elevati di piovosità corrispondono minimi locali nella concentrazione di inquinanti: è quanto è accaduto sia nel 2010 sia nel 2014. Negli stessi anni, si osserva che valori medi più bassi della temperatura a 2 m nel periodo estivo corrispondono a minimi nella concentrazione di ozono. Viceversa, il 2015 è stato un anno caratterizzato da una precipitazione cumulata bassa e temperature medie alte rispetto al decennio precedente, e la concentrazione di inquinanti è stata più elevata.

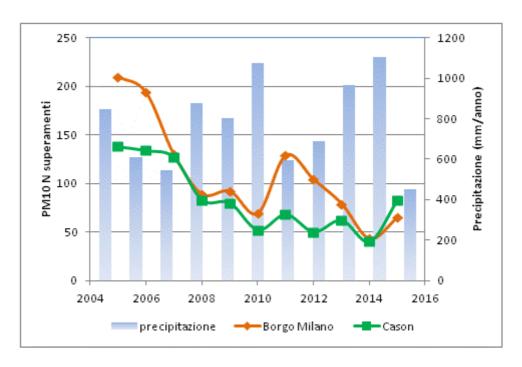


Figura 26. Numero di superamenti del limite di 50 μ g/m³ per la concentrazione di PM10 a VR-Cason e VR-Borgo Milano, e precipitazione totale annua misurata presso la stazione meteorologica di Roverchiara. Evoluzione temporale nel periodo dal 2005 al 2015.



Figura 27. Numero di superamenti del valore obiettivo di 120 μg/m³ per la concentrazione di ozono a VR-Cason e precipitazione dei mesi estivi (da maggio a settembre). Periodo 2005 - 2015



Figura 28. Numero di superamenti del valore obiettivo di 120 μ g/m³ per la concentrazione di ozono a VR-Cason e temperatura media a 2m (calcolata sul periodo da maggio a settembre). Periodo 2005 - 2015

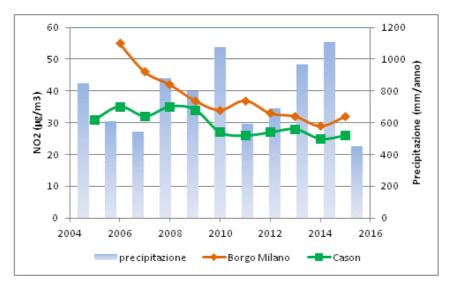


Figura 29. Concentrazione media di NO_2 a VR-Cason e VR-Borgo Milano e precipitazione annua. Evoluzione temporale nel periodo dal 2005 al 2015.

7 Indice di qualità dell'aria

Un indice di qualità dell'aria è una grandezza che permette di rappresentare in modo sintetico lo stato di qualità dell'aria, tenendo conto contemporaneamente del contributo di molteplici inquinanti atmosferici. L'indice utilizzato è associato una scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria come riportato nella tabella seguente.

Cromatismi	Qualità dell'aria
	Buona
	Accettabile
	Mediocre
	Scadente
	Pessima

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

Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.

Le altre tre classi (mediocre, scadente e pessima) indicano invece che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato ed è possibile quindi distinguere situazioni di moderato superamento da altre significativamente più critiche.

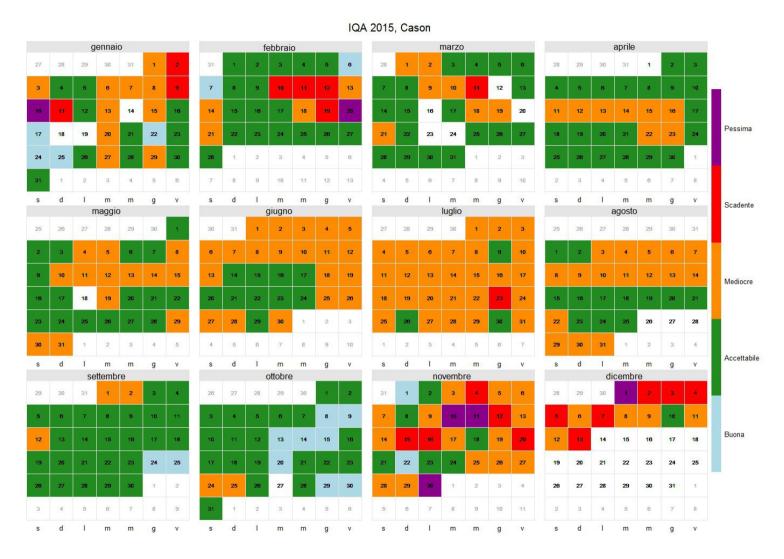
Per maggiori informazioni sul calcolo dell'indice di qualità dell'aria si può visitare la seguente pagina web: http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/iqa

In figura 30 si riporta un grafico-calendario relativo a questo indice, calcolato per la stazione di misura della qualità dell'aria di VR-Cason. In Figura 31 è riportata una statistica di tale indice per tutto l'anno. Da esso si può notare che nei mesi invernali, tra novembre e febbraio, si sono verificate le giornate con qualità dell'aria peggiore: in genere ciò accade quando un anticiclone invernale si posiziona sulla nostra regione, causando periodi prolungati di inversione termica, che favoriscono concentrazioni elevate degli inquinante nello strato più superficiale dell'atmosfera. In estate la qualità dell'aria è stata prevalentemente mediocre, a causa delle elevate concentrazioni di ozono.

Nel corso di tutto l'anno 2015, le giornate con qualità dell'aria accettabile sono state il 44% e quelle con qualità buona il 5%, quelle con qualità mediocre il 35% (Figura 31). Viceversa, le giornate con qualità dell'aria da scadente a pessima hanno rappresentato il 7% dell'intero anno.

In figura 33 è riportato il grafico della frequenza con cui si sono presentate le diverse classi di qualità dell'aria presso la stazione di Bosco Chiesanuova: nel 2% dei giorni la qualità è stata buona, nel 56% accettabile, nel 21% dei casi mediocre e nel 5 % dei casi scadente. Non ci sono state giornate con qualità dell'aria pessima.

Dal grafico – claenadrio di figura 34 si nota che i giorni in cui l'aria, a Bosco Chiesanuova è buona o accettabile si concentrano nei mesi invernali, i mesi estivi sono caratterizzati da numerose giornate con qualità dell'aria mediocre o scadente.



• Figura 30. Grafico-calendario relativo all'indice della qualità dell'aria calcolato in base ai dati registrati presso la stazione di VR-Cason.

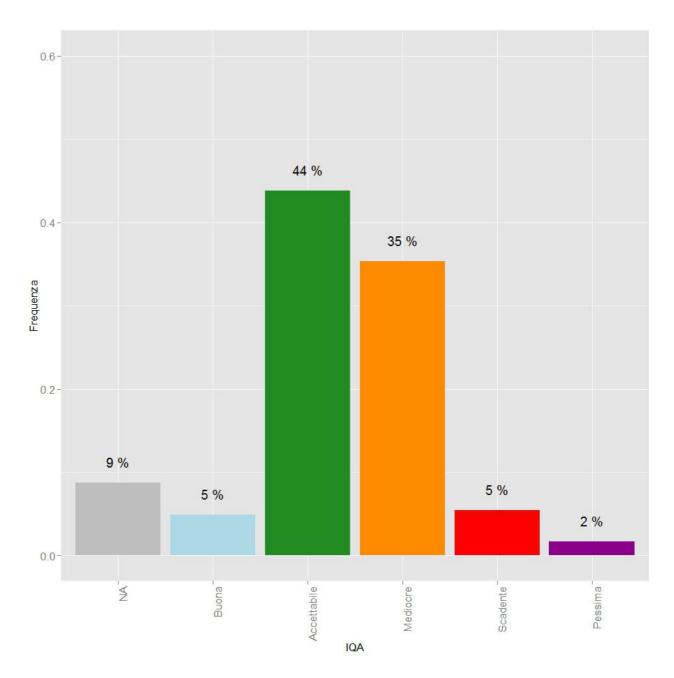


Figura 31. Frequenza delle giornate caratterizzate da diverso indice della qualità dell'aria. La frequenza relativa con cui una determinata classe si è presentata è riportato sopra la corrispondente barra. Dati relativi alla stazione di VR-Cason.

IQA 2015, BosCO Chiesanuova marzo aprile febbraio Pessima 23 Scadente Mediocre Accettabile s d m g v Buona

• Figura 32. Grafico-calendario relativo all'indice della qualità dell'aria calcolato in base ai dati registrati presso la stazione di Bosco Chiesanuova.

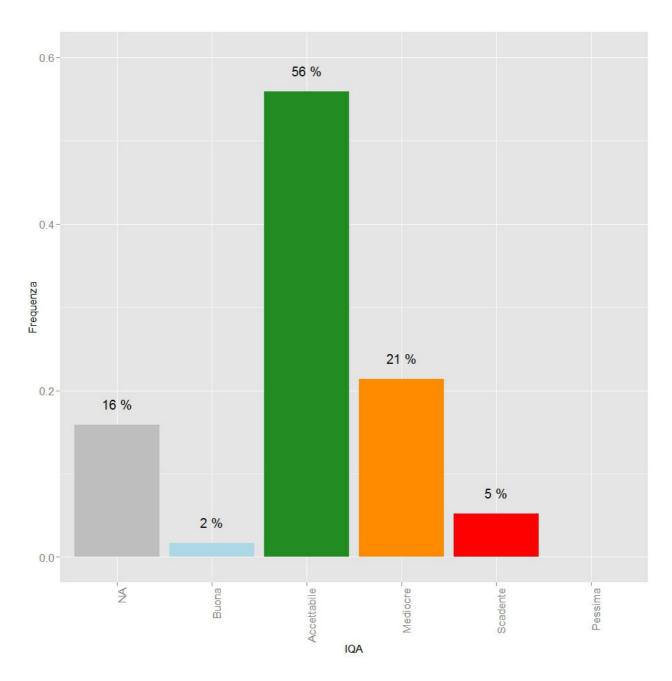


Figura 33. Frequenza delle giornate caratterizzate da diverso indice della qualità dell'aria. La frequenza relativa con cui una determinata classe si è presentata è riportato sopra la corrispondente barra. Dati relativi alla stazione di Bosco Chiesanuova.

8 Analisi delle campagne di misura con mezzo mobile

Nel presente capitolo sono stati considerati i dati di monitoraggio della qualità dell'aria acquisiti nel 2015, nel corso delle varie campagne di misura condotte con la stazione rilocabile. Tali dati sono stati confrontati con quelli della centralina di misura fissa di fondo urbano di VR-Cason, per ottenere una descrizione della concentrazione dei principali inquinanti (NOx, PM10, O₃, BTEX, IPA, metalli).

Il confronto di dati relativi e periodi di campionamento diversi è complesso, in quanto la concentrazione degli inquinanti dipende strettamente dalle condizioni meteorologiche. Per questo motivo, è fondamentale la valutazione dei dati della singola campagna in rapporto a quelli della stazione fissa di VR-Cason, rappresentativa di un sito di fondo della pianura veronese, e per la quale sono disponibili dati in modo continuo per tutto l'anno.

I dati di VR-Cason sono stati disponibili fino al 14 dicembre 2015, perché successivamente la centralina è stata spostata in altra località (VR-Giarol Grande): per questo motivo in alcune analisi non sono state rappresentate le campagne svolte dopo tale data.

9 Caratterizzazione dei siti e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile, svolte in provincia di Verona nel 2015, sono elencate in Tabella 1.

Campagna	Data inizio	Data fine
Rivoli	30/09/2015	9/12/2015
	18/04/2015	15/06/2015
Affi	09/06/2015	28/07/2015
Piazza Bernardi	27/02/2015	16/04/2015
	28/07/2015	10/09/2015
Sommacampagna	03/08/2015	30/09/2015
	13/02/2015	01/04/2015
Castel d'Azzano	13/01/2015	26/02/2015
	22/10/2015	11/01/2016
Nogarole Rocca	10/09/2015	22/10/2015
	01/04/2015	29/05/2015

Tabella 15. Campagne di misura con stazione rilocabile, svolte in provincia di Verona nel 2015: nome del sito, date di inizio e di fine della campagna.

Postazioni di misura

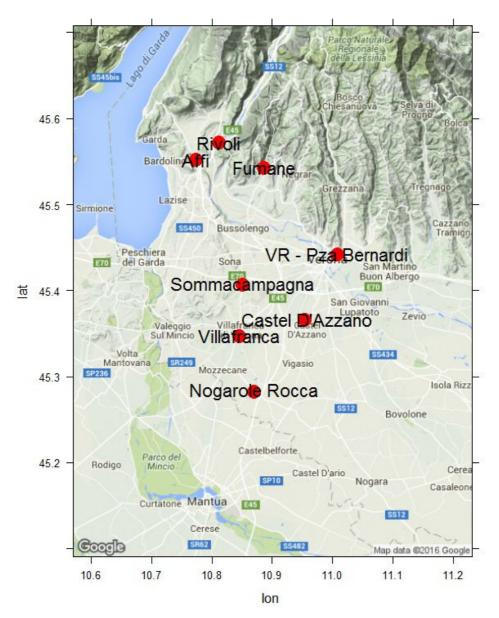


Figura 34. Mappa dei siti monitorati con stazione rilocabile nel 2015 in Provincia di Verona.

10 Analisi dei principali inquinanti

10.1 Biossido di azoto (NO₂) – Ossidi di azoto (NO_X)

In Figura 35 sono riportate le serie temporali della concentrazione media giornaliera di NO₂ misurata dalla centralina di VR-Cason e presso le diverse postazioni in cui sono state svolte le campagne con il mezzo mobile. Si notano i valori più elevati del periodo invernale rispetto a quello estivo, a causa delle condizioni atmosferiche favorevoli al ristagno degli inquinanti. Le serie relative a Sommacampagna, Piazza Bernardi, Castel d'Azzano e Nogarole Rocca mostrano valori più elevati rispetto a VR-Cason; quella di Affi ha invece valori inferiori. Tuttavia, la campagna di Affi, è ancora incompleta, avendo solo i dati rappresentativi di una stagione dell'anno. Di conseguenza, nelle figure successive e nelle statistiche, i dati relativi a queste località non vengono riportati. Nella figura 36 sono visualizzati i box-plot della differenza tra le campagne col mezzo mobile che risultano complete e VR-Cason. Essi mostrano che la concentrazione media di NO₂ a Rivoli,

Piazza Bernardi, Sommacampagna, Castel d'Azzano e Nogarole Rocca è significativamente superiore a quella di Cason. La media della differenza rispetto a VR-Cason è rappresentata anche sulla mappa di Figura 37. In Figura 38 e Figura 39 sono rappresentati il giorno e la settimana tipo della concentrazione di NO₂ misurata presso i vari siti. Per interpretare correttamente i grafici si ricordi che i dati che vengono confrontati sono relativi a periodi diversi, e potrebbero essere influenzati dalle condizioni meteorologiche o da altre variazioni legate all'intervallo temporale cui si riferiscono. Tuttavia si può notare come in tutti i punti di misura ci siano, nella giornata, due picchi di concentrazione, presumibilmente dovuti ai due tipici picchi del traffico, al mattino e alla sera. Per quanto riguarda la settimana tipo, i valori minimi si trovano di domenica in tutte le postazioni, in accordo con una diminuzione del traffico stradale nel fine settimana. I valori massimi si trovano tra il martedì e il venerdì. In genere, si notano i valori medi molto più elevati a Sommacampagna e Castel d'Azzano rispetto alle postazioni: questo è attribuibile alla vicinanza di arterie stradali importanti e molto trafficate in prossimità di queste postazioni di misura.

	Cason	Rivoli	Pza Bernardi	Sommacampagna	Castel d'Azzano	Nogarole Rocca
media	26	33	33	47	53	30
sd	16	19	19	31	21	19
min	2	2	2	4	7	2
max	105	136	101	158	143	138
n	7944	2701	2094	2399	2572	2264

Tabella 16. Concentrazione di NO_2 ($\mu g/m^3$): media dei valori orari in ogni campagna di misura e presso la centralina fissa di VR-Cason (media annua). Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

differenza	Rivoli	Pza Bernardi	Sommacampagna	Castel d'Azzano	Nogarole Rocca
media	9	11	23	15	11
sd	6	7	10	9	9
min	-4	-3	-1	-10	-15
max	26	26	59	47	36
n	112	92	105	93	99

Tabella 17. Concentrazione di NO₂ (μg/m³), valori giornalieri: differenza rispetto al valore di VR-Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.



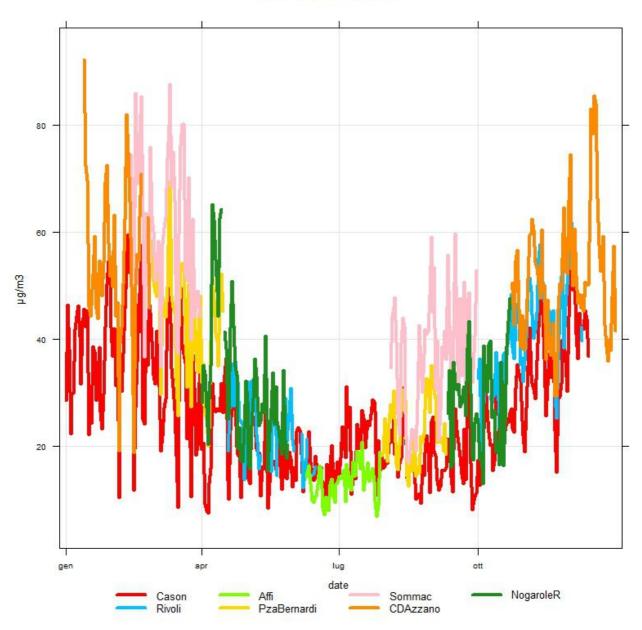


Figura 35. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di NO₂ (μg/m³) misurata presso la centralina fissa di fondo urbano di VR-Cason e presso le postazioni delle campagne di misura con il mezzo mobile.

NO2, concentrazione media giornaliera: differenza campagna-Cason

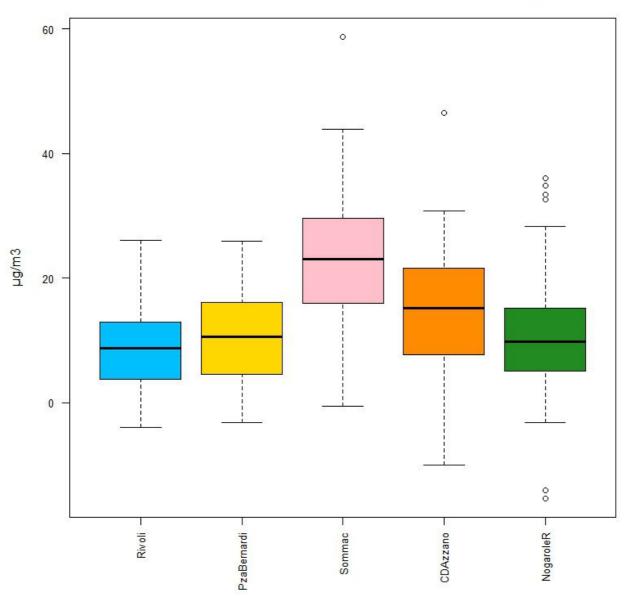


Figura 36. Box-Whisker plot della differenza tra la concentrazione media giornaliera di NO₂ misurato nelle campagne con il mezzo mobile e quella misurata a VR-Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

NO2 differenza media rispetto a Cason

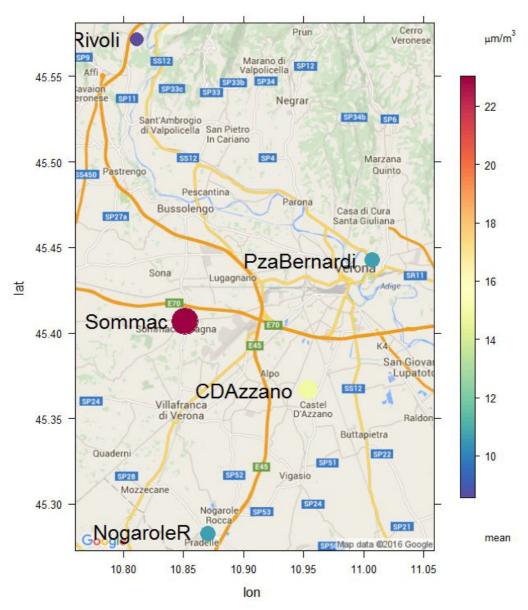


Figura 37. Media della differenza tra la concentrazione media giornaliera di NO₂ misurata nelle campagne con il mezzo mobile e quella misurata a VR-Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

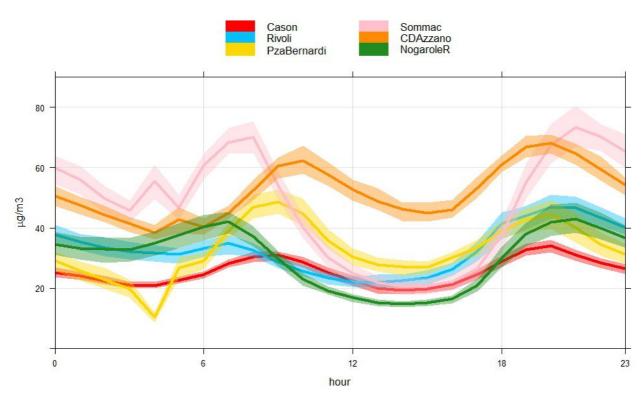


Figura 38. Giorno tipo per la concentrazione di NO₂ nelle diverse postazioni di misura. In ordinata è riportata la concentrazione media di NO₂ (μg/m³), in acissa l'ora del giorno.

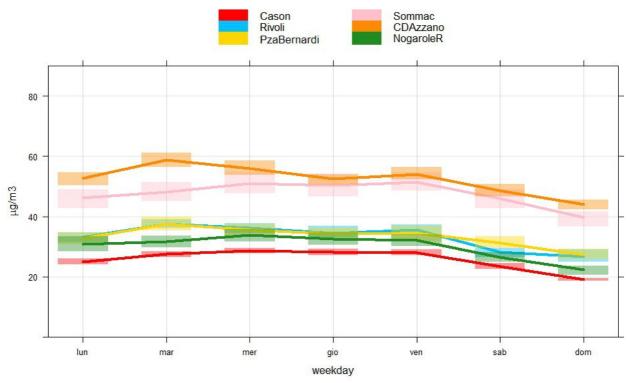


Figura 39. Settimana tipo per la concentrazione di NO_2 nelle diverse postazioni di misura. In ordinata è riportata la concentrazione media di NO_2 ($\mu g/m^3$), in acissa il giorno della settimana.

10.2 Ozono (O₃)

In Figura 40 sono riportate le serie temporali della concentrazione media giornaliera di O₃ misurata dalla centralina di VR-Cason e presso le diverse postazioni in cui sono state svolte le campagne con il mezzo mobile. Si notano i valori più elevati del periodo estivo rispetto a quello invernale, a causa della particolare natura di questo inquinante, che si origina in seguito a un processo fotochimico, in presenza di radiazione solare. La serie relativa ad Affi mostra valori di ozono mediamente superiori a quelli di VR-Cason, e la differenza è significativa: questo si può spiegare col fatto che ad Affi la concentrazione media di ossidi di azoto, che agiscono reagendo con l'ozono e quindi rimuovendolo, è stata molto più bassa rispetto a VR-Cason. Per tutte le altre campagne, invece, i valori sono in media leggermente inferiori a quelli di VR-Cason. La campagna di Affi è ancora incompleta, avendo solo i dati rappresentativi di una stagione dell'anno: di conseguenza, nelle figure successive e nelle statistiche, i dati relativi a questa località non vengono riportati.

Nella Figura 41, sono visualizzati i box-plot della differenza tra le campagne col mezzo mobile che risultano complete e VR-Cason. Essi mostrano che la concentrazione media di O3 a Rivoli, Piazza Bernardi, Sommacampagna, Castel d'Azzano e Nogarole Rocca è inferiore a quella di Cason. Tale differenza è significativa per le campagne di Sommacampagna e Castel d'Azzano: questo può essere messo in relazione con le elevate concentrazioni di ossidi di azoto.

In Figura 42 e Figura 43 sono rappresentati il giorno e la settimana tipo della concentrazione di O3 misurata presso i vari siti. Ancora una volta, i grafici sono da interpretare con cautela, essendo riferiti a periodi diversi. Tuttavia si può notare come in tutti i punti di misura ci sia, nella giornata, un massimo di concentrazione nelle prime ore del pomeriggio, in corrispondenza delle ore più calde della giornata. Per quanto riguarda la settimana tipo, i valori massimi si trovano nel fine settimana e il lunedì in tutte le postazioni, in accordo con una diminuzione del traffico stradale, e quindi della concentrazione di ossidi di azoto. Si nota inoltre che i valori medi relativi a Castel d'Azzano sono molto più bassi rispetto a quelli delle altre postazioni di misura, anche perché questa campagna è stata svolta prevalentemente in periodo invernale, quando i valori di ozono sono più bassi.

	Cason	Rivoli	Pza Bernardi	Sommacampagna	Castel d'Azzano	Nogarole Rocca
media	53	42	62	50	12	56
sd	44	38	36	39	16	35
min	4	2	2	2	2	2
max	206	176	190	179	104	164
n	7943	2797	2134	2441	2604	2282

Tabella 18. Concentrazione di O_3 ($\mu g/m^3$): media dei valori orari in ogni campagna di misura e presso la centralina fissa di VR-Cason.

differenza	Rivoli	Pza Bernardi	Sommacampagna	Castel d'Azzano	Nogarole Rocca
media	-2	-4	-9	-5	-2
sd	8	10	10	5	9
min	-43	-22	-39	-28	-25
max	17	20	16	10	19
n	112	92	105	92	100

Tabella 19. Concentrazione di O₃ (μg/m³), valori giornalieri: differenza rispetto al valore di VR-Cason.

O₃: valori medi giornalieri

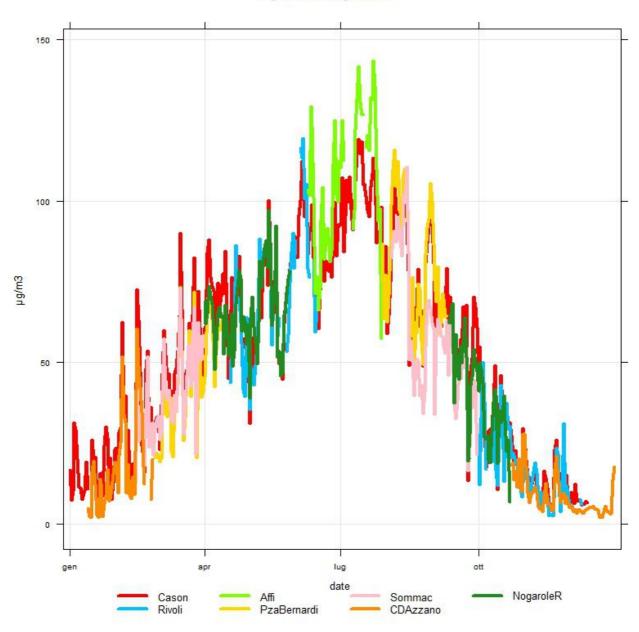


Figura 40. Serie temporale della concentrazione media giornaliera di O_3 ($\mu g/m^3$) misurata presso la centralina fissa di fondo urbano di VR-Cason e presso le postazioni delle campagne di misura con il mezzo mobile.

o3 concentrazione media giornaliera: differenza campagna-Cason

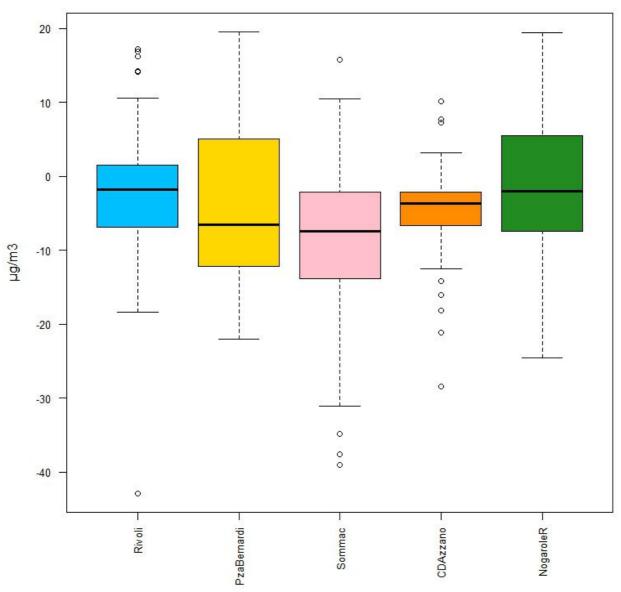


Figura 41. Box-whisker plot della differenza tra la concentrazione media giornaliera di NO₂ misurato nelle campagne con il mezzo mobile e quella misurata a Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

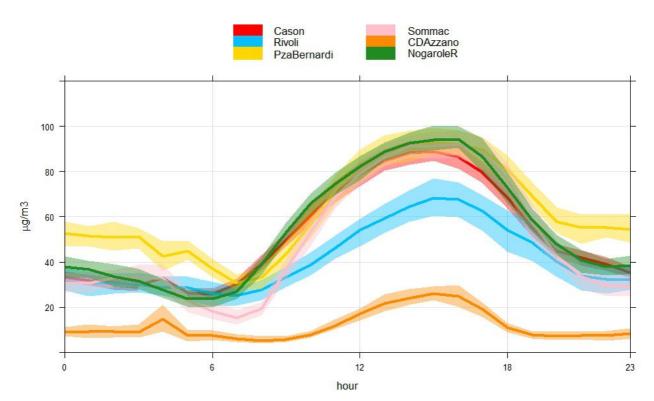


Figura 42. Giorno tipo per la concentrazione di O_3 nelle diverse postazioni di misura. In ordinata è riportata la concentrazione media di O_3 (μ g/m³), in acissa l'ora del giorno.

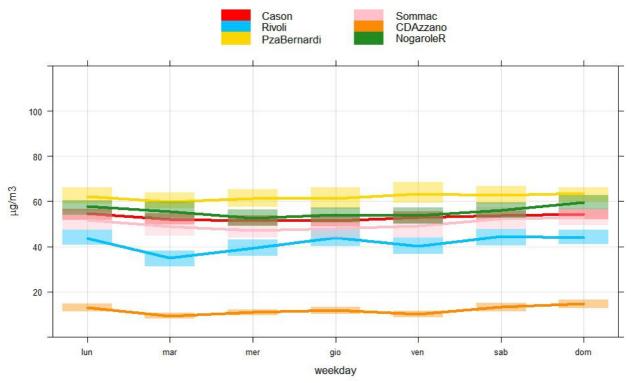


Figura 43. Settimana tipo per la concentrazione di O_3 nelle diverse postazioni di misura. In ordinata è riportata la concentrazione media di O_3 ($\mu g/m^3$), in acissa il giorno della settimana.

10.3 Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

In Figura 44 è rappresentata la serie temporale della concentrazione di PM10 ($\mu g/m^3$) misurata a VR-Cason e presso le postazioni delle campagne di misura con il mezzo mobile. Essa mostra che le serie temporali della concentrazione di PM10, misurata nelle varie campagne di misura con mezzo mobile, sono simili a quelle relative alla centralina di VR-Cason: infatti il PM10 è un inquinante secondario, che mostra variazioni spaziali di concentrazione contenute. Fanno eccezione Affi e la campagna invernale di Rivoli.

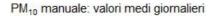
Le differenze sono efficacemente rappresentate in Figura 45 attraverso il box-whisker plot, e sono riportate solo per le campagne che sono state completate (cioè con misure sia nel periodo estivo sia in quello invernale). Se vede che a Rivoli, Piazza Bernardi e Sommacampagna la concentrazione di PM10 è inferiore rispetto a Cason; invece a Castel d'Azzano e Nogarole Rocca è di poco più elevata.

PM10 (μg/m³)	Cason	Rivoli	Affi	PzaBernardi	Sommac	CDAzzano	NogaroleR
media	39	20	22	27	33	56	29
sd	23	10	7	14	21	23	12
min	2	8	9	6	5	7	13
max	131	53	36	79	115	119	61
n	337	81	38	74	78	68	71

Tabella 20. Concentrazione di PM10 ($\mu g/m^3$): media dei valori giornalieri in ogni campagna di misura. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

PM10 (μg/m³) Differenza da VR-Cason	Rivoli	PzaBernardi	Sommac	CDAzzano	NogaroleR
media	-14	-6	-4	5	1
sd	12	7	9	14	7
min	-57	-24	-22	-38	-14
max	6	9	31	37	18
n	81	67	72	66	71

Tabella 21. Concentrazione di PM10 (μg/m³): differenza media rispetto al valore di VR-Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.



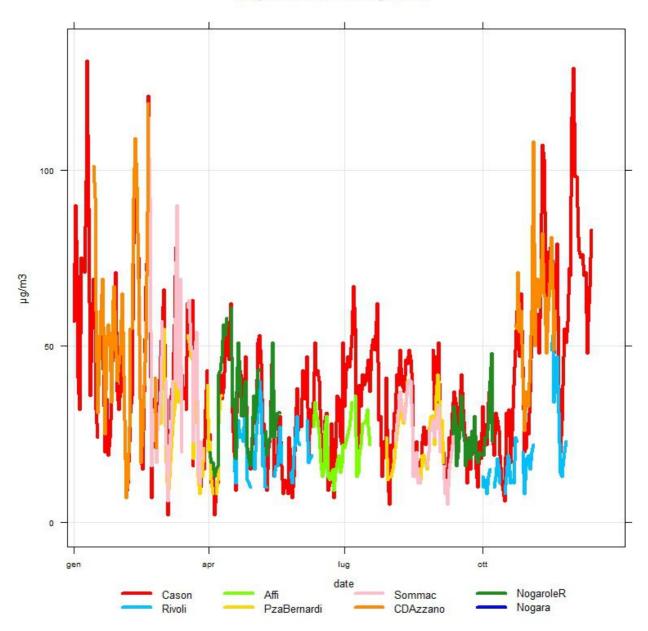


Figura 44. Serie temporale della concentrazione di PM10 ($\mu g/m^3$) misurata a VR-Cason e presso le postazioni delle campagne di misura con il mezzo mobile.

pm10 manuale: differenza campagna-Cason

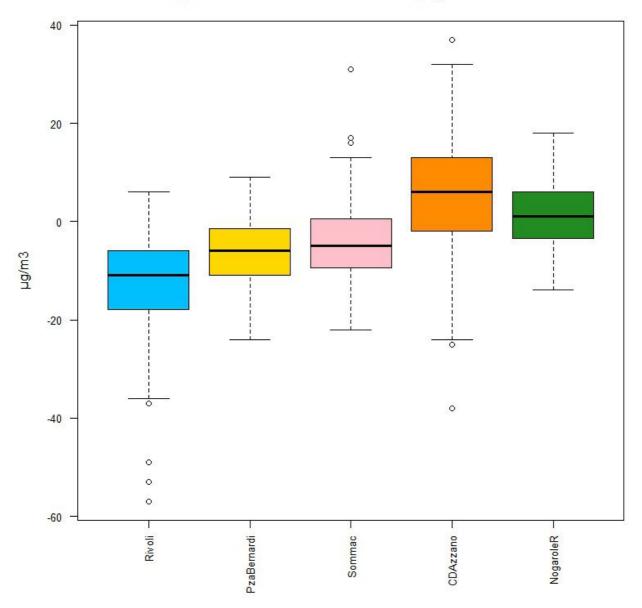


Figura 45. Box-Whisker plot della differenza tra la concentrazione media giornaliera di PM10 misurata nelle campagne con il mezzo mobile e quella misurata a VR-Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

μm/m³ 45.6 Bolca San Felice del Benaco Rivoli 4 Bardolino Affi Chiampo Negrar 2 Tregnago Grezzana Lazise 45.5 Sirmione Desenzano Cazzano di Bussolengo Tramigna -2 PzaBernarde del Garda at San Martino Soave Buon Albergo Sommac 45.4 -6 San Bonifacio San Giovanni Lupatoto -8 zzano -10 Volta Guidizzolo Mantovana SR249 Mozzecane Vigasio SP236 Castel 45.3 -12 offredo Isola Rizza NogaroleR \$\$12 Bovolone Google mean Map data @2016 Google 10.6 10.8 11.0 11.2 lon

PM₁₀ manuale: differenza rispetto a Cason

Figura 46. Media della differenza tra la concentrazione media giornaliera di PM10 misurata nelle campagne con il mezzo mobile e quella misurata a VR-Cason.

10.4 BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni)

In Figura 47 sono rappresentate le serie temporali del benzene misurato a VR-Cason e presso le postazioni delle campagne di misura con il mezzo mobile. Sono evidenti i valori più elevati del periodo invernale presso tutte le postazioni. I valori sono tali da rispettare il limite di legge di 5 $\mu g/m^3$, che si applica alla media annuale.

In Figura 48 sono rappresentati i valori medi delle quattro specie di BTEX nelle diverse postazioni di misura. Non sono rappresentate le campagne incomplete (cioè per le quali non sono state fatte misurazioni sia in estate sia in inverno). Le concentrazioni di BTEX sono state misurate con campionatori passivi nei periodi di campagna: nel grafico di figura 48 sono riportate le concentrazione medie misurate. I valori più alti a Castel d'Azzano sono legati al fatto che i due periodi di campagna sono entrambi in inverno.

media (µg/m³)	Benzene	etilbenzene	toluene	xilene
Rivoli	0.32	0.30	1.20	0.76
Pza Bernardi	0.43	0.57	3.08	2.44
Sommacampagna	0.51	0.40	1.98	1.48
Castel d'Azzano	1.36	0.51	3.92	1.91
Nogarole Rocca	0.30	0.36	1.50	1.04
Cason	0.53	0.34	1.88	1.15

Tabella 22. Valori medi di concentrazione di diverse specie di BTEX (μg/m³), misurata nelle varie campagne di misura condotte con stazione rilocabile e a VR-Cason. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

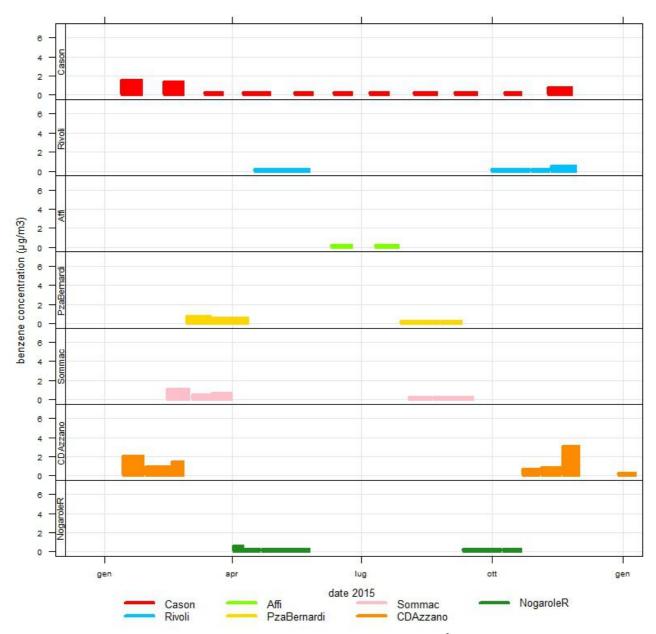


Figura 47. Serie temporali della concentrazione di benzene (μg/m³) misurata a VR-Cason e nelle postazioni in cui sono state svolte le campagne con mezzo mobile.

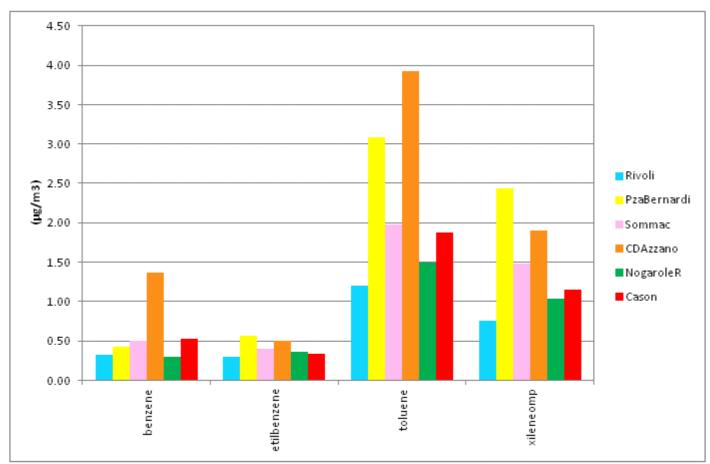


Figura 48. Valore medio di benzene, etilbenzene, toluene, xilene misurato a VR-Cason e presso le diverse postazioni in cui sono state effettuate le campagne di misura con il mezzo mobile.

10.5 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)

In Figura 49 sono rappresentate le serie temporali della concentrazione di benzopirene misurata a VR-Cason e nei luoghi dove sono state svolte le campagne col mezzo mobile. Anche in questo caso, dalla serie temporale relativa a VR-Cason, si nota che i valori sono più elevati in inverno rispetto all'estate, per via delle condizioni meteo favorevoli al ristagno degli inquinanti. I dati delle campagne sono indicativi delle concentrazioni di IPa che si misurano in periodo estivo ed invernale nelle diverse località..

I valori medi annuali relativi a VR-Cason sono inferiori al limite normativo di 1 ng/m³. Dal confronto tra i dati delle campagne e VR-Cason si può inferire che il limite sia rispettato anche nei siti dove esse sono state svolte, essendo i valori relativi alle diverse postazioni piuttosto vicini. Anche i valori medi delle altre specie di IPA sono contenuti (Tabella 23).

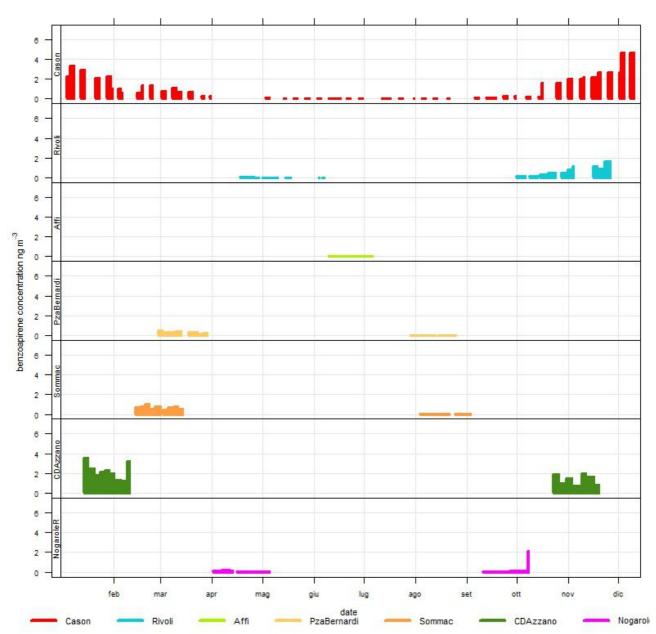


Figura 49. Serie temporali della concentrazione di benzoapirene (ng/m³) misurata a VR-Cason e presso le postazioni delle campagne di misura con il mezzo mobile.

(ng/m³)	Benzo(a)a ntracene	Benzopi rene	benzobflu orantene	benzogh iperilene	benzokflu orantene	crise ne	Dibenzoa(h) antracene	indeno123 cdpirene	somma
Rivoli	0.17	0.37	0.28	0.36	0.17	0.17	0.04	0.48	2.04
PzaBernar di	0.10	0.17	0.22	0.25	0.11	0.16	0.02	0.16	1.19
Sommac	0.29	0.37	0.44	0.45	0.23	0.39	0.03	0.35	2.54
CDAzzano	1.21	1.77	1.49	1.59	0.85	1.20	0.13	1.79	10.03
NogaroleR	0.07	0.11	0.12	0.13	0.07	0.08	0.04	0.13	0.75
Cason	0.94	0.99	0.88	0.89	0.49	0.87	0.07	0.81	5.94

Tabella 23. Valori medi delle varie specie di IPA misurate (ng/m³) a VR-Cason e nelle varie postazioni in cui sono state svolte le campagne di misura constazione rilocabile. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

Relazione tecnica n. XXXXXXX

10.6 Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

In Tabella 24 è riportata la concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e piombo misurata presso la centralina di VR-Cason e nei siti dove sono state svolte le campagne con il mezzo mobile. Gli stessi dati sono rappresentati graficamente nelle Figure 50 e 51. I valori sono molto più bassi dei limiti normativi. I valori medi misurati sono compatibili con quelli tipici dei siti di fondo urbano per arsenico, cadmio e nichel; invece per il piombo i valori sono compatibili con quelli delle aree urbane. Valori medi più elevati si trovano a Castel d'Azzano, sicuramente anche perchè questa campagna è stata svolta in periodo invernale.

site	arsenico	cadmio	nichel	piombo
Rivoli	0.5	0.1	1.0	3.0
Pza Bernardi	0.5	0.1	2.0	4.6
Sommacampagna	0.7	0.2	1.3	6.1
Castel D'Azzano	1.1	0.4	4.2	13.9
Nogarole Rocca	0.7	0.4	2.2	4.8
Cason	0.7	0.2	2.6	8.0
livello di fondo	da 1 a 3	0.1	1	0.6
aree urbane	da 20 a 30	da 1 a 10	da 9 a 60	5-500

Tabella 24. Concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e piombo misurata a VR-Cason e nei siti dove sono state svolte le campagne con il mezzo mobile.

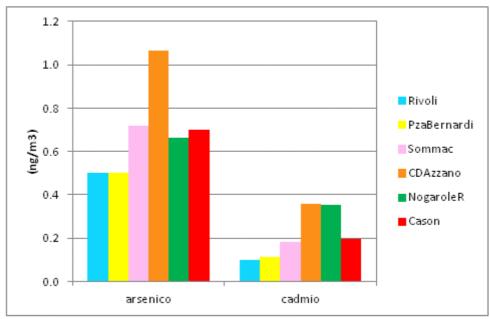


Figura 50. Concentrazione di arsenico e cadmio misurata a VR-Cason e nei siti dove sono state svolte le campagne con il mezzo mobile. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

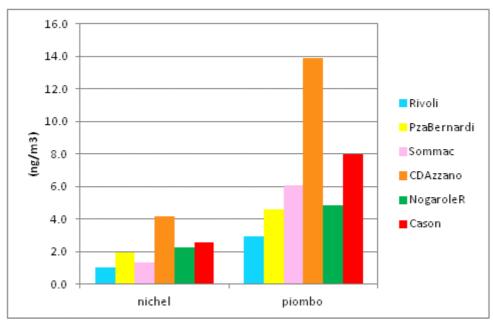


Figura 51. Concentrazione di nichel e piombo misurata a VR-Cason e nei siti dove sono state svolte le campagne con il mezzo mobile. Non sono riportate le postazioni per le quali non è disponibile sia la campagna estiva sia quella invernale.

11 Nuova stazione fissa di Verona – Giarol Grande

Il 14 dicembre 2015, la stazione di VR-Cason è stata disattivata, e successivamente spostata in località Verona-Giarol Grande, dove ha ripreso a funzionare il 19 dicembre 2015 Lo spostamento è stato reso necessario per ottemperare alle indicazioni del DL.gs 155/2010 relative alla localizzazione delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano.

Per caratterizzare il nuovo sito, nel 2014, è stata svolta una campagna di monitoraggio con stazione rilocabile a VR-Giarol, e i dati sono stati confrontati con quelli della stazione fissa di VR-Cason. Le analisi sono riportate sinteticamente in questo capitolo. Tale campagna di misura è stata svolta dal 25 agosto 2014 al 9 ottobre 2014.

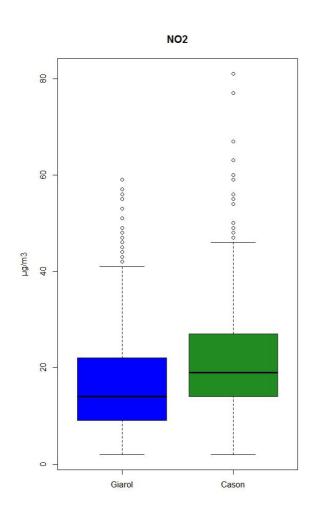
12 Analisi dei principali inquinanti

12.1 Ossidi di azoto (NOx)

La concentrazione di NO₂ nel periodo di monitoraggio è stata più elevata a VR-Cason rispetto a VR-Giarol, sia nelle medie sia nei valori massimi (Figura 52a e Tabella 25). Il giorno tipo (Figura 52b) mostra il tipico andamento con due picchi in corrispondenza delle ore di traffico più intenso, in entrambe le località: nelle ore della giornata lontane dal picco, la concentrazione di NO₂ a VR-Cason si mantiene più elevata rispetto a VR-Giarol.

NO ₂ (μg/m³)	Giarol	Cason
media	17	21
sd	10	10
min	2	2
max	59	81
mediana	14	19
max giornaliero	27	32
95°percentile	37	39
99°percentile	47	54
N superamenti 200 μg/m³	0	0
N superamenti 400 μg/m³	0	0
N	1055	1055
dati mancanti	2	49
data.capture	100	95

Tabella 25. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di NO_2 ($\mu g/m^3$) misurata a VR-Giarol e a VR-Cason nel periodo di campagna.



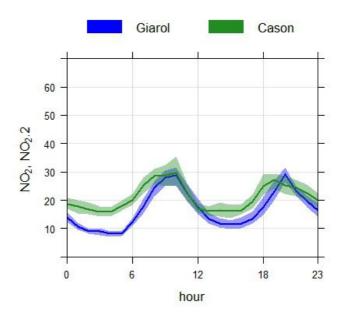


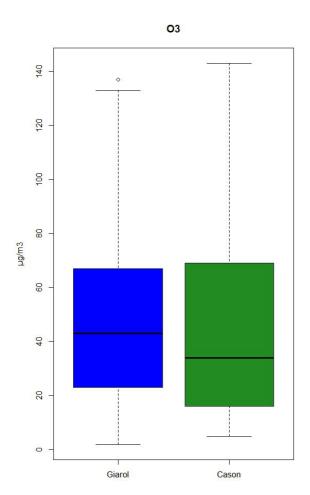
Figura 52. Concentrazione media di NO_2 ($\mu g/m^3$) a VR-Cason e VR-Giarol : a sinistra (a) box-plot, a destra (b) giorno tipo.

12.2 Ozono (O₃)

La concentrazione di O₃ nel periodo di monitoraggio è stata molto simile a VR-Cason e a VR-Giarol: i valori medi non differiscono significamente, anche se quello di VR-Giarol è più elevato di quello di VR-Cason, mentre il valore massimo più elevato è a VR-Cason (Figura 53a e Tabella 26). Il giorno tipo (Figura 53b) mostra che nelle ore notturne, quando i valori di O3 sono minimi per la mancanza di radiazione, il valore medio di VR-Giarol risulta superiore a quello di VR-Cason: questo può essere associato alle minori concentrazioni di ossidi di azoto a VR-Giarol, poiché quest'ultimo inquinante tende a reagire con l'ozono, eliminandolo.

O ₃ (μg/m³)	Giarol	Cason
media	47	43
sd	28	32
min	2	5
max	137	143
mediana	43	34
max giornaliero	78	71
max.rolling.8	114	128
95° percentile	95	101
99°percentile	111	117
N superamenti 120 µg/m³ sulla media mobile di 8h	0	1
N superamenti 180 μg/m³	0	0
N superamenti 240 μg/m³	0	0
N	1055	1055
dati mancanti	2	55
data.capture	100	95

Tabella 26. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di O_3 ($\mu g/m^3$) misurata a VR-Giarol e a VR-Cason nel periodo di campagna.



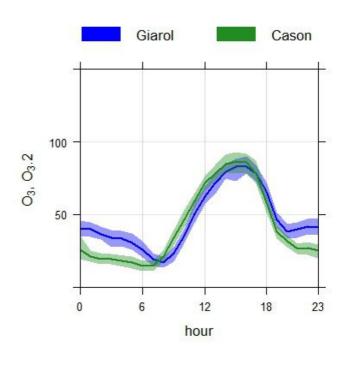


Figura 53. Concentrazione media di O_3 ($\mu g/m^3$) a VR-Cason e VR-Giarol: a sinistra (a) box-plot, a destra (b) giorno tipo.

12.3 Polveri sottili (PM10)

La concentrazione di PM10 nel periodo di monitoraggio è stata mediamente superiore a VR-Giarol rispetto a VR-Cason: i dati a disposizione sono pochi, ma mostrano che l'andamento della concentrazione di polveri sottili è molto simile nelle due località, essendo influenzata prevalentemente dalla meteorologia. (Figura 54 e Tabella 27).

pm10 stesso periodo (µg/m³)	Giarol	Cason
media	27	19
N	29	29
sd	16	12
max	70	50
min	8	2

Tabella 27. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu g/m^3$) misurata a VR-Giarol e a VR-Cason nel periodo di campagna.

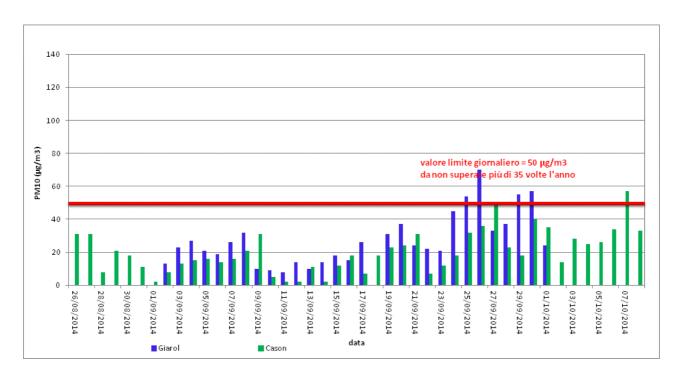


Figura 54. Concentrazione media giornaliera di PM10 ($\mu g/m^3$) a VR-Cason e VR-Giarol, nel periodo di campagna, dal 25 agosto 2014 al 9 ottobre 2014.

12.4 Benzene, benzoapirene, metalli

I valori medi di concentrazione di benzene, benzoapirene e di metalli sono confrontabili per le due postazioni di VR-Giarol e VR-Cason, come mostrano i dati di Tabella 28, Tabella 29 e Tabella 30. Le elaborazioni per il benzoapirene e i metalli sono state condotte su dati relativi allo stesso periodo di campionamento. Invece, i campioni di benzene sono stati presi in periodi che non coincidono esattamente. I valori sono comunque molto bassi rispetto ai limiti di riferimento.

benzene (μg/m3)	Giarol	Cason
media	0.3	0.5
N giorni di esposizione	45	18
sd	0.0	NA
max	0.3	0.5
min	0.3	0.5

Tabella 28. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata a VR-Giarol e VR-Cason, con campionatori passivi. N indica il numero di giorni di esposizione. Il periodo di esposizione non coincide esattamente per le due località.

Benzopirene (ng/m³)	PiazzaBernardi	Cason
media	0.02	0.03
N	9	9
sd	0.01	0.01
max	0.04	0.04
min	0.01	0.03

Tabella 29. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzoapirene a VR-Giarol e VR-Cason. Sono stati considerati solo i dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località, per rendere significativo il confronto.

Metallo		Cason	Giarol
		(ng/m³)	(ng/m³)
Arsenico	media	0.5	0.6
	n° dati	7	7
	max	0.5	1.0
	min	0.5	0.5
Cadmio	media	0.2	0.2
	n° dati	7	7
	max	0.2	0.2
	min	0.1	0.1
Nichel	media	1.9	2.2
	n° dati	7	7
	max	2.8	2.6
	min	1.0	1.0
Piombo	media	6.2	5.6
	n° dati	7	7
	max	8.5	7.3
<u> </u>	min	3.8	2.3

Tabella 30. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di metalli a VR-Giarol e VR-Cason. Sono stati considerati solo i dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località, per rendere significativo il confronto.

13 Conclusioni

Nella presente relazione sono stati analizzati i dati di qualità dell'aria misurati nelle 8 stazioni ubicate in provincia di Verona. Inoltre, sono stati riportati sinteticamente i risultati delle campagne di misura svolte con le stazioni rilocabili in varie località della provincia.

L'analisi dei dati è stata sviluppata attraverso la produzione di tabelle che riportano i principali parametri statistici, che permettono di definire le caratteristiche delle serie temporali di ogni inquinante, relative a ogni stazione di misura. I dati sono stati confrontati anche attraverso la produzione di opportuni grafici.

Sono stati, inoltre, riportati sinteticamente i risultati delle campagne di monitoraggio condotte in ambito urbano di Verona e in provincia: nel 2015 sono stati monitorati un sito di traffico urbano (piazza Bernardi – Verona), un sito di traffico provinciale (Castel d'Azzano), due siti di background suburbano (Sommacampagna, Rivoli e Nogarole Rocca), che pur non essendo in diretta prossimità a vie di traffico si trovano non lontano da grandi arterie: le autostrade A4 e A22.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, non vi è stato alcun superamento dei limiti di legge presso le stazioni fisse della rete di controllo della qualità dell'aria.

La stazione di fondo rurale di riferimento per valutare il livello critico per la protezione della vegetazione, pari a 30 μ g/m³, per gli ossidi di azoto totali (NOx), è Bosco Chiesanuova: il valore limite annuale misurato è pari a 11 μ g/m³, inferiore pertanto al valore di riferimento.

I valori medi e massimi più elevati di questo inquinante sono stati misurati nelle stazioni di pianura (San Bonifacio, VR-Borgo Milano, Legnago, VR-Cason, San Giovanni Lupatoto e Ca' del Bue), per le quali gli andamenti temporali sono molto simili. Sono evidenti i picchi di concentrazione al mattino e alla sera, in corrispondenza dei picchi di traffico e della presenza di inversioni termiche, e anche durante i giorni della settimana in cui il traffico è più intenso (da mercoledì a venerdì). I valori più elevati si trovano nel periodo invernale, in corrispondenza di situazioni alto-pressorie che interessano la nostra regione per più giorni, favorendo le inversioni e termiche e il ristagno di inquinanti nello strato atmosferico più vicino alla superficie. Nella stazione di fondo rurale di Bosco Chiesanuova e in quella di fondo suburbano di Fumane, invece, i valori medi e massimi di concentrazione di questo inquinante sono molto più bassi rispetto alle stazioni di pianura; inoltre, l'andamento del giorno tipo non mostra i due massimi in corrispondenza dei picchi di traffico. I dati delle campagne di misura condotte in siti di traffico, quali via Scuderlando a Castel d'Azzano, piazza Bernardi a Verona, o a Nogarole Rocca, nei pressi dell'abitato posto non lontano dall'asse autostradale Modena-Brennero mostrano valori più elevati di quanto misurato presso i siti fissi di Verona e il probabile superamento del valore limite annuale pari a 40 μg/m³.

La situazione del particolato atmosferico (PM10) è più critica: tutte le stazioni fisse di Verona e della pianura a sud di Verona superano per più di 35 giorni l'anno il valore limite per la protezione della salute dagli effetti acuti, pari a 50 μ g/m³. I valori medi annuali sono inferiori al valore limite di 40 μ g/m³.

L'andamento delle concentrazioni di PM10 mostra delle analogie con quello degli ossidi di azoto. Infatti, anche in questo caso, si possono distinguere due gruppi di stazioni: da un lato quelle di pianura, con valori medi e massimi più elevati e la presenza di massimi nei mesi invernali, in corrispondenza di situazioni meteorologiche che favoriscono le inversioni termiche; dall'altro le stazioni di fondo di Bosco Chiesanuova e Fumane, con valori medi e massimi inferiori e un andamento che si discosta dalle altre. I mesi in cui i valori medi giornalieri sono stati più elevati sono stati gennaio e dicembre.

La concentrazione media annuale di PM10 che emerge dall'analisi dei dati delle campagne con laboratorio mobile, rispetto al valore medio annuale rilevato a Verona – Cason, è inferiore nei siti di

Rivoli, Sommacampagna e VR-Piazza Bernardi; invece è di poco più elevata a Castel d'Azzano e Nogarole Rocca.

Questo è un inquinante in buona percentuale secondario, che presenta caratteristiche abbastanza omogenee in vaste aree, ed è meno influenzato dalle fonti di pressione locali.

Per quanto riguarda le polveri di diametro inferiore a 2.5 µm (PM2.5), rilevate presso la stazione di Verona Cason, esse hanno rappresentato una frazione pari a 68% del PM10 totale.

Il terzo inquinante critico per la provincia di Verona è l'ozono (O₃). Essendo di origine fotochimica, esso manifesta i valori più elevati in estate e durante le ore centrali del giorno, guando è maggiore la radiazione solare. E' un inquinante secondario, che si forma a partire da ossidi di azoto e composti organici volatili, ma subisce anche fenomeni di trasporto. Viene rimosso per deposizione e contatto su qualsiasi superficie, o attraverso una reazione chimica in cui reagisce con gli ossidi di azoto e viene eliminato. Per questo motivo, si trova che mediamente, durante il fine settimana, quando il traffico è più limitato e quindi le concentrazioni di ossidi di azoto sono più basse, i valori medi di ozono sono più elevati per la scarsa efficienza del processo di rimozione. L'andamento (annuale, settimanale, giornaliero) delle concentrazioni di ozono, con massimi molto pronunciati in estate e nelle ore centrali del giorno, è molto simile in tutte le stazioni di pianura e anche a Fumane. Bosco Chiesanuova, invece, rappresenta un'eccezione. Qui l'ozono viene trasportato dalla pianura, grazie alla brezza di valle che spira durante la notte, e si accumula, non essendo i meccanismi per la sua rimozione efficaci. Pertanto la sua concentrazione media è abbastanza stabile durante tutta la giornata, ed è piuttosto elevata anche in inverno. La soglia di allarme di 240 µg/m³, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata, non è stata superata in alcuna stazione di misura, mentre la soglia di informazione di 180 µg/m³, oltre la quale vi è rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per i gruppi sensibili della popolazione, è stata superata presso tutte le stazioni in cui avviene il monitoraggio.

I valori medi di monossido di carbonio (CO) e di biossido di zolfo (SO₂) sono stati molto bassi, vicini al limite di rivelabilità dello strumento, e non vi sono stati superamenti.

Il benzene e il benzoapirene hanno avuto valori medi inferiori ai limiti normativi in tutti i punti di monitoraggio. L'andamento delle concentrazioni durante l'anno, per entrambi gli inquinanti, mostra valori più elevati nel periodo invernale. Per il benzene si conferma l'effetto positivo legato alla formulazione delle benzine e alle nuove motorizzazioni che hanno portato a una generale diminuzione delle concentrazioni in aria. Per il benzo(a)pirene la situazione è diversa: sono state misurate concentrazioni relativamente elevate, nel periodo invernale, nei siti influenzati dal traffico quali Castel d'Azzano, Sommacampagna e presso la stazione di VR-Cason in cui si misurano nei mesi invernali, concentrazioni superiori a 2 μg/m³. Non appare critica la situazione in ambito urbano: a piazza Bernardi, i valori misurati sono inferiori ai valori limite.

Anche le concentrazioni di metalli misurate per arsenico, piombo, cadmio e nichel non superano i limiti normativi.

Per fornire un'informazione sintetica relativa alla qualità dell'aria, è stato sviluppato un indice qualitativo, che tiene conto delle criticità relative ai tre inquinanti principali: NO₂, PM10 e O₃. Questo indice è stato calcolato per la stazione di VR-Cason, rappresentativa di una situazione di fondo urbano, tipica quindi della pianura veronese. In base ad esso, nel 2015, la qualità dell'aria di VR-Cason è stata prevalentemente accettabile (44% delle giornate); per il 35% dell'anno mediocre, per il 5% buona, per il 7% scadente o pessima. L'analisi dell'andamento delle concentrazioni medie annue dei principali inquinanti, registrate dalle stazioni di Borgo Milano e Cason negli ultimi undici anni, evidenzia una leggera tendenza al miglioramento della qualità dell'aria fino al 2014 e un netto peggioramento nel 2015. Appare chiara anche la relazione con la

meteorologia, per cui negli anni più piovosi si registrano generalmente concentrazioni degli inquinanti meno elevate e inferiore numero di superamenti dei limiti. Infatti, il 2015 è stato un anno caratterizzato da una piovosità più bassa della norma e da un'estate particolarmente calda, con periodi di caldo intenso, che risultano critici per l'ozono.