



CAMPAGNA DI MISURA DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Comune di Fumane
Viale Roma

22 luglio - 8 agosto e 28 settembre - 11 ottobre 2010
9 novembre – 17 dicembre 2010

Comune di Mezzane
Via 4 Novembre

10 giugno – 8 luglio 2010
18 dicembre 2010 – 17 febbraio 2011

a cura del Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona

Relazione: Dr.ssa Francesca Predicatori
Dr. Paolo Frontero
Dr. Mario Furlan

Gestione Laboratorio Mobile: Andrea Salomoni

Direttore del Dipartimento: Ing. Giancarlo Cunego



Indice della relazione tecnica.

1	Introduzione.....	3
2	Inquadramento orografico e localizzazione dei siti di misura.....	4
3	Caratteristiche dei principali inquinanti.....	5
4	Campagna di misura estiva.....	6
4.1	Condizioni meteorologiche durante le campagne di misura.....	6
4.1.1	Fumane.....	6
4.1.2	Mezzane di Sotto.....	8
4.2	Analisi dei dati rilevati - PM10.....	9
4.2.1	Pm10 - Fumane.....	9
4.2.2	PM10 - Mezzane di Sotto.....	11
4.2.3	PM10 - Confronto Fumane – Mezzane di Sotto.....	12
4.3	Analisi dei dati rilevati - PM2.5.....	12
4.3.1	PM2.5 - Fumane.....	12
4.3.2	PM2.5 - Mezzane di Sotto.....	14
4.3.3	PM2.5 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto.....	15
4.4	Analisi dei dati rilevati - NO2.....	15
4.4.1	NO2 - Fumane.....	15
4.4.2	NO2 - Mezzane di Sotto.....	18
4.4.3	NO2 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto.....	19
5	Campagna di misura invernale.....	20
5.1	Condizioni meteorologiche durante le campagne di misura.....	20
5.1.1	Fumane - Campagna di misure dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.....	20
5.1.2	Mezzane di Sotto - Campagna di misure dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.....	21
5.2	Analisi dei dati rilevati - PM10.....	23
5.2.1	PM10 - Fumane.....	23
5.2.2	PM10 - Mezzane di Sotto.....	24
5.2.3	Confronto Fumane – Mezzane di Sotto PM10.....	25
5.3	Analisi dei dati rilevati - PM2.5.....	25
5.3.1	PM2.5 - Fumane.....	25
5.3.2	PM2.5 - Mezzane di Sotto.....	27
5.3.3	Confronto Fumane – Mezzane di Sotto PM2.5.....	28
5.4	Analisi dei dati rilevati - NO2.....	28
5.4.1	NO2 - Fumane.....	28
5.4.2	NO2 - Mezzane di Sotto.....	30
5.4.3	Confronto Fumane – Mezzane di Sotto NO2.....	31
6	Distribuzione spaziale del biossido di azoto a Fumane.....	32
7	Andamento degli inquinanti a minore criticità.....	34
7.1	Biossido di zolfo (SO2).....	34
7.1.1	SO2 - Fumane.....	34
7.1.2	SO2 - Mezzane di Sotto.....	35
7.1.3	Confronto Fumane – Mezzane di Sotto SO2.....	36
7.2	Monossido di carbonio (CO).....	36
7.2.1	CO - Fumane.....	37
7.2.2	Mezzane di Sotto.....	38
7.2.3	Confronto Fumane – Mezzane di Sotto CO.....	39
7.3	Ozono (O3).....	41
7.3.1	O3 - Fumane.....	41
7.3.2	Mezzane di Sotto.....	43
7.3.3	Confronto Fumane – Mezzane di Sotto O3.....	44
7.4	Benzene (C6H6).....	46
8	Conclusioni.....	47
9	Normativa di riferimento e indicatori di sintesi.....	49

1 Introduzione

Nell'ambito del progetto "Indagine epidemiologica sullo stato di salute respiratoria della popolazione residente in due comuni della fascia pedemontana veronese: Fumane e Mezzane di Sotto" condotto dall'Università degli Studi di Verona – Sezione di Epidemiologia e Statistica Medica - Dipartimento di Medicina e Sanità Pubblica, il dipartimento ARPAV di Verona ha effettuato il monitoraggio della qualità dell'aria nel centro abitato del comune di Fumane (VR) e a Mezzane di Sotto, simile al comune di Fumane per caratteristiche geografiche e socio-economiche ma privo d'importanti fonti d'inquinamento industriale.

ARPAV, dipartimento di Verona, ha quindi condotto nel corso dell'anno 2010 due campagne di misura nel comune di Fumane, una estiva (suddivisa in due periodi dal 22 luglio all'8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010) ed una invernale (dal 9 novembre al 17 dicembre 2010), due campagne di misura nel comune di Mezzane di Sotto, una nel periodo estivo (dal 10 giugno al 8 luglio 2010) ed una nel periodo invernale (dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011), finalizzate alla valutazione della qualità dell'aria.

In questo rapporto vengono analizzati in modo dettagliato i risultati delle indagini condotte nei diversi periodi di misura e viene eseguito un confronto tra i due comuni tramite alcuni parametri statistici ritenuti significativi.

Nel comune di Fumane è attiva una stazione fissa di misura dell'inquinamento atmosferico sita in via Brugnoli, nella zona nord-est del centro abitato dove sono misurate in continuo le concentrazioni di polveri sottili (PM₁₀), ossidi di azoto e zolfo ed alcuni parametri meteorologici quali direzione e velocità del vento. Il comune di Mezzane di Sotto, non presentando alcun punto di pressione ambientale particolare, è privo di un monitoraggio continuativo della qualità dell'aria.

Le indagini effettuate con il laboratorio mobile sono state progettate in modo da valutare la distribuzione degli inquinanti nei due territori comunali. Inoltre, a Fumane sono state integrate le misure effettuate presso la stazione fissa con misure di concentrazione di PM_{2.5}.

Il laboratorio mobile è dotato di analizzatori per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa inerente l'inquinamento atmosferico: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x, NO, NO₂), ozono (O₃) e polveri sottili (PM₁₀). Per poter meglio interpretare le variazioni delle concentrazioni degli inquinanti sono stati misurati in continuo alcuni parametri meteorologici, quali: temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, velocità del vento prevalente, direzione del vento prevalente, radiazione solare globale. Sono state inoltre effettuate delle misure ambientali, tramite campionatori passivi, delle concentrazioni di: benzene, toluene, xilene, (BTX).

La principale fonte di pressione industriale presente nel comune di Fumane è rappresentata dall'industria "Cementi Rossi" ubicata pochi chilometri a nord dal centro abitato lungo la valle dei Progni. Essendo gli ossidi di azoto tra gli inquinanti più significativi emessi dal cementificio, si è deciso di studiare la distribuzione nel territorio comunale delle concentrazioni di NO₂, progettando due campagne di misura tramite campionatori passivi.

I dati di concentrazione degli inquinanti rilevati a Fumane ed a Mezzane di Sotto sono stati confrontati con quelli rilevati negli stessi periodi dalla stazione fissa di Fumane, da quella di Bosco Chiesanuova e dalle due di Verona, una sita in località Cason ed una a Borgo Milano.

La stazione fissa di Bosco Chiesanuova è una stazione di fondo remoto, si trova infatti in un contesto montano (810 m s.l.m.) praticamente privo di fonti di pressione ambientale. La stazione fissa di Verona in località Cason è una stazione di fondo suburbano situata lontano da fonti emissive dirette, quali strade, industrie, impianti di riscaldamento, ecc., ed è quindi un punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento risultanti dal trasporto degli inquinanti anche dall'esterno dell'area urbana e dalle emissioni dell'area urbana stessa.

La stazione fissa di Verona situata a Borgo Milano è una centralina di traffico urbano, collocata presso una strada ad alta intensità di traffico ed è pertanto rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate prevalentemente da emissioni legate al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento.

2 Inquadramento orografico e localizzazione dei siti di misura

La valle di Fumane è la più occidentale delle valli lessiniche, orientata lungo l'asse NNE-SSW, è, inoltre, la valle più profonda delle tre che compongono la Valpolicella. Il centro abitato di Fumane si trova all'uscita di un'altra valletta che lo collega alle frazioni di Mazzurega e Cavalò e ha orientazione NE-SW. Entrambe le valli rivestono un ruolo importante sulla direzione prevalente dei venti e quindi sulla distribuzione degli inquinanti.

Lo stabilimento dell'industria "Cementi Rossi" si trova a Nord dell'abitato: la concentrazione degli inquinanti è fortemente influenzata dalla posizione della principale fonte di pressione industriale e dal regime anemologico tipico della valle. Nello studio condotto da ARPAV nell'anno 2007/08, pubblicato nel Rapporto "Stato dell'ambiente di Fumane" è stata analizzata in dettaglio l'influenza dell'orografia e dei principali parametri meteoroclimatici sulla concentrazione di inquinanti in aria: l'effetto di canalizzazione operato dalle valli che si aprono a Nord e a Nord - Ovest dell'abitato di Fumane fa sì che i venti provengano da due settori principali, il primo compreso tra NE e N ed il secondo tra SSE e S. È scarsa la presenza di calme di vento (velocità inferiori a 0.5 m/s) ed è significativa la presenza di venti con intensità superiori a 1.5 m/s provenienti con leggera prevalenza dai settori settentrionali. Tale regime anemologico differenzia nettamente il territorio della valle di Fumane da quello della pianura caratterizzato da numerose calme di vento (fino al 40%) e da venti provenienti in prevalenza dai settori orientali e occidentali.

La stazione fissa di misura della qualità dell'aria si trova a Nord - Est del paese, il sito di misura con laboratorio mobile è situato al centro del paese, in via Roma nei pressi del municipio (Figura 1), a ovest rispetto al centro della valle.

La valle di Mezzane è una delle vallate dell'area dei Lessini nella parte nord orientale della provincia di Verona e presenta un orientamento che declina da nord verso sud. Il centro abitato di Mezzane di Sotto (122m s.l.m.) è situato nella parte terminale della valle, dove quest'ultima presenta una conformazione ampia con un fondovalle particolarmente favorevole alle attività antropiche. Attività che risultano essere prevalentemente agricole con una particolare specializzazione nella viticoltura e nell'olivicoltura. Il territorio comunale è privo di particolari punti di pressione ambientali. Anche in questo caso il regime anemologico risente prevalentemente delle brezze di valle, con venti che soffiano da sud verso nord nelle ore più calde della giornata e nella direzione opposta nelle ore più fredde.

Il sito di misura con laboratorio mobile è stato posizionato al centro del paese, in via 4 Novembre nei pressi del municipio (Figura 2).

Figura 1: foto aerea dei siti di monitoraggio a Fumane.



Figura 2: foto aerea del sito di monitoraggio a Mezzane di Sotto.

Posizione mezzo mobile durante la campagna di misura a Mezzane di Sotto



Informazioni sulle località sottoposte a controllo	
Comune	Fumane
Posizione	Viale Roma
Tipologia del sito	Zona residenziale
Coordinate Gauss Boaga	X: 1646946 Y: 5045020
Comune	Mezzane di Sotto
Posizione	Via 4 Novembre
Tipologia del sito	Zona residenziale
Coordinate Gauss Boaga	X: 1666321 Y: 5038527

3 Caratteristiche dei principali inquinanti

Inquinante	Caratteristiche chimico-fisiche	Principali sorgenti
PM₁₀	Particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm	La componente primaria è originata direttamente da sorgenti di quali traffico stradale ed industrie, dalla risospensione del particolato presente al suolo. La frazione secondaria del PM10 è dovuta a reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera fra i precursori, principalmente da SO ₂ , ammoniaca e NO _x . Impianti di riscaldamento, traffico veicolare, centrali di potenza, attività industriali Combustione incompleta dei combustibili fossili. Traffico, impianti di riscaldamento e processi industriali quali produzione di acciaio e ghisa. Combustione di combustibili fossili contenenti zolfo: impianti di riscaldamento, centrali di potenza. Si forma in seguito all'ossidazione dei composti organici
NO₂	Inquinante secondario, si forma principalmente per ossidazione dell'NO. In atmosfera si trasforma in acido nitrico (HNO ₃)	
CO	Inquinante primario. Gas inodore ed incolore leggermente più leggero dell'aria.	
SO₂	Gas incolore di odore pungente. In atmosfera reagisce con l'umidità trasformandosi in acido solforico	
Ozono	Inquinante secondario. Gas di	



Benzene	colore azzurro e odore pungente. Reagisce con tutti i composti ed i materiali che possono essere ossidati. Idrocarburo liquido molto stabile chimicamente, volatile, incolore di odore caratteristico	volatili (COV) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NOx) (che fungono da catalizzatori) e radiazione solare. processi di combustione incompleta: veicoli a motore, emissioni industriali, incendi.
----------------	--	---

4 Campagna di misura estiva

Nel periodo estivo il laboratorio mobile è stato posizionato a Fumane in via Roma nei pressi del municipio, sulla destra orografica della valle dei Progni. A Mezzane il laboratorio mobile si trovava in centro al paese, sempre nei pressi del municipio.

4.1 Condizioni meteorologiche durante le campagne di misura

4.1.1 Fumane

Campagna di misure dal 22 luglio al 8 agosto e dal 28 settembre al 11 ottobre 2010

Il primo periodo della campagna di misura è stato caratterizzato da condizioni prevalentemente stabili tranne l'ultima decade di luglio che ha visto una marcata fase temporalesca che ha prodotto complessivamente 97.8 mm di pioggia ed un ammontare di 6 giorni con precipitazioni. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati sulla stazione fissa di monitoraggio posizionata a Fumane via Brugnoli dal 22 luglio all' 8 agosto 2010 è emerso che:

- Le direzioni prevalenti sono state: S (17.6% dei rilevamenti orari), NNE (15.5% dei rilevamenti orari) e N (15% dei rilevamenti orari).
- È stato registrato solo uno 0.7% di calme di vento (venti inferiori a 0.5 m/s), mentre nel 84.2% dei casi la velocità del vento era compresa tra 0.5 ed 2.1 m/s, nel 12.5% dei casi erano compresi nell'intervallo fra 2.1 e 3.6 m/s, nel 2.1% dei casi erano compresi nell'intervallo fra 3.6 e 5.7 m/s e nel 0.5% dei casi erano compresi nell'intervallo fra 5.7 e 8.8 m/s.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento (Figura 3 e Figura 4) durante il primo periodo della campagna di monitoraggio estiva. Sono messi a confronto i rilevamenti effettuati presso la stazione fissa e dal mezzo mobile in via Roma, per evidenziare le differenze nel regime anemologico nelle due zone della valle.

Figura 3: rosa dei venti e percentuale di incidenza rilevata a Fumane nel periodo 22 luglio – 8 agosto 2010 presso la stazione automatica fissa in via Pio Brugnoli – a sinistra – e dall'unità mobile in via Roma – a destra.

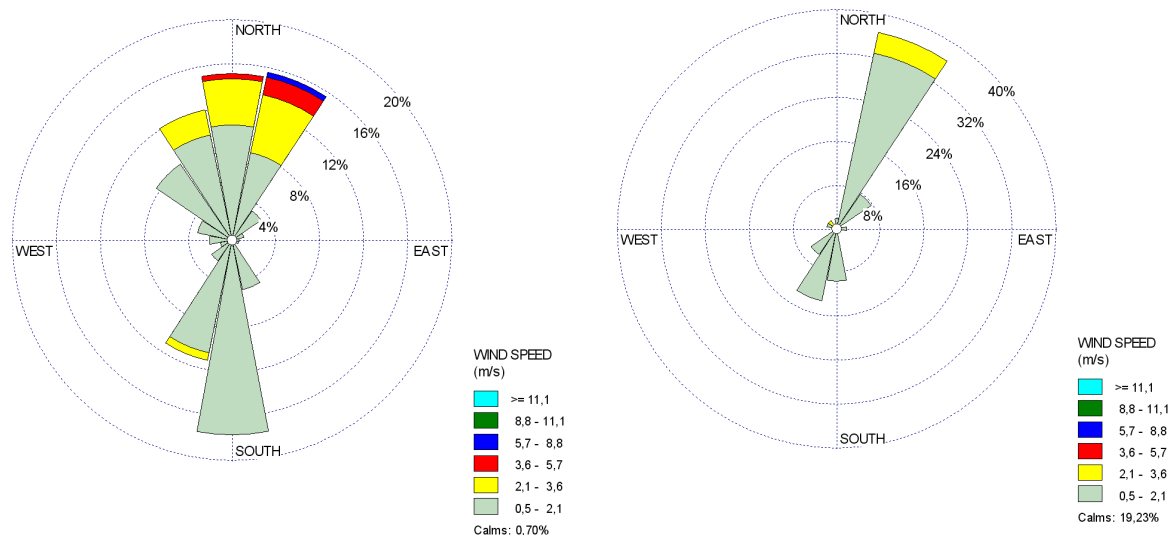
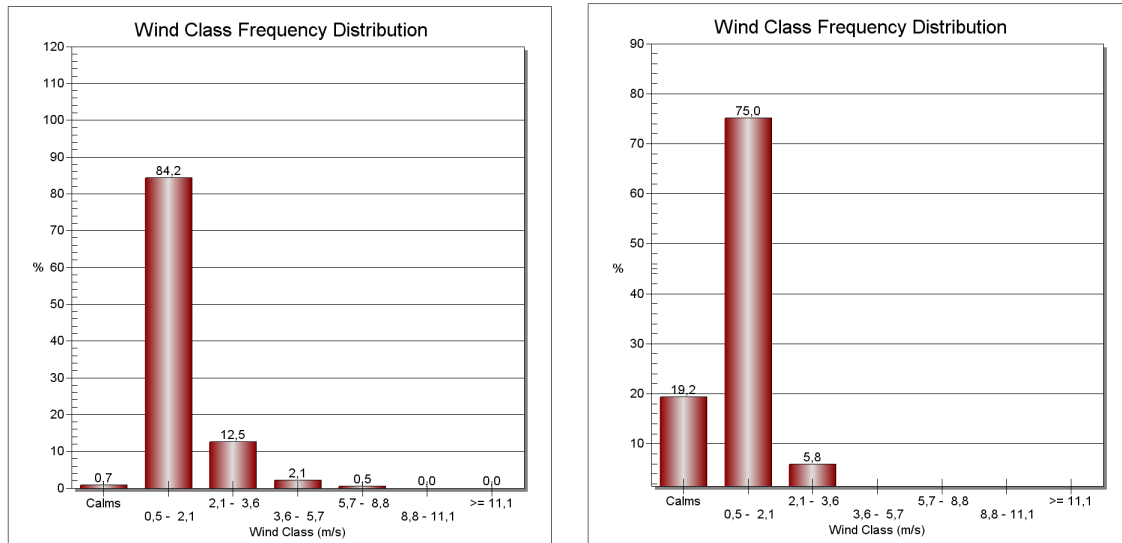


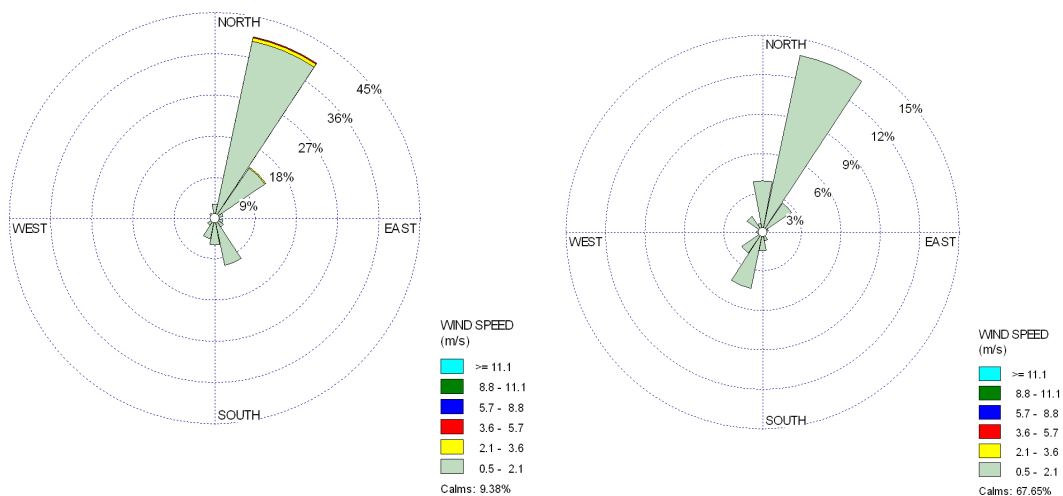
Figura 4 distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato a Fumane nel periodo 22 luglio – 8 agosto 2010 presso la stazione fissa di via Pio Brugnoli – a sinistra- e dall'unità mobile in via Roma- a destra.



Il secondo periodo della campagna di misura è stato caratterizzato da condizioni prevalentemente stabili tranne nei giorni 4 e 5 ottobre quando il transito di un sistema perturbato atlantico ha prodotto precipitazione per un ammontare complessivo di 15.8 mm. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati presso la stazione fissa di monitoraggio di via Pio Brugnoli è emerso che le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono state NNE, NE e SE (Figura 5). I valori orari di intensità del vento sono stati nel 89,4 % dei casi superiori a 0.5 m/s e nel 9.4 % dei casi si è avuta calma di vento (Figura 6).

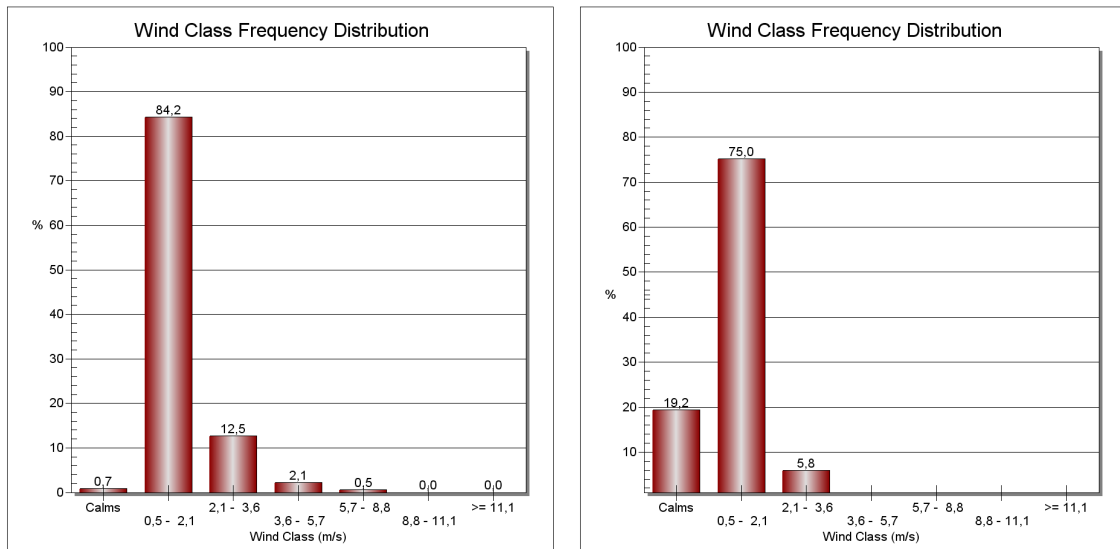
I dati rilevati dalla stazione mobile posta in via Roma negli stessi periodi individuano una situazione anemologica leggermente diversa che, come verrà analizzato nel seguito, influenza anche le concentrazioni di inquinanti rilevate. In particolare nel primo periodo di monitoraggio, si è avuta una maggiore incidenza delle calme di vento ed una minor presenza di venti con velocità superiori ai 0.5 m/s. In entrambe i periodi le principali direzioni di provenienza del vento sono risultate essere NNE e SSW (Figura 3 e Figura 5).

Figura 5 : rosa dei venti e percentuale di incidenza rilevata a Fumane nel periodo 29 settembre – 10 ottobre presso la stazione automatica fissa di via Pio Brugnoli – a sinistra – e dall'unità mobile in via Roma – a destra.



Nella figura seguente (Figura 6) viene riportato il grafico della distribuzione in frequenza della velocità del vento durante il secondo periodo della campagna di monitoraggio estiva, rilevata presso la stazione fissa e presso la stazione mobile: è evidente una maggiore presenza di calme di vento nella zona ovest del paese.

Figura 6: distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato a Fumane nel periodo 29 settembre – 10 ottobre 2010 presso la stazione fissa di via Pio Brugnoli – a sinistra- e dall'unità mobile in via Roma- a destra.



4.1.2 Mezzane di Sotto

Campagna di misure dal 10 giugno al 8 luglio 2010

Durante il periodo della campagna di misura si è avuta una intensa fase perturbata: dal 15 al 20 giugno intense precipitazioni hanno interessato il territorio in esame per un ammontare complessivo di 105.2 mm di pioggia, ciò ha determinato un accentuato effetto wash-out nei confronti degli inquinanti con abbassamento delle concentrazioni specie del PM₁₀. Una seconda fase meno importante della precedente si è realizzata nei giorni 5-6 luglio. Il campo medio di pressione è risultato pertanto leggermente depressionario (Figura 7) con circolazione sinottica prevalentemente nord-orientale.

Sono stati analizzati i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati nella stazione meteorologica di Illasi gestita dal Centro Meteorologico di Teolo, dal 10 giugno al 8 luglio settembre 2010 ed è emerso che:

- Le direzioni prevalenti sono state: N (31% dei rilevamenti orari), NE(14.1% dei rilevamenti orari), SW (8.5% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 4.6 % dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 12.2% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.0 m/s, nel 22.3 % dei casi erano compresi nell'intervallo fra 1.0 e 1.5 m/s; nel 35.5% dei casi nell'intervallo fra 1.5 e 2.5 m/s, nel 19% dei casi nell'intervallo fra 2.5 e 3.5 m/s e nel 6.3% dei casi per velocità maggiori di 3.5 m/s . La velocità media dell'intero periodo è risultata di 1.85 m/s con il 100 % di dati validi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 8) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio (Figura 7)

Figura 7: Campo di pressione medio in superficie durante la campagna di misura

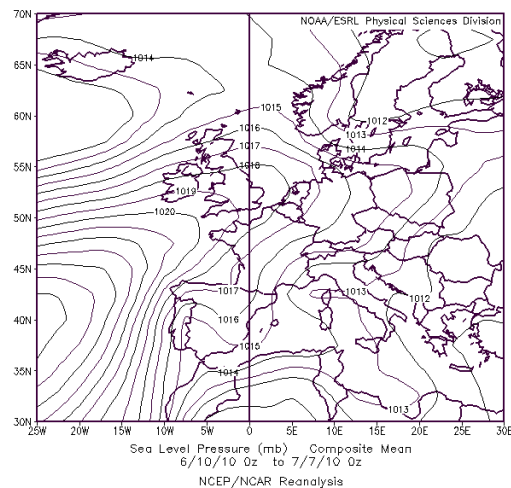
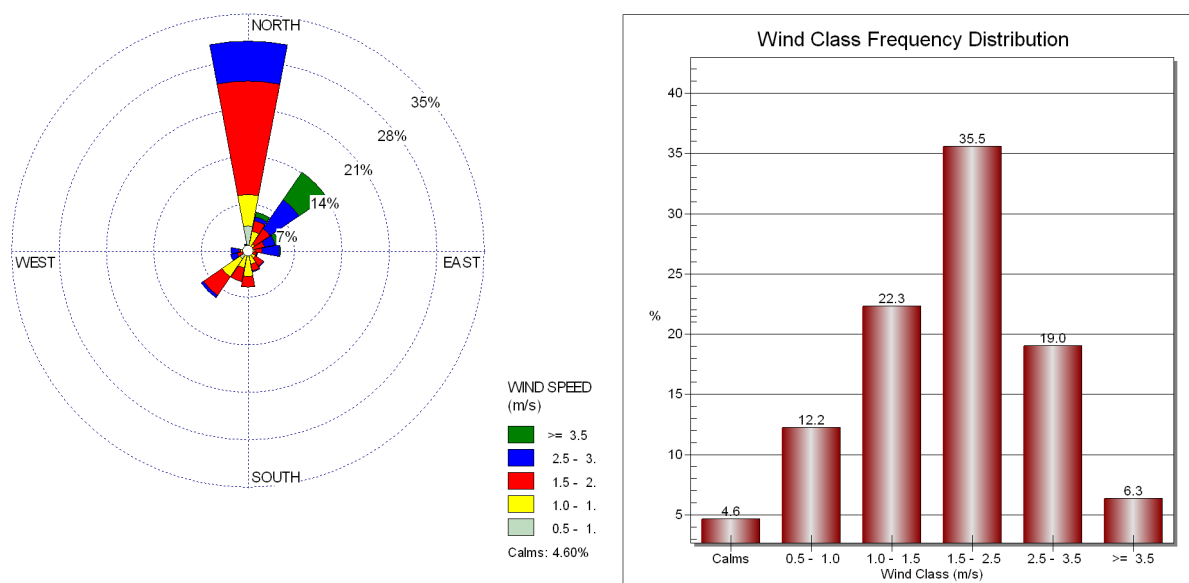


Figura 8 : rosa dei venti e percentuale di incidenza nel periodo di monitoraggio, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato presso il sito di monitoraggio meteorologico di Illasi nel periodo 10 giugno – 8 luglio 2010.



4.2 Analisi dei dati rilevati - PM₁₀

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 e 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.

4.2.1 PM₁₀ - Fumane

Nel seguito vengono confrontati gli andamenti della concentrazione giornaliera di PM₁₀ misurati dalla stazione mobile collocata in Viale Roma a Fumane dal 22 luglio al 8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010 con quelli misurati negli stessi periodi presso le stazioni fisse di: Fumane - Via Brugnoli, Verona - Borgo Milano, Verona - Località Cason e Bosco Chiesanuova (Figura 9). Nei grafici sono stati inseriti anche gli andamenti del vento e della pioggia, in quanto essi influenzano in maniera più o meno diretta la concentrazione delle polveri sottili in atmosfera: il vento ne determina la dispersione mentre la pioggia il dilavamento. Sono stati inoltre calcolati per ogni periodo di misura: il valore medio di concentrazione del PM₁₀, il numero di giorni in cui è stato superato il valore limite di 50 µg/m³ e altri parametri statistici significativi (Tabella 1 e Tabella 2).

La concentrazione di PM₁₀ misurato durante le campagne estive di Fumane - viale Roma si è mantenuta al di sotto del valore limite per la protezione della salute umana, che la legge stabilisce pari a 50 µg/m³, grazie a numerosi giorni di tempo perturbato con precipitazioni e vento con intensità media superiore a 1 m/s. Una situazione di minor dispersione degli inquinanti si è realizzata tra fine settembre e primi giorni di ottobre in presenza di valori di intensità di vento inferiori ad 1m/s e minori precipitazioni.

Figura 9: Campagna di misura estiva. concentrazione di PM_{10} rilevata a Fumane ed a Verona-Cason ed andamento dei principali parametri meteorologici (precipitazione) misurati presso la stazione meteorologica ARPAV di San Pietro Incariano.

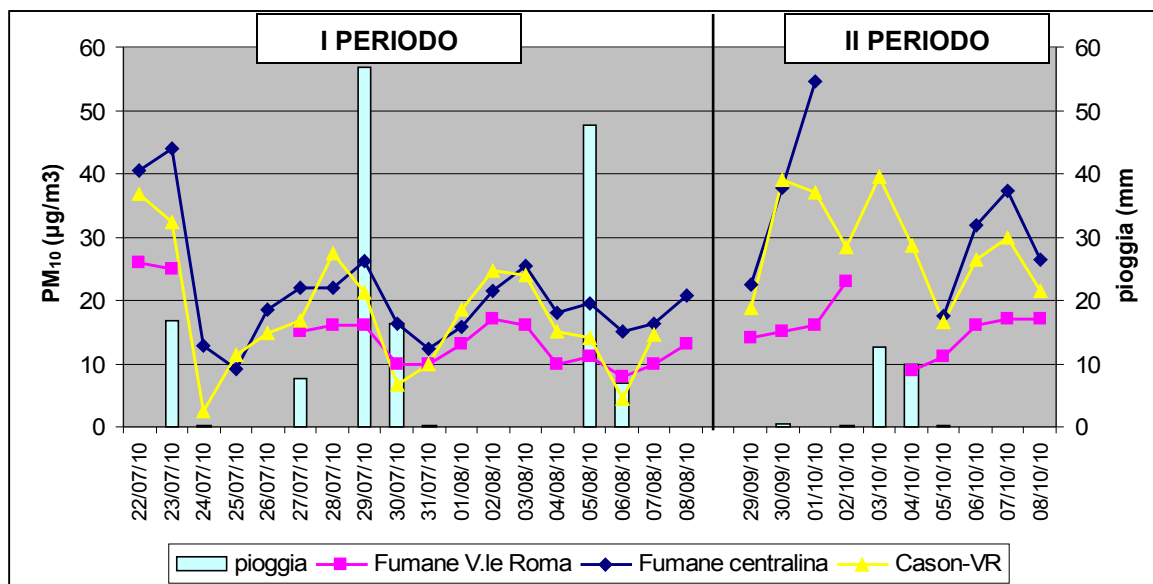


Tabella 1: Primo periodo della campagna di misura estiva. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM_{10} con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e le centraline fisse di riferimento nel periodo dal 22 luglio al 8 agosto 2010.

22 luglio - 8 agosto 2010	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	21	18	18	12
N° superamenti ($>50\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0	0	0	0
Mediana	13	19	16	15	13
Deviazione standard	5	9	6	9	7
98° percentile	26	43	27	35	23

Tabella 2: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM_{10} con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e le centraline fisse di riferimento nel periodo dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

29 settembre 2010 10 ottobre 2010	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15	33	30	29	22
N° superamenti ($>50\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	1	0	0	0
Mediana	16	32	31	29	19
Deviazione standard	4	12	11	8	12
98° percentile	22	53	45	39	43

I valori rilevati in viale Roma differiscono in maniera significativa da quelli rilevati presso la stazione fissa di controllo della qualità dell'aria di via P. Brugnoli: questo conferma il ruolo determinante delle condizioni anemologiche nel determinare la dispersione degli inquinanti nelle diverse zone della vallata di Fumane. Gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere sono gli stessi presso i due siti di Fumane, ma differiscono dall'andamento delle concentrazioni rilevate a Verona – Cason confermando così la peculiarità legata sia alle caratteristiche anemologiche del sito, sia alla presenza di fonti di pressione puntuali.



4.2.2 PM₁₀ - Mezzane di Sotto

La campagna di misura estiva presso il comune di Mezzane di Sotto si è svolta dal 14 giugno al 7 luglio 2010 con la stazione mobile collocata in via 4 Novembre. Gli andamenti della concentrazione giornaliera di PM₁₀ misurati sono stati quindi confrontati con quelli misurati nello stesso periodo presso le stazioni fisse di: Fumane - Via Brugnoli, Verona - Borgo Milano e Verona - Località Cason (Figura 10). Nei grafici sono stati inseriti anche gli andamenti del vento e della pioggia misurati dalla stazione meteorologica ARPAV di Illasi, che risulta essere la centralina più vicina al comune di Mezzane di Sotto. Sono stati inoltre calcolati per l'intero periodo di misura: il valore medio di concentrazione del PM₁₀, il numero di giorni in cui è stato superato il valore limite di 50 µg/m³ e altri parametri statistici significativi (Tabella 14).

La concentrazione di PM₁₀ misurata durante la campagna estiva di Mezzane di Sotto si è mantenuta nettamente al di sotto del valore limite per la protezione della salute umana, che la legge stabilisce pari a 50 µg/m³. Tale condizione favorevole si è creata grazie al susseguirsi di giornate particolarmente ventilate, che hanno determinato per il periodo un'intensità media del vento di 1,2 m/s nella vallata di Mezzane, di 1,5 m/s a Fumane e di quasi 2 m/s a Cason ed a Illasi. Concentrazioni significativamente basse si sono registrate tra il 15 ed il 23 giugno in conseguenza di una perturbazione che ha portato sulla vallata e sull'intera provincia di Verona intense precipitazioni e venti sostenuti.

In Tabella 3 sono riportati i principali parametri statistici delle misure di concentrazione di PM₁₀ effettuate a Mezzane: risulta evidente l'uniformità nella distribuzione delle polveri sottili durante il periodo della campagna di misura estiva a Mezzane di Sotto.

Figura 10: Campagna di misura estiva. Concentrazione medie giornaliere di PM₁₀ rilevata dal 14 giugno al 7 luglio 2010 a Mezzane DI Sotto, Fumane - via Brugnoli e Verona - Cason e andamento dei principali parametri meteorologici, quali la precipitazione ed il vento misurati presso la stazione meteorologica di Illasi.

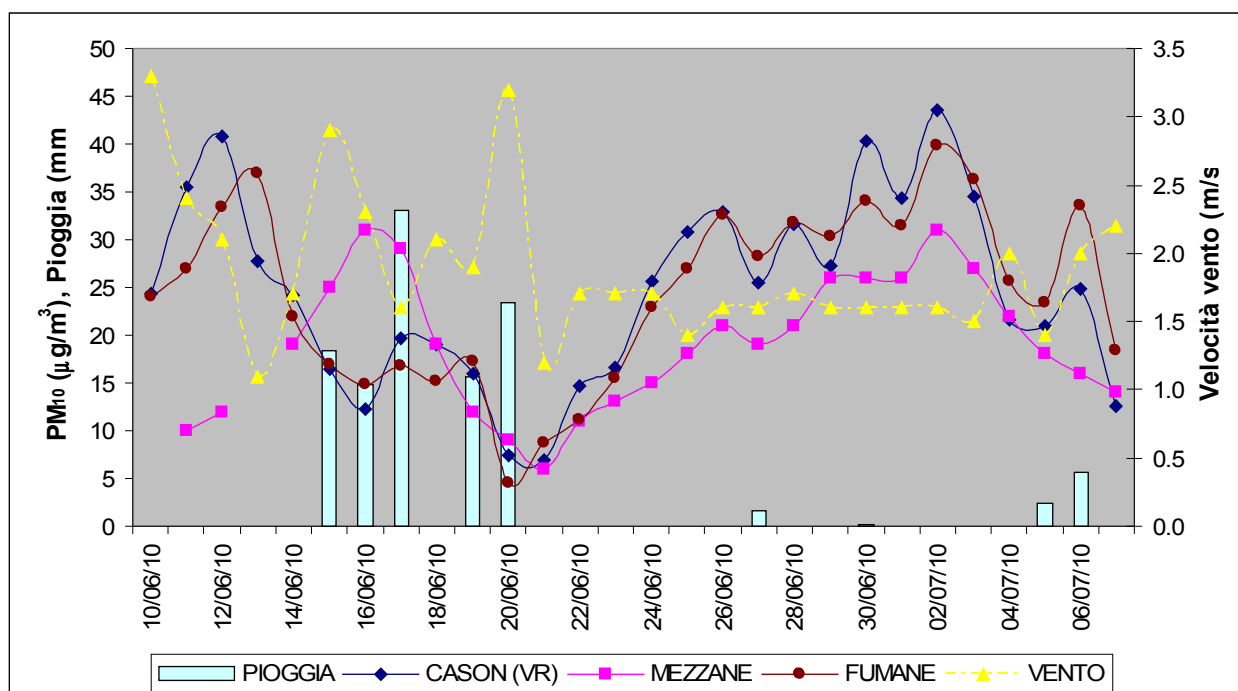


Tabella 3: Campagna di misura estiva. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ con la stazione mobile a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e le centraline fisse di riferimento nel periodo dal 10 giugno al 7 luglio 2010.

10 giugno - 7 luglio 2010	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason
Media periodo (µg/m ³)	19	24	24	24
N° superamenti (>50µg/m ³)	0	0	0	0
Mediana	19	24	25	24
Deviazione standard	7	9	8	10
98° percentile	31	38	38	42

4.2.3 PM₁₀ - Confronto Fumane – Mezzane di Sotto

In Tabella 4 vengono confrontati i valori di concentrazione di PM₁₀ calcolati per la campagna di misura estiva condotta a Mezzane di Sotto e quelli relativi ai due periodi della campagna di misura estiva di Fumane.

Tabella 4: Campagne di misura estive. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e la stazione fissa di via Brugnoli nei periodi dal 22 luglio al 8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010 e con la stazione mobile a Mezzane di Sotto nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

PM ₁₀	22/07 – 08/08		29/09 – 10/10		10/06 – 08/07	
	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli
Media periodo (µg/m ³)	14	21	15	33	19	24
N° superamenti (>50µg/m ³)	0	0	0	1	0	0
Mediana	13	19	16	32	19	24
Deviazione standard	5	9	4	12	7	9
98° percentile	26	43	22	53	31	38

Le concentrazioni di polveri sottili rilevate nelle campagne effettuate con il mezzo mobile sia a Fumane in via Roma sia a Mezzane sono inferiori a quelle misurate presso la stazione fissa di Fumane via Brugnoli. I valori rilevati in giugno/luglio a Mezzane di Sotto sono coerenti con l'assenza di fonti di pressione sul territorio e una atmosfera particolarmente dinamica nel periodo di monitoraggio che ha favorito il rimescolamento degli inquinanti nei bassi strati.

4.3 Analisi dei dati rilevati - PM_{2.5}

Il particolato PM_{2.5} è costituito dalla frazione delle polveri di diametro aerodinamico inferiore a 2.5µm. La determinazione di questo parametro assume una notevole importanza nella valutazione della qualità dell'aria, soprattutto in relazione agli aspetti sanitari legati a questa frazione di aerosol, in grado di giungere fino al tratto inferiore dell'apparato respiratorio (trachea e polmoni).

Con l'emanazione del D.Lgs.155/2010 il PM_{2.5} si inserisce tra gli inquinanti per i quali è previsto un valore limite (25 µg/m³), calcolato come media annua da raggiungere entro il 1° gennaio 2015. Tale valore limite di 25 µg/m³ viene anche inserito come valore obiettivo da raggiungere al 1° gennaio 2010.

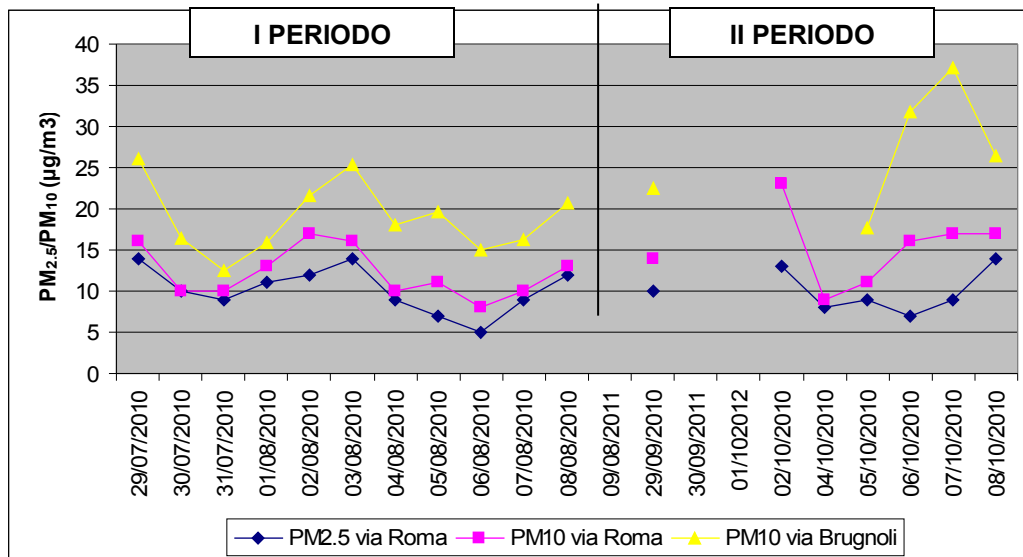
4.3.1 PM_{2.5} - Fumane

Durante la campagna estiva a Fumane è stata misurata la concentrazione di PM_{2.5} contestualmente a quella di PM₁₀ e tali misure sono state confrontate con la concentrazione di PM₁₀ misurata presso la stazione fissa in via P. Brugnoli a Fumane (Figura 11). Per entrambe le tipologie di polveri sottili, unendo i dati dei due periodi di misura, sono stati inoltre calcolati: il valore medio di concentrazione, la mediana, la deviazione standard ed il 98° percentile (Tabella 5). Si fa notare che per la determinazione del PM₁₀ e del PM_{2.5} in viale Roma si è utilizzato il metodo gravimetrico, mentre la misura di PM₁₀ presso la stazione fissa di via P. Brugnoli avviene con campionatore automatico. Il dipartimento ARPAV di Verona controlla periodicamente il corretto funzionamento del campionatore automatico per confronto con la metodica di riferimento gravimetrica. Per questo motivo si è ritenuto di poter eseguire il confronto fra i dati rilevati nonostante siano stati ottenuti con metodiche di misura diverse.

Tabella 5: Campagna di misura estiva. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM_{2.5} e per il PM₁₀ con la stazione mobile a Fumane in viale Roma nei periodi dal 29 luglio al 8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

29 luglio - 8 agosto 2010 29 settembre - 10 ottobre 2010	PM ₁₀	PM _{2.5}
Media periodo (µg/m ³)	15	10
Mediana	15	10
Deviazione standard	5	3
98° percentile	26	14

Figura 11: Campagna di misura estiva, primo e secondo periodo. Confronto fra le concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ rilevate a Fumane via Roma e la concentrazione di PM_{10} rilevata in via Brugnoli nei periodi dal 29 luglio al 8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.



Nei due periodi estivi della campagna di Fumane via Roma la concentrazione media di $PM_{2.5}$ rilevata è risultata pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, questo comporta che la parte più fine, con diametro aerodinamico inferiore a $2.5 \mu\text{m}$ costituisce circa il 67% del PM_{10} misurato. Il dato è in linea con quanto misurato mediamente a Verona Cason.

Il valore medio del $PM_{2.5}$ rilevato a luglio 2010 presso la stazione fissa di via P. Brugnoli è risultato pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 12: Campagna di misura estiva. Confronto fra le concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ rilevate a Fumane in via Brugnoli nel periodo 10 - 24 luglio 2010.

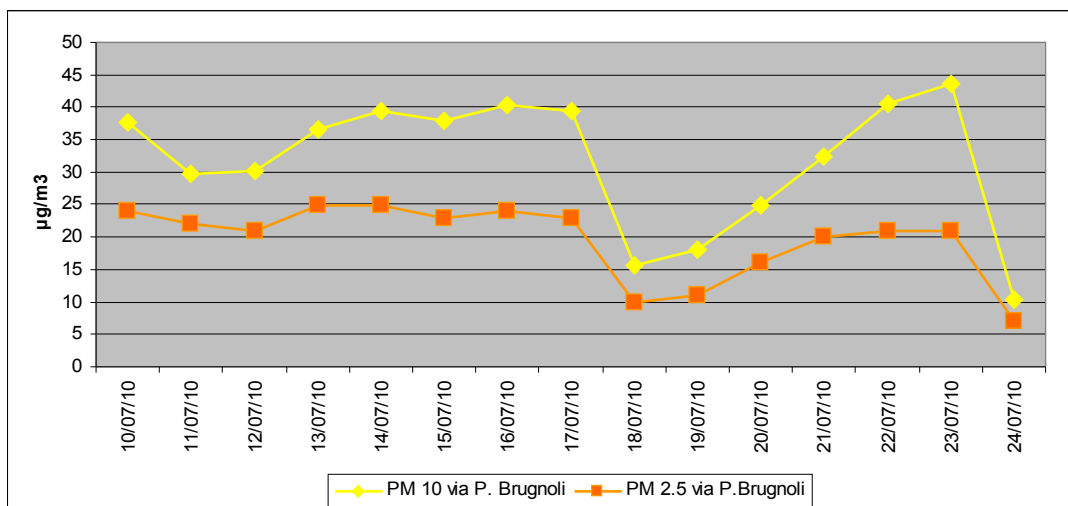


Tabella 6: Campagna di misura estiva. Confronto tra i risultati ottenuti per il $PM_{2.5}$ e per il PM_{10} presso la stazione fissa di Fumane via Brugnoli nel periodo 10 - 24 luglio 2010.

10-24 luglio 2010	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32	20
Mediana	37	21
Deviazione standard	10	6
98° percentile	43	25



4.3.2 PM_{2.5} - Mezzane di Sotto

A Mezzane di Sotto è stata misurata la concentrazione di PM_{2.5} contestualmente a quella di PM₁₀ e tali misure sono state confrontate con la concentrazione di PM₁₀ misurata presso la stazione fissa in via P. Brugnoli a Fumane (Figura 13). Per entrambe le tipologie di polveri sottili sono stati inoltre calcolati: il valore medio di concentrazione, la mediana, la deviazione standard ed il 98° percentile (Tabella 8). I procedimenti per la misurazione delle polveri sottili sono gli stessi utilizzati durante la campagna di Fumane e pertanto rimangono valide le considerazioni riguardanti le due diverse metodologie applicate per la misurazione del PM₁₀ e del PM_{2.5}: gravimetrica (mezzo mobile) e automatica (centralina fissa di Fumane).

Figura 13: Campagna di misura estiva. Confronto fra le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2.5} rilevate nel periodo dal 10 giugno al 7 luglio 2010 a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e la concentrazione di PM₁₀ rilevata a Fumane in via Brugnoli.

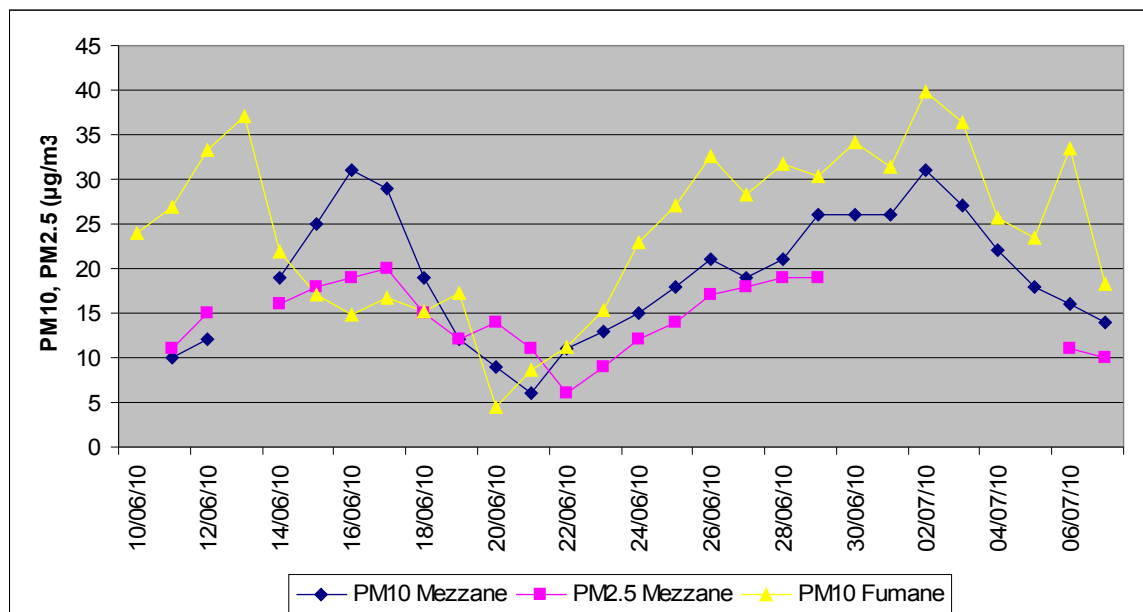


Tabella 7: Campagna di misura estiva. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM_{2.5} e per il PM₁₀ con la stazione mobile a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre nel periodo dal 10 giugno al 7 luglio 2010.

10 giugno – 7 luglio 2010	PM ₁₀	PM _{2.5}
Media periodo (µg/m ³)	19	14
Mediana (µg/m ³)	19	15
Deviazione standard (µg/m ³)	7	4
98° percentile (µg/m ³)	31	20

Nel periodo dal 10 giugno al 7 luglio la concentrazione media di PM_{2.5} rilevata presso la stazione mobile collocata in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto è risultata pari a 14 µg/m³, che costituisce circa il 74% del PM₁₀ misurato (Tabella 7). Durante la campagna sono state registrate in alcuni giorni concentrazioni di PM₁₀ inferiori a quelle del PM_{2.5}, tali incongruenze si verificano solitamente in presenza di concentrazioni particolarmente basse e sono comunque all'interno dell'incertezza del metodo di misura.



4.3.3 PM_{2.5} Confronto Fumane – Mezzane di Sotto

In Tabella 8 vengono confrontati i valori di concentrazione di PM₁₀ e di PM_{2.5} calcolati per la campagna di misura estiva condotta a Mezzane di Sotto e quelli relativi alla campagna di misura estiva di Fumane.

Tabella 8: Campagne di misura estive. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ ed il PM_{2.5} con la stazione mobile a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e con la stazione mobile a Fumane in viale Roma nei periodi indicati in tabella.

	Mezzane di Sotto 10 giugno – 7 luglio 2010		Fumane v.le Roma 29 luglio - 8 agosto 2010 29 settembre - 10 ottobre 2010		Fumane via Brugnoli 10- 24 luglio 2010	
	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}
Media periodo (µg/m ³)	19	14	15	10	32	20
Mediana (µg/m ³)	19	15	15	10	37	21
Deviazione standard (µg/m ³)	7	4	5	3	10	6
98° percentile (µg/m ³)	31	20	26	14	43	25
Rapporto PM _{2.5} /PM ₁₀	0.74		0.67		0.61	

Il rapporto fra PM_{2.5} e PM₁₀ non varia significativamente nei siti considerati.

La percentuale di frazione più fine nel particolato nei siti considerati è compresa fra il 60 e il 70 % con una percentuale più elevata a Mezzane, dove la presenza di PM₁₀ è legata soprattutto al trasporto da zone esterne al comune, una percentuale inferiore a Fumane via Brugnoli in cui è più significativa la presenza delle emissioni del cementificio.

4.4 Analisi dei dati rilevati - 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°). 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.

4.4.1 NO₂ - Fumane

I dati di concentrazione oraria di NO₂ misurate durante i due periodi della campagna estiva dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane e dalle stazioni fisse di riferimento sono stati elaborati per ottenere i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni orarie (Tabella 9, Tabella 10) e gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere (, Figura 15). Per i soli valori registrati a Fumane (viale Roma e via Brugnoli) sono stati inoltre calcolati i "giorni tipo" del biossido di azoto e del vento prevalente (Figura 16). Il giorno tipo delle concentrazioni di NO₂ è stato costruito calcolando la media delle concentrazioni rilevate alla stessa ora del giorno, mentre il giorno tipo del vento è stato ottenuto calcolando la velocità media e la moda della direzione di provenienza del vento per ogni ora della giornata.

I valori di biossido di azoto misurati a Fumane in via Roma nel periodo estivo sono confrontabili con quelli rilevati a Verona-Cason nello stesso periodo (Figura 14, Figura 15). La stazione fissa di Fumane rileva sempre valori significativamente più alti, raffrontabili con quelli rilevati a Verona-Borgo Milano. I picchi orari di concentrazione (valori pari o superiori a 100 µg/m³) si rilevano più frequentemente nelle ore serali (dalle 20 alle 23) o notturne (dalle 2 alle 4 di mattina) in corrispondenza di venti provenienti da Nord e di inversione termica.

Tabella 9: Primo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di NO₂ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 22 luglio al 8 agosto 2010.

22 luglio 2010 8 agosto 2010	Fumane Viale Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	16	42	22	12	11
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	< 4	< 4	6	< 4	6
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	55	151	78	67	34
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	14	36	21	8	10
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	10	34	10	12	3
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	49	121	48	44	21

Figura 14: Primo periodo della campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di NO₂ in viale Roma a Fumane e presso le stazioni fisse di Fumane (via Brugnoli), Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova nel periodo dal 22 luglio al 8 agosto 2010.

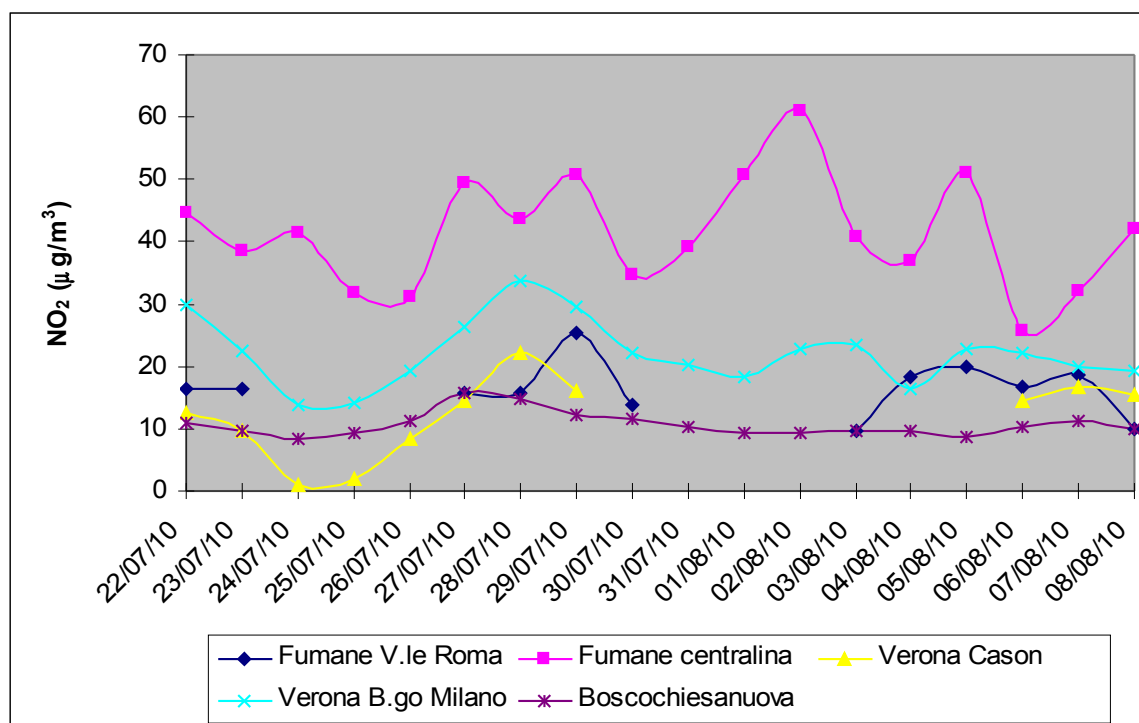


Tabella 10: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di NO₂ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

29 settembre 2010 10 ottobre 2010	Fumane Viale Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	19	30	28	21	12
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	< 4	< 4	7	< 4	4
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	46	73	71	59	37
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	16	29	26	20	10
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	10	16	12	10	6
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	41	67	59	45	28

Presso la postazione di viale Roma non sono stati rilevati valori superiori a $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentrazioni orarie relativamente elevate (superiori o pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si rilevano in prevalenza nelle prime ore del mattino o in quelle serali. Osservando i giorni tipo calcolati con i dati di entrambe i periodi di misura (Figura 16), si nota come i valori più elevati si misurano presso la stazione fissa di via P. Brugnoli nelle ore serali e notturne, in corrispondenza di venti prevalentemente provenienti da Nord. Presso il sito di monitoraggio di via Roma l'andamento del giorno tipo è diverso con un picco nelle prime ore del mattino, non appare un legame diretto con le brezze di monte e valle che caratterizzano la zona centrale della vallata.

Figura 15: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di NO_2 in viale Roma a Fumane e presso le stazioni fisse di Fumane (via Brugnoli), Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova nel periodo dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

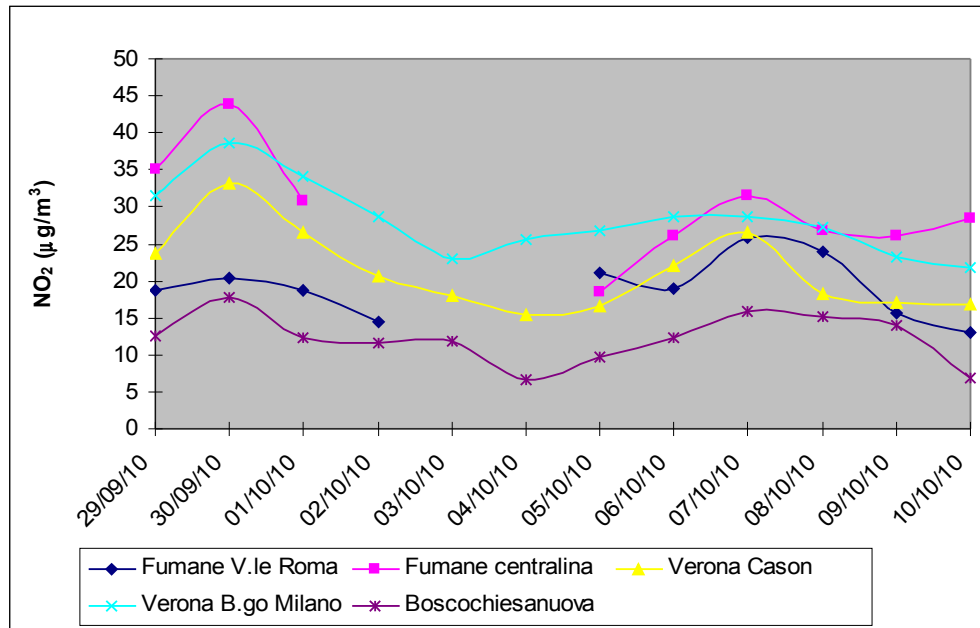
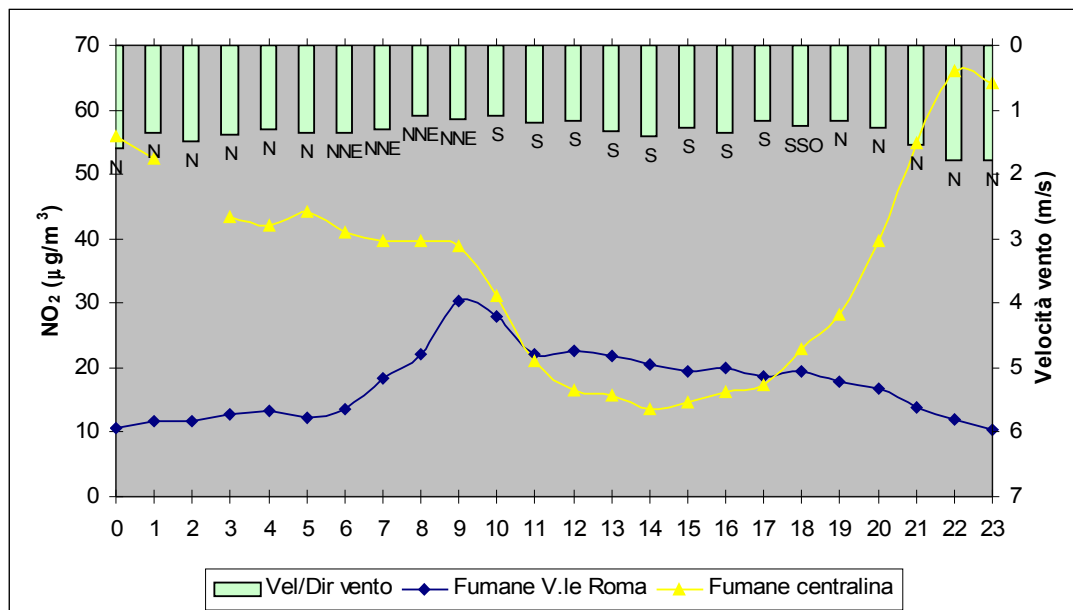


Figura 16: "Giorni tipo estivi" relativi alle concentrazioni medie orarie di NO_2 misurate dalla stazione mobile in viale Roma e dalla centralina fissa in via Brugnoli a Fumane e "giorno tipo" del vento calcolato con i dati della centralina fissa di Fumane nei periodi dal 22/07 al 08/08/10 e dal 29/09 al 10/10/10.



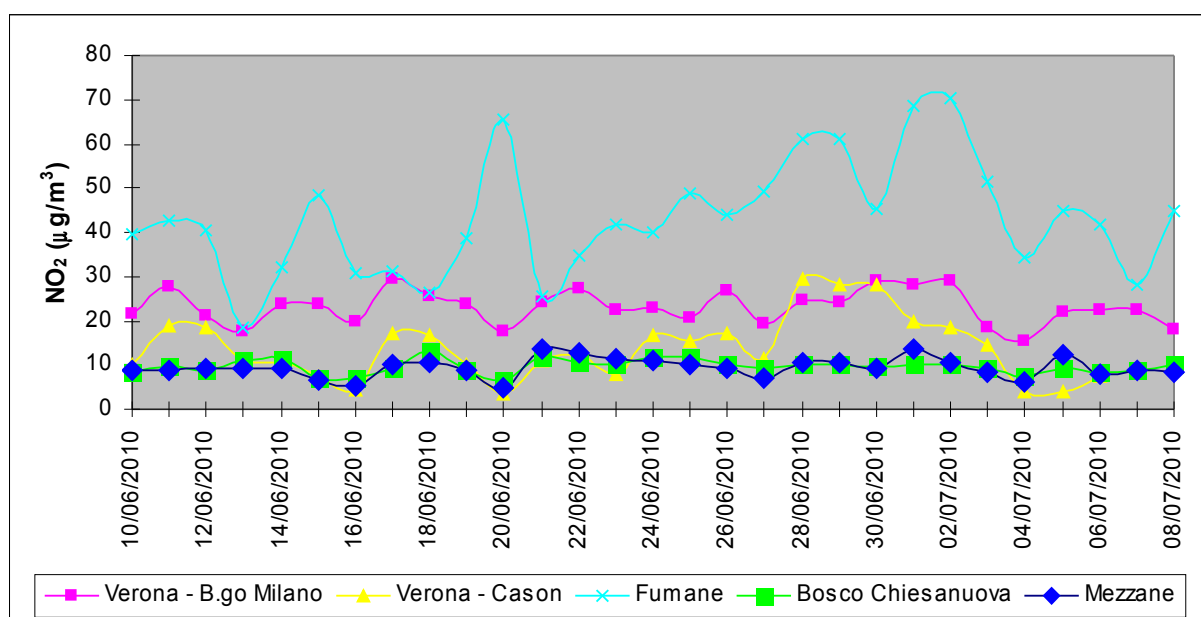
4.4.2 NO₂ - Mezzane di Sotto

Le concentrazioni orarie del biossido di azoto misurate durante la campagna estiva a Mezzane di Sotto sono state confrontate con quelle delle altre stazioni fisse di riferimento calcolando i valori orari medi, massimi e minimi (Tabella 11) e le concentrazioni medie giornaliere di NO₂ () nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010. Per verificare la presenza a Mezzane di Sotto di una brezza di valle e l'eventuale influenza di questa sulle concentrazioni di NO₂, con i dati della stazione mobile è stato inoltre costruito il "giorno tipo" del biossido di azoto e del vento prevalente (Figura 18), come fatto in precedenza con i dati delle campagne di monitoraggio condotte a Fumane.

Tabella 11: Campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di NO₂ relative alla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

10 giugno – 8 luglio 2010	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	9	43	23	14	10
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	< 4	< 4	6	< 4	5
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	38	173	59	82	27
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	9	33	21	9	9
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	4	38	9	14	3
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	21	137	47	56	19

Figura 17: Campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di NO₂ in via 4 Novembre a Mezzane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Fumane (via Brugnoli), Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova.

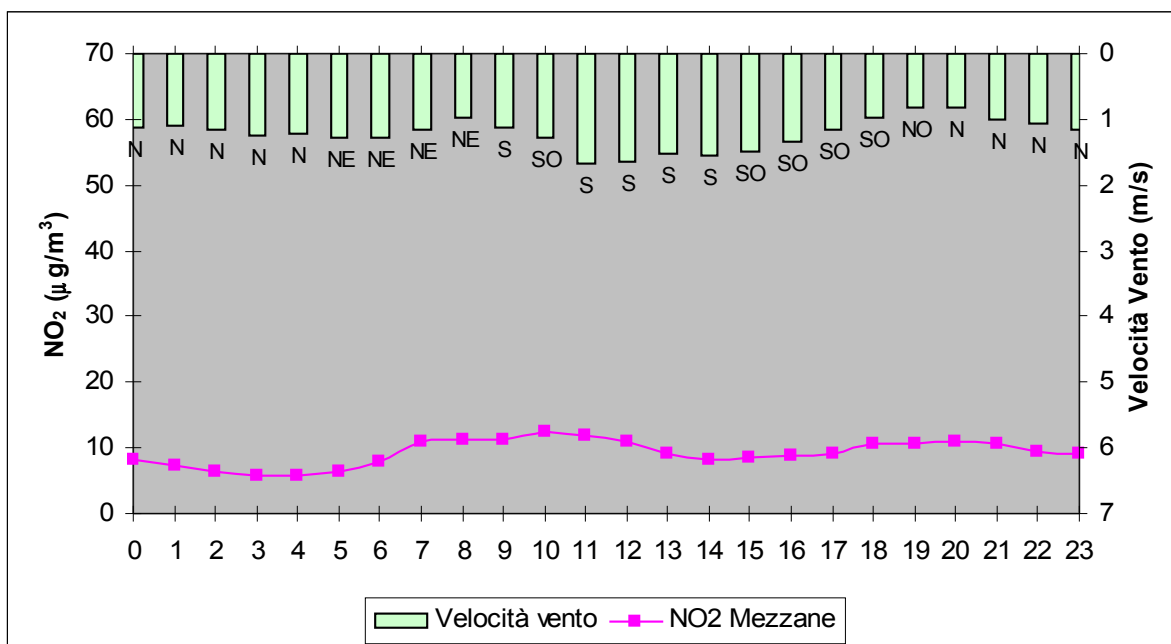


Le concentrazioni misurate rilevati a Mezzane nel periodo estivo sono caratteristiche di zone in cui non vi è presenza di fonti significative di ossidi di azoto, i valori sono infatti molto simili a quelli rilevati dalla stazione di fondo remoto di Boscohiesanuova, sia per quanto riguarda le concentrazioni orarie che per l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere.

La stazione fissa di Fumane via Brugnoli ha misurato livelli di NO₂ nettamente superiori a quelli delle altre stazioni con valori giornalieri superiori a 40 µg/m³.

Dal grafico dei giorni tipo (Figura 18) si può notare come la direzione della brezza di valle a Mezzane non influenza l'andamento giornaliero della concentrazione del biossido di azoto.

Figura 18: “Giorni tipo estivi” relativi alle concentrazioni medie orarie di NO₂ ed alle velocità e direzione del vento misurate dalla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.



4.4.3 NO₂ Confronto Fumane – Mezzane di Sotto

In Tabella 12 i valori di concentrazione di NO₂ medi, minimi e massimi relativi alle campagne di misura condotte a Fumane via Roma e a Mezzane sono confrontati con i valori di concentrazione rilevati negli stessi periodi presso la stazione fissa di Fumane via Brugnoli.

In Figura 19 viene eseguito il raffronto tra i giorni tipo ricavati dalle due campagne estive, il giorno tipo relativo ai dati rilevati dalla stazione fissa Fumane è stato calcolato nei due periodi coincidenti con la campagna di Fumane via Roma e di Mezzane.

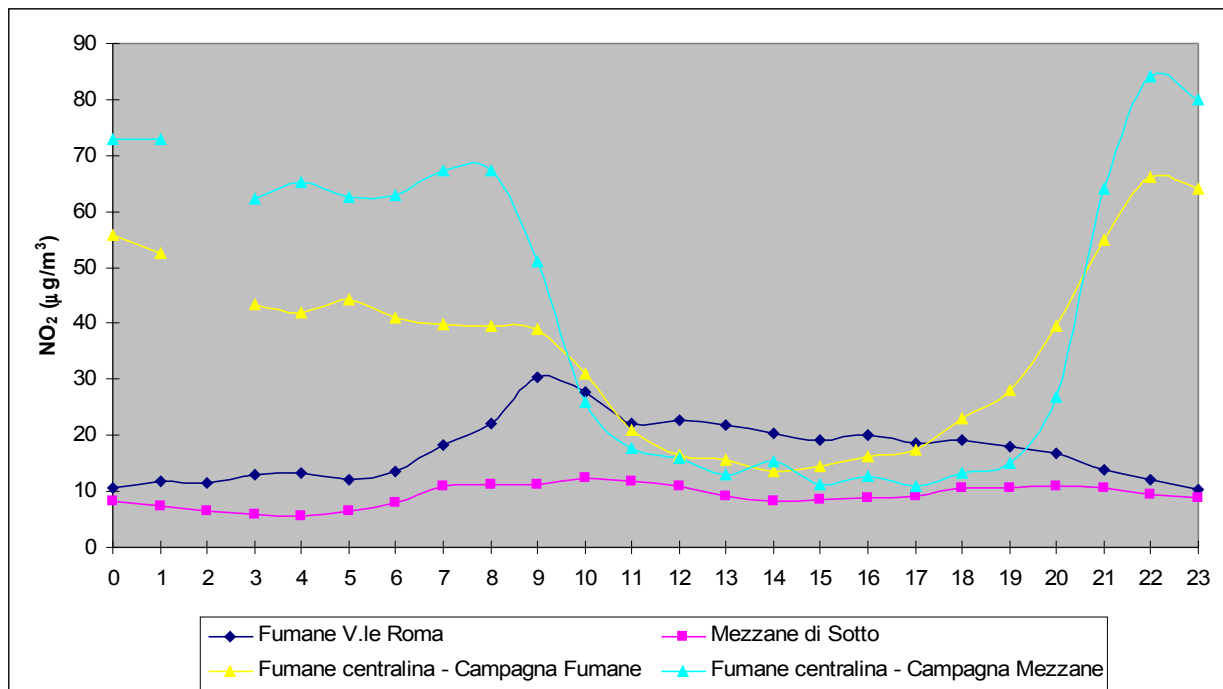
Tabella 12: Campagne di misura estive. Confronto tra i risultati ottenuti per il biossido di azoto con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e la stazione fissa di via Brugnoli nei periodi dal 22 luglio al 8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010 e con la stazione mobile a Mezzane di Sotto nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

NO ₂	22/07 – 08/08		29/09 - 10/10		10/06 – 08/07	
	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	16	42	19	30	9	43
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	55	151	46	73	38	173
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	14	36	16	29	9	33
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	10	34	10	16	4	38
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	49	121	41	67	21	137

Le concentrazioni di NO₂ rilevate a Mezzane di Sotto risultano essere sempre inferiori a quelle rilevate a Fumane. Le concentrazioni rilevate a Fumane viale Roma sono comprese fra quelle rilevate negli stessi periodi a Fumane via Brugnoli e a Mezzane.

Osservando i giorni tipo (Figura 19) si vede come in entrambe le campagne tale differenza è dovuta alle elevate concentrazioni registrate dalla centralina di via Brugnoli durante la notte e le prime ore del mattino, in corrispondenza di venti provenienti prevalentemente da Nord.

Figura 19: "Giorni tipo estivi" relativi alle concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate dalla stazione mobile in viale Roma e dalla centralina fissa di Fumane nei periodi dal 22/07 al 08/08/10 e dal 29/09 al 10/10/10 (Campagna Fumane) e misurate dalla stazione mobile a Mezzane di Sotto e dalla centralina fissa di Fumane nel periodo dal 10/06 al 08/07/10 (Campagna Mezzane).



5 Campagna di misura invernale

5.1 Condizioni meteorologiche durante le campagne di misura

5.1.1 Fumane - Campagna di misure dal 9 novembre al 17 dicembre 2010

Il periodo della campagna di misura invernale è stato caratterizzato da condizioni prevalentemente perturbate dovute ad un accentuato e persistente flusso atlantico; circa il 50% dei giorni di misura è stato caratterizzato da precipitazioni. Particolarmente piovosi sono risultati i giorni 8 novembre con 18.6 mm e 6 dicembre con 21.2 mm di pioggia. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento rilevati dai sensori installati presso la stazione fissa di Fumane è emerso che le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono state NNE e SE. I valori orari di intensità del vento sono stati nel 66.5% dei casi compresi tra 0.5 e 2.1 m/s, nel 4.3% dei casi compresi tra 2.1 e 3.6 m/s, nel 0.5% dei casi superiori a 3.6 m/s mentre nel 28.7% dei casi si è avuta calma di vento.

In questo periodo di monitoraggio i dati rilevati dalla stazione mobile posta in via Roma individuano una situazione anemologica simile a quella della centralina fissa per quel che riguarda la distribuzione delle velocità in classi frequenza: si è avuta calma di vento nel 32.4 % dei casi e velocità comprese tra 0.5 e 2.1 m/s nel 66.3%. La direzione di provenienza del vento è risultata invece leggermente diversa: N (16.7% dei rilevamenti orari), NNW (13.3% dei rilevamenti orari), NE (7% dei rilevamenti orari).

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 20) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento (Figura 21) durante la campagna di monitoraggio invernale, rilevate sia presso la stazione fissa che presso l'unità mobile.

Si noti come, a differenza del periodo estivo, il regime anemologico sia pressoché lo stesso al centro della valle (via Brugnoli) e sulla destra orografica (via Roma), con una maggiore presenza delle calme di vento e dei venti deboli (< 1 m/s) in ambedue le zone.

Figura 20 : rosa dei venti e percentuale di incidenza rilevata a Fumane nel periodo 9 novembre – 17 dicembre presso la stazione fissa di via Pio Brugnoli – a sinistra – e l'unità mobile in via Roma – a destra

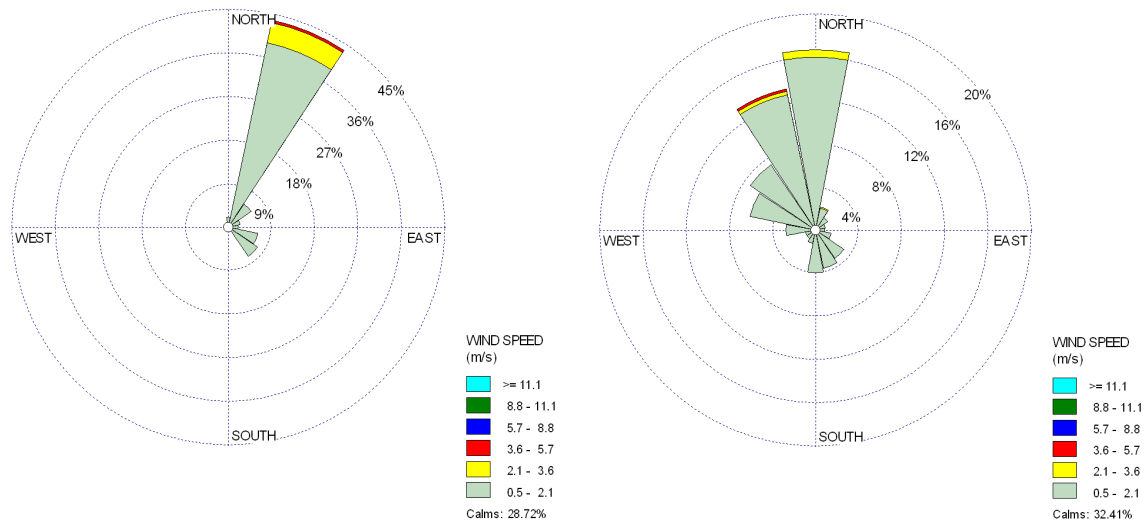
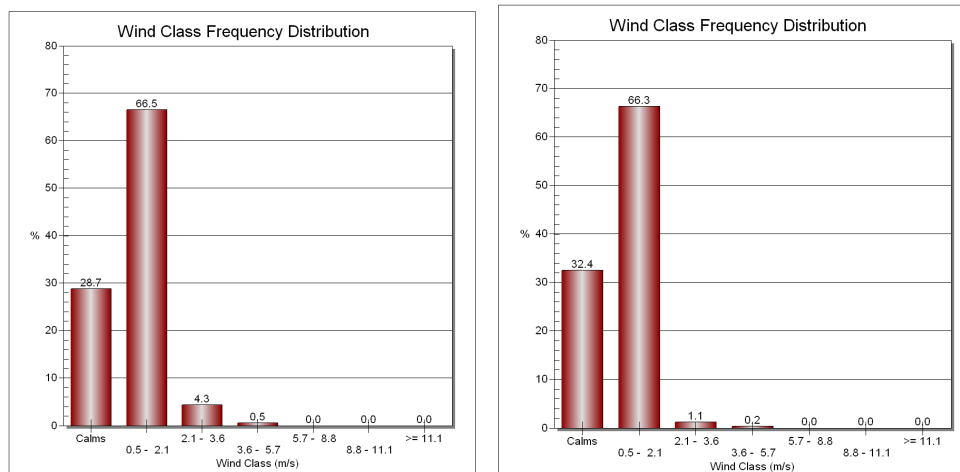


Figura 21 : distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato a Fumane nel periodo 9 novembre – 17 dicembre presso la stazione fissa di via Pio Brugnoli – a sinistra- e dall'unità mobile in via Roma- a destra.

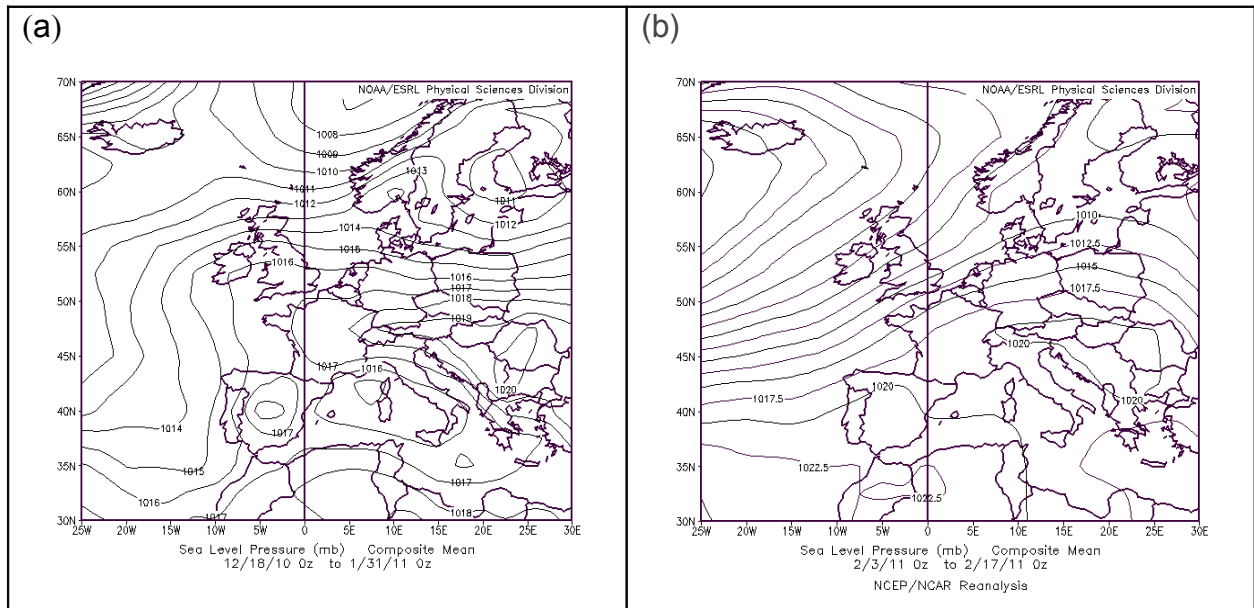


5.1.2 Mezzane di Sotto - Campagna di misure dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011

La dispersione degli inquinanti durante la campagna di misura è stata fortemente caratterizzata dalla situazione meteorologica, si possono distinguere due fasi: la prima caratterizzata dalla presenza di sistemi depressionali sul Mediterraneo occidentale (Figura 22 a). Frequenti ed intense sono risultate le precipitazioni specie nella terza decade di dicembre, ciò ha favorito medie-basse concentrazioni del PM₁₀. La seconda fase di tipo anticiclonico ha preso il sopravvento dagli inizi di febbraio (Figura 22 b) interessando la rimanente parte della campagna di misura; la presenza del campo di alte pressioni ha determinato scarsa ventilazione e frequenti inversioni termiche; tutto ciò ha prodotto la prima intensa fase acuta di accumulo da PM₁₀ dell'inverno con valori massimi oltre 120 µg/m³. Nella giornata del 16 febbraio una intensa precipitazione (40 mm) ha abbattuto i valori di concentrazione portandoli al di sotto dei 10 µg/m³. Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati nella stazione meteorologica di Illasi gestita dal Centro Meteorologico di Teolo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011 è emerso che:

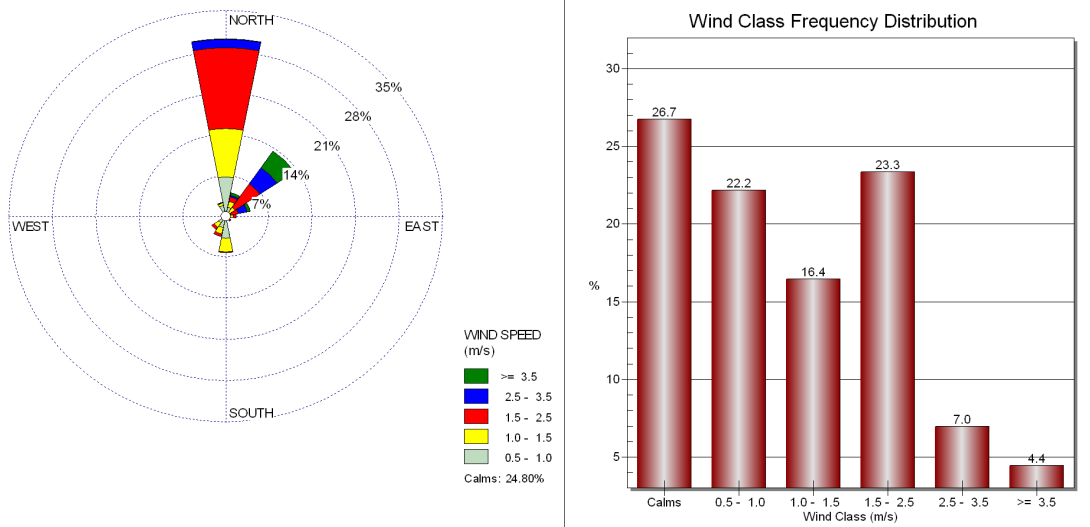
- Le direzioni prevalenti sono state: N (28% dei rilevamenti orari), NE(12.5% dei rilevamenti orari), S (5.9% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 26.7 % dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 22.2% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.0 m/s, nel 16.4 % dei casi erano compresi nell'intervallo fra 1.0 e 1.5 m/s; nel 23.3% dei casi nell'intervallo fra 1.5 e 2.5 m/s, nel 7% dei casi nell'intervallo fra 2.5 e 3.5 m/s e nel 4.4% dei casi per velocità maggiori di 3.5 m/s . La velocità media dell'intero periodo è risultata di 1.17 m/s con il 9.3 % di dati validi.

Figura 22 Campo di pressione medio in superficie durante la campagna di misura diviso in due periodi il primo (a), prevalentemente perturbato, dal 18 dicembre 2010 fino al 31 gennaio 2011, il secondo(b) di tipo anticiclonico dai primi giorni di febbraio fino al termine della campagna



Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 23) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio.

Figura 23 : rosa dei venti e percentuale di incidenza nel periodo di monitoraggio, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato presso il sito di monitoraggio meteorologico di Illasi nel periodo 18 dicembre 2010 – 17 febbraio 2011



5.2 Analisi dei dati rilevati - PM₁₀

5.2.1 PM₁₀ - Fumane

Nel seguito vengono confrontati gli andamenti della concentrazione giornaliera di PM₁₀ misurati dalla stazione mobile collocata in viale Roma a Fumane dal 9 novembre al 17 dicembre 2010 con quelli misurati negli stessi periodi presso le stazioni fisse di: Fumane - Via Brugnoli, Verona - Borgo Milano, Verona – Località Cason e Bosco Chiesanuova. Nel grafico con le medie giornaliere di PM₁₀ sono stati inseriti anche gli andamenti del vento e della pioggia misurati presso la stazione meteorologica ARPAV di San Pietro Incariano (Figura 24). Sono stati inoltre calcolati: il valore medio di concentrazione del PM₁₀, il numero di giorni in cui è stato superato il valore limite di 50 µg/m³ e altri parametri statistici significativi (Tabella 13).

Figura 24: Campagna di misura invernale. concentrazione medie giornaliere di PM₁₀ rilevata a Fumane e a Verona-Cason e andamento dei principali parametri meteorologici (precipitazione e vento) misurati presso la stazione meteorologica di San Pietro Incariano nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.

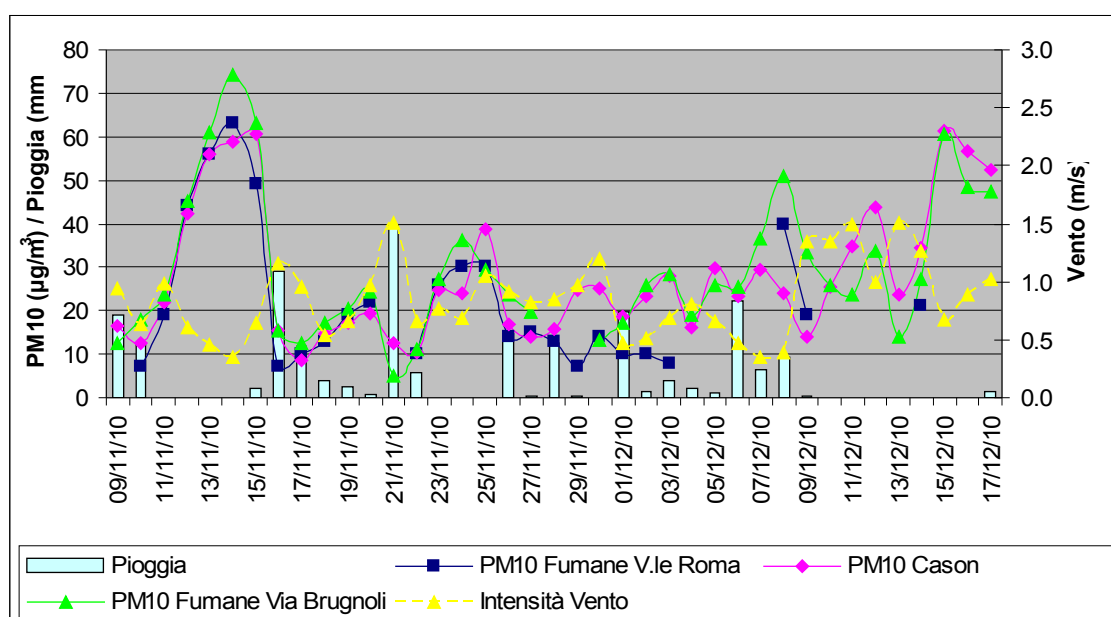


Tabella 13: Campagna di misura invernale. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e le centraline fisse di riferimento nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.

9 novembre 2010 17 dicembre 2010	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Media periodo (µg/m ³)	23	28	43	28	11
N° superamenti (>50µg/m ³)	2	3	11	6	0
Mediana (µg/m ³)	19	25	46	23	8
Deviazione standard (µg/m ³)	16	15	24	14	10
98° percentile (µg/m ³)	60	67	43	60	44

I numerosi giorni di precipitazione che hanno caratterizzato la campagna di misura invernale a Fumane risultano il fattore determinante per il mantenimento delle concentrazioni medie giornaliere quasi sempre sotto i 50 µg/m³, eccetto nei due periodi senza precipitazioni e con scarsa ventilazione centrati nelle giornate del 14 novembre e del 15 dicembre. La prevalenza di venti deboli provenienti da Nord, fa sì che le concentrazioni di PM₁₀ siano distribuite in maniera più uniforme, rispetto al periodo estivo, nelle diverse zone della vallata di Fumane.

5.2.2 PM₁₀ - Mezzane di Sotto

La campagna di misura invernale del PM₁₀ presso il comune di Mezzane di Sotto si è svolta dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011, con la stazione mobile collocata in via 4 Novembre. Gli andamenti della concentrazione giornaliera di PM₁₀ misurati sono stati confrontati con quelli misurati nello stesso periodo presso le stazioni fisse di: Fumane - Via Brugnoli, Verona - Borgo Milano, Verona – Località Cason e Bosco Chiesanuova. In Figura 25 assieme agli andamenti del PM₁₀ sono stati inseriti anche quelli del vento e della pioggia misurati dalla stazione meteorologica ARPAV di Illasi, che risulta essere la centralina più vicina al comune di Mezzane di Sotto. Sono stati inoltre calcolati per l'intero periodo di misura: il valore medio di concentrazione del PM₁₀, il numero di giorni in cui è stato superato il valore limite di 50 µg/m³ e altri parametri statistici significativi (Tabella 14).

Figura 25: Campagna di misura invernale. Concentrazione di PM₁₀ rilevata dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011 a Mezzane di Sotto, Fumane e Verona-Cason e andamento dei principali parametri meteorologici, quali la precipitazione ed il vento misurati presso la stazione meteorologica di Illasi.

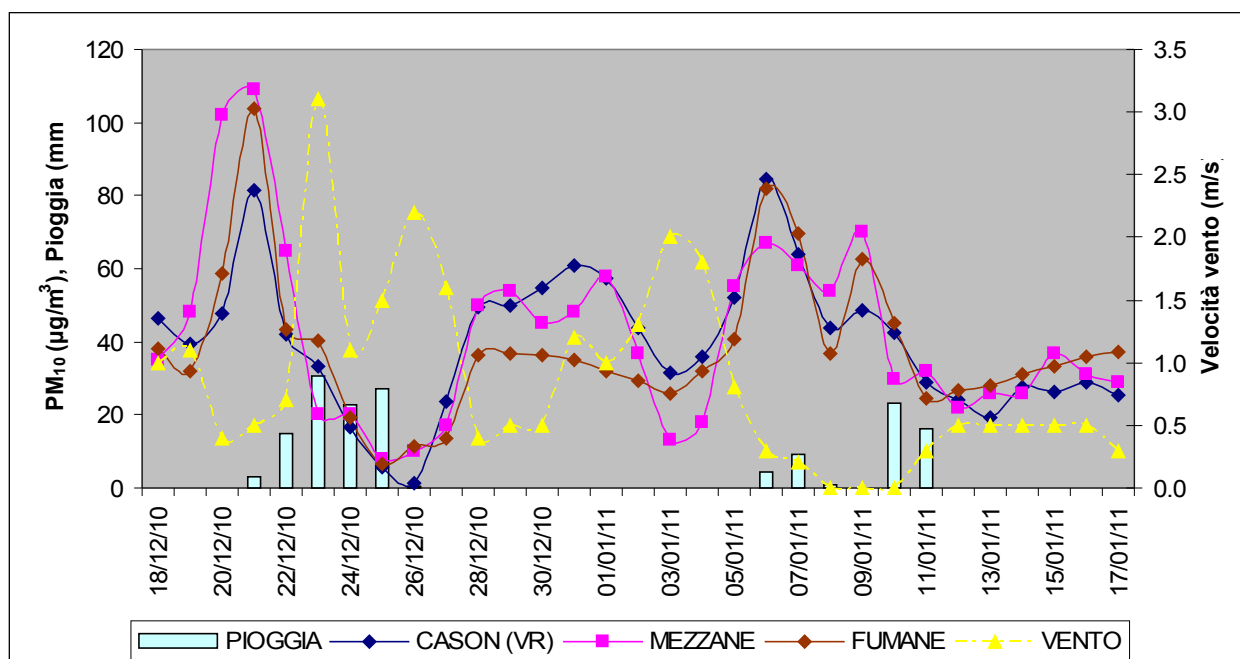


Tabella 14: Campagna di misura invernale. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ con la stazione mobile a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e le centraline fisse di riferimento nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011.

18 dicembre 2010 17 gennaio 2011	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Media periodo (µg/m ³)	42	38	59	40	15
N° superamenti (>50µg/m ³)	10	5	19	8	0
Mediana (µg/m ³)	37	36	58	42	14
Dev. standard (µg/m ³)	24	20	23	19	7
98° percentile (µg/m ³)	105	91	99	82	27

Durante la campagna di misura invernale a Mezzane di Sotto si sono verificati due periodi piovosi: il primo, di maggiore intensità, tra il 21 ed il 26 dicembre ed il secondo tra il 6 e l'11 gennaio. L'evento di dicembre è stato caratterizzato da venti sostenuti ed ha determinato quindi un abbassamento repentino e più evidente delle concentrazioni di PM₁₀, mentre l'evento di gennaio si è verificato in assenza di vento causando pertanto un decremento meno significativo e meno immediato delle polveri. I valori più elevati di PM₁₀, con diversi superamenti del valore limite previsto per legge (50 µg/m³), sono stati registrati nei periodi con scarsa ventilazione. I valori medi registrati a Mezzane di Sotto risultano confrontabili con quelli rilevati a Fumane ed a Verona-Cason, anche se hanno determinato un maggior numero di superamenti.



5.2.3 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto PM₁₀

Di seguito vengono confrontati i valori di concentrazione di PM₁₀ misurati nelle due campagne di misura invernali condotte rispettivamente a Mezzane di Sotto ed a Fumane (Tabella 15) con i valori rilevati dalla stazione fissa di Fumane via Brugnoli.

Tabella 15: Campagne di misura invernali. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e la stazione fissa di via Brugnoli nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010 e con la stazione mobile a Mezzane di Sotto nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011.

PM ₁₀	09/11 – 17/12/2010		18/12/2010 – 17/01/2011	
	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Mezzane Di Sotto	Fumane Via Brugnoli
Media periodo (µg/m ³)	23	28	42	38
N° superamenti (>50µg/m ³)	2	3	10	5
Mediana (µg/m ³)	19	25	37	36
Deviazione standard (µg/m ³)	16	15	24	20
98° percentile	60	67	105	91

Dal confronto tra le due campagne invernali si può notare come i valori rilevati durante la campagna di Mezzane di Sotto (18/12/10 – 17/01/11) siano significativamente più alti di quelli rilevati durante la campagna di Fumane (09/11/10 – 17/12/10), a determinare tali differenze sono state le diverse condizioni meteorologiche. Infatti durante il periodo di misura a Mezzane di Sotto si sono avuti due eventi di accumulo di PM₁₀ nei bassi strati dell'atmosfera, a livello regionale, uno dal 18 dicembre al 22 dicembre, ed uno da fine gennaio a metà febbraio. Situazioni analoghe non si sono verificate in novembre.

5.3 Analisi dei dati rilevati - PM_{2.5}

5.3.1 PM_{2.5} - Fumane

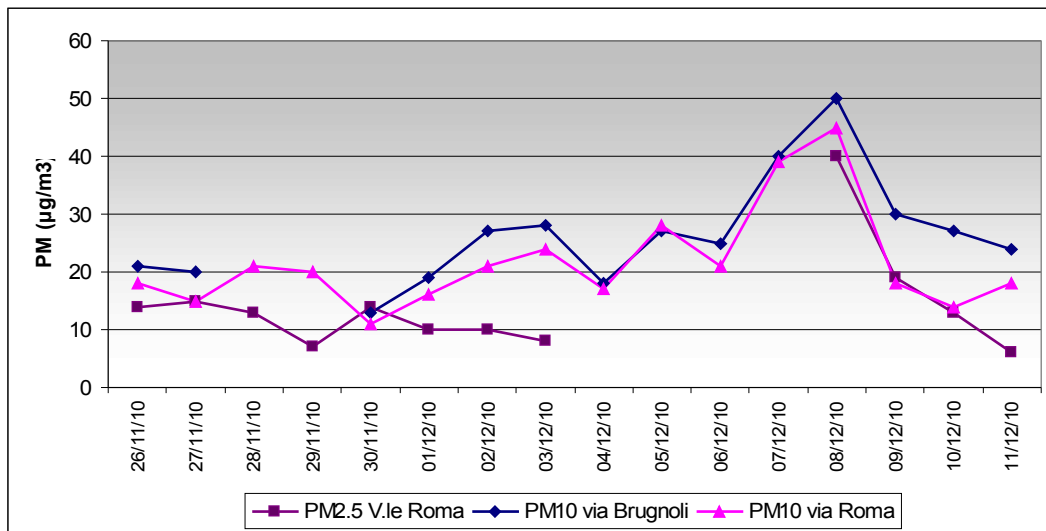
Nel periodo dal 26 novembre al 11 dicembre 2010 a Fumane via Roma è stata misurata la concentrazione di PM_{2.5} contestualmente a quella di PM₁₀ e tali misure sono state confrontate con la concentrazione di PM₁₀ misurata presso la stazione fissa in via P. Brugnoli a Fumane (Figura 26). Per entrambe le tipologie di polveri sottili sono stati inoltre calcolati: il valore medio di concentrazione, la mediana, la deviazione standard ed il 98° percentile, i risultati sono riportati in Tabella 16 e nel grafico di Figura 26.

Nel periodo invernale, la concentrazione media di PM_{2.5} rilevata presso la stazione di viale Roma è risultata pari a 15 µg/m³. Anche nel periodo invernale la parte più fine, con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm costituisce circa il 67% del PM₁₀ misurato.

Tabella 16: Campagna di misura invernale. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM_{2.5} e per il PM₁₀ con la stazione mobile a Fumane in viale Roma nel periodo dal 26 novembre al 11 dicembre 2010.

26 novembre – 11 dicembre 2010	PM ₁₀	PM _{2.5}
Media periodo (µg/m ³)	23	15
Mediana (µg/m ³)	19	13
Deviazione standard (µg/m ³)	9	9
98° percentile (µg/m ³)	43	35

Figura 26: Campagna di misura invernale. Confronto fra le concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ rilevate a Fumane via Roma e la concentrazione di PM_{10} rilevata in via Brugnoli nel periodo dal 26 novembre al 11 dicembre 2010.



La misura di concentrazione di $PM_{2.5}$ è stata effettuata anche presso la stazione fissa di Fumane via P.Brugnoli in quattro periodi: dal 25 febbraio al 11 marzo, dal 31 marzo al 14 aprile, dal 10 al 24 luglio, dal 23 ottobre al 25 novembre. È stato così possibile ricostruire l'andamento delle concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ per l'anno 2010 (Figura 27) ed i parametri statistici rappresentativi (Tabella 17).

La concentrazione media annuale di $PM_{2.5}$ è risultata pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre quella del PM_{10} è risultata pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un rapporto fra le due tipologie di polveri pari a 0,7.

Figura 27: Andamento rappresentativo annuale. Confronto fra le concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} e $PM_{2.5}$ rilevate a Fumane in via Brugnoli nell'anno 2010.

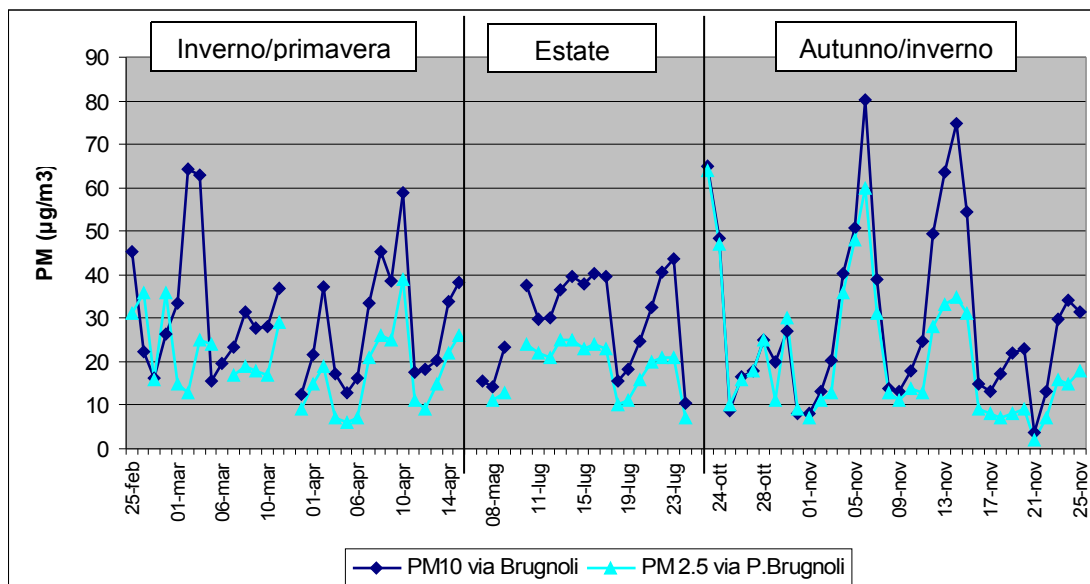


Tabella 17: Valori rappresentativi annuali. Confronto fra i parametri statistici relativi alle concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ misurate presso la stazione fissa di Fumane in via P. Brugnoli nell'anno 2010.

2010	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30	20
Mediana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	17
Deviazione standard ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18	13
98° percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	73	57



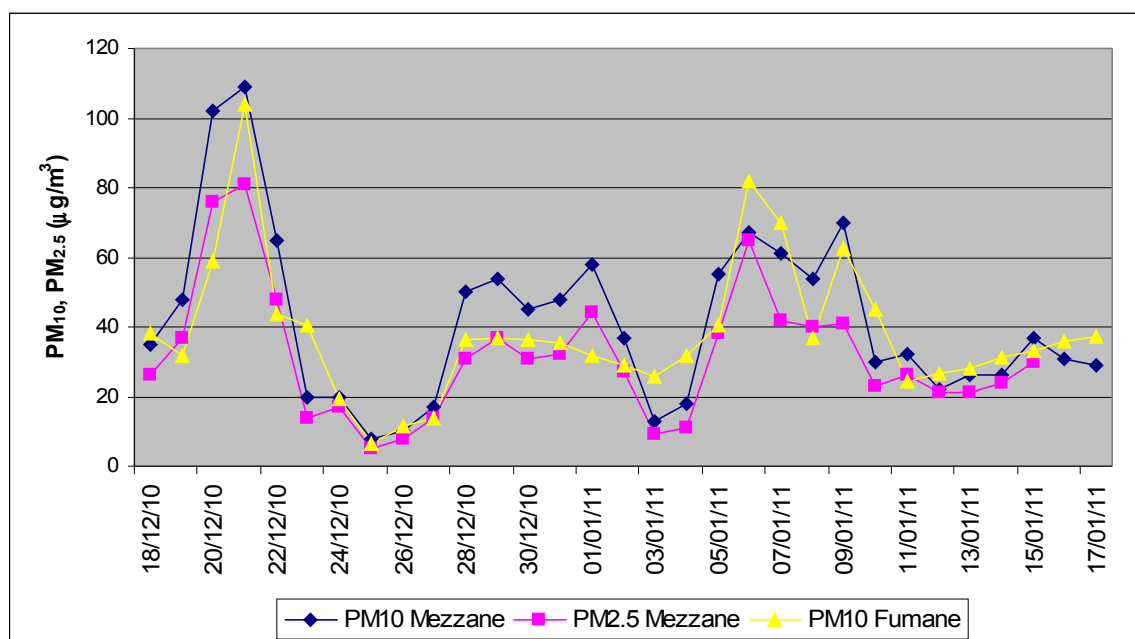
5.3.2 PM_{2.5} - Mezzane di Sotto

Durante la campagna di misura invernale a Mezzane di Sotto nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011 è stata misurata la concentrazione di PM_{2.5} contestualmente a quella di PM₁₀ e tali misure sono state confrontate con la concentrazione di PM₁₀ misurata presso la stazione fissa in via P. Brugnoli a Fumane (Figura 28). Per entrambe le tipologie di polveri sottili sono stati inoltre calcolati: il valore medio di concentrazione, la mediana, la deviazione standard ed il 98° percentile (Tabella 18).

Tabella 18: Campagna di misura invernale. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM_{2.5} e per il PM₁₀ con la stazione mobile a Mezzane di Sotto nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011.

18 dicembre 2010 – 17 gennaio 2011	PM ₁₀	PM _{2.5}
Media periodo (µg/m ³)	42	32
Mediana (µg/m ³)	37	30
Deviazione standard (µg/m ³)	24	19
98° percentile (µg/m ³)	105	78

Figura 28: Campagna di misura invernale. Confronto fra le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2.5} rilevate nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 gennaio 2011 a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e la concentrazione di PM₁₀ rilevata a Fumane in via Brugnoli.



Durante la campagna invernale la concentrazione media di PM_{2.5} rilevata presso la stazione mobile collocata in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto è risultata pari a 32 µg/m³ mentre quella del PM₁₀ è stata pari a 42 µg/m³, dal rapporto risulta che la parte più fine ha costituito circa il 76% del PM₁₀, un rapporto molto vicino a quello calcolato nel periodo estivo.

5.3.3 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto PM_{2,5}

In Tabella 19 vengono confrontati i principali parametri statistici relativi alle misure di concentrazione di PM₁₀ e di PM_{2,5} effettuate durante le campagne invernali condotte a Mezzane di Sotto ed a Fumane in viale Roma e durante il monitoraggio annuale presso la centralina fissa in via Brugnoli a Fumane.

Tabella 19: Campagne di misura invernali. Confronto tra i risultati ottenuti per il PM₁₀ ed il PM_{2,5} con la stazione mobile a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e con la stazione mobile a Fumane in viale Roma nei periodi invernali

	Mezzane di Sotto 18/12/10 – 17/01/11		Fumane v.le Roma 09/11/10 – 17/12/10		Fumane via Brugnoli 25/02-11/03 e 23/10-25/11/10	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Media (µg/m ³)	42	32	23	15	30	21
Mediana (µg/m ³)	37	30	19	13	25	17
Deviazione standard (µg/m ³)	24	19	9	9	19	14
98° percentile (µg/m ³)	105	78	43	35	75	60
Rapporto PM _{2,5} /PM ₁₀	0.76		0.65		0.8	

Osservando i valori riportati in Tabella 19 e quelli della Tabella 8 (Campagne estive) si vede come il rapporto fra la parte più fine e quella più grossolana è pressoché costante nei diversi periodi dell'anno e non differisce in maniera significativa nei diversi siti di misura.

5.4 Analisi dei dati rilevati - NO₂

5.4.1 NO₂ - Fumane

Dalle concentrazioni orarie di NO₂ misurate durante la campagna invernale (9 novembre – 17 dicembre 2010) dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane e dalle stazioni fisse di riferimento sono stati estrapolati i valori medi, massimi e minimi (Tabella 20) e gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 29).

Tabella 20: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di NO₂ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.

9 novembre 2010 17 dicembre 2010	Fumane Via Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	37	35	40	34	16
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	6	< 4	9	< 4	< 4
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	90	73	82	96	65
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	39	35	40	35	13
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	17	12	12	16	11
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	73	61	64	67	50

Durante la campagna invernale si sono avuti 4 giorni di interruzione del monitoraggio per cause tecniche su 39 complessivi.

Le concentrazioni orarie rilevate a Fumane sono confrontabili con quelle rilevate dalle stazioni fisse di Verona. I valori massimi di concentrazione oraria si rilevano presso la stazione fissa di via Brugnoli non solo nelle ore serali o mattutine, ma in alcuni casi nelle ore centrali della giornata con venti provenienti da Sud.

In Figura 30 sono riportati gli andamenti del “giorno tipo invernale” delle concentrazioni di NO₂ rilevate presso la stazione mobile e la stazione fissa a Fumane. Dalla stazione di via Brugnoli sono stati inoltre

ricavati i dati per costruire il "giorno tipo invernale" del vento tramite i parametri della velocità e della direzione prevalente.

Figura 29: Campagna di misura invernale. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di NO₂ in viale Roma a Fumane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Fumane (via Brugnoli), Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Boscochiesanuova.

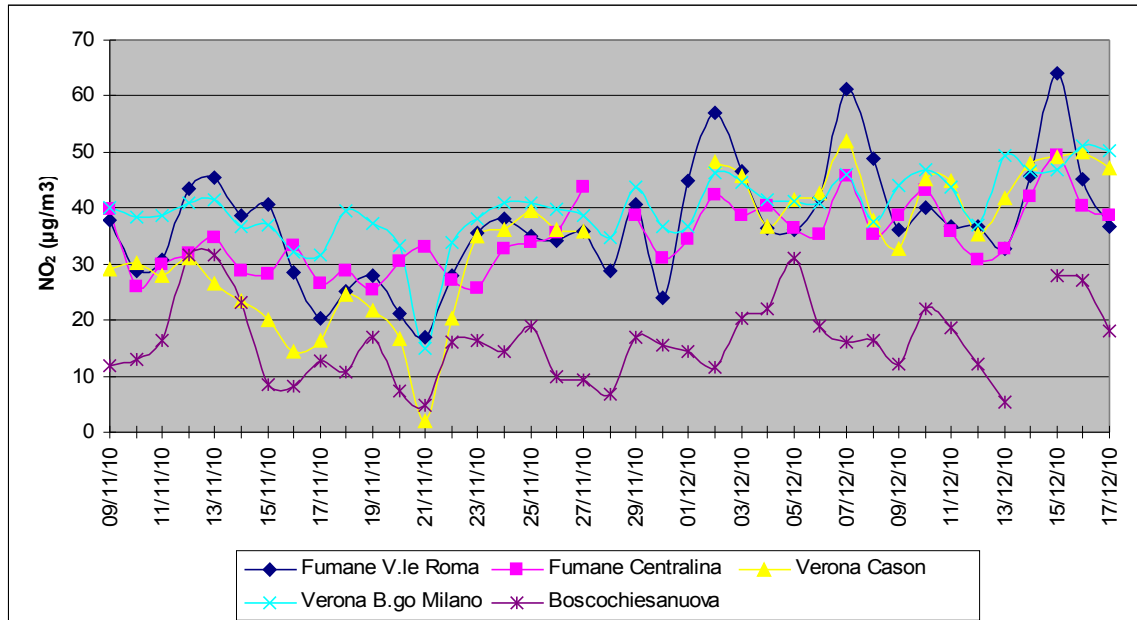
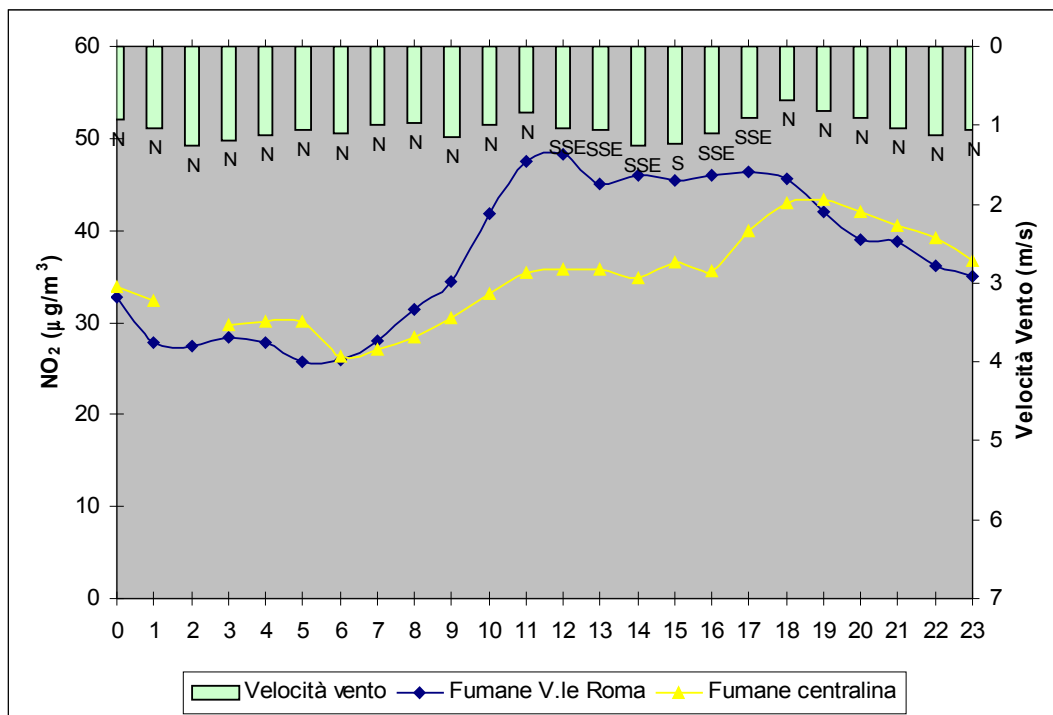


Figura 30: "Giorni tipo invernali" relativi alle concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate dalla stazione mobile in viale Roma e dalla centralina fissa in via Brugnoli e "giorno tipo" del vento a Fumane.



Le velocità del vento sono mediamente pari o poco superiori a 1 m/s, le concentrazioni di NO₂ sono mediamente più elevate nelle ore centrali della giornata e presso il sito di viale Roma. È possibile che in periodo invernale altri fonti emissive (quali il riscaldamento) ed il trasporto di inquinanti dall'esterno giocano un ruolo rilevante nel determinare le concentrazioni misurate.

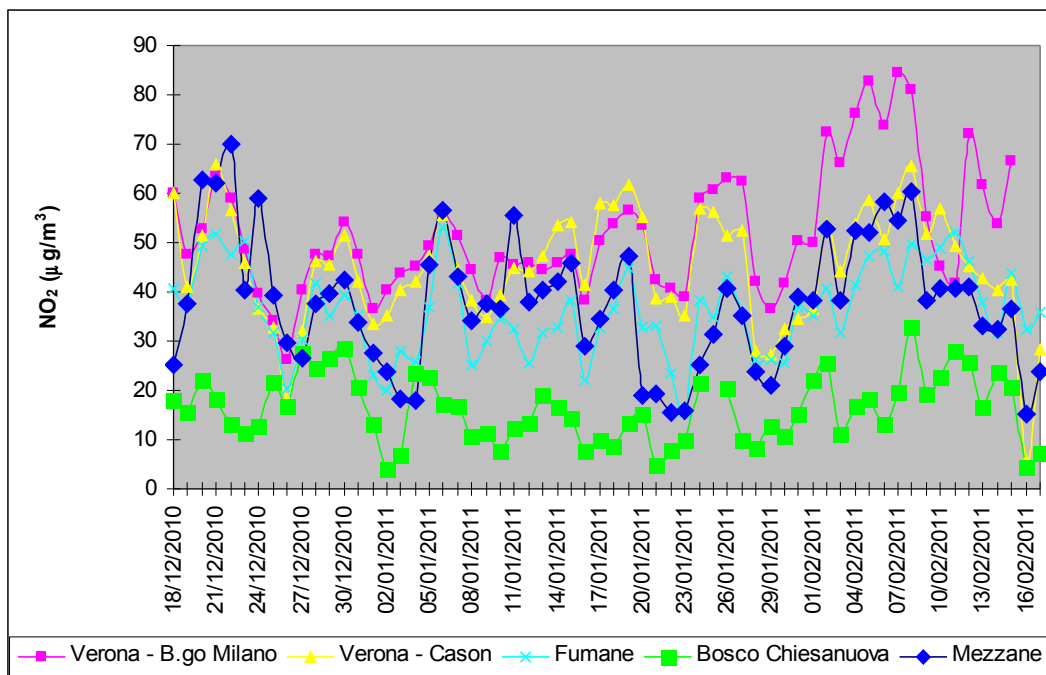
5.4.2 NO₂ - Mezzane di Sotto

Durante la campagna invernale (18 dicembre 2010 - 17 febbraio 2011) a Mezzane di Sotto sono state misurate le concentrazioni orarie del biossido di azoto e successivamente sono state confrontate con quelle delle altre stazioni fisse di riferimento calcolando i valori orari medi, massimi e minimi (Tabella 21) e delineando l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere per l'intero periodo di monitoraggio (Figura 31).

Tabella 21: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di NO₂ rilevate dalla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed dalle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.

18 dicembre 2010 17 febbraio 2011	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	38	36	52	45	16
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	6	< 4	12	< 4	< 4
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	92	101	124	99	79
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	36	35	50	46	12
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	19	16	17	16	14
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	80	75	101	78	60

Figura 31: Campagna di misura invernale. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di NO₂ in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Fumane (via Brugnoli), Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova.



Le velocità del vento sono mediamente pari a 1m/s (debole brezza) mentre l'andamento giornaliero della direzione prevalente è quello tipico della brezza di valle, con il vento che soffia da nord nelle ore più fredde e da sud in quelle più calde, seguendo quindi la direzione della valle di Mezzane. Le concentrazioni di NO₂ sono mediamente più elevate nel pomeriggio e subiscono un incremento più repentino con l'arrivo del vento da sud. Anche in questo caso, come si è ipotizzato per Fumane, è probabile che la concentrazione di NO₂ sia influenzata anche dalla presenza di fonti emissive quali i sistemi di riscaldamento, oltre che dalle condizioni anemologiche della valle e dal trasporto di masse d'aria più inquinate dalla pianura.

5.4.3 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto NO₂

In Tabella 22 ed in Figura 32 vengono confrontati i valori di concentrazione di NO₂ calcolati per le due campagne di misura invernali condotte in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed in viale Roma a Fumane. Per entrambi i periodi di misura sono stati calcolati i principali parametri statistici e il giorno tipo relativo alle concentrazioni di NO₂ rilevate dalla stazione fissa di Fumane nei periodi corrispondenti alla due campagne di monitoraggio in esame. Inoltre, sono stati confrontati i valori medi dei singoli periodi di misura (attribuiti ai diversi mesi in funzione al numero misure disponibili per ogni mese) con l'andamento delle medie mensili di NO₂ relative alle stazioni fisse di riferimento (Figura 33).

Tabella 22: Campagne di misura invernale. Confronto tra i risultati ottenuti per il biossido di azoto con la stazione mobile in viale Roma e la stazione fissa di via Brugnoli a Fumane nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010 e con la stazione mobile a Mezzane di Sotto e la stazione fissa di Fumane nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.

NO ₂	09/11/10 – 17/12/10		18/12/10 – 17/02/11	
	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Media	37	35	38	36
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Minima	6	< 4	6	< 4
Conc. NO ₂ (µg/m ³) Massima	90	73	92	101
Mediana NO ₂ (µg/m ³)	39	35	36	35
Dev. standard NO ₂ (µg/m ³)	17	12	19	16
98° percentile NO ₂ (µg/m ³)	73	61	80	75

Figura 32: "Giorni tipo invernali" relativi alle concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate dalla stazione mobile in viale Roma e dalla centralina fissa di Fumane nei periodi dal 09/11 al 17/12/10 (Campagna Fumane) e misurate dalla stazione mobile a Mezzane di Sotto e dalla centralina fissa di Fumane nel periodo dal 18/12/10 al 17/02/11 (Campagna Mezzane).

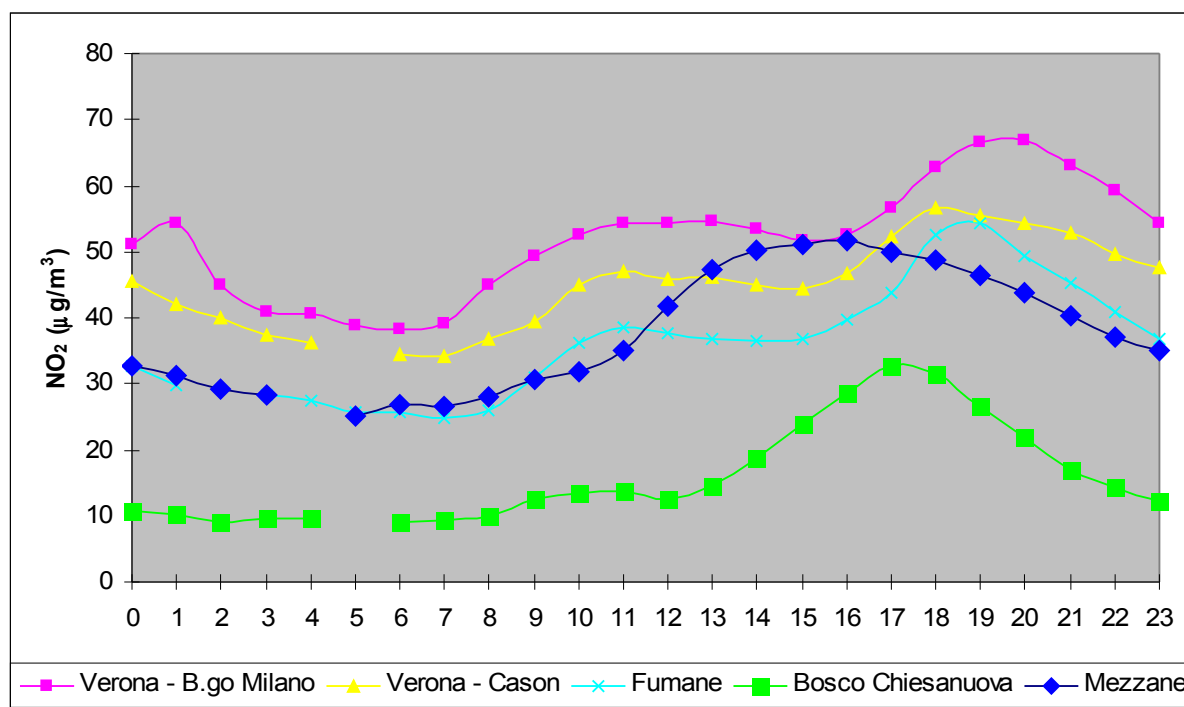
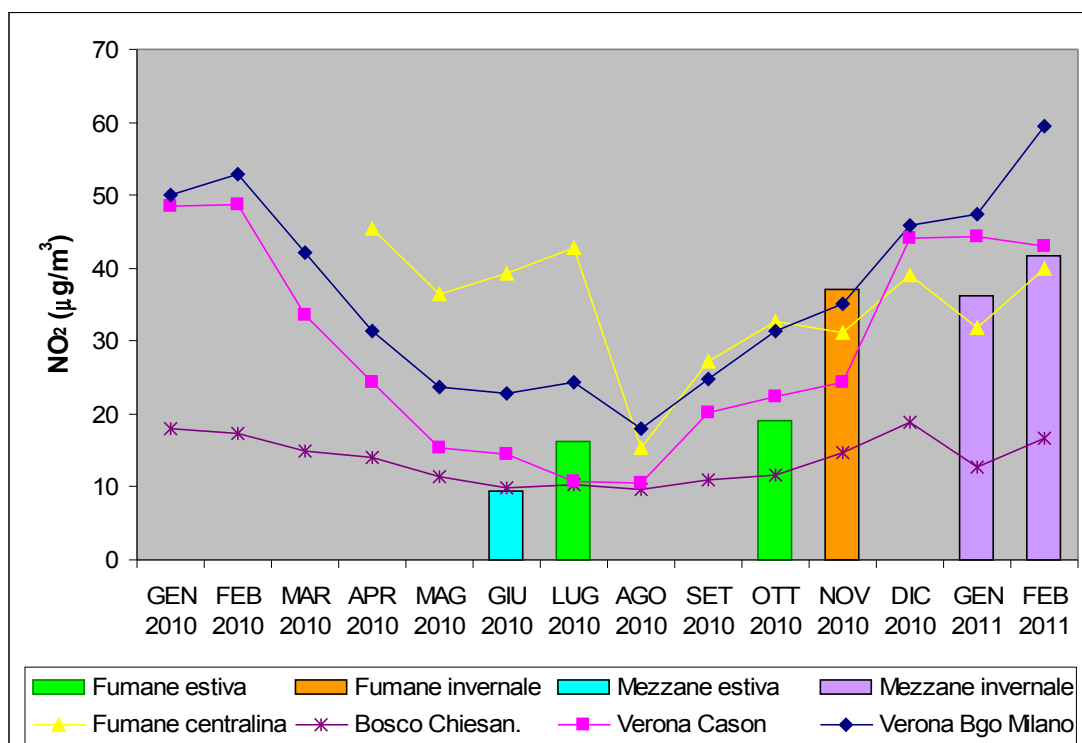


Figura 33: valori medi dei singoli periodi delle campagne di misura a Fumane in viale Roma ed a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre ed andamento delle medie mensili di NO₂ nelle centraline fisse di riferimento.



Nel periodo invernale sia le concentrazioni rilevate che l'andamento del giorno tipo non mostrano significative differenze nei siti considerati.

Dal confronto fra le medie mensili e l'andamento annuale della concentrazione di NO₂ rilevata presso le stazioni fisse di Boscochiesanuova, Verona e Fumane si nota una differenza significativa fra periodo invernale ed estivo, quest'ultimo caratterizzato da valori significativamente più bassi nelle zone rurali quali Mezzane e Boscochiesanuova. Nel periodo invernale solo la stazione di Boscochiesanuova, situata lontana da fonti di pressione industriali e antropiche, mantiene concentrazioni mensili pari o inferiori a 20 µg/m³.

6 Distribuzione spaziale del biossido di azoto a Fumane

Con lo scopo di valutare la distribuzione spaziale delle concentrazioni di biossido di azoto è stato effettuato un monitoraggio su una griglia di passo 150 m studiata in modo da coprire il territorio del centro abitato di Fumane. Sono stati utilizzati 27 campionatori passivi e sono stati eseguiti due campionamenti: dal 18 al 26 ottobre 2010 e dal 8 al 15 marzo 2011 (Figura 34).

Tramite metodo IDW (Inverse Distance Weighting) sono state quindi elaborate delle interpolazioni con l'intento di delineare una distribuzione areale e non solo puntuale dell'inquinante (Figura 35). Successivamente è stato eseguito un confronto tra le due campagne di misura al fine di verificare l'evoluzione per uno stesso punto delle concentrazioni di NO₂ tra i due periodi di campionamento (Figura 36).

Tendenzialmente nel campionamento di marzo 2011 si sono registrati valori più elevati rispetto a quello di ottobre 2010 ed in particolar modo nella zona occidentale del paese dove si hanno avuti incrementi percentuali anche a tre cifre (es.: via Perobelli +131%, via Aleardi +175%, viale Roma +157%, etc.). Se a ottobre si poteva distinguere una fascia orientale con una concentrazione di NO₂ sensibilmente maggiore rispetto al resto del territorio comunale, a marzo tale particolarità risulta svanita, lasciando il posto ad una distribuzione trasversale e più uniforme delle concentrazioni più elevate.

Figura 34: distribuzione puntuale del NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel Comune di Fumane durante il campionamento dal 18 al 26 ottobre 2010 a sx, e dal 8 al 15 marzo 2011 a dx.

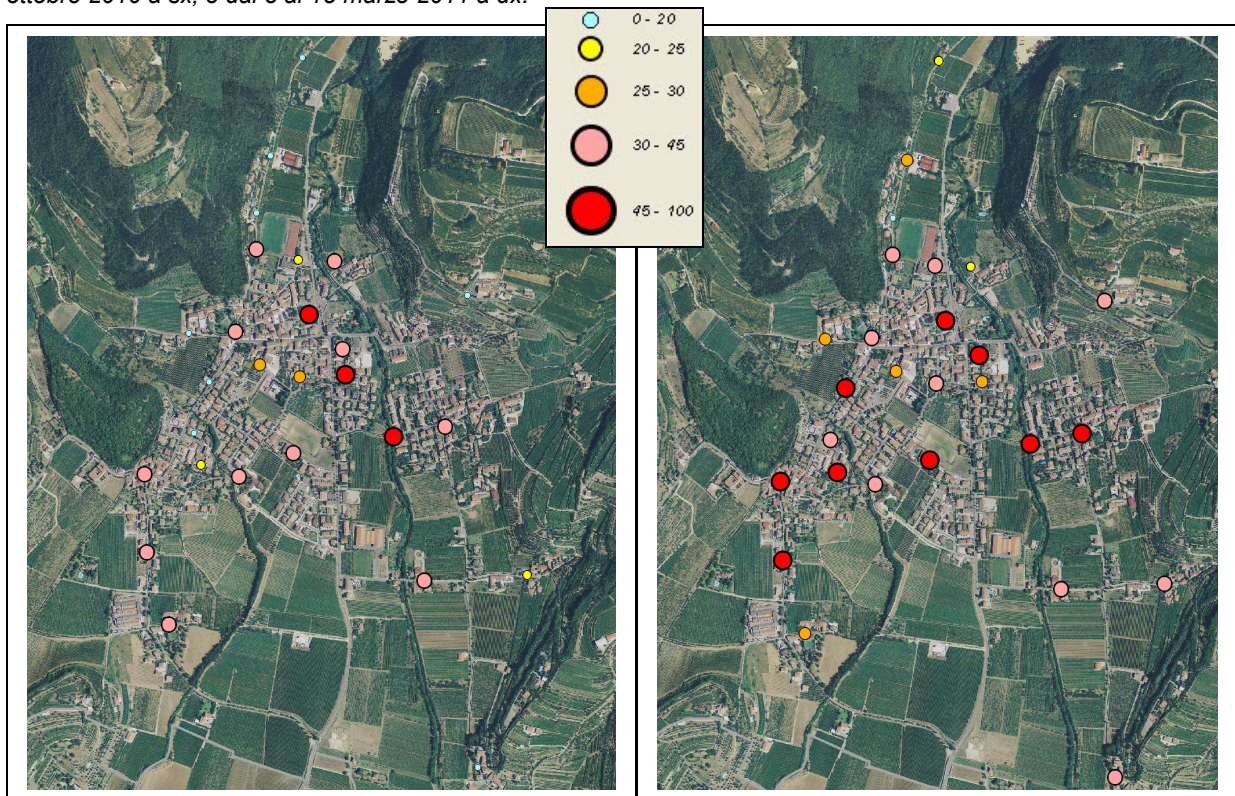


Figura 35: distribuzione spaziale del NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel Comune di Fumane durante il campionamento dal 18 al 26 ottobre 2010 a sx, e dal 8 al 15 marzo 2011 a dx.

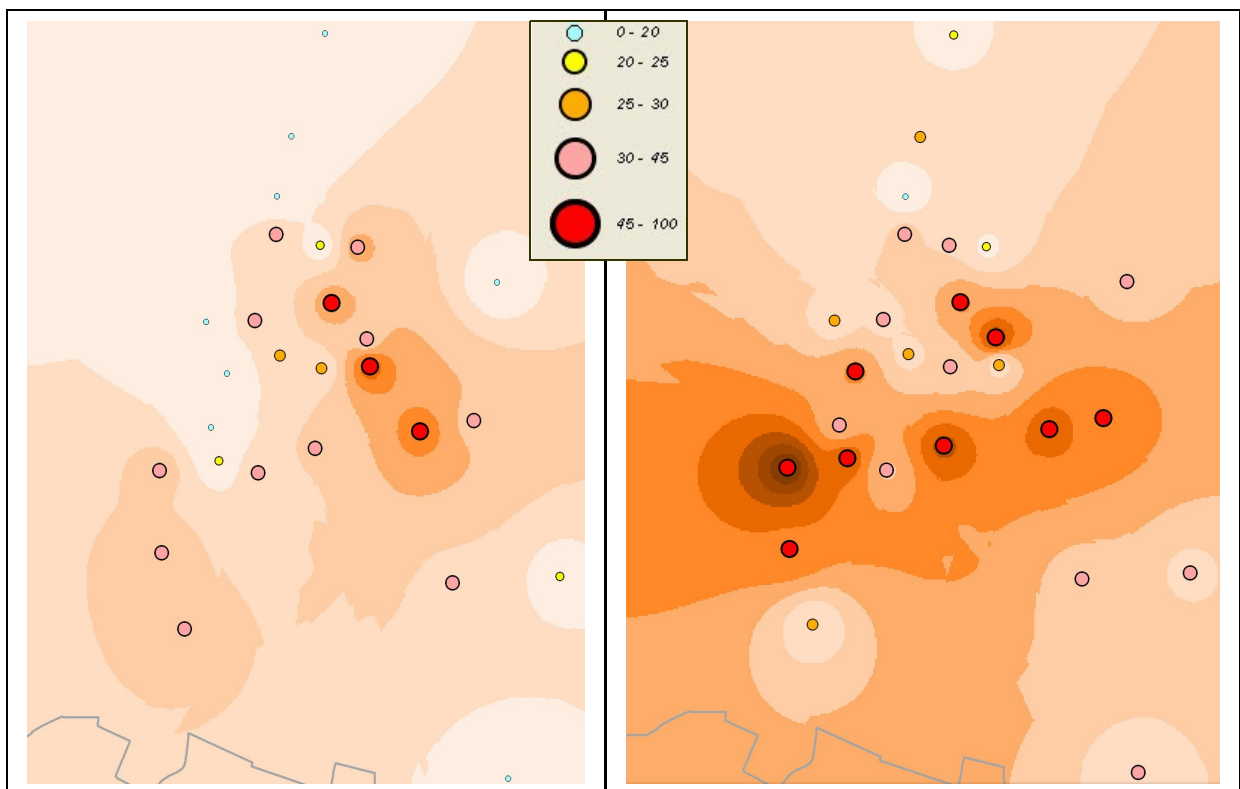
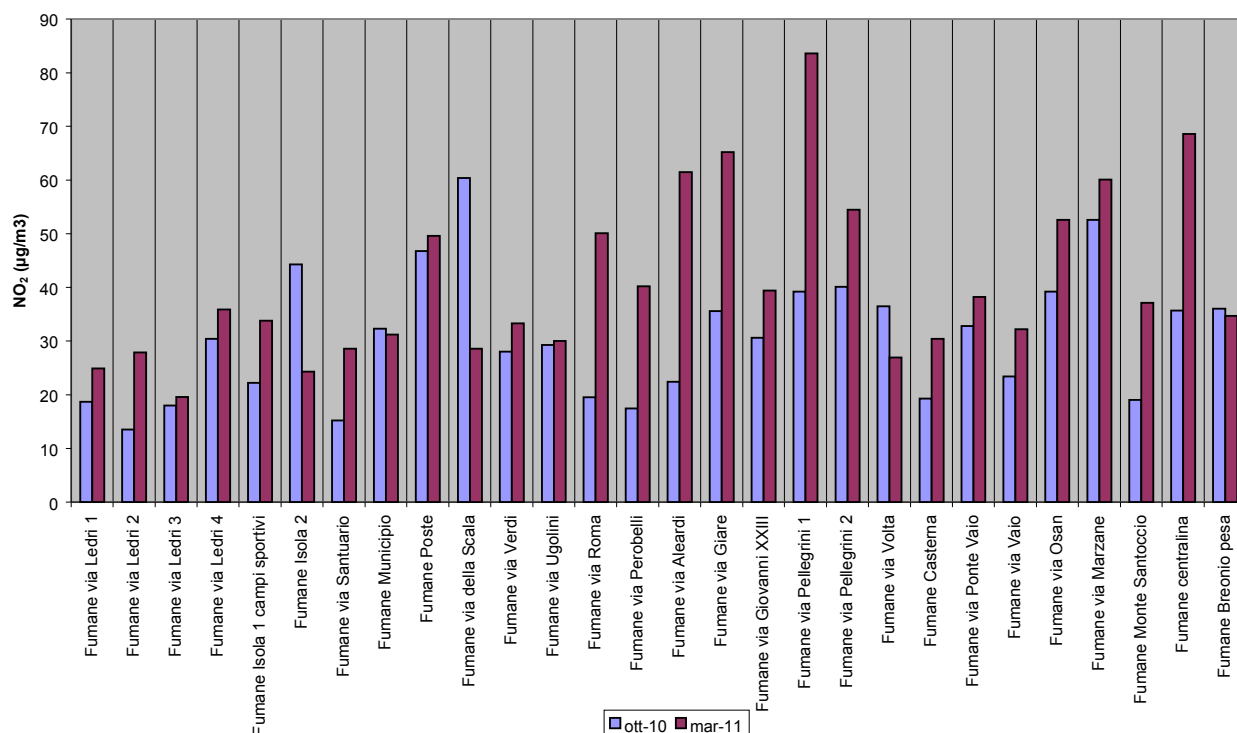


Figura 36: concentrazioni medie di NO₂ rilevate durante i due periodi di misura nei singoli punti di campionamento distribuiti sul territorio di Fumane.



7 Andamento degli inquinanti a minore criticità

7.1 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. Quest'ultima considerazione viene in parte smentita in presenza di una considerevole concentrazione di polveri sottili inalabili, in quanto l'anidride solforosa si lega al particolato aereodisperso e tramite questo può essere trasportata in maggiore quantità ai polmoni. 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.

7.1.1 SO₂ - Fumane

Le misure del biossido di zolfo eseguite durante la campagna di misura estiva ed invernale dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane sono state confrontate con quelle delle stazioni fisse di riferimento. Sono stati quindi calcolati i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni orarie per i diversi periodi di monitoraggio (Tabella 23, Tabella 24 e Tabella 25).

I valori di concentrazione di biossido di zolfo rilevati durante la campagna di misure estiva in viale Roma (sia nel primo che nel secondo periodo) sono stati bassi e solo alcuni picchi hanno superato la soglia di rilevabilità strumentale (pari a 5 µg/m³). Nel secondo periodo di misura si è riscontrato un leggero innalzamento dei valori in viale Roma.

Tabella 23: Primo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di SO₂ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 22 luglio al 8 agosto 2010.

22 luglio 2010 8 agosto 2010	Fumane Via Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	13	5	< 5	7	8

Tabella 24: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di SO₂ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

29 settembre 2010 10 ottobre 2010	Fumane Via Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	6	6	< 5	6	< 5

Tabella 25: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di SO₂ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.

9 novembre 2010 17 dicembre 2010	Fumane Via Roma	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	9	7	5	16	15

Anche i valori rilevati durante la campagna di misure invernale sono stati contenuti, anche se i valori risultano in buona parte più elevati rispetto a quelle della campagna estiva. Specialmente a Fumane in viale Roma nella prima parte della campagna invernale (09/11 – 27/11) le concentrazioni risultano significativamente più elevate, mentre nella seconda parte l'andamento risulta altalenante evidenziando unicamente alcuni picchi giornalieri più accentuati rispetto all'andamento generale.

7.1.2 SO₂ - Mezzane di Sotto

Utilizzando le misure di SO₂ eseguite dalla stazione mobile a Mezzane di Sotto durante la campagna estiva e quella invernale sono state calcolate le concentrazioni orarie medie, massime e minime (Tabella 26 e Tabella 27), che sono state quindi confrontate con i valori ricavati dalle misure eseguite dalle centraline fisse di riferimento negli stessi periodi.

Tabella 26: Campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di SO₂ relative alla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

10 giugno 2010 8 luglio 2010	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	< 5	16	< 5	< 5	6

I valori di concentrazione di biossido di zolfo rilevati durante la campagna di misure estiva a Mezzane di Sotto sono stati molto bassi. Solo a Fumane si sono avute alcune giornate con valori che hanno superato con una certa continuità la soglia di rilevabilità strumentale.

Tabella 27: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di SO₂ relative alla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.

18 dicembre 2010 17 febbraio 2011	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	7	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	20	26	5	9	9

Pur rimanendo generalmente bassi, i valori registrati durante la campagna di misura invernale risultano più elevati rispetto a quelli della campagna estiva. In particolar modo si è avuto un incremento delle concentrazioni massime, che risultano in questo periodo tutte al di sopra, o almeno pari, al limite di rilevanza strumentale.

7.1.3 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto SO₂

È stato eseguito un raffronto tra le concentrazioni orarie medie, minime e massime risultanti dalle campagne di Fumane in viale Roma e di Mezzane di Sotto in via 4 Novembre e quelle registrate dalla stazione fissa di via Brugnoli a Fumane durante i diversi periodi delle campagne misura (Tabella 28 e Tabella 29).

Tabella 28: Campagne di misura estive. Confronto tra i risultati ottenuti per il biossido di zolfo con la stazione mobile a Fumane in viale Roma e la stazione fissa di via Brugnoli nei periodi dal 22 luglio al 8 agosto e dal 29 settembre al 10 ottobre 2010 e con la stazione mobile a Mezzane di Sotto nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

SO ₂	22/07/10 – 08/08/10		29/09/10 - 10/10/10		10/06/10 – 08/07/10	
	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	13	5	6	6	< 5	16

Tabella 29: Campagne di misura invernale. Confronto tra i risultati ottenuti per il biossido di zolfo con la stazione mobile in viale Roma e la stazione fissa di via Brugnoli a Fumane nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010 e con la stazione mobile a Mezzane di Sotto e la stazione fissa di Fumane nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.

SO ₂	09/11/10 – 17/12/10		18/12/10 – 17/02/11	
	Fumane V.le Roma	Fumane Via Brugnoli	Mezzane di Sotto	Fumane Via Brugnoli
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Media	< 5	< 5	< 5	7
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Minima	< 5	< 5	< 5	< 5
Conc. SO ₂ (µg/m ³) Massima	9	7	20	26

7.2 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.

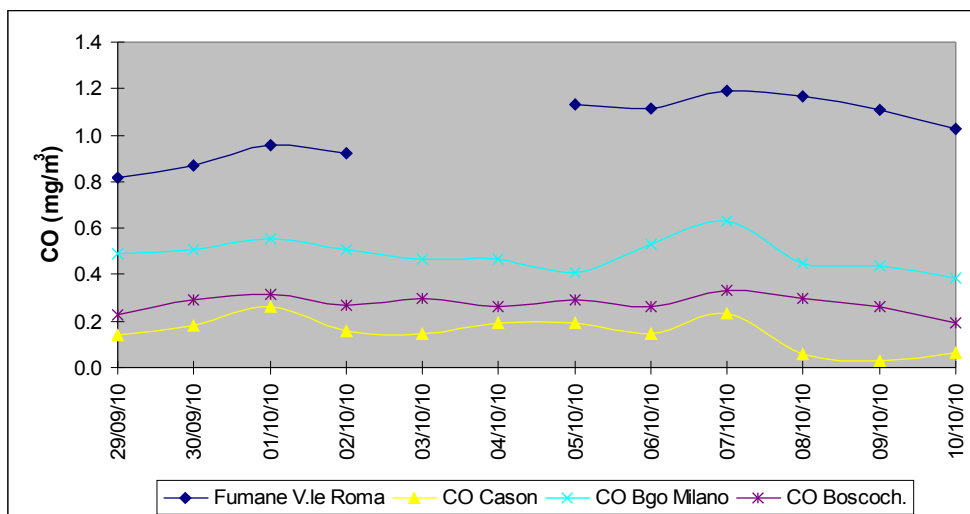
7.2.1 CO - Fumane

Sono stati calcolati per ogni stazione e per i diversi periodi di misura i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni orarie di CO (Tabella 30), inoltre riferendosi ai medesimi periodi di misura sono state confrontate le concentrazioni medie giornaliere delle campagne di Fumane con quelle delle stazioni fisse di riferimento (Figura 37 e Figura 38). Non sono presenti i confronti relativi al primo periodo della campagna estiva (dal 22 luglio al 8 agosto 2010) in quanto il numero di misure valide effettuate dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane durante questo intervallo di tempo risulta eccessivamente limitato e quindi è stato ritenuto statisticamente non rappresentativo, mentre i valori relativi alla centralina di Fumane non sono presenti in quanto la stazione non dispone dello strumento per la misurazione del monossido di carbonio.

Tabella 30: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di CO relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

29 settembre 2010 10 ottobre 2010	Fumane Via Roma	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. CO (mg/m ³) Media	1	0,5	0,2	0,3
Conc. CO (mg/m ³) Minima	0,7	0,2	< 0,1	0,1
Conc. CO (mg/m ³) Massima	1,4	1,1	0,4	0,4

Figura 37: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di CO in viale Roma a Fumane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova.

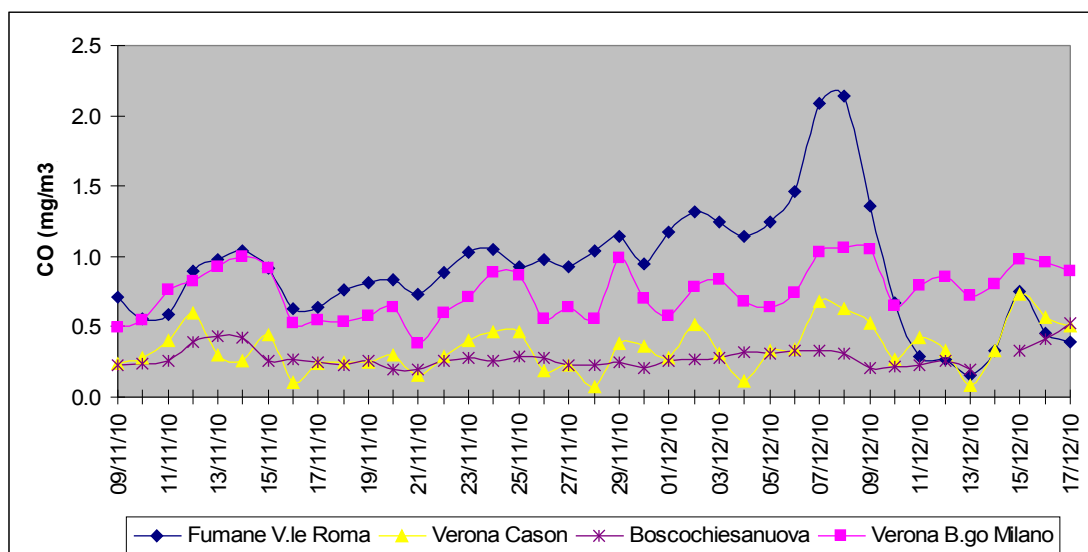


Dal secondo periodo della campagna di misure estiva del monossido di carbonio emerge che i valori registrati in viale Roma a Fumane risultano sensibilmente più elevati rispetto a quelli registrati dalle stazioni fisse di riferimento, pur rimanendo al di sotto delle soglie stabilite dalla normativa (10 mg/m³).

Tabella 31: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di CO relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.

9 novembre 2010 17 dicembre 2010	Fumane Via Roma	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. CO (mg/m ³) Media	0,9	0,7	0,3	0,3
Conc. CO (mg/m ³) Minima	< 0,1	0,3	< 0,1	0,1
Conc. CO (mg/m ³) Massima	2,8	1,8	1,2	1,2

Figura 38: Campagna di misura invernale. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di CO in viale Roma a Fumane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova.



Anche durante la campagna di misure invernale i valori registrati in viale Roma a Fumane risultano più elevati rispetto a quelli registrati dalle stazioni fisse di riferimento. Riferendosi alle medie giornaliere (Figura 38) si può notare come per la maggior parte del periodo la differenza tra i valori di Fumane e quelli degli altri siti rimanga contenuta, mentre nei primi giorni di dicembre si ha un incremento repentino ed un altrettanto rapida diminuzione dell'inquinante, che si riporta così ai livelli delle altre stazioni.

7.2.2 Mezzane di Sotto

Utilizzando le misure del monossido di carbonio eseguite durante la campagna estiva ed invernale a Mezzane di Sotto sono stati calcolati e confrontati i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni orarie (Tabella 31 e Tabella 32).

Tabella 32: Campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di CO relative alla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

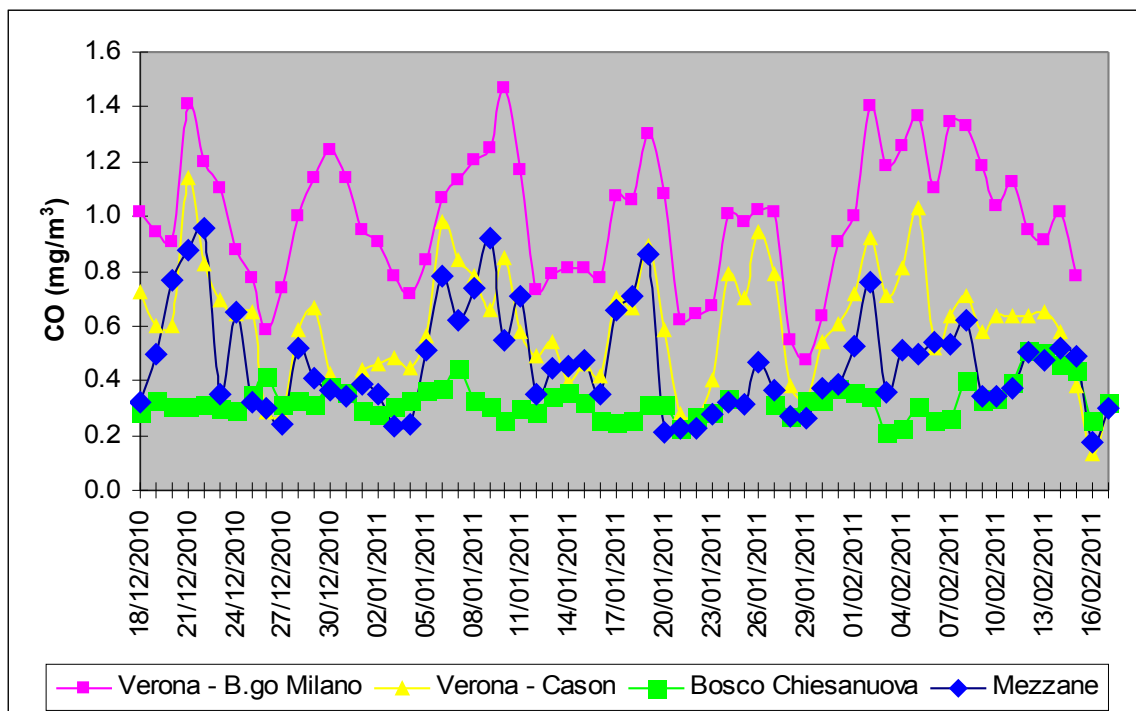
10 giugno 2010 8 luglio 2010	Mezzane di Sotto	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. CO (mg/m ³) Media	< 0,1	0,4	0,1	0,3
Conc. CO (mg/m ³) Minima	< 0,1	0,2	< 0,1	0,1
Conc. CO (mg/m ³) Massima	0,1	0,5	0,4	0,5

I valori estremamente bassi registrati durante la campagna estiva dalla stazione mobile a Mezzane non rendono significativo il confronto tra le concentrazioni medie giornaliere calcolate per Mezzane di Sotto e quelle calcolate per le stazioni fisse di riferimento e pertanto è stato eseguito unicamente il confronto delle medie giornaliere relative alla campagna invernale (Figura 39).

Tabella 33: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di CO relative alla stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.

18 dicembre 2010 17 febbraio 2011	Mezzane di Sotto	Verona B.go Milano	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. CO (mg/m ³) Media	0,5	1	0,6	0,3
Conc. CO (mg/m ³) Minima	< 0,1	0,3	< 0,1	0,1
Conc. CO (mg/m ³) Massima	1,4	2,2	1,8	0,8

Figura 39: Campagna di misura invernale. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di CO in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason, Verona Borgo Milano e Bosco Chiesanuova.



Pur presentando un evidente incremento rispetto la campagna estiva, le concentrazioni registrate a Mezzane di Sotto si presentano contenute, con valori simili a quelli fatti registrare in località Cason a Verona.

7.2.3 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto CO

In Tabella 34 viene eseguito un confronto diretto tra le concentrazioni orarie medie, minime e massime registrate a Fumane in viale Roma ed a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre durante le campagne di misura estive ed invernali del monossido di carbonio. Visti i bassissimi livelli di CO registrati dalla stazione mobile nella campagna estiva a Mezzane di Sotto, non è stato ritenuto significativo il confronto tra i “giorni tipo” derivanti dalle campagne estive e si è eseguito unicamente il raffronto tra i “giorni tipo” delle campagne invernali (Figura 40). Sono stati inoltre confrontati i valori medi dei singoli periodi delle due campagne di misura con l'andamento delle medie mensili delle concentrazioni di CO misurate dalle stazioni fisse di riferimento (Figura 41).

Tabella 34: Confronto campagne di misura. Confronto tra i risultati ottenuti per il monossido di carbonio con la stazione mobile in viale Roma a Fumane ed a Mezzane di Sotto durante le campagne di misura estive ed invernali.

CO	Campagne estive		Campagne invernali	
	Fumane 29/09 - 10/10/10	Mezzane di Sotto 10/06 – 08/07/10	Fumane 09/11 - 17/12/10	Mezzane di Sotto 18/12/10 – 17/02/11
Conc. CO (mg/m ³) Media	1	< 0,1	0,9	0,5
Conc. CO (mg/m ³) Minima	0,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Conc. CO (mg/m ³) Massima	1,4	0,1	2,8	1,4

Figura 40: "Giorni tipo invernali" relativi alle concentrazioni medie orarie di CO misurate dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed a Mezzane di Sotto.

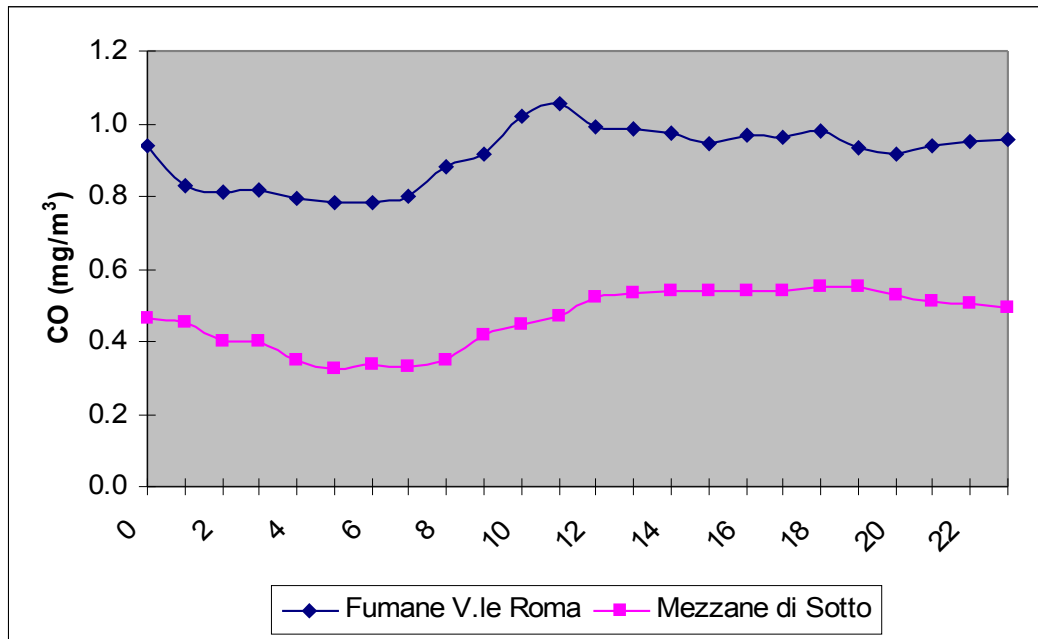
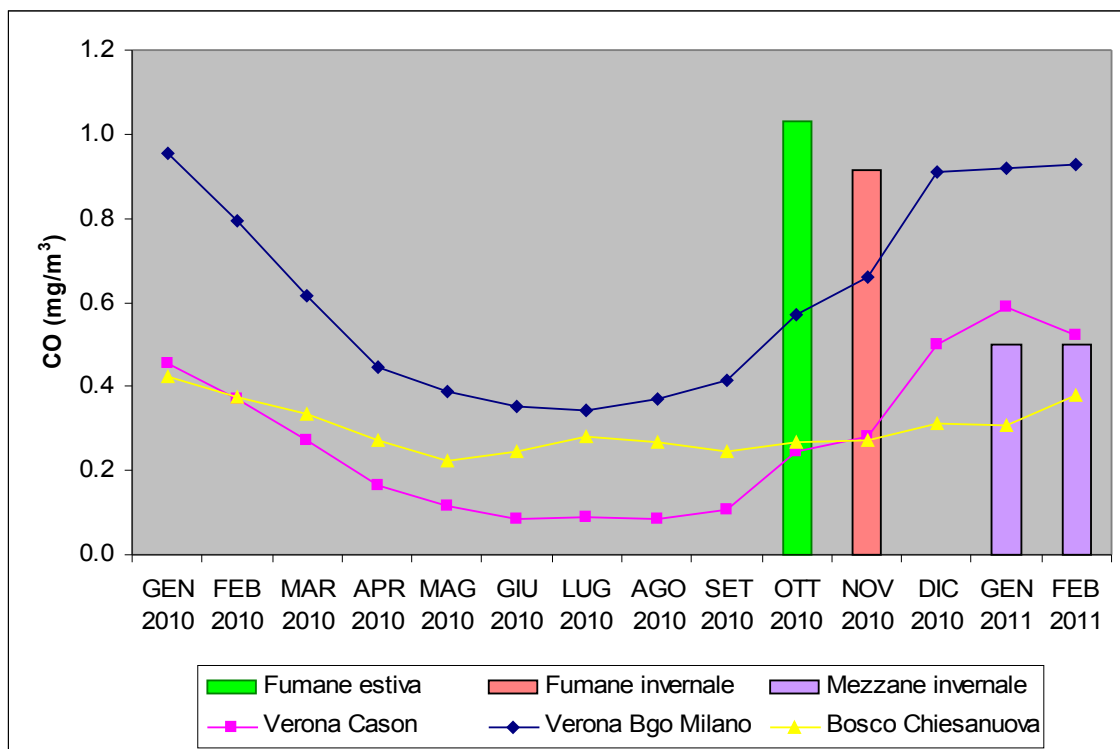


Figura 41: valori medi dei singoli periodi delle due campagne di misura a Fumane in viale Roma (con l'indicazione della dispersione delle misure) e andamento annuo delle medie mensili di CO nelle centraline fisse di riferimento.



In tutte le analisi eseguite i valori di monossido di carbonio registrati a Fumane in viale Roma risultano, riferendosi alla stessa stagione di misura, nettamente più elevati rispetto a quelli rilevati a Mezzane di Sotto. La presenza presso il sito di Fumane di valori più elevati rispetto la tendenza generale viene confermata anche dal raffronto tra i valori medi calcolati sui due periodi di misure e l'andamento delle concentrazioni medie mensili relative alle stazioni fisse prese come riferimento per l'anno 2010. Durante le diverse campagne non sono stati comunque rilevati superamenti dei valori limite definiti dalla legge (10 mg/m³).



7.3 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 favorisce la formazione di smog fotochimico e l'aumento delle concentrazioni troposferiche di ozono; nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. 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.

7.3.1 O₃ - Fumane

Sono stati calcolati per i diversi periodi di monitoraggio effettuati a Fumane i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni orarie di ozono (Tabella 35, Tabella 36, Tabella 37) e sono stati costruiti gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 42, Figura 43, Figura 44). Le stazioni fisse scelte come riferimento sono state quella di Verona-Cason e Bosco Chiesanuova, la centralina fissa di Fumane in quanto essa non dispone dello strumento per la misurazione dell'ozono.

Tabella 35: Primo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di O₃ ottenute con le misure della stazione mobile in viale Roma a Fumane e con quelle delle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 22 luglio al 8 agosto 2010.

22 luglio 2010 8 agosto 2010	Fumane Via Roma	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. O ₃ (µg/m ³) Media	87	69	109
Conc. O ₃ (µg/m ³) Minima	< 4	4	52
Conc. O ₃ (µg/m ³) Massima	166	192	183

Tabella 36: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di O₃ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 29 settembre al 10 ottobre 2010.

29 settembre 2010 10 ottobre 2010	Fumane Via Roma	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. O ₃ (µg/m ³) Media	41	27	66
Conc. O ₃ (µg/m ³) Minima	< 4	4	26
Conc. O ₃ (µg/m ³) Massima	99	85	97

Tabella 37: Campagna di misura invernale. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di O₃ relative alla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed alle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 9 novembre al 17 dicembre 2010.

9 novembre 2010 17 dicembre 2010	Fumane Via Roma	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. O ₃ (µg/m ³) Media	23	12	43
Conc. O ₃ (µg/m ³) Minima	< 4	4	< 4
Conc. O ₃ (µg/m ³) Massima	75	57	67

Figura 42: Primo periodo della campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di O₃ in viale Roma a Fumane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason e Bosco Chiesanuova.

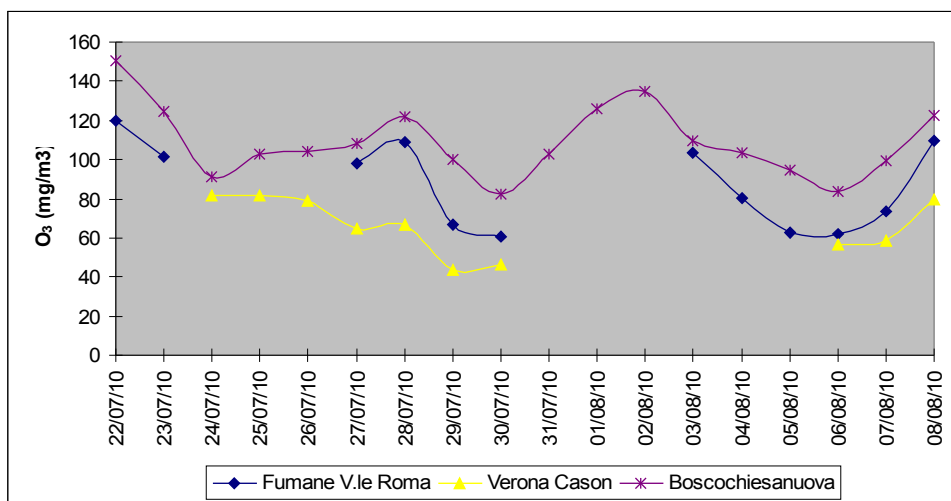


Figura 43: Secondo periodo della campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di O₃ in viale Roma a Fumane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason e Bosco Chiesanuova.

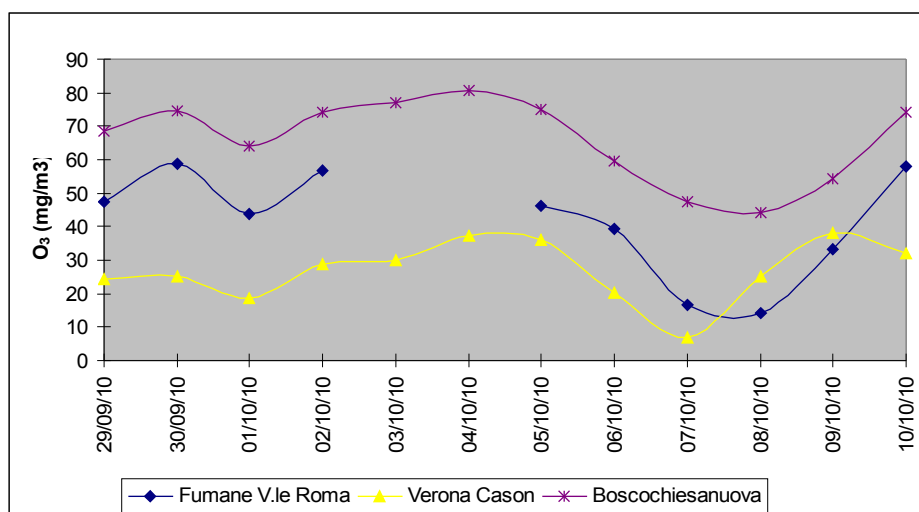
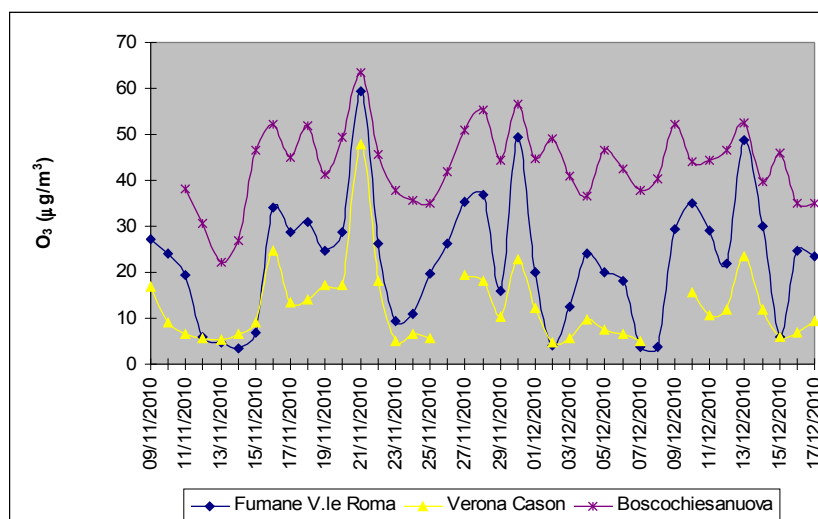


Figura 44: Campagna di misura invernale. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di O₃ in viale Roma a Fumane e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason e Bosco Chiesanuova.



Da entrambe le campagne di misura dell'ozono emerge che le concentrazioni medie giornaliere misurate in viale Roma a Fumane risultano sostanzialmente in linea con quelle delle altre centraline fisse di riferimento, presentando infatti valori che si posizionano in modo intermedio tra quelli di Boscochiesanuova e di Verona Cason. Anche le concentrazioni medie orarie risultano confrontabili con quelle delle altre stazioni.

7.3.2 Mezzane di Sotto

I dati di concentrazione di ozono ottenuti dalla campagna estiva ed invernale dalla stazione mobile a Mezzane di Sotto sono state elaborati per ottenere le concentrazioni orarie medie, massime e minime (Tabella 38 e Tabella 39); sono stati delineati gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 45 e Figura 46). Tali elaborazioni sono state quindi confrontate, per gli stessi periodi di misura, con quelle delle centraline fisse di riferimento.

Tabella 38: Campagna di misura estiva. Concentrazioni orarie medie, minime e massime di O₃ ottenute con i dati della stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto e con quelli delle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 10 giugno al 8 luglio 2010.

10 giugno 2010 8 luglio 2010	Mezzane di Sotto	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. O ₃ (µg/m ³) Media	79	83	124
Conc. O ₃ (µg/m ³) Minima	24	< 4	53
Conc. O ₃ (µg/m ³) Massima	153	210	215

Tabella 39: Campagna di misura invernale. Confronto delle concentrazioni orarie medie, minime e massime di O₃ ottenute con le misure della stazione mobile in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto e con quelle delle centraline fisse di riferimento nel periodo dal 18 dicembre 2010 al 17 febbraio 2011.

18 dicembre 2010 17 febbraio 2011	Mezzane di Sotto	Verona Loc. Cason	Bosco Chiesanuova
Conc. O ₃ (µg/m ³) Media	22	11	46
Conc. O ₃ (µg/m ³) Minima	< 4	< 4	< 4
Conc. O ₃ (µg/m ³) Massima	87	62	93

Figura 45: Campagna di misura estiva. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di O₃ in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason e Bosco Chiesanuova.

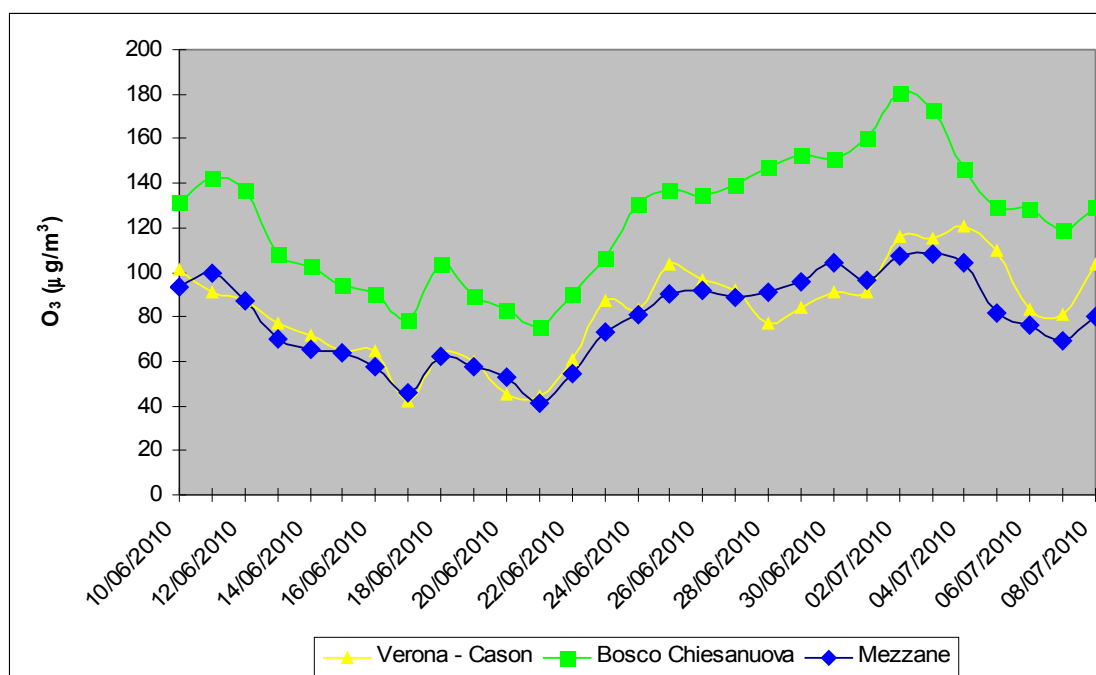
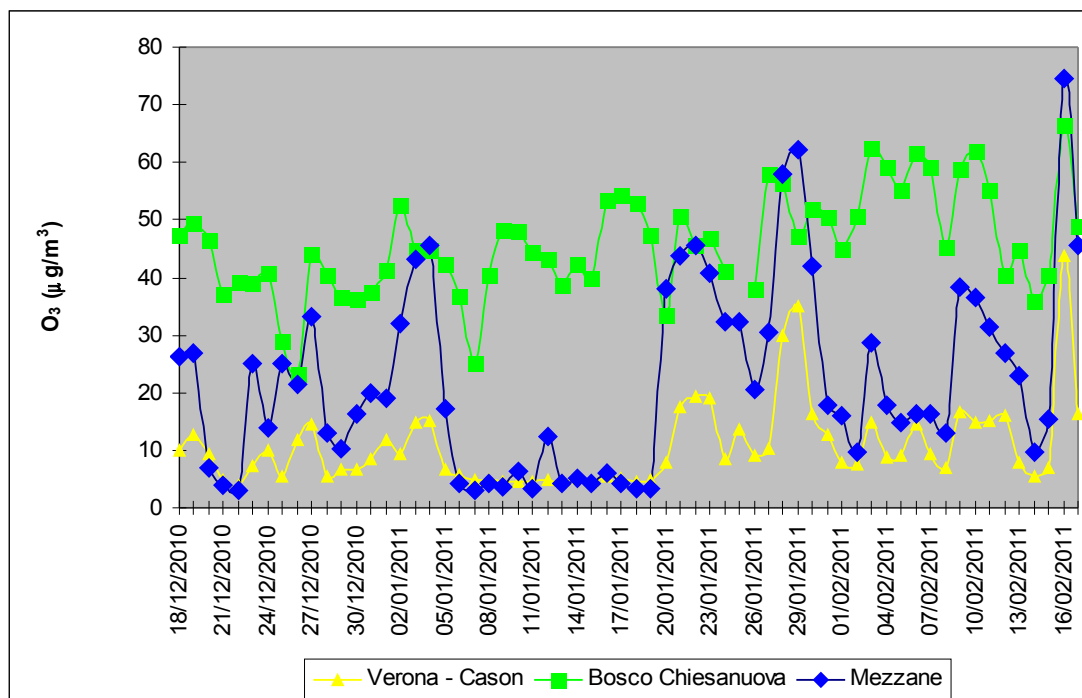


Figura 46: Campagna di misura invernale. Andamento delle medie giornaliere delle concentrazioni di O₃ in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona Località Cason e Bosco Chiesanuova.



Durante la campagna estiva le concentrazioni di ozono misurate a Mezzane di Sotto sono risultate particolarmente simili a quelle della stazione fissa di Verona-Cason. Ciò appare evidente osservando le concentrazioni orarie medie e l'andamento delle medie giornaliere durante l'intero periodo di monitoraggio. Durante la campagna di monitoraggio estiva a Mezzane non sono stati misurati superamenti del valore limite orario previsto dalla legge (180 µg/m³), contrariamente a quanto si è verificato nelle centraline fisse di riferimento: 20 superamenti a Cason e 35 a Boscochiesanuova.

I valori rilevati durante la campagna invernale sono stati genericamente più bassi di quelli estivi, con le concentrazioni medie giornaliere di Mezzane di Sotto che si sono avvicinate per i valori più bassi a quelle misurate a Verona-Cason e per i valori più elevati a quelle di Boscochiesanuova. Tale alternanza si rispecchia nelle concentrazioni orarie, con i valori di Mezzane di Sotto che si pongono in modo intermedio tra quelli delle due centraline fisse di riferimento.

7.3.3 Confronto Fumane – Mezzane di Sotto O₃

In Tabella 40 viene eseguito un confronto diretto tra le concentrazioni orarie medie, minime e massime registrate a Fumane in viale Roma ed a Mezzane di Sotto in via 4 Novembre durante le campagne di misura dell'ozono estive ed invernali. Successivamente è stato eseguito un raffronto tra i "giorni tipo" risultanti dalle diverse campagne di misura stagionali (Figura 47 e Figura 48) ed infine sono stati confrontati i valori medi dei singoli periodi delle campagne di misura con l'andamento delle medie mensili delle stazioni fisse di riferimento (Figura 49): quella di fondo suburbano di Verona Cason e quella di fondo rurale remoto di Boscochiesanuova.

Tabella 40: Confronto campagne di misura. Confronto tra i risultati ottenuti per l'ozono con la stazione mobile in viale Roma a Fumane ed a Mezzane di Sotto durante le campagne di misura estive ed invernali.

O ₃	Campagne estive			Campagne invernali	
	Fumane 22/07/10 08/08/10	Fumane 29/09/10 10/10/10	Mezzane 10/06/10 08/07/10	Fumane 09/11/10 17/12/10	Mezzane 18/12/10 17/02/11
Conc. O ₃ (µg/m ³) Media	87	41	79	23	22
Conc. O ₃ (µg/m ³) Minima	< 4	< 4	24	< 4	< 4
Conc. O ₃ (µg/m ³) Massima	166	99	153	75	87

Figura 47: "Giorni tipo estivi" relativi alle concentrazioni medie orarie di O₃ misurate dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed a Mezzane di Sotto.

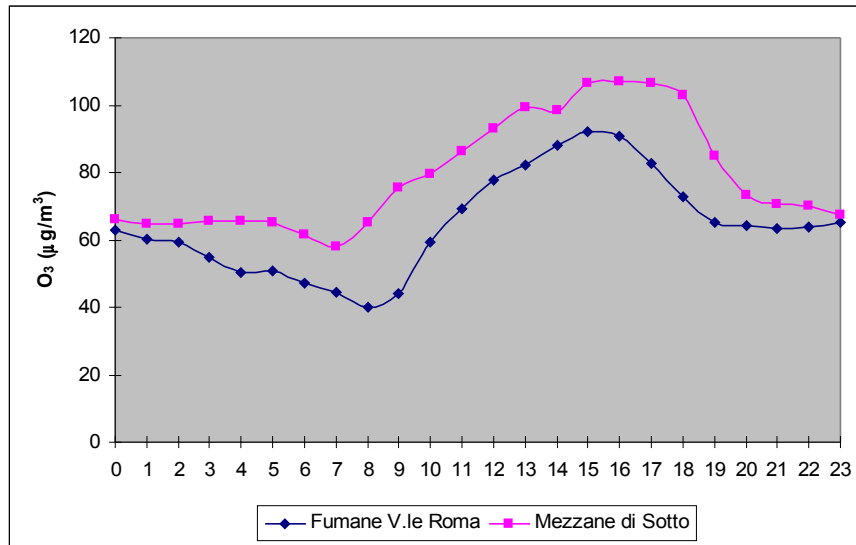


Figura 48: "Giorni tipo invernali" relativi alle concentrazioni medie orarie di O₃ misurate dalla stazione mobile in viale Roma a Fumane ed a Mezzane di Sotto.

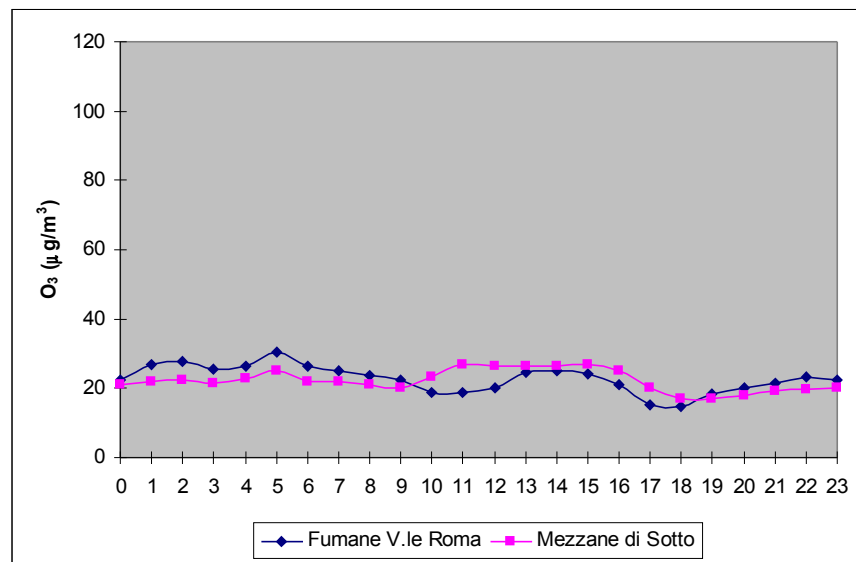
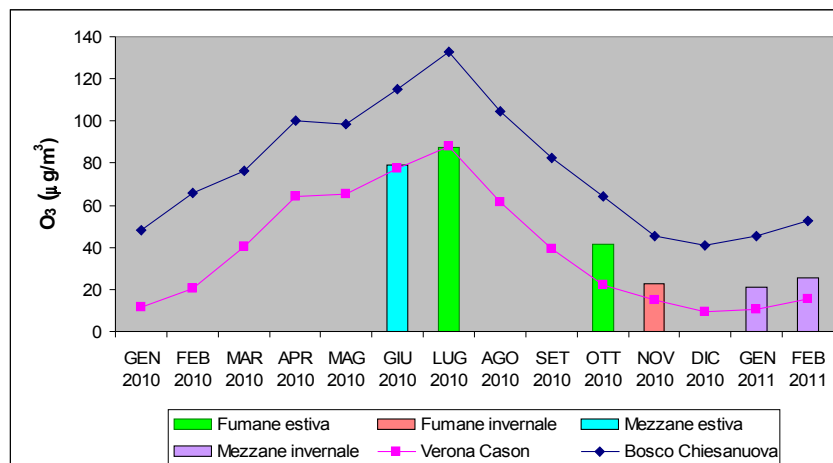


Figura 49: valori medi dei singoli periodi delle due campagne di misura a Fumane in viale Roma e andamento annuo delle medie mensili di O₃ nelle centraline fisse di riferimento.



Il confronto tra i “giorni tipo” estivi ed invernali conferma quanto evidenziato dalle concentrazioni medie orarie nelle singole campagne di misura, l’andamento delle concentrazioni orarie è lo stesso a Fumane e a Mezzane, i valori medi rilevati a Mezzane sono però superiori a quelli rilevati a Fumane.

In presenza di emissioni di ossidi di azoto, l’NO può ricombinarsi rapidamente con l’ozono e ridurre i livelli di questo inquinante. Un calo delle emissioni di NOx può quindi portare ad un aumento delle concentrazioni di O₃, effetto che si nota comunemente nei centri urbani durante i fine settimana estivi quando la riduzione del traffico veicolare comporta una riduzione delle emissioni di NOx ed un conseguente aumento dei livelli di ozono rispetto ai giorni feriali. A Fumane, vi è la presenza di una fonte significativa di ossidi di azoto, assente invece a Mezzane: questo può spiegare la differenza di concentrazioni di ozono rilevate nel periodo estivo fra i due siti, molto simili invece da altri punti di vista (distanza dalla città, presenza di vegetazione etc..)

Durante entrambe le campagne di misura sia Fumane che a Mezzane di Sotto non sono stati rilevati superamenti del limite orario definito dalla legge (180 µg/m³).

7.4 Benzene (C₆H₆)

Il benzene (formula chimica C₆H₆) 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 maggiore fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina, i quali emettono benzene dal tubo di scappamento, dal serbatoio e dal carburatore. In questi ultimi due casi si tratta di perdite dovute all’evaporazione, legate cioè alla volatilità del combustibile ed ai fenomeni fisici che la favoriscono. In “Tabella 41” vengono riportate le concentrazioni medie di benzene, etilbenzene, toluene e xilene rilevate tramite campionamento passivo durante le campagne di misura estive ed invernali svoltesi a Fumane ed a Mezzane di Sotto.

Tabella 41: concentrazioni medie di benzene, etilbenzene, toluene e xilene durante le campagne di misura estive ed invernali di Fumane e di Mezzane di Sotto.

CAMPAGNE ESTIVE					
Posizione	Inizio campionamento	Benzene (µg/m ³)	Etilbenzene (µg/m ³)	Toluene (µg/m ³)	Xilene (o+m+p) (µg/m ³)
Fumane Viale Roma	20/07/10	< 0.5	< 0.5	1,3	0,9
Fumane Viale Roma	28/09/10	0.5	< 0.5	2.9	1,3
Fumane Viale Roma	Media periodo	0.38	<0.5	2,1	1,1
Mezzane di Sotto	09/06/10	< 0.5	< 0.5	0,9	0,5
Mezzane di Sotto	28/06/10	< 0.5	< 0.5	1,1	0,6
Mezzane di Sotto	Media periodo	< 0.5	< 0.5	1,0	0,55
CAMPAGNE INVERNALI					
Posizione	Inizio campionamento	Benzene (µg/m ³)	Etilbenzene (µg/m ³)	Toluene (µg/m ³)	Xilene (o+m+p) (µg/m ³)
Fumane Viale Roma	09/11/10	< 0.5	< 0.5	1,2	0,8
Mezzane di Sotto	17/12/10	1,7	< 0.5	3,7	1,4
Mezzane di Sotto	10/01/11	6,3	1,1	8,9	3,5
Mezzane di Sotto	Media periodo	4	0.7	6,3	2,45

8 Conclusioni

Lo scopo delle quattro campagne di misura è stato quello di confrontare la qualità dell'aria in due comuni della provincia di Verona, simili per posizione geografica e popolazione, che si differenziano per la presenza in un caso di una fonte di pressione rilevante (Cementificio G. Rossi a Fumane). Il comune di Mezzane di Sotto, che presenta caratteristiche geografiche e socio-economiche simili al comune di Fumane, è privo d'importanti fonti d'inquinamento industriale.

È stata analizzata la situazione in due siti del centro abitato di Fumane, situati a Sud rispetto al cementificio: il primo, in via P. Brugnoli, si trova al centro della valle, il secondo sulla destra orografica della valle, presso la sede municipale. Il sito di misura a Mezzane, era situato in centro paese presso il municipio.

In entrambe le località i valori medi delle concentrazioni di polveri sottili rilevate sono risultati inferiori al valore limite annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Presso il sito di via Roma a Fumane sono stati rilevati 2 superamenti del valore limite giornaliero pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre in via 4 Novembre a Mezzane di Sotto i superamenti sono stati 10. La stazione fissa di rilevamento della qualità dell'aria di via P. Brugnoli a Fumane ha misurato, nel corso dell'anno 2010, 54 superamenti del limite giornaliero, di cui 4 nel periodo di monitoraggio a Fumane via Roma e 5 nel periodo di monitoraggio di Mezzane di Sotto.

La componente più fine del particolato ($\text{PM}_{2.5}$) costituisce circa il 65-76% del PM_{10} in ambedue i comuni e rimane entro tale range durante tutto il 2010. La media delle concentrazioni misurate sia in periodo estivo che in periodo invernale a Fumane è inferiore al valore obiettivo ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) invece a Mezzane di Sotto il valore obiettivo è stato superato durante la campagna invernale facendo registrare una media di $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori più elevati di concentrazione di NO_2 sono stati misurati, durante il periodo estivo, presso la centralina fissa di Fumane, sia per quel che riguarda le medie orarie che quelle giornaliere, mentre i valori misurati dalla stazione mobile in viale Roma sono risultati confrontabili con quelli rilevati presso le altre centraline fisse di riferimento di Verona. Osservando i valori di Mezzane di Sotto si vede come durante la campagna estiva le concentrazioni di NO_2 siano molto basse, confrontabili con quelle di Boscochiesanuova, mentre durante la campagna invernale esse si allineano a quelle rilevate dalla stazione fissa di Fumane.

Le concentrazioni di NO_2 rilevate dalle stazioni mobili a Fumane in viale Roma ed a Mezzane di Sotto nel periodo invernale sono decisamente superiori a quelle rilevate in periodo estivo.

Nel confronto tra i giorni tipo risulta evidente la peculiarità dell'andamento delle concentrazioni di NO_2 rilevate dalla centralina fissa in via Brugnoli a Fumane durante il periodo estivo: queste vengono infatti influenzate dall'inversione della brezza che si sviluppa lungo la valle dei Progni. Il vento che durante la notte, il mattino e la sera soffia da nord portando con sé gli inquinanti emessi dal cementificio, nelle ore più calde del pomeriggio inverte la propria direzione arrivando da sud con un minor carico inquinante.

Nel periodo invernale, come si può vedere in Figura 30, il vento ha avuto un'intensità pari ad una leggera brezza (velocità attorno a $1 \text{m}/\text{s}$), il che lo rende particolarmente instabile e poco efficace nel trasporto e nella dispersione degli inquinanti. Nei grafici invernali si vede infatti come l'andamento del giorno tipo relativo a via Brugnoli presenti una variabilità molto bassa e sia confrontabile con quelli di viale Roma e di Mezzane di Sotto. Le medie relative ai singoli periodi di misura risultano sostanzialmente in linea con gli andamenti annuali delle centraline fisse di riferimento.

Osservando i risultati del campionamento passivo delle concentrazioni di NO_2 eseguito a Fumane si vede come i valori ottenuti durante la campagna di ottobre 2010 siano generalmente meno elevati rispetto a quelli di marzo 2011, specialmente se ci si concentra sulla zona occidentale del paese, dove si sono avuti gli incrementi più evidenti. Tale variazione potrebbe essere dovuta alla presenza di punti di pressione vicini ai campionatori non attivi nella campagna precedente, come per esempio i sistemi di riscaldamento ancora accesi, viste le temperature rigide della prima metà di marzo, con una temperatura media di $7,5^\circ\text{C}$ e minime che hanno sfiorato anche i -4°C . Le temperature miti del mese di ottobre, temperature media di 10°C con minime mai al di sotto dei 3°C e massime anche prossime ai 20°C , possono aver contribuito ad un minor uso del riscaldamento ed una conseguente ridotta emissione di ossidi di azoto nel centro abitato.

Analizzando invece la ventilazione lungo la valle nei due periodi, si osserva che, durante i giorni di ottobre, il vento è stato più intenso con velocità prevalentemente attorno ai $2 \text{m}/\text{s}$, mentre a marzo si è avuto una brezza debole con una velocità media di $1 \text{m}/\text{s}$. In entrambi i periodi la direzione del vento durante la giornata ha seguito l'andamento visto nei "giorni tipo" delle campagne estive ed invernali (N → S → N).

Le misure effettuate nei due siti fanno emergere una distribuzione complessa degli inquinanti aereodispersi sul territorio del comune di Fumane. Le concentrazioni rilevate nella zona posta al centro della valle sembrano essere maggiormente influenzate dalla presenza del cementificio, particolarmente nel periodo primaverile - estivo in presenza di un regime di brezza monte-valle. Nel periodo invernale la distribuzione degli inquinanti sul territorio comunale è più uniforme.

Le concentrazioni di SO₂ rilevate in viale Roma a Fumane sono risultate le più elevate rispetto alle altre stazioni fisse di riferimento. I valori rilevati sia a Fumane che a Mezzane di Sotto sono comunque notevolmente inferiori al valore limite previsto dalla legge e presentano di norma concentrazioni che solo nei valori massimi superano il limite di rilevabilità dello strumento (5 µg/m³).

Le considerazioni fatte per il biossido di zolfo si possono estendere anche al CO, dato che anche per questo inquinante le concentrazioni registrate in viale Roma a Fumane risultano in ogni analisi le più elevate fra le stazioni analizzate, pur rimanendo inferiori al valore limite. I valori medi e minimi rilevati risultano comunque nella maggior parte dei casi al di sopra del limite di rilevabilità strumentale (0,1 mg/m³). Le concentrazioni di O₃ registrate in entrambe i comuni appaiono del tutto in linea con quelle delle altre stazioni fisse prese come riferimento. Esse infatti si pongono in modo quasi sistematico in una posizione intermedia tra i valori registrati in località Cason a Verona e quelli registrati a Boscochiesanuova. Anche nel confronto tra Fumane e Mezzane di Sotto i valori delle medie orarie e gli andamenti dei "giorni tipo" risultano tra loro molto simili.

In Tabella 42 sono confrontati i valori medi delle concentrazioni dei principali inquinanti rilevati nelle campagne di misura condotte a Fumane in viale Roma, a Mezzane di Sotto nel corso dell'anno 2010 e rilevati presso la stazione fissa di Fumane via Brugnoli.

In Tabella 43 e in Tabella 44 sono riportati i valori medi di concentrazione degli inquinanti rilevati in periodo estivo e in periodo invernale: i dati relativi alla stazione fissa di Fumane via Brugnoli si riferiscono all'intero periodo invernale (1 gennaio – 30 aprile e 1 ottobre- 31 dicembre) e al periodo estivo (1 maggio – 30 settembre). Il dato di concentrazione media estiva degli inquinanti rilevati presso la stazione fissa risente della chiusura dello stabilimento Cementi Rossi nel periodo agosto – metà settembre.

Tabella 42: concentrazione media annua degli inquinanti ottenuta dalle misure eseguite dalla stazione rilocabile a Fumane e Mezzane.

MEDIE ANNO 2010	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2.5} (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	O₃ (µg/m³)	CO (mg/m³)
Fumane viale Roma	18	16	31	4	39	0.8
Fumane via Brugnoli	30	20	33	4	-	-
Mezzane di Sotto	30	24	29	2	28	0.3

Tabella 43: concentrazione media degli inquinanti nel periodo invernale ottenuta dalle misure eseguite dalla stazione rilocabile a Fumane e Mezzane e dalle misure della stazione fissa di via Brugnoli.

MEDIE ANNO 2010 - inverno	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2.5} (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	O₃ (µg/m³)	CO (mg/m³)
Fumane viale Roma	23	15	37	< 5	23	0.9
Fumane via Brugnoli	38	20	34	4	-	-
Mezzane di Sotto	42	32	38	<5	22	0.5

Tabella 44: concentrazione media degli inquinanti nel periodo estivo ottenuta dalle misure eseguite dalla stazione rilocabile a Fumane e Mezzane e dalle misure della stazione fissa di via Brugnoli.

MEDIE ANNO 2010 - estate	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2.5} (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	O₃ (µg/m³)	CO (mg/m³)
Fumane viale Roma	14	10	16	<5	87	1
Fumane via Brugnoli	23	20	32	4	-	-
Mezzane di Sotto	19	14	9	<5	79	<0.1

9 Normativa di riferimento e indicatori di sintesi

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria ha registrato un'importante evoluzione nel corso del 2010. Infatti il 1 ottobre 2010 è entrato in vigore il D.Lgs.155/2010 che costituisce una sorta di testo unico sulla qualità dell'aria, che ha abrogato le norme precedentemente in vigore (cfr. paragrafo 9). Tale decreto regola i livelli in aria ambiente di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), particolato (PM₁₀), piombo (Pb) benzene (C₆H₆), le concentrazioni di ozono (O₃) e i livelli nel particolato di cadmio (Cd), nichel (Ni), mercurio (Hg), arsenico (As) e benzo(a)pirene. Infine il D.Lgs.155/2010, a recepimento della direttiva 2008/50/CE, fissa per la prima volta in Italia le concentrazioni limite e obiettivo per il particolato PM_{2.5}.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le soglie di informazione ed allarme, i valori limite, i valori critici e i valori obiettivo per gli inquinanti misurati.

Tabella 45: Soglie di informazione e di allarme.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Soglia di allarme	500 µg/m ³
NO ₂	Soglia di allarme	400 µg/m ³
O ₃	Soglia di informazione - Media 1 h	180 µg/m ³
O ₃	Soglia di allarme - Media 1 h	240 µg/m ³

Tabella 46: Valori limite.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
SO ₂	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³
NO ₂	Da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
NO ₂	Anno civile	40 µg/m ³
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore.	10 mg/m ³
PM ₁₀	Valore limite annuale - Anno civile	40 µg/m ³
PM ₁₀	Da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³

Tabella 47: Livelli critici.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Livello critico invernale (01/10 – 31/03)	20 µg/m ³
SO ₂	Livello critico annuale	20 µg/m ³
NO ₂	Livello critico annuale	30 µg/m ³

Tabella 48: Valori obiettivo

Inquinante	Tipologia	Valore
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della salute umana. Media massima giornaliera calcolata su 8 ore. Da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.	120 µg/m ³
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione. AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio. Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni).	18000 µg/m ³ h
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile.	120 µg/m ³
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione. AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio.	6000 µg/m ³ h