



**Laboratorio Mobile**  
**Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**  
**Comune di Desio**  
**Piazza Giovanni Paolo II – c/o Municipio**

**28/08/2008 – 28/09/2008**



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

## **Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**

**Comune di Desio**

**Piazza Giovanni Paolo II – c/o Municipio**

MONZA,

### **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

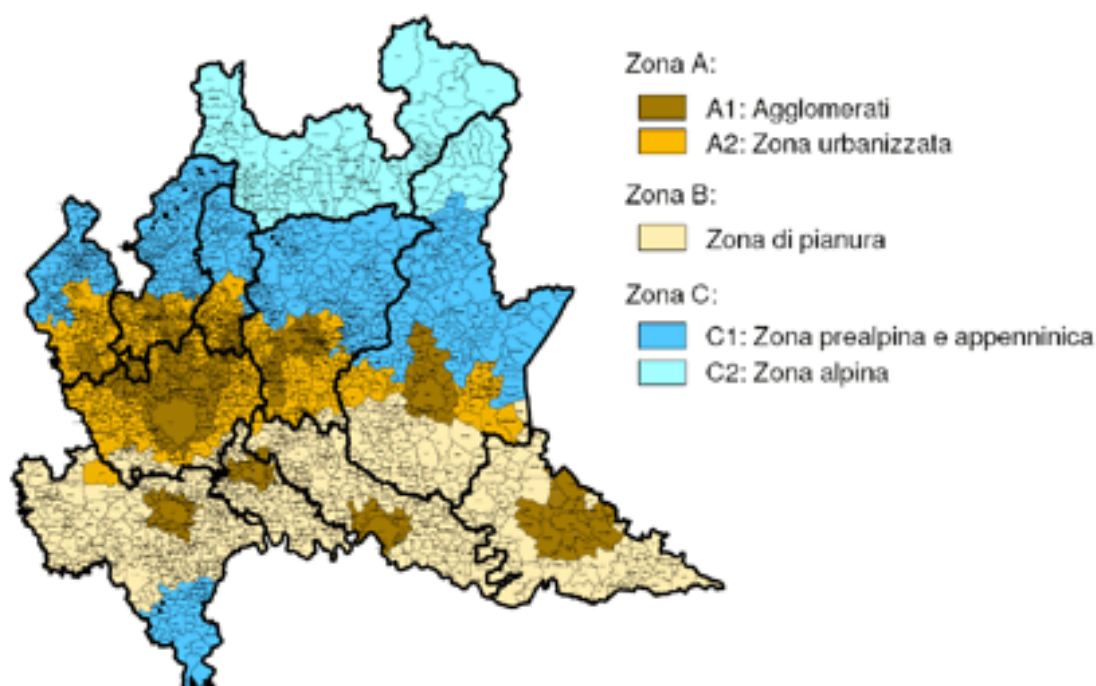
## Premessa

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 sulla Piazza Giovanni Paolo II, antistante il palazzo 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 a tra 1.5 e 4 m di quota;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 m dal suolo.

I seguenti dati verranno confrontati con quelli misurati durante la campagna di misura invernale svolta nel periodo 06/02/2008 – 03/03/2008.

A seguito di un problema tecnico occorso all'analizzatore di monossido di carbonio i valori osservati sono stati inferiori del 75% rispetto periodo complessivo di misura; pertanto non verrà fatta alcuna valutazione in merito.

Durante la campagna di misura oltre all'analisi dei classici inquinanti dovuti al traffico veicolare sono state valutate, attraverso analisi di laboratorio, le concentrazioni gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) presenti nel materiale particolato aerodisperso (PM10) campionato.

## 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. Nella tabella seguente tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2008.

**Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2008.**

Biossido di Zolfo	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	<b>350</b>	1 h	D.M. 60 2/4/02
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	<b>125</b>	24 h	D.M. 60 2/4/02
Valore limite protezione ecosistemi	<b>20</b>	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. 60 2/4/02
Soglia di allarme	<b>500</b>	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 60 2/4/02

Biossido di Azoto	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile)	<b>200</b>	1 h	D.P.R. 24/5/88
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	<b>200 (+20)</b>	1 h	D.M. 60 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	<b>40 (+4)</b>	Anno civile	D.M. 60 2/4/02
Soglia di allarme	<b>400</b>	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 60 2/4/02

Ossidi di Azoto	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione vegetazione	<b>30</b>	Anno civile	D.M. 60 2/4/02

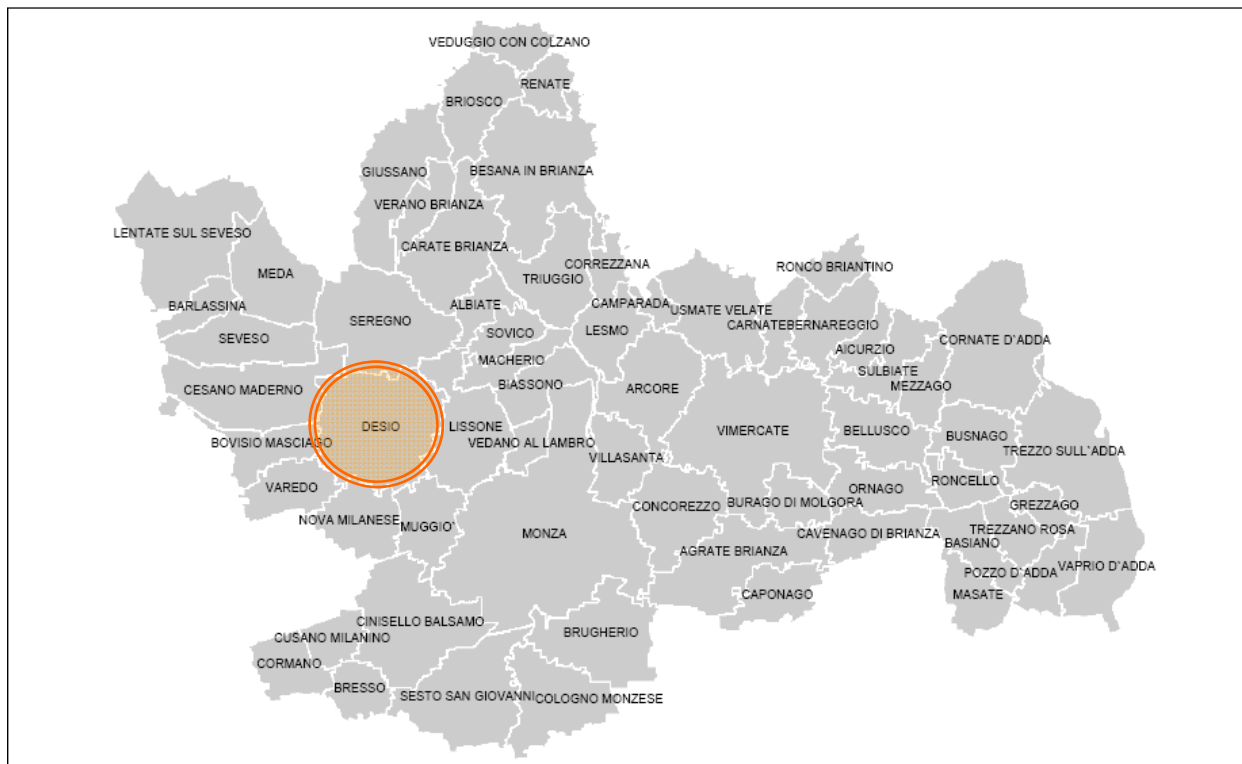
Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
Standard di qualità	<b>40</b>	1 h	D.P.C.M. 28/3/83
Standard di qualità	<b>10</b>	8 h	D.P.C.M. 28/3/83
Valore limite protezione salute umana	<b>10</b>	8 h	D.M. 60 2/4/02
Soglia di attenzione	<b>10</b>	8 h	D.G.R. 28/10/02

Ozono	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	<b>120</b>	8 h	D.L. 21/5/04
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	<b>18000</b>	AOT40 (mag – lug) su 5 anni	D.L. 21/5/04
Soglia di informazione	<b>180</b>	1 h	D.L. 21/5/04
Soglia di allarme	<b>240</b>	1 h	D.L. 21/5/04

Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	<b>50</b>	24 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	<b>40</b>	Anno civile	D.M. 2/4/02

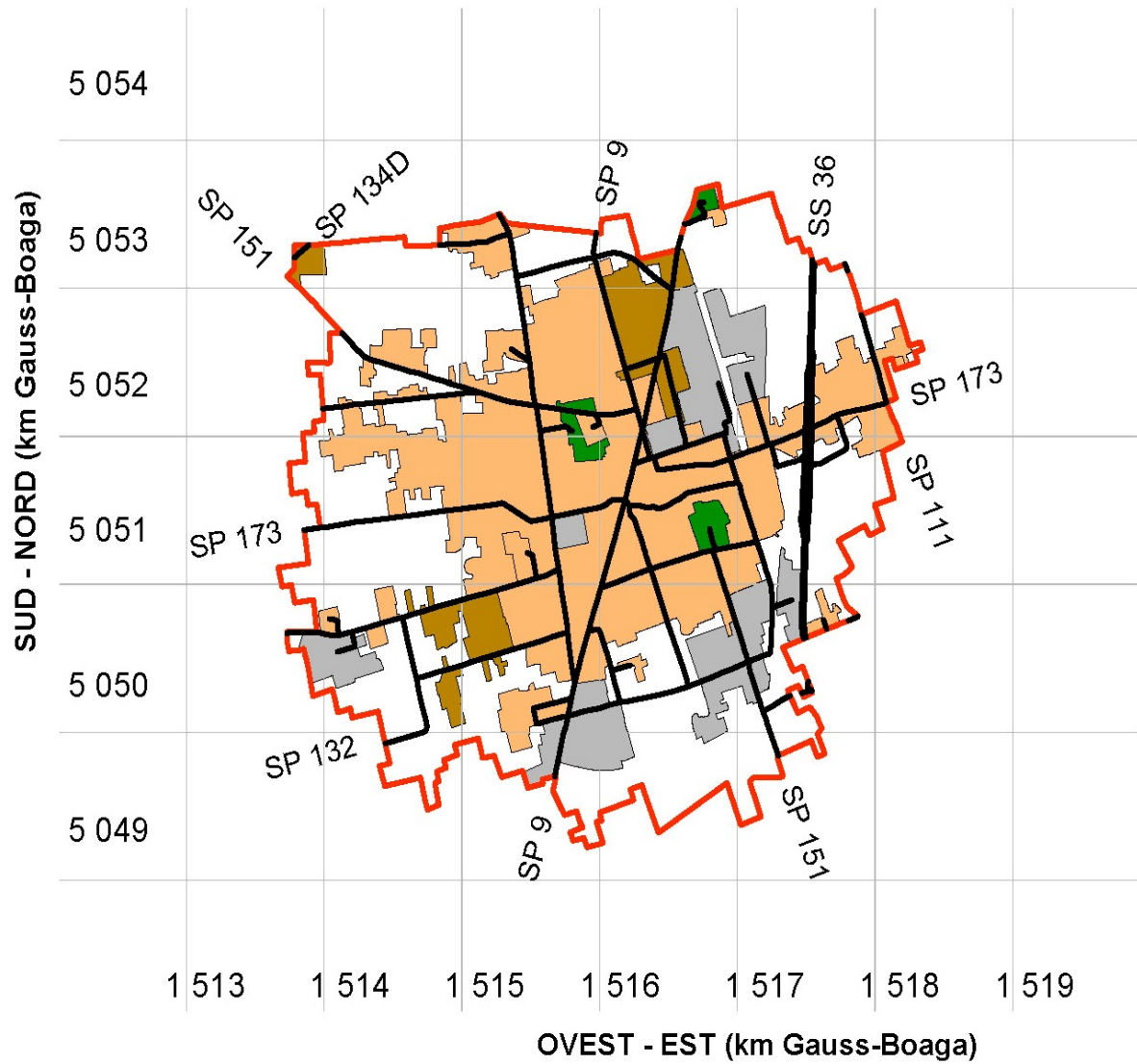
IPA	Valore Obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
B[a]P	Valore limite protezione salute umana e per l'ambiente <b>1</b>	Anno civile	D.L. 152 03/08/07
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il valore obiettivo è riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione 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



<b>Periodo di misura</b>	28 agosto – 29 settembre 2008
<b>Sito di misura:</b>	Piazza Giovanni Paolo II
<b>Assi stradali statali e provinciali:</b>	s.s. 36 – via Nuova Valassina s.p. 09 – c.so Italia s.p. 111 – via Seregno s.p. 132 – via Sabotino s.p. 134D s.p. 151 – via Cesano s.p. 173 – via Desio
<b>Assi stradali comunali</b>	c.so Milano Via Marconi
<b>Autostrade e tangenziali</b>	Tangenziale Sud

### Mappa dei principali assi viari cittadini



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

## Il Territorio Comunale di Desio

Il comune di Desio ha un'estensione di circa 15 Km<sup>2</sup>, è collocato a nord del territorio provinciale e dista circa 20 Km dal Capoluogo Lombardo. La popolazione residente (dati Istat 2004) è di circa 38259 abitanti per una densità abitativa di circa 2551 abit/Km<sup>2</sup>.

Desio confina a nord con Seregno ad Ovest con Cesano Maderno e Bovisio Masciago a est con Lissone e a Sud con Nova Milanese e Muggiò.

Le maggiori attività produttive presenti sul territorio riguardano:

- la fabbricazione e la lavorazione di prodotti in metallo e di articoli in materie plastiche;
- la fabbricazione di macchine e apparecchiature elettriche e meccaniche

Sul territorio Comunale è presente un impianto per l'incenerimento ed il compostaggio dei rifiuti solidi urbani.

## Caratterizzazione del sito di misura

Nel presente lavoro oltre all'analisi dei dati riscontrati tra il 28 agosto ed il 29 settembre in P.zza Giovanni Paolo II verranno confrontati i valori misurati nel medesimo sito durante la campagna di misura invernale (6/02-3/03 2008) Lo scenario analizzato è illustrato in figura 1.



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

Il punto di misura si trova in piazza Giovanni Paolo II, adiacente a corso Italia un'importante asse stradale provinciale a due corsie (una per senso di marcia) posta lungo la direttrice sud - nord che permette il collegamento con i comuni di Nova Milanese (sud) e Seregno (nord). Nelle ore di punta corso Italia è interessato dal passaggio veicolare sia leggero che pesante, di tipo locale e di attraversamento.

Corso Italia è costeggiato sul lato sud-nord dai binari del tram.

## Principali sorgenti emmissive

Per la stima delle principali sorgenti emmissive all'interno del territorio comunale di Desio è stato utilizzato l'inventario regionale INEMAR<sup>1</sup> (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, **referita all'anno 2005**.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emmissive: 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 (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 Desio.

In **allegato 1** vengono forniti i contributi all'inquinamento atmosferico dei singoli combustibili per macrosettore; in **allegato 2** invece vengono evidenziati i contributi delle singole sorgenti, riportando per un confronto anche i dati riferiti all'intera Provincia di Milano.

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

Si può infatti osservare come il traffico contribuisca per il 60.6% alla formazione degli ossidi di azoto e per il 78.5% a quella del monossido di carbonio; per quanto riguarda il PM10 e al PM2.5 tale sorgente contribuisce rispettivamente per il 62% e IL 58.4%.

La combustione non industriale incide sulla qualità dell'aria, contribuendo per il 51.1% all'emissione di biossido di zolfo, per il 13% all'emissione in atmosfera di ossidi di azoto, per il 13.1% al monossido di carbonio, per il 15.4% al formazione di PM10 e per il 16.8% alla formazione di PM2.5.

Non trascurabili sono le emissioni di COV sia a causa dell'uso di solventi (59.8%) che al trasporto su strada (24%).

<sup>1</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>.

<b>Combustione non industriale</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
GPL	0.00	0.64	0.03	0.13	0.00	0.00	0.00	0.82
metano	0.47	46.85	4.69	23.43	0.19	0.19	0.19	64.46
gasolio	9.47	4.74	0.28	1.89	0.47	0.47	0.47	6.28
kerosene	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
olio combustibile	0.08	0.08	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.10
legna e similari	0.18	1.07	23.33	87.66	4.55	4.75	4.38	34.35
<b>Totale</b>	<b>10.21</b>	<b>53.39</b>	<b>28.33</b>	<b>113.13</b>	<b>5.24</b>	<b>5.44</b>	<b>5.06</b>	<b>106.02</b>

<b>Processi produttivi</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	75.78	0	0	0	0.00	75.78
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>75.78</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>75.78</b>

<b>Estrazione e distribuzione combustibili</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	31.94	0.00	0.00	0.00	0.00	36.27
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>31.94</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>36.27</b>

<b>Uso di solventi</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	544.36	0.00	0.00	0.00	0.00	544.36
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>544.36</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>544.36</b>

<b>Agricoltura</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.25
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.17</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.25</b>

<b>Combustione nell'industriale</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
metano	0.00	28.12	0.70	5.62	0.06	0.06	0.06	35.64
gasolio	1.05	8.75	0.59	2.34	0.93	0.98	0.89	11.52
senza comb.	0.13	0.04	0.00	0.03	0.03	0.05	0.01	0.06
olio combust	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
legna e similari	0.06	0.50	3.74	46.69	0.65	0.93	0.51	9.48
<b>Totale</b>	<b>1.29</b>	<b>37.41</b>	<b>5.03</b>	<b>54.68</b>	<b>1.68</b>	<b>2.03</b>	<b>1.47</b>	<b>56.71</b>

<b>Trasporto su strada</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
GPL	0.00	5.14	3.82	22.90	0.00	0.00	0.00	12.62
diesel	1.00	203.47	14.03	56.76	11.08	11.29	11.08	268.54
metano	0.00	0.25	0.16	1.76	0.00	0.00	0.00	0.66
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	7.56	11.48	4.09	0.00
benzina verde	0.71	39.85	200.96	596.70	2.46	2.46	2.46	315.33
<b>Totale</b>	<b>1.71</b>	<b>248.72</b>	<b>218.97</b>	<b>678.11</b>	<b>21.09</b>	<b>25.23</b>	<b>17.62</b>	<b>597.14</b>

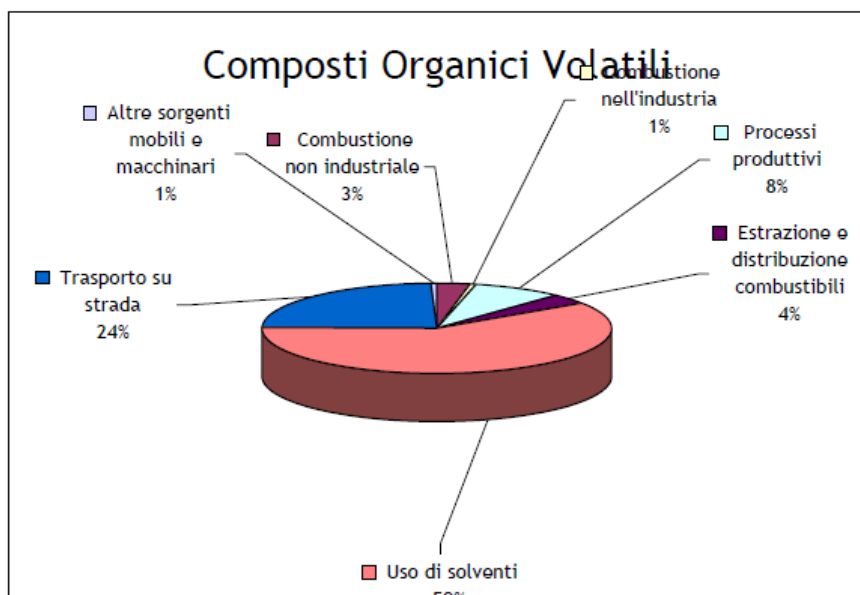
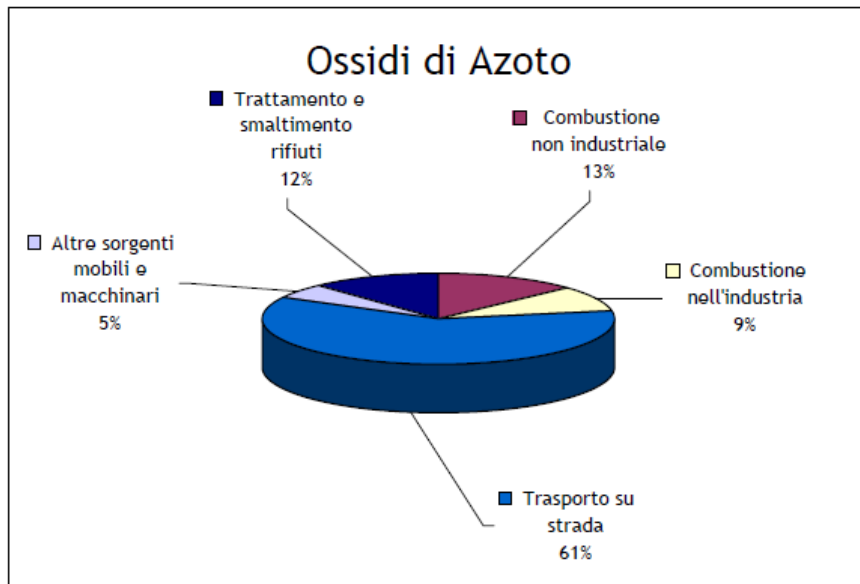
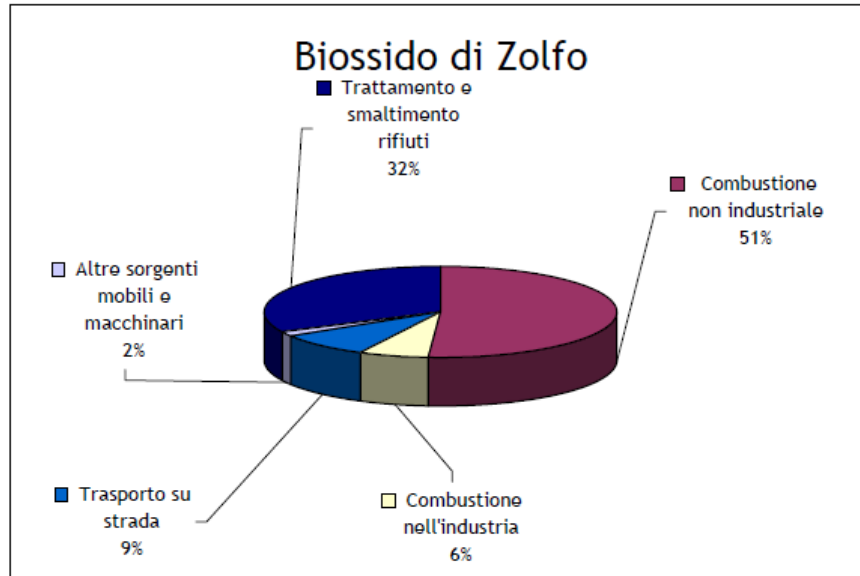
<b>Altre sorgenti e assorbimenti</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NOX	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	0.00	3.06	1.93	1.93	1.93	0.34
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3.06</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>	<b>0.34</b>

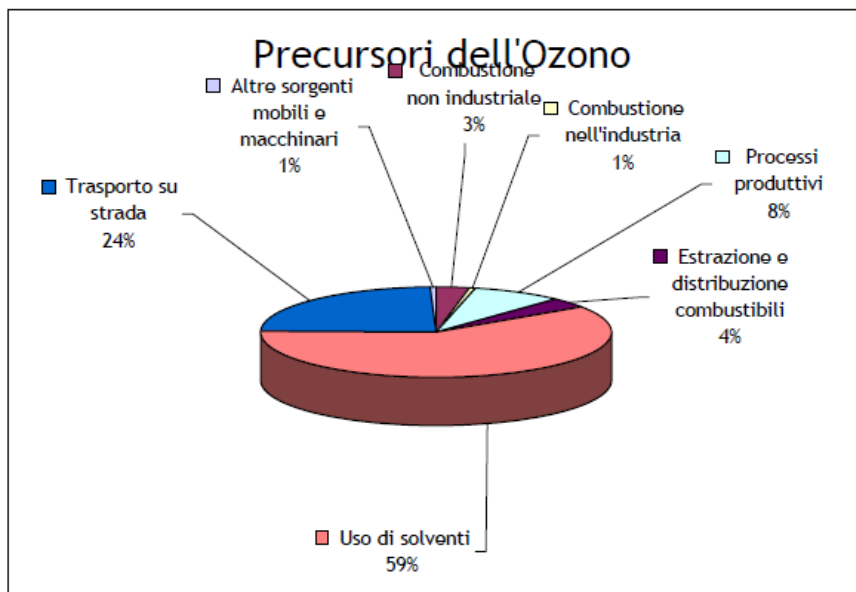
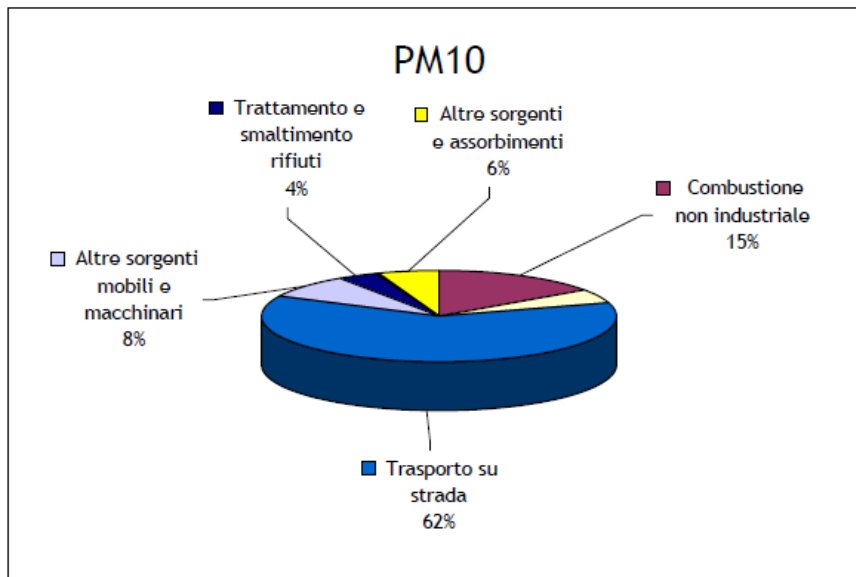
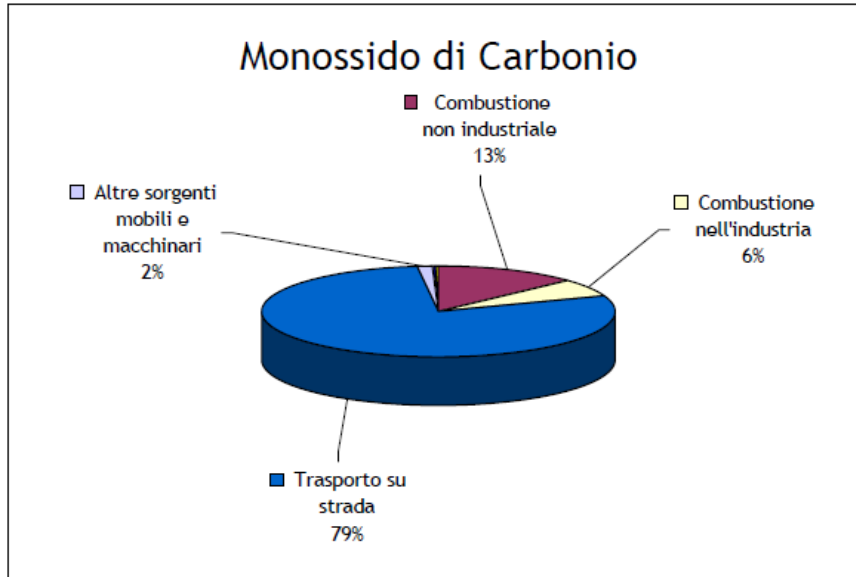
**COMUNE DI DESIO**

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NO <sub>x</sub> 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
Combustione non industriale	10.21	53.39	28.33	113.13	5.24	5.06	106.02
Combustione nell'industria	1.29	37.41	5.03	54.68	1.68	1.47	56.71
Processi produttivi	0.00	0.00	75.78	0.00	0.00	0.00	75.78
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	31.94	0.00	0.00	0.00	36.27
Uso di solventi	0.00	0.00	544.36	0.00	0.00	0.00	544.36
Trasporto su strada	1.71	248.72	218.97	678.11	21.09	17.62	597.14
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.32	21.75	5.17	13.33	2.80	2.78	33.18
Trattamento e smaltimento rifiuti	6.42	49.21	1.00	1.30	1.30	1.30	61.19
Agricoltura	0.00	0.17	0.00	0.00	0.01	0.00	0.25
Altre sorgenti e assorbimenti	0.00	0.00	0.00	3.06	1.93	1.93	0.34
<b>TOTALE</b>	<b>19.95</b>	<b>410.65</b>	<b>910.59</b>	<b>863.61</b>	<b>34.05</b>	<b>30.17</b>	<b>1511.23</b>

**PROVINCIA DI MILANO**

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NO <sub>x</sub> 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	1550.58	3056.97	193.53	477.64	39.17	27.82	3977.97
Combustione non industriale	1927.94	6722.81	3225.55	13213.69	627.28	607.17	12895.03
Combustione nell'industria	1467.01	6652.30	1166.62	5034.90	306.26	246.47	9845.43
Processi produttivi	0.04	61.39	7989.43	254.24	61.09	16.26	8092.30
Estrazione e distribuzione combustibili	0.00	0.00	4491.52	0.00	0.00	0.00	4991.53
Uso di solventi	0.23	17.23	78349.94	0.00	249.89	88.54	78370.96
Trasporto su strada	188.90	30198.48	23459.72	75088.86	2385.73	2003.87	68576.04
Altre sorgenti mobili e macchinari	146.23	4597.51	1238.54	3339.98	529.67	519.83	7215.18
Trattamento e smaltimento rifiuti	27.51	839.30	12.79	510.12	6.22	6.22	1295.33
Agricoltura	0.00	245.68	182.83	3614.85	208.15	165.50	1085.66
Altre sorgenti e assorbimenti	0.34	1.49	622.06	355.99	201.51	201.26	663.16
<b>TOTALE</b>	<b>5308.78</b>	<b>52393.15</b>	<b>120932.55</b>	<b>101890.26</b>	<b>4614.96</b>	<b>3882.95</b>	<b>197008.59</b>





## 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 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.

## Andamento stagionale e caratteristiche dello strato rimescolato

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.

## Situazione meteorologica nel periodo di misura rilevata dalla stazione meteo della rete provinciale

La campagna di monitoraggio nel comune di Desio ha interessato gli ultimi giorni di agosto e tutto il mese di settembre.

Da un punto di vista meteorologico il mese di Agosto è stato caratterizzato dalla presenza dell'anticiclone delle Azzorre con un clima torrido tipicamente estivo. Solo durante la seconda decade, a seguito del passaggio di una perturbazione di origine atlantica, si sono osservate delle precipitazioni a carattere piovoso che hanno contribuito sensibilmente ad abbassare la temperatura. Durante la terza decade, sebbene si è osservata una debole ventilazione proveniente da est, le temperature misurate nelle stazioni di riferimento regionali sono risultate più alte rispetto ai valori tipici del periodo favorendo una condizione di moderata afa in pianura.

La presenza di un fronte nordafricano, localizzato sul mediterraneo, alternato a correnti nord atlantiche associate a fenomeni piovosi temporaleschi, ha caratterizzato il mese di Settembre. Le precipitazioni piovose sono risultate più abbondanti in Brianza (Carate Brianza 146 mm) rispetto alle altre zone della provincia milanese; nella stazione di Milano Juvara sono stati osservati 4 eventi piovosi il più importante dei quali è stato rilevato il giorno 12. Nel complesso, nella stazione di Milano Juvara, il valore totale di pioggia è stata di 58 mm, decisamente più basso sia rispetto a quello dello scorso anno (146mm) che al valore medio stagionale degli ultimi 17 anni (116 mm).

Per quanto riguarda la temperatura il valore medio mensile riscontrato dalle stazioni di riferimento è stato di 20 °C, inferiore di 0.6 °C rispetto al valore medio del 2007.

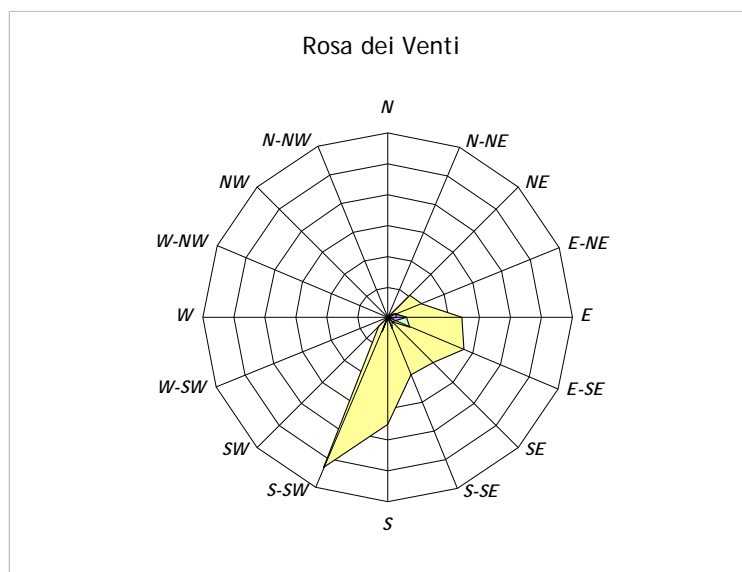
L'umidità relativa, misurata nella stazione di Milano Juvara, si è mantenuta su una media mensile pari al 50%, inferiore al valore medio stagionale di 66% registrata negli ultimi venti anni, indice di un periodo con prevalenza di condizioni bariche anticicloniche.

L'attività anemologica del mese non è stata particolarmente significativa; il valore medio mensile osservato nella stazione di Milano Brera è stato di 1.1 m/s inferiore di 0.3 m/s rispetto al valore medio stagionale. Il valore massimo orario è stato registrato il giorno 6 (3.9 m/s) a causa dell'intenso flusso di aria sudoccidentale presente in quota.

## 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; va però sottolineato come le condizioni meteorologiche riscontrate dal siano ancor più strettamente legate al sito di misura e non estendibili alla zona circostante.

Dal punto di vista meteorologico il vento ha notoriamente un effetto di diluizione e le precipitazioni di dilavamento nei confronti degli 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). Ai fini valutativi è importante capire quali siano stati i settori maggiormente interessati da fenomeni ventosi e quale sia stata la classe di vento interessata durante la campagna di misura. Analizzando il grafico della rosa dei venti è possibile osservare come i settori maggiormente interessati da fenomeni ventosi siano stati quelli compresi tra S-SW e NE.



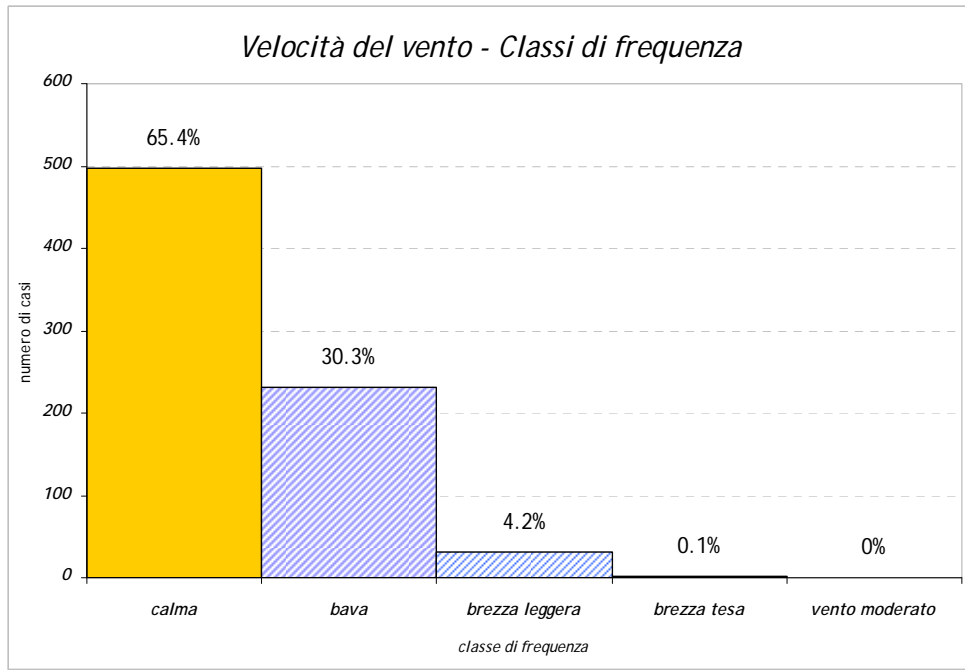
	0.2 <VV<1	1 <VV<1.5	1.5 <VV<2	2 <VV<3	VV > 3
N	0	0	0	0	0
N-NE	0	0	0	0	0
NE	10	1	1	1	0
E-NE	12	3	3	3	1
E	24	6	6	3	1
E-SE	27	8	3	1	0
SE	21	2	2	1	0
S-SE	20	4	0	0	0
S	35	0	1	0	0
S-SW	53	4	1	5	1
SW	4	0	0	0	0
W-SW	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0
W-NW	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0
N-NW	0	0	0	0	0

VV = Velocità del Vento (m/s)

Numero totale di casi 762  
Percentuale di casi di calma 65%

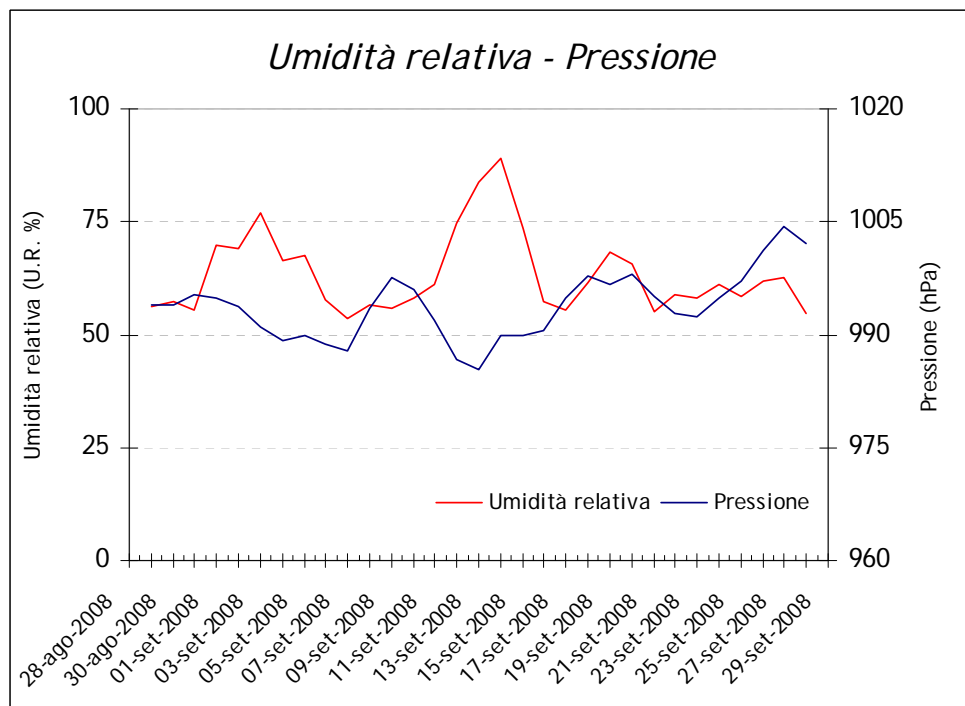
Dall'analisi in frequenza dei dati registrati con la stazione meteo del Laboratorio Mobile è possibile osservare come nel periodo di osservazione nel sito di misura l'attività anemologica sia stata particolarmente significativa; il 95% dei valori riscontrati sono da ricondurre ad una situazione di scarso dinamismo (65% calma di vento e 30% bava di vento).

	Classi di vento (m/s)	Frequenza. (n. di casi)	%
<i>Calma</i>	0.2	498	<b>65%</b>
<i>Bava</i>	1.5	231	<b>30%</b>
<i>Brezza leggera</i>	3.3	32	<b>4%</b>
<i>Brezza tesa</i>	5.4	1	<b>0%</b>
<i>Vento moderato</i>	7.9	0	<b>0%</b>



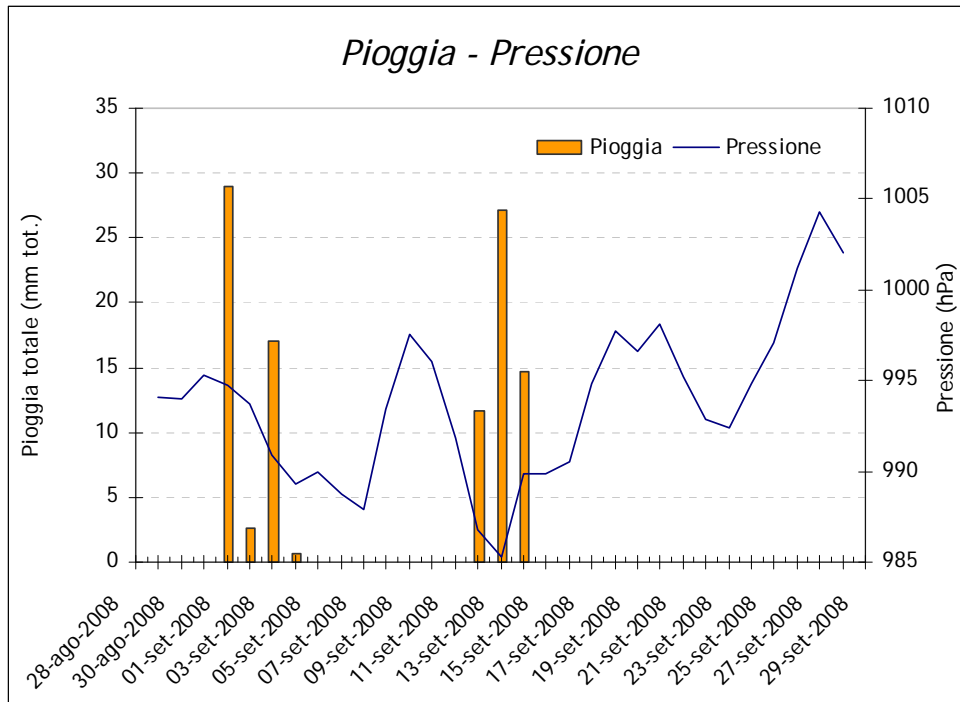
Analogamente a quanto riscontrato dalle stazioni fisse regionali, i valori più alti della velocità del vento sono stati osservati tra il 6 e il 7 settembre a seguito di un flusso di aria in alta quota; il massimo giornaliero è stato misurato il giorno 7 con il valore di 1.0 m/s; il valore massimo orario, invece, è stato di 3.3 m/s il giorno 1 alle ore 01.00. (direzione E).

L'umidità relativa ha fatto registrare a Desio un valore medio pari al 63.2% in linea con il valore medio del periodo ma decisamente più alto rispetto alla stazione di riferimento milanese. Sia il valore massimo giornaliero (89%) che quello orario (98.2%) sono stati misurati il giorno 14 settembre, in concomitanza di un fenomeno piovoso rilevante.

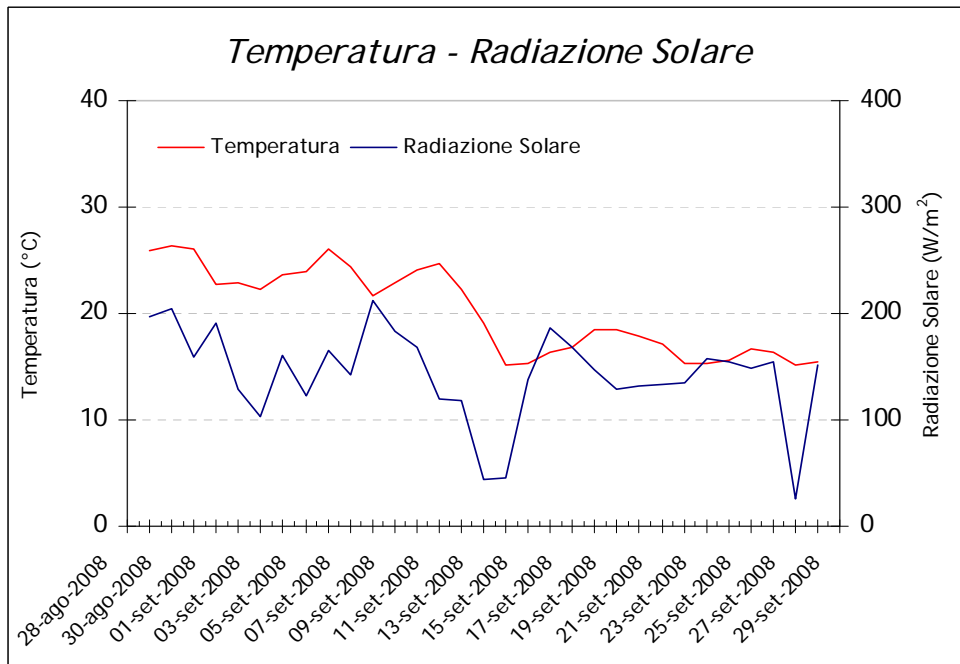


L'andamento barico nel periodo ha presentato una variabilità media di 20.8 hPa (tra 984.2 e 1005 hPa) con un valore medio del periodo di 993.8 hPa; il valore minimo e massimo orari riscontrati sono stati rispettivamente di 984.2 hPa il 13 settembre e di 1005 hPa il 27 settembre.

Nel corso della campagna di misura le giornate piovose sono state 7 per un totale di 102.9 mm di pioggia misurati. Le precipitazioni, avvenute tutte nella prima metà di settembre, si sono distribuite uniformemente in due periodi; il primo compreso tra i giorni 1 e 4 l'altro tra i giorni 12 e 14.



L'andamento delle temperature nel periodo di interesse è stato di 20.1 °C, analogo a quanto riscontrato nel resto della provincia. Nella prima parte del mese di settembre la temperatura si è mantenuta su valori tipicamente estivi, l'arrivo di una perturbazione piovosa a metà mese ha portato ad una diminuzione dei valori per il restante periodo.

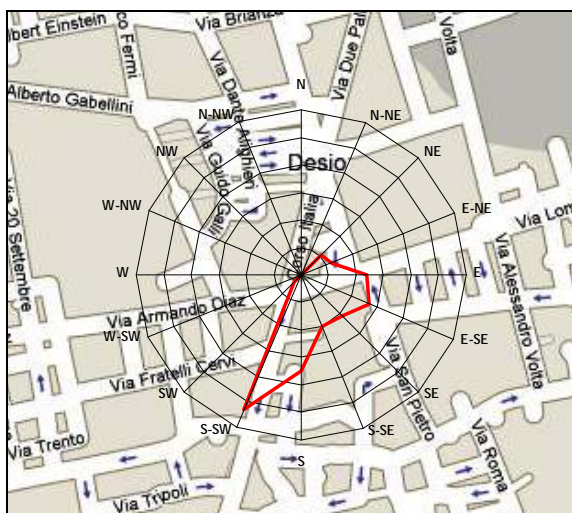


Per quanto riguarda la radiazione solare il valore medio registrato a Desio è stato di 140.6 W/m<sup>2</sup>.

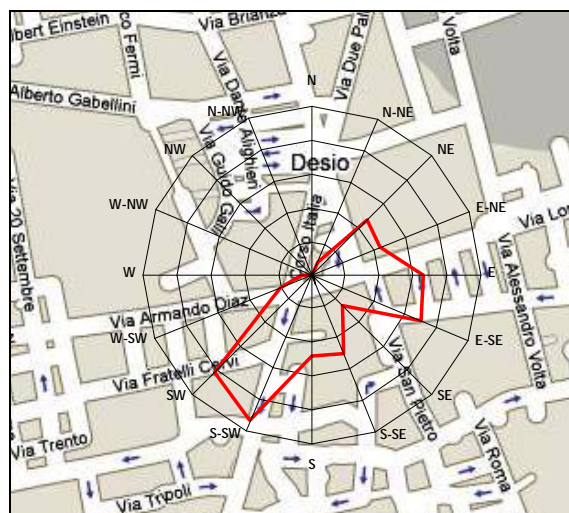


## Confronto meteorologico

Analizzando la distribuzione della direzione del vento risulta evidente come in entrambi i periodi vi sia una corrispondenza; i settori maggiormente interessati sono quelli compresi tra Nord Est e Sud Ovest, con maggiore frequenza nel settore Sud – Sud Ovest.

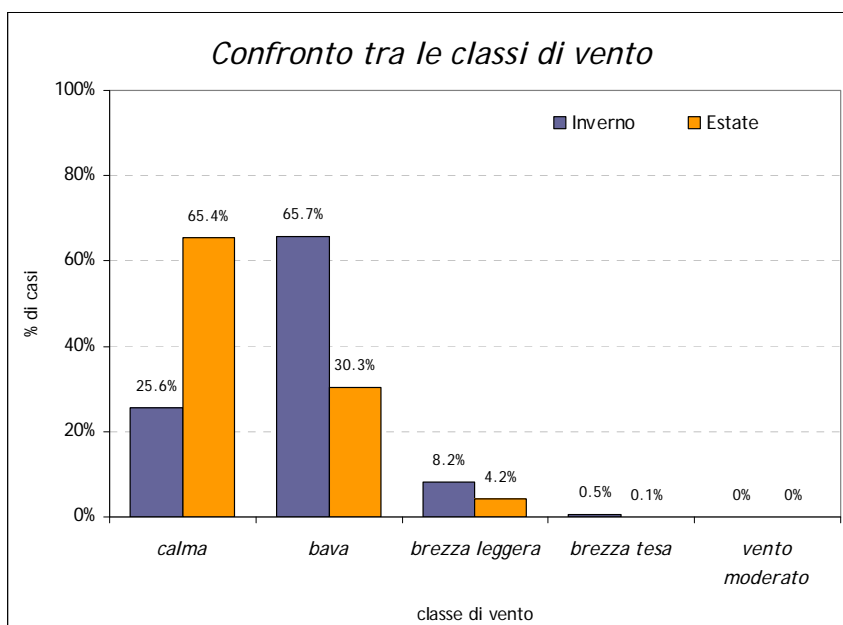


Rosa del vento – Campagna estiva



Rosa del vento – Campagna invernale

Parametri meteorologici	Campagna estiva	Campagna invernale
Velocità del vento media (m/s)	0.30	0.73
Velocità del vento – massima media giornaliera (m/s)	1.03	1.34
Velocità del vento – massima media oraria (m/s)	3.31	5.09
Classe di vento maggiormente interessato	Calma di vento	Bava di vento
Settore maggiormente interessato	S-SW	S-SW



Per quanto riguarda la velocità del vento, sia il valore medio che il valore massimo orario osservati durante la campagna di misura invernale sono stati decisamente superiori a quelli misurati nella campagna estiva.

Una attività anemologica decisamente migliore nel periodo invernale è confermata anche dall'analisi in frequenza; il grafico di confronto evidenzia come durante la campagna invernale la percentuale più alta dei valori ricada nell'intervallo 0.3 – 1.5 m/s (bava di vento); durante quella estiva, invece, l'intervallo con percentuale più alta è quello 0 – 0.2 m/s (calma di vento).

Il numero di precipitazioni piovose osservate nel corso delle misurazioni a Desio è stato alquanto differente; in quella invernale non sono stati registrati giorni di pioggia, in quella estiva le giornate piovose sono state 8.

Parametri meteorologici	Campagna estiva	Campagna invernale
Precipitazione piovosa totale (mmH <sub>2</sub> O tot.)	103.5	0
Max precipitazione giornaliera (mmH <sub>2</sub> O tot.)	29.0	0
n. eventi piovosi	8	0

Nella tabella sottostante vengono riportati gli altri parametri meteorologici misurati durante le due campagne di misura.

Parametri meteorologici	Campagna estiva	Campagna invernale
Temperatura media (°C)	20.1	6.7
Temperatura massima oraria (°C)	32.1	24.0
Temperatura minima oraria (°C)	11.1	-4.1
Umidità Relativa media (% U.R.)	63.2	71.9
Umidità Relativa massima oraria (% U.R.)	98.2	100
Pressione media (hPa)	993.8	1005.0
Pressione massima oraria (hPa)	1005.0	1021.5
Pressione minima oraria (hPa)	984.2	981.6
Radiazione solare media (W/m <sup>2</sup> )	140.7	95.2
Radiazione solare massima oraria (W/m <sup>2</sup> )	790	641

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico generalmente il periodo migliore per la dispersione degli inquinanti è quello estivo; nelle misurazioni effettuate nel comune di Desio tale tendenza è stata confermata. La campagna di misura invernale è stata fortemente influenzata da una situazione anticiclonica che ha contribuito in modo sostanziale ad una stabilità atmosferica.

### 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.

Gli **ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>)** vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO<sub>x</sub> aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

Al momento dell'emissione gran parte degli ossidi di azoto è in forma di NO, con un rapporto NO/NO<sub>2</sub> decisamente a favore del primo. Si stima che il contenuto di NO<sub>2</sub> nelle emissioni sia tra il 5 e il 10% del totale degli ossidi 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, attraverso la sua ossidazione in NO<sub>2</sub> e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O<sub>3</sub> troposferico.

Il **monossido di carbonio (CO)** ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. E' un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico veicolare, soprattutto ai quelli alimentati a benzina, in particolare quando sono in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni pertanto sono strettamente legate ai flussi di traffico in prossimità della zona in cui avviene il prelievo e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono poi a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera.

L'**ozono (O<sub>3</sub>)** è un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), reazioni che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare e che causano la formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, si trovano nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora, che nell'insieme costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimica. A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse delle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa. Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovovento rispetto ai centri urbani principali.

La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grande quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare (rappresentata di seguito con  $h\nu$ ), la formazione di ozono avviene in conseguenza della fotolisi del biossido di azoto:  $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}^*$ .

L'ossigeno atomico O\*, reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella relazione vera e propria ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale e pertanto stabilizza la molecola di ozono che si è formata:  $\text{O}^* + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$ . Una volta generato l'ozono reagisce con l'NO e rigenera NO<sub>2</sub>:  $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$

Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che da solo non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di NO<sub>2</sub> senza consumare O<sub>3</sub>, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo di O<sub>3</sub>.

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  $\mu\text{m}$ , 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.

## Andamento inquinanti nel periodo di misura

Esaminando gli indicatori proposti dalla normativa, appare evidente che la scala temporale adeguata per una valutazione della qualità dell'aria 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 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. pag. 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**.

In generale le condizioni meteorologiche presenti nel periodo oggetto dell'indagine hanno contribuito a mantenere la qualità dell'aria su livelli accettabili; nel corso della campagna di misura, solo nel mese di agosto, le concentrazioni di ozono hanno fatto registrare dei superamenti sia della soglia oraria che della media di otto ore. Per quanto

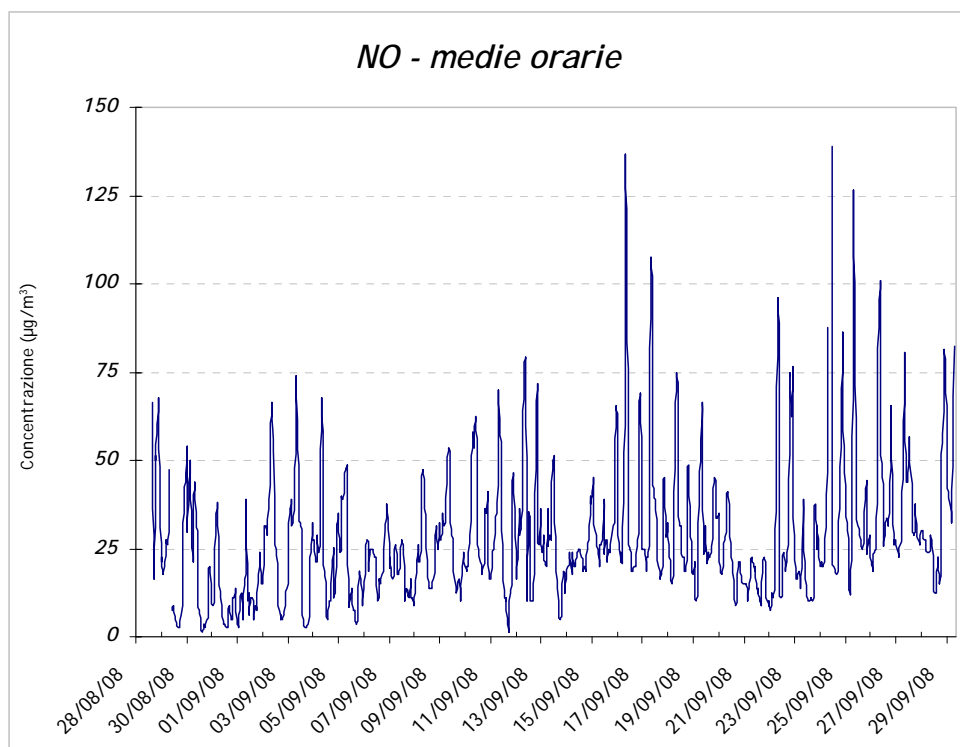
riguarda gli altri inquinanti i valori osservati sono stati ampiamente inferiori ai livelli di attenzione, si segnala solo un superamento (giovedì 11 settembre) per quanto concerne le concentrazioni di PM10.

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

**NO**

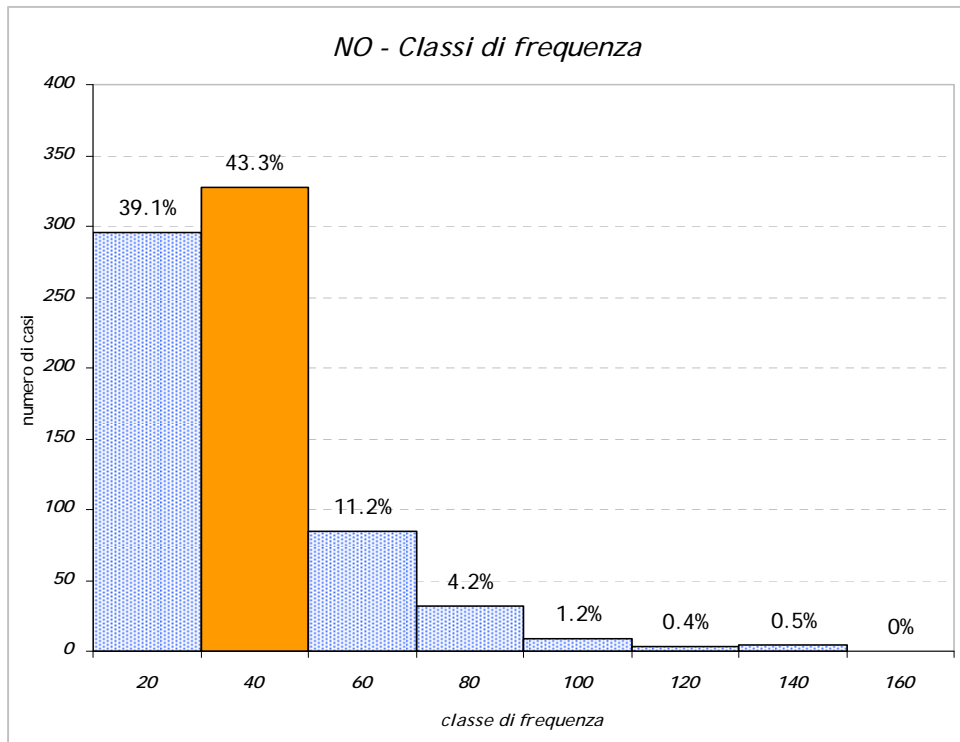
Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto oltre a fornire importanti informazioni per la caratterizzazione del sito, dà origine per ossidazione al 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 28 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo di concentrazione oraria pari a 139 µg/m<sup>3</sup>, martedì 24 settembre alle ore 12.00.



Nella sottostante tabella sono state riportate le frequenze con le quali le concentrazioni di NO sono state osservate nel sito di misura. L'analisi di frequenza, con intervalli di 20 µg/m<sup>3</sup>, mette in risalto come il 93.7% dei valori misurati a Desio siano compresi nell'intervallo 1 ÷ 60 µg<sup>3</sup>, con frequenza più alta nella classe 21 ÷ 40 µg<sup>3</sup> (43.3%).

Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
20	296	39.1%	100	9	1.2%
<b>40</b>	<b>328</b>	<b>43.3%</b>	120	3	0.4%
60	85	11.2%	140	4	0.5%
80	32	4.2%	160	0	0.0%



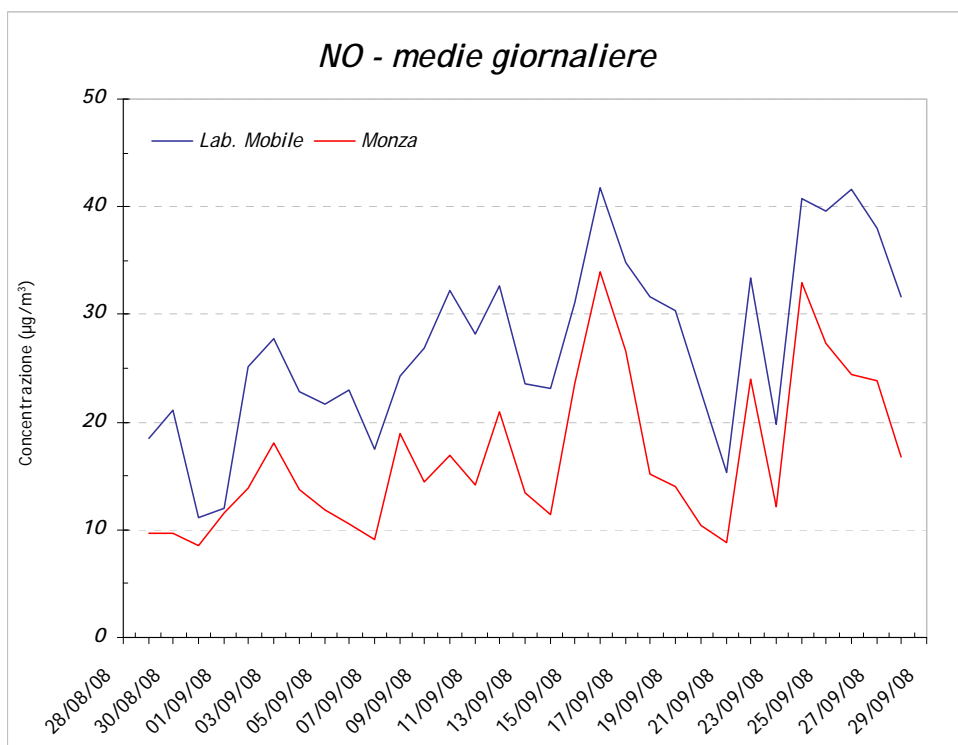
Sebbene il NO sia un inquinante caratteristico del sito di prelievo e poco soggetto a fenomeni di trasporto, l'analisi statistica dei dati evidenzia una discreta correlazione<sup>2</sup> con i valori misurati dalla centralina urbana da fondo posizionata a Monza (R=0.76).

	Lab. Mobile	MI-Pascal	Monza	Cormano	Meda	Carate Brianza	Inzago	Vimercate
Lab. Mobile	1.00							
MI-Pascal	0.58	1.00						
Monza	0.76	0.73	1.00					
Cormano	0.69	0.76	0.77	1.00				
Meda	0.41	0.42	0.50	0.36	1.00			
Carate Brianza	0.50	0.43	0.57	0.37	0.78	1.00		
Inzago	0.47	0.70	0.66	0.59	0.58	0.54	1.00	
Vimercate	0.50	0.50	0.67	0.42	0.67	0.75	0.69	1.00

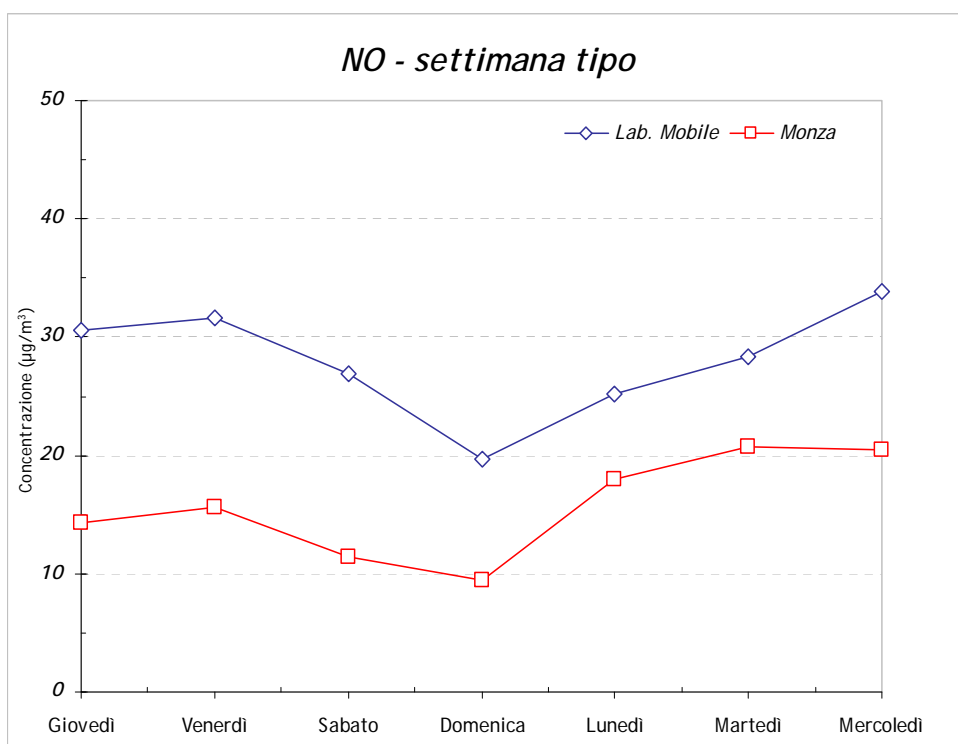
Nel grafico successivo sono riportati gli andamenti delle medie giornaliere riscontrate nel sito di Desio e nella stazione maggiormente correlata; pur mantenendo un andamento temporale analogo in tutto il periodo delle misure, i valori riscontrati a Desio sono stati costantemente superiori a quelli misurati a Monza.

<sup>2</sup> Il coefficiente di correlazione di Pearson (R) misura il grado di correlazione lineare tra due variabili x e y calcolando il rapporto tra la loro covarianza ed il prodotto delle rispettive deviazioni standard (0<R<1, più R si avvicina a 1 più i valori sono correlati):

$$R = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{\text{var}(x) \times \text{var}(y)}}$$

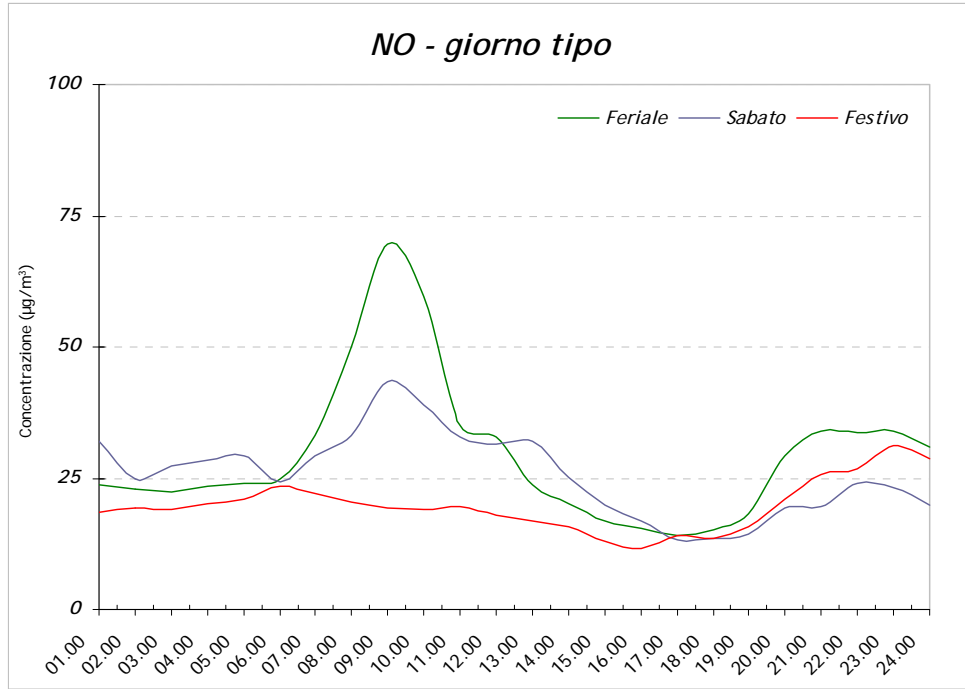


La scala settimanale è l'unica scala temporale dove l'effetto della meteorologia (altro principale fattore che influenza le concentrazioni degli inquinanti) non ha alcuna influenza. Per questo motivo è stata ottenuta, partendo dalle concentrazioni medie giornaliere, la settimana tipo, riferita ai valori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

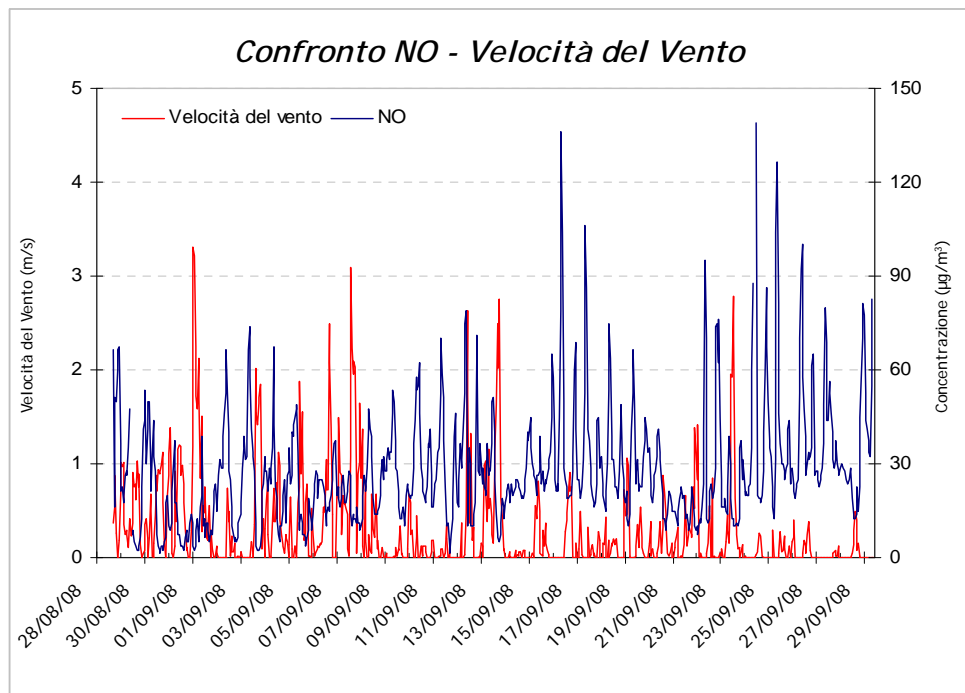


Il grafico evidenzia come la presenza di NO in atmosfera dipenda fortemente dalla sorgente emissiva; le concentrazioni minime coincidono con i giorni del fine settimana (sabato e domenica) durante i quali il traffico veicolare è minore. Un aumento dei flussi di traffico nei giorni lavorativi (lunedì – venerdì) corrisponde un incremento dei valori misurati.

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 sono localizzati nelle fasce orarie mattutine e serali in cui il traffico veicolare è maggiormente sostenuto; in particolare per il giorno tipo feriale si presentano nella tra le ore 07.00 alle ore 11.00 del mattino e dalle 19.00 alle 23.00 della sera.



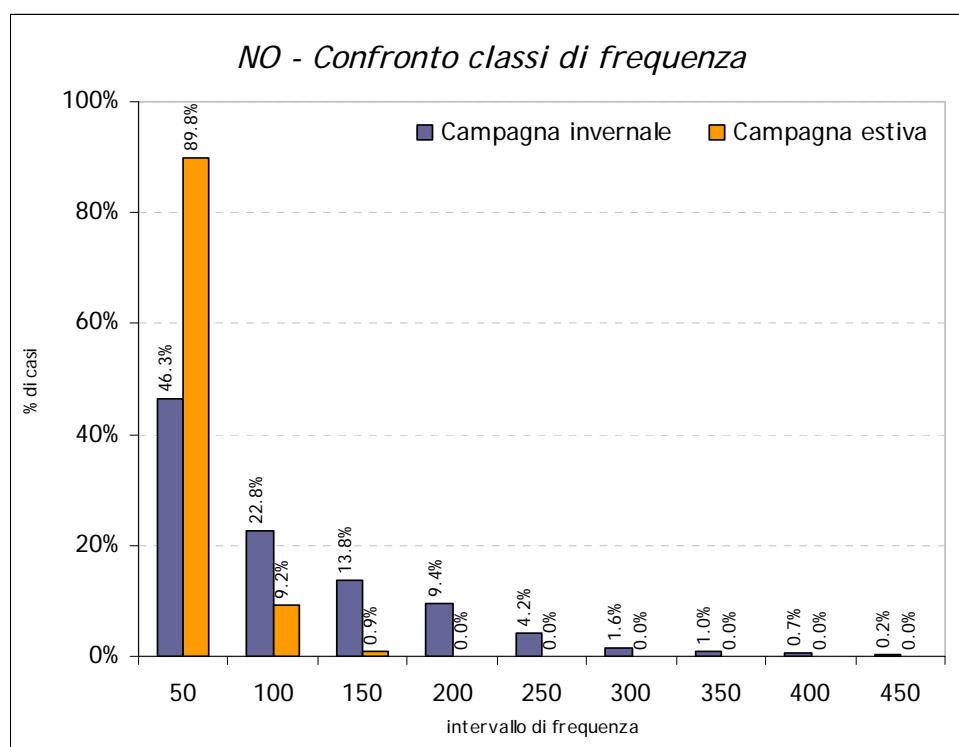
Anche il giorno tipo del sabato presenta un andamento temporale simile a quello feriale, i valori massimi sono traslati di qualche ora e maggiormente contenuti. Il giorno tipo festivo, invece, mostra valori uniformi durante l'intera giornata ed un aumento delle concentrazione a partire dalle ore 19.00 da imputarsi al traffico di rientro del fine settimana.



Dal confronto delle concentrazioni di NO e della velocità del vento si nota come l'accumulo in atmosfera di questo inquinante dipenda dalle condizioni di stabilità atmosferica; i picchi di concentrazione di NO coincide una scarsa attività ventosa.

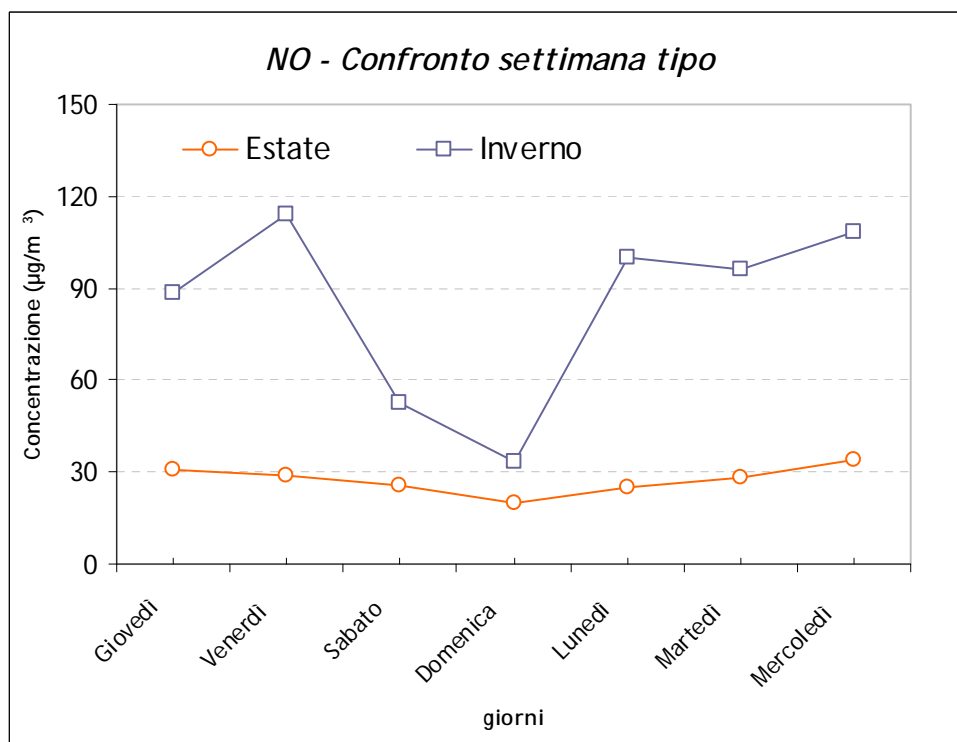
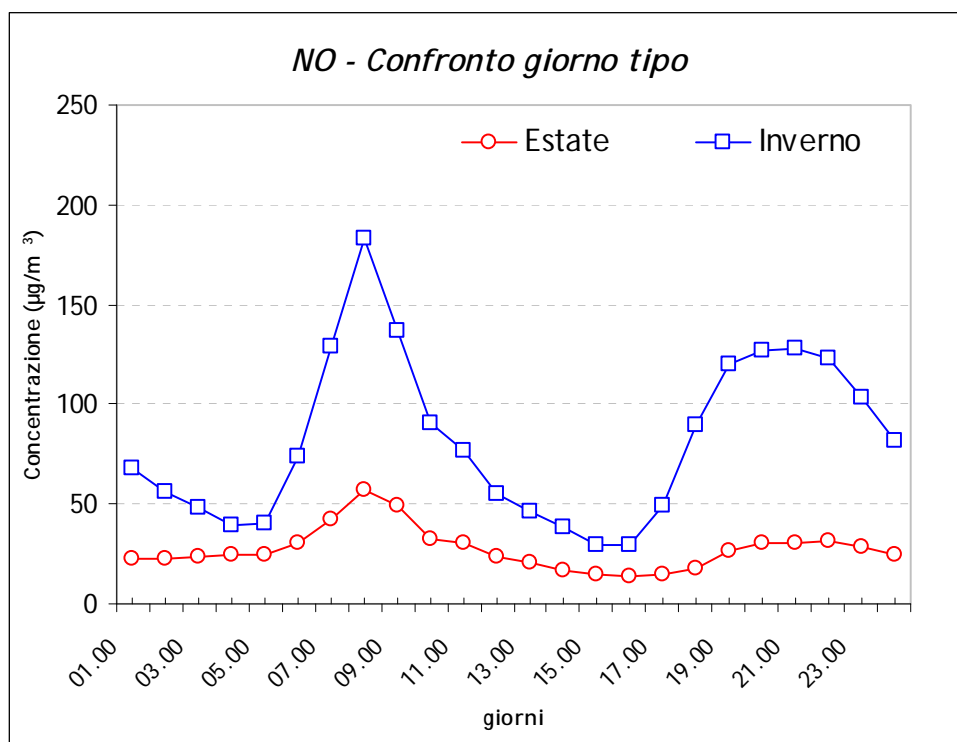
Nella tabella successiva sono riportate le concentrazioni medie, massime e minime orarie; nel grafico invece è rappresentata l'analisi in frequenza dei valori osservati nel corso delle due campagne di misura.

Ossidi di azoto (NO)	Valore medio (µg/m <sup>3</sup> )	Valore massimo (µg/m <sup>3</sup> )	Valore minimo (µg/m <sup>3</sup> )
Campagna estiva 28.08 – 29.09 2008	28	139	1
Campagna invernale 06.02 – 03.03 2008	81	401	1



Questo grafico evidenzia come la combustione non industriale incida significativamente nella emissione di questo inquinante in atmosfera. Le concentrazioni estive si possono raggruppare principalmente in due intervalli compresi tra 1 e 100 µg/m<sup>3</sup>, invece quelle invernali risultano maggiormente distribuite anche in classi di frequenza con valori elevati.

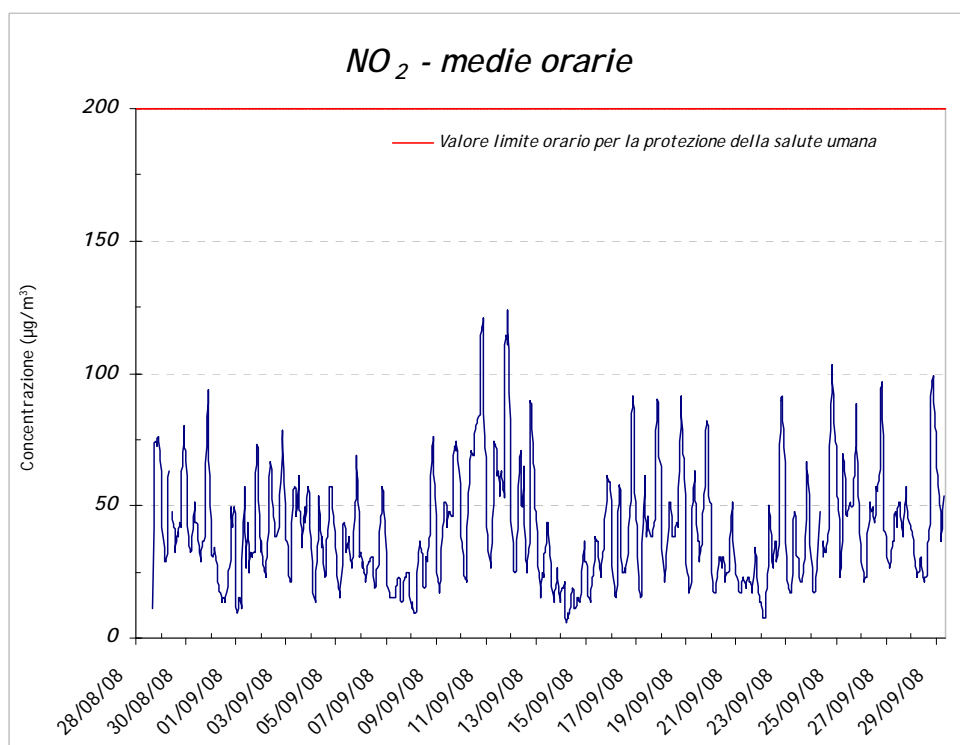
La diminuzione delle concentrazioni di NO nel periodo estivo viene evidenziato anche nel grafico del giorno tipo; pur mantenendo un andamento temporale analogo in entrambe le stagioni le concentrazioni estive presentano valori decisamente minori. Le fasce orarie in cui il traffico veicolare è maggiore (06.00 – 10.00 del mattino e 18.00 – 23.00 della sera) risultano essere quelle maggiormente critiche per questo inquinante. Nel grafico di confronto della settimana tipo è possibile osservare la flessioni delle concentrazioni in corrispondenza della domenica, giorno in cui sono in circolazione meno veicoli.



## NO<sub>2</sub>

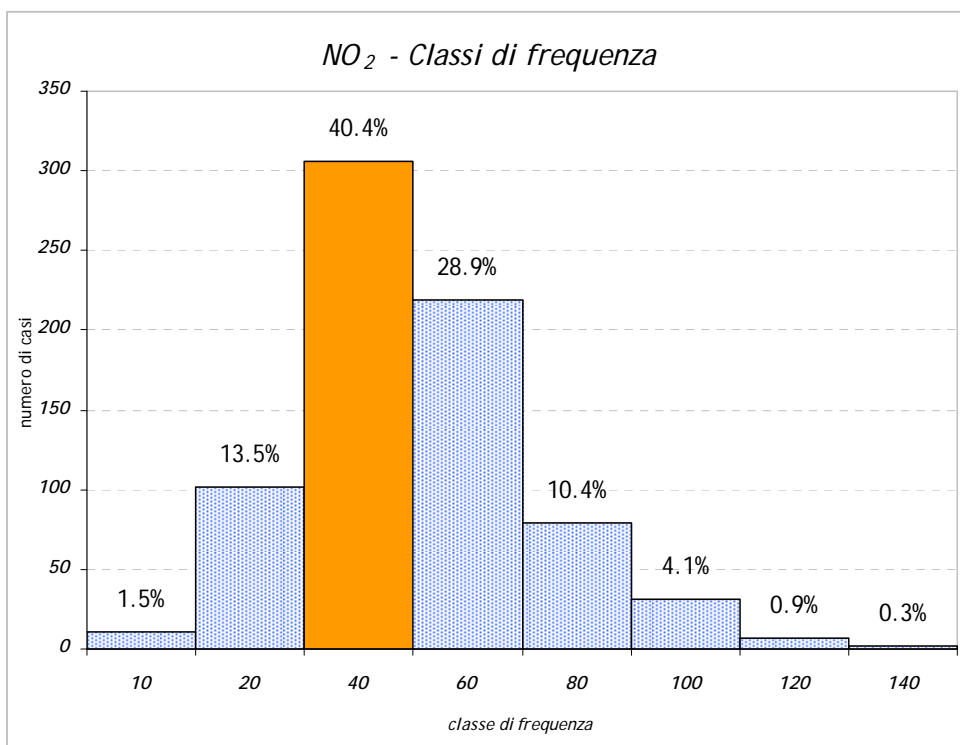
La concentrazione in aria di NO<sub>2</sub>, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO<sub>2</sub> e dalla velocità di conversione di NO<sub>2</sub> in altre specie ossidate (nitrati).

Durante la campagna di misura a Desio non è stato registrato nessun superamento per il NO<sub>2</sub>; la concentrazione media sul periodo del biossido di azoto si è attestata intorno al valore di 40 µg/m<sup>3</sup>, in questo periodo le concentrazioni sono risultate abbondantemente inferiori alla soglia di attenzione, fissata per questo inquinante a 200 µg/m<sup>3</sup>; il valore più alto misurato è stato di **124 µg/m<sup>3</sup>** giovedì 11 settembre alle ore 22.00.



Come per l'NO anche per questo inquinante è stata effettuata l'analisi di frequenza utilizzando come ampiezza un intervallo pari a 20 µg/m<sup>3</sup>. Dalla tabella qui di seguito riportata si osserva come i valori misurati nel sito ricadano per la maggior parte nella fascia compresa tra 21 e 80 µg/m<sup>3</sup> (corrispondente al 93.3% dei dati) con maggior frequenza nella classe 40 µg/m<sup>3</sup> (40.4%).

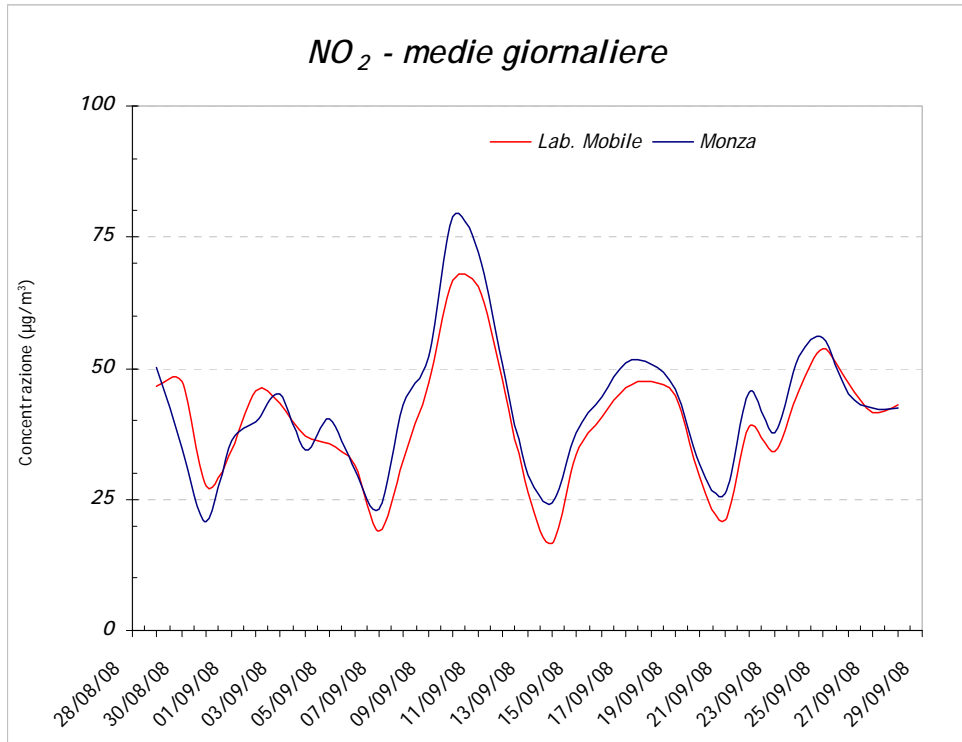
Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
10	11	1.5%	80	79	10.4%
20	102	13.5%	100	31	4.1%
<b>40</b>	<b>306</b>	<b>40.4%</b>	120	7	0.9%
60	219	28.9%	140	2	0.3%



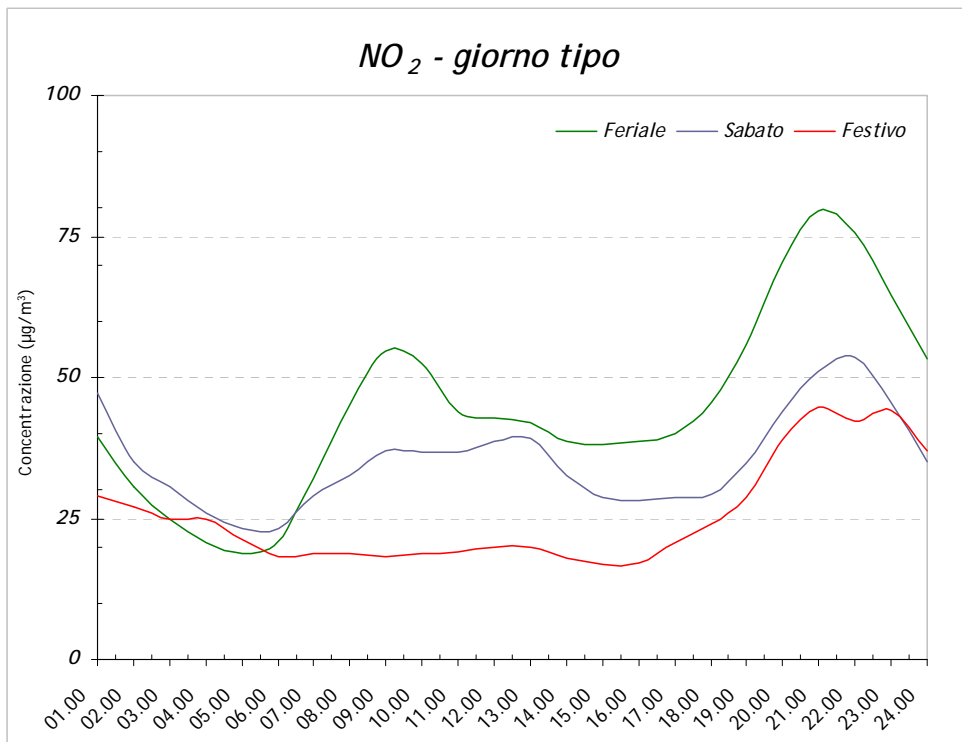
A differenza del NO, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di NO<sub>2</sub> è più complessa, essendo un inquinante secondario infatti non dipende direttamente dalla presenza della sorgente traffico ma, se sono presenti i suoi precursori esso continua a formarsi. Il calcolo della correlazione di Pearson, evidenzia una buona correlazione solo con la centralina di Monza (R=0.86). Si riporta di seguito la tabella di correlazione e il grafico dell'andamento delle concentrazioni medie giornaliere riscontrate sia nel sito di misura a Desio che nella stazioni maggiormente correlate.

	Lab. Mobile	MI - Pascal	Monza	Cormano	Meda	Carate Brianza	Inzago	Vimercato
Lab. Mobile	1.00							
MI - Pascal	0.64	1.00						
Monza	0.86	0.64	1.00					
Cormano	0.71	0.60	0.70	1.00				
Meda	0.60	0.36	0.63	0.46	1.00			
Carate Brianza	0.62	0.38	0.66	0.54	0.87	1.00		
Inzago	0.59	0.68	0.61	0.46	0.52	0.51	1.00	
Vimercato	0.46	0.43	0.51	0.40	0.51	0.45	0.56	1.00

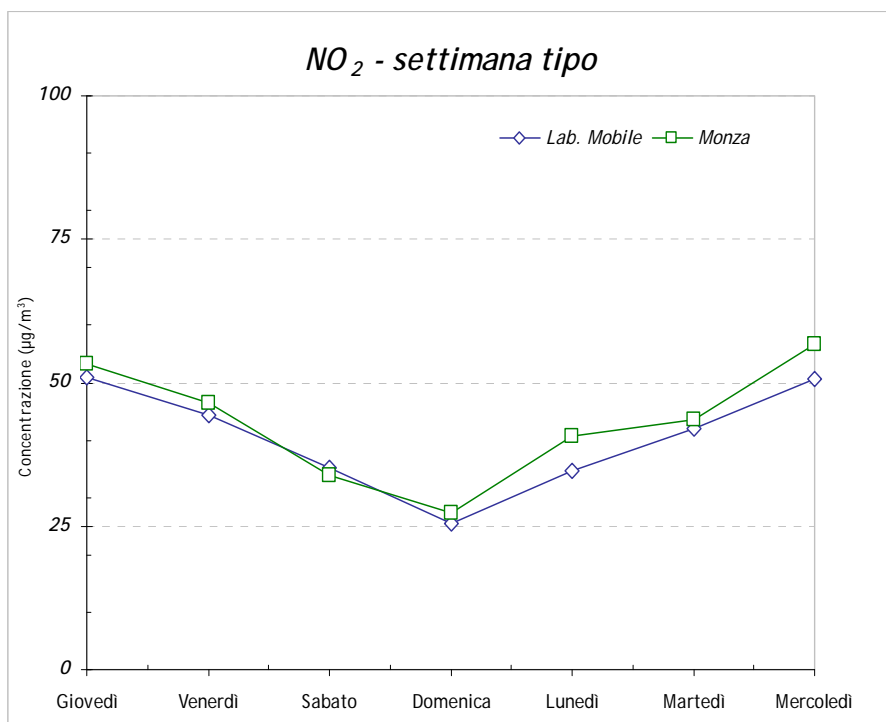
Come osservato per il NO anche per il NO<sub>2</sub> il grafico del medie giornaliere presente un ottimo andamento temporale, i valori misurati a Desio però sono stabilmente inferiori rispetto alla stazione fissa di Monza.



Dal grafico del giorno tipo si evidenzia come durante i giorni feriali vi siano dei picchi di concentrazione tra le 06.00 e le 10.00 del mattino e tra le 18.00 e le 20.00. Per quanto riguarda i giorni tipo del sabato e festivo le concentrazioni sono distribuite uniformemente durante la giornata per poi aumentare significativamente nelle ore serali; tale aumento è essenzialmente dovuto al traffico di rientro dal fine settimana.

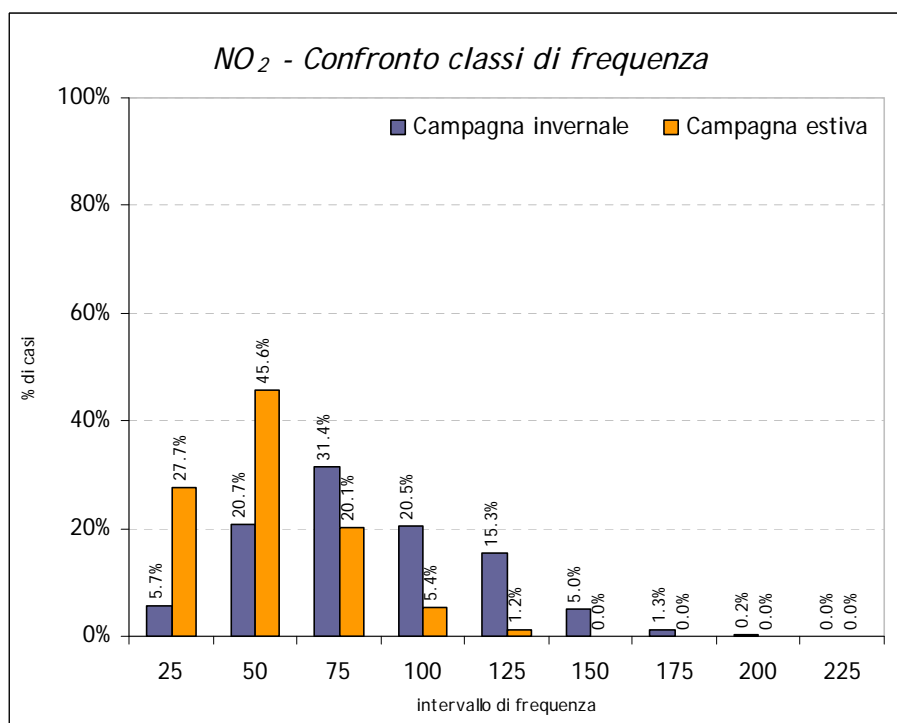


Come per il NO anche per il NO<sub>2</sub> il grafico della settimana tipo mostra una lieve flessione delle concentrazioni in corrispondenza del fine settimana, periodo durante il quale vi è una diminuzione dei flussi di traffico veicolare.



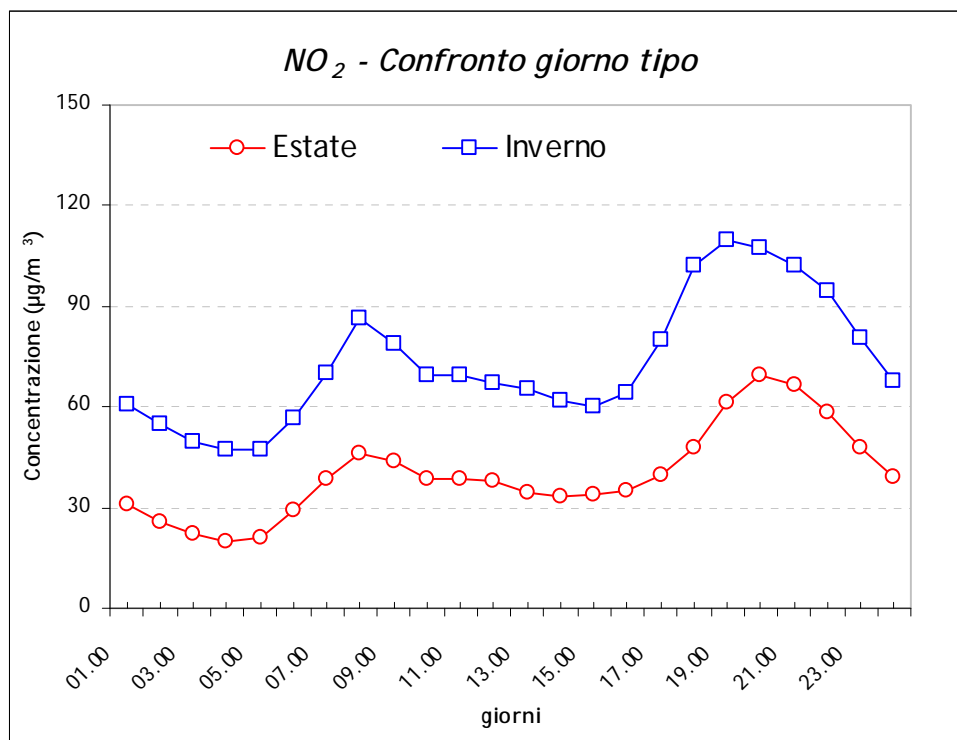
Anche per questo inquinante sono state confrontate le concentrazioni misurate durante le due campagne di misura.

<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	Valore medio (µg/m <sup>3</sup> )	Valore massimo (µg/m <sup>3</sup> )	Valore minimo (µg/m <sup>3</sup> )	n. dei superamenti
Campagna estiva 28.08 – 29.09 2008	40	121	6	0
Campagna invernale 06.02 – 03.03 2008	73	181	6	0

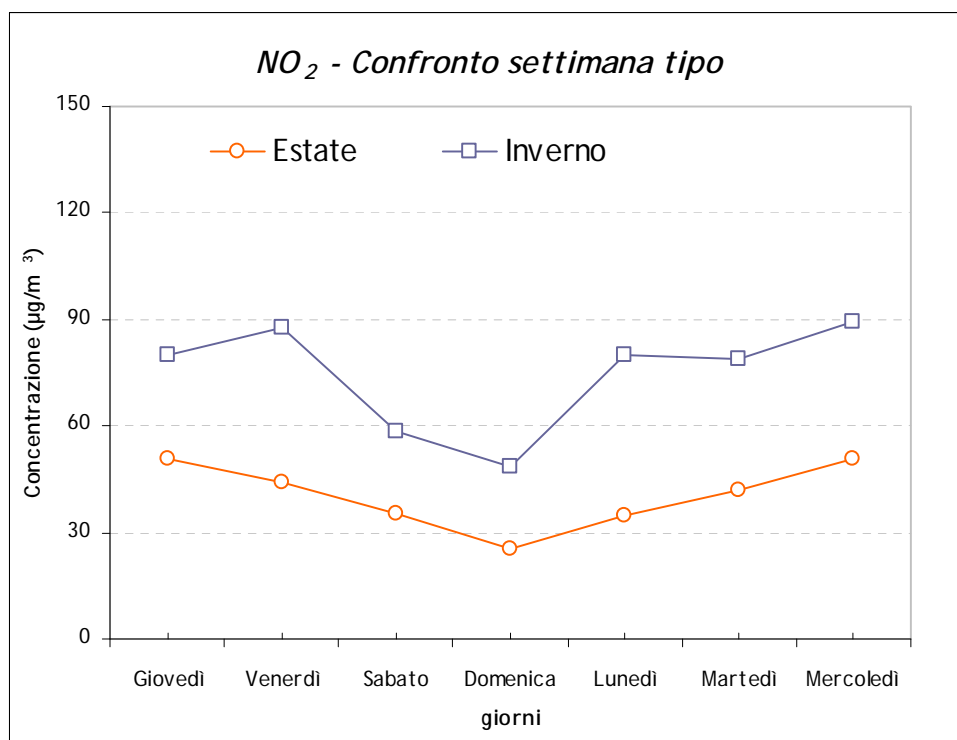


L'analisi in frequenza mostra come in entrambi i periodi le concentrazioni siano distribuite quasi uniformemente nel range di valori che vanno da 0 a 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Analogamente a quanto osservato per il NO anche il confronto del giorno tipo delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> evidenzia un trend simile tra il periodo invernale e quello estivo. I picchi di concentrazione sono localizzati nelle fasce orario con maggior traffico veicolare.



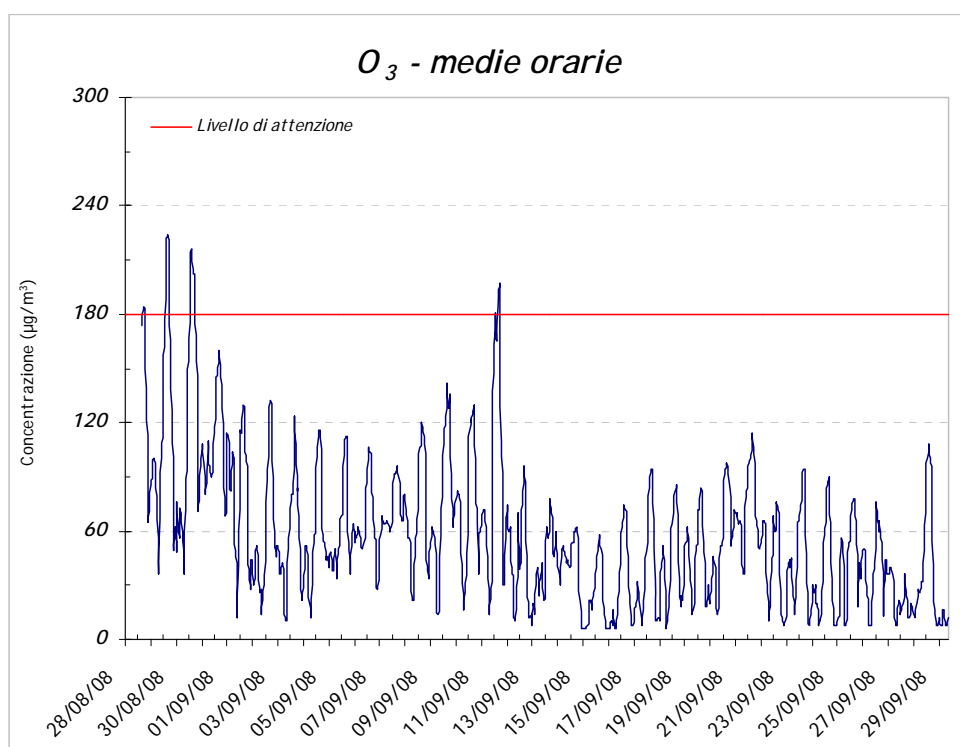
Anche il grafico della settimana tipo evidenzia un andamento analogo tra i due periodi.

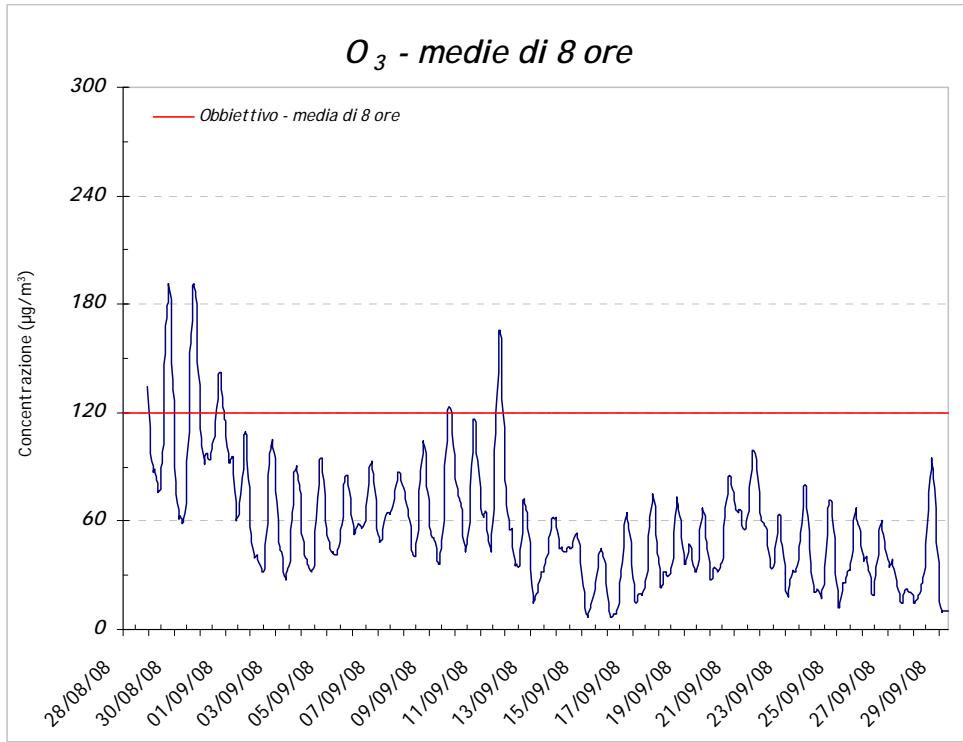


L'ozono troposferico è un inquinante secondario la cui origine è strettamente legata alla presenza di valori elevati di radiazione solare. Le concentrazioni maggiori in aria ambiente si osservano nelle stagioni calde invece nel periodo autunno-inverno si mantengono abbondantemente inferiori ai livelli di attenzione, fissato per questo inquinante 180 µg/m<sup>3</sup>. Nell'ultimo decennio le concentrazioni di questo inquinante hanno mostrato un trend in crescita, anche nei mesi invernali.

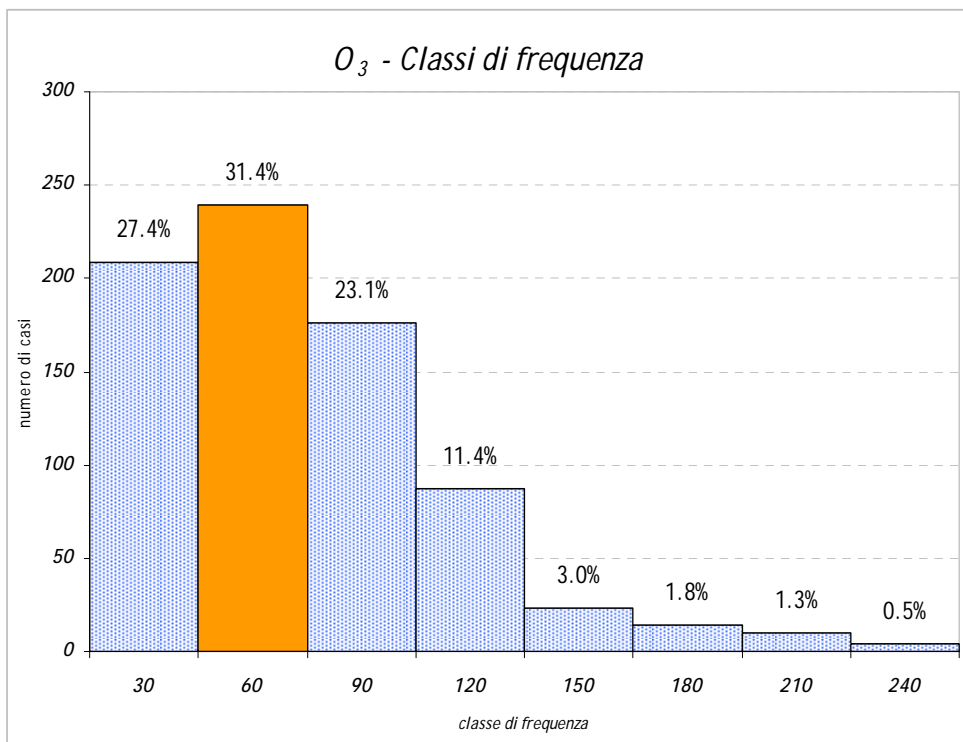
La campagna di misura si è svolta in un periodo dell'anno in cui la formazione di questo inquinante è favorita dalle condizioni meteorologiche; i valori più alti sono stati osservati in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione durante le giornate serene. **Nel corso della campagna di misura sono stati osservati 14 superamenti della soglia di attenzione oraria e 36 superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana.**

Il valore medio riscontrato durante la campagna di misura è stato di **59 µg/m<sup>3</sup>**; il valore massimo orario è stato di **224 µg/m<sup>3</sup>**, il giorno 29 agosto alle ore 17.00, il valore massimo della media di 8 ore è stato **191 µg/m<sup>3</sup>** i giorni 29 e 30 agosto alle ore 22.00.



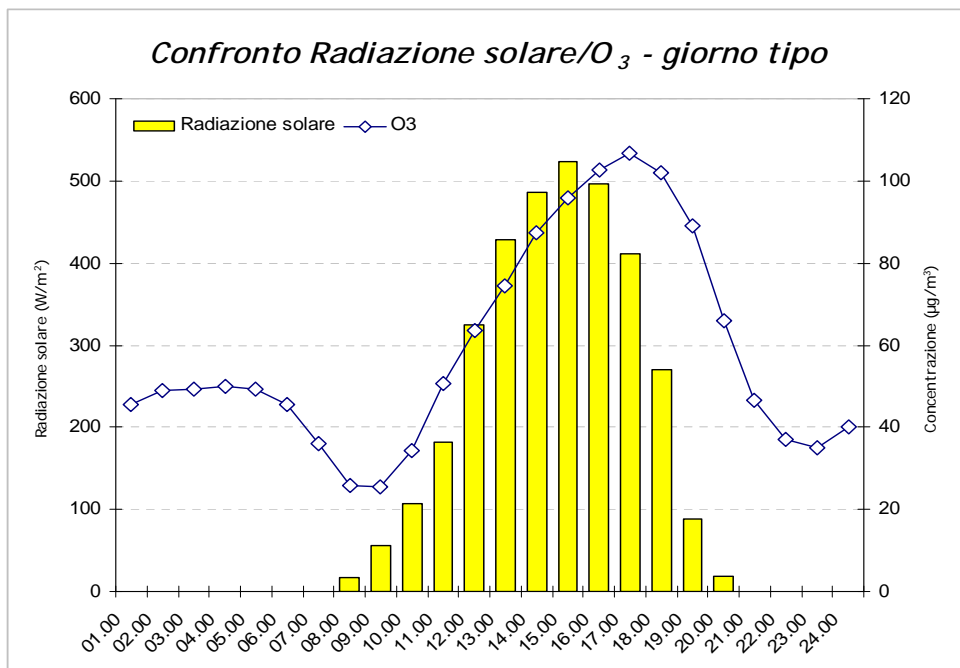
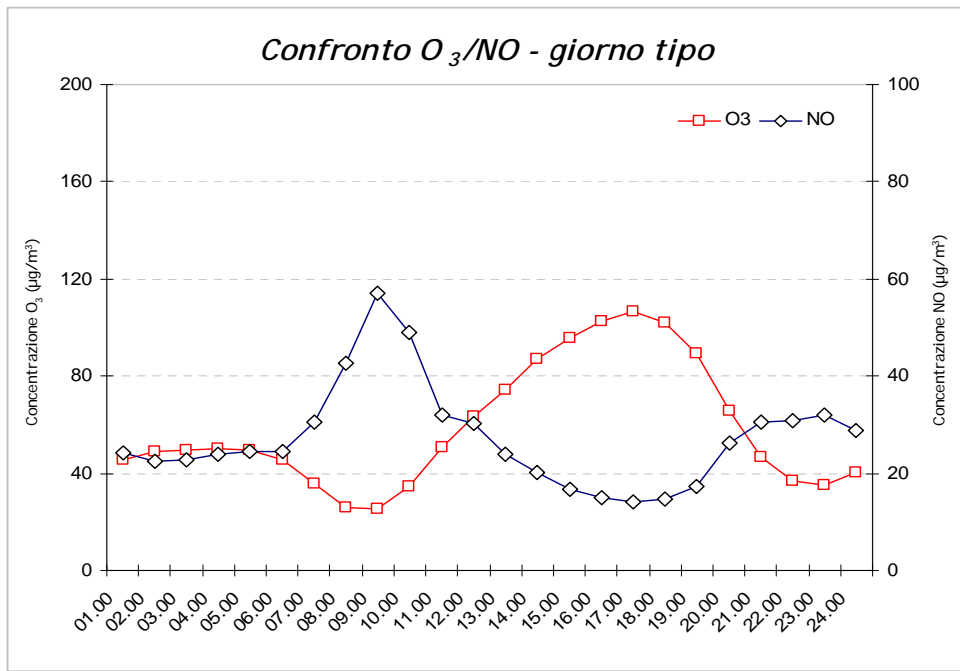


L'analisi in frequenza, relativamente al set di misure di questa campagna, mostra come il 93.3% dei valori sia compresa tra 0 e  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  il rimanente 6.7 % dei valori è superiore al valore bersaglio per la protezione della salute umana.



Classe	Frequenza	%	Classe	Frequenza	%
30	209	27.4%	150	23	3.0%
60	239	31.4%	180	14	1.8%
90	176	23.1%	210	10	1.3%
120	87	11.4%	240	4	0.5%

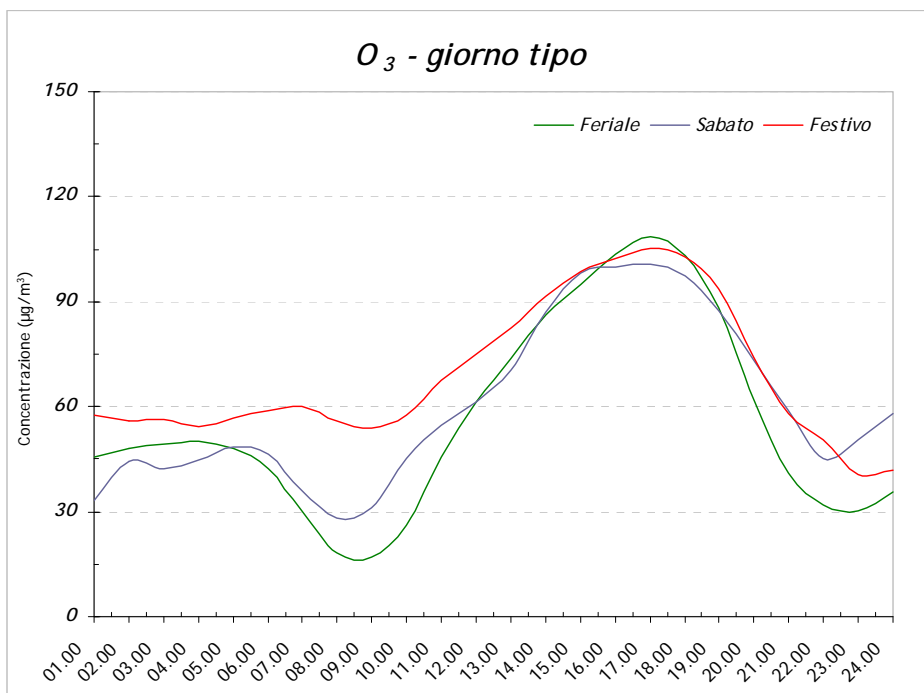
L'andamento temporale dello O<sub>3</sub> è differente da quello degli inquinanti primari, infatti non avendo sorgenti emissive dirette di rilievo, la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero dell'ozono è caratterizzato sia dalle reazioni chimiche che avvengono con il NO sia dalla presenza della radiazione solare.



Il primo grafico evidenzia la dinamica delle reazioni fotochimiche che coinvolgono il O<sub>3</sub> con NO; a valori elevati di NO, tipici di emissioni da traffico veicolare nella fascia oraria 06.00-11.00 e 19.00-24.00, corrispondono basse concentrazioni di O<sub>3</sub> e viceversa.

Il secondo invece evidenzia la relazione di dipendenza tra le concentrazioni medie giornaliere di ozono ed i valori medi giornalieri della radiazione solare. 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 durante le quali le emissioni di NO risultano scarse.

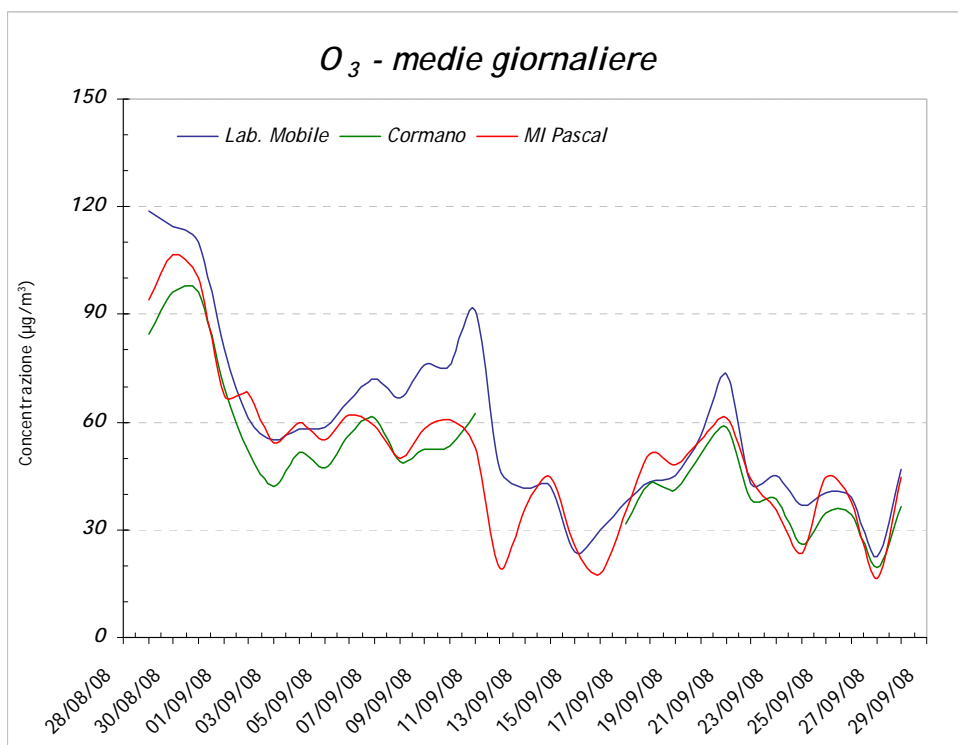
Questo duplice correlazione viene evidenziata anche nel grafico del giorno tipo in cui i valori più alti si trovano nel giorno in cui vi è una diminuzione delle concentrazioni di NO e nelle fasce orarie a ridosso dei valori massimi di radiazione solare.



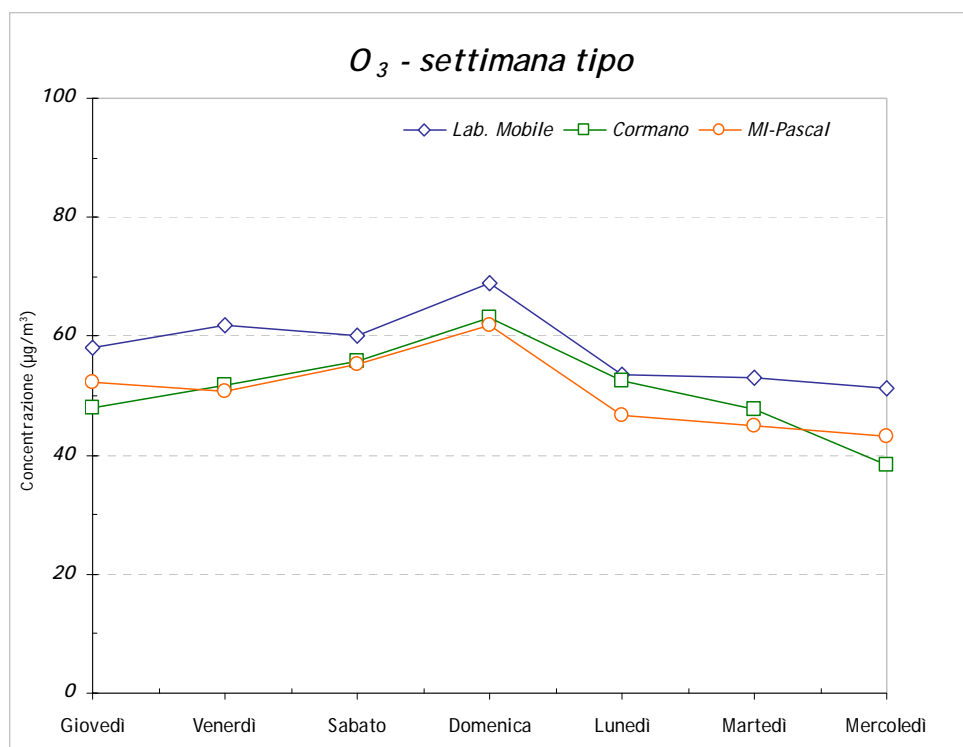
La matrice di Pearson, calcolata sull'intero set di dati orari, ha messo in evidenza una ottima corrispondenza con le postazioni della rete lombarda prese a riferimento; nello specifico le stazioni di Cormano e Milano Pascal sono quelle che presentano valori più alti.

	Lab. Mobile	MI-Pascal	Monza	Cormano	Meda	Carate Brianza	Inzago	Vimercate
Lab. Mobile	1.00							
MI-Pascal	0.87	1.00						
Monza	0.86	0.87	1.00					
Cormano	0.89	0.92	0.92	1.00				
Meda	0.85	0.80	0.85	0.87	1.00			
Carate Brianza	0.85	0.80	0.88	0.84	0.93	1.00		
Inzago	0.87	0.89	0.88	0.89	0.85	0.87	1.00	
Vimercate	0.85	0.80	0.87	0.86	0.93	0.89	0.85	1.00

Le concentrazioni in Piazza Giovanni Paolo II a Desio sono, nel periodo oggetto della campagna di misura, costantemente superiori rispetto a quelle osservate nelle due stazioni maggiormente correlate.

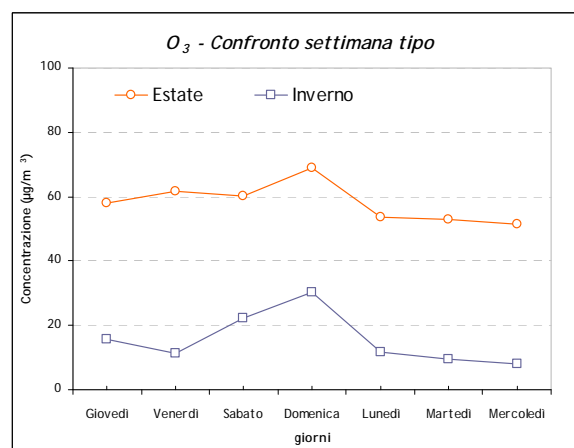
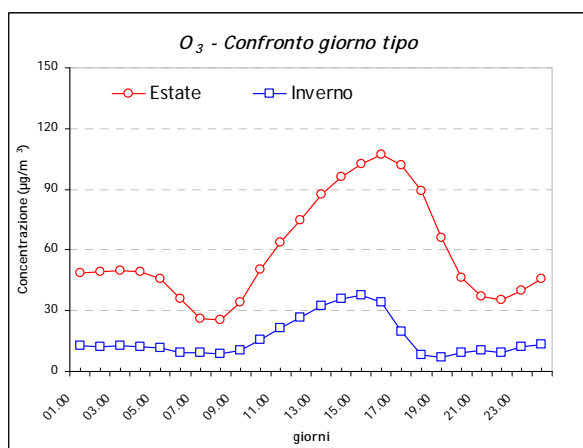
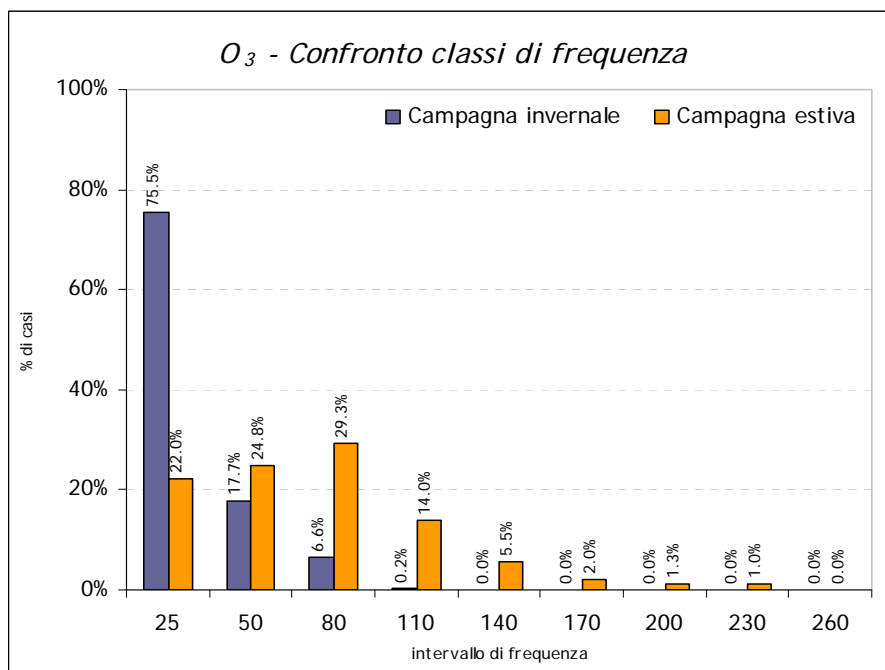


Nel grafico delle concentrazioni medie settimanali si osserva per tutti i siti considerati un aumento dei valori nella giornata festiva.



La conferma che questo inquinante dipenda dalla presenza di radiazione solare viene confermata dal fatto che i superamenti, sia della media oraria che della media di otto ore, si presentino esclusivamente durante la campagna estiva. Il valore medio misurato nella campagna di misura invernale è circa 71% inferiore rispetto a quello della misura estiva.

Ozono (O <sub>3</sub> )	Valore medio (µg/m <sup>3</sup> )	Massima media oraria	Massima media di 8 ore	n. dei superamenti media oraria	n. superamenti media di 8 ore
Campagna estiva 28.08 – 29.09 2008	59	224	191	14	36
Campagna invernale 06.02 – 03.03 2008	17	82	69	0	0

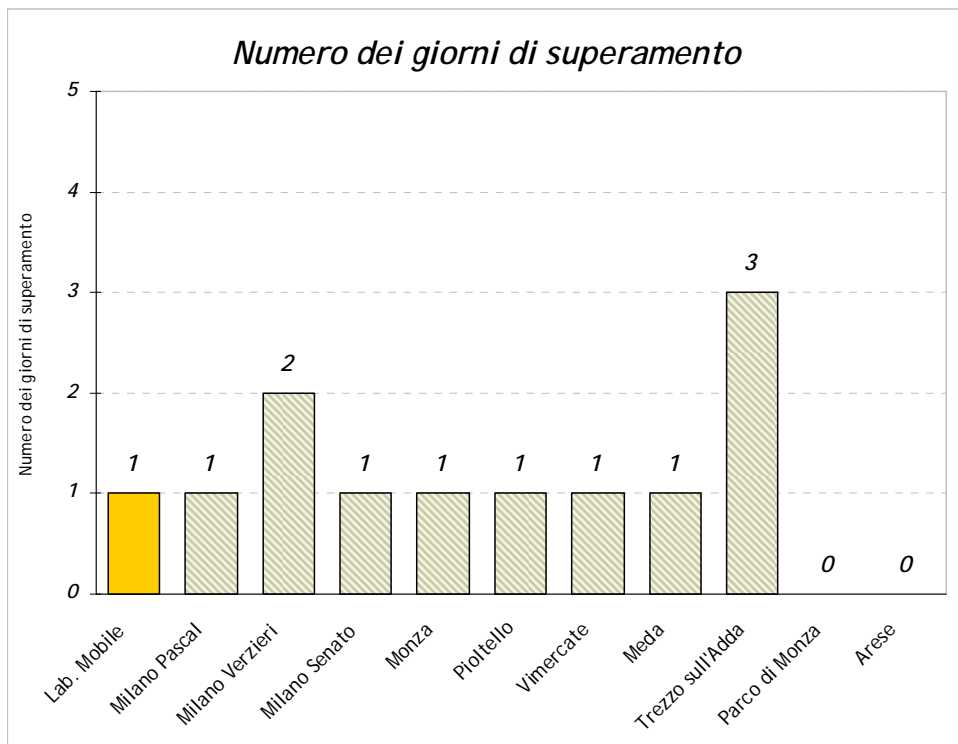


Analizzando il grafico della distribuzione dei valori si nota una dispersione più omogenea dei valori durante la campagna estiva; in quella invernale invece le concentrazioni di ozono sono addensate nell'intervallo 0-25 µg/m<sup>3</sup>

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

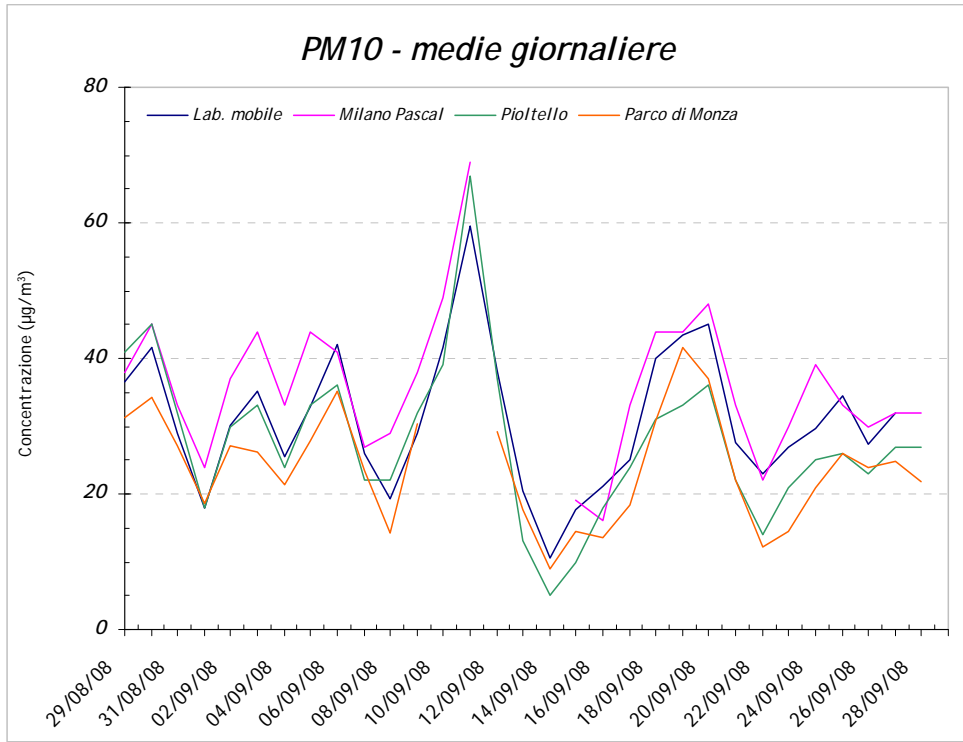
## PM10

I dati delle concentrazioni giornaliere di PM10 hanno fatto registrare nel periodo oggetto delle misure un valore medio di 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ed un valore massimo giornaliero di 59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  venerdì 12 settembre. Durante il periodo di misura **è stato osservato un solo superamento della soglia di attenzione, in linea con quanto osservato nelle stazioni della rete regionale prese a riferimento.**

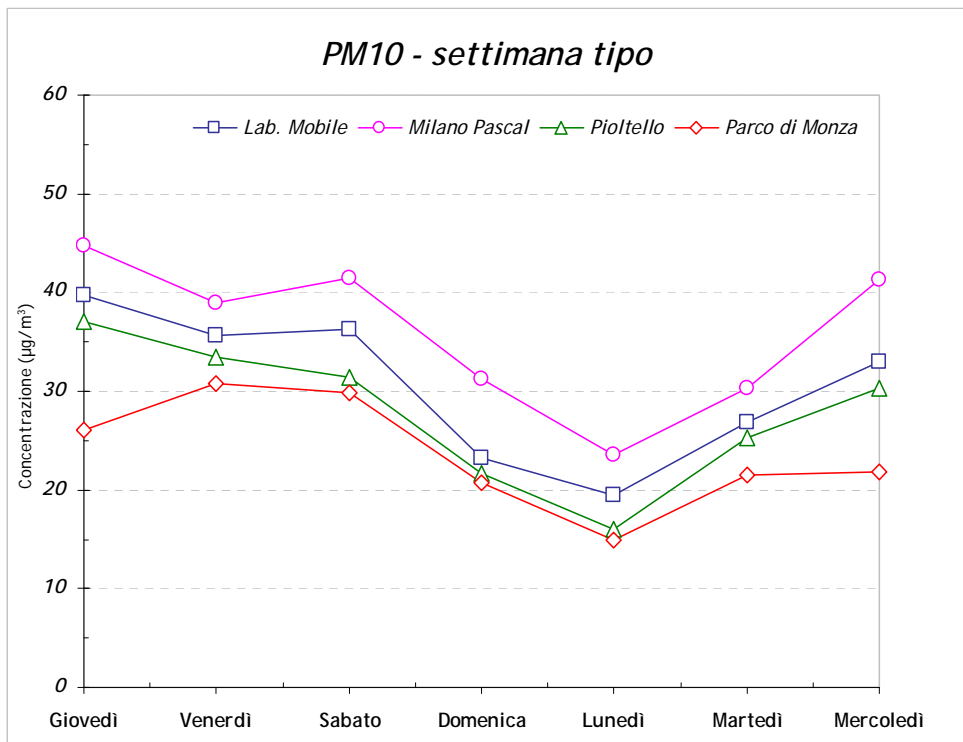


Una caratteristica importante del PM10 è quella di essere un inquinante di tipo ubiquitario presentando cioè andamenti delle concentrazioni analoghe in diverse località del Bacino Padano. I valori misurati a Desio mettono in evidenza una ottima correlazione con tutte le centraline regionali prese a riferimento, in particolare con quelle di Milano Pascal, Pioltello e con quella di fondo ubicata all'interno del parco di Monza.

	Lab. Mobile	Milano Pascal	Milano Verzieri	Milano Senato	Monza	Pioltello	Vimercate	Meda	Trezzo sull'Adda	Parco di Monza	Arese
Lab. Mobile	1.000										
Milano Pascal	0.922	1.000									
Milano Verzieri	0.907	0.942	1.000								
Milano Senato	0.881	0.919	0.948	1.000							
Monza	0.846	0.865	0.912	0.838	1.000						
Pioltello	0.923	0.920	0.958	0.944	0.879	1.000					
Vimercate	0.890	0.869	0.944	0.918	0.896	0.950	1.000				
Meda	0.884	0.830	0.909	0.883	0.885	0.928	0.967	1.000			
Trezzo sull'Adda	0.777	0.663	0.630	0.526	0.673	0.669	0.611	0.621	1.000		
Parco di Monza	0.920	0.835	0.816	0.752	0.777	0.871	0.844	0.832	0.787	1.000	
Arese	0.885	0.855	0.930	0.914	0.908	0.939	0.958	0.977	0.597	0.796	1.000



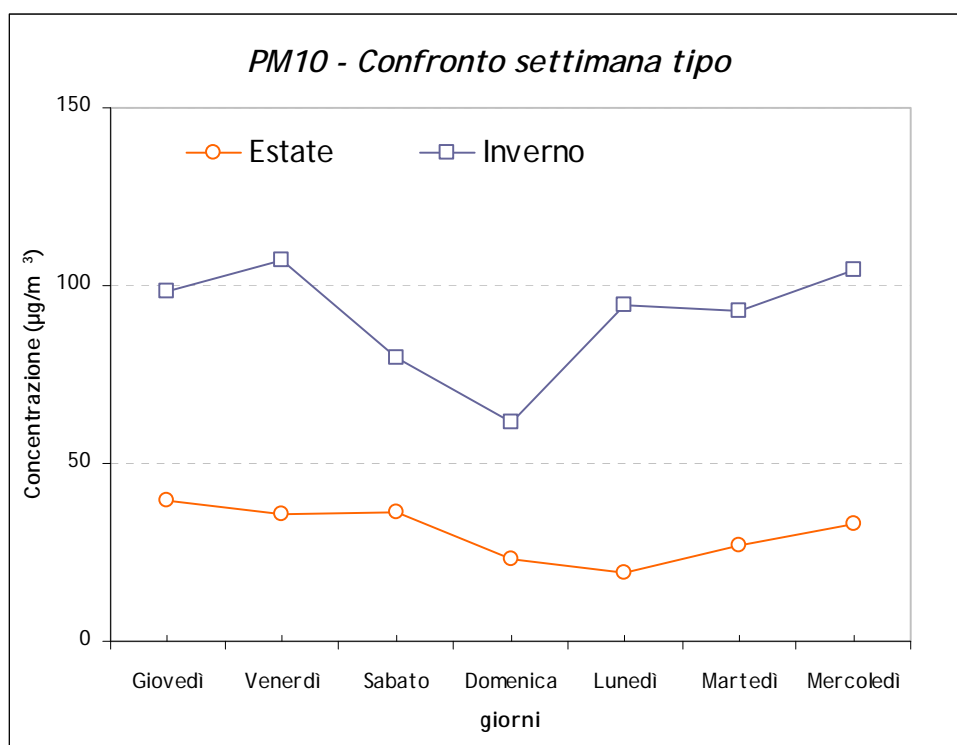
La buona correlazione tra le postazioni fisse prese a riferimento e il sito di misura a Desio è ulteriormente evidenziata nel grafico degli andamenti settimanali.



Nella tabella sottostante si riportano i valori riscontrati durante le due campagne di misura:

<b>PM10</b>	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 28.08 – 29.09 2008	31	59	10	30	1
Campagna invernale 06.02 – 03.03 2008	90	169	17	25	19

Per il PM10 il periodo più critico per l'accumulo delle concentrazioni in atmosfera è quello invernale, questa tendenza viene confermata anche dai valori osservati nel sito di misura a Desio; significativo è l'elevato numero di superamenti occorsi nella campagna invernale pari al 76% dei giorni di misura. Anche il grafico di confronto della settimana tipo mette in risalto tale situazione; si osserva una variabilità elevata nei valori invernali con un minimo localizzato nella giornata di domenica.



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

La determinazione degli IPA, in concomitanza alle misure di PM10 durante le campagne di misura condotte nel comune di Desio, è servita per cercare di verificare quale sorgente antropica incida maggiormente sulla qualità dell'aria del Comune.

In accordo con l'Amministrazione comunale è stata svolta la determinazione di 14 IPA estratti da 15 campioni di PM10 raccolti nel sito di Piazza Giovanni Paolo II.

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<sup>3</sup>.

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 di queste sostanze.

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) sia 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 poi, 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).

<sup>3</sup> Cfr. Appendice I per il metodo di analisi.

Anche 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 COR4, 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 CHR5 (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.

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°, IPA costituiti da tre anelli benzenici (quali fenantrene e antracene) si trovano primariamente in fase di vapore, 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.

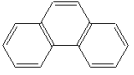
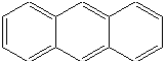
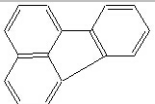
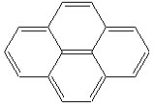
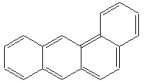
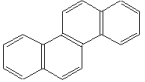
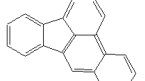
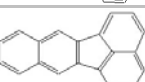

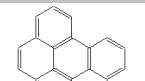
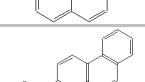
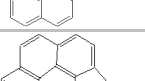
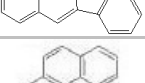
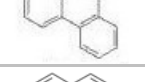
Gli IPA sono estremamente sensibili alla luce ed assorbono sia negli UVa che negli UVb, subendo due tipologie di reazioni fotochimiche: fotosensibilizzazione e fotodegradazione. Nella prima si formano radicali liberi (ad esempio superossidi), ovvero sostanze chimicamente molto reattive e pericolose per 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 ( $\leq 5\%^6$ ) 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.

<sup>4</sup> Coronene

<sup>5</sup> Crisene

<sup>6</sup> Park et al., 2001.

Tabella 1	SIGLA	IARC <sup>7</sup>	N. DI 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	2A	4	228.30	
<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	

<sup>7</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.

### Raccolta ed analisi dei campioni

Le procedure di raccolta ed analisi dei campioni è descritta in dettaglio in appendice I.

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 (Qa=16.67 l/min), su filtri in borosilicato. La durata del campionamento è stata di 24 h (inizio 00.00 am).

Dopo la raccolta i filtri sono stati conservati, fino all'analisi, in camera climatizzata a 20°C e Ur del 50%, chiusi in pellicola di alluminio. Sui campioni di PM10 raccolti nei siti, è stata svolta la determinazione di 14 IPA (vedi tabella 1). L'estrazione degli analiti dal filtro è avvenuta mediante bagno ad ultrasuoni con acetonitrile e successiva analisi in HPLC.

### Risultati e discussione

Si riportano di seguito le concentrazioni di IPA (esprese in ng/m<sup>3</sup>) riscontrate durante le due campagne di misura:

#### Campagna estiva

	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
12/09/2009 Sabato	0.17	0.007	0.08	0.5	0.07	0.16	0.18	0.05	0.11	0.19	0.02	0.05	0.22	0.26
13/09/2009 Domenica	0.18	0.007	0.08	0.44	0.15	0.14	0.5	0.13	0.15	0.72	0.02	0.4	0.21	0.04
14/09/2009 Lunedì	0.1	0.007	0.08	0.14	0.19	0.1	0.15	0.06	0.11	0.2	0.02	0.06	0.13	0.04
15/09/2009 Martedì	0.09	0.007	0.08	0.16	0.19	0.19	0.29	0.1	0.22	0.26	0.02	0.06	0.14	0.04
16/09/2009 Mercoledì	0.11	0.007	0.08	0.19	0.26	0.27	0.43	0.14	0.32	0.46	0.02	0.13	0.21	0.04
17/09/2009 Giovedì	0.14	0.007	0.08	0.35	0.18	0.24	0.36	0.1	0.25	0.31	0.03	0.26	0.18	0.04
18/09/2009 Venerdì	0.11	0.007	0.08	0.18	0.11	0.15	0.26	0.06	0.13	0.23	0.03	0.15	0.12	0.04
19/09/2009 Sabato	0.05	0.007	0.08	0.02	0.11	0.15	0.2	0.06	0.04	0.06	0.02	0.08	0.09	0.04
20/09/2009 Domenica	0.04	0.007	0.08	0.02	0.11	0.13	0.21	0.08	0.07	0.12	0.02	0.09	0.09	0.04
21/09/2009 Lunedì	0.04	0.007	0.08	0.02	0.08	0.1	0.17	0.06	0.05	0.14	0.02	0.15	0.05	0.04
22/09/2009 Martedì	0.05	0.007	0.08	0.02	0.32	0.27	0.43	0.11	0.25	0.15	0.02	0.32	0.2	0.04
23/09/2009 Mercoledì	0.05	0.007	0.08	0.02	0.19	0.2	0.4	0.15	0.23	0.31	0.03	0.39	0.17	0.04
24/09/2009 Giovedì	0.12	0.007	0.08	0.03	0.26	0.23	0.46	0.14	0.23	0.34	0.02	0.13	0.16	0.04
25/09/2009 Venerdì	0.07	0.007	0.08	0.03	0.18	0.22	0.36	0.14	0.16	0.15	0.02	0.07	0.18	0.04
26/09/2009 Sabato	0.07	0.007	0.08	0.02	0.19	0.21	0.33	0.14	0.16	0.23	0.02	0.15	0.12	0.04

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

Campagna invernale

		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
11/02/2008	Lunedì	0.69	0.01	3.64	1.24	1.16	1.65	2.88	1.03	2.22	2.65	0.29	3.13	2.98	1.29
12/02/2008	Martedì	1.01	0.03	2.37	0.97	4.74	4.87	9.28	3.34	9.74	8.52	0.76	11.67	8.11	2.2
13/02/2008	Mercoledì	0.78	0.02	1.42	1.03	1.98	2.27	4.91	1.62	4.30	4.25	0.35	5.54	4.06	1.15
14/02/2008	Giovedì	0.93	0.04	1.62	0.89	3.46	3.78	8.08	2.77	7.63	7.59	0.66	10.3	6.07	2
15/02/2008	Venerdì	0.92	0.05	1.05	1.06	2.55	3.04	6.99	2.37	5.69	6.6	0.53	8.83	5.28	1.43
16/02/2008	Sabato	0.29	0.007	0.08	0.59	0.36	0.6	1.22	0.38	0.79	0.98	0.1	1.5	0.9	0.38
17/02/2008	Domenica	0.67	0.007	0.08	0.98	0.93	1.18	2.62	0.84	2.19	2.67	0.19	3.26	2.21	0.73
18/02/2008	Lunedì	0.8	0.02	2.37	0.74	3.63	3.95	8.18	3	8.15	8.11	0.75	10.78	6.52	2.83
19/02/2008	Martedì	0.71	0.007	2.07	1.07	1.97	2.3	5.75	1.98	4.91	5.41	0.47	7.03	4.11	1.51
20/02/2008	Mercoledì	0.37	0.007	1.02	0.46	1.01	1.21	3.19	1.11	2.74	2.98	0.24	1.35	2.21	0.87
21/02/2008	Giovedì	0.68	0.04	1.81	1.41	1.68	2.09	4.68	1.51	3.54	3.52	0.31	4.77	3.36	1.04
22/02/2008	Venerdì	0.63	0.02	0.99	0.62	1.46	1.77	4.16	1.38	3.26	3.38	0.4	6	3.38	0.87
23/02/2008	Sabato	0.55	0.007	1.25	0.66	1.2	1.87	4.29	1.41	3.13	4.01	0.31	4.73	3.05	1.99
24/02/2008	Domenica	0.74	0.02	1.43	0.78	1.32	1.67	4.92	1.6	3.85	4.43	0.36	5.17	3.58	1.11
25/02/2008	Lunedì	0.44	0.007	0.83	0.48	0.74	1.01	2.61	0.85	1.91	2.74	0.17	3.17	0.79	0.71
26/02/2008	Martedì	0.41	0.007	1.29	0.62	0.93	1.13	3.59	1.15	2.55	3.05	0.27	3.63	2.4	0.59
27/02/2008	Mercoledì	0.35	0.007	0.75	0.22	0.59	0.82	2.62	0.83	1.79	2.35	0.18	2.56	1.73	0.65
28/02/2008	Giovedì	0.35	0.007	0.97	0.2	0.65	0.82	2.26	0.76	1.77	2.12	0.19	2.85	1.62	0.57

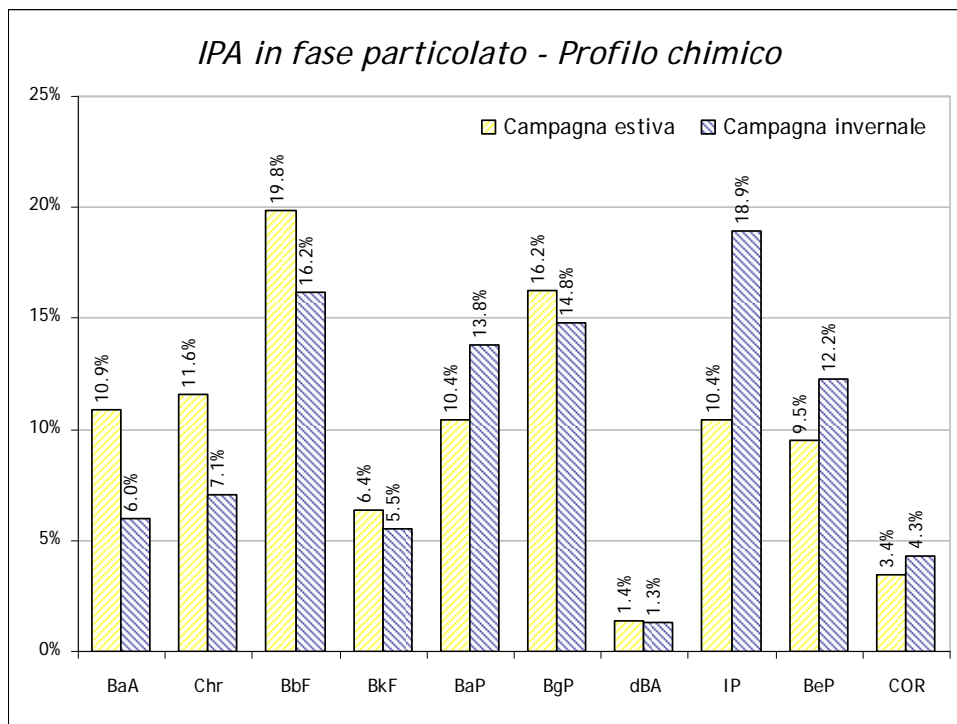
\* IN ROSSO SONO RAPPRESENTATE LE CONCENTRAZIONI INFERIORI ALLA SOGLIA DI RILEVAMENTO STRUMENTALE

Profilo chimico degli IPA

In tabella 1 e nel grafico successivo si riporta il profilo chimico medio degli IPA calcolato per entrambi i periodi di misura, inteso come rapporto dei singoli IPA presenti in fase particolata con  $\Sigma^8$ .

Tab.1	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BgP	dBA	IP	BeP	Cor
Campagna estiva	10.9%	11.6%	19.8%	6.4%	10.4%	16.2%	1.4%	10.4%	9.5%	3.4%
Campagna invernale	6.0%	7.1%	16.2%	5.5%	13.8%	14.8%	1.3%	18.9%	12.2%	4.3%

<sup>8</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  $C_{particolata}/C_{gas} = 0.36\%$  e  $5.6\%$  per FLU e PYR rispettivamente - Seinfeld and Pandis, 1998).



*Concentrazione totale media*

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 la campagna 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. Si è poi valutato il rapporto  $\frac{\Sigma}{PM10}$  indicativo dell'impatto degli IPA sulla composizione dell'aerosol.

I risultati relativi ai periodi di prelievo per T, PM10,  $\Sigma$ ,  $\Sigma'$ ,  $\frac{\Sigma}{\Sigma'}$  e  $\frac{\Sigma}{PM10}$ , sono riassunti in tabella 2:

<b>Tabella 2</b>	<b>ESTATE</b>	<b>INVERNO</b>
<b>n. campioni</b>	15	18
<b>Temperatura (valore medio)</b>	17.1 °C	5.6 °C
$\Sigma$	28.60 ng/m <sup>3</sup>	559.84 ng/m <sup>3</sup>
$\Sigma'$	23.86 ng/m <sup>3</sup>	509.15 ng/m <sup>3</sup>
$\Sigma/\Sigma'$	1.20	1.10
<b>PM10 (valore medio)</b>	31 µg/m <sup>3</sup>	90 µg/m <sup>3</sup>
<b><math>\Sigma/PM10</math> (%)</b>	0.09 %	0.62 %

Dal rapporto  $\frac{\Sigma}{\Sigma'}$  si evidenzia la maggior quantità di IPA raccolta si presenti in fase particolata. La percentuale ottenuta dal rapporto  $\frac{\Sigma}{PM10}$  mette in evidenza come nel corso della misura estiva solo lo 0.08% del particolato PM10 raccolto è dovuto alla componente IPA; in quella invernale tale percentuale assume un valore decisamente più alto (0.62%).

*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>9</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 valori dei tre rapporti di 5 IPA considerati traccianti del traffico e della combustione di biomasse con il valore degli IPA totali:

<b>Tabella 3</b>	<b>ESTATE</b>	<b>INVERNO</b>
$\Sigma$	28.60 ng/m <sup>3</sup>	559.84 ng/m <sup>3</sup>
$\Sigma'$	23.86 ng/m <sup>3</sup>	509.15 ng/m <sup>3</sup>
$(B[b]F+B[k]F)/\Sigma'$	0.26	0.22
$CHR/\Sigma'$	0.12	0.07
$B[ghi]P+COR/\Sigma'$	0.20	0.19

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.

Dai valori ottenuti dai rapporti diagnostici risulterebbe che a incidere in misura maggiore come sorgente emissiva sia la componente traffico rispetto alle altre fonti emissive ed in particolare risulterebbero più marcate, anche se di poco, le emissioni dai veicoli diesel, rispetto ai veicoli alimentati a benzina.

Per cercare di ottenere ulteriori informazioni sulle sorgenti emissive che maggiormente influenzano la qualità dell'aria nel sito di prelievo sono stati analizzati ulteriori rapporti, riportati in tabella 4:

<b>Tabella 4</b>	<b>ESTATE</b>	<b>INVERNO</b>
FEN/FEN+ANT	0.12	0.97
$I(123cd)P/I(123cd)P+B(gli)P$	0.26	0.56
Flu/Flu+Pyr	0.12	0.64
$B(a)A/B(a)A+Chr$	0.20	0.46

Il primo di questi rapporti evidenzia la presenza di petrolio e dei suoi derivati (Barakat, dati non pubblicati) nonché le emissioni dei gas di scarico (Rogge et al., 1993b), anche se non è possibile una corretta valutazione in quanto questo DR è svolto su IPA con caratteristiche volatili.

<sup>9</sup> Assemo O. Barakat: "Pahs petroleum markers in the atmospheric environment of Alexandria City, Egypt" – Water, Air and soil Pollution 139: 289-310 - 2002

Gli altri rapporti sono stati ricavati gli indici qui di seguito riportati<sup>10</sup>:

1. **[IcdP]/[IcdP] + [BgliP]** secondo i dati di letteratura questo rapporto è di:
  - 0.18 per le emissioni da benzine<sup>11</sup>
  - $0.37 \div 0.70$  per le emissioni di diesel
  - 0.56 per le emissioni dovute alla combustione del carbone<sup>12</sup>
  - 0.62 per le emissioni dovute alla combustione di legna<sup>13</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>14</sup>
  - 0.37 per le emissioni diesel degli autocarri
  - $0.60 \div 0.70$  per le emissioni dovute a motori diesel<sup>15</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>16</sup>:
  - 0.50 per le emissioni da industrie ed autocarri
  - $0.37 \div 0.70$  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>17</sup>

Alla luce dei valori ottenuti dai rapporti diagnostici risulta che nel sito oggetto dell'indagine vi è una prevalenza di emissioni da motori diesel, in particolare da automezzi pesanti. L'analisi di questi rapporti non evidenzia la presenza significativa di oli combustibili.

Tali conclusioni sembrano compatibili con l'aspettativa che la sorgente maggiore di IPA in ambito urbano sia dovuta alla componente traffico, in modo particolare nel periodo invernale.

#### *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 il data set degli IPA presentasse una qualche correlazione con il PM10 e con alcuni "marker" 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 i valori medi delle grandezze sopra menzionate relative ai periodi di misura a Desio, unitamente ad alcuni parametri meteo.

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.)
Campagna estiva	28.60	23.86	31	31	38	n.d.	0.22	17.1	53.6
Campagna invernale	559.84	509.15	90	224	129	2.0	0.60	5.6	0

<sup>10</sup> Cotham and Bidleman, 1995; Lohmann ed al., 2000

<sup>11</sup> Kavouras et al., 1999; Pio et al., 2001; Alveas et al. 2001.

<sup>12</sup> Pio et al., 2001.

<sup>13</sup> Gogou et al., 1996.

<sup>14</sup> Rogge et al., 1993.

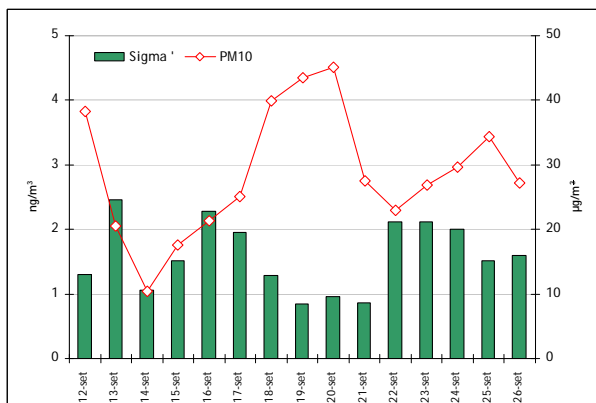
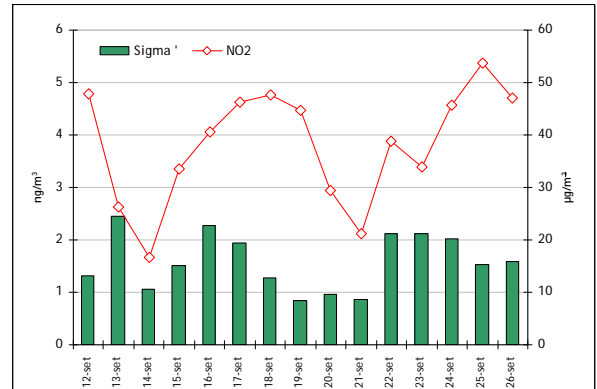
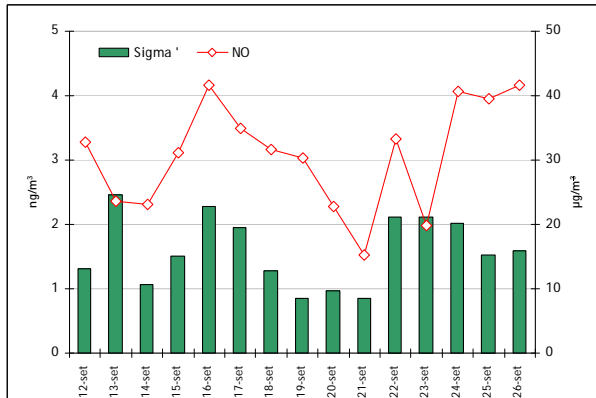
<sup>15</sup> Kavouras et al., 2001.

<sup>16</sup> E.g. Gogou et al., 1996.

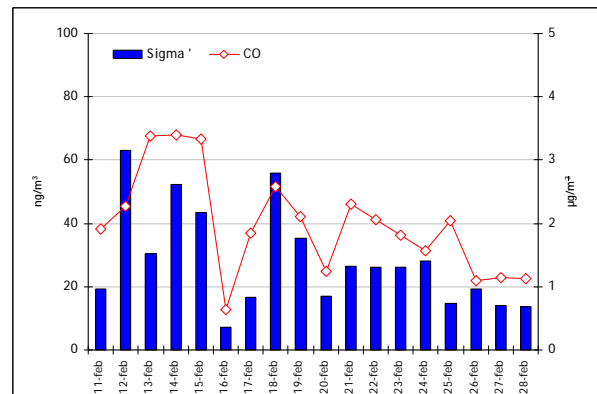
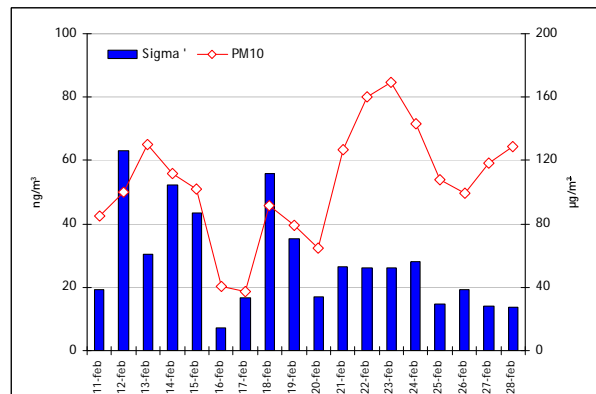
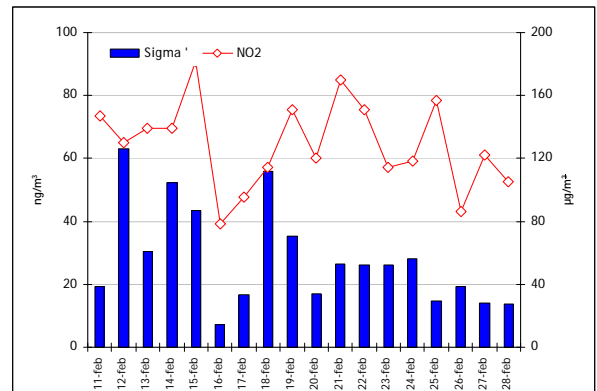
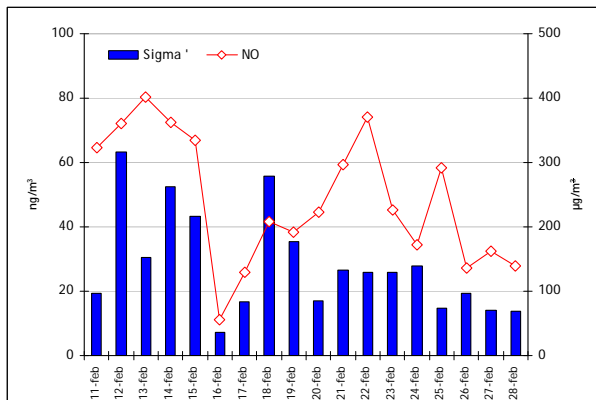
<sup>17</sup> Sicre et al., 1987

Si riportano nei grafici sottostanti gli andamenti degli inquinanti con i valori di  $\Sigma'$ .

*Campagna estiva*



*Campagna invernale*



Si riportano di seguito le matrici di Pearson calcolate per entrambi i periodi di misura:

<i>Estate</i>	$\Sigma$	$\Sigma'$	NO	NO <sub>2</sub>	PM10	<i>Inverno</i>	$\Sigma$	$\Sigma'$	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM10
$\Sigma$	1.00					$\Sigma$	1.00					
$\Sigma'$	0.95	1.00				$\Sigma'$	1.00	1.00				
NO	0.32	0.35	1.00			NO	0.55	0.53	1.00			
NO <sub>2</sub>	0.16	0.17	0.80	1.00		NO <sub>2</sub>	0.36	0.34	0.76	1.00		
PM10	-0.44	-0.45	0.05	0.50	1.00	CO	0.71	0.71	0.79	0.67	1.00	
						PM10	0.14	0.14	0.42	0.33	0.23	1.00

Gli IPA sono principalmente associati al 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; una scarsa correlazione indica come le concentrazioni di PM10 siano da associare quasi esclusivamente al traffico veicolare .

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

Il potere carcinogenico equivalente del B(a)P (BaPE) è un indice proposto<sup>18</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>19</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]:

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

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 periodi di osservazione.

#### *Campagna estiva*

<b>Specie equivalente (SE)</b>	<b>conc. <math>\pm</math> SD (ng/m<sup>3</sup>)</b>
SE(BaA)	0.16 $\pm$ 0.07
SE(BbF)	0.33 $\pm$ 0.12
SE(BkF)	0.11 $\pm$ 0.04
SE(BaP)	2.48 $\pm$ 0.08
SE(DahA)	0.20 $\pm$ 0.004
SE(IcdP)	0.20 $\pm$ 0.12
<b>BaPE</b>	<b>23.86</b>

<sup>18</sup> Yassaa et al., 2001.

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

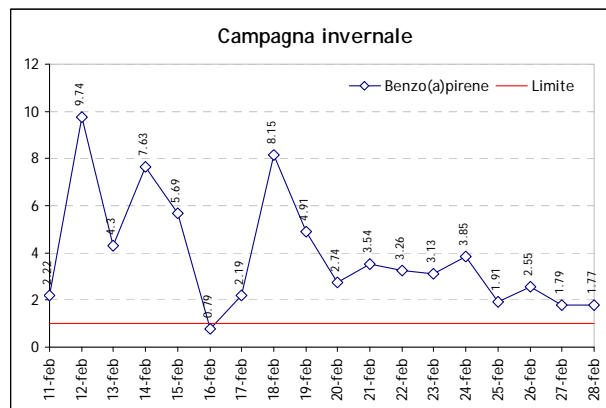
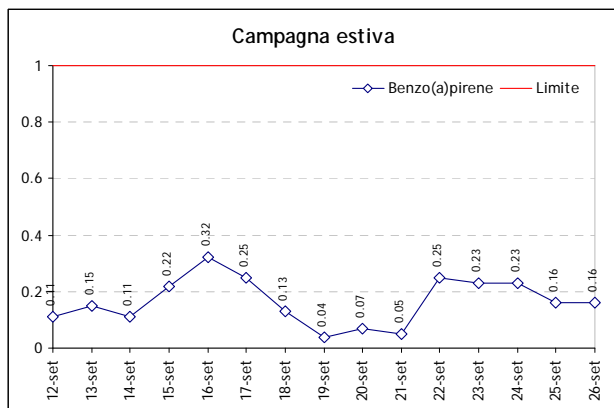
Campagna invernale

Specie equivalente (SE)	conc. ± SD (ng/m <sup>3</sup> )
SE(BaA)	1.82 ± 1.20
SE(BbF)	5.76 ± 2.29
SE(BkF)	2.00 ± 0.83
SE(BaP)	70.16 ± 2.46
SE(DahA)	3.92 ± 0.20
SE(IcdP)	7.70 ± 3.18
<b>BaPE</b>	<b>509.15</b>

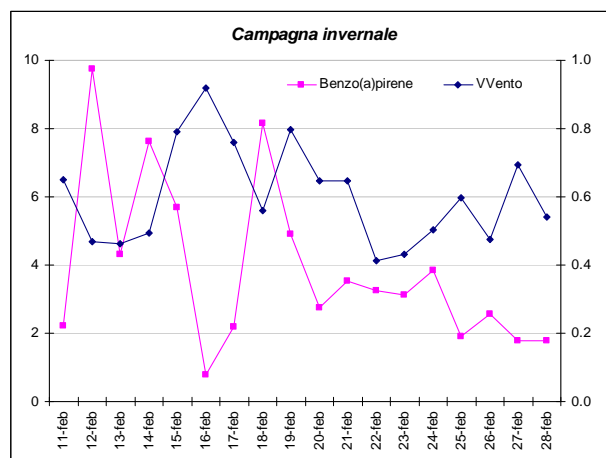
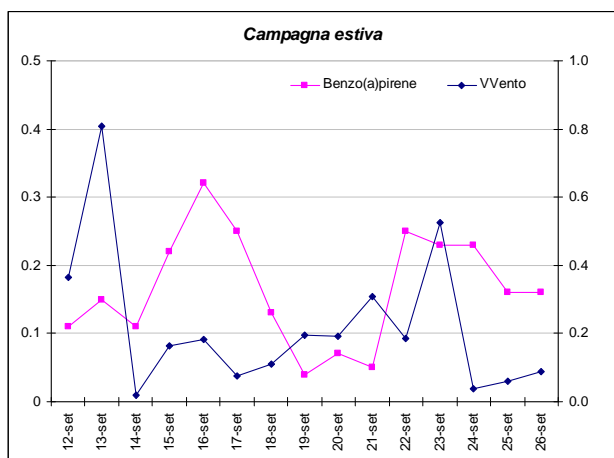
Si osserva come il BaPE incida per il 17.4 % durante la misura estiva e del 22.4 % nella campagna invernale, rispetto al valore totale degli IPA ( $\Sigma$ ).

**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 la scarsità di 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.

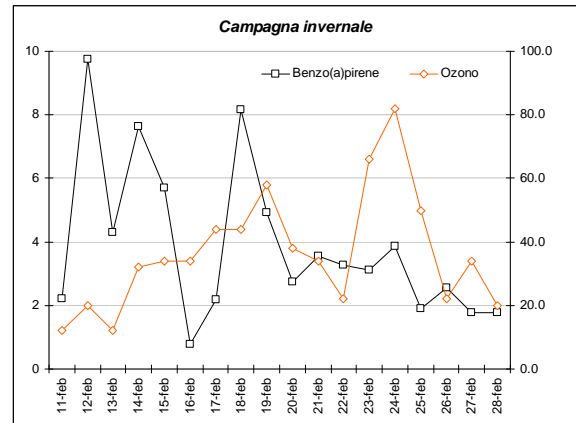
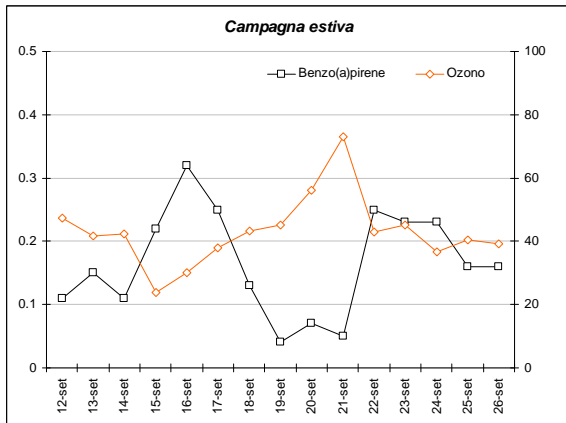


Nel grafico successivo sono stati riportati gli andamenti delle concentrazioni di BaP e della velocità media giornaliera del vento; si osserva una diminuzione di questo inquinante in corrispondenza dei giorni relativamente più ventosi.



Dai dati di letteratura risulta che gli IPA con alto peso molecolare, come il benzo(a)pirene, presentano una variabilità in particolar modo con la 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>20</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>20</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 Desio ai sensi della D.G.R. 5290/07 è classificato in termini di qualità dell'aria come ricadente in zona A1, ovvero in un'area a maggiore densità abitativa, elevate attività industriali, alta densità di traffico, condizioni meteorologiche avverse alla dispersione degli inquinanti e conseguentemente con concentrazioni più elevate di PM10.

La campagna di monitoraggio in oggetto Attraverso il monitoraggio effettuato sia nel periodo estivo (06/02/08 – 03/03/08) che in quello invernale (28/08/08 – 29/09/08), sono state svolte due indagini atte a caratterizzare la qualità dell'aria del comune, valutando i livelli ambientali dell'inquinamento atmosferico raccolti lungo Corso Italia, un'importante asse stradale comunale a due corsie (una per senso di marcia). Durante tutte le giornate, in particolare quelle feriali, tale tratto stradale è interessato dal passaggio di traffico sia leggero che pesante di tipo locale e di attraversamento.

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), 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 Comune, partendo dai dati di letteratura che individuano come principali sorgenti in ambito urbano le emissioni veicolari ed il riscaldamento domestico.

Le condizioni climatiche osservate nel corso dei due periodi di misura hanno in generale permesso di garantire una qualità dell'aria accettabile; nel corso della campagna invernale vi è stata una maggiore ventilazione ma l'assenza di precipitazioni piovose invece durante quella estiva è stata più scarsa l'attività anemologica; ben 8 sono state le giornate piovose con un valore di precipitazione totale significativo.

Per quanto riguarda gli inquinati monitorati, le maggiori criticità sono rappresentate dal PM10 nel periodo invernale e dall'Ozono nel periodo estivo.

Nel corso della misura estiva le concentrazioni di ozono nelle giornate più soleggiate sono state significative; ben 4 sono state le giornate in cui si è osservato il superamento del livello di attenzione e 14 quelle dove è stato violato il limite di protezione per la salute umana.

Per quanto riguarda il PM10 in entrambe le campagne di misura è stato osservato il superamento del valore limite; durante la misura invernale 19 sono stati i giorni in cui è stato osservato il superamento invece nel periodo estivo il valore limite è stato oltrepassato solo il giorno 12 settembre.

Dallo studio svolto sugli IPA è stato innanzitutto possibile osservare il forte impatto dato dalle sorgenti locali sulla contaminazione atmosferica; se nel corso della campagna estiva tutti i campioni raccolti hanno messo in evidenza il superamento dei limiti, le concentrazioni estive sono invece risultate tutte ampiamente inferiori.

Come già osservato nel corso della campagna invernale, lo studio di alcuni rapporti diagnostici ha evidenziato che ad incidere in misura maggiore come sorgente emissiva sia la componente traffico sia veicolare che pesante ed in particolare risulterebbero più marcate le emissioni dai veicoli diesel rispetto ai veicoli alimentati a benzina.

Confrontando l'andamento dei giorni tipo di NO e NO2 si conferma come i flussi di traffico veicolari siano localizzati in due fasce orarie; la prima tra le ore 07.00 e le ore 11.00 e l'altra serale tra le ore 18.00 e le 22.00

### 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		
<b>Desio</b> <i>Piazza Giovanni Paolo II</i>	PUB	URBANA	FONDO	188	<b>28.08 – 28.09 2008</b>
<b>Monza</b>	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
<b>Carate Brianza</b>	PUB	URBANA	FONDO	236	Centralina Fissa
<b>Meda</b>	PUB	URBANA	FONDO	243	Centralina fissa
<b>Parco di Monza</b>	PUB	URBANA	FONDO	180	Centralina fissa
<b>Cormano</b>	PUB	URBANA	FONDO	149	Centralina fissa
<b>Inzago</b>	PRIV	SUBURBANA	INDUSTRIALE	138	Centralina fissa
<b>Vimercate</b>	PUB	URBANA	FONDO	206	Centralina Fissa
<b>Trezzo sull'Adda</b>	PRIV	SUBURBANA	FONDO	178	Centralina Fissa
<b>Milano Pascal</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	125	Centralina Fissa
<b>Milano Senato</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	119	Centralina Fissa
<b>Milano Verzieri</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	122	Centralina Fissa
<b>Arese</b>	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
<b>Pioltello</b>	PUB	URBANA	FONDO	122	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

<b>Biossido di azoto NO<sub>2</sub></b>	<b>Rendimento %</b>	<b>Media (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dev. St.</b>	<b>Massima Media oraria (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione</b>	
<b>Desio</b> P.zza Giovanni Paolo II	98.7	40	21	124	0	
<b>Milano</b> <b>Pascal</b>	98.4	42	26	140	0	
<b>Monza</b>	99.0	42	20	152	0	
<b>Cormano</b>	87.0	55	18	123	0	
<b>Meda</b>	99.3	30	18	103	0	
<b>Carate Brianza</b>	74.9	30	17	114	0	
<b>Inzago</b>	100	30	17	105	0	
<b>Vimercate</b>	99.0	28	16	83	0	

<b>Monossido di carbonio CO</b>	<b>Rendimen to %</b>	<b>Media (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dev. St.</b>	<b>Massima media oraria (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione</b>		<b>Massima media di 8 ore (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione</b>	
<b>Monza</b>	<b>99.0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>1.5</b>	<b>0</b>		<b>0.9</b>	<b>0</b>	
<b>Cormano</b>	<b>87.0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0</b>		<b>1.1</b>	<b>0</b>	
<b>Meda</b>	<b>99.3</b>	<b>1.1</b>	<b>0.3</b>	<b>2.2</b>	<b>0</b>		<b>1.6</b>	<b>0</b>	
<b>Carate Brianza</b>	<b>99.9</b>	<b>0.6</b>	<b>0.3</b>	<b>3.7</b>	<b>0</b>		<b>1.2</b>	<b>0</b>	
<b>Vimercate</b>	<b>99.0</b>	<b>0.8</b>	<b>0.3</b>	<b>2.1</b>	<b>0</b>		<b>1.3</b>	<b>0</b>	

<b>Ozono O<sub>3</sub></b>	<b>Rendimento %</b>	<b>Media (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dev. St.</b>	<b>Massima media oraria (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione</b>		<b>Massima media di 8 ore (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione</b>	
<b>Desio P.zza Giovanni Paolo II</b>	<b>99.3</b>	<b>59</b>	<b>41</b>	<b>224</b>	<b>4</b>	<b>28-30.08.2008 11.09.2008</b>	<b>191</b>	<b>14</b>	<b>28-31.08.2008 01-05.09.2008 08-11.09.2008 21.09.2008</b>
<b>Milano Pascal</b>	<b>98.6</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>199</b>	<b>2</b>	<b>29-30.08.2008</b>	<b>185</b>	<b>7</b>	<b>29-31.08.2008 02.09.2008 09-11.09.2008</b>
<b>Monza</b>	<b>95.8</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>233</b>	<b>3</b>	<b>28-30.08.2008</b>	<b>177</b>	<b>4</b>	<b>29-31.08.2008 11.09.2008</b>
<b>Cormano</b>	<b>87.1</b>	<b>50</b>	<b>37</b>	<b>213</b>	<b>2</b>	<b>29-30.08.2008</b>	<b>177</b>	<b>4</b>	<b>29-31.08.2008 11.09.2008</b>
<b>Meda</b>	<b>99.3</b>	<b>49</b>	<b>31</b>	<b>195</b>	<b>1</b>	<b>29.08.2008</b>	<b>165</b>	<b>3</b>	<b>29-31.08.2008</b>
<b>Carate Brianza</b>	<b>100</b>	<b>48</b>	<b>34</b>	<b>205</b>	<b>2</b>	<b>29-30.08.2008</b>	<b>170</b>	<b>5</b>	<b>28-31.08.2008 10-11.09.2008</b>
<b>Inzago</b>	<b>100</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>181</b>	<b>1</b>	<b>29.08.2009</b>	<b>157</b>	<b>3</b>	<b>29-31.08.2008 10.09.2008</b>
<b>Vimercate</b>	<b>99.0</b>	<b>46</b>	<b>24</b>	<b>166</b>	<b>0</b>		<b>136</b>	<b>2</b>	<b>29-30.08.2008</b>

<b>Particolato fine PM10</b>	<b>Rendimento %</b>	<b>Media (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Dev. St.</b>	<b>Massima Media giornaliera (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nr. Giorni di superamento del livello di attenzione</b>	
<b>Desio P.zza Giovanni Paolo II</b>	<b>96.8</b>	<b>31</b>	<b>10</b>	<b>59</b>	<b>1</b>	<b>12.09.2008</b>
<b>Milano Pascal</b>	<b>90.3</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>11.09.2008</b>
<b>Milano Verzieri</b>	<b>100</b>	<b>33</b>	<b>11</b>	<b>64</b>	<b>2</b>	<b>11-12.09.2008</b>
<b>Milano Senato</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>61</b>	<b>1</b>	<b>11.09.2008</b>
<b>Monza</b>	<b>93.5</b>	<b>30</b>	<b>13</b>	<b>61</b>	<b>1</b>	<b>11.09.1008</b>
<b>Parco di Monza</b>	<b>93.5</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	
<b>Pioltello</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>67</b>	<b>1</b>	<b>11.09.2008</b>
<b>Vimercate</b>	<b>96.8</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>11.09.2008</b>
<b>Meda</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>11.09.2008</b>
<b>Trezzo sull'Adda</b>	<b>87.1</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>64</b>	<b>3</b>	<b>11.09.2008 19-20.09.2008</b>
<b>Arese</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	

## 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.

**Gaudioso, 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.

**Marconi A, Menichini E, Ziemacki G, Cattani G, Stacchini G.** Misure di materiale particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> nell'atmosfera di Roma. *Ann Ist Super Sanità* 2000;36(3):285-9.

**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".

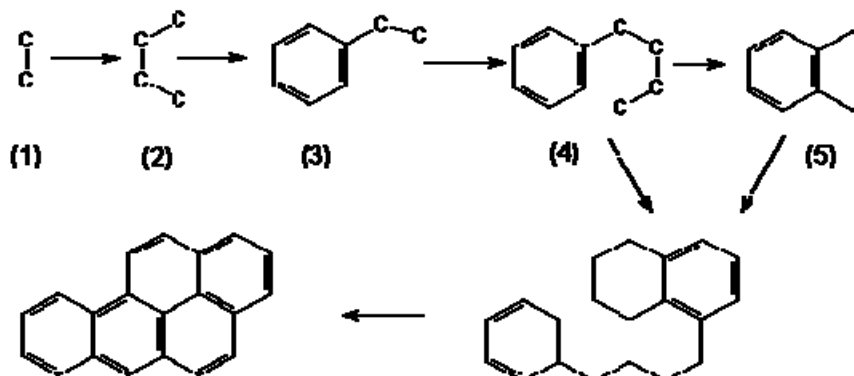
**Ziemacki G, Viviano G, Merli F.** Heavy metals: sources and environmental presence. *Ann Ist Super Sanità* 1989;25(3): 531-6.

# **APPENDICE I**

## **GLI I.P.A.**

## Meccanismo di formazione

Il meccanismo di formazione degli IPA non è completamente chiarito; si pensa che avvenga in due stadi: pirolisi e piro-sintesi. Ad alte temperature i composti organici sono parzialmente trasformati in molecole più piccole e instabili (cracking pirolitico: frammentazione in numerose parti delle molecole del combustibile a contatto con il fuoco). Questi frammenti, principalmente radicali, si ricombinano per formare molecole più grandi e stabili quali gli idrocarburi aromatici policiclici (pirosintesi).



La reazione di ripolimerizzazione avviene soprattutto in condizioni di carenza di ossigeno; in genere la velocità di formazione degli IPA aumenta con il diminuire del rapporto ossigeno/combustibile: i frammenti spesso perdono qualche atomo di idrogeno, che genera acqua dopo essersi combinato con l'ossigeno durante le varie fasi della reazione: i frammenti ricchi di carbonio si combinano in modo tale da formare gli idrocarburi aromatici policiclici, che rappresentano le molecole più stabili, con un rapporto C/H elevato.

## Caratteristiche chimico-fisico

Gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)** sono un'ampia classe di inquinanti ambientali che presentano un elevato peso molecolare ed una particolare stabilità chimica.

La molecola di questi inquinanti è formata da due o più anelli benzenici, saldati in modo da avere in comune due o più atomi di carbonio.

Gli IPA si dividono in:

- **IPA leggeri:** costituiti da 2 o 3 anelli
- **IPA pesanti:** costituiti da 4 o più anelli

Gli IPA contenenti 4 anelli o un numero inferiore in genere rimangono in forma gassosa quando vengono immessi in atmosfera. Dopo aver stazionato meno di 24 ore nell'aria esterna, di solito, vengono degradati in seguito ad una sequenza di reazioni.

Gli IPA con più di 4 anelli benzenici non permangono a lungo nell'atmosfera come molecole gassose. A causa della loro bassa tensione di vapore, queste sostanze tendono rapidamente a condensarsi e a venire adsorbite alla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere.

Anche gli IPA con 2 - 4 anelli aderiscono a tali particelle nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura.

Le superfici delle particelle di fuliggine infatti per le loro caratteristiche chimiche risultano degli ottimi adsorbenti delle molecole gassose.

Gli IPA sono:

- scarsamente solubili in acqua
- fortemente lipofili
- facilmente solubili in solventi polari
- scarsamente volatili (tranne i componenti a più basso peso molecolare)
- ampiamente diffusi in varie matrici a causa della loro bassa reattività

### Sorgenti di IPA nell'Ambiente

Gli IPA presenti nell'ambiente provengono da numerose fonti.

La più importante fonte di emissione degli IPA è quella dei motori a combustione interna, alimentati da benzina e da gasolio, in particolare si ha:

- impianto di riscaldamento emissioni veicoli a benzina: l'IPA più abbondante è il CicloPenta-(cd)Pirene (la sua concentrazione risulta 10 volte maggiore rispetto al Benzo(a)Pirene);
- emissioni veicolo diesel: sono caratterizzate dalla presenza di Benzo-Nafto-Tiofene, che si forma nel processo di combustione tra le molecole organiche e lo zolfo presente nel combustibile;

Altri fonti di emissione sono rappresentate da:

- impianti di riscaldamento alimentato a olio combustibile (in questo caso oltre ad emettere il Benzo-Nafto-Tiofene viene rilasciata una elevata quantità di Benzo(a)Antracene e Crisene);
- centrali termoelettriche;
- raffinerie;
- impianti di bitumazione;
- incenerimento dei rifiuti;
- fumo esalato dalla combustione di legno e di carbone e da altri processi di combustione in cui il carbonio del combustibile non viene completamente convertito in CO e CO<sub>2</sub>.

Sebbene gli IPA rappresentino solo circa lo 0.1% del particolato atmosferico, la loro presenza come inquinanti dell'aria rimane comunque un problema e molti di essi si rivelano cancerogeni, almeno sugli animali da esperimento.

Tra gli IPA a presumibile azione cancerogena per l'uomo vengono indicati il benzo[a]antracene, il benzo[k]fluorantene, benzo[b]fluorantene, il benzo[j]fluorantene, il benzo[a]pirene, il dibenzo[a,h]antracene, l'indeno[1,2,3-cd]pirene.

Si riporta qui di seguito la tabella dell' International Agency for Research on Cancer (IARC) nella quale viene riportata la classe di rischio per singolo composto:

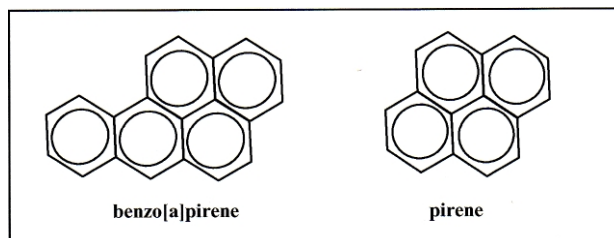
COMPOSTO	CLASSE IARC
Benzo(a)Antracene	2 A
Benzo(k)Florantene	2 B
Benzo(b)Florantene	2 B
Benzo(j)Florantene	2 B
Benzo(a)Pirene	2 A
Di Benzo (ah)Antracene	2 A
Indeno(1,2,3 -cd)Pirene	2 B

Legenda:

- Classe 2 A: probabile cancerogeno
- Classe 2 B: possibile cancerogeno

La determinazione del benzo[a]pirene (BP) viene considerata rappresentativa dei 7 IPA "probabili/possibili" cancerogeni e questa sostanza viene quindi assunta come "marker" dell'esposizione a IPA.

Il **benzo(a)pirene (BaP)** è un derivato del pirene, che contiene 5 anelli benzenici condensati



Il **B(a)P** è un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia organica e del legname; esso è risultato un potente cancerogeno negli animali da esperimento e un **probabile cancerogeno per l'uomo**.

### Il principio di cancerogenesi negli IPA

Gli IPA non sono di per sé agenti cancerogeni, ma solo alcuni derivati in cui essi vengono convertiti dall'organismo nel tentativo di renderli idrosolubili.

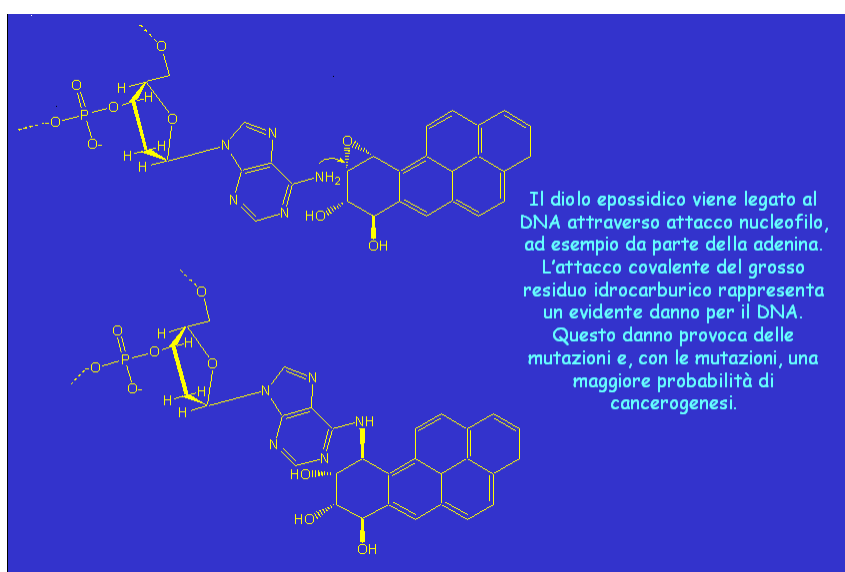
Il meccanismo con cui questi composti agiscono come cancerogeni è ancora poco chiaro e diverse teorie sono state formulate a proposito. La più conosciuta è quella della "bay region", che riguarda, tra altri composti, il benzo[a]pirene, uno degli IPA con maggiore potenziale cancerogeno.

Questa teoria si basa sul metabolismo del benzo[a]pirene ad opera degli enzimi ossidativi a formare, da prima un epossido e poi un diolo epossido.

In accordo con questa teoria, il diolo epossido formato deve possedere la funzione epossidica su un atomo di carbonio della baia e i due gruppi idrossilici che costituiscono il diolo preferenzialmente collocati nella regione pre-baia.

Il diolo epossido del benzo[a]pirene è un mutageno e viene ritenuto il responsabile della attività cancerogena di questo IPA. Il meccanismo con cui agirebbe è quello che passa attraverso la formazione di addotti.

Si riporta qui di seguito il metabolismo del benzo[a]pirene e la formazione del diolo epossido:



## Addotti degli IPA al DNA e alle proteine

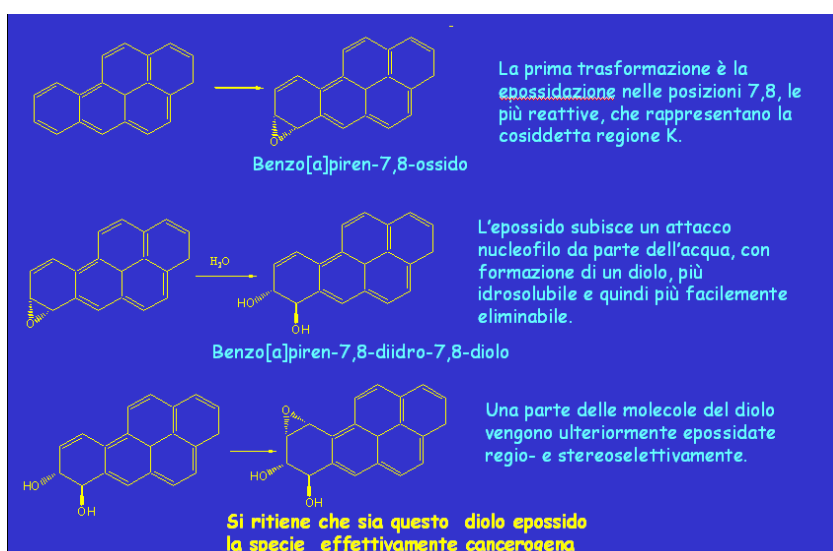
Gli addotti sono il risultato di una reazione di addizione tra molecole molto reattive, generalmente elettrofile, ottenute da trasformazioni metaboliche ossidative degli xenobiotici e gruppi nucleofili presenti sul DNA e/o proteine. I dioli epossidi degli IPA, ad esempio quello derivato dal benzo[a]pirene, sono in grado di reagire con le macromolecole cellulari e dare gli addotti al DNA e alle proteine. Gli addotti al DNA, qualora non riparati, possono iniziare il processo di cancerogenesi attraverso la formazione di mutazioni. Su questa base alcuni ricercatori hanno suggerito che gli addotti al DNA possano essere utilizzati per la valutazione del rischio cancerogeno e che la loro quantificazione possa riflettere la dose biologicamente efficace.

Gli addotti al DNA vengono generalmente determinati nei globuli bianchi, in particolare nei linfociti, che hanno un tempo di vita medio di circa 15 giorni. Nel caso delle proteine, in particolare albumina ed emoglobina, il tempo di vita medio è circa di 24 e 120 giorni, rispettivamente. Per questa ragione gli addotti possono essere considerati indicatori biologici di esposizione cumulativa.

Gli addotti tra IPA e proteine sono stati indagati fino ad ora in maniera molto superficiale, mentre numerosi studi sono stati condotti sugli addotti al DNA.

I metodi a disposizione per la valutazione degli addotti al DNA degli IPA sono di 3 tipi:

- **Immunologici.** Questi metodi sono basati sulla reazione antigene-anticorpo, sono generalmente poco sensibili (1-4 addotti/108 basi), e la possibilità di reazioni incrociate dell'anticorpo verso altri antigeni ne limita la specificità e rende problematica la determinazione quantitativa.
- **Marcatura** con atomi radioattivi. Questi metodi utilizzano la tecnica della post marcatura con <sup>32</sup>P del nucleotide modificato (addotto), sono molto sensibili (1 addotto/1010 basi) e richiedono piccole quantità di campione (µg). La maggiore limitazione di questa tecnica è la scarsa specificità.
- **Cromatografici** accoppiati con rivelatore a fluorescenza. In questo caso si sfrutta la fluorescenza specifica di alcuni IPA, come il benzo[a]pirene e i suoi metaboliti, che sono i composti generalmente determinati utilizzando questo metodo. La tecnica è specifica, anche se non applicabile a tutti gli IPA. La sensibilità del metodo è limitata a 1 addotto/107 basi.



I risultati ottenuti determinando gli addotti con ciascuno di questi metodi sono scarsamente correlati, questo significa, che, soprattutto alle basse esposizioni, le tecniche

misurano composti differenti. Va inoltre specificato che queste tecniche, che richiedono l'estrazione del DNA, la sua purificazione e, talvolta, la sua marcatura con atomi radioattivi, sono complesse e richiedono tempi lunghi ed una notevole esperienza per essere eseguite. Inoltre la standardizzazione dei metodi, il controllo di qualità intra- e inter-laboratoriale sono spesso lacunosi. Per queste ragioni queste tecniche non possono essere considerate di routine.

### Campionamento dell'aria per l'analisi degli IPA

I prelievi di aria per l'analisi degli IPA sono stati effettuati tramite un campionatore di polveri PM10 con metodo gravimetrico, costituito da un modulo sequenziale Sentinel PM per la sostituzione automatica dei filtri (fig. 1) e dotato di testa di prelievo, per il taglio delle particelle a 10 µm, di tipo EPA (americana - fig.2) omologata e dimensionata per operare con un flusso di 1 m<sup>3</sup>/h.

La testa di prelievo tramite il raccordo per la connessione al sistema di campionamento, è collegata ad una pompa che aspirando l'aria fa in modo che il particolato atmosferico impatti sulla membrana all'interno della testa e vi aderisca. L'attività della pompa è regolata da una centralina che, grazie all'azione di una valvola di by-pass assicura una porta d'aria in ingresso costante.

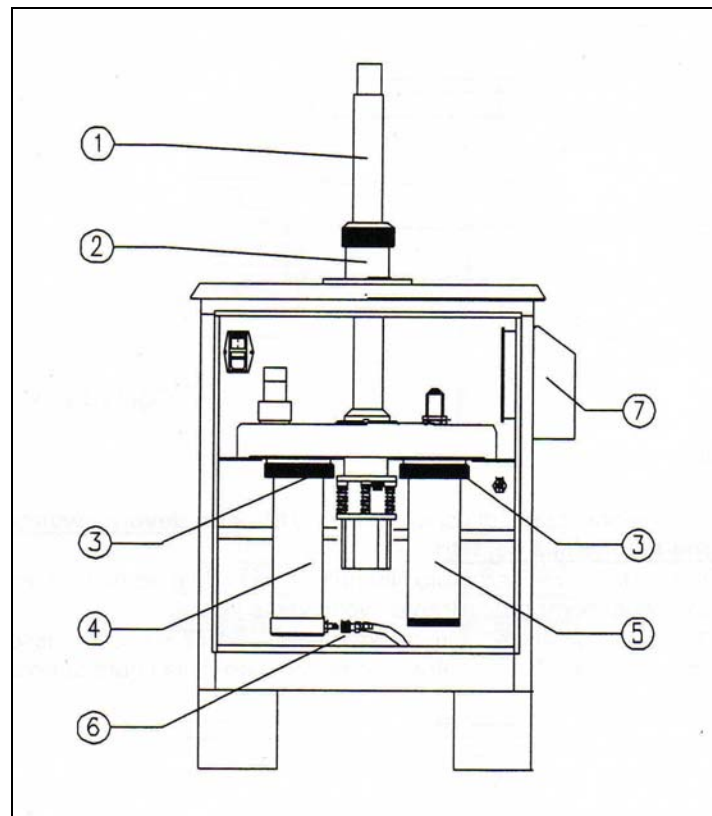


Figura 1

1. tubo di aspirazione
2. gruppo di scorrimento
3. ghiera filettate di serraggio caricatori filtri
4. caricatore filtri puliti
5. serbatoio filtri esposti
6. connessione pneumatica per carico filtri
7. carter uscita aria ventilazione interna

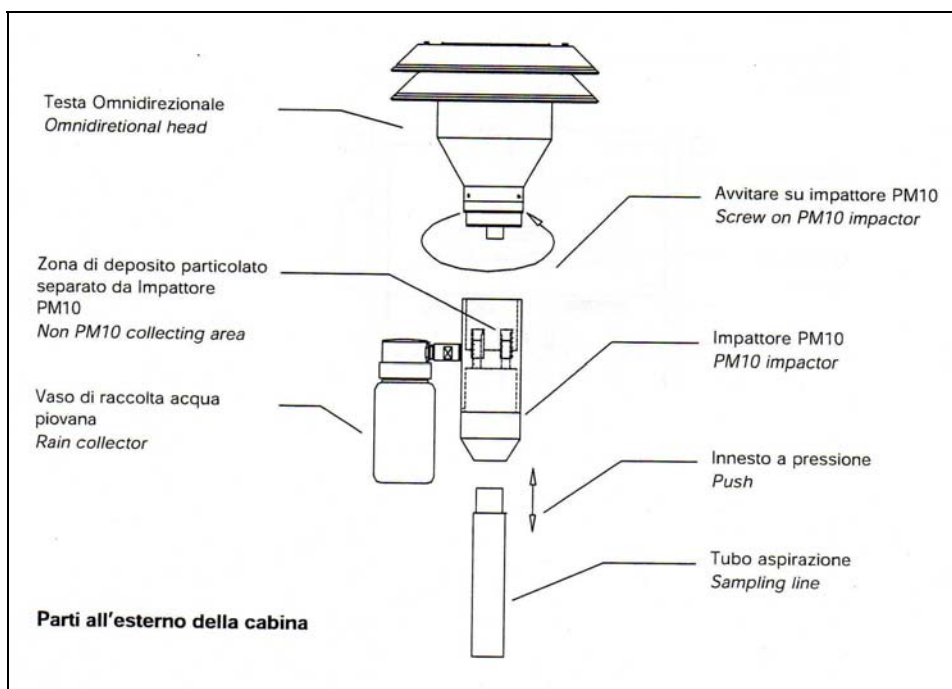


Figura 2

Durante la campagna di misura delle polveri è stato impostato un flusso di campionamento pari:  **$Q_a = 16.67 \text{ l/min.}$**

Per la raccolta del PM10 sono stati utilizzati filtri in **borosilicato**, tra i più adatti, secondo i dati di letteratura, per l'analisi degli IPA.

Ogni singolo campione è rimasto in misura per un periodo di **24 ore**.

Al termine delle 24 ore di campionamento la pompa interrompe l'aspirazione, il pistone si solleva, il sequenziatore ruota orizzontalmente, spostando il filtro appena utilizzato e posizionando quello nuovo, il pistone si riabbassa chiudendo ermeticamente il filtro e la pompa riprende ad aspirare. Questo ciclo si ripete giornalmente.

### Metodo di riferimento per la determinazione di IPA in Aria

Questo metodo permette la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici presenti nel particolato atmosferico:

Il metodo è applicabile in ambienti esterni, a concentrazione di singoli IPA [ **$C_{IPA}$** ] >  **$0.001 \text{ ng/m}^3$**

Tramite un campionatore a basso volume viene raccolta, per aspirazione, una quantità nota di materiale particolato atmosferico su appositi filtri privi di leganti organici.

Il prelievo deve cominciare nelle prime ore del mattino e la durata del campionamento deve essere di 24 ore.

Il metodo messo a punto permette la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) presenti nel particolato atmosferico.

Esso consiste nell'estrazione degli analiti dal filtro mediante bagno ad ultrasuoni con acetone nitrile. L'estratto viene poi analizzato in HPLC