

**Laboratorio Mobile**  
**Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**  
**Comune di Busnago**  
**Via del Campo**

**14/01/2009 – 05/02/2009**



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

## **Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**

**Comune di Busnago**

**Via del Campo**

MONZA, 14.05.2009

### **Gestione e Manutenzione Tecnica del Laboratorio Mobile**

p.i. Davide Paladini

p.i. Valter Meda

### **Relatore**

p..i. Davide Paladini

### **Il Responsabile dell'U. O. Sistemi Ambientali**

dott. geol. Madela Torretta

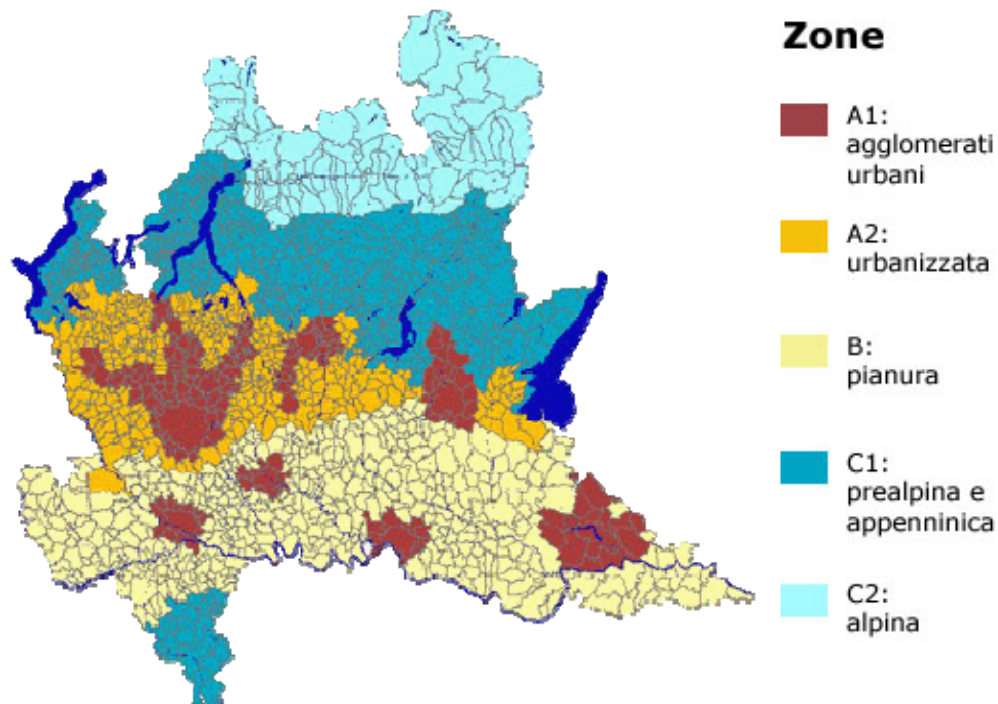
## Premessa

La misura della qualità dell'aria è utile per garantire la tutela della salute della popolazione e la protezione degli ecosistemi.

La legislazione italiana, costruita sulla base della cosiddetta direttiva europea madre (Direttiva 96/62/CE recepita dal D.Lgs. 351/99), definisce che le Regioni sono l'autorità competente in questo campo, e prevede la suddivisione del territorio in zone e agglomerati sui quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite.

La Regione Lombardia con la d.G.R 2 agosto 2007, n.5290 ha modificato la precedente zonizzazione distinguendo il territorio in:

- ZONA A: agglomerati urbani (A1) e zona urbanizzata (A2)
- ZONA B: zona di pianura
- ZONA C: area prealpina e appenninica (C1) e zona alpina (C2)



Nelle zone e negli agglomerati la valutazione della qualità dell'aria deve essere condotta in modo integrato, mediante le stazioni fisse ma anche i mezzi mobili, le campagne con campionatori passivi, i modelli matematici di dispersione le stime obiettive, quali quelle fornite dall'inventario comunale delle emissioni INEMAR

## Introduzione

Il Laboratorio Mobile è stato posizionato in via del Campo, in corrispondenza del piccolo parcheggio antistante il palazzetto dello sport comunale. Il sito di misura rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento (Allegato VIII del D.M. 60/02).

La strumentazione montata sul furgone permette il rilevamento dei seguenti inquinanti:

- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- Monossido di carbonio (CO);
- Ozono (O<sub>3</sub>);
- Particolato fine (PM10);

Tale strumentazione è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria permettendo così un confronto diretto delle misure rilevate nel sito di misura con i dati raccolti dalle centraline della rete fissa di monitoraggio.

L'apparecchiatura in dotazione risponde alle caratteristiche previste dalla normativa vigente (D.P.C.M. 28/3/83, D.P.R. 24/5/88, D.M. 60/02).

Anche per le altezze delle sonde di prelievo sono fornite indicazioni nazionali e regionali:

- il monossido di carbonio viene prelevato a 1.6 m dal suolo (altezza uomo) e a non più di 5 metri dal ciglio della strada;
- la sonda per il prelievo di NO<sub>x</sub> e O<sub>3</sub> è posta tra 1.5 e 4 m di quota;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 m dal suolo.

L'Amministrazione comunale poi ha aderito al "Progetto IPA", promosso dal Dipartimento ARPA di Monza e Brianza, in seguito all'emanazione del D.L. 152/07 (pubblicato sulla G.U. n. 194/L del 13/09/2007) concernente i criteri di valutazione di metalli e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici). Tale ulteriore indagine ha permesso di ottenere sia una base importante di dati su questa classe di microinquinanti risultati, se presenti in concentrazioni elevate, ad alto rischio sanitario e classificati dalla IARC come cancerogeni per l'uomo, sia di indagare quale sorgente incida maggiormente sulla qualità dell'aria nel sito di prelievo, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

Nei periodi oggetto d'indagine, in ottemperanza alla D.G.R. n. 7635 del 11 luglio 2008<sup>1</sup> è stato stabilito per la Zona A1 del territorio regionale:

- il fermo del traffico nelle giornate da lunedì a venerdì, escluse le giornate festive infrasettimanali, dalle ore 7.30 alle ore 19.30, dei veicoli "Euro 0" a benzina o diesel e "Euro 1" diesel;
- il divieto di utilizzo di biomassa legnosa in apparecchi per il riscaldamento domestico degli edifici, nel caso siano presenti altri impianti per riscaldamento alimentati con altri combustibili ammessi, ai sensi dell'articolo 11, comma 1, lettera b), della l.r. 24/2006.

<sup>1</sup> La Giunta Regionale ha approvato, nella seduta del 10 ottobre 2007 la D.G.R. n. 5546, che stabilisce i provvedimenti per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico per il periodo 15/10/2007 - 15/04/2008 e nella seduta del 18.08.2008 la d.G.R. 7635, che stabilisce i provvedimenti per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico per il periodo 15/10/2008 - 15/04/2009.

## Normativa

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi.

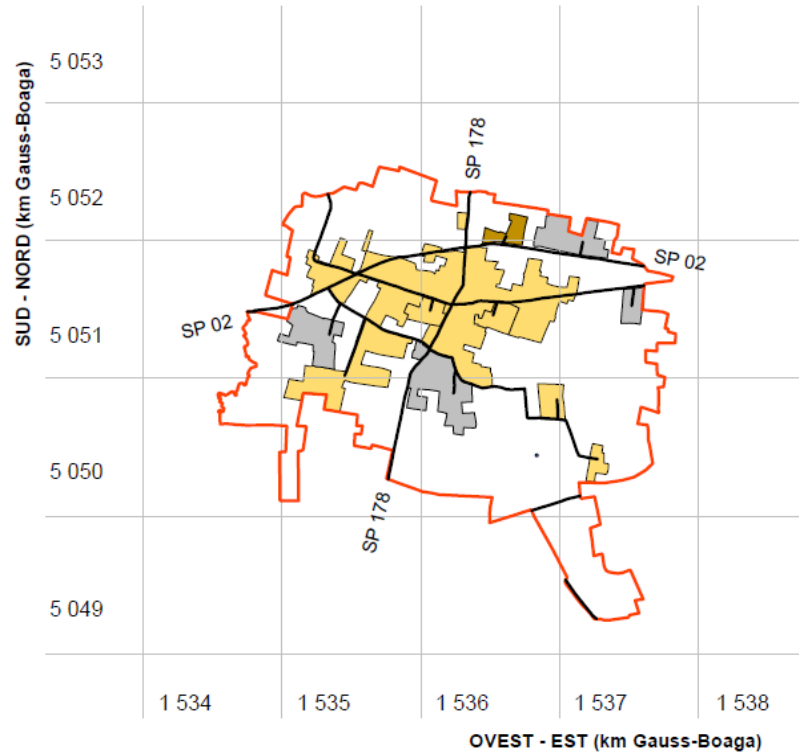
Per quanto riguarda i limiti a lungo termine, viene fatto riferimento agli standard di qualità e ai valori limite di protezione della salute umana, della vegetazione e degli ecosistemi (D.P.C.M. 28/3/83 – D.P.R. 24/5/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 16/5/96 – D.M. 2/4/02) allo scopo di prevenire esposizioni croniche; per gestire episodi d'inquinamento acuto, vengono invece utilizzate le soglie di attenzione e allarme (D.M. 16/5/69 – D.M. 2/4/02 - D.L. 21/5/04).

E' importante sottolineare che il D.M. 60 del 2/4/02 ha introdotto, oltre ad una serie di valori limite, anche le date alle quali tali valori devono essere raggiunti; esso prevede inoltre un percorso nel tempo che porta ad un graduale raggiungimento dei limiti, stabilendo un margine di tolleranza che si riduce negli anni. In tabella, tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2009.

SO <sub>2</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1 h	D.M. 60 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 h	D.M. 60 2/4/02
	Valore limite protezione ecosistemi	20	anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. 60 2/4/02
	Soglia di allarme	500	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 60 2/4/02
NO <sub>2</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile)	200	1 h	D.P.R. 24/5/88
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 (+10)	1 h	D.M. 60 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana	40 (+2)	Anno civile	D.M. 60 2/4/02
	Soglia di allarme	400	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 60 2/4/02
NO <sub>x</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	D.M. 60 2/4/02
CO	Valore Limite (mg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Standard di qualità	40	1 h	D.P.C.M. 28/3/83
	Standard di qualità	10	8 h	D.P.C.M. 28/3/83
	Valore limite protezione salute umana	10	8 h	D.M. 60 2/4/02
	Soglia di attenzione	10	8 h	D.G.R. 28/10/02
O <sub>3</sub>	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Valore bersaglio per la protezione della salute umana	120	8 h	D.L. 21/5/04
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	18000	AOT40 (mag – lug) su 5 anni	D.L. 21/5/04
	Soglia di informazione	180	1 h	D.L. 21/5/04
	Soglia di allarme	240	1 h	D.L. 21/5/04
PM10	Valore Obiettivo (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 h	D.M. 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	D.M. 2/4/02
IPA	Valore Obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Periodo mediazione	Legislazione	
B[a]P	Valore limite protezione salute umana e per l'ambiente	1	Anno civile	D.L. 152 03/08/07
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il valore obiettivo è riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media sull'anno civile.</li> <li>- La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.</li> <li>- Il valore obiettivo di intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da qualsiasi cifra decimale diversa da zero</li> </ul>			

**Sito di misura**

**Mappa dei principali assi viari cittadini**



- area residenziale
- area mista (*residenziale e produttiva*)
- area produttiva
- parchi e giardini
- aree idriche naturali e artificiali

<b>Periodo di misura</b>	14 gennaio – 6 febbraio 2009
<b>Sito di misura:</b>	Via del Campo
<b>Assi stradali statali e provinciali:</b>	S.P. n. 178 (Roncello – Carnate) S.P. n. 2 (Monza – Trezzo)
<b>Assi stradali comunali</b>	Via Manzoni Via Piave Via del Campo Viale Lombardia Via San Rocco

**Il Territorio Comunale di Busnago**

Il Comune di Busnago è posizionato a Nord-Est del territorio provinciale, a circa 30 km da Milano. E' un centro abitato che conta circa 5311 abitanti (al 31.12.2006) distribuiti su una superficie di circa 5.9 Km<sup>2</sup>; confina a nord con Mezzago e Cornate d'Adda, a ovest con Bellusco, a sud con Roncello e ad est con Trezzo sull'Adda.

Le maggiori attività produttive presenti sul territorio comunale riguardano la lavorazione di prodotti del metallo e la fabbricazione di apparecchiature elettromeccaniche.

Su territorio comunale è presente un importante centro commerciale.

## Principali sorgenti emissive nel territorio Comunale di Busnago

Per un apporto all'interpretazione dei dati raccolti sul campo è stata fatta una stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Busnago attraverso l'inventario regionale INEMAR<sup>2</sup> (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, **riferita all'anno 2005**.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Per ciascun macrosettore vengono presi in considerazione diversi inquinanti: sia quelli che fanno riferimento alla salute, sia quelli per i quali è posta particolare attenzione in quanto considerati gas ad effetto serra:

- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)
- Composti organici volatili (COV)
- Precursori dell'Ozono (prec\_Oz)
- Monossido di carbonio (CO)
- Polveri totali sospese (PTS)
- polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM10) e inferiore a 2.5 µm (PM2.5)

I dati INEMAR sono stati elaborati al fine di definire i contributi delle singole sorgenti all'inquinamento atmosferico all'interno del Comune di Busnago.

In **allegato 1** ed in figura 1 vengono forniti i contributi delle singole sorgenti; in **allegato 2** vengono invece evidenziati i contributi all'inquinamento atmosferico dei singoli combustibili per macrosettore.

Dall'analisi emerge che le principali fonti di inquinamento nel comune di Busnago sono dovute al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento.

Si può infatti osservare come il traffico veicolare contribuisca per il 70.1% alla formazione degli ossidi di azoto e per il 70.5% a quella del monossido di carbonio; per quanto riguarda il PM10 e al PM2.5 tale sorgente contribuisce rispettivamente per il 43.8% e il 44.7%

La combustione non industriale incide sulla qualità dell'aria, contribuendo per il 61.1% all'emissione di biossido di zolfo, per il 15.9% all'emissione in atmosfera di ossidi di azoto, per il 26.1% al monossido di carbonio, per il 21.1% al formazione di PM10 e per il 25.3% alla formazione di PM2.5.

Per quanto riguarda le emissioni di particolato atmosferico (PM10 e PM2.5) dal grafico dei singoli combustibili per macrosettore l'emissione dovuta al trasporto su strada derivi principalmente dal diesel, invece relativamente alla emissioni non industriali il contributo più significativo può essere ricondotto alla combustione della legna.

<sup>2</sup> Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web: <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>.

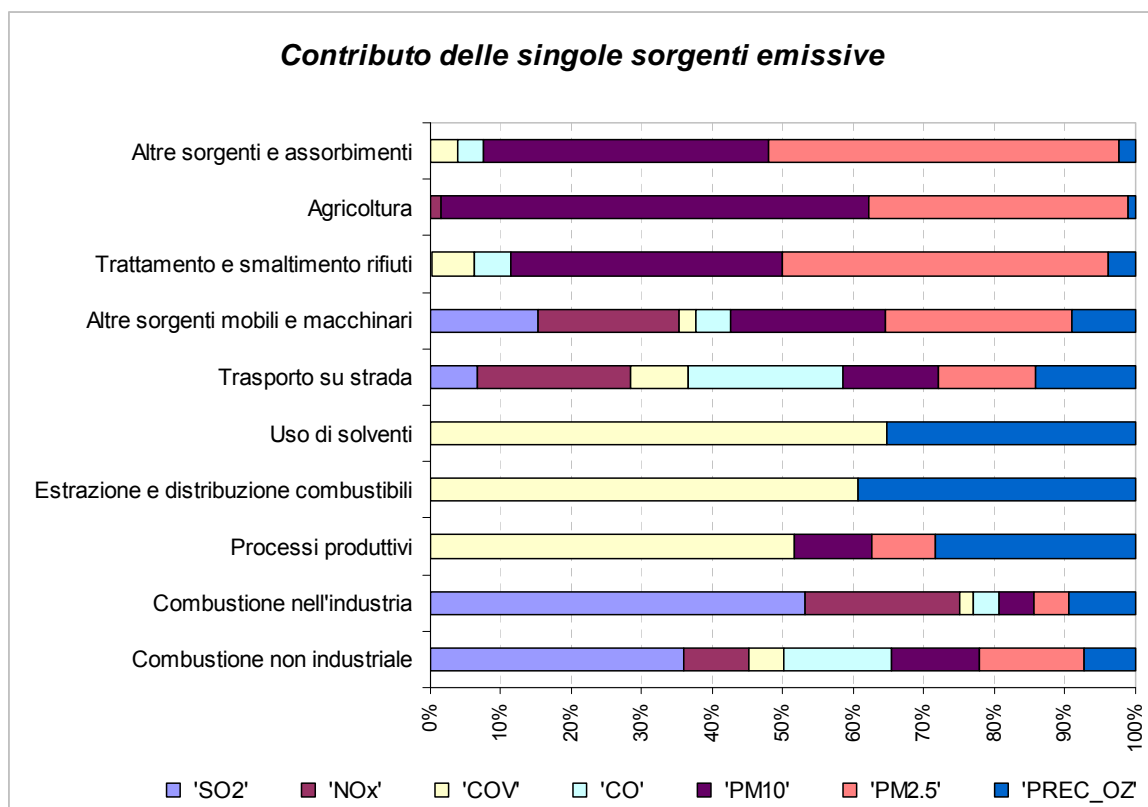
**Allegato 1**

**COMUNE DI BUSNAGO**

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O <sub>3</sub> t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Combustione non industriale</b>	<b>0.72</b>	<b>9.91</b>	<b>9.16</b>	<b>34.91</b>	<b>1.63</b>	<b>1.58</b>	<b>25.12</b>
Combustione nell'industria	0.12	2.65	0.42	0.95	0.07	0.06	3.76
Processi produttivi	0.00	0.00	2.08	0.00	0.03	0.02	2.08
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	4.01	0.00	0.00	0.00	4.75
Uso di solventi	0.00	0.00	64.20	0.00	0.00	0.00	64.20
<b>Trasporto su strada</b>	<b>0.25</b>	<b>43.76</b>	<b>29.82</b>	<b>94.16</b>	<b>3.37</b>	<b>2.78</b>	<b>93.59</b>
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.08	5.82	1.16	3.15	0.78	0.77	8.60
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03
Agricoltura	0.00	0.32	0.03	0.00	1.53	0.75	0.77
Altre sorgenti e assorbimenti	0.00	0.00	0.37	0.41	0.26	0.26	0.42
<b>TOTALE</b>	<b>1.18</b>	<b>62.45</b>	<b>111.28</b>	<b>133.60</b>	<b>7.69</b>	<b>6.23</b>	<b>203.30</b>

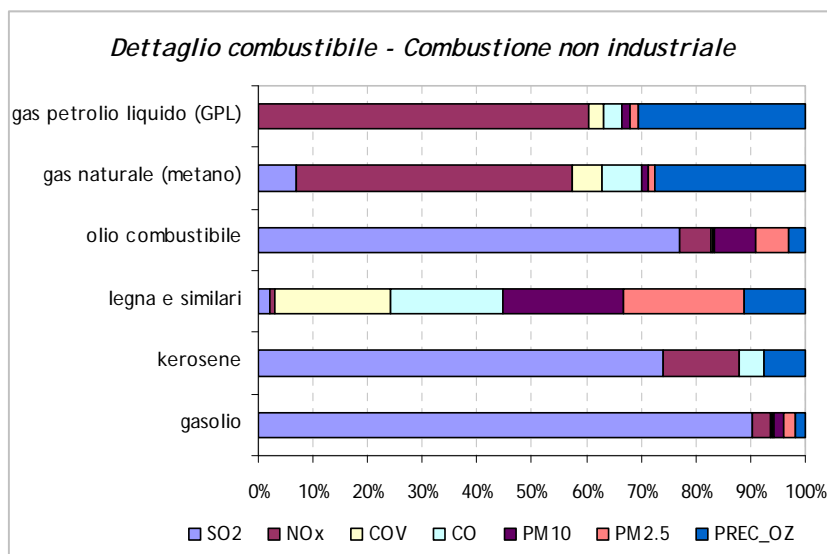
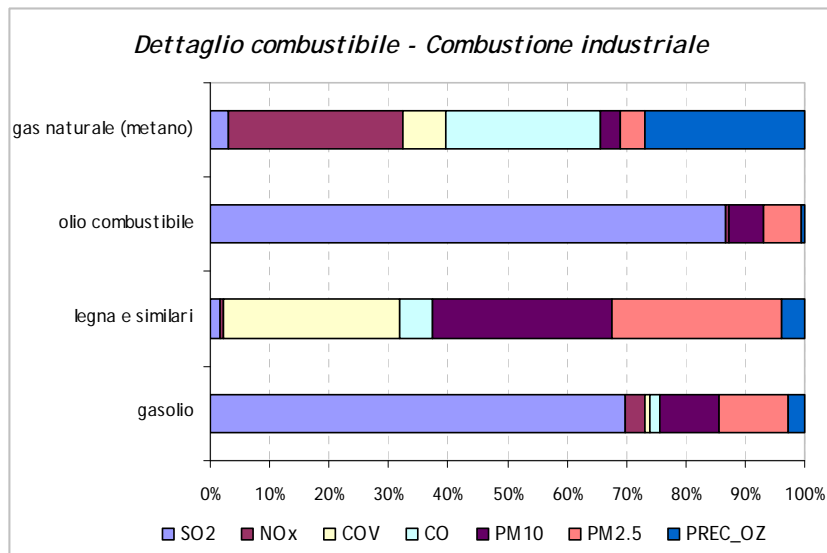
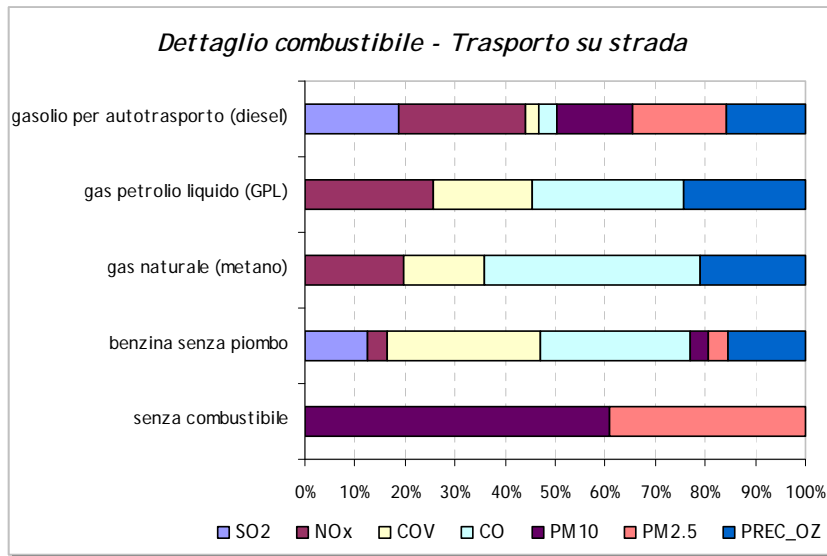
**PROVINCIA DI MILANO**

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O <sub>3</sub> t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	1653.12	3086.41	194.17	481.75	40.75	28.78	4014.98
<b>Combustione non industriale</b>	<b>1590.18</b>	<b>6617.62</b>	<b>3221.25</b>	<b>13163.84</b>	<b>617.77</b>	<b>595.84</b>	<b>12756.57</b>
Combustione nell'industria	1546.21	3546.35	921.50	1109.98	173.85	120.02	5378.86
Processi produttivi	0.04	61.39	1898.59	254.25	86.16	33.69	2001.46
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	3320.74	0.00	0.00	0.00	3820.75
Uso di solventi	0.23	0.70	49690.06	0.00	31.99	11.70	49690.91
<b>Trasporto su strada</b>	<b>190.59</b>	<b>30417.57</b>	<b>24049.19</b>	<b>76451.35</b>	<b>2408.88</b>	<b>2023.66</b>	<b>69582.91</b>
Altre sorgenti mobili e macchinari	146.09	4594.33	1237.91	3337.87	529.67	520.68	7210.44
Trattamento e smaltimento rifiuti	27.94	1592.66	77.50	2653.59	16.32	15.41	2577.55
Agricoltura	12.41	171.61	61.73	647.30	95.94	75.41	546.63
Altre sorgenti e assorbimenti	0.47	2.08	788.23	373.04	201.52	201.28	831.94
<b>TOTALE</b>	<b>5167.28</b>	<b>50090.72</b>	<b>85460.86</b>	<b>98472.98</b>	<b>4202.86</b>	<b>3626.48</b>	<b>158413.01</b>



**Figura 1: contributo delle singole sorgenti alle emissioni**

**Allegato 2**



## Caratterizzazione del sito di misura

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura dell'inquinamento atmosferico condotta in periodo invernale con Laboratorio mobile tra il **14 gennaio ed il 6 febbraio 2009** nel comune di Busnago. Le concentrazioni degli inquinanti osservate nel corso di questa campagna di misura verranno confrontate con quelle osservate nella campagna estiva condotta nel periodo 8 maggio - 3 giugno 2008.

Scopo delle campagne di misura è stata la raccolta di una base di dati atta a caratterizzare la qualità dell'aria nel corso dell'anno.



**Figura 1: punto di posizionamento del Laboratorio mobile nel Comune di Busnago**

Il punto di misura si trova in via del Campo, una strada a due corsie a doppio senso di marcia, lungo la direttrice nord ovest – sud est del territorio comunale che collega la SP2 con la SP 178.

Via del Campo, rappresenta una piccola circonvallazione del Comune di Busnago, garantendo il raccordo tra due importanti arterie di comunicazioni quali la SP2 Monza – Trezzo e la SP 178.

Durante tutte le ore della giornata tale tratto viario è interessato dal passaggio di traffico sia leggero che pesante di tipo locale e di attraversamento.

## Fattori meteorologici

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono, come è evidente, dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma la situazione meteorologica influisce sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa.

E' pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio.

Le caratteristiche diffusive dell'atmosfera fanno sì che le polveri e gli inquinanti in generale risentono fortemente della meteorologia del momento. I maggiori processi atmosferici che condizionano l'inquinamento sono:

- ✓ sistemi sinottici: tipi di masse d'aria, passaggi frontali, presenza di strutture cicloniche o anticicloniche che favoriscono il ricambio o la stagnazione dell'aria alla mesoscala (300 Km);
- ✓ l'intensità e la direzione del vento che determinano trasporto e diffusione degli inquinanti;
- ✓ precipitazioni e nebbie che agiscono sul dilavamento degli inquinanti, le prime, e sulla rimozione umida, le seconde;
- ✓ l'altezza dello strato di rimescolamento<sup>3</sup> che indica l'altezza del "contenitore" aria nel quale vengono dispersi i vari inquinanti emessi dalla superficie;
- ✓ la temperatura che è un indicatore dei processi turbolenti in prossimità della superficie.

Vedremo di seguito in dettaglio come tali elementi siano correlati con l'andamento dell'inquinamento atmosferico nel sito di misura.

### **Situazione meteorologica nel periodo di misura rilevata dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile**

I livelli di concentrazione degli inquinanti osservati, sono stati valutati anche alla luce delle condizioni meteorologiche registrate nel periodo del monitoraggio dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile. Dal punto di vista meteorologico il vento ha notoriamente un effetto di diluizione e le precipitazioni di dilavamento nei confronti di tutti gli inquinanti atmosferici; la loro presenza è quindi determinante nella gestione degli episodi di concentrazioni acute. Il loro andamento è quasi sempre anticorrelato con la concentrazione delle particelle (di qualsiasi grandezza siano).

La campagna di misura è stata condotta tra la seconda metà del mese di gennaio e la prima decade del mese di febbraio; regimi di alta pressione in quota si sono alternati a correnti umide proveniente sia da nord che da sud ovest con conseguente peggioramento delle condizioni meteorologiche. In questo contesto molte sono state le giornate in cui si sono osservate delle precipitazioni sia a carattere piovoso che a carattere nevoso (terza decade di gennaio).

Per quanto riguarda le temperature mediamente i valori osservati nel corso del periodo di misura sono stati in linea con quelli medi stagionali; le minime (-15°C) si sono riscontrate a metà gennaio per il passaggio di aria fredda in quota, i valori massimi, invece, sono stati osservati durante dell'ultimo fine settimana di gennaio in corrispondenza di un episodio di Foehn. Un graduale, ma continuo, aumento dei valori si è avuto ad inizio mese di febbraio per il passaggio di una corrente calda da sud. Questi due

<sup>3</sup> Lo strato di rimescolamento è influenzato da processi sinottici e alla mesoscala che producono moti verticali e avvezioni orizzontali ove si diffondono tutti gli inquinanti e particolarmente le polveri che possono essere viste come un buon indicatore dello stato di inquinamento.

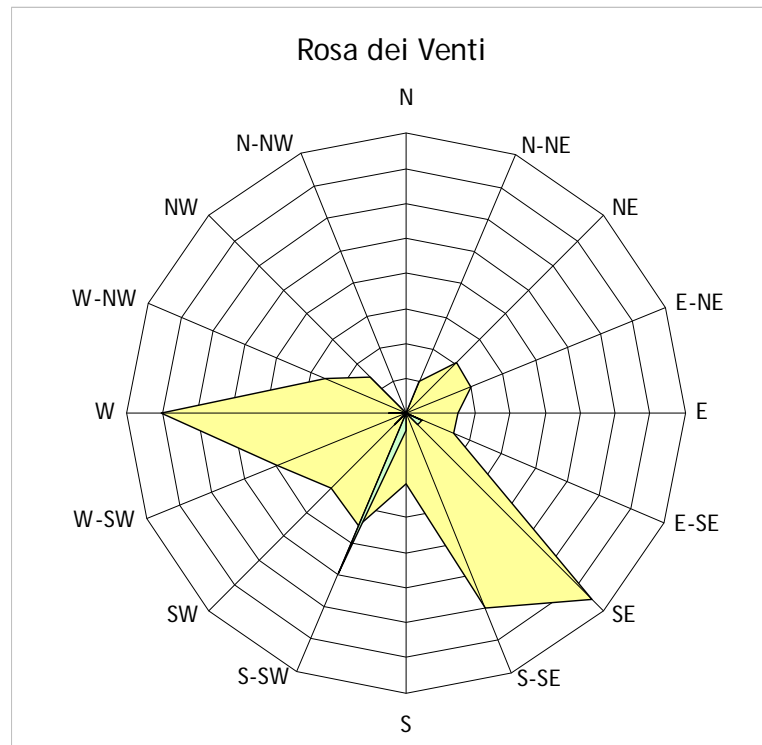
I processi che influenzano il rimescolamento sono: la turbolenza meccanica determinata dal vento negli strati più vicini alla superficie e la turbolenza termica risultato del trasferimento di calore dalla superficie o del raffreddamento radiativo di strati d'aria più elevati dell'atmosfera.

L'altezza di rimescolamento o mixing height risente della struttura verticale dell'atmosfera che presenta variazioni nelle 24 ore (ciclo giorno-notte) e stagionali (stagione calda-fredda).

Tale altezza agisce come parete mobile di un contenitore: in corrispondenza di basse altezze del mixing layer, polveri ed altri inquinanti hanno così a disposizione un volume più piccolo per la loro dispersione e ciò favorisce di conseguenza un aumento della loro concentrazione.

episodi ventosi sono anche gli unici che hanno permesso di far registrare una velocità del vento significativa.

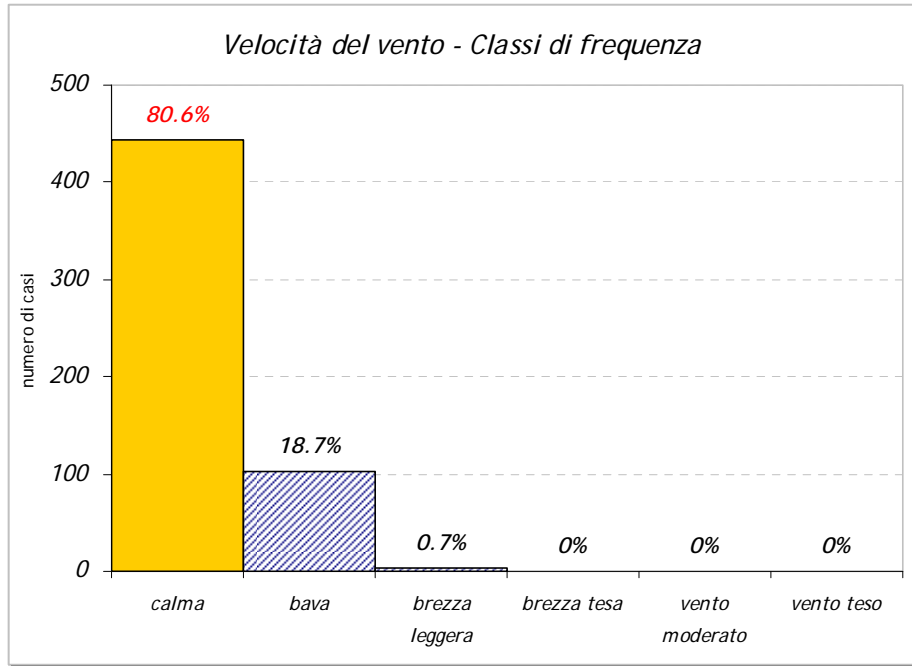
L'andamento anemologico registrato dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile, mostra come i settori maggiormente interessati da fenomeni ventosi siano stati quelli compresi tra i settori W e S-SE, con maggiore frequenza nel settore S-SW (3.1%), SE(2.9%) e W (2.7%).



Ai fini valutativi è importante capire quale sia stata la classe di vento con frequenza maggiore durante la campagna di misura. Dall'analisi i dati osservati a Busnago risultano essere in linea con quelli riscontrati dalle altre stazioni provinciali; nel corso del periodo di osservazione l'attività ventosa è stata quasi del tutto assente con il 80.6% dei casi di calma. Gli episodi di una certa entità ( $1.5 \text{ m/s} < VV < 3.3 \text{ m/s}$ ) si sono verificati solo in 4 casi (0.7%). Il valore medio del periodo osservato è stato  $0.1 \text{ m/s}$ , il valore medio orario è stato di  $2.4 \text{ m/s}$  il giorno 3 febbraio alle ore 01.00; invece il valore medio giornaliero più alto è stato riscontrato il 2 febbraio con il valore di  $0.4 \text{ m/s}$ .

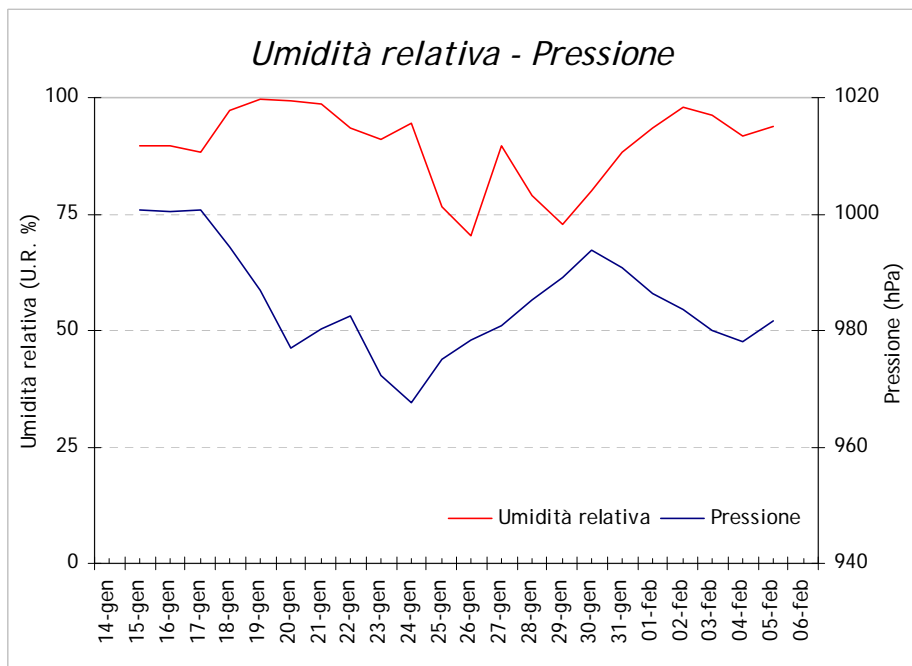
**Tabella 1 – Scala di Beauford**

Classi di vento	Velocità del vento m/s	Frequenza n. di casi	%
Calma	0.3	444	80.6%
Bava	1.5	103	18.7%
Brezza leggera	3.3	4	0.7%
Brezza tesa	5.4	0	0%
Vento moderato	7.9	0	0%
Vento teso	Altro	0	0%

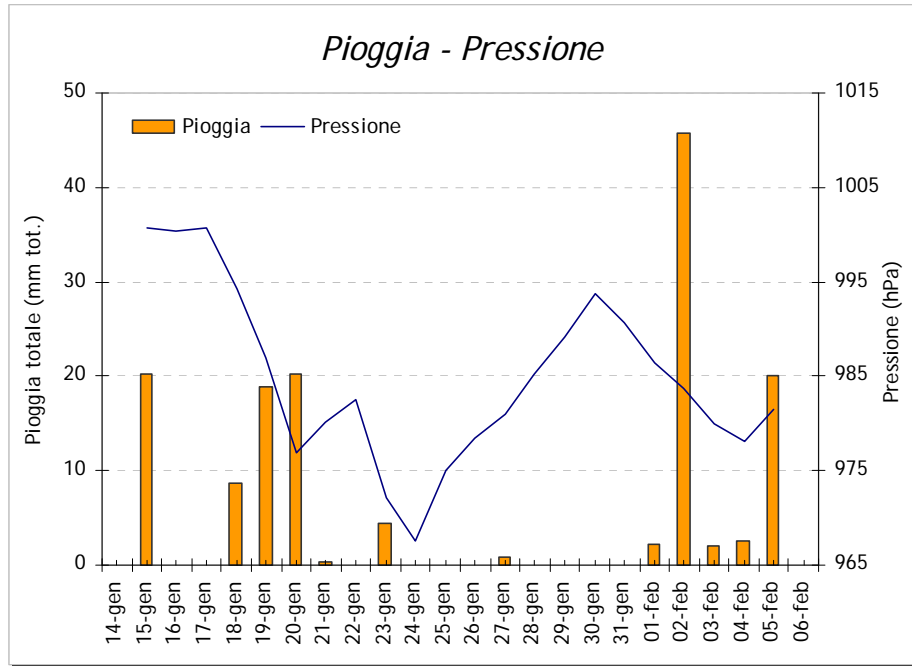


L'umidità relativa ha presentato un valore medio del 89.2%. Il massimo giornaliero (100%) è stato registrato nei gironi 19, 22, 24, 31 gennaio e il giorno 3 febbraio.

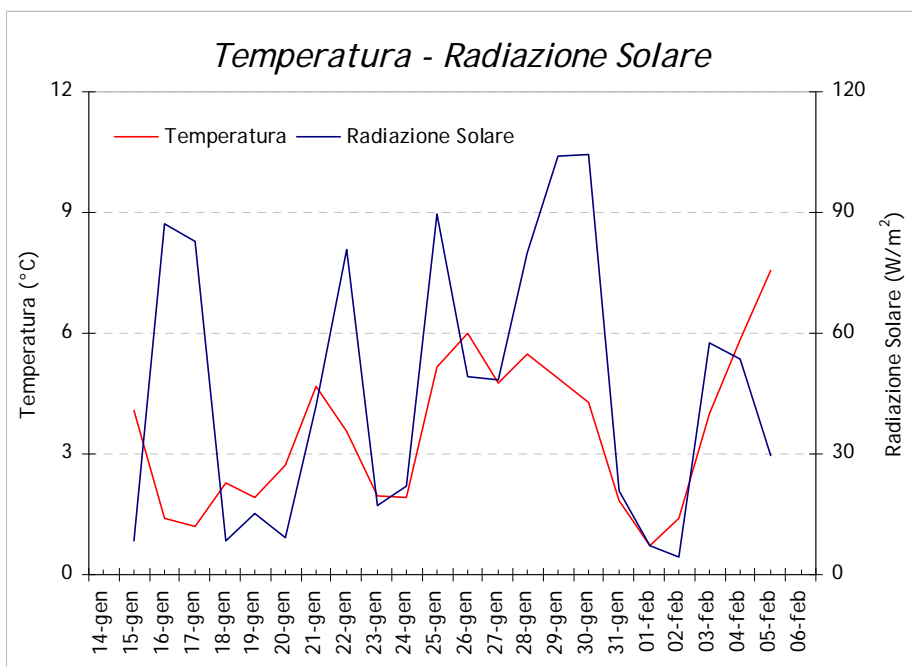
Dal punto di vista barico il periodo è stato caratterizzato da una serie di modeste variazioni della pressione comprese mediamente in un intervallo di 36.3 hPa (tra 965.6 e 1001.9 hPa). Il valore medio minimo e massimo riscontrati sono stati rispettivamente di 965.6 hPa il giorno 24 gennaio e 1001.9 hPa il giorno 17 gennaio.



Nel periodo di osservazione i giorni in cui sono occorse delle precipitazioni sono stati 12 su 24 giorni di misura; in totale si sono osservati 146.1 mm di pioggia in linea con quanto osservato nelle restanti centraline provinciali. Il massimo è stato raggiunto il giorno 2 febbraio con 45.8 mm di pioggia caduti.



La temperatura ha fatto registrare un valore medio di 3.6 °C. Analogamente a quanto osservato per le stazioni provinciali anche a Busnago il trend delle temperature ha visto delle variazioni dovute al passaggio alternato di correnti calde e fredde. Il valore minimo e massimo osservati sono stati rispettivamente di -2.8 °C il giorno 16 gennaio alle ore 23.00 e di 10.8 °C il giorno 25 gennaio alle ore 14.00. Per quanto riguarda la radiazione solare, le molte giornate coperte no hanno permesso di far registrare valori alti; nel complesso il valore medio osservato nel corso del rilievo è stato di 46.5 W/m<sup>2</sup>.

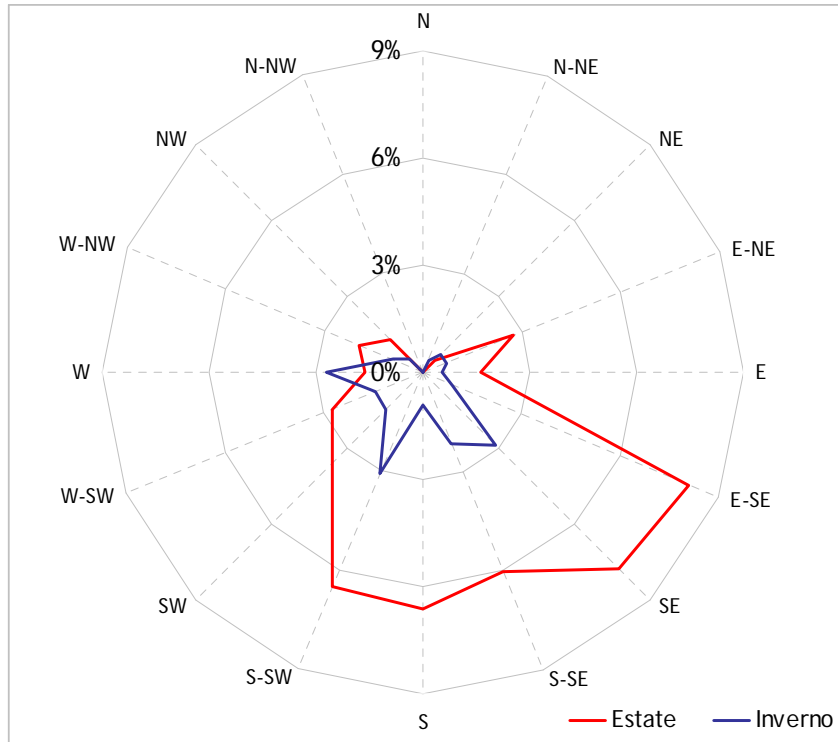


### Confronto meteorologia campagne estiva ed invernale

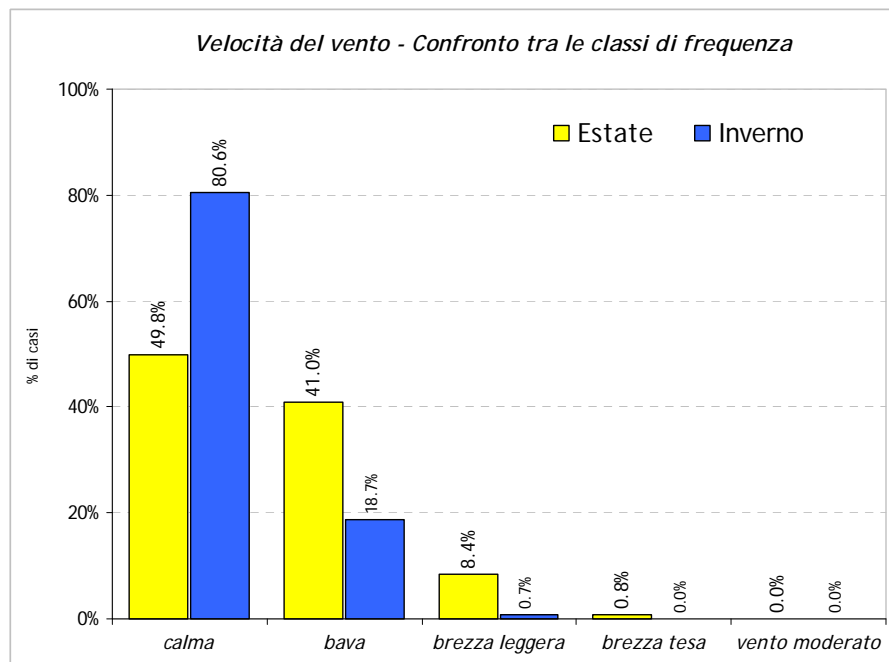
Al fine di poter confrontare i dati raccolti durante la presente campagna con quelli relativi al monitoraggio svolto nel periodo estivo 6 maggio – 3 giugno, risulta importante analizzare le differenti condizioni meteorologiche.

Per quanto riguarda la rosa del vento confrontando i grafici ottenuti dalle misurazione effettuate nel corso delle due campagne di misura si osserva come i fenomeni ventosi siano compresi tra il settore W e il settore E-NE.

Va rilevato come nel corso della campagna estiva la ventilazione dell'aria sia stata più intensa rispetto al periodo invernale e conseguentemente la distribuzione delle direzioni del vento è risultata maggiore. Dal confronto delle due distribuzioni se ne deduce che nel sito oggetto d'indagine i settori prevalenti sono stati quello a S-SW e quello a SE.



Una scarsa attività anemologica osservata nelle misurazioni invernali viene messa in risalto anche dal grafico delle classi di vento secondo la scala di Beauford. Significativi sono gli episodi di calma di vento in cui vi è una differenza di circa il 30% tra i due periodi di osservazione.



<b>Scala di Beauford</b>		<b>Campagna estiva</b>		<b>Campagna invernale</b>	
<b>Classi di vento</b>	<b>Velocità del vento m/s</b>	<b>Frequenza n. casi</b>	<b>%</b>	<b>Frequenza n. casi</b>	<b>%</b>
Calma	0.3	307	49.8%	444	80.6%
Bava	1.5	253	41.0%	103	18.7%
Brezza leggera	3.3	52	8.4%	4	0.7%
Brezza tesa	5.4	5	0.8%	0	0%
Vento moderato	7.9	0	0%	0	0%
Vento teso	Altro	0	0	0	0%

	<b>Campagna estiva</b>	<b>Campagna invernale</b>
Velocità del vento media (m/s)	0.53	0.13
Velocità del vento massima giornaliera (m/s)	1.5 (11/05/2008)	0.4 (02/02/2009)
Velocità del vento massima oraria (m/s)	4.14 (27/05/2008)	2.36 (03/02/2009)
Classe di vento maggiormente interessa	Calma di vento	Calma di vento
Settore maggiormente interessato	E-SE	S-SW

Per quanto riguarda le precipitazioni piovose, sebbene in entrambi i periodi il numero di eventi piovosi sia stato uguale il quantitativo totale di pioggia è stato decisamente superiore durante la campagna di misura estiva.

	<b>Campagna estiva</b>	<b>Campagna invernale</b>
Precipitazioni piovose totali (mmH <sub>2</sub> O)	192.2	146.1
Massima precipitazioni giornaliera (mmH <sub>2</sub> O)	73.0 (18/05/2008)	45.8 (02/02/2009)
n. eventi piovosi	12	12

Si riportano di seguito i valori degli altri parametri meteorologici osservati:

	<b>Campagna estiva</b>	<b>Campagna invernale</b>
Temperatura media (°C)	17.6	3.6
Temperatura minima oraria(°C)	10.8	-2.8
Temperatura massima oraria (°C)	26.8	10.8
Pressione media (hPa)	990.4	984.5
Pressione minima oraria (hPa)	978.7	965.6
Pressione massima oraria (hPa)	995.9	1001.9
Umidità relativa media (U.R. %)	n.d.	89.2
Umidità relativa minima oraria (U.R. %)	n.d.	49.3
Umidità relativa massima oraria (U.R. %)	n.d.	100
Radiazione solare media (W/m <sup>2</sup> )	194.3	46.5
Radiazione solare massima (W/m <sup>2</sup> )	935.0	456

Da un punto di vista meteorologico la stagione migliore per la dispersione degli inquinanti risulta essere quella estiva; anche le misure effettuate nel Comune di Busnago confermano tale tendenza.

## Inquinanti atmosferici monitorati con laboratorio mobile

I principali inquinanti che si trovano nell'aria possono essere divisi schematicamente in due gruppi: *inquinanti primari* ed *inquinanti secondari*. I primi vengono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

### Andamento degli inquinanti nel periodo di misura

Esaminando gli indicatori proposti dalla normativa, appare evidente come la scala temporale adeguata per una valutazione della qualità dell'aria sia quella annuale. Una campagna di misura condotta per un periodo più breve può essere utile in un'ottica di approccio preliminare alla caratterizzazione dei livelli di immissione nel luogo soggetto all'indagine, in rapporto alle informazioni provenienti dal resto della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria. Gli inquinanti considerati nello studio sono quelli usualmente monitorati nelle aree urbane: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) e polveri sottili (PM10).

La strumentazione presente sul Laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi (NO, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>); per quanto riguarda il PM10, la misura ha permesso di avere un valore medio giornaliero.

I dati sono stati raccolti alla migliore risoluzione temporale permessa dagli strumenti. Ove i dati fossero disponibili su base oraria, si è provveduto a calcolare le medie giornaliere a condizione che fosse presente almeno il 75% dei dati per ogni giorno.

Come descritto nel capitolo Normativa (vedi Tab. pagg 4 - 5), il D.M. 60 del 02.04.02 stabilisce, per NO<sub>2</sub>, CO e PM10 i valori limite per la protezione della salute umana e i margini di tolleranza che si riducono progressivamente negli anni. Per gli inquinanti monitorati tale margine di tolleranza è attualmente nullo ad eccezione di quello relativo al biossido di azoto.

I livelli di concentrazione degli inquinanti elencati sono stati pertanto di seguito confrontati con i rispettivi limiti a "regime", cioè con margini di tolleranza zero, anche per quanto riguarda il biossido di azoto, adottando così le condizioni più cautelative anche per questo inquinante.

Per "giorno tipo" o "giorno medio" si intende l'andamento delle concentrazioni medie orarie mediate su tutti i giorni feriali (o su tutti i giorni pre-festivi o festivi) del periodo in questione.

I giorni feriali, pre-festivi e festivi sono stati considerati separatamente nel calcolo del giorno tipo per mettere in evidenza le eventuali diverse caratteristiche emissive, legate al traffico o alle attività produttive.

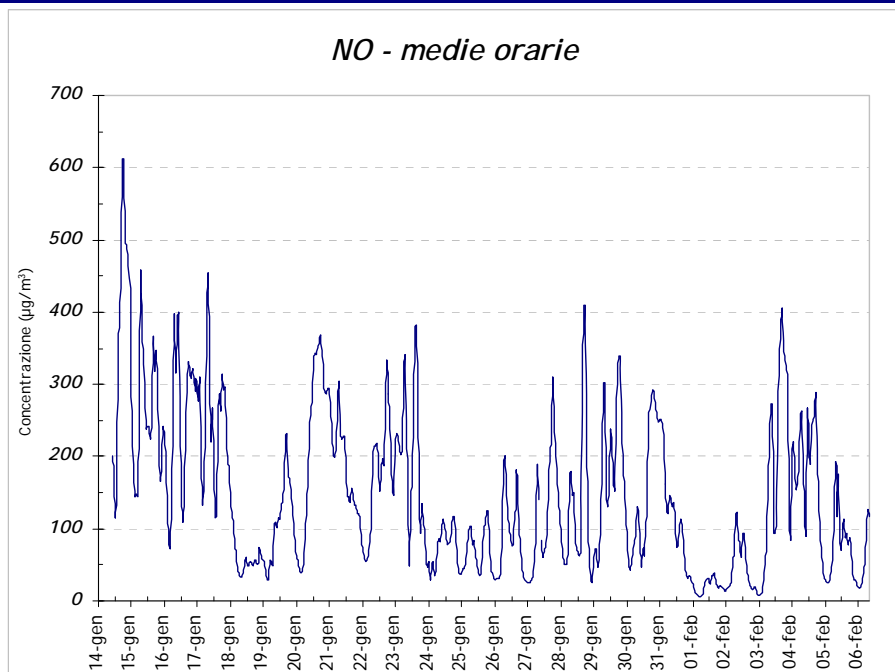
Le caratteristiche del sito di misura poi e le condizioni meteorologiche sono elementi essenziali per l'interpretazione dei dati. La **concentrazione degli inquinanti in atmosfera**, soprattutto in ambiente urbano, è infatti **influenzata da diversi fattori legati alla meteorologia**.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i risultati dell'analisi degli andamenti temporali degli inquinanti ricavati durante il periodo di misura nel comune di Busnago.

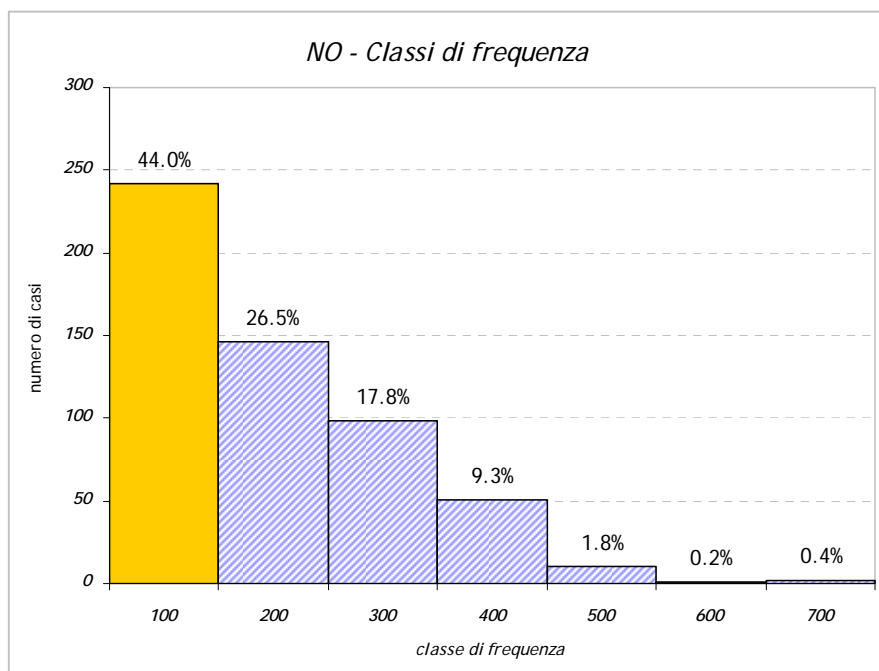
### NO – Monossido di Azoto

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto oltre a fornire importanti informazioni per la caratterizzazione del sito, dà origine per ossidazione all'NO<sub>2</sub> e, attraverso altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O<sub>3</sub> troposferico.

I valori delle concentrazioni orarie del NO hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di **149 µg/m<sup>3</sup>** ed un valore massimo orario pari a **613 µg/m<sup>3</sup>**, il giorno 14 gennaio alle 19.00.



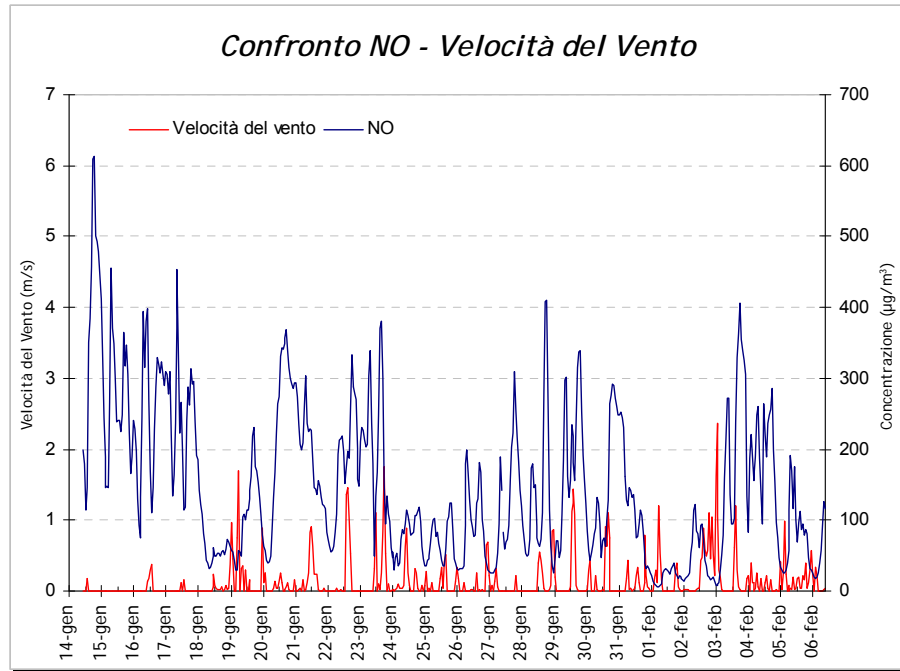
Nel grafico delle medie orarie si osserva come le concentrazioni Busnago siano state, nel periodo oggetto d'indagine, non trascurabili. Anche l'analisi in frequenza, effettuata con intervalli di concentrazioni pari a 100 µg/m<sup>3</sup>, evidenzia questo andamento; circa il 88.3% dei valori misurati sono compresi tra 1 e 300 µg/m<sup>3</sup> ed il rimanente 11.7% presenta valori superiori.



Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
100	242	44.0%	500	10	1.8%
200	146	26.5%	600	1	0.2%
300	98	17.8%	700	2	0.4%
400	51	9.3%	Altro	0	0.0%

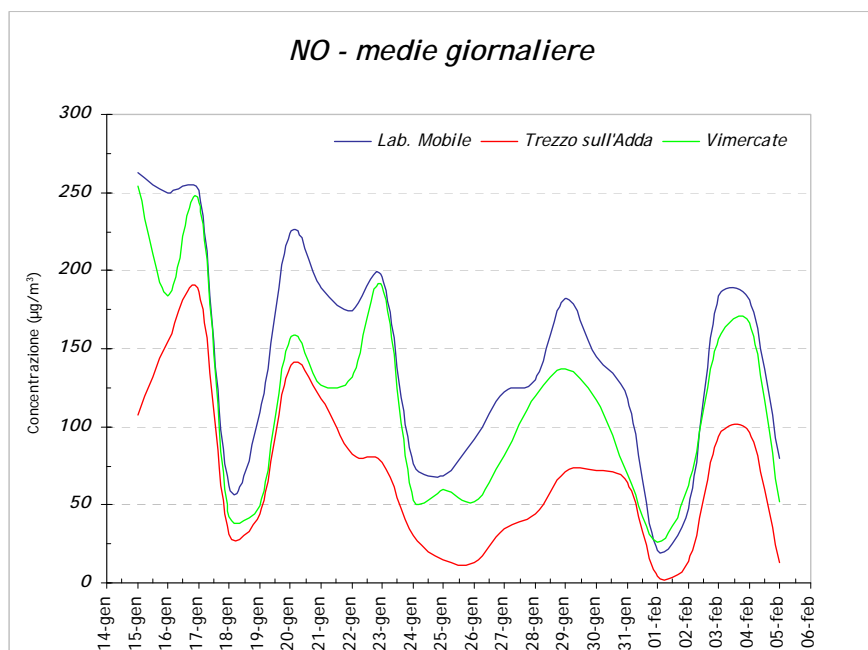
Mettendo a confronto le concentrazioni di NO con i valori della velocità del vento si nota come l'accumulo in atmosfera di questo inquinante dipenda dalle condizioni di stabilità atmosferica; i valori

massimi di NO coincidono con una scarsa attività ventosa.



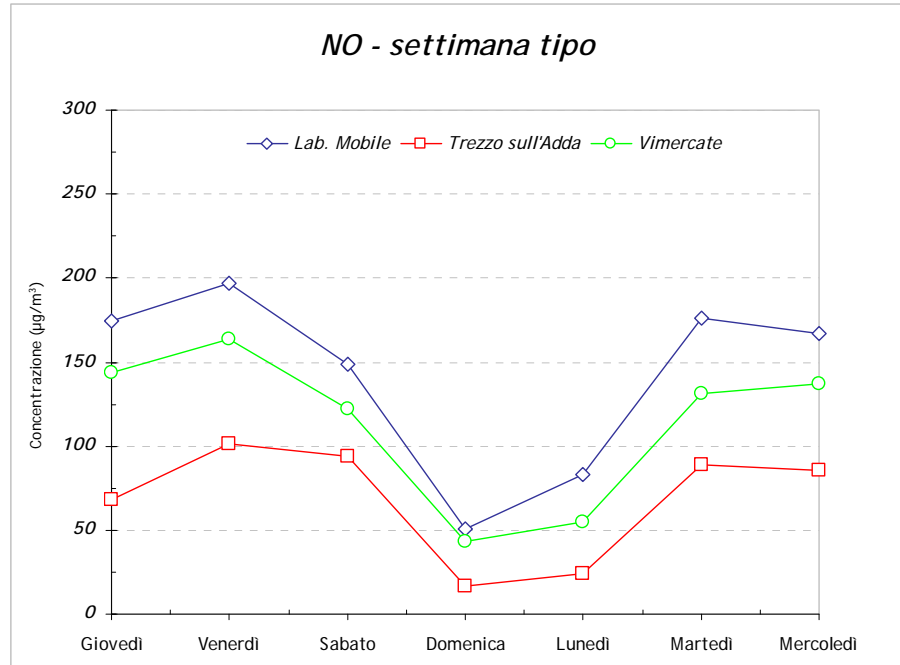
Sebbene il NO sia un inquinante caratteristico del sito di prelievo e poco soggetto a fenomeni di trasporto, dall'analisi statistica dei dati evidenzia in questa campagna di misura un buona correlazione con le vicine stazioni di Vimercate e Trezzo sull'Adda ( $R = 0.83$ ).

	Lab. Mobile	Milano Pascal	Monza	Trezzo sull'Adda	Meda	Inzago	Vimercate	Cassano d'Adda
Lab. Mobile	1.00							
Milano Pascal	0.49	1.00						
Monza	0.70	0.81	1.00					
Trezzo sull'Adda	<b>0.83</b>	0.38	0.64	1.00				
Meda	0.75	0.60	0.73	0.71	1.00			
Inzago	0.56	0.74	0.85	0.49	0.59	1.00		
Vimercate	<b>0.83</b>	0.64	0.87	0.80	0.83	0.72	1.00	
Cassano d'Adda	0.62	0.74	0.82	0.50	0.58	0.93	0.71	1.00

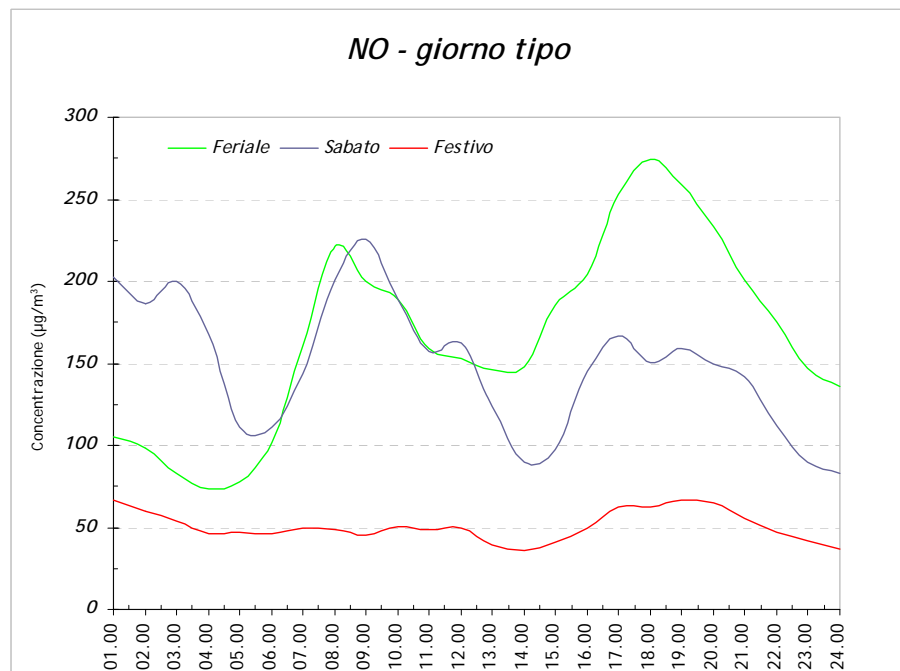


Nel grafico precedente sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere riscontrate a Busnago e nelle due stazioni maggiormente correlate; si nota come le concentrazioni di NO misurate in del Campo durante tutto il periodo d'osservazione costantemente superiori rispetto alle concentrazioni osservate nelle altre due stazioni di riferimento regionale.

La scala settimanale è l'unica scala temporale dove l'effetto della meteorologia (altro principale fattore che influenza le concentrazioni degli inquinanti) non ha alcuna influenza. Per questo motivo è stata ottenuta, partendo dalle concentrazioni medie giornaliere, la settimana tipo, riferita ai valori misurati nel sito oggetto di indagine e a quelli misurati a Busnago.



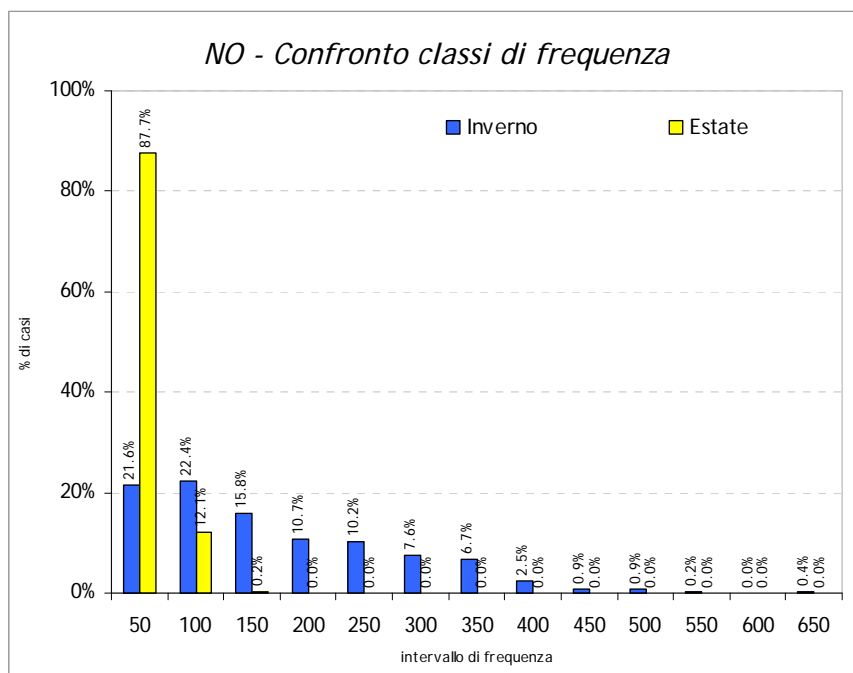
Il grafico del giorno tipo permette di acquisire una serie di conoscenze sui flussi di traffico caratteristici dell'area di indagine: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serali. Le concentrazioni osservate a Busnago confermano tale andamento, i picchi massimi si presentano nel giorno tipo feriale tra le ore 06.00 e le ore 10.00 e tra le ore 17.00 e le ore 21.00.



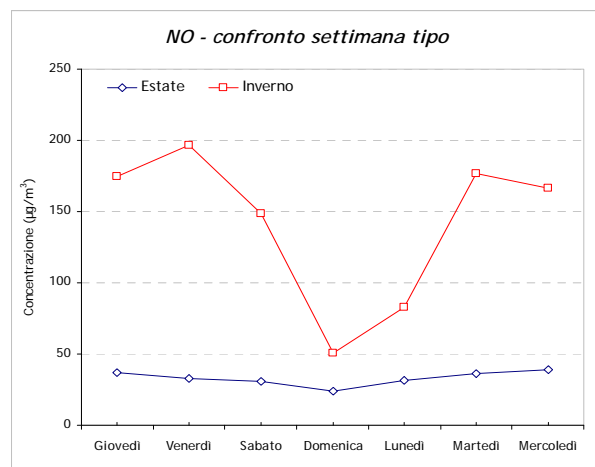
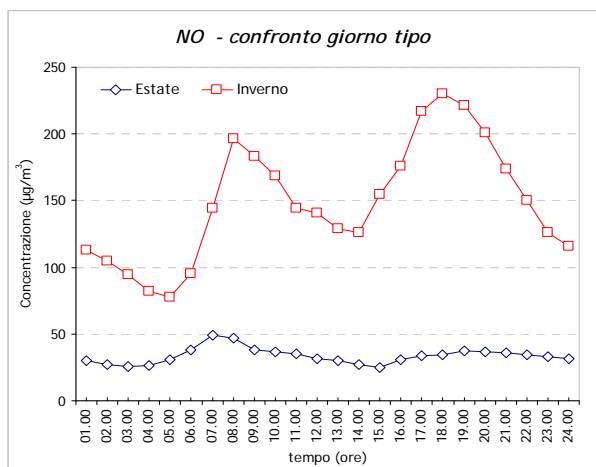
Le concentrazioni osservate nel giorno tipo del sabato mostrano valori più contenuti rispetto al giorno tipo feriale, ad eccezione della fascia oraria 01.00 – 04.00 in cui si nota un aumento dovuto al traffico di rientro del venerdì sera. Il giorno tipo festivo, invece, mostra valori costanti in tutte le ore del giorno con un lieve aumento tra le 17.00 e le 21.00.

Nella tabella successiva sono riportate le concentrazioni medie orarie, massime e minime riscontrate nel corso delle due campagne di misura.

Ossidi di azoto	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore minimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore massimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagna estiva	34	1	96
Campagna invernale	149	6	613



I dati ottenuti nelle due misurazioni sono stati confrontati utilizzando un intervallo di frequenza di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; per vedere la diversa distribuzione in funzione della stagione. Si rileva come la combustione non industriale incida significativamente nella emissione di questo inquinante in atmosfera, infatti, nel periodo estivo l'87.7% dei valori ricade all'interno dell'intervallo  $1-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La distribuzione invernale mostra invece valori più elevati distribuiti più uniformemente in tutte le classi di frequenza.



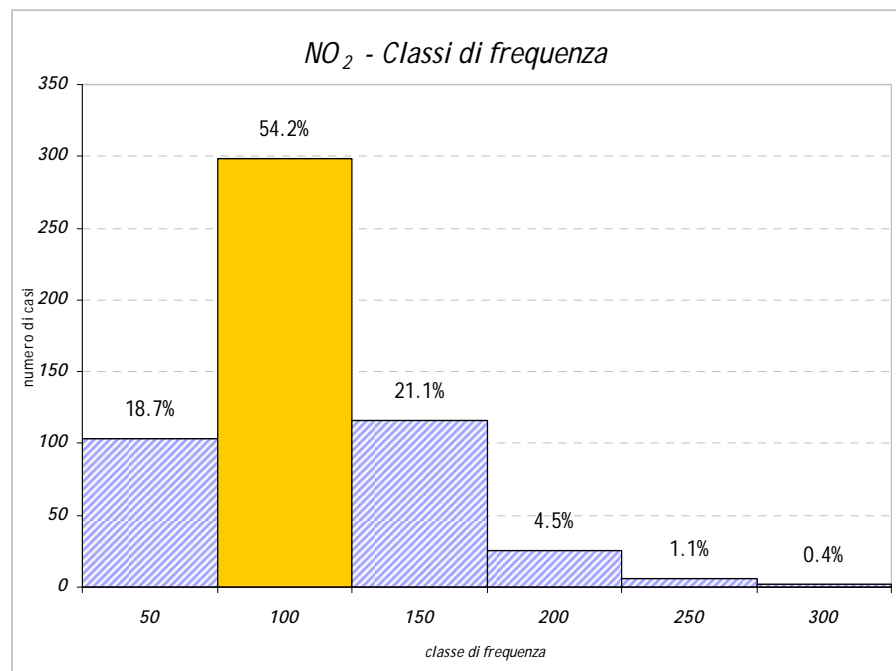
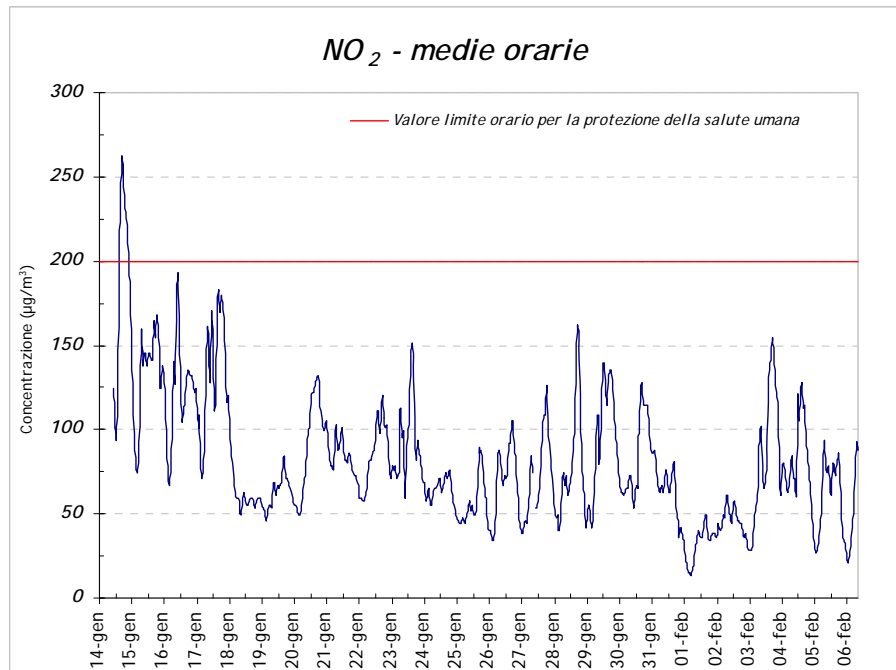
Da un punto di vista delle concentrazioni assolute l'aumento dei valori durante il periodo invernale viene messo in evidenza sia nel grafico del giorno tipo che in quello della settimana tipo, in particolare le concentrazioni aumentano in corrispondenza dell'aumento del traffico veicolare.

## NO<sub>2</sub> – Biossido di Azoto

La concentrazione in aria di NO<sub>2</sub>, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO<sub>2</sub> e dalla velocità di conversione di NO<sub>2</sub> in altre specie ossidate (nitrati).

Le concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 82 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo orario pari a 262 µg/m<sup>3</sup>, il giorno 14 gennaio alle 18.00 del pomeriggio concordemente al picco massimo del NO.

**Nel corso di questa campagna di misura sono stati osservati 8 superamenti orari della soglia di attenzione, fissata per questo inquinante a 200 µg/m<sup>3</sup>**; tutti i superamenti sono stati osservati mercoledì 14 gennaio tra le ore 15.00 e le 22.00. Nel complesso le concentrazioni osservate nel corso di tutto il periodo d'osservazione si sono mantenute su valori non trascurabili; questa situazione è dovuta sia al periodo invernale sfavorevole, che ad una scarsa ventilazione.



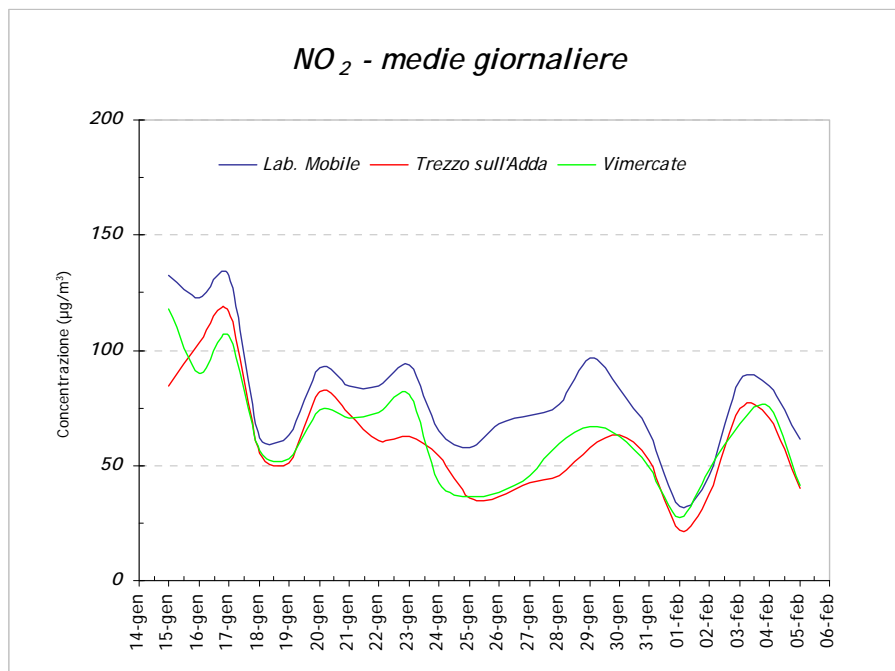
Anche per questo inquinante è stata ricavata la distribuzione delle concentrazioni utilizzando

come intervallo di frequenza 50 µg/m<sup>3</sup>. Il 94% dei valori è risultato essere al di sotto del valore limite per la protezione della salute umana, con maggior frequenza nell'intervallo 51-100 µg/m<sup>3</sup> (54.2%); significativo è il numero di valori superiore al limite (6%).

A differenza infatti del NO, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di NO<sub>2</sub> è più complessa, essendo un inquinante secondario infatti non dipende direttamente dalla presenza della sorgente traffico ma, se sono presenti i suoi precursori, continua a formarsi. Anche per questa serie di dati è stata verificata attraverso la matrice di Pearson quali stazioni fisse sono risultate maggiormente correlate con il sito di misura a Busnago.

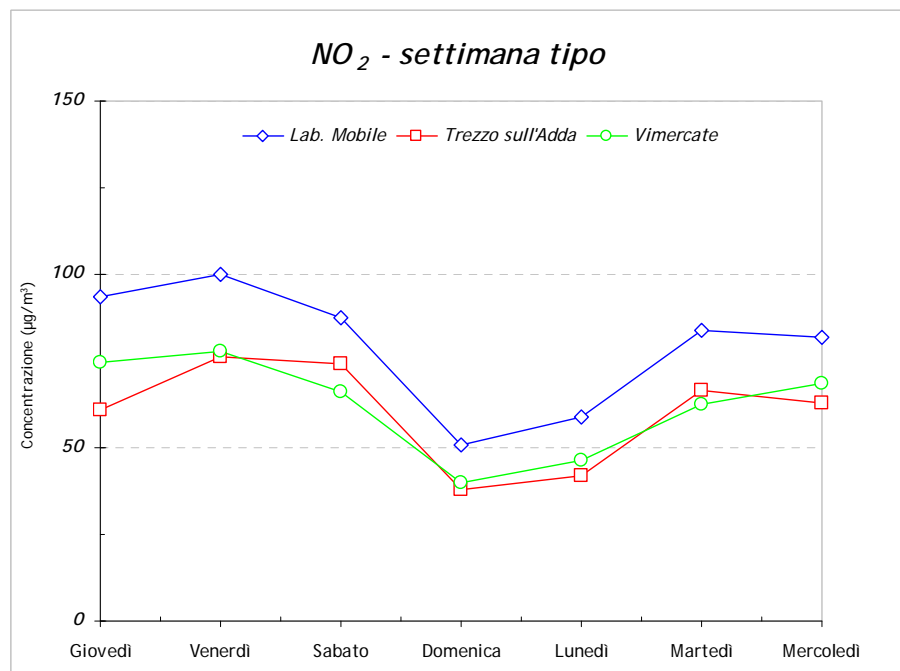
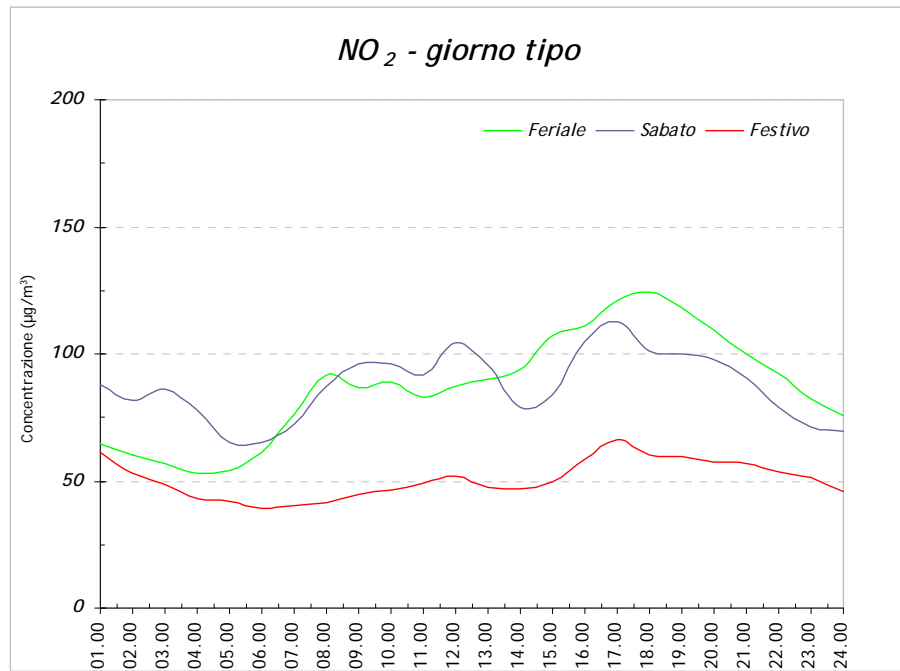
	Lab. Mobile	Milano Pascal	Monza	Trezzo sull'Adda	Meda	Inzago	Vimercate	Cassano d'Adda
Lab. Mobile	1.00							
Milano Pascal	0.66	1.00						
Monza	0.80	0.86	1.00					
Trezzo sull'Adda	0.85	0.51	0.72	1.00				
Meda	0.79	0.75	0.83	0.74	1.00			
Inzago	0.74	0.75	0.84	0.70	0.75	1.00		
Vimercate	0.85	0.79	0.91	0.82	0.87	0.83	1.00	
Cassano d'Adda	0.76	0.79	0.86	0.67	0.77	0.94	0.83	1.00

Come osservato per il NO anche per il NO<sub>2</sub> il grafico delle medie giornaliere presenta un buon andamento temporale con queste due centraline (Trezzo sull'Adda e Vimercate) e valori costantemente superiori.



Il grafico del giorno tipo, sia feriale che del sabato, mette in evidenza come le concentrazioni maggiori si presentino nelle ore diurne con maggior traffico veicolare. Il grafico del giorno tipo festivo oltre ad avere valori più bassi evidenzia una distribuzione temporale pressoché costante.

La diminuzione dei valori nei giorni festivi viene evidenziata anche nel grafico della settimana tipo un cui il minimo delle concentrazioni lo si osserva di domenica; questo andamento temporale viene confermato anche per le centraline di Vimercate e Trezzo sull'Adda.

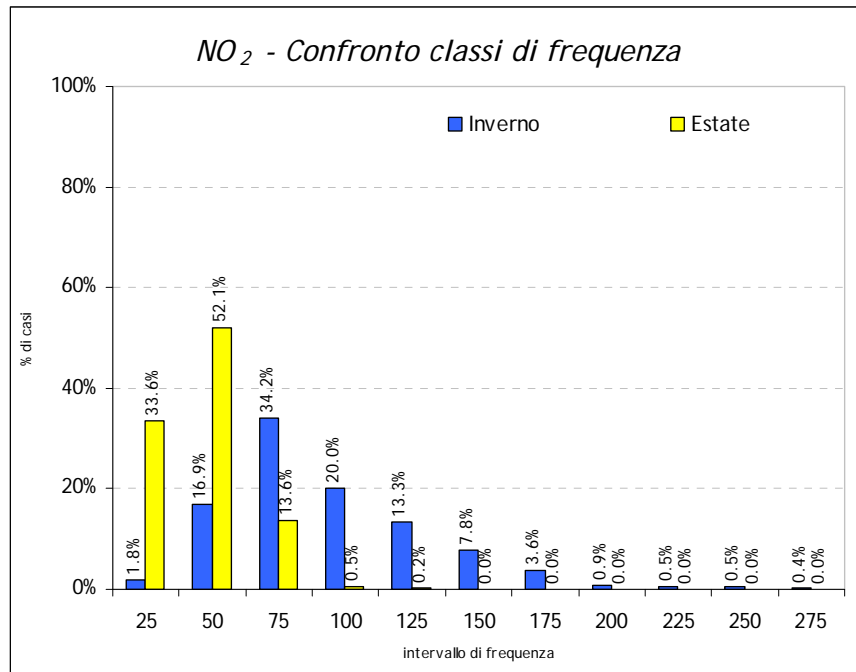


Nella sottostante tabella vengono confrontati i dati di questo inquinante relativi alle due campagne di misura.

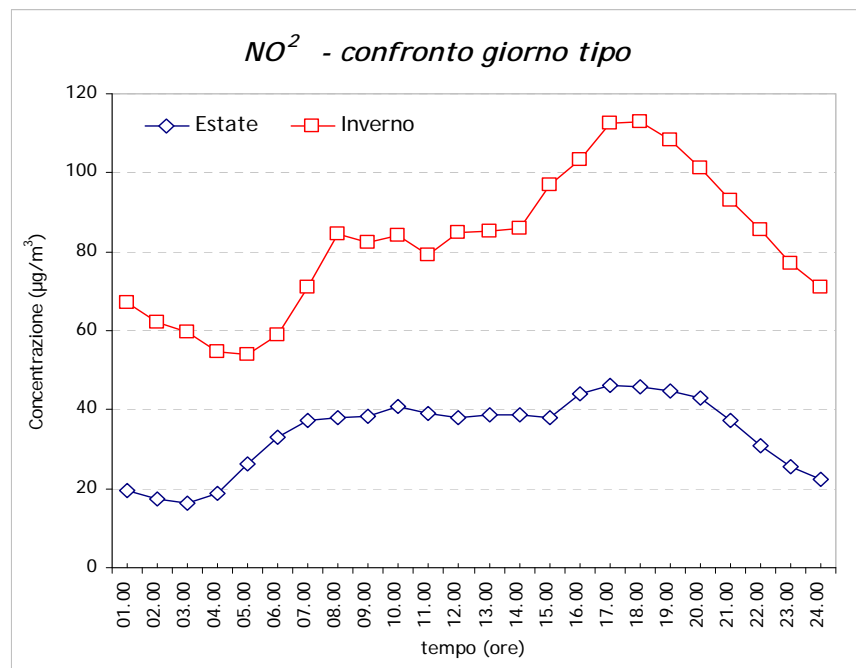
Biossidi di azoto	Valore medio µg/m <sup>3</sup>	Valore minimo µg/m <sup>3</sup>	Valore massimo µg/m <sup>3</sup>
Campagna estiva	34	2	101
Campagna invernale	82	13	262

Per quanto riguarda l'analisi in frequenza il confronto delle due serie di dati mostra sostanzialmente come quelli misurati in estate siano compresi nell'intervallo 1 – 75 µg/m<sup>3</sup>, con frequenza più alta (52.1%) nell'intervallo centrale 26-50 µg/m<sup>3</sup>. Il set di dati invernale mostra una

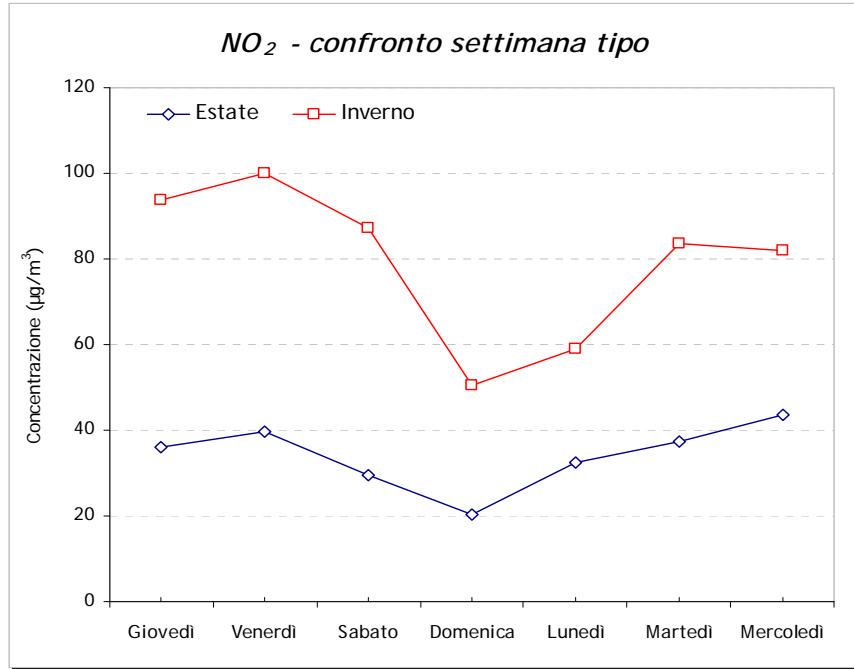
distribuzione proporzionata.



Per quanto riguarda il confronto tra i giorni tipo, anche per il NO<sub>2</sub> la differenza in termini assoluti delle concentrazioni invernali rispetto alle concentrazioni estive è significativa. Da un punto di vista temporale la differenza sostanziale tra i due andamenti è identificabile in due picchi di concentrazioni nelle fasce orarie più trafficata nell'andamento invernale ed una distribuzione più uniforme nell'andamento estivo.



Anche il grafico della settimana tipo mette in evidenza tale andamento, con valori più bassi nei giorni del fine settimana.

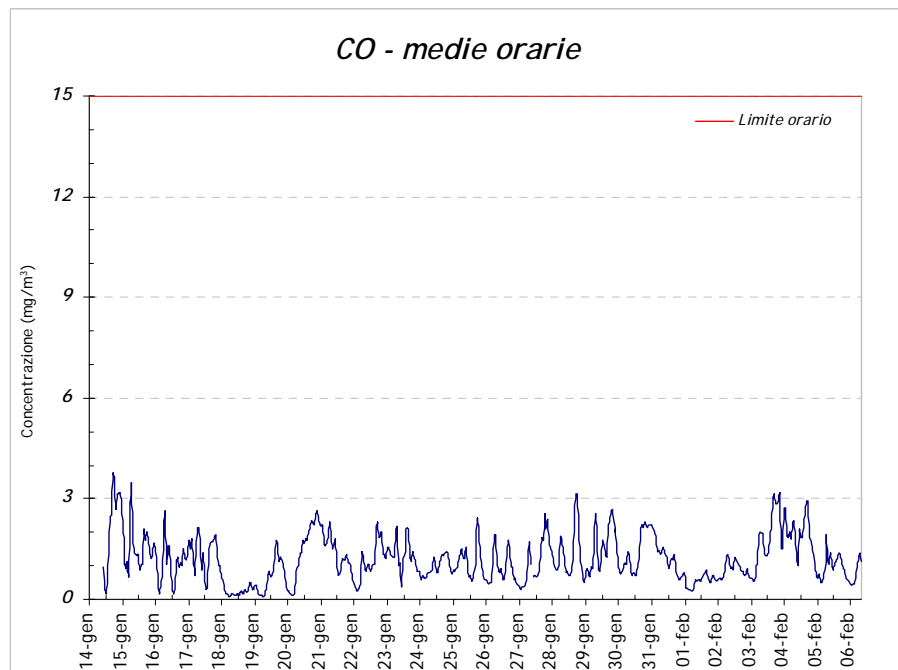


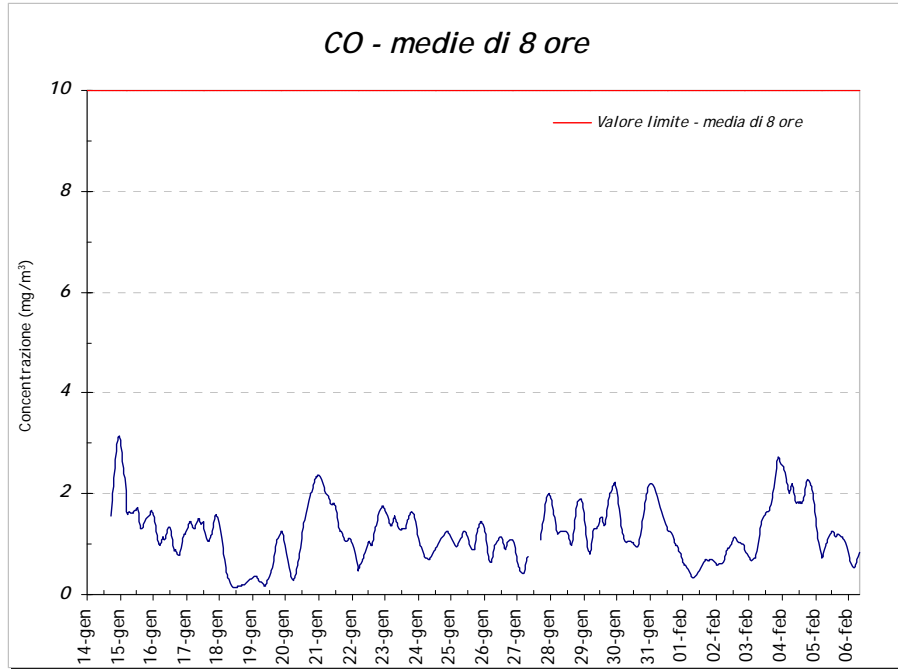
### CO – Monossido di Carbonio

L'accumulo di **monossido di carbonio** viene favorito soprattutto nelle aree urbane, quando i veicoli sono in fase di decelerazione ed in presenza di traffico congestionato.

I valori di CO misurati durante la campagna di misura sono risultati abbondantemente inferiori ai limiti di legge sia per quanto riguarda la media oraria che per quella di 8 ore.

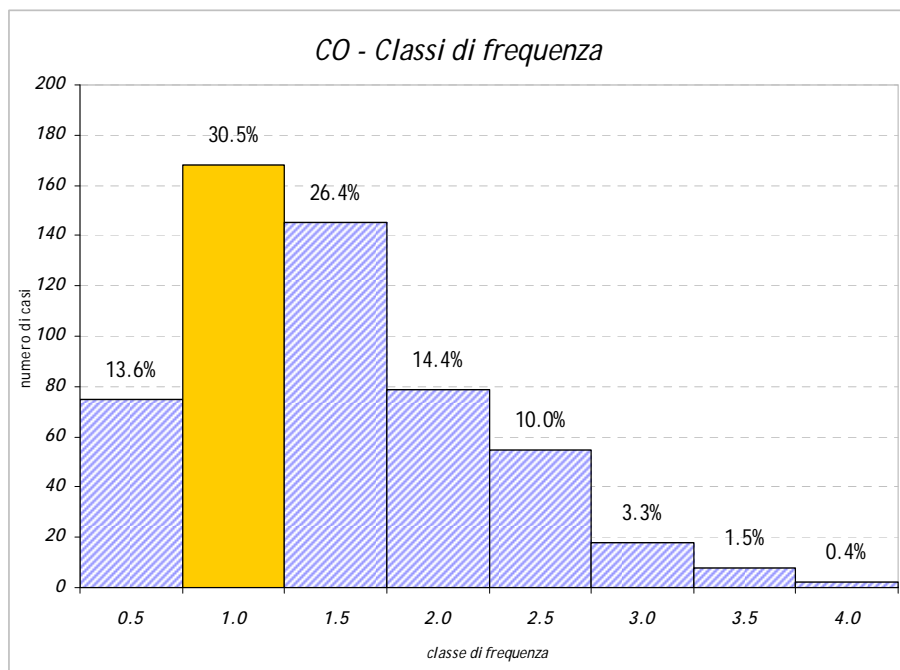
Il valore medio sul periodo è stato di 1.2 mg/m<sup>3</sup>, il valore massimo orario di 3.8 mg/m<sup>3</sup> è stato osservato il giorno 14 gennaio alle ore 18.00; il valore massimo mediato sulle 8 ore è risultato pari a 3.1 mg/m<sup>3</sup>, a cavallo dei giorni 14 e 15 gennaio, tra le ore 23.00 e le ore 01.00.





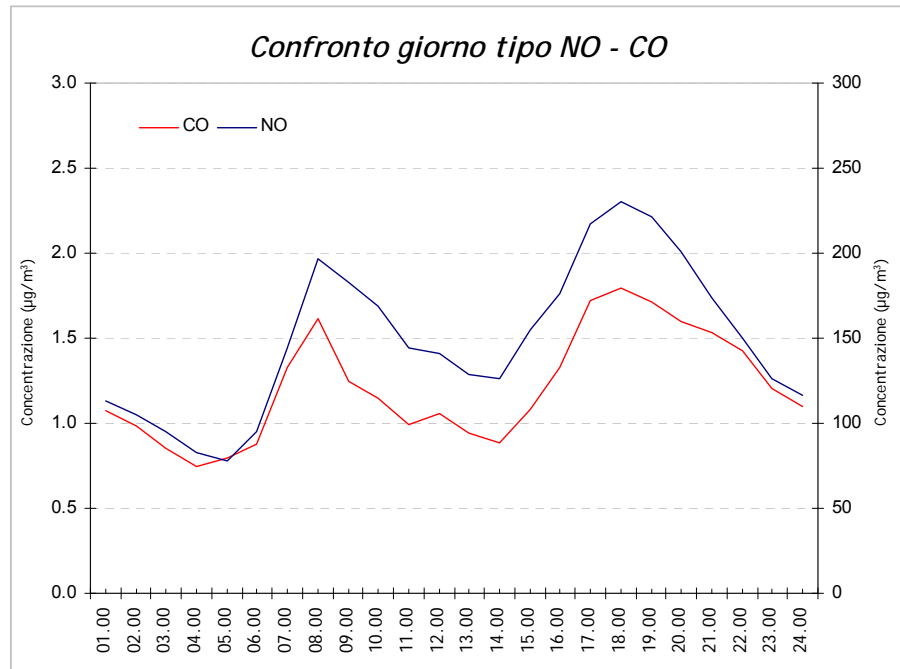
Nella tabella sottostante si riporta l'analisi in frequenza, con intervallo 0.5 mg/m<sup>3</sup>, dei valori osservati nel corso di questa campagna di misura.

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
0.5	75	13.6%	2.5	55	10.0%
1.0	168	30.5%	3.0	18	3.3%
1.5	145	26.4%	3.5	8	1.5%
2.0	79	14.4%	4.0	2	0.4%

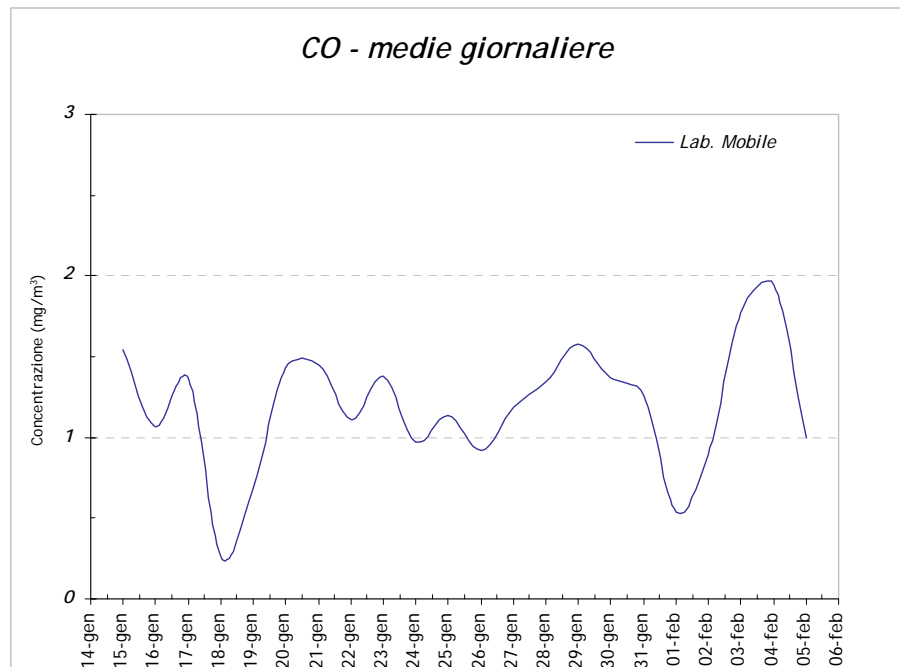


Il grafico delle frequenze mostra come i valori osservati siano estremamente contenuti il 94.9% si trova nell'intervallo 0.1 – 2,5 mg/m<sup>3</sup>.

Come per il NO, anche le concentrazioni di CO dipendono direttamente dal traffico veicolare presente nel sito di misura; questa dipendenza viene illustrata molto bene osservando il grafico del giorno tipo di questi due inquinanti dove la distribuzione media giornaliera è perfettamente allineata.

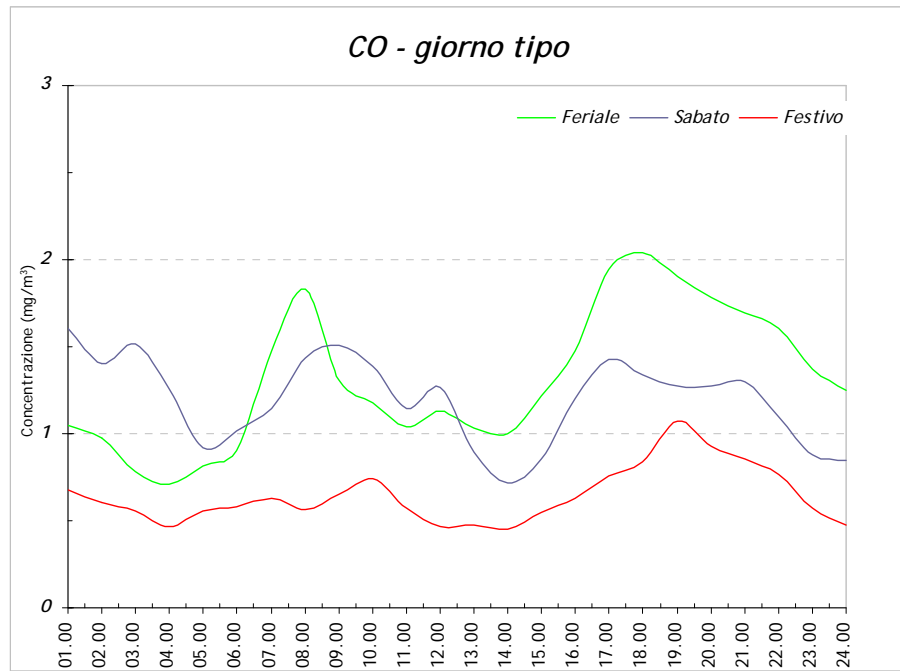


Le concentrazioni di CO sono strettamente legate alla tipologia del sito di misura ed in particolare ai volumi di traffico presenti; a conferma di ciò i valori osservati a Busnago presentano una scarsa correlazione con le stazioni fisse della rete provinciale. Nel grafico successivo è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere. Una diminuzione drastica dei valori si osserva in coincidenza dei due eventi piovosi più importanti, ad indicare come la pioggia garantisca una importante mezzo di diluizione delle concentrazioni in atmosfera.

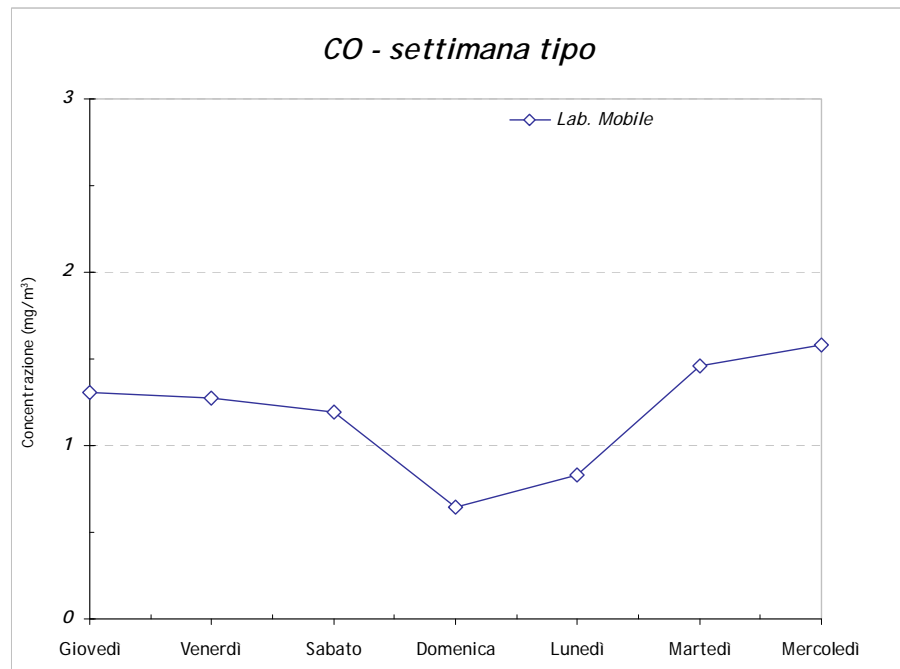


Il giorno tipo feriale presenta un andamento sinusoidale con i valori massimi nelle fasce orarie 07.00-11.00 e 17.00-22.00 in cui il traffico si presenta più sostenuto. Il giorno tipo del sabato presenta i valori massimi nelle stesse fasce orarie ma l'andamento temporale è più discontinuo; in particolare si nota un incremento delle concentrazioni nelle prime ore della mattina dovute presumibilmente al traffico

di rientro del venerdì notte. Il giorno tipo festivo ha un andamento più regolare nel corso delle ore diurne ed un lieve aumento nel corso delle prime ore serali.



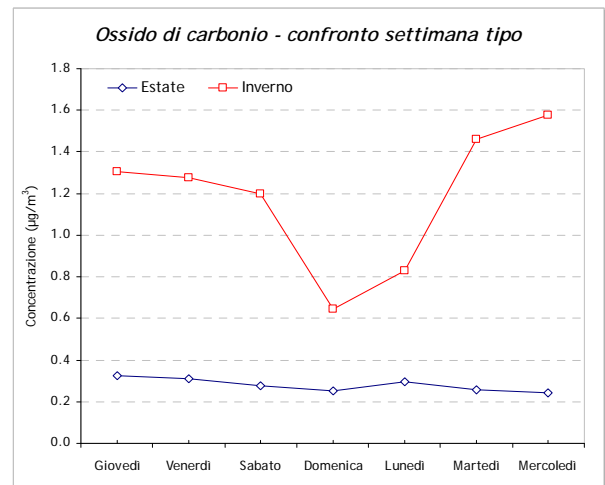
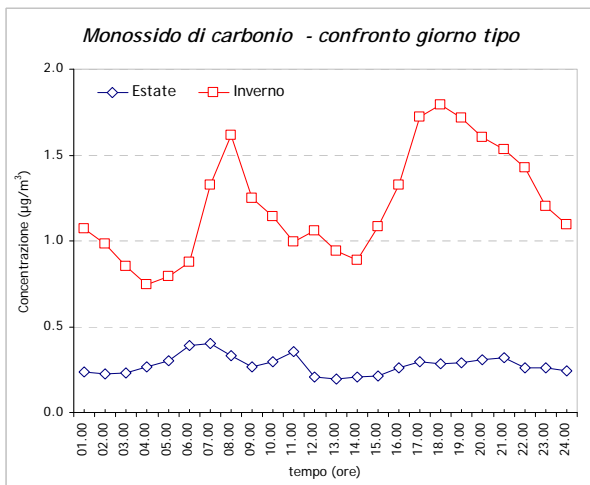
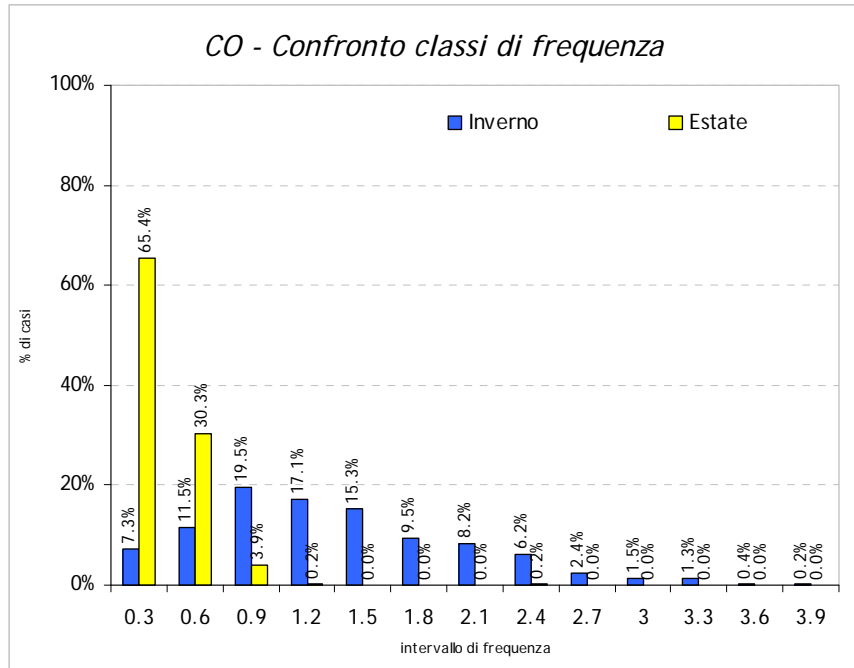
L'abbassamento dei valori in funzione di una diminuzione dei flussi veicolare viene osservata oltre che nell'andamento del giorno tipo anche nel grafico della settimana tipo in cui il picco inferiore è collocato nella giornata della domenica.



Nella sottostante tabella vengono confrontati le concentrazioni osservate nel corso delle due campagne di misura.

Monossido di carbonio	Valore medio mg/m <sup>3</sup>	Valore minimo mg/m <sup>3</sup>	Valore massimo mg/m <sup>3</sup>	Valore massimo media di 8 ore mg/m <sup>3</sup>
Campagna estiva	0.3	0.1	2.2	0.6
Campagna invernale	1.2	0.1	3.8	3.1

La distribuzione dei valori di CO ricalca lo stesso andamento di quello del NO; i valori della campagna estiva sono tutti inferiori a 1 mg/m<sup>3</sup> e raggruppati nelle prime tre classi di frequenza; le concentrazioni invernali, invece, si distribuiscono in modo più uniforme in tutti gli intervalli di frequenza considerati.



Il grafico di confronto sia del giorno tipo che della settimana tipo mette in evidenza come sia il traffico veicolare che la combustione non industriale incidano in modo significativo all'accumulo di CO nell'atmosfera durante la stagione invernale.

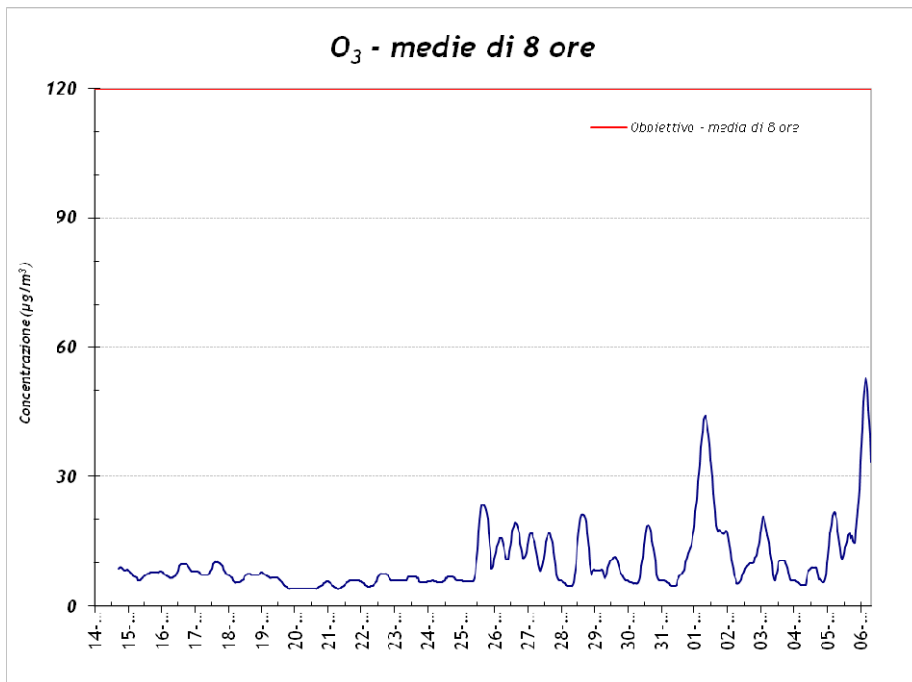
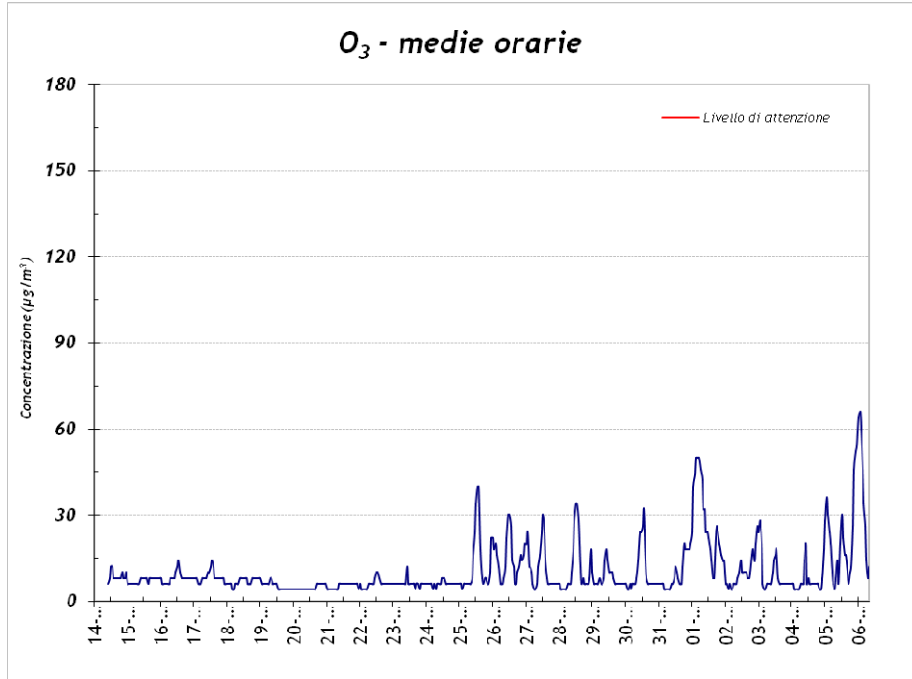
### O<sub>3</sub> - Ozono

L'ozono troposferico è un inquinante secondario la cui origine è strettamente legata alla presenza di valori elevati di radiazione solare. L'andamento di questo inquinante risulta differente da quello degli inquinanti primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero dell'ozono è caratterizzato sia dalle reazioni chimiche che avvengono con l'NO sia dalla presenza della radiazione solare.

Le concentrazioni maggiori in aria ambiente si osservano nelle stagioni calde invece nel periodo autunno-inverno si mantengono abbondantemente inferiori ai livelli di attenzione, fissato per questo inquinante 180 µg/m<sup>3</sup>. Nell'ultimo decennio le concentrazioni di ozono hanno mostrato un trend in crescita, anche nei mesi invernali.

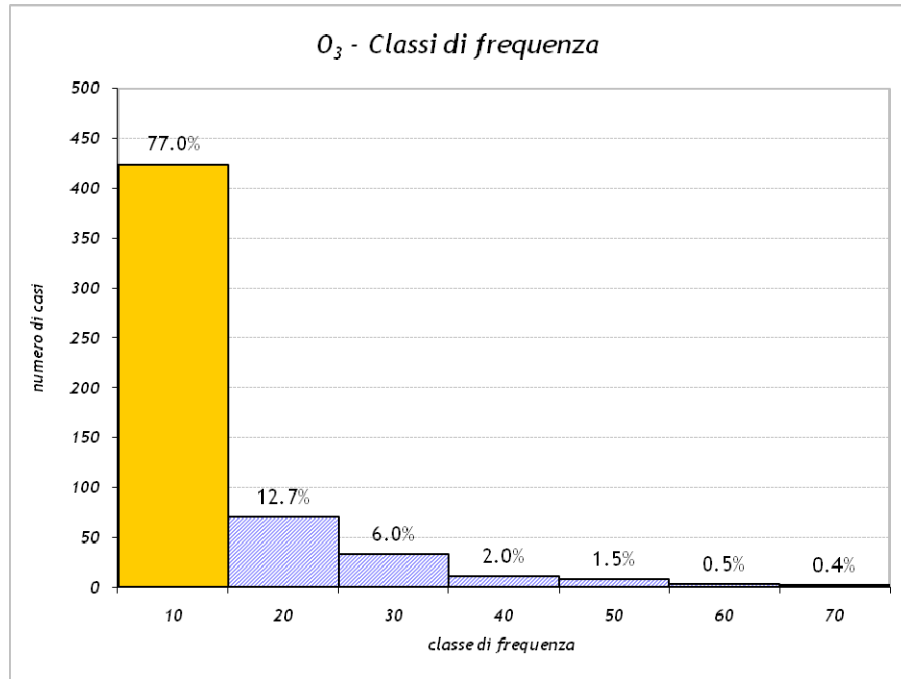
Il periodo in cui è stata condotta questa campagna è quello invernale per questo motivo non favorevole alla formazione di O<sub>3</sub>; le concentrazioni osservate nel corso del periodo di misura sono state

abbondantemente inferiori ai limiti di legge sia per quanto riguarda la media oraria che per quella di 8 ore. Il valore medio misurato è stato di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il valore massimo orario e della media di 8 ore sono stati rispettivamente di  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e di  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il primo alle 2.00 il secondo alle 5.00 del mattino del giorno 6 febbraio.

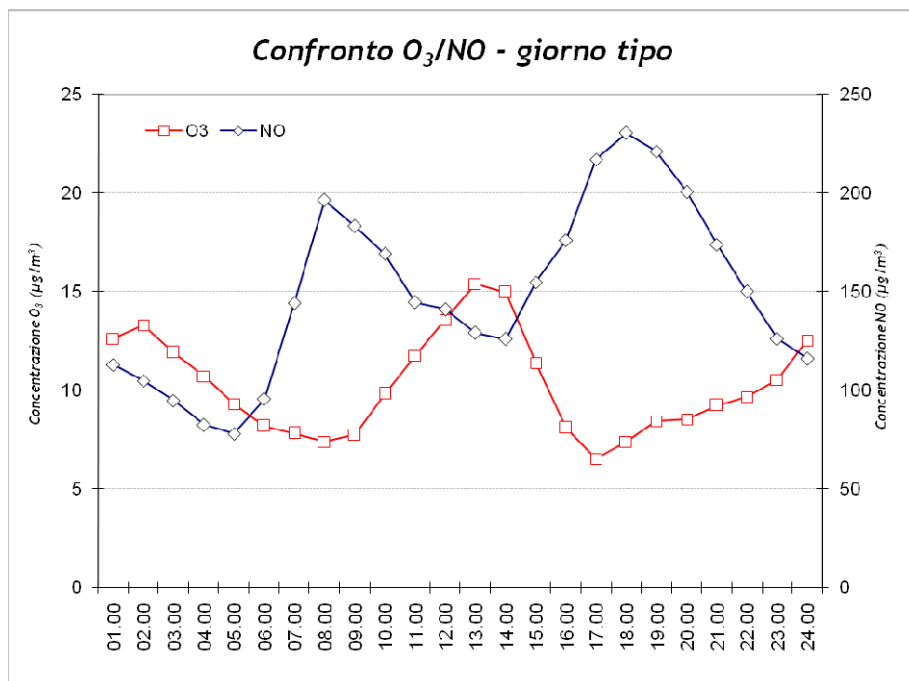


L'analisi in frequenza mostra ulteriormente come le concentrazioni si siano mantenute su valori molto bassi; ben il 89.7% dei valori risultano compresi tra  $1$  e  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
10	424	77.0%	50	8	1.5%
20	70	12.7%	60	3	0.5%
30	33	6.0%	70	2	0.4%
40	11	2.0%			

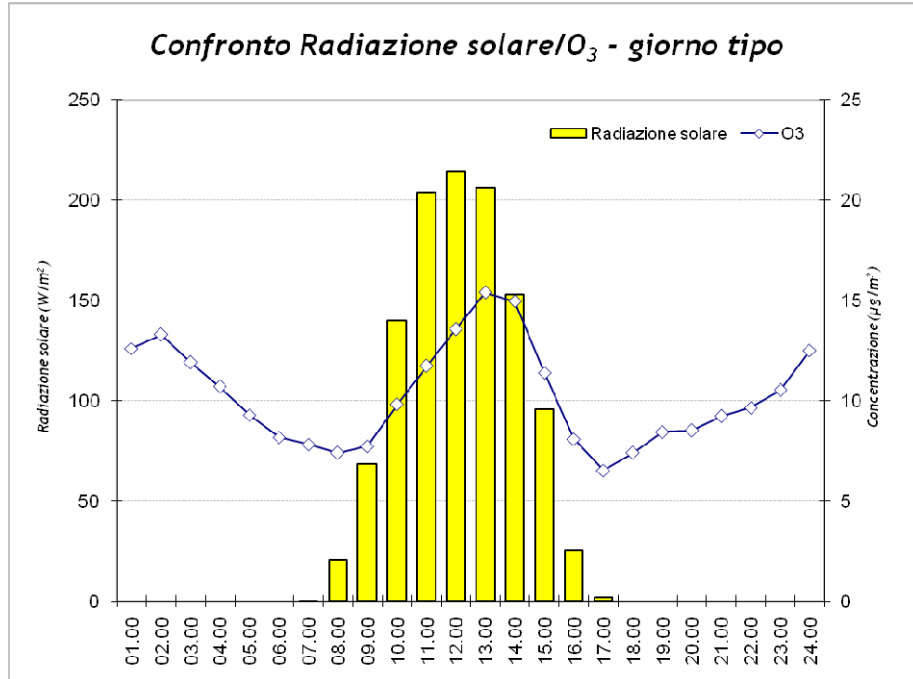


L'andamento di questo inquinante risulta differente da quello degli inquinanti primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero dell'ozono è caratterizzato sia dalle reazioni chimiche che avvengono con il NO sia dalla presenza della radiazione solare. Il grafico successivo mette in evidenza la dinamica delle reazioni fotochimiche che coinvolgono l'O<sub>3</sub> con il NO; a valori elevati di NO, tipici di emissioni da traffico veicolare nella fascia oraria 06.00-10.00 e 16.00-21.00, corrispondono basse concentrazioni di O<sub>3</sub>. Quando traffico diminuisce, di notte e a metà giornata, i valori di NO si attenuano ed aumentano quelli di O<sub>3</sub>.

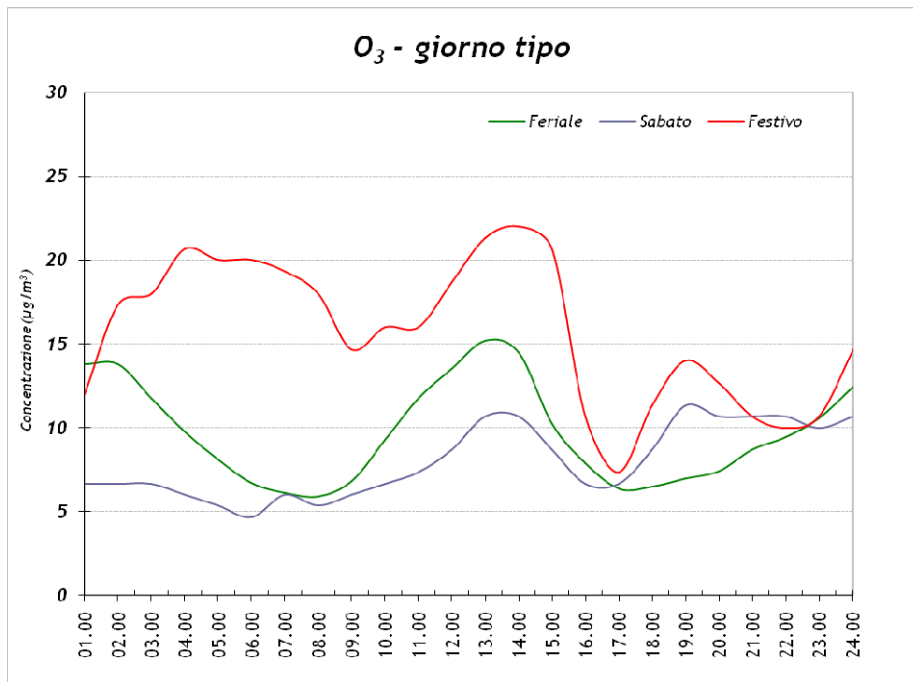


Il confronto tra le concentrazioni medie giornaliere di ozono e i valori medi giornalieri della radiazione solare permette di osservare la relazione di dipendenza tra queste due matrici.

Il massimo della concentrazione di O<sub>3</sub> viene osservata alcune ore dopo ai valori massimi di insolazione e nelle prime ore della mattina in cui le emissioni di NO risultano scarse.

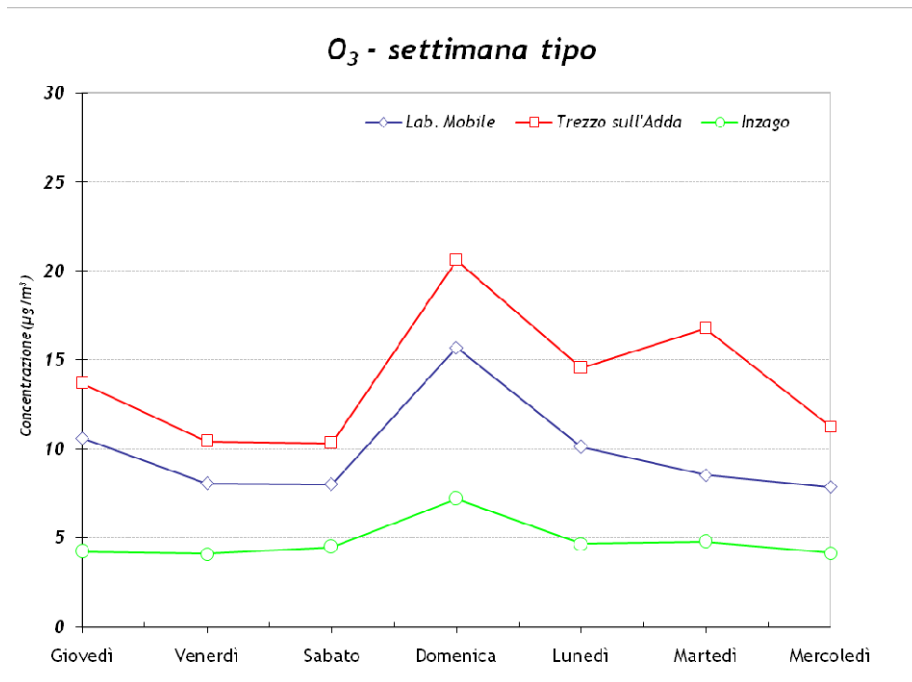
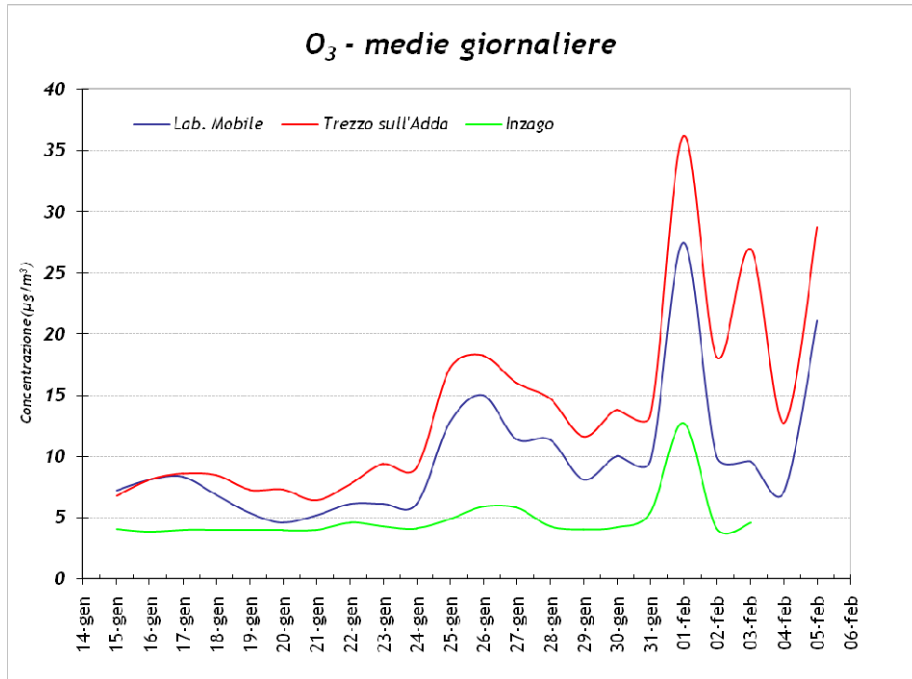


Anche il grafico del giorno mostra come le concentrazioni superiori si presentino nei giorni festivi durante i quali i valori di NO diminuiscono drasticamente per la diminuzione del traffico veicolare.



	Lab. Mobile	Milano Pascal	Monza	Trezzo sull'Adda	Meda	Inzago	Vimercate
Lab. Mobile	1.00						
Milano Pascal	0.57	1.00					
Monza	0.68	0.81	1.00				
Trezzo sull'Adda	0.81	0.52	0.59	1.00			
Meda	0.61	0.68	0.68	0.65	1.00		
Inzago	0.74	0.88	0.81	0.66	0.73	1.00	
Vimercate	0.69	0.73	0.76	0.64	0.78	0.83	1.00

La matrice di Pearson, calcolata sull'intero set di dati orari, ha messo in evidenza una ottima corrispondenza con le postazioni della rete lombarda prese a riferimento; nello specifico le stazioni di Trezzo sull'Adda ed Inzago sono quelle che presentano valori maggiormente correlati.

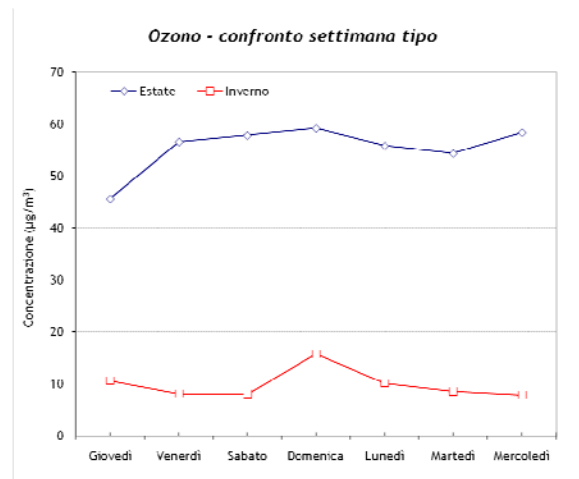
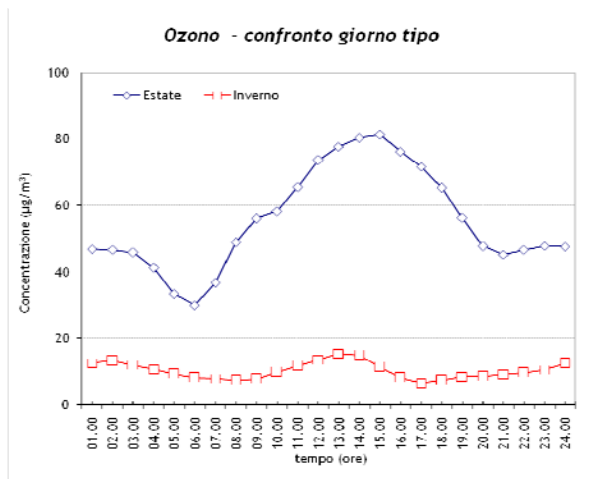
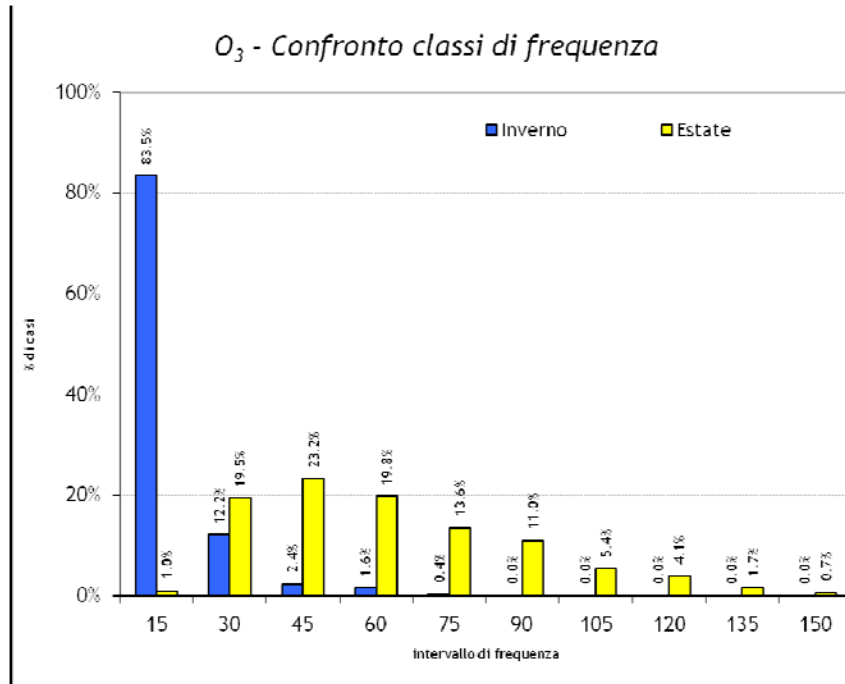


Sia il grafico delle concentrazioni medie giornaliere che quello della settimana tipo mostrano come le concentrazioni misurate nella stazione fissa di Trezzo sull'Adda siano costantemente superiori a quelle osservate in via del Campo a Busnago.

Nella tabella successiva si riportano per confronto le concentrazioni osservate nel corso delle due campagne di misura.

Ozono	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore minimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore massimo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore massimo media di 8 ore $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagna estiva	56	10	140	132
Campagna invernale	10	4	66	53

Il confronto delle classi di frequenza evidenzia per quanto riguarda l'ozono una situazione opposta rispetto a quanto illustrato precedentemente per gli altri inquinanti; si nota una dispersione più omogenea dei valori durante la campagna estiva. In quella invernale, invece, le concentrazioni sono addensate nell'intervallo 1-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

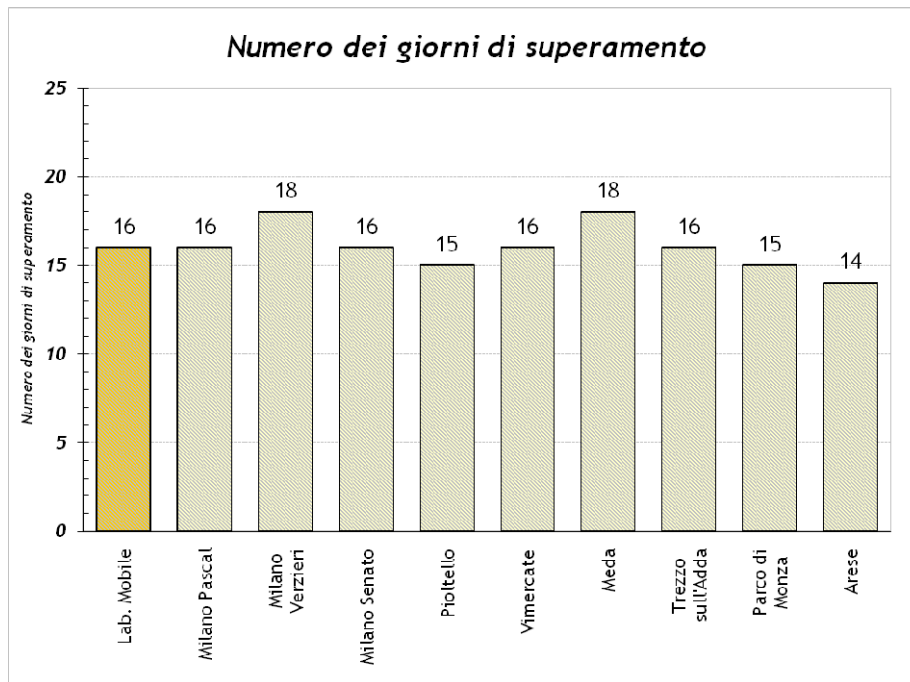


Anche nei grafici di confronto tra il giorno tipo e la settimana tipo, pur mantenendo un andamento temporale analogo, si osservano valori decisamente più alti nella stagione estiva rispetto a quella invernale.

## PM10 – Particolato Fine

Il particolato fine (PM10) è un inquinante la cui misura è stata introdotta a partire dal 1998; esso è costituito da particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, in grado quindi di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe). Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e di origine prevalentemente umana. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia.

I dati delle concentrazioni giornaliere di PM10 hanno fatto registrare, nei 23 giorni di misura, un valore medio di 64 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo giornaliero di 125 µg/m<sup>3</sup> il giorno 14 gennaio 2009. Durante il periodo di misura **sono stati osservati 16 superamenti, pari al 70% dei giorni di misura.**

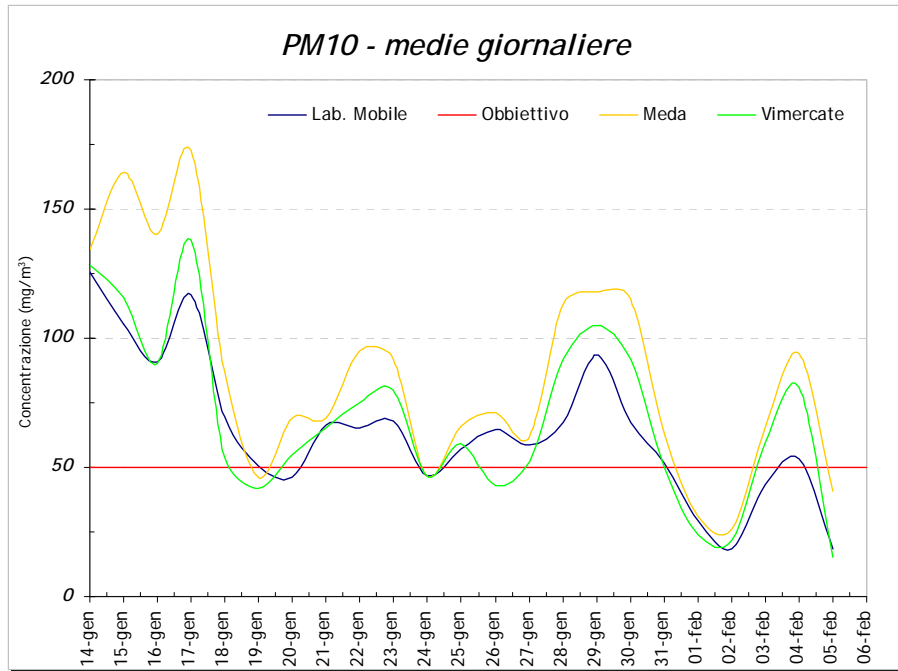


Una caratteristica importante del PM10 è quella di essere un inquinante di tipo ubiquitario, presenta cioè andamenti delle concentrazioni analoghe in diverse località del Bacino Padano. Tale fenomeno è osservabile nel grafico in cui sono riportati i superamenti riscontrati nelle stazioni fisse della rete regionale prese a riferimento; il numero dei superamenti osservati a Busnago è analogo a quello delle altre stazioni. Tale evidenza è confermata anche dall'ottima correlazione con tutte le stazioni provinciali prese a riferimento<sup>4</sup>, in particolare con quella fissa di Vimercate e Meda.

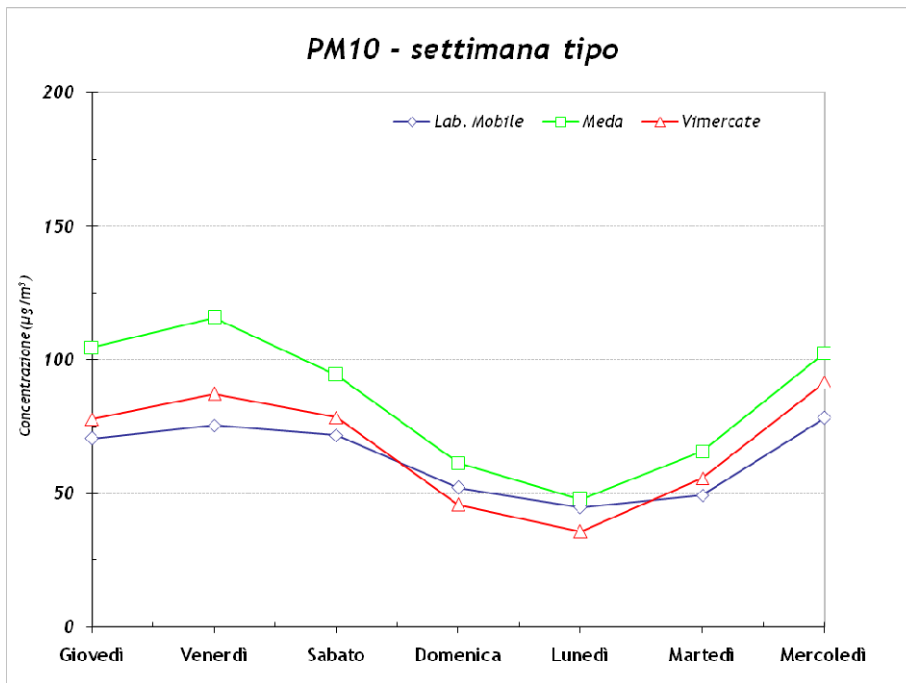
	Lab. Mobile	Milano Pascal	Milano Verzieri	Milano Senato	Pioltello	Vimercate	Meda	Trezzo sull'Adda	Parco di Monza	Arese
Lab. Mobile	1.00									
Milano Pascal	0.82	1.00								
Milano Verzieri	0.78	0.94	1.00							
Milano Senato	0.81	0.96	0.98	1.00						
Pioltello	0.69	0.96	0.89	0.90	1.00					
Vimercate	0.92	0.85	0.79	0.84	0.71	1.00				
Meda	0.91	0.84	0.85	0.89	0.76	0.95	1.00			
Trezzo sull'Adda	0.79	0.73	0.58	0.56	0.44	0.76	0.69	1.00		
Parco di Monza	0.88	0.89	0.83	0.87	0.86	0.92	0.89	0.63	1.00	
Arese	0.83	0.82	0.87	0.90	0.74	0.85	0.89	0.54	0.77	1.00

Di seguito viene riportato il grafico di confronto delle concentrazioni medie giornaliere riscontrate a Busnago e le due stazioni maggiormente correlate.

<sup>4</sup> Non è stato possibile confrontare i dati della campagna dicembre 2008 con quelli della centralina di Monza in quanto quest'ultima ha presentato un disservizio durante il periodo di osservazione.



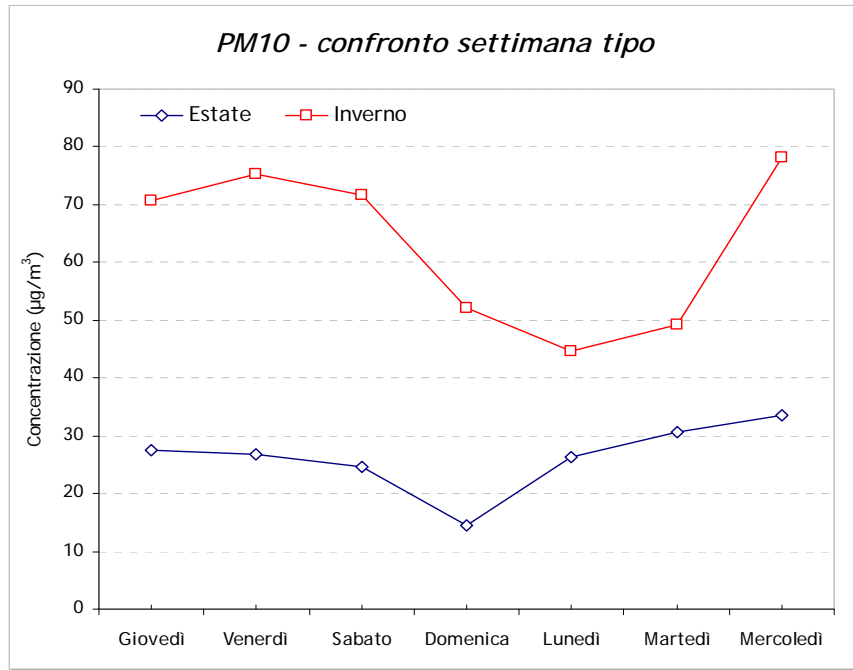
La buona correlazione tra le postazioni fisse e quella mobile è ulteriormente evidenziata nel grafico degli andamenti settimanali del PM10. Osservando il grafico si evidenzia che nel complesso le concentrazioni medie settimanali misurate a Busnago sono inferiori rispetto alle concentrazioni misurate nelle due stazioni maggiormente correlate.



Nella tabella sottostante si riportano le concentrazioni riscontrate nel corso delle due campagne di misura.

Monossido di carbonio	Valore medio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore massimo giornaliero $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore minimo giornaliero $\mu\text{g}/\text{m}^3$	n° giorni di misura	n° superamenti
Campagna estiva	27	45	16	24	0
Campagna invernale	64	125	18	23	16

Il periodo invernale è quello in cui più facilmente le concentrazioni di PM10 tendono ad accumularsi nell'atmosfera; tale tendenza è stata confermata nel corso dei due rilievi effettuati sul territorio comunale di Busnago. Se durante le misurazioni estive i valori si sono mantenuti costantemente al sotto della livello di attenzione i rilievi invernali hanno fatto registrare ben 16 superamenti su 23 giorni di misura. Anche il grafico di confronto della settimana tipo mette in risalto una variabilità elevata nei valori invernali con un minimo localizzato nella giornata di domenica.



## Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.)

La determinazione degli IPA, è servita per cercare di verificare quale sorgente antropica incida maggiormente sulla qualità dell'aria del sito oggetto di indagine.

In accordo con l'Amministrazione comunale è stata svolta la determinazione di 14 IPA estratti da 7 campioni di PM10 raccolti nel sito di misura sia nel corso delle misure estive che in quelle invernali.

Il campionamento per la misura degli IPA in atmosfera è stato eseguito secondo quanto previsto dal D.Lgs 152/07 e D.M. 25 Novembre 1994 con prelievi giornalieri di particolato: la metodica analitica per la determinazione dei vari Idrocarburi Policiclici Aromatici nei campioni prelevati è stata standardizzata nel 2005.

La normativa sopra indicata prevede un obiettivo di qualità pari a 1 ng/m<sup>3</sup> su base annua delle concentrazioni di IPA facendo riferimento alla concentrazioni di benzo(a)pirene.

Esaminando l'indicatore proposto dalla normativa e vista la forte stagionalità di questa classe di inquinanti, appare evidente che la scala temporale adeguata per una valutazione è generalmente quella annuale. Una campagna di misura condotta per un periodo più breve può essere utile in un'ottica di approccio preliminare alla caratterizzazione dei livelli di immissione nel luogo oggetto dell'indagine.

### La formazione degli IPA

La concentrazione di IPA nell'ambiente dipende da molteplici fattori come il tipo di sorgente e la sua vicinanza al punto di prelievo, le condizioni meteorologiche, come direzione e velocità del vento, temperatura e precipitazioni. Esiste poi un'ampia letteratura sulle emissioni di IPA dalle varie sorgenti antropiche.

Ultimamente gli studi si sono concentrati nel tentativo di determinarne il profilo chimico di queste emissioni al fine di poter utilizzare gli IPA come traccianti delle molteplici sorgenti antropiche.

Risulta comunque complesso stimare con precisione i differenti rapporti di emissione, a causa dei numerosi parametri che influenzano la formazione e l'accumulo degli IPA.

In ambito urbano le principali sorgenti sono dovute alle emissioni veicolari e al riscaldamento domestico e ciò che influisce maggiormente sulla quantità di IPA emessi da questi due tipi di sorgenti sono sia le condizioni in cui avviene la combustione (temperatura, umidità e disponibilità di ossigeno) che il tipo di combustibile usato (Standley and Simoneit – 1987).

Nel caso dei veicoli il parametro più importante, che incide sulla variabilità della quota emissiva di IPA, è la temperatura del motore. Per gli autoveicoli alimentati a benzina i dati di letteratura (Combet et al. - 1993) parlano di emissioni di IPA venti volte superiori durante la partenza a freddo piuttosto che durante la marcia con motore caldo. Per gli autoveicoli con motore diesel è stato verificato il medesimo comportamento ma con emissioni in proporzioni minori. L'anno di fabbricazione del veicolo, la velocità media e l'uso di marmitte catalitiche influenzano in maniera significativa l'emissione di IPA in ambiente (Schauer et al., 1993 – Paurterel et al., 1996).

Infine la composizione delle benzine influisce sulla formazione di IPA in atmosfera (Marr. et al., 1998). Per quanto riguarda i veicoli diesel sembra invece contribuire maggiormente la composizione dell'olio motore (Shaker et al. – 2002).

Le emissioni dei veicoli a benzina sono caratterizzate principalmente da IPA con elevato peso molecolare come il B[ghi]P, il I[123cd]P ed il COR<sup>5</sup>, rispetto ai gas di scarico dei motori diesel. Questo fatto sembra legato alle temperature operative del motore (Rogge et al. – 1993). Le emissioni di veicoli diesel invece si distinguono da quelle dei veicoli a benzina per l'elevata concentrazione di B[b]F, B[k]F e CHR<sup>6</sup> (Li Kamens – 1993).

Infine il profilo chimico degli IPA dovuti alla combustione di biomasse mostra un'emissione importante di B[b]F, B[k]F e CHR, anche se in quantità minori rispetto ai veicoli diesel.

<sup>5</sup> Coronene

<sup>6</sup> Crisene

Di questi tre IPA quello che risulta presente in concentrazione maggiore durante la combustione di biomasse è il CHR. In caso di molteplici sorgenti risulta comunque difficile sulla base dei soli IPA distinguere il profilo chimico dovuto alla combustione di biomasse da quello dei veicoli diesel. In questi casi risulta utile studiare la correlazione con altri traccianti, per stimare l'impatto delle molteplici sorgenti antropiche.

### Caratteristiche chimico fisiche degli IPA oggetto di studio

Gli IPA si possono trovare in natura sia in fase solida che di vapore, in relazione alla temperatura ed alla pressione di vapore ambientale. Generalmente, ad una temperatura di 25° gli IPA costituiti da tre anelli benzenici (quali fenantrene e antracene) si trovano primariamente in fase di vapore, gli IPA a 4-5 anelli (come pirene e fluorantene) si distribuiscono tra le due fasi, mentre IPA da 6 anelli in su (come ad esempio il benzo[a]pirene) si trovano quasi esclusivamente in fase solida (Yamasaki et al., 1982). La pressione di vapore degli IPA varia di un ordine di grandezza per ogni cambio di temperatura pari a 15°. Questo implica che ad elevate temperature, caratteristiche dei periodi estivi, anche IPA pesanti quali il benzo[a]pirene si possono trovare in fase di vapore, mentre alle basse temperature invernali gran parte degli IPA leggeri volatili si cristallizzano passando allo stato solido. Gli IPA presenti in atmosfera tendono a legarsi al particolato atmosferico con diametro inferiore ai 3 µm (Lane, 1989). In assenza di deposizioni umide queste particelle possono rimanere sospese in atmosfera per parecchi giorni (dalle 100 h ai 40 giorni; Eswea & Corn, 1971) e presentano pattern di distribuzione e deposizione molto estesi.

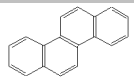
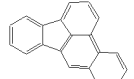


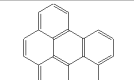
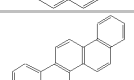
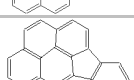

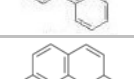
Gli IPA sono estremamente sensibili alla luce ed assorbono sia negli UVa che negli UVb, subendo due tipologie di reazioni fotochimiche: fotosensibilizzazione e fotodegradazione. Nella prima si formano radicali liberi (ad esempio superossidi), ovvero sostanze chimicamente molto reattive e pericolose per la salute umana, nella seconda gli IPA subiscono profonde mutazioni strutturali dando origine a composti di degradazione la cui tossicità è in fase di studio.

I primi 4 IPA della tabella qui di seguito proposta si trovano principalmente in fase vapore, la frazione in fase particolata ( $\leq 5\%^7$ ) varia con la temperatura e con le caratteristiche chimico fisiche del particolato presente in atmosfera. Per tale motivo non è possibile stimarne la concentrazione totale presente a partire dalla sola concentrazione misurata in fase particolata. Gli altri 9 IPA invece tendono ad essere presenti in atmosfera in fase particolata.

	SIGLA	IARC <sup>8</sup>	N. ANELLI	PESO MOLECOLARE	STRUTTURA
<i>IPA IN FASE GASSOSA</i>					
<b>FENANTRENE</b>	PhA	3	3	178.24	
<b>ANTRACENE</b>	Ant	3	3	178.24	
<b>FLUORANTENE</b>	Flu	3	4	202.26	
<b>PIRENE</b>	Pyr	3	4	202.26	
<i>IPA IN FASE PARTICOLATA</i>					
<b>BENZO(a)ANTRACENE</b>	BaA	2°	4	228.30	

<sup>7</sup> Park et al., 2001.

<sup>8</sup> **Gruppo 1:** cancerogeno per l'uomo – **gruppo 2A:** probabile cancerogeno per l'uomo – **gruppo 2B:** possibile cancerogeno per l'uomo – **gruppo 3:** non classificabile come cancerogeno per l'uomo – **gruppo 4:** probabilmente non cancerogeno per l'uomo.

<b>CRISENE</b>	Chr	3	4	228.30	
<b>BENZO(b)FLUORANTENE</b>	BbF	2B	5	252.32	
<b>BENZO(k)FLUORANTENE</b>	BkF	2B	5	252.32	
<b>BENZO(a)PIRENE</b>	BaP	2A	5	252.32	
<b>BENZO(ghi)PERILENE</b>	BgP	3	6	276.34	
<b>DIBENZO(a,h)ANTRACENE</b>	dBA	2A	5	278.35	
<b>INDENO(123cd)PIRENE</b>	IP	2B	6	276.34	
<b>BENZO(e)PIRENE</b>	BeP	3	5	252.32	
<b>CORONENE</b>	COR	3	7	300.35	

### Raccolta ed analisi dei campioni

*In breve:* il particolato PM10, dal quale, con processi di laboratorio sono stati estratti gli IPA, è stato raccolto con un campionatore a basso volume ( $Q_a=16.67$  l/min), su filtri in borosilicato.

La durata della misura per singolo campione è stata di 24 h (inizio 00.05 am).

Dopo la raccolta i filtri sono stati conservati, fino all'analisi, in camera climatizzata a 20°C e Umidità Relativa del 50%, chiusi in pellicola di alluminio. L'estrazione degli analiti dal filtro è avvenuta mediante bagno ad ultrasuoni con acetonitrile e successiva analisi in HPLC.

### Risultati e discussione

La determinazione degli IPA, in concomitanza alle misure di PM10 durante le campagne di misura condotte nel comune di Busnago, è servita per cercare di verificare quale sorgente antropica incida maggiormente nel tratto viario considerato. In accordo con l'Amministrazione comunale è stata svolta la determinazione di 14 IPA estratti da 8 campioni di PM10 raccolti nel sito di misura per singola campagna.

Campagna di misura	periodo di misura	n°campioni
Estiva - B1	26.05 – 02.06 2008	8
Invernale - B2	15.01 – 22.01 2009	8

Nelle tabelle seguenti si riportano le concentrazioni, espresse in  $\text{ng}/\text{m}^3$  degli Idrocarburi Policiclici Aromatici riscontrate nel corso delle due misurazioni:

**Campagna estiva – B1**

	Fenantrene	Antracene	Fluorantene	Pirene	Benzo(a)antracene	Crisene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(a)pirene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(ah)perilene	Indeno(123cd)pirene	Benzo(e)pirene	Coronene
Classe I.A.R.C.					2A		2B	2B	2A		2A	2B		
Giorni	PhA	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	COR
26/05/08 Lunedì	0.06	0.0035	0.04	0.09	0.02	0.08	0.05	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.06	0.02
27/05/08 Martedì	0.05	0.0035	0.04	0.12	0.04	0.11	0.09	0.04	0.05	0.11	0.01	0.03	0.04	0.02
28/05/08 Mercoledì	0.06	0.0035	0.04	0.09	0.04	0.08	0.06	0.02	0.04	0.08	0.01	0.03	0.02	0.02
29/05/08 Giovedì	0.08	0.0035	0.04	0.16	0.06	0.14	0.13	0.04	0.07	0.10	0.01	0.03	0.12	0.02
30/05/08 Venerdì	0.10	0.0035	0.04	0.29	0.16	0.20	0.22	0.07	0.13	0.14	0.03	0.12	0.21	0.06
31/05/08 Sabato	0.04	0.0035	0.04	0.07	0.06	0.09	0.15	0.05	0.08	0.11	0.01	0.05	0.12	0.06
01/06/08 Domenica	0.02	0.0035	0.04	0.01	0.03	0.05	0.10	0.03	0.05	0.09	0.01	0.08	0.05	0.06
02/06/08 Lunedì	0.05	0.0035	0.04	0.04	0.05	0.08	0.20	0.05	0.09	0.17	0.01	0.16	0.10	0.08

\* IN ROSSO SONO RAPPRESENTATE LE CONCENTRAZIONI INFERIORI ALLA SOGLIA DI RILEVAMENTO STRUMENTALE

**Campagna invernale – B2**

	Fenantrene	Antracene	Fluorantene	Pirene	Benzo(a)antracene	Crisene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(a)pirene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(ah)perilene	Indeno(123cd)pirene	Benzo(e)pirene	Coronene
Classe I.A.R.C.					2A		2B	2B	2A		2A	2B		
Giorni	PhA	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	COR
15/01/09 Giovedì	2.50	0.17	3.40	1.82	10.13	10.41	15.41	5.66	17.07	13.83	1.41	14.17	11.70	1.88
16/01/09 Venerdì	1.44	0.15	1.78	1.22	5.96	6.43	9.58	3.50	10.01	8.94	0.87	8.06	6.60	1.14
17/01/09 Sabato	1.74	0.07	2.50	1.31	7.22	7.65	10.52	4.05	11.51	9.53	0.95	9.56	7.99	1.36
18/01/09 Domenica	0.92	0.21	0.73	1.01	1.87	2.60	5.69	2.46	5.93	5.19	0.69	7.01	2.99	0.87
19/01/09 Lunedì	0.89	0.09	0.55	0.92	1.78	2.31	5.54	2.38	5.51	5.47	0.54	5.80	3.54	0.76
20/01/09 Martedì	1.30	0.16	1.72	1.30	5.47	5.52	9.11	3.60	10.40	9.61	0.88	9.87	6.37	1.19
21/01/09 Mercoledì	1.32	0.11	0.89	1.28	4.67	4.45	7.79	2.92	8.33	7.83	1.21	8.99	4.93	1.54
22/01/09 Giovedì	1.09	0.12	1.42	1.23	3.08	3.95	6.09	2.71	5.80	4.76	0.68	6.72	3.95	0.68

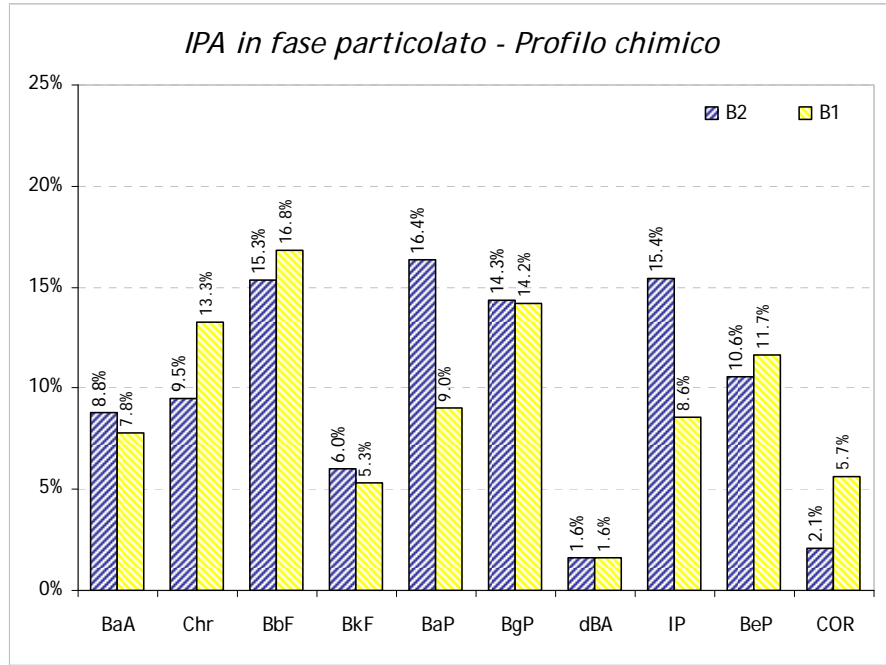
**Dai riscontri analitici effettuati sui filtri B<sub>1</sub> è emerso come le concentrazioni di tutti gli IPA siano molto basse, anche al di sotto del limite di rilevabilità.** In particolare le concentrazioni di benzo(a)pirene, preso a riferimento dalla normativa come marker degli IPA, sono risultate costantemente inferiori all'obiettivo di qualità (1 ng/m<sup>3</sup>) anche se tale limite è da intendersi come media annuale. **Diverso è invece il risultato ottenuto dall'analisi dei filtri della campagna B<sub>2</sub> dove le concentrazioni sono risultate non trascurabili, in particolare il B(a)P è risultato ampiamente superiore ad 1 ng/m<sup>3</sup> in tutti i giorni presi a riferimento.**

**Profilo chimico degli IPA**

Si riporta di seguito, sia in forma tabellare che in grafico, il profilo chimico medio degli IPA relativi ai due periodi di osservazione, inteso come rapporto dei singoli IPA presenti in fase particolata con  $\Sigma$ <sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Con  $\Sigma$  si intende il valore degli IPA totali. Con  $\Sigma'$  si intende il valore degli IPA totali senza considerare il fenantrene l'antracene il fluorantene ed il pirene in quanto questi sono presenti in atmosfera in fase particolata ed in fase gassosa. Poiché la ripartizione in fase particolata e gassosa di questi IPA ha una forte dipendenza dalla temperatura, si potrebbero generare grosse incertezze nel rapporto con gli IPA totali, in quanto fortemente legati alle condizioni atmosferiche e non alle sorgenti di emissione (ad es. a T=20°C C<sub>particolata</sub>/C<sub>gas</sub> = 0.36% e 5.6% per FLU e PYR rispettivamente - Seinfeld and Pandis, 1998).

Tabella 1	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	Cor
B1	7.8%	13.3%	16.8%	5.3%	9.0%	14.2%	1.6%	8.6%	11.7%	5.7%
B2	8.8%	9.5%	15.3%	6.0%	16.4%	14.3%	1.6%	15.4%	10.6%	2.1%



*Concentrazione totale media e variabilità*

E' stata innanzitutto valutata la concentrazione totale degli IPA ( $\Sigma$  e  $\Sigma'$ ) intesa come somma delle singole concentrazioni dei 14 IPA estratti dai filtri PM10 raccolti durante le campagne di misura.

E' quindi stato stimato il rapporto  $\frac{\Sigma}{\Sigma'}$ , per valutare quanto gli IPA con 3-5 anelli, principalmente in fase gassosa, incidano sul totale. In tabella 2 sono riportati i risultati per  $\Sigma$ ,  $\Sigma'$ ,  $\frac{\Sigma}{\Sigma'}$ , PM10 e T, relativi ai periodi di prelievo:

Tabella 2	B1	B2
n. campioni	8	8
Temperatura (valore medio)	19.8	2.7
$\Sigma$	7.33	490.49
$\Sigma'$	5.65	455.13
$\Sigma/\Sigma'$	1.297	1.078
PM10 (valore medio)	32	76
$\Sigma/PM10$ (%)	0.02	0.65

Osservando i dati si evidenzia come i livelli di concentrazione di IPA riscontrati nel sito di prelievo siano rappresentativi di un forte inquinamento, risultando, secondo i dati di letteratura, del medesimo ordine di grandezza dei livelli riscontrati in grandi città europee come Monaco (Kiss et al., 1999), Roma (Cucinato et al., 1999) ecc., nonostante vi sia una minore popolazione residente.

I fattori che regolano la concentrazione di IPA sono molteplici. Un primo fattore è dato dalla vicinanza delle potenziali sorgenti al sito di campionamento e dalle capacità dispersive dell'atmosfera. Nel luogo indagato tale seconda evidenza è sottolineata dall'elevato valore di concentrazione registrato

nella campagna di invernale dove le condizioni meteorologiche non hanno permesso una diluizione degli inquinanti.

Anche le variazioni stagionali incidono sui livelli di IPA, è infatti evidente nel sito indagato il gap nei rapporti di concentrazione inverno/primavera (Carrichia et al., 1999; Manichini et al., 1999; Dorr et al., 1999). Tale variabilità è dovuta a cause diverse una di queste è data dalla differente ripartizione tra fase gas e fase particolata degli IPA indotta dalla variazione della temperatura tra diversi periodi. Nel caso in esame il gap termico è stato di circa 17°C.

La diminuzione delle concentrazioni nei mesi più miti è legata anche alle reazioni di fotolisi diretta con specie radicaliche (OH, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), biradicaliche (O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) o altre molecole reattive, che contribuiscono a diminuire la loro permanenza in atmosfera.

Questo processo può essere illustrato osservando l'evoluzione delle concentrazioni di BaP nei due periodi di riferimento. Il BaP infatti risulta essere uno dei più reattivi degli IPA in fase particolata (Kamens et al., 1990).

## Il rapporto diagnostico

Per cercare di determinare quanto incidano nel sito di prelievo le varie sorgenti che concorrono alla formazione degli IPA, sono state fatte ulteriori considerazioni attraverso il rapporto diagnostico DR (diagnostic ratio) inteso come rapporto tra IPA considerati marker di particolari sorgenti antropiche.

La letteratura più recente<sup>10</sup> però ha mostrato qualche perplessità nell'utilizzo di tale metodo. Si ritiene infatti che questi composti siano sottoposti, una volta emessi in atmosfera, a processi più o meno elevati di foto - ossidazione con conseguente alterazione del parametro DR. Le diverse proprietà chimico-fisiche dei diversi IPA poi possono ulteriormente modificare questi rapporti (Simò et al., 1997). Tale approccio deve pertanto essere utilizzato con cautela.

In tabella 3 vengono riportati i risultati delle campagne B<sub>1</sub>/B<sub>2</sub> di tre rapporti di 5 IPA considerati traccianti del traffico e della combustione di biomasse con il valore degli IPA totali:

Tabella 3	ESTATE B1	INVERNO B2
$\Sigma$	7.33	490.49
$\Sigma'$	5.65	455.13
$(B[b]F+B[k]F)/\Sigma'$	0.22	0.21
$CHR/\Sigma'$	0.13	0.10
$B[ghi]P+COR/\Sigma'$	0.20	0.16

Il primo di questi rapporti è indicativo dell'impatto emissivo dei veicoli alimentati a gasolio, con qualche implicazione legata alla combustione di biomasse. Nel secondo rapporto viene utilizzato il crisene che è emesso in gran quantità dalla combustione di biomasse anche se mostra emissioni significative anche da veicoli diesel. Il terzo di questi rapporti mette invece in evidenza il contributo agli IPA totali dei veicoli a benzina.

Dall'analisi dei rapporti diagnostici sopra riportati, si può osservare come i valori dei siti B1 ed B2 siano confrontabili, la qual cosa sembra suggerire che le sorgenti emissive siano le stesse in entrambi i periodi. Dai risultati risulterebbe che a incidere in misura maggiore come sorgente emissiva sia la componente traffico rispetto agli impianti di riscaldamento ed in particolare risulterebbero più marcate, anche se di poco, le emissioni dai veicoli con alimentazione diesel.

Questo risultato sembrerebbe legato alla caratteristica degli autoveicoli alimentati a benzina (Combet et. Al. - 1993) di generare emissioni di IPA venti volte superiori durante la partenza a freddo piuttosto che durante la marcia con motore caldo, rispetto agli autoveicoli con motore diesel in cui tali emissioni avvengono in proporzioni minori.

Per cercare di ottenere ulteriori informazioni sulle sorgenti emissive che maggiormente

<sup>10</sup> Assemo O. Barakat: "Pahs petroleum markers in the atmospheric environment of Alexandria City, Egypt" – Water, Air and soil Pollution 139: 289-310 - 2002.

influenzano la qualità dell'aria nel sito di prelievo in tabella 4 sono stati ricavati i seguenti indici<sup>11</sup>:

1. **[IcdP]/[IcdP] + [BgliP]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
  - 0.18 per le emissioni da benzine<sup>12</sup>
  - 0.37 ÷ 0.70 per le emissioni di diesel
  - 0.56 per le emissioni dovute alla combustione del carbone<sup>13</sup>
  - 0.62 per le emissioni dovute alla combustione di legna<sup>14</sup>
2. **[Flu]/[Flu] + [Pyr]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
  - 0.44 per le emissioni da veicoli a benzina con marmitta catalitica<sup>15</sup>
  - 0.37 per le emissioni diesel degli autocarri
  - 0.60 ÷ 0.70 per le emissioni dovute a motori diesel<sup>16</sup>
  - 0.40 per le emissioni dovute ai motori benzina
3. **[BaA]/[BaA] + [Chr]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è generalmente utilizzato per valutare il contributo delle emissioni veicolari<sup>17</sup>:
  - 0.50 per le emissioni da industrie ed autocarri
  - 0.37 ÷ 0.70 per le emissioni dai motori diesel
  - 0.43 per le emissioni dai motori benzina
  - 0.16 per le emissioni di petrolio grezzo durante la combustione<sup>18</sup>

Tabella 4	ESTATE	INVERNO
I(123cd)P/I(123cd)P+B(gli)P	0.38	0.52
Flu/Flu+Pyr	0.26	0.56
B(a)A/B(a)A+Chr	0.37	0.48

Il primo di questi rapporti ha presentato un range di variazione in entrambe le campagne simile a quello dovuto alle emissioni dei veicoli diesel ed in minor misura a quello dovuto alla combustione del carbone. Il secondo ed il terzo di questi rapporti è svolto su IPA con caratteristiche volatili e non hanno mostrato valori significativi nel corso delle misure estive, invece per quanto riguarda la campagna invernale mostrano una buona corrispondenza con i valori tipici dell'emissione dei motori a benzina.

L'analisi di questi rapporti non evidenzia la presenza significativa di oli combustibili.

#### *Evoluzione temporale degli IPA e correlazione con i marker da traffico*

Per poter confermare la componente traffico come elemento dominante la qualità dell'aria nel sito di studio, rispetto ad altre sorgenti, è risultato utile verificare se le misure di IPA presentassero una qualche correlazione con il PM10 e con alcuni inquinanti caratteristici del traffico veicolare come CO, NO ed NO<sub>2</sub>; infatti questi gas, pur non essendo una causa diretta della formazione del particolato, sono, in generale, dei buoni indicatori di inquinamento antropico da traffico e per questo motivo, in alcuni casi, possono essere considerati buoni descrittori dell'andamento del particolato atmosferico per un determinato sito.

Si riportano in tabella 5 i valori medi delle grandezze sopra menzionate relative ai periodi B1 ed B2 unitamente ad alcuni dati meteo.

<sup>11</sup> Cotham and Bidleman, 1995; Lohmann ed al., 2000

<sup>12</sup> Kavouras et al., 1999; Pio et al., 2001; Alveas et al. 2001.

<sup>13</sup> Pio et al., 2001.

<sup>14</sup> Gogou et al., 1996.

<sup>15</sup> Rogge et al., 1993.

<sup>16</sup> Kavouras et al., 2001.

<sup>17</sup> E.g. Gogou et al., 1996.

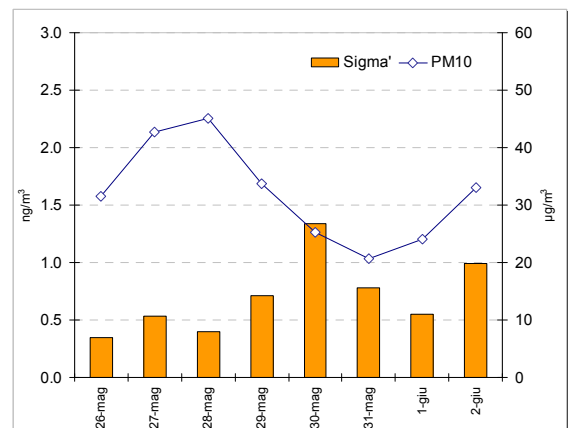
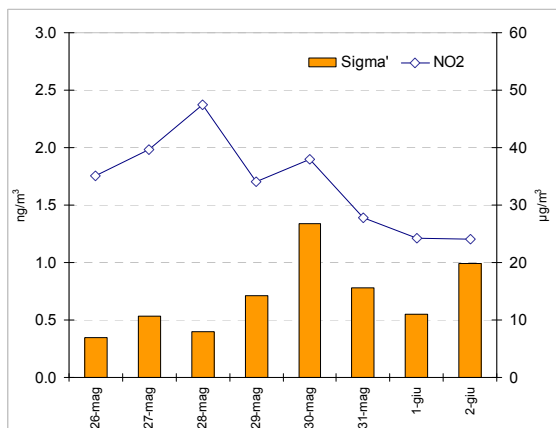
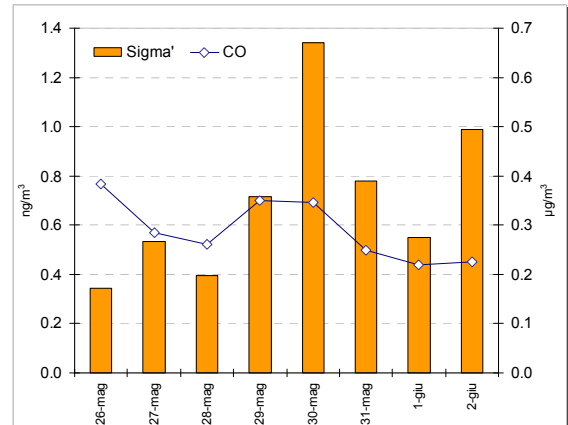
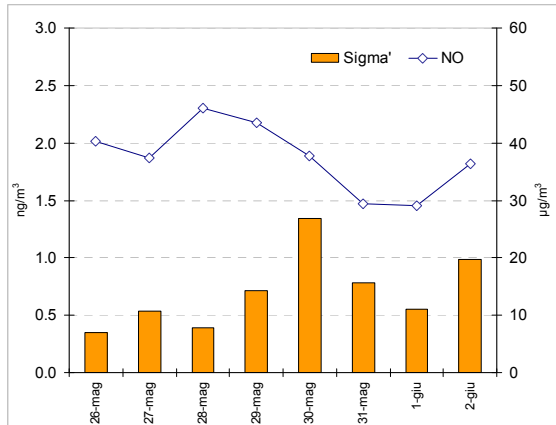
<sup>18</sup> Sicre et al., 1987

Tab.5	$\Sigma$ (ng/m <sup>3</sup> )	$\Sigma'$ (ng/m <sup>3</sup> )	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	VV (m/s)	T (°C)	Pioggia (mm Tot.)
B1	7.33	5.65	32	37	34	0.3	0.6	19.8	25.4
B2	490.49	455.13	76	97	97	1.1	0.1	2.7	68.2

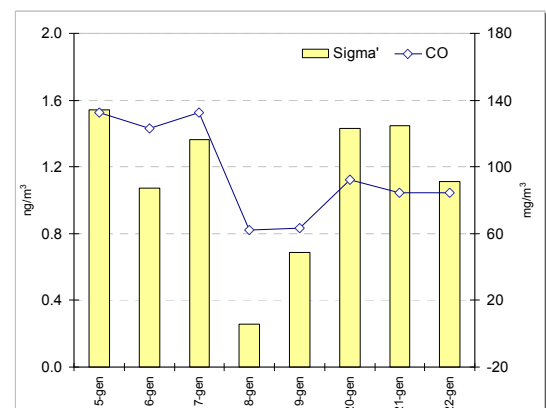
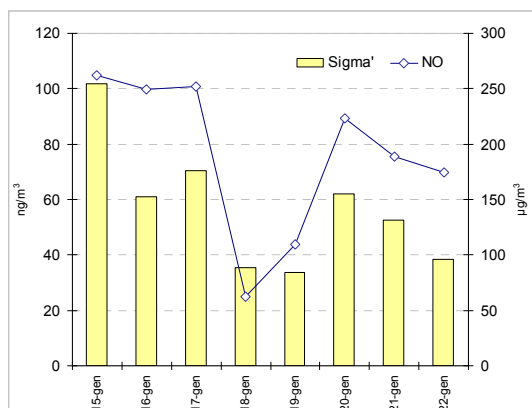
Relativamente alle condizioni meteorologiche occorse nei due periodi di misura, si osserva come nel complesso quelle che hanno permesso una migliore dispersione si siano verificate nel periodo estivo; significativa risulta essere la discrepanza tra periodo estivo ed invernale della velocità del vento.

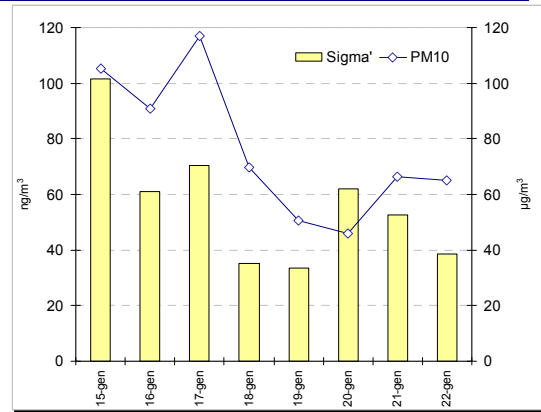
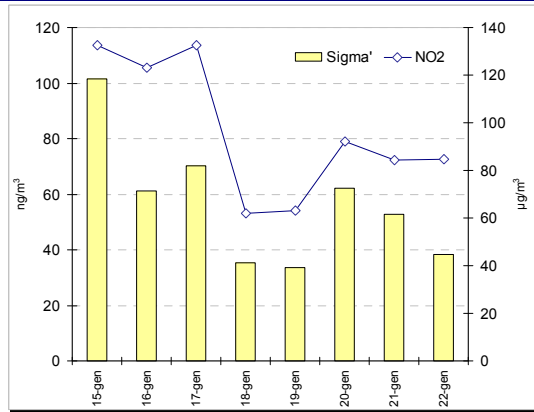
Per una maggiore comprensione dei dati, nei sottostanti grafici vengono rese le evoluzioni temporali delle grandezze riportate in tabella, relative ai periodi di osservazioni.

### Campagna estiva



### Campagna invernale





Esaminando i trend sopra riportati, si rileva un andamento simile tra marker del traffico ed IPA nel periodo B2 mentre nel periodo B1 non vi è questa evidenza, come sottolineato dalle matrici di Pearson qui sotto proposte.

B1	Σ	Σ'	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM10
Σ	1.00					
Σ'	0.98	1.00				
NO	-0.06	-0.22	1.00			
NO <sub>2</sub>	-0.07	-0.25	0.76	1.00		
CO	0.19	0.01	0.53	0.42	1.00	
PM10	-0.37	-0.46	0.75	0.71	0.06	1.00

B2	Σ	Σ'	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM10
Σ	1.00					
Σ'	1.00	1.00				
NO	0.82	0.82	1.00			
NO <sub>2</sub>	0.87	0.86	0.92	1.00		
CO	0.72	0.73	0.88	0.69	1.00	
PM10	0.68	0.68	0.58	0.84	0.33	1.00

La matrici di Pearson relativa al periodo B2 evidenzierrebbe come risultati preponderante la vicinanza della sorgente traffico al punto di prelievo con discrete correlazioni tra alcuni marker da traffico e IPA totali (RNO = 0.82 - RNO<sub>2</sub> = 0.87).

Vi è da sottolineare però che una discreta correlazione tra IPA totali e PM10, come evidenziato per il sito B2 è piuttosto insolita, infatti gli IPA sono principalmente associati ad aerosol submicrometrico (Venkataraman and Friedlander, 1994; Schnelle-Kreis et al., 2000), il cui taglio dimensionale rappresenta solo una piccola frazione del bilancio di massa del PM10.

Essendo però gli IPA composti antropogenici primari, tali correlazioni sembrerebbero indicare che le concentrazioni di PM10 nel sito siano dovute principalmente ad emissioni antropogeniche primarie, con un'implicazione marginale dovuta ad aerosol di origine naturale.

Osservando invece i coefficienti di correlazione ottenuti per il periodo B1 sembrerebbe non esserci un legame diretto tra traffico veicolare ed IPA; questo permette di ipotizzare che vi possa essere un'altra sorgente che incide sulla qualità dell'aria nel tratto viario in esame, il quale è stato soggetto molto probabilmente a fenomeni di trasporto.

#### Potere carcinogenico equivalente degli IPA in fase particolata

Il potere carcinogenico equivalente del B(a)P (BaPE) è un indice proposto<sup>19</sup> per parametrizzare la carcinogenicità degli IPA nel materiale particolato in atmosfera.

Il BaPE viene utilizzato al posto del BaP per dimostrare la cancerogenicità degli IPA in quanto quest'ultimo viene facilmente decomposto dalla luce solare e dagli agenti ossidanti presenti in atmosfera<sup>20</sup>.

Le specie equivalenti del B(a)P includono B(a)A, B(b)F, B(k)F, D(ah)A, B(a)P e I(cd)P ed il BaPE è definito dall'equazione [1]:

<sup>19</sup> Yassaa et al., 2001.

<sup>20</sup> Yassaa et al., 2001.

$$BaPE = 0.06[BaA] + 0.07[BbF] + 0.07[BkF] + [BaP] + 0.6[DahA] + 0.08[IcdP] \quad [1]$$

dove il coefficiente davanti ad ogni termine rappresenta la tossicità degli IPA in relazione al BaP.

Viene qui di seguito applicato tale indice per valutare la carcinogenicità degli IPA in fase particolata nei due periodi di osservazione.

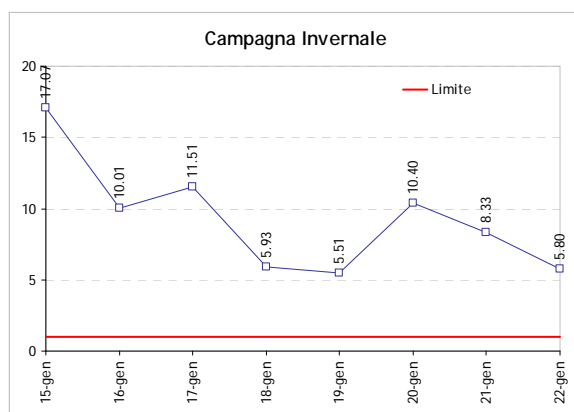
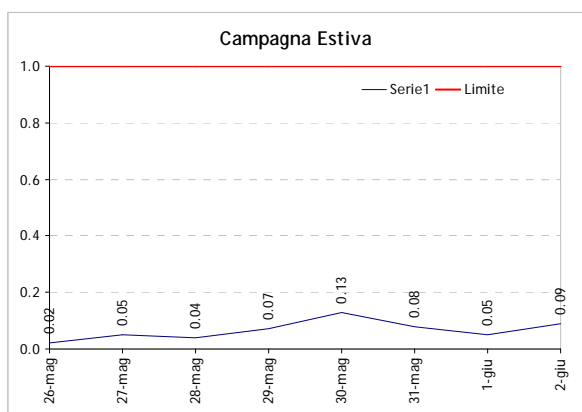
Specie equivalente (SE) – B1	conc. ± SD (ng/m <sup>3</sup> )
SE(BaA)	0.03 ± 0.003
SE(BbF)	0.07 ± 0.004
SE(BkF)	0.02 ± 0.001
SE(BaP)	0.53 ± 0.03
SE(DahA)	0.06 ± 0.04
SE(IcdP)	0.04 ± 0.004
<b>BaPE</b>	<b>0.75</b>

Specie equivalente (SE) – B2	conc. ± SD (ng/m <sup>3</sup> )
SE(BaA)	2.41 ± 0.17
SE(BbF)	4.88 ± 0.23
SE(BkF)	1.91 ± 0.08
SE(BaP)	75.56 ± 3.89
SE(DahA)	4.34 ± 0.17
SE(IcdP)	5.61 ± 0.21
<b>BaPE</b>	<b>93.71</b>

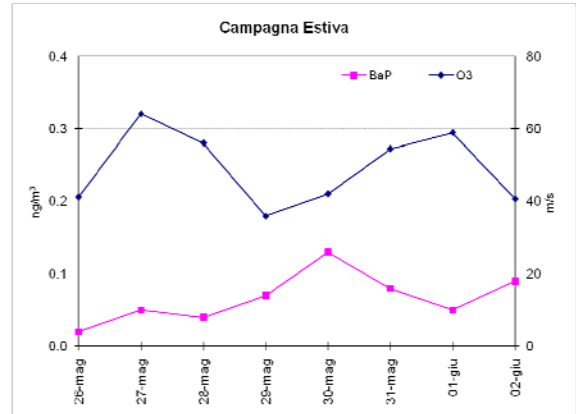
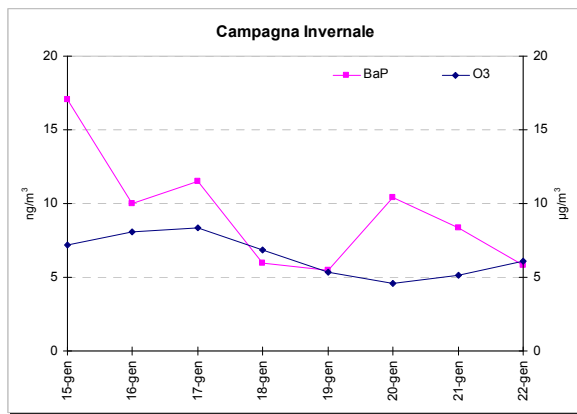
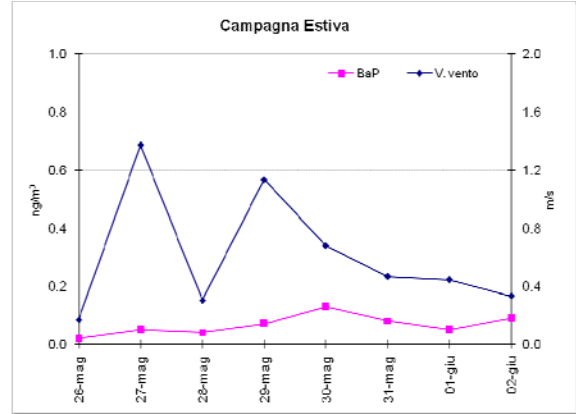
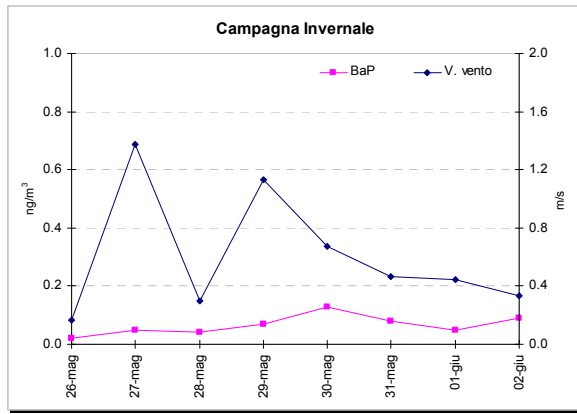
Si osserva come il BaPE incida per il 18.2 % durante la misura estiva e del 25.8 % nella campagna invernale, rispetto al valore totale degli IPA ( $\Sigma'$ ).

### Il Benzo[a]pirene

La normativa prende a riferimento come marker degli IPA il benzo(a)pirene. Sebbene non sia possibile ricavare la media mobile annua per il numero esiguo dei dati, si osserva come nel corso della campagna estiva le concentrazioni si siano mantenute costantemente al di sotto del limite normativo, esattamente l'opposto delle misure invernali.



Nel grafico successivo sono stati riportati gli andamenti delle concentrazioni di BaP e della velocità media giornaliera del vento; si osserva una diminuzione di questo inquinante in corrispondenza dei giorni relativamente più ventosi.



Dai dati di letteratura risulta che gli IPA con alto peso molecolare, come il benzo(a)pirene, presentano una variabilità in particolar modo legata alla temperatura e la radiazione solare (Halsall e coll.). Gli IPA infatti tendono a reagire anche con l'ozono, inquinante fotochimico, come ampiamente documentato in letteratura<sup>21</sup>, con diversi possibili meccanismi.

Tali reazioni sono messi in evidenza nel grafico della campagna estiva dove i massimi di concentrazione di ozono corrispondono ai valori minimi di Benzo(a)pirene e viceversa.

<sup>21</sup> Cfr. Rindone B., Beltrame P., De Cesaris A.L.. "Il benzene ed altri composti aromatici: monitoraggio e rischi per l'uomo" - pag. 62.

## CONCLUSIONI

Il comune di Busnago ai sensi della D.G.R. 5290/07 è classificato in termini di qualità dell'aria come ricadente in zona A2, ovvero in un'area caratterizzata da alta densità abitativa, elevate attività industriali, alta densità di traffico, condizioni meteorologiche avverse alla dispersione degli inquinanti e conseguentemente con concentrazioni più elevate di PM10.

Attraverso il monitoraggio in un periodo significativo dell'anno (14/01/2009 – 15/02/2009), ed il confronto con i valori osservati nel corso della campagna estiva (08/05/2008 – 03/06/2008) è stato possibile caratterizzare la qualità dell'aria lungo via del Campo.

L'adesione poi dell'Amministrazione comunale al "Progetto IPA", promosso dal Dipartimento ARPA di Monza e Brianza, a seguito dell'emanazione del D.L. 152/07 (pubblicato sulla G.U. n. 194/L del 13/09/2007), concernente i criteri di valutazione di metalli e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), ha permesso sia di ottenere una base importante di dati su questa classe di microinquinanti risultati, se presenti in concentrazioni elevate, ad alto rischio sanitario e classificati dalla IARC come cancerogeni per l'uomo, sia di indagare quale sorgente incida maggiormente sulla qualità dell'aria del sito indagato, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche osservate durante le due campagne di misura quelle che nel complesso hanno garantito una migliore dispersione degli inquinanti sono state quelle estive. Sebbene il numero precipitazioni piovose siano stati uguali nei due periodi, gli eventi ventosi, sia in numero che in intensità, sono stati superiori durante la campagna estiva del 2008.

Significativo di tale situazione è stato il confronto tra le concentrazioni di PM10, infatti se nella campagna estiva non sono stati registrati superamenti del valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel corso delle misurazioni invernali sono stati osservati 16 superamenti giornalieri su un totale di 23 giorni di misura.

Va comunque sottolineato il fatto che tale criticità ha riguardato tutto il bacino padano che, a causa dell'orografia del suo territorio (chiuso nelle tre direzioni Nord, Ovest, Sud dai rilievi alpini ed appenninici), risente maggiormente di fenomeni di stagnazione (in particolare la zona di Milano, caratterizzata da un clima continentale, subisce questo blocco atmosferico soprattutto in inverno).

La difficoltà di dispersione degli inquinanti nel periodo invernale è confermata anche dalle concentrazioni di  $\text{NO}_2$  evidenziando nel corso di questo periodo valori elevati con anche il superamento del livello di attenzione durante la seconda decade del mese di gennaio 2009.

Attraverso la determinazione di CO ed  $\text{NO}_x$  è stato possibile caratterizzare i flussi di traffico presenti lungo via del Campo: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serali; in particolare per il giorno tipo feriale i valori più alti si presentano nella fascia oraria che va dalle ore 07.00 alle ore 10.00 del mattino e dalle 16.00 alle 21.00 della sera.

La tendenza dell'Ozono ad accumularsi nel corso dei mesi estivi è stata confermata anche durante le misurazione a Busnago. Sebbene nel corso delle misurazioni estive (maggio – giugno) siano stati verificati solo alcuni superamenti del limite per la salute umana, un aumento dei valori di radiazione solare nel corso dei mesi centrali della stagione fa presupporre che vi siano stati anche dei superamenti del valore di attenzione. I valori osservati nel corso della campagna invernale sono stati decisamente più contenuti, in linea con quanto osservato dalle altre stazioni di riferimento regionale.

Dallo studio effettuato sulla concentrazione degli IPA (considerati dalla letteratura dei "marker" delle diverse sorgenti antropiche) estratti da 8 campioni di PM10 per singola campagna, è emerso come le concentrazioni di tutti gli IPA non abbiano presentato valori significativi nel periodo B1. In particolare le concentrazioni di benzo(a)pirene, preso a riferimento dalla normativa come marker degli IPA, sono risultate costantemente inferiori all'obiettivo di qualità ( $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) anche se tale limite è da intendersi come media annuale. Diverso è invece il riscontro sui filtri B2 dove le concentrazioni sono risultate non trascurabili, in particolare il B(a)P è risultato costantemente superiore ad  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

---

Per cercare di determinare quanto incidano nel sito di prelievo le varie sorgenti che concorrono alla formazione degli IPA, sono state fatte ulteriori considerazioni attraverso il rapporto diagnostico DR (diagnostic ratio) inteso come rapporto tra IPA considerati marker di particolari sorgenti antropiche.

Lo studio sembrerebbe far emergere che in condizioni atmosferiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, con prevalenza di calma di vento, la vicinanza della potenziale sorgente emissiva al sito di campionamento tenderebbe a caratterizzare in maniera incisiva il profilo degli IPA.

Dai risultati del periodo B2 sembrerebbe la sorgente emissiva preponderante sia il traffico veicolare rispetto agli impianti di riscaldamento; in particolare risulterebbero più marcate le emissioni dai veicoli alimentati a diesel, anche di tipo pesante.

Il dato è confermato dalla discreta correlazione con il PM10 e con alcuni "marker" del traffico veicolare come NO ed NO<sub>2</sub>; infatti questi gas, pur non essendo una causa diretta della formazione del particolato, sono, in generale, dei buoni indicatori di inquinamento antropico da traffico e per questo motivo, in alcuni casi, possono essere considerati buoni descrittori dell'andamento del particolato atmosferico per un determinato sito.

Centraline rete provinciale di riferimento

Comune	Rete	Tipo zona	Tipo stazione	Quota s.l.m.	Periodo di misura
		Dec. 2001/752/CE	Dec. 2001/752/CE		
Busnago Via del Campo	PUB	URBANA	TRAFFICO	207	14.01 – 06.02 2009
Monza	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
Milano Pascal	PUB	URBANA	TRAFFICO	125	Centralina Fissa
Trezzo sull'Adda	PRIV	SUBURBANA	FONDO	178	Centralina Fissa
Meda	PUB	URBANA	FONDO	243	Centralina fissa
Vimercate	PUB	URBANA	FONDO	206	Centralina Fissa
Inzago	PRIV	SUBURBANA	FONDO	138	Centralina Fissa
Cassano d'Adda	PRIV	URBANA	FONDO	133	Centralina Fissa
Pioltello	PUB	URBANA	FONDO	122	Centralina Fissa
Milano Verzieri	PUB	URBANA	TRAFFICO	122	Centralina Fissa
Milano Senato	PUB	URBANA	TRAFFICO	119	Centralina Fissa
Parco di Monza	PUB	URBANA	FONDO	180	Centralina fissa
Arese	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina fissa

**rete:** PUB = pubblica, PRIV = privata

**tipo zona Decisione 2001/752/CE:**

-URBANA: centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti

-SUBURBANA: periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale

-RURALE: all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale

-NON NOTA: sconosciuta o altro

**tipo stazione Decisione 2001/752/CE:**

-TRAFFICO: se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL)

-INDUSTRIALE: se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria

-FONDO: misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale

-NON NOTA: sconosciuta o altro

## Bibliografia

**Atkinson, R., Carter, W. P. L., Plum, C. N., Winer, A. M., Pitts, J. N.** 1984. Kinetics of gas-phase reactions of NO<sub>3</sub> radicals with a series of aromatics at 296±2K, *Int. J. Chem. Kinetics*, 16, 886.

**Becker, K-H., Cox, A., LeBras, G., Lesclaux, R., Moortgat, K., Sidebottom, W., Zellner, R.** 1992. Reaction of OH radical. EUROTRAC, Annual Report, 9.

**Bierbaum, U. M., Filley, J., DePuy, C. H.** 1994. Kinetic Isotope Effect in Gas-Phase induced elimination reactions. *American Chemical Society*, 107, 2818.

**Cassoni F., Bocchi C. ARPA Emilia Romagna.** "Monitoraggio della mutagenicità del particolato atmosferico urbano: Rete Regionale dell'Emilia Romagna – Aggiornamento anno 2004.

**Cecinato, A., Ciccioli, P., Brancaleoni, E., Frattoni, M.** 1993. Ruolo dei VOC nella formazione di ozono. Atti della giornata di studio inquinamento chimico e fotochimico in aree della Lombardia, Saronno 14 ottobre 1993.

**CISE** 1996. Disaggregazione spaziale, temporale e dei composti organici volatili del censimento delle emissioni CORINAIR 1990. Applicazione alla Regione Lombardia.

**Chow JC.** Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles. *J Air Waste Manage Assoc* 1995;45:320-82.

**D. lgs. Minambiente e Minsalute n. 25 novembre 1994.**

**DM n° 60 del 2/4/2002** "Recepimento della Direttiva 99/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della Direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene e il monossido di carbonio.

**Elias, G., Siniscalco, F.** 1972. L'inquinamento dell'aria: sorgenti, effetti e difese. Peg. **ENEA** 1995. CORINAIR project; air pollution emission inventory in Italy for the year 1990. Final report. ENEA, Dip. Ambiente, Roma.

**Gaudio, et al.**, 1991. Le emissioni di composti organici volatili in Italia. *IA Ingegneria Ambientale*, vol. XX, n. 5, 244-251.

**Gualdi R., Lanzani G. e Cazzuli O. (2003)** – "Razionalizzazione del monitoraggio della qualità dell'aria". ARPA Lombardia.

**Harrison, R. M., Smith, D. J. T., Luhana, L.** 1996. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham, UK. *Env. Sci. Tec.*, 30, 825-832.

**Meylan, W. M., Howard, P. H.** 1993. Computer estimation of the atmospheric gas-phase reaction rate of organic compounds with hydroxyl radicals and ozone. *Chemosphere*, 26, n. 12, 2293.

**Mitchell, D. N., Wayne, R. P., Allen, P. J., Harrison, R. P., Twin, R. J.** 1980. Kinetics and photochemistry of NO<sub>3</sub>. *J.C.S. Faraday II*, 785.

**Norma ISO 9359 (edizione 1989)** "Air qualità. Stratified sampling method for assessment of ambient air qualità".

**Norma UNI EN ISO 9001 (2000)** "Sistemi di gestione della qualità - Requisiti".

**Norma UNI EN ISO 14001 (1996)** "Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso".

**Penning, T. M., Ohnishi, S. T., Harvey R. G.** 1996; Generation of reactive oxygen species during the enzymatic oxidation of PAH trans-dihydrodiols catalyzed by dihydrodiol dehydrogenase. *Chem. Res.*

**Progetto SINA – Area di Epidemiologia Ambientale ARPA Emilia Romagna.** "Analisi statistiche a supporto del monitoraggio della qualità dell'aria in Emilia Romagna".

**Ziemacki G, Viviano G, Merli F.** Heavy metals: sources and environmental presence. *Ann Ist Super Sanità* 1989;25(3): 531-6.