



**Laboratorio Mobile**  
**Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**  
**Comune di Usmate Velate**  
**Via Europa c/o Centro Sportivo**

**24/04/2007 – 25/05/2007**



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

## **Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**

**Comune di Usmate Velate**

**Via Europa c/o Centro Sportivo**

MONZA, 12/07/2007

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

p.i. Davide Paladini

p.i. Valter Meda

### **Il Responsabile del Procedimento**

dott. Raffaella Marigo

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

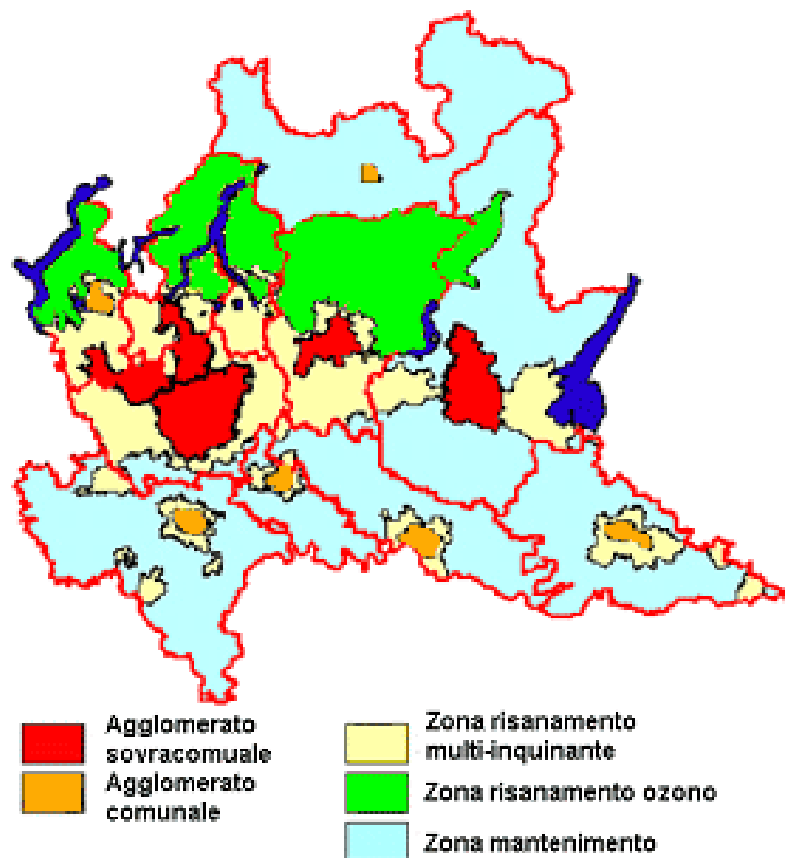
dott. geol. Madela Torretta

## 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 provvedimenti successivi ha zonizzato il territorio in zone ed agglomerati:



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

## Introduzione

Il Laboratorio Mobile è stato posizionato, in accordo con i tecnici dell'Amministrazione Comunale, lungo via Europa in corrispondenza del centro sportivo, rispettando 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.

## 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 2007.

Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2007.

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)	350	1 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione ecosistemi	20	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. 2/4/02
Soglia di allarme	500	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 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)	200	1 h	D.P.R. 24/5/88
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 (+30)	1 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	40 (+6)	Anno civile	D.M. 2/4/02
Soglia di allarme	400	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 2/4/02

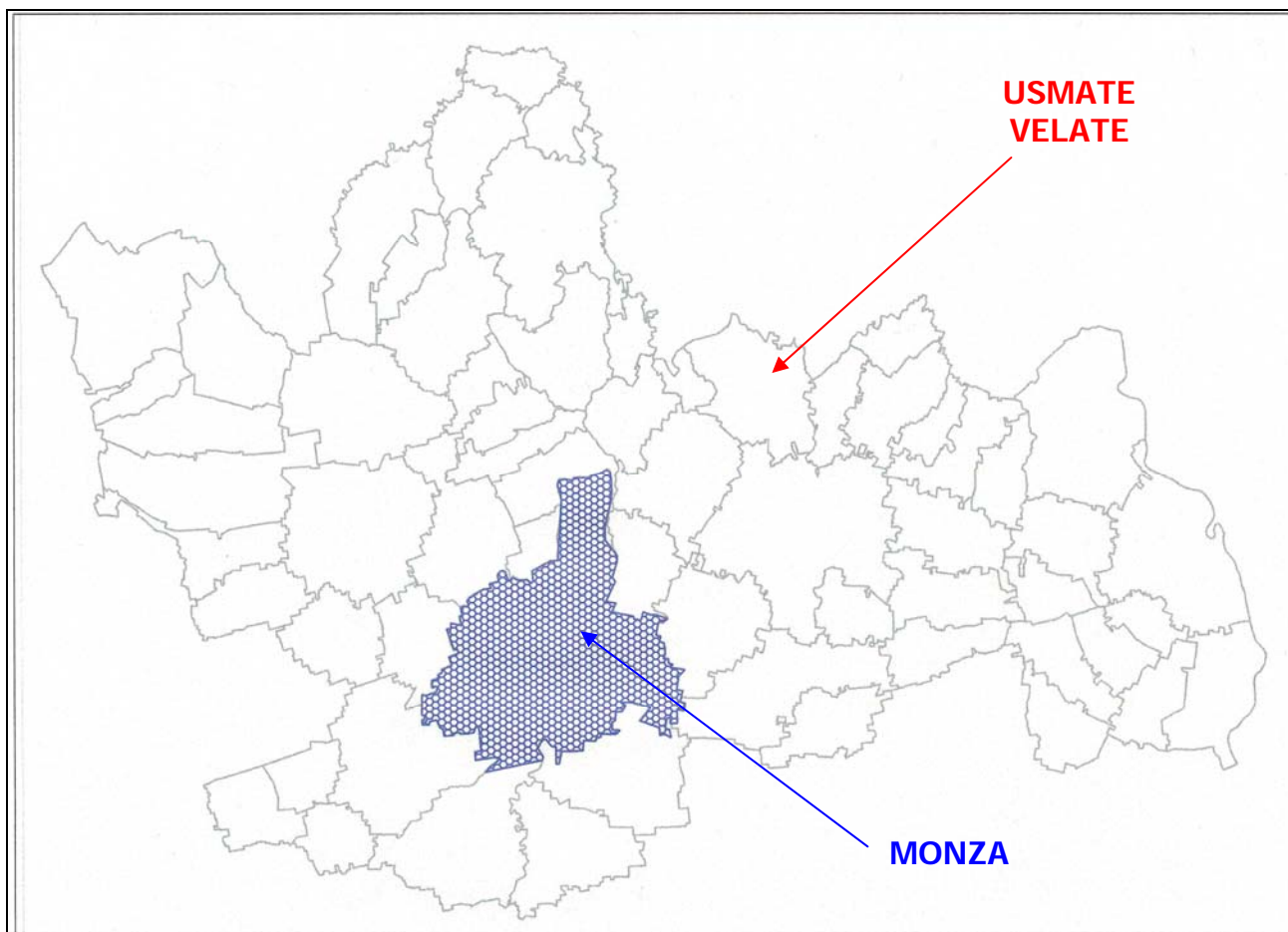
Ossidi di Azoto	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	D.M. 2/4/02

Monossido di Carbonio	Valore Limite ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Standard di qualità	40	1 h	D.P.C.M. 28/3/83
Standard di qualità	10	8 h	D.P.C.M. 28/3/83
Valore limite protezione salute umana	10	8 h	D.M. 2/4/02
Soglia di attenzione	10	8 h	D.G.R. 28/10/02

Ozono	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Periodo di mediazione	Legislazione
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	120		8 h	D.L. 21/5/04
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	18000		AOT40 (mag – lug) su 5 anni	D.L. 21/5/04
Soglia di informazione	180		1 h	D.L. 21/5/04
Soglia di allarme	240		1 h	D.L. 21/5/04

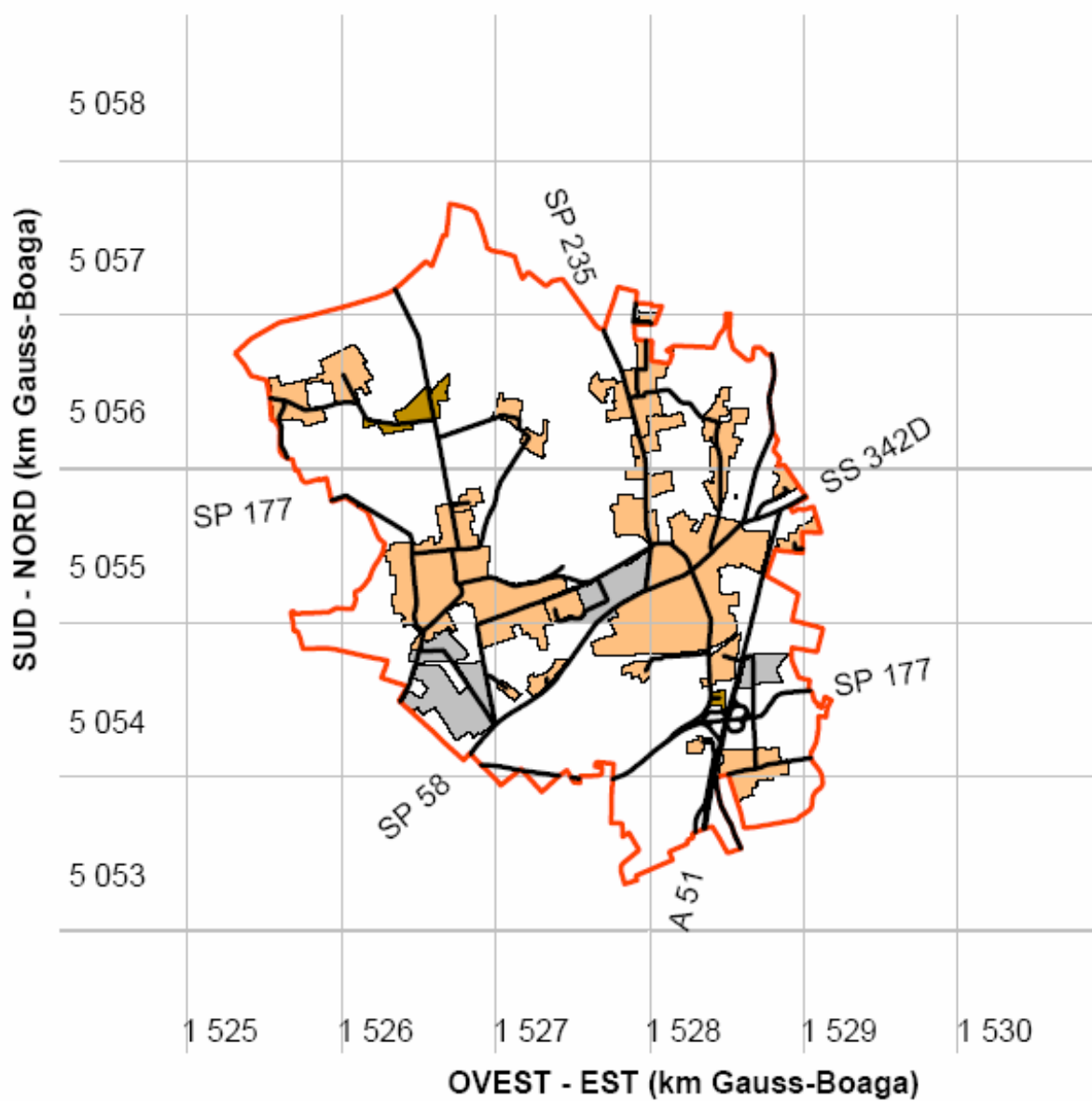
Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50		24 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	40		Anno civile	D.M. 2/4/02

## Sito di Misura



<b>Periodo di misura</b>	24 aprile – 25 maggio 2007
<b>Sito di misura:</b>	Viale Europa c/o Centro Sportivo
<b>Autostrade e tangenziali:</b>	A51 Tangenziale EST
<b>Assi stradali provinciali:</b>	S.S. n.342 Briantea S.P. n.58 Sesto – Usmate S.P. n.177 Bellusco - Gerno S.P. n.235 Usmate – Confine Provinciale
<b>Assi stradali comunali</b>	Corso Italia Via Luciano Manara Viale Rimembranze Viale Europa – Via Vittorio Emanuele II Via Mongorio – Via Verdi Via della Brina

### 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 Usmate Velate

Il Comune di Usmate Velate è un centro abitato che conta circa **8657** abitanti distribuiti su una superficie di circa **9.96 Km<sup>2</sup>** per una densità abitativa di circa 970 abit/km<sup>2</sup>, dista circa 26 Km dal capoluogo in direzione Nord Est.

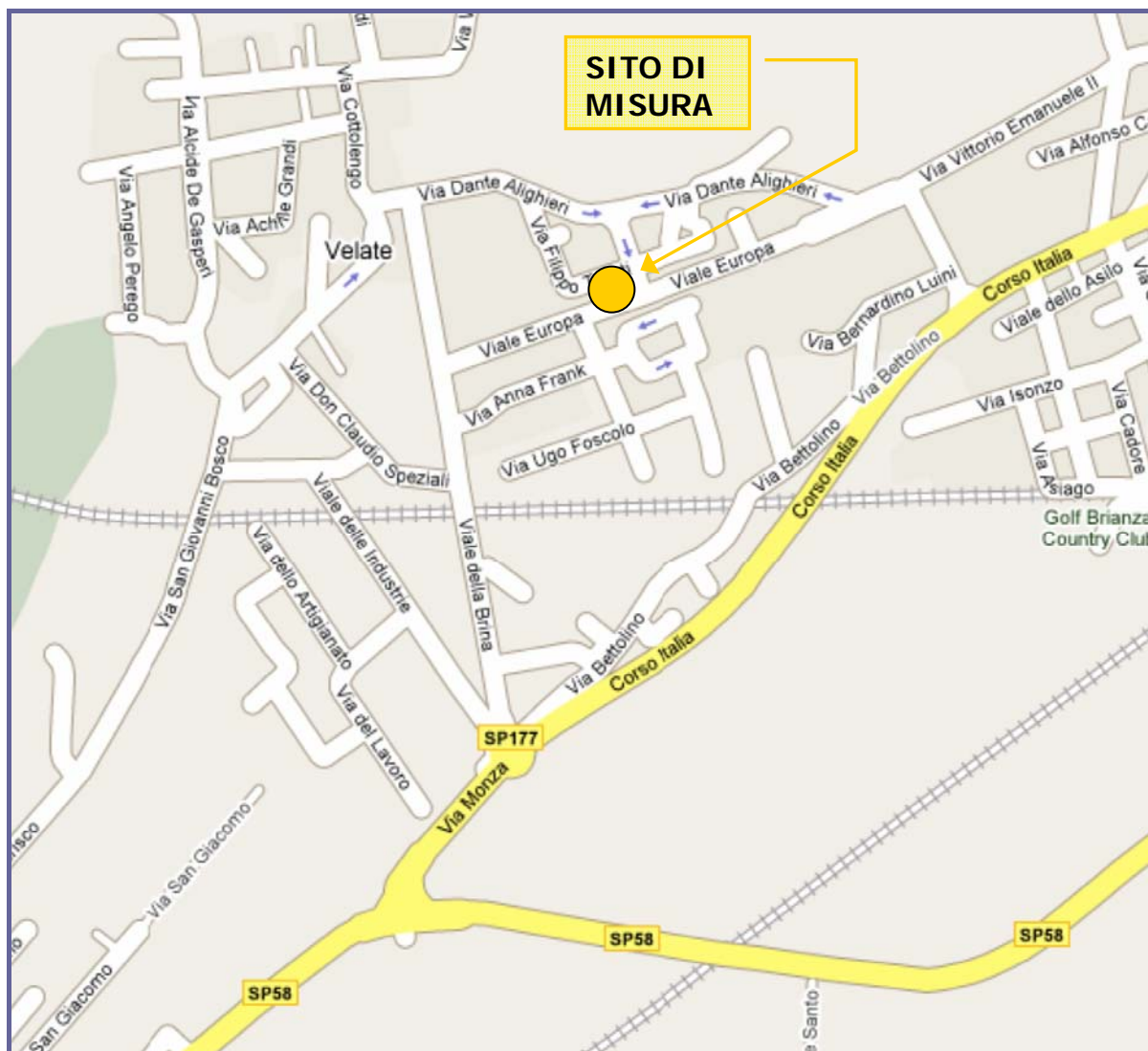
Usmate Velate confina a Nord con Casatenuovo, a Ovest con Camparada, a Sud Ovest con Arcore, a Sud con Vimercate e a Est con Carnate.

### Caratterizzazione del sito di misura

Lo scenario analizzato è illustrato in figura 1.

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura dell'inquinamento atmosferico condotta in periodo primaverile con il Laboratorio mobile tra **il 24 aprile ed il 25 maggio 2007**, nel comune di Usmate Velate lungo viale Europa all'altezza del Centro Sportivo.

Scopo della campagna di misura è la raccolta di una base di dati atta a caratterizzare la qualità dell'aria lungo tale tratto viario.



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

Via Europa attraversa lungo la direttrice ovest – est il territorio comunale collegando la zona di Velate con il centro cittadino di Usmate.

La postazione di misura è caratteristica di una area di fondo urbano interessata solo da traffico di tipo locale, si trova infatti in una zona residenziale del comune a ridosso di un'area verde adibita a centro sportivo.

Volumi di traffico significativi si hanno solo in corrispondenza delle fasce orarie di maggior traffico (06.00 – 10.00 e 17.00 – 21.00).



## Principali sorgenti emissive

Per la stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Usmate Velate è stato utilizzato l'inventario regionale INEMAR (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, **riferita all'anno 2003**.

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

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

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

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

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>.

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

Come è possibile osservare 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 Usmate Velate sono dovute al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento .

La presenza di assi viari comunali ed intercomunali trafficati fa sì che i carichi emissivi di PM10, PM2.5, NO<sub>x</sub> e CO risultano significativi in tutto il territorio comunale, incidendo rispettivamente per il, 44% 40% 66% e 61% del totale.

La combustione non industriale incide in modo preponderante sulla qualità dell'aria, contribuendo con il 43% all'emissione in atmosfera di PM10, il 45% a quella di PM2.5 ed il 36% di CO; per quanto riguarda le emissioni di NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> queste influiscono rispettivamente con il 12% e il 50%.

<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	0.56	0.02	0.11	0.00	0.00	0.00	0.71
metano	0.12	11.78	1.18	5.89	0.05	0.05	0.05	16.21
gasolio	2.36	1.18	0.07	0.47	0.12	0.12	0.12	1.57
kerosene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
olio combust	0.12	0.12	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.15
legna e similari	0.32	1.75	30.36	123.61	5.80	6.04	5.61	46.21
<b>Totale</b>	<b>2.93</b>	<b>15.39</b>	<b>31.64</b>	<b>130.10</b>	<b>5.99</b>	<b>6.24</b>	<b>5.80</b>	<b>64.85</b>

<b>Processi produttivi</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	18.30	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>18.30</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>18.30</b>

<b>Estrazione e distribuzione combustibili</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	4.82	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.82</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6.14</b>

<b>Uso di solventi</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	100.20	0.00	0.00	0.00	0.00	100.20
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.20</b>

<b>Agricoltura</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.26	0.01	0.00	0.02	0.04	0.00	0.54
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.26</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.54</b>

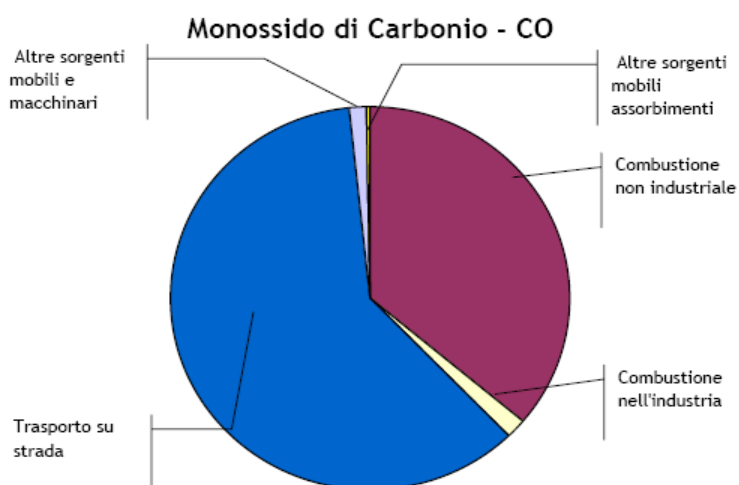
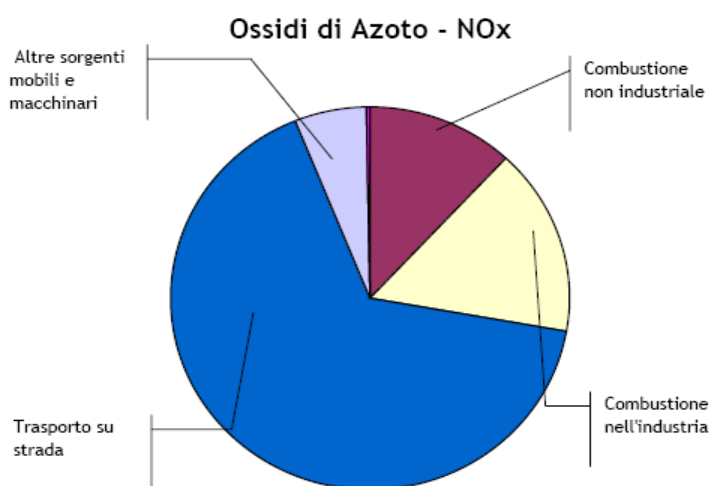
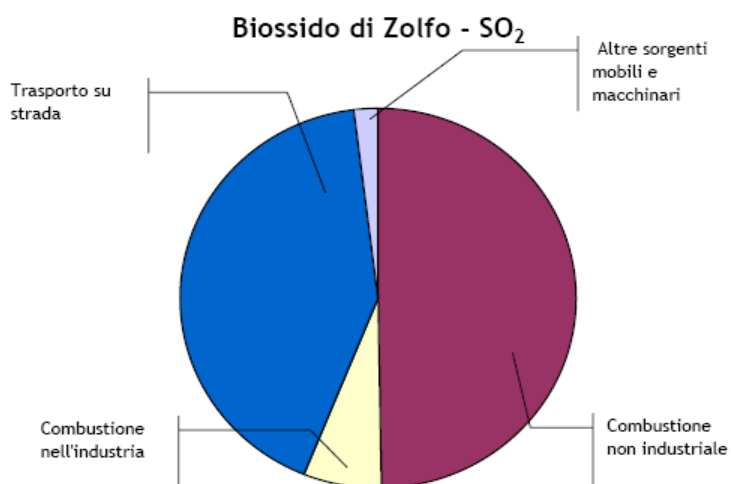
<b>Combustione nell'industriale</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
metano	0.00	17.00	0.42	3.40	0.03	0.03	0.03	21.54
gasolio	0.36	3.00	0.20	0.80	0.32	0.34	0.30	3.95
olio combust	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
legna e similari	0.00	0.02	0.16	1.98	0.03	0.04	0.02	0.40
<b>Totale</b>	<b>0.38</b>	<b>20.02</b>	<b>0.79</b>	<b>6.18</b>	<b>0.38</b>	<b>0.41</b>	<b>0.36</b>	<b>25.90</b>

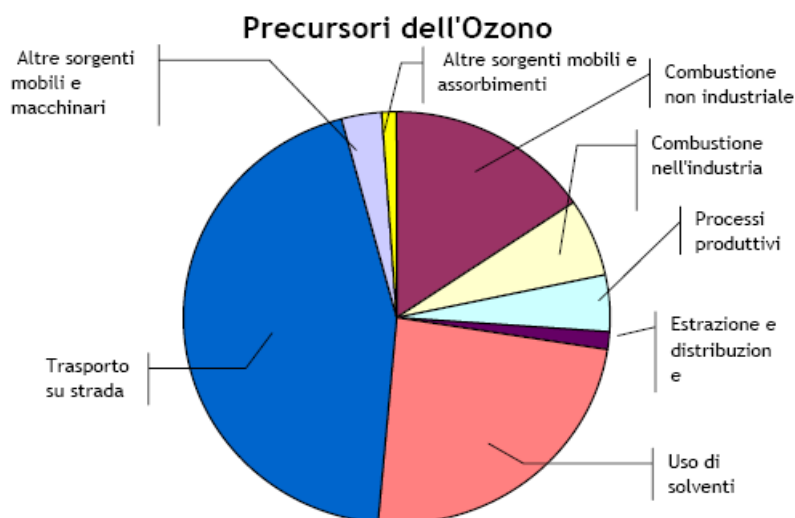
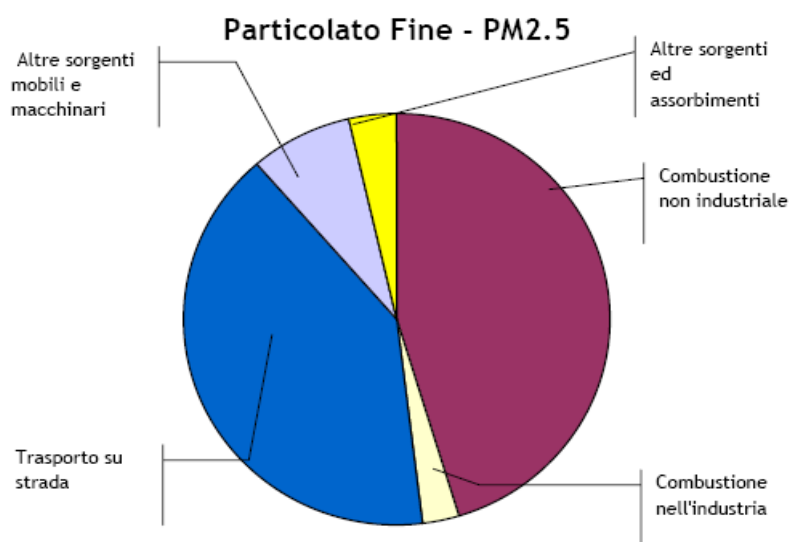
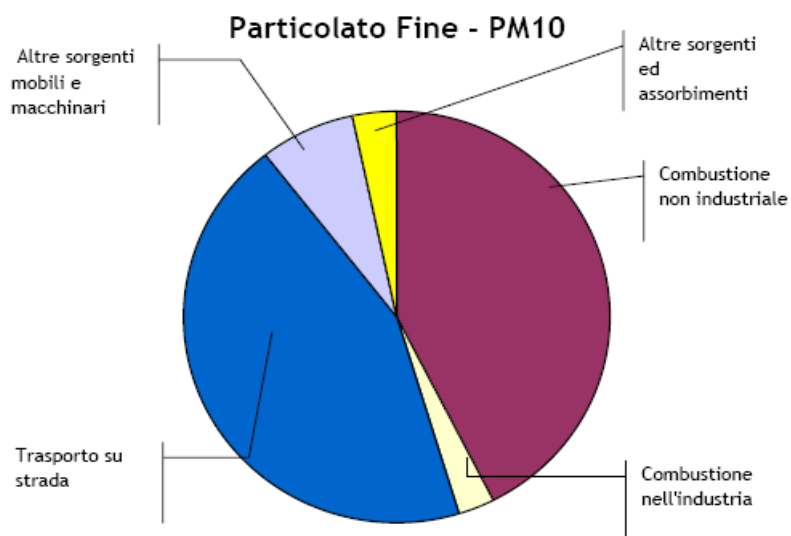
<b>Trasporto su strada</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
GPL	0.00	1.54	0.82	3.12	0.00	0.00	0.00	3.04
diesel	1.91	68.59	4.71	18.01	3.26	3.35	3.26	90.37
metano	0.00	0.08	0.04	0.26	0.00	0.00	0.00	0.17
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	2.26	3.42	1.22	0.00
benzina verde	0.57	14.23	53.01	197.37	0.69	0.69	0.69	92.11
<b>Totale</b>	<b>2.47</b>	<b>84.43</b>	<b>58.58</b>	<b>218.76</b>	<b>6.22</b>	<b>7.46</b>	<b>5.18</b>	<b>185.69</b>

<b>Altre sorgenti e assorbimenti</b>								
Combustibile	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	PTS	PM2.5	PREC. O <sub>3</sub>
senza comb.	0.00	0.00	4.53	0.78	0.46	0.46	0.46	4.62
<b>Totale</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.53</b>	<b>0.78</b>	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>	<b>4.62</b>

DESCRIZIONE MACROSETTORE	COMUNE DI USMATE VELATE						
	SO <sub>2</sub> t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O <sub>3</sub> t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	--	--	--	--	--	--	--
Combustione non industriale	2.93	15.39	31.64	130.10	5.99	5.80	64.85
Combustione nell'industria	0.38	20.02	0.79	6.18	0.38	0.36	25.90
Processi produttivi	--	--	18.30	--	--	--	18.30
Estrazione e distribuzione combustibili	--	--	4.82	--	--	--	6.14
Uso di solventi	--	--	100.20	--	--	--	100.20
Trasporto su strada	2.47	84.43	58.58	218.76	6.22	5.18	185.69
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.11	7.71	1.92	4.91	1.02	1.00	11.86
Trattamento e smaltimento rifiuti	--	--	--	--	--	--	--
Agricoltura	--	0.26	0.01	--	0.02	--	0.54
Altre sorgenti e assorbimenti	--	--	4.53	0.78	0.46	0.46	4.62
<b>TOTALE</b>	<b>9.77</b>	<b>232.03</b>	<b>183.17</b>	<b>528.82</b>	<b>25.37</b>	<b>22.25</b>	<b>525.40</b>

DESCRIZIONE MACROSETTORE	PROVINCIA DI MILANO						
	SO <sub>2</sub> t/anno	NOx t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno	PM2.5 t/anno	PREC. O <sub>3</sub> t/anno
Produzione energia e trasformazione combustibili	3363.27	4239.19	209.60	1775.69	60.46	42.09	5579.67
Combustione non industriale	2282.51	6771.36	8065.94	34368.42	1590.64	1537.54	20142.06
Combustione nell'industria	1631.28	7523.19	1236.93	5255.88	368.80	289.08	11004.05
Processi produttivi	0.04	60.58	8232.76	258.78	57.91	16.93	8335.13
Estrazione e distribuzione combustibili	--	--	4462.62	--	--	--	4949.90
Uso di solventi	--	16.65	63239.57	0.74	200.21	71.07	63259.96
Trasporto su strada	1017.48	34237.30	28676.45	100280.08	2556.27	2169.56	81493.56
Altre sorgenti mobili e macchinari	127.01	4456.73	1193.79	3264.28	522.40	512.96	6990.35
Trattamento e smaltimento rifiuti	22.50	674.59	12.08	478.61	2.72	2.69	1139.35
Agricoltura	--	210.15	168.29	3311.92	191.95	151.92	1000.22
Altre sorgenti e assorbimenti	0.81	3.49	627.37	435.13	206.21	205.53	679.68
<b>TOTALE</b>	<b>8444.89</b>	<b>58193.23</b>	<b>116125.39</b>	<b>149429.53</b>	<b>5757.57</b>	<b>4999.38</b>	<b>204573.93</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

La campagna di monitoraggio nel comune di Usmate Velate ha interessato l'ultima decade del mese di Aprile e le prime tre del mese di Maggio.

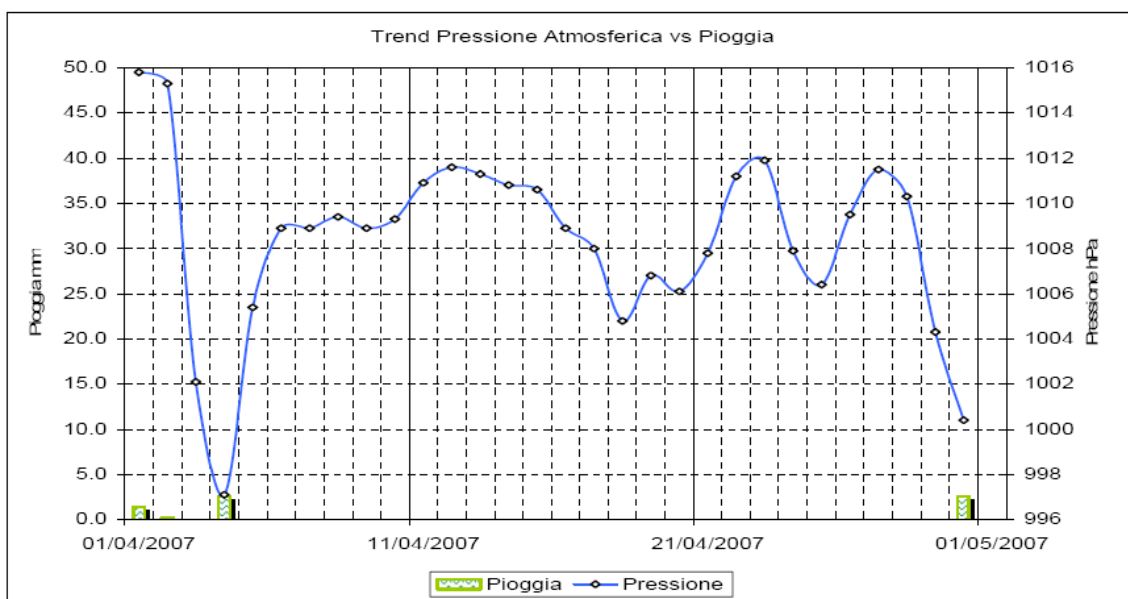
Si riportano di seguito i dati salienti della situazione meteorologica nella provincia di Milano relativa al periodo di misura.

Il mese di **Aprile** di quest'anno è stato caratterizzato da una scarsità di precipitazioni e da

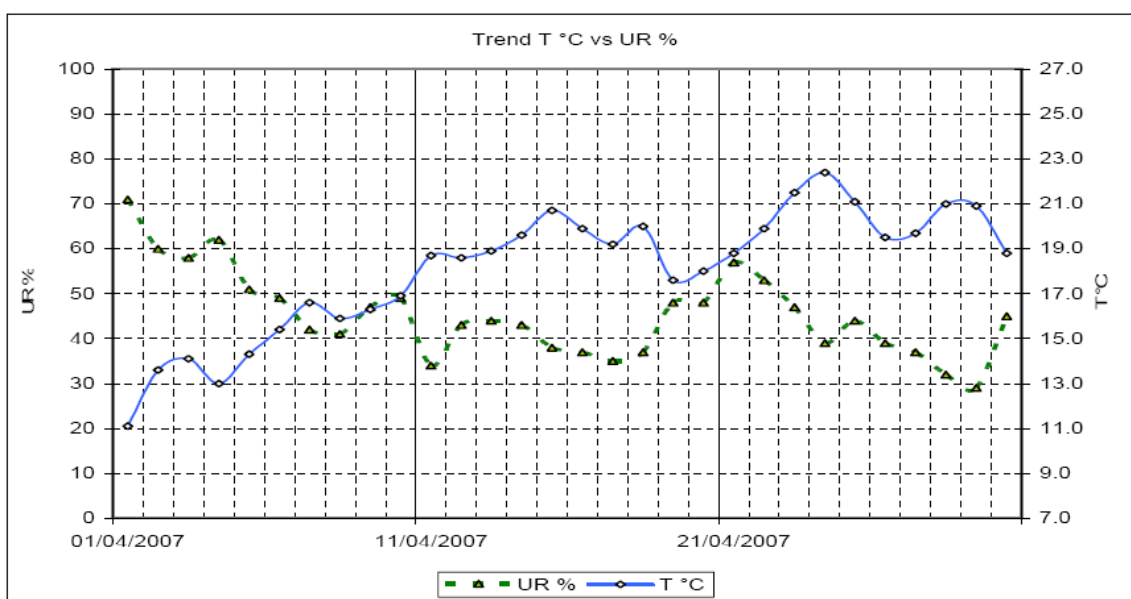
temperature decisamente estive. Infatti, dopo un inizio ancora fresco, con alternanza di giornate serene e di giornate con precipitazioni, per lo più deboli, dal giorno 5 l'influenza di un'area anticiclonica, a matrice africana, ha favorito una sequenza di giornate assolate, con temperatura in costante salita in particolare nella prima e seconda decade del mese.

In conseguenza di questa situazione anomala la temperatura media di 18.1 °C è risultata superiore di ben 4.7 °C a quella degli archivi storici (13.4 °C dal 1956 ad oggi).

Il mese è stato caratterizzato da una situazione anemologica poco vivace con una massima oraria che non ha mai superato i 4.1 m/s ed una media mensile pari a 1.7 m/s, conforme alla media di 1.7 m/s rilevata negli ultimi 20 anni. Vi sono state giornate con vento moderato, sia in seguito all'afflusso di aria continentale da est sia in seguito a deboli episodi di foehn ma prevalentemente a causa dell'insorgere di brezze di origine termica nelle ore più calde del pomeriggio.



Le precipitazioni sono state quasi totalmente assenti per 25 giorni consecutivi e, con soli 7 mm, rispetto ad una media di 90 mm, questo mese è risultato tra i più aridi degli ultimi 50 anni, preceduto solo dai 2 mm dell'aprile del 1980.

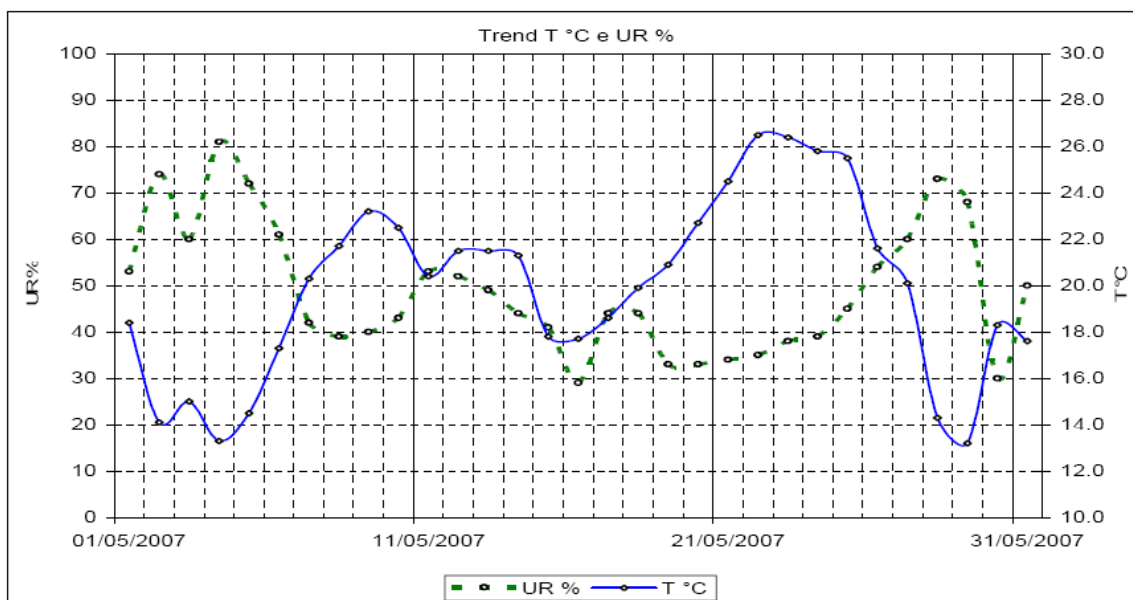


L'umidità relativa a causa della prevalenza di periodi caldi e asciutti, e della scarsità di precipitazioni, con il 45% è risultata decisamente inferiore al valore normale del 66%.

Poiché le giornate soleggiate sono state molte, mentre sono state scarse le giornate con cielo coperto, l'insolazione è stata di 221 W/m<sup>2</sup>, e quindi superiore alla media di 179 W/m<sup>2</sup> degli ultimi 27 anni.

Il mese di **Maggio** rappresenta il periodo dell'anno in cui vi è il passaggio dalla primavera all'estate. Quest'anno le condizioni meteorologiche sono state variabile, nelle prime due decadi il transito di correnti fredde in quota hanno favorito sia la formazione di fenomeni temporaleschi intensi sia una diminuzione delle temperature rispetto ai valori tipici stagionali. Durante la terza decade, invece, si è osservato un aumento anomalo delle temperature con valori tipicamente estivi e punte massime vicine ai 32 °C.

Tali condizioni climatiche hanno fatto sì che il valore medio mensile della temperatura sia stato superiore di 1.8 °C rispetto alla media mensile di 18.1 °C, e l'umidità relativa, con il valore di 49%, sia stata decisamente inferiore alla media stagionale di 62%.

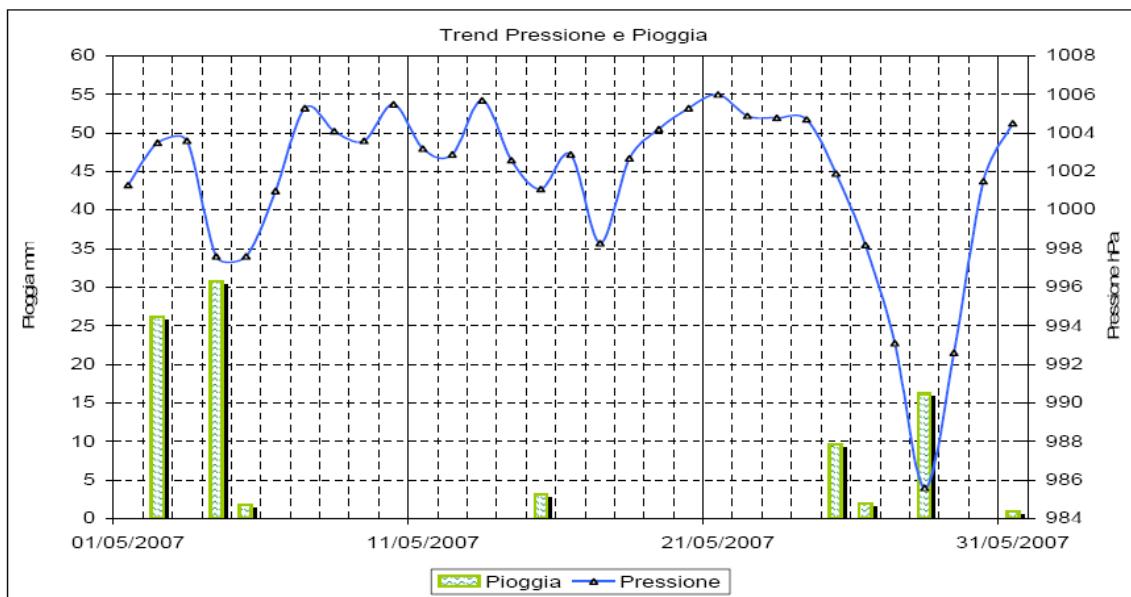


Sebbene il periodo sia stato caratterizzato dal bel tempo, sono stati osservati 8 episodi di precipitazione piovosa il cui valore totale, misurato nella stazione di Milano Juvara, è stato di 91 mm, di poco inferiore alla media storica di 96 mm.

Da un punto di barico il valore medio della pressione è risultato inferiore di oltre 1 hPa rispetto alla media dell'ultimo decennio. Si è osservato un andamento pressoché stazionario, con deboli ondulazioni durante le prime due decadi. La terza decade è stata invece caratterizzata prima da un promontorio di origine africana, e successivamente da una profonda saccatura dovuta a una perturbazione di origine atlantica.

Per quanto concerne l'andamento anemologico la stazione di Milano Juvara ha misurato un valore medio mensile di 2.0 m/s, di poco superiore alla media storica degli ultimi 19 di 1.8 m/s; in particolare il valore massimo orario (7.3 m/s) e il valore medio giornaliera più alto (3.0 m/s) sono stati osservati il giorno 15 durante il forte temporale avvenuto nelle ore mattutine.

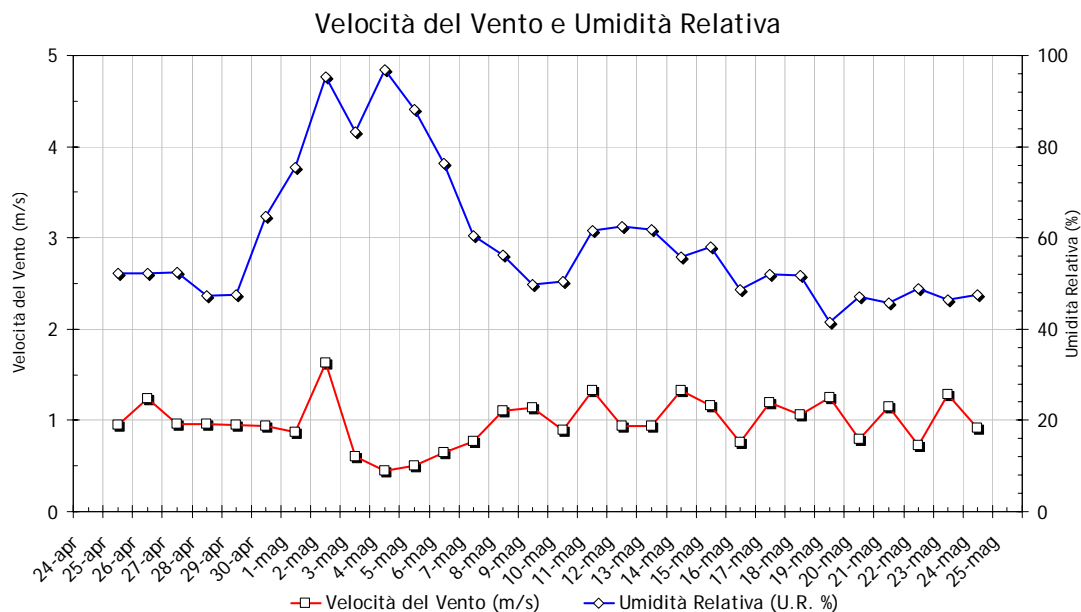
Le numero giornate di sole durante i periodi anticiclonici hanno favorito l'insolazione; il valore medio mensile della radiazione solare nella stazione di Milano Juvara è stata di 230 W/m<sup>2</sup>, di poco superiore al valore medio stagionale di 224 W/m<sup>2</sup> degli ultimi 27 anni, contribuendo in modo significativo alla formazione dell'Ozono.



### 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.

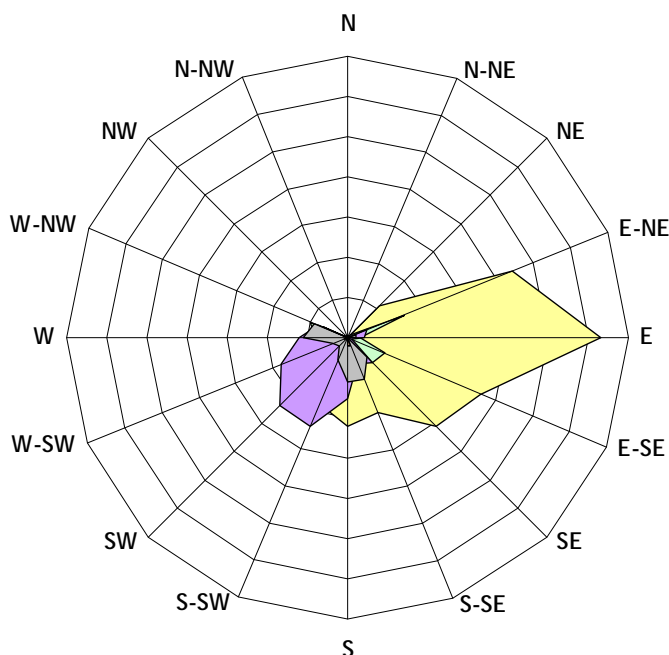
L'umidità relativa si è mantenuta su una media pari al 59%; i valori massimi si sono riscontrati in concomitanza dei due eventi piovosi maggiormente rilevanti avvenuti nei giorni 2 e 4 maggio, rispettivamente con i valori di 95% e 96%.



Per quanto riguarda la velocità del vento i valori misurati mostrano un discreto dinamismo anemologico, con venti quasi sempre deboli che hanno fatto registrare una velocità media del periodo pari a 1.0 m/s. I valori medi massimi, sia orario (3.8 m/s) che giornaliero (1.6 m/s), sono stati riscontrati il giorno 2 maggio in concomitanza del fenomeno temporalesco occorso.

L'andamento anemologico registrato dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile, mostra nel complesso come i settori maggiormente interessati siano stati quelli compresi tra Est -Nord Est e Sud – Ovest; in particolare va osservato come nella classe di vento compresa tra 0.2 e 1 m/s la direzione prevalente sia quella tra i settore Est – Nord Est e Sud – Est (38%), all'aumentare dell'intensità del vento (da 1 a 2 m/s) i settori prevalenti interessati sono Sud – Sud Ovest e Ovest (17%).

### Rosa dei Venti

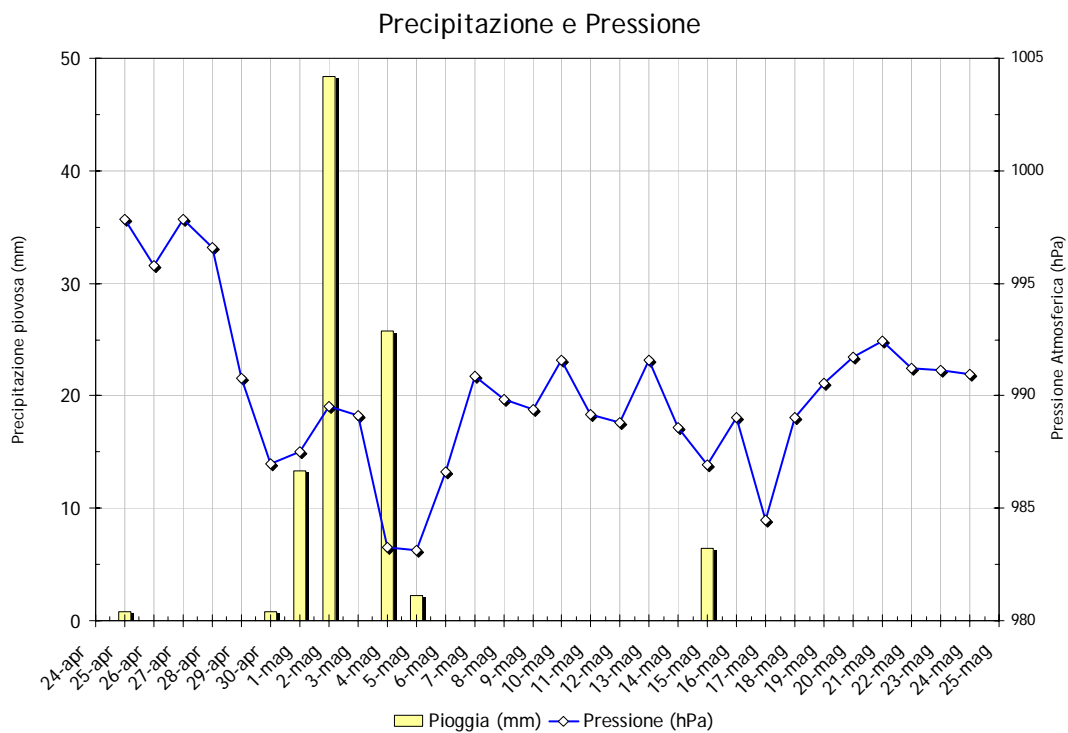


	0.2 <VV<1	1 <VV<1.5	1.5 <VV<2	2 <VV<3	VV > 3
N	0	0	0	0	0
N-NE	0	0	0	0	0
NE	11	1	0	0	0
E-NE	44	15	5	2	0
E	63	3	4	2	0
E-SE	36	10	1	0	0
SE	31	9	9	7	0
S-SE	20	4	7	11	2
S	22	9	15	11	2
S-SW	18	23	24	6	0
SW	23	19	24	3	0
W-SW	8	15	18	4	1
W	3	8	12	11	0
W-NW	0	10	8	9	7
NW	0	0	0	0	0
N-NW	0	0	0	0	0

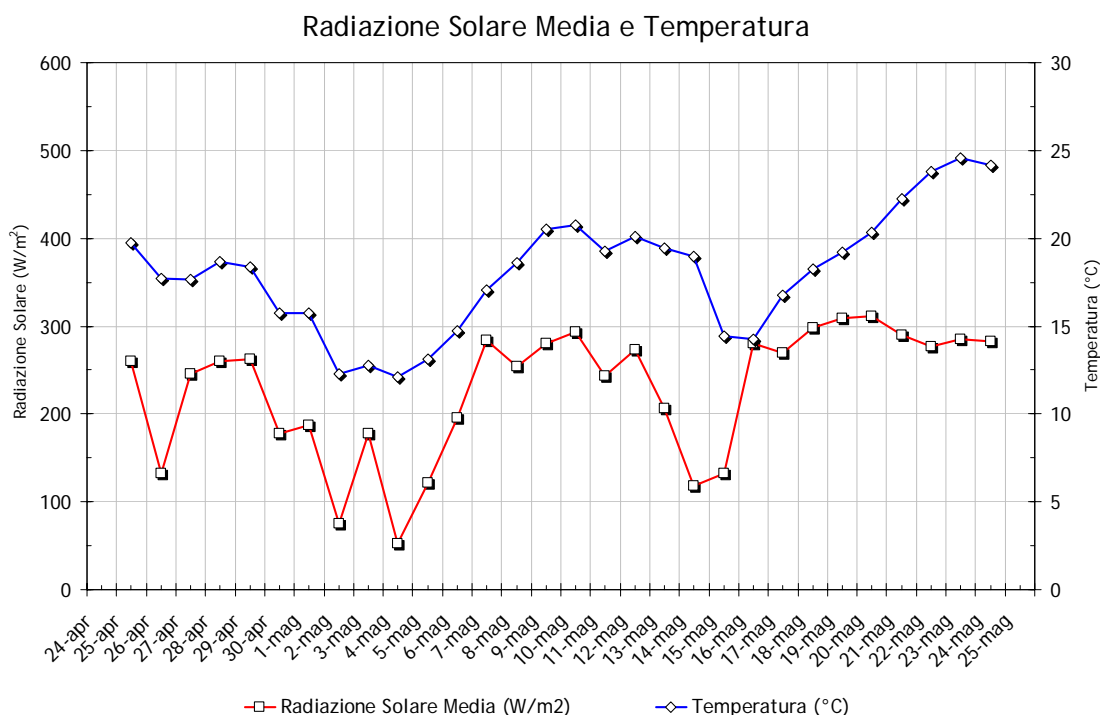
VV = Velocità del Vento (m/s)

Numero totale di casi 742  
Percentuale di casi di calma 18%

Per quanto riguarda le precipitazioni sono stati registrati 7 giorni piovosi su 30 giorni di campagna concentrati nei primi giorni di maggio, in corrispondenza dell'inizio della campagna di misura. Il fenomeno di maggiore intensità è stato registrato mercoledì 2 maggio con circa 48 mm di pioggia caduti durante la giornata e venerdì 4 maggio con quasi 26 mm caduti, entrambi dovuti a fenomeni temporaleschi.



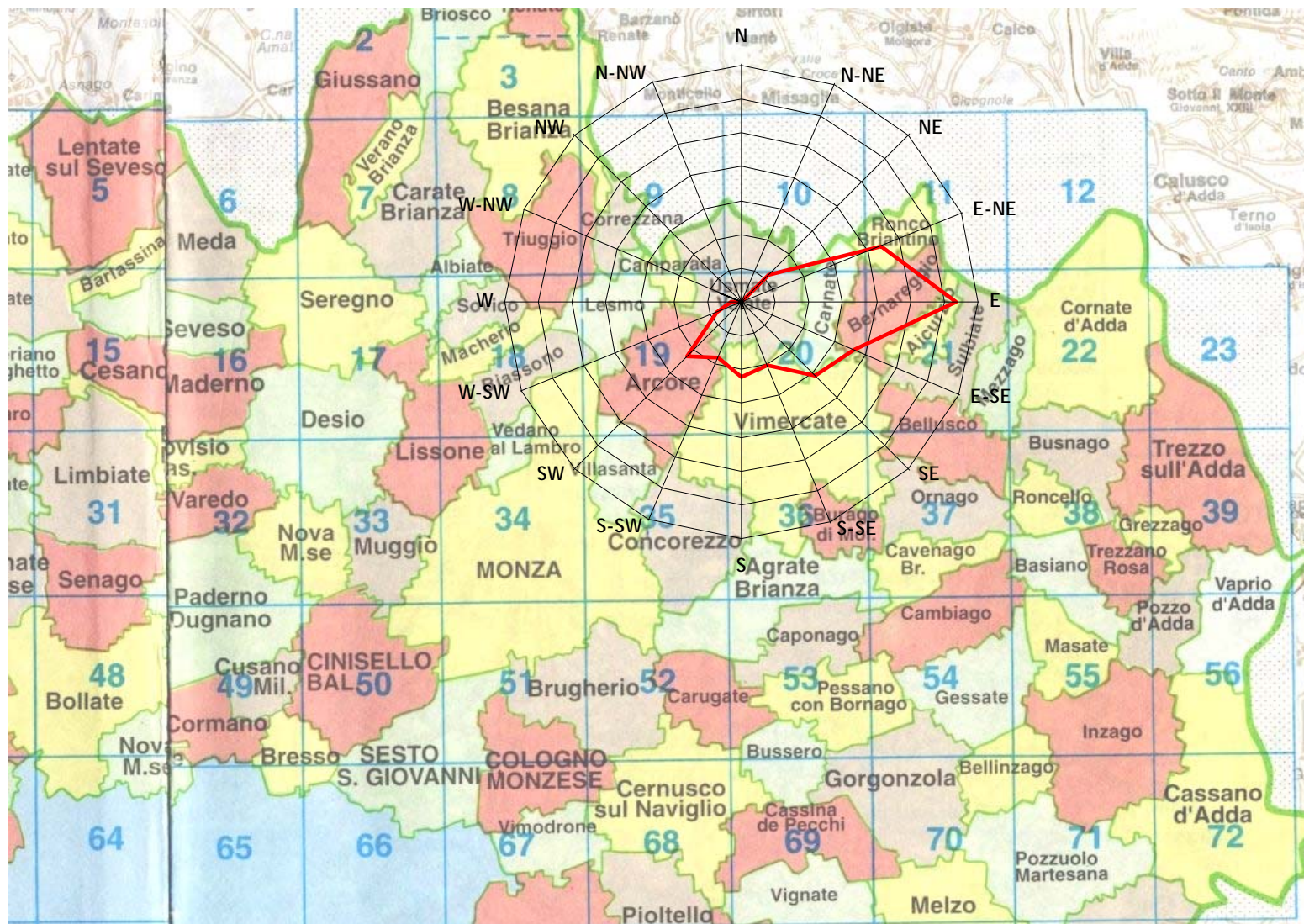
L'andamento barico ha fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 990 hPa, il valore massimo registrato durante le misure è stato di 997.8 nei giorni 25 e 27 aprile, il valore minimo è stato, invece, di 983.1 il giorno 5 maggio, periodo successivo agli eventi piovosi più significativi.



La temperatura media del periodo è stata di circa 18 °C con un massimo di 24.6 °C mercoledì 23 maggio ed un minimo di 12.1 °C lunedì 4 maggio, giornata in cui si il valore di radiazione solare ha fatto registrare il valore minimo giornaliero (52.2 W/m<sup>2</sup>).

A causa delle numerose giornate serene che hanno caratterizzato il periodo di misura, la radiazione solare, con 227.8 W/m<sup>2</sup>, è risultata in linea con quella misura nella stazione cittadina di Milano Juvara e lievemente superiore alla media storica degli ultimi 27 anni pari a 224 W/m<sup>2</sup>.

Figura 2



## 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 i 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 autoveicolare, 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 autoveicolare, soprattutto ai veicoli 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 sottovovente 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  $\text{O}^*$ , 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 considerato uno dei "nuovi inquinanti", la cui misura è stata introdotta a partire dal 1998; esso è costituito da particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, in grado quindi di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe). Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e di origine prevalentemente umana. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia.

### Andamento inquinanti nel periodo di misura

Esaminando gli indicatori proposti dalla normativa, appare subito 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. pagg 4 - 5), il D.M. 60 del 02.04.02 stabilisce, per NO<sub>2</sub>, CO e PM10 i valori limite per la protezione della salute umana e i margini di tolleranza che si riducono progressivamente negli anni. Per gli inquinanti monitorati tale margine di tolleranza è attualmente nullo ad eccezione di quello relativo al biossido di azoto.

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

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

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

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

Sia il mese di Aprile che quello di Maggio del 2007, sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti; in particolare in entrambi i mesi si è

assistito ad un aumento della radiazione solare che ha favorito sia la formazione di O<sub>3</sub> che di PM10 secondario.

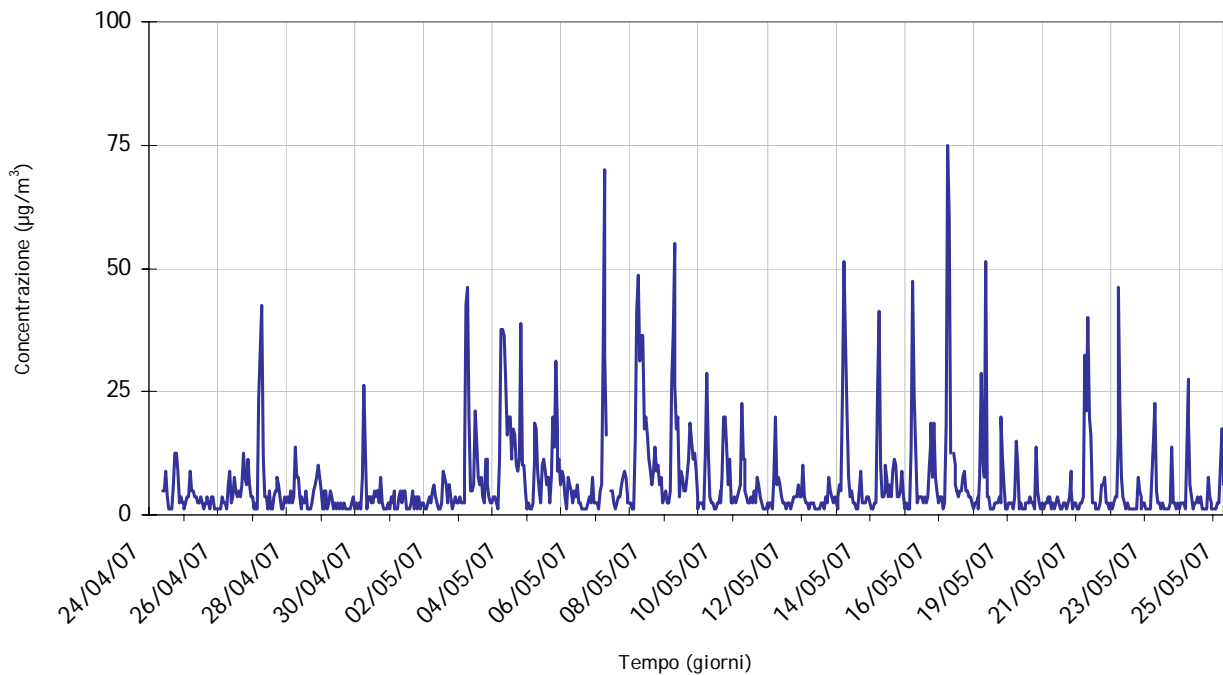
Solo in occasione dei fenomeni piovosi all'inizio del mese di maggio, in cui vi erano bassi valori di radiazione solare e una significativa attività anemologica, si è assistito ad una efficace diminuzioni di questi due inquinati

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i risultati dell'analisi degli andamenti temporali degli inquinanti ricavati da un mese di osservazioni presso la postazione di via Europa<sup>1</sup>.

## NO

Relativamente al **monossido di azoto** i valori delle concentrazioni orarie hanno fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 7 µg/m<sup>3</sup> ed un valore massimo di concentrazione oraria pari a 75 µg/m<sup>3</sup> giovedì 17 maggio alle 07.00 del mattino.

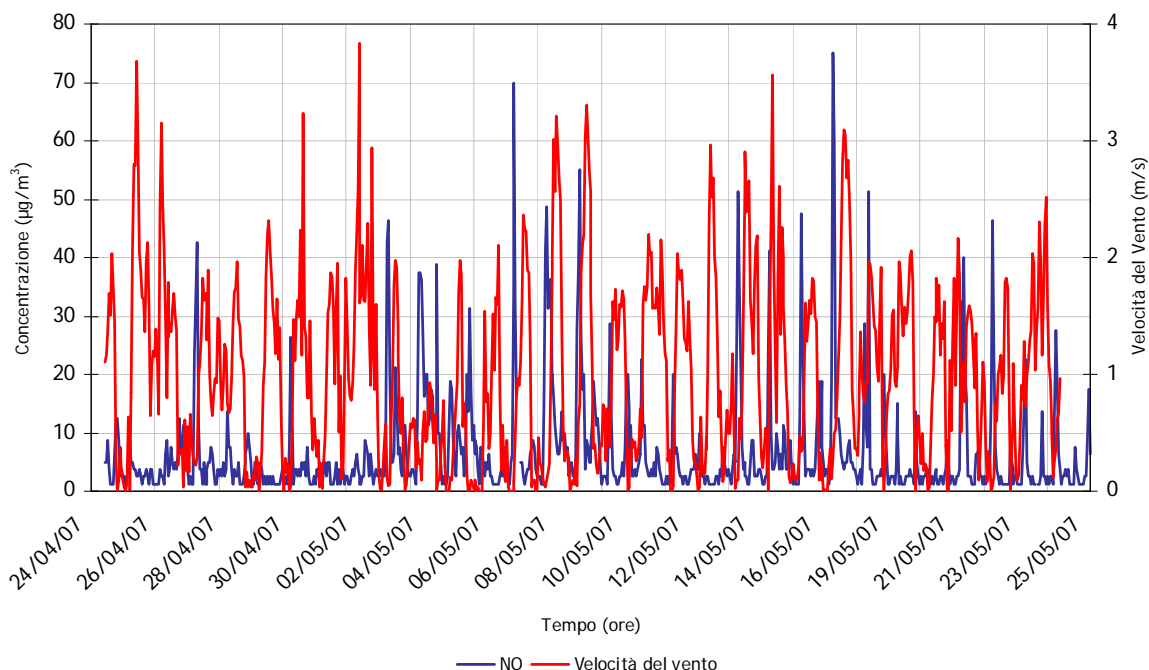
### NO - Medie Orarie



Dal confronto tra monossido di azoto e velocità del vento è possibile osservare come valori minimi di concentrazione di NO si trovino in corrispondenza di picchi di vento a conferma del fatto che la presenza di questo inquinante nel sito è dovuta principalmente a fenomeni di tipo locale e non di trasporto.

<sup>1</sup> L'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora solare.

### Confronto NO - Velocità del Vento



Analizzando i dati riscontrati in via Europa con le centraline della rete regionale prese a riferimento è possibile osservare come i valori di NO rilevati con laboratorio mobile mostrino una buona correlazione<sup>2</sup> con quelli misurati dalla centralina urbana da traffico di Merate (LC) (R = 0.81), situata lungo la direttrice NE rispetto al Comune di Usmate Velate.

	Lab. Mobile	Milano Juvara	Monza	Agrate Brianza	Carate Brianza	Meda	Vimercate	Villasanta	Merate
Lab. Mobile	1.00								
Milano Juvara	0.53	1.00							
Monza	0.26	0.23	1.00						
Agrate Brianza	0.71	0.62	0.32	1.00					
Carate Brianza	0.64	0.44	0.23	0.65	1.00				
Meda	0.72	0.53	0.19	0.67	0.71	1.00			
Vimercate	0.70	0.66	0.23	0.77	0.63	0.67	1.00		
Villasanta	0.77	0.65	0.32	0.83	0.65	0.73	0.77	1.00	
Merate	<b>0.81</b>	0.55	0.25	0.71	0.64	0.71	0.69	0.75	1.00

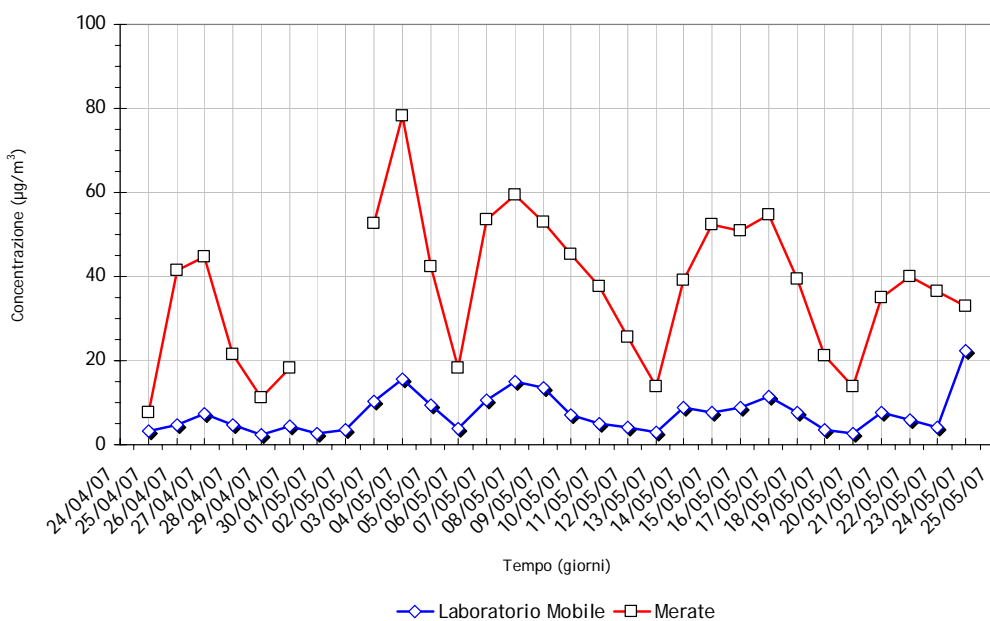
Dall'analisi dei dati anemometrici si osserva come la direzione prevalente si proprio quella di NE, tale analogia tra gli andamenti di NO nelle due postazioni sembrerebbe far supporre che la distribuzione di tale inquinante sia sostanzialmente uniforme in tale zona.

Dal grafico di confronto riportata di seguito, si osserva infatti come le concentrazioni di NO misurate a Usmate Velate pur presentando andamenti temporali analoghi a quelli misurati nella stazione di Merate, abbia valori di concentrazione decisamente più contenuti durante tutto il periodo di misura.

<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):

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

### NO - Medie Giornaliere

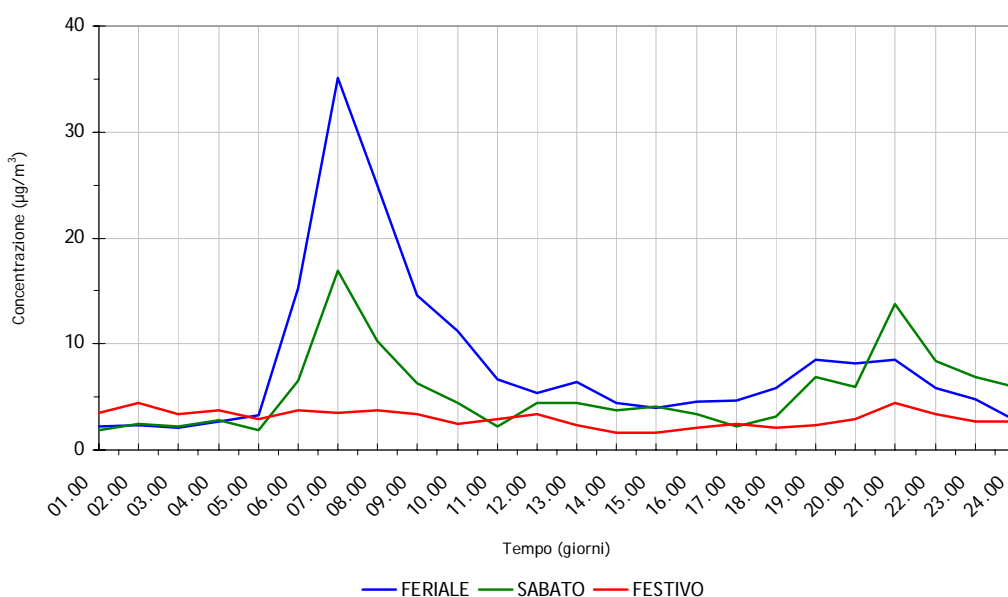


Come evidenziato nel grafico di confronto i due andamenti sono simili ma le concentrazioni registrate con laboratorio mobile sono mediamente più basse del 81%.

Il grafico del giorno tipo permette di mettere in evidenza la tipologia del sito di misura.

Osservando gli andamenti del giorno tipo è possibile acquisire una serie di conoscenze sui flussi di traffico caratteristici dell'area di indagine: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina mentre non è così evidente un picco nelle ore di punta serali; in particolare per il giorno tipo feriale i valori più alti si presentano nella fascia oraria che va dalle ore 06.00 alle ore 09.00 del mattino e poi si ha un andamento pressoché costante per il resto della giornata.

### NO - Giorno Tipo



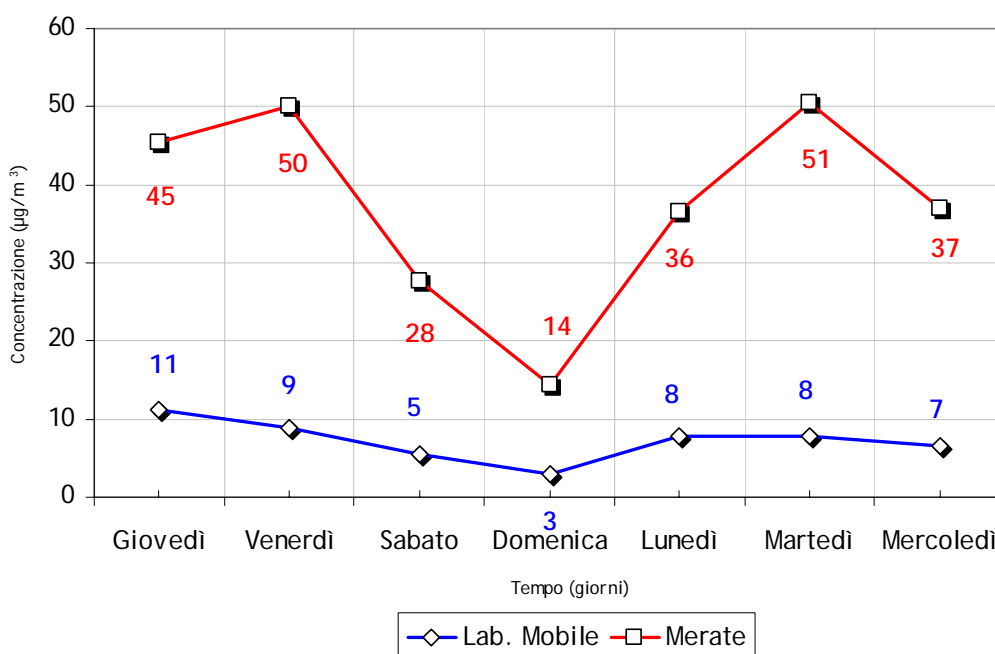
Il grafico del giorno pre-festivo presenta un andamento del tutto simile a quello del giorno tipo feriale con concentrazioni però mediamente inferiori durante la giornata ma con un picco maggiormente marcato nella fascia tra le ore 20.00 e 22.00.

Tale andamento è giustificato dal traffico del sabato sera è probabilmente dovuto alle attività di svago serali nel fine settimana presso il centro sportivo e nella zona limitrofa del territorio Comunale. Tale andamento delle concentrazioni è osservabile anche nella vicina centralina di Merate.

Essendo la scala settimanale l'unica scala temporale dove l'effetto della meteorologia (altro principale determinante delle concentrazioni) non ha alcuna influenza, con tale ulteriore rappresentazione è possibile evidenziare la stretta dipendenza tra traffico veicolare ed inquinamento atmosferico in entrambe le postazioni.

In particolare dall'andamento settimanale si evidenzia una diminuzione delle concentrazioni durante il fine settimana in funzione di una diminuzione del traffico veicolare, nello specifico la domenica i valori di NO si riducono di circa il 50% sia in via Europa che nella stazione di Merate.

*NO - Media Settimanale*

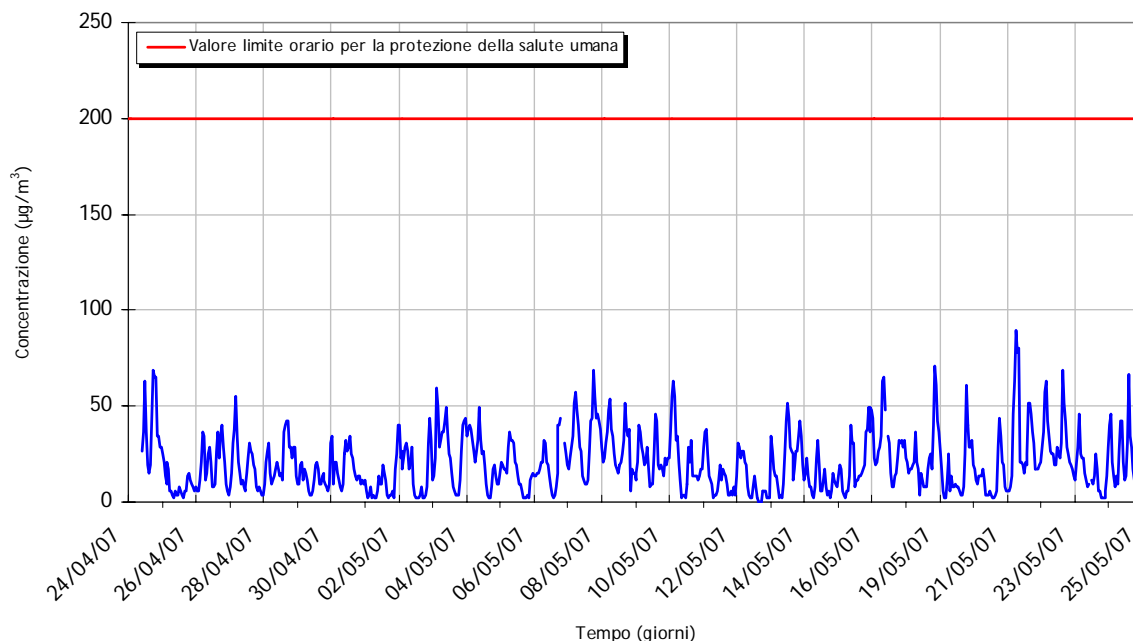


## NO<sub>2</sub>

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).

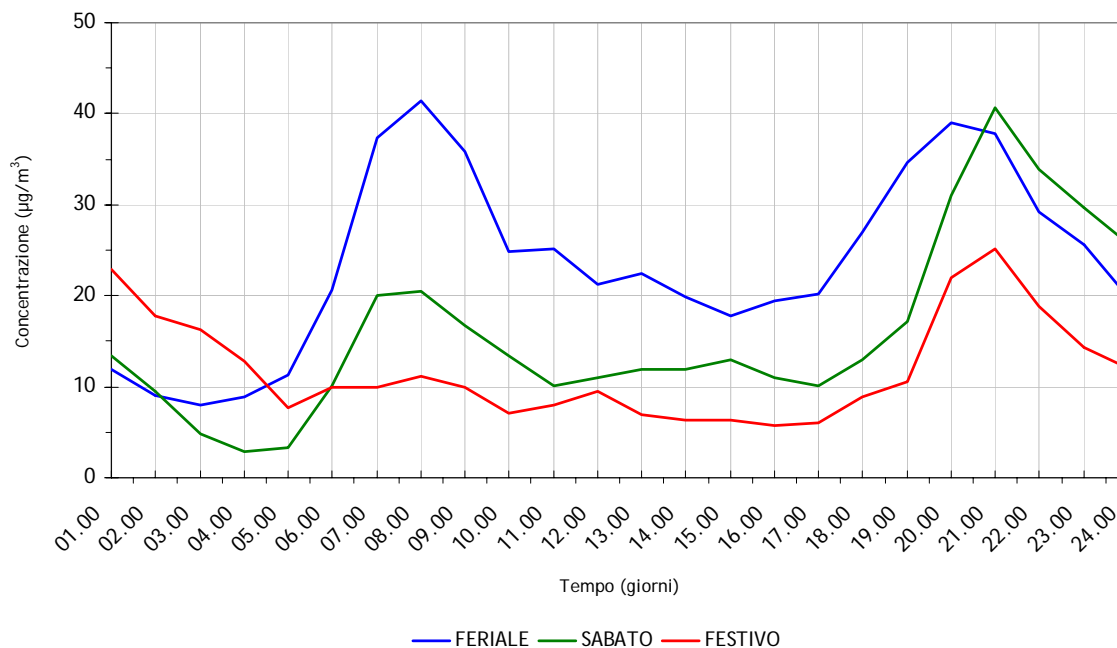
Durante la campagna di misura la concentrazione media sul periodo del biossido di azoto si è attestata sui 20 µg/m<sup>3</sup>; durante il periodo di misura le concentrazioni sono risultate abbondantemente inferiori al limite di attenzione, fissato per questo inquinante a 200 µg/m<sup>3</sup>, la concentrazione massima è stato di 90 µg/m<sup>3</sup> registrata lunedì 21.05.2007 alle ore 09.00.

### NO<sub>2</sub> - Medie Orarie



Poiché l'NO<sub>2</sub> è un inquinante secondario che si forma dalla reazione dell'NO è interessante esaminare il grafico del giorno tipo anche di questo inquinante.

### NO<sub>2</sub> - Giorno Tipo

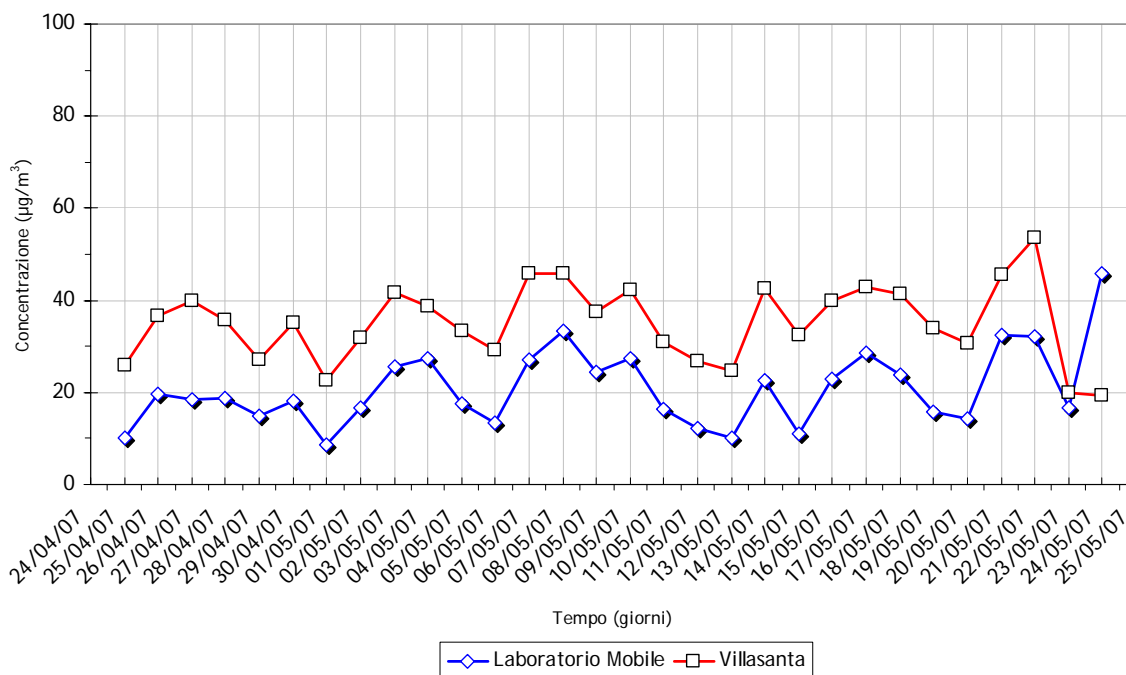


L'andamento del biossido di azoto è simile a quello dell'NO anche se presenta caratteristiche dispersive minori; è possibile osservare infatti nel soprastante grafico come vi siano picchi evidenti anche nella fascia oraria serale e come sia meno netta la diminuzione di questo inquinante in tarda serata. Infatti a differenza dell'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 non dipende direttamente dalla presenza della sorgente traffico ma, se sono presenti i suoi precursori esso continua a formarsi.

Dal calcolo dei coefficienti di Pearson si osserva come per questo inquinante la correlazione più alta sia con la vicina centralina da traffico di Villasanta ( $R=0.81$ ), tale corrispondenza viene evidenziata anche nel grafico delle concentrazioni medie giornaliere.

	Lab. Mobile	Milano Juvara	Monza	Agrate Brianza	Carate Brianza	Meda	Vimercate	Villasanta	Merate
Lab. Mobile	1.00								
Milano Juvara	0.54	1.00							
Monza	0.69	0.71	1.00						
Agrate Brianza	0.74	0.68	0.85	1.00					
Carate Brianza	0.76	0.50	0.63	0.68	1.00				
Meda	0.72	0.55	0.65	0.64	0.79	1.00			
Vimercate	0.79	0.59	0.73	0.84	0.77	0.72	1.00		
Villasanta	<b>0.81</b>	0.66	0.77	0.81	0.75	0.76	0.82	1.00	
Merate	0.69	0.43	0.49	0.53	0.66	0.62	0.66	0.62	1.00

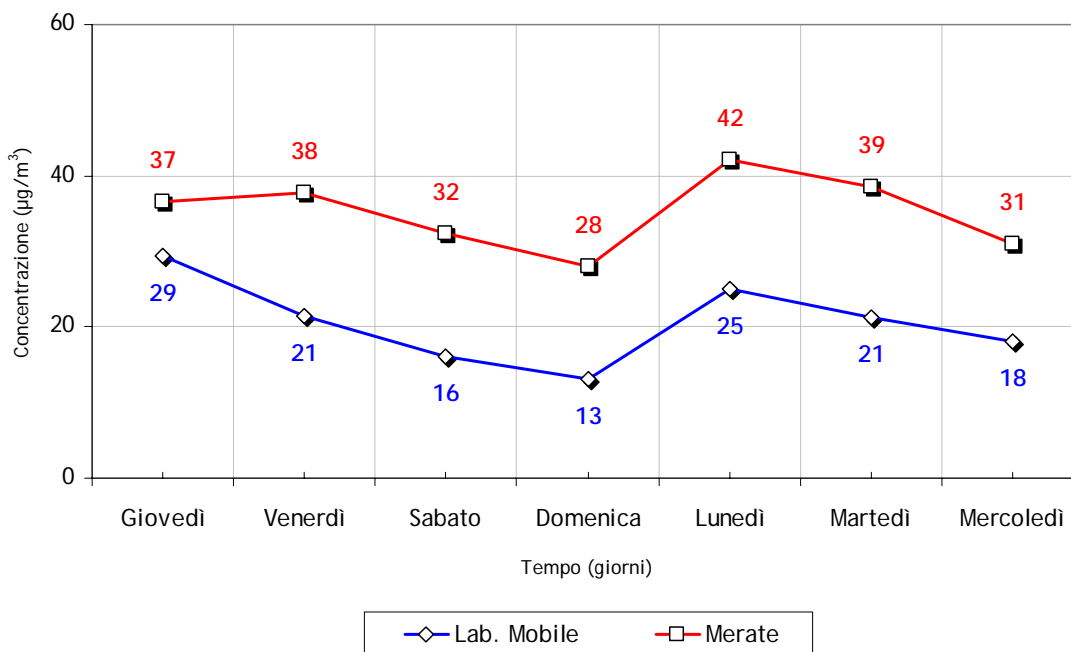
*NO<sub>2</sub> - Medie Giornaliere*



Anche in questo caso come evidenziato nel grafico di confronto i due andamenti sono simili ma le concentrazioni registrate con laboratorio mobile sono costantemente più basse.

Come per l'NO, anche per NO<sub>2</sub> dal grafico riportante gli andamenti settimanali si osserva l'analogia degli andamenti tra Viale Europa e la stazione di Villasanta, con una diminuzione delle concentrazioni (e quindi del traffico) nel fine settimana.

### NO<sub>2</sub> - Media Settimanale

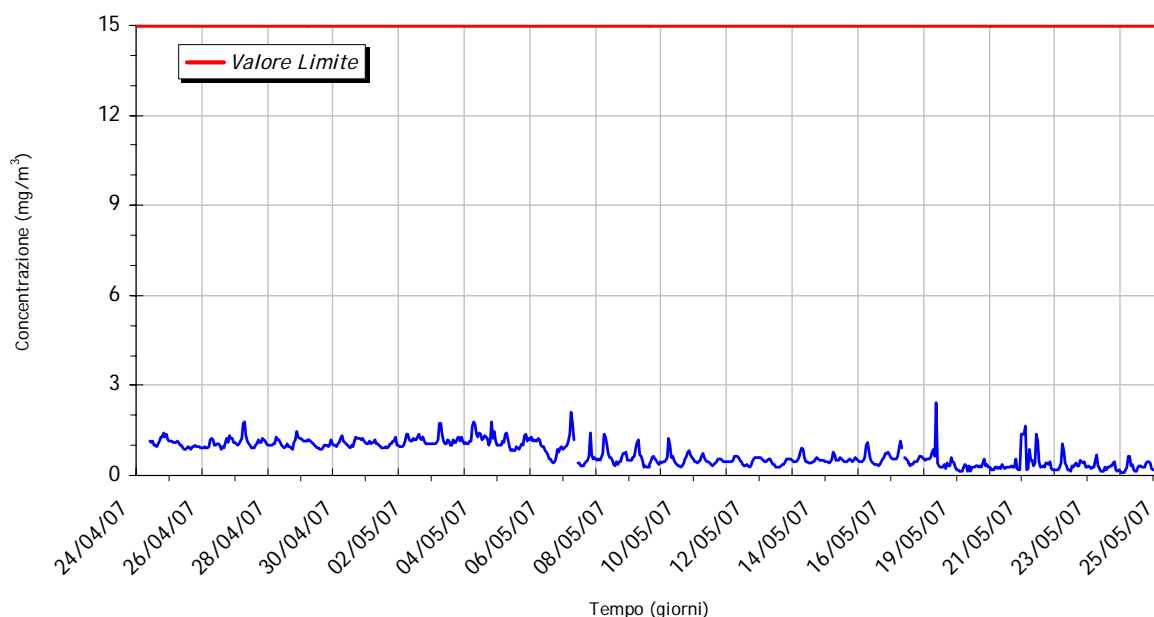


### CO

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

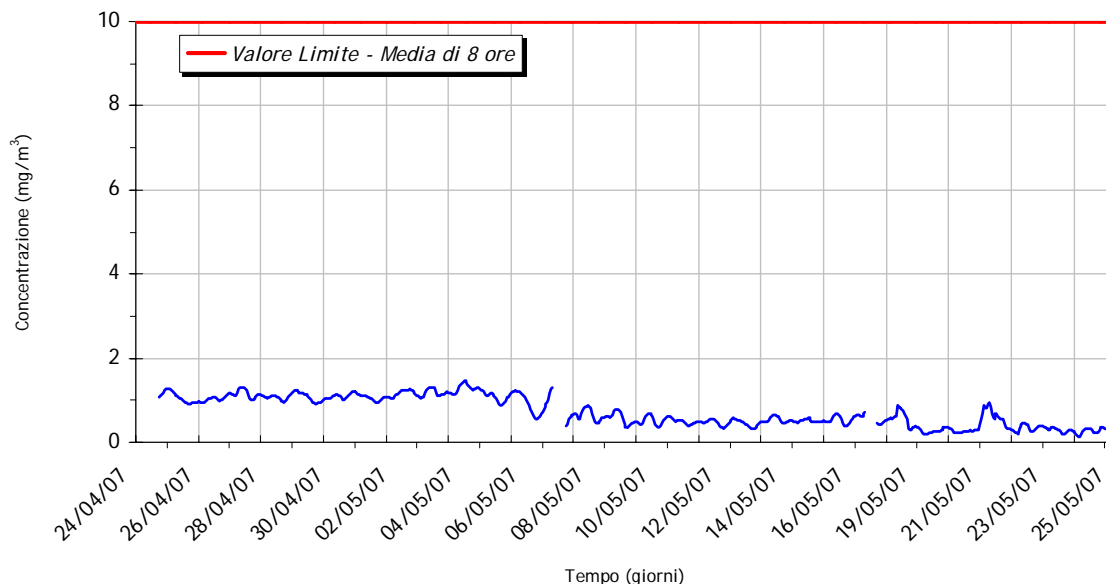
Anche per quanto riguarda le concentrazioni di CO misurate durante la campagna di misura sono i valori sono risultati **abbondantemente inferiori ai limiti di legge** sia per quanto riguarda la media oraria che per quella di 8 ore.

### CO - Medie Orarie



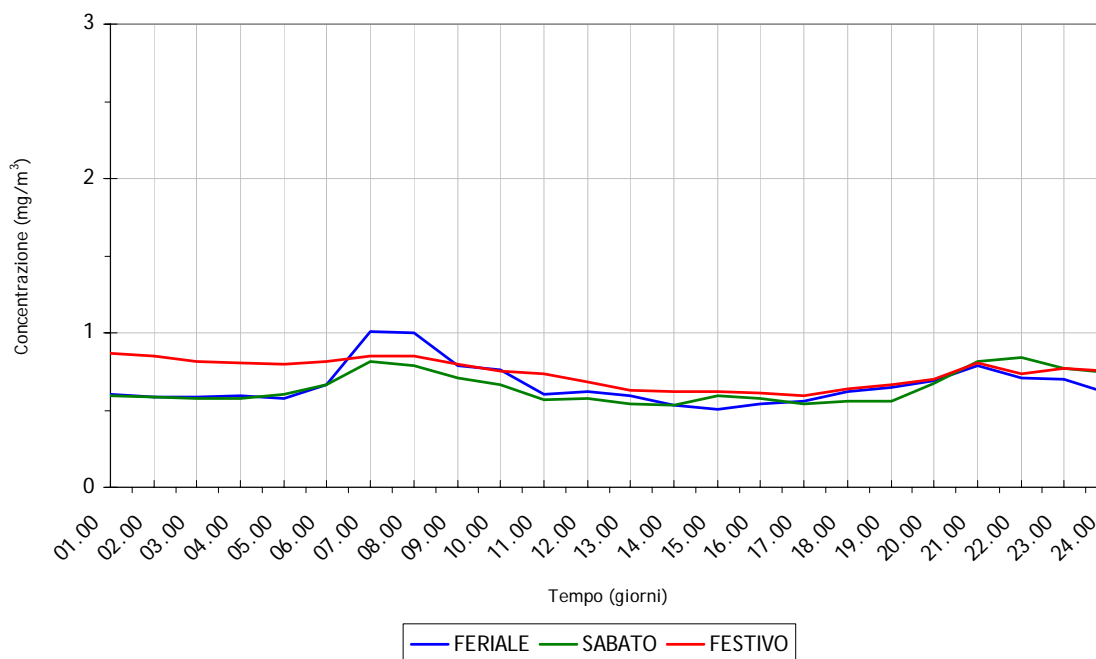
Il valore medio sul periodo è stato di  $0.7 \text{ mg/m}^3$ , mercoledì 18 maggio alle ore 10.00 del mattino è stato registrato il valore massimo orario più alto pari a  $2.4 \text{ mg/m}^3$ ; il valore massimo mediato sulle 8 ore, pari a  $1.3 \text{ mg/m}^3$ , è stato osservato nei giorni 24, 25 e 27 aprile.

### CO - Medie di 8 Ore



Dall'analisi dei dati è possibile dunque osservare come le concentrazioni di questo inquinante appaiano decisamente basse e comunque di molto inferiori a quelle solitamente riscontrate in aree cittadine; ciò è giustificato dal fatto che via Europa oltre ad essere scorrevole durante la giornata è anche poco trafficata, ad eccezione delle ore di punta mattutina e serale.

### CO - Giorno Tipo



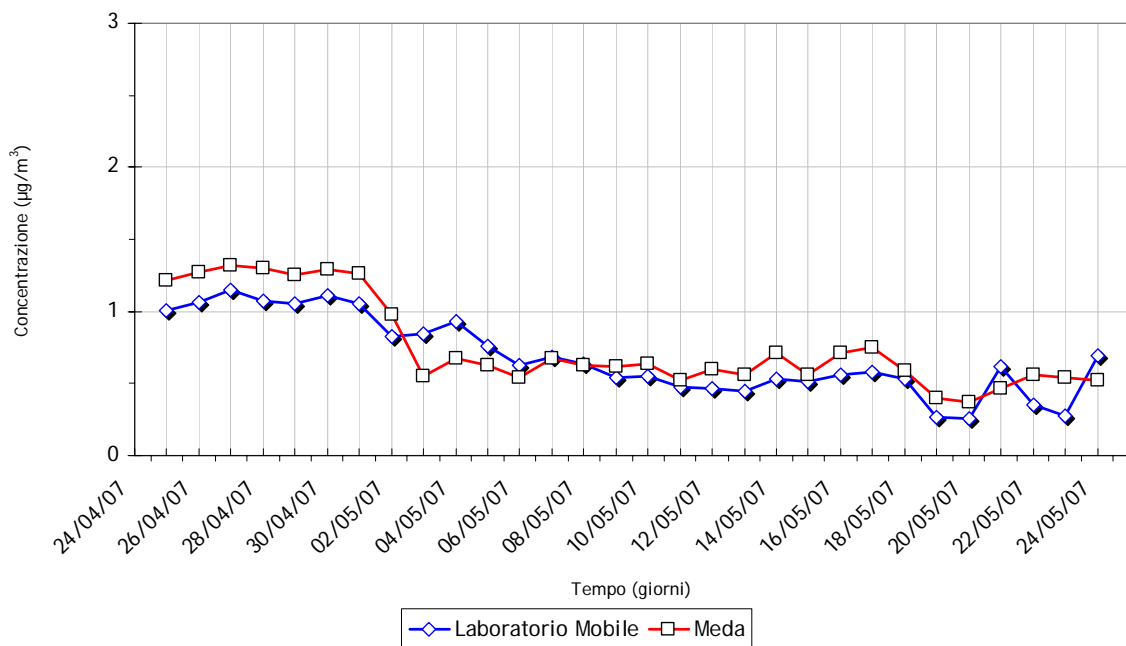
A riprova di questo nel grafico del giorno tipo si può osservare come le concentrazioni di questo inquinante siano sostanzialmente costanti durante l'intera giornata con un lieve aumento delle concentrazioni tra le ore 06.00 e le 09.00 del mattino, un calo nelle ore centrali della giornata ed un accrescimento, anche se meno evidente, nelle ore serali.

Le concentrazioni di questo inquinante primario sono strettamente legate sia ai volumi di traffico presenti che alla tipologia della strada; dal confronto dei dati riscontrati in via Europa con le altre stazioni fisse prese a riferimento il coefficiente di correlazione è risultato molto basso.

	Lab. Mobile	Monza	Carate Brianza	Meda	Vimercate	Villasanta	Merate
Lab. Mobile	1.00						
Monza	0.49	1.00					
Carate Brianza	-0.02	0.29	1.00				
Meda	<b>0.77</b>	0.36	-0.06	1.00			
Vimercate	0.28	0.57	0.38	0.20	1.00		
Villasanta	0.27	0.68	0.53	0.20	0.63	1.00	
Merate	0.03	0.46	0.45	-0.18	0.59	0.61	1.00

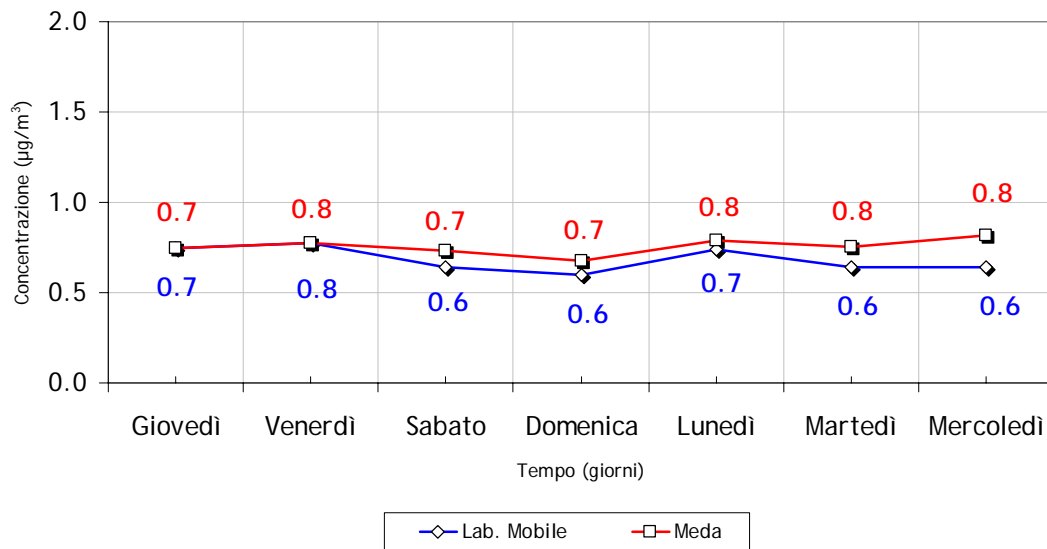
La sola centraline di Meda presenta un valore di correlazione significativa ( $R=0.77$ ); durante il periodo di misura, fatte eccezione per la prima decade, i valori misurati in via Europa a Usmate Velate si sono mantenute inferiori rispetto a quelli misurati a Meda.

#### CO - Medie Giornaliere



Anche gli andamenti settimanali delle due postazioni hanno trend analoghi con andamenti pressoché costanti tutta la settimana.

CO - Media Settimanale

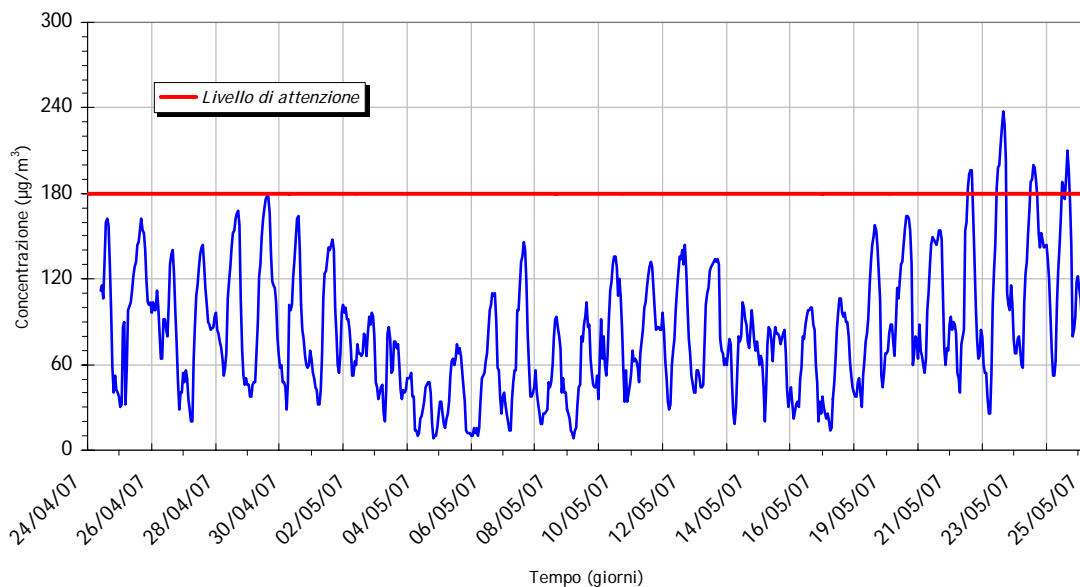


O<sub>3</sub>

Per quanto riguarda l'ozono il periodo in cui è stata condotta la campagna è quello di primavera inoltrata inizio estate, periodo particolarmente critico per questo inquinante di natura fotochimica.

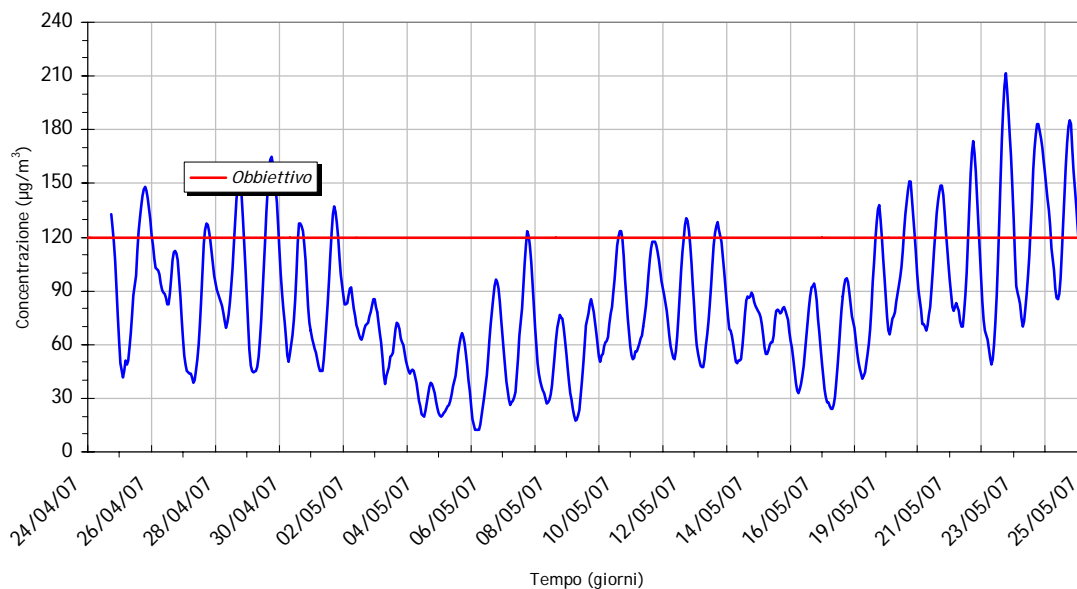
Analizzando la situazione meteorologica nel periodo di misura si osserva come un numero cospicuo di giornate di bel tempo abbiano favorito l'accumulo degli inquinanti consentendo la formazione di O<sub>3</sub>. Sono stati osservati **126 superamenti della soglia di protezione della salute umana**, fissata a 120 µg/m<sup>3</sup> per la media mobile di 8 ore e **bensi 22 superamenti della soglia di attenzione**, fissata per questo inquinante a 180 µg/m<sup>3</sup> per la media oraria, compresi nel periodo 24 – 30 aprile e 22 – 24 maggio.

O<sub>3</sub> - Medie Orarie



In accordo con la natura fotochimica di questo inquinante i superamenti sono stati registrati nelle giornate in cui vi erano i valori di temperatura e radiazione solare più alti

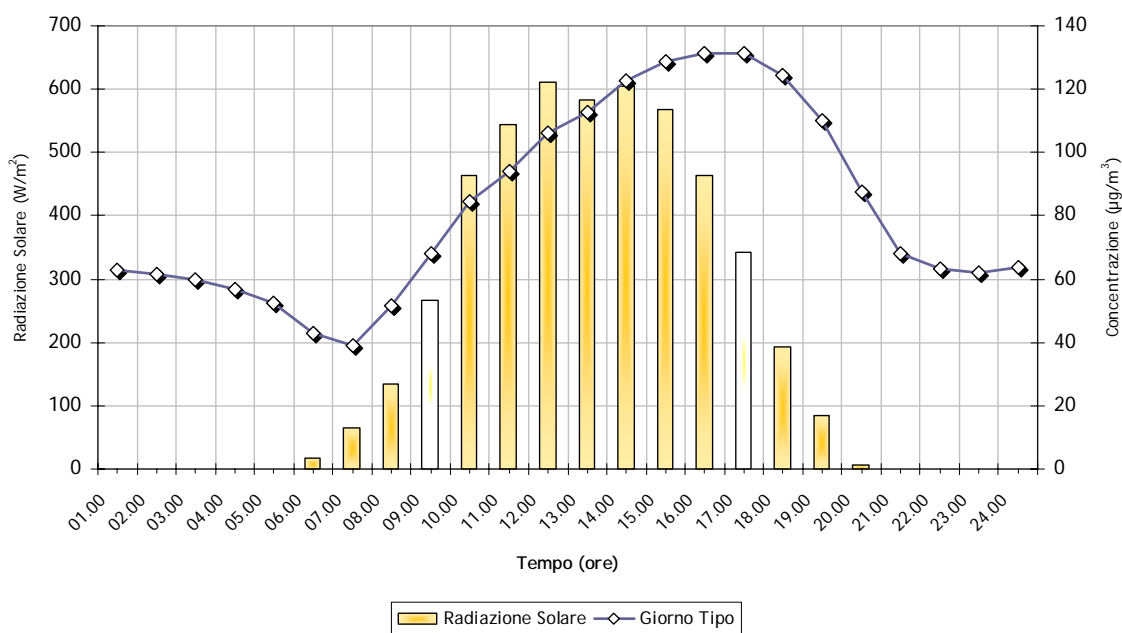
### *O<sub>3</sub> - Medie di 8 Ore*



### *Giorno tipo e medie giornaliere*

L'andamento di questo inquinante risulta differente da quello degli inquinanti primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero dell'ozono è di tipo a campana con un massimo poco dopo il periodo di maggior insolazione (generalmente tra le 14.00 e le 17.00).

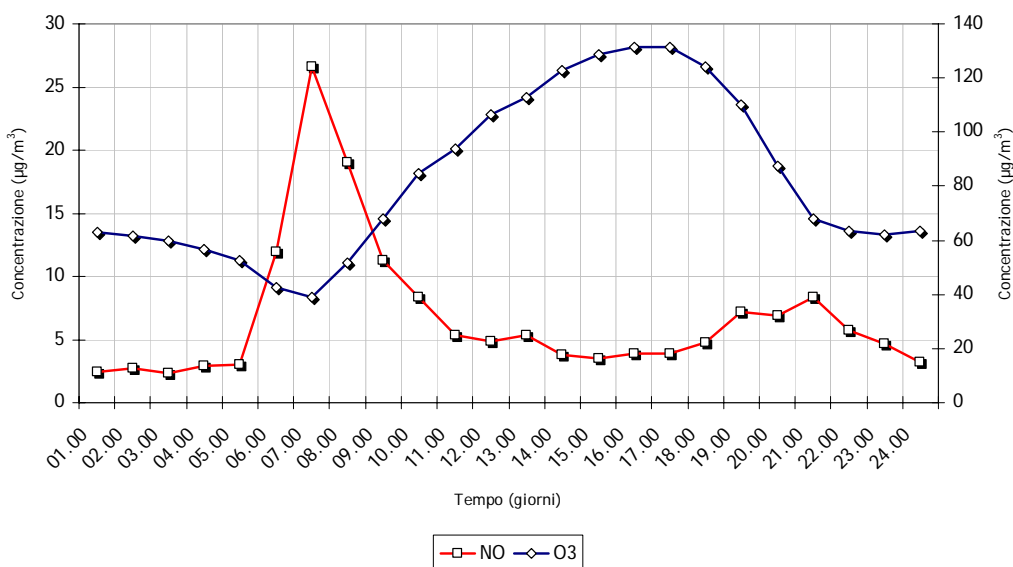
### *Giorno tipo - Confronto Radiazione Solare O<sub>3</sub>*



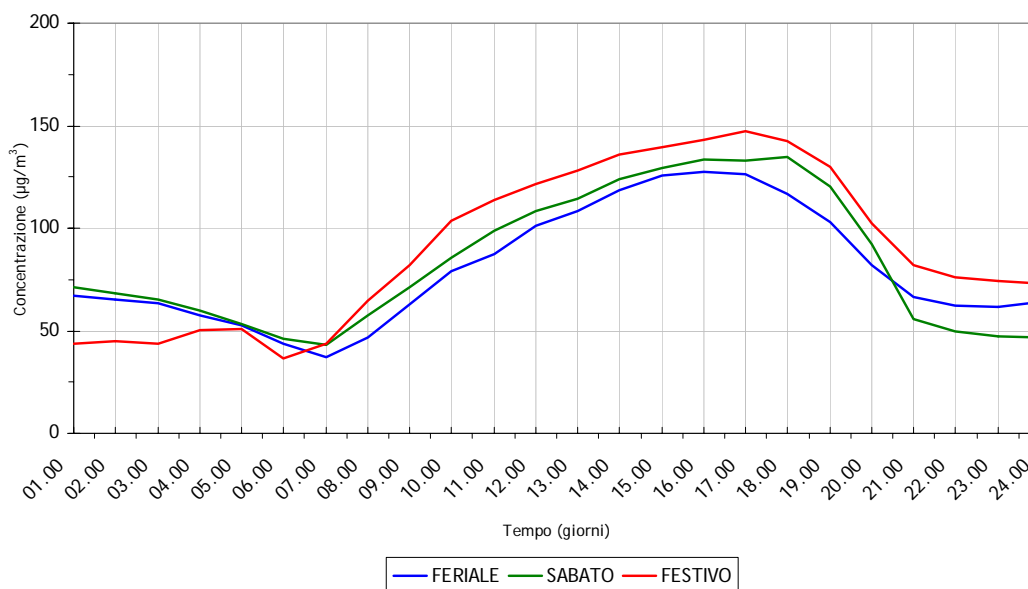
Le concentrazioni di ozono poi tendono a calare nelle vicinanze di sorgenti di emissione di NO questo perché l' NO tende a reagire con l'O<sub>3</sub> portando alla formazione di NO<sub>2</sub>.

Tale comportamento è possibile verificarlo nel grafico di seguito riportato in cui si sono confrontate le concentrazioni medie giornaliere di ozono e ossido di azoto nel periodo oggetto dell'indagine; le concentrazioni minime di ozono si presentano in corrispondenza delle concentrazioni massime di NO e viceversa.

Giorno Tipo - Confronto O<sub>3</sub>/NO



O<sub>3</sub> - Giorno Tipo

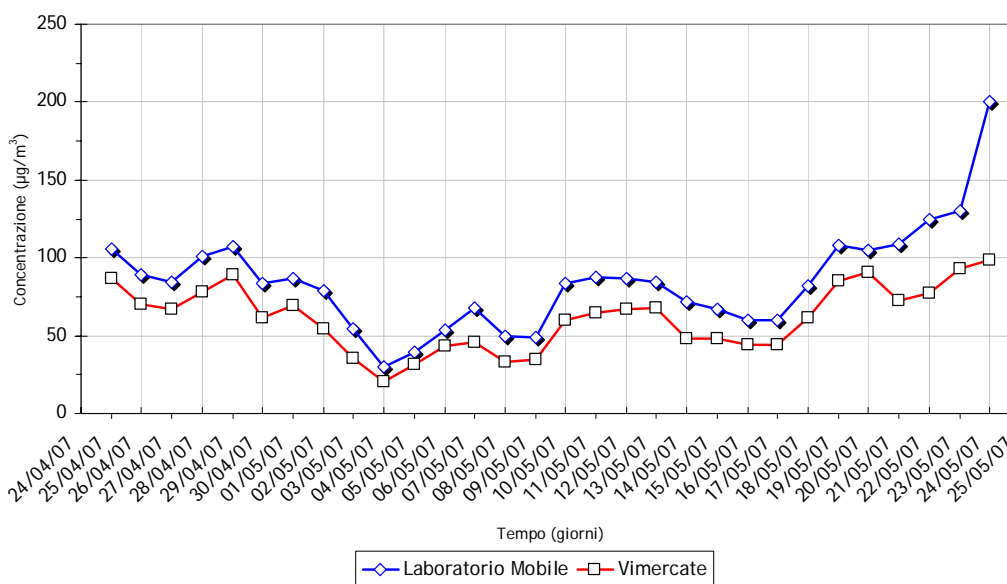


Le concentrazioni di ozono misurate dal Laboratorio Mobile risultano in linea con quelle registrate dalle centraline prese a riferimento, in accordo con la caratteristica di questo inquinante di essere di natura ubiquitaria; in particolare la migliore correlazione<sup>3</sup> si ha con la vicina stazione urbana da fondo di Vimercate (R = 0.94), con valori molto simili.

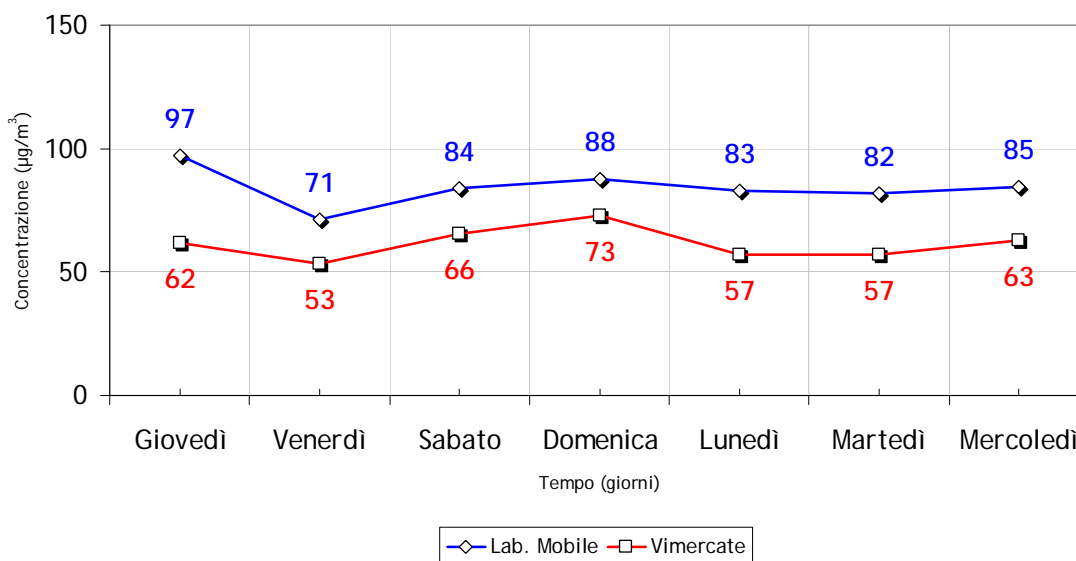
<sup>3</sup> Non è stato possibile verificare se vi sia una buona correlazione con la centralina di Villasanta in quanto la stazione non è dotata un analizzatore di ozono.

	Lab. Mobile	Milano Juvara	Monza	Agrate Brianza	Meda	Vimercate	Merate
Lab. Mobile	1.00						
Milano Juvara	0.74	1.00					
Monza	0.90	0.85	1.00				
Agrate Brianza	0.93	0.82	0.95	1.00			
Meda	0.87	0.70	0.82	0.83	1.00		
Vimercate	<b>0.94</b>	0.77	0.91	0.95	0.86	1.00	
Merate	0.85	0.64	0.77	0.79	0.79	0.81	1.00

### O<sub>3</sub> - Medie Giornaliere

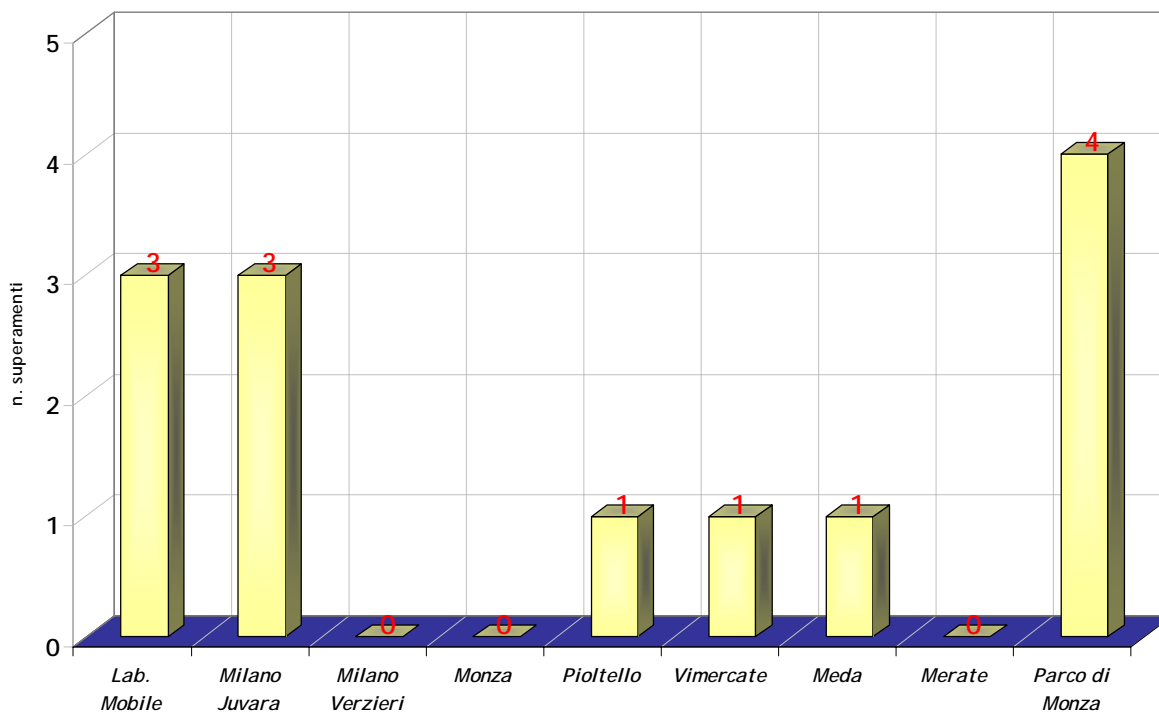


### O<sub>3</sub> - Media Settimanale



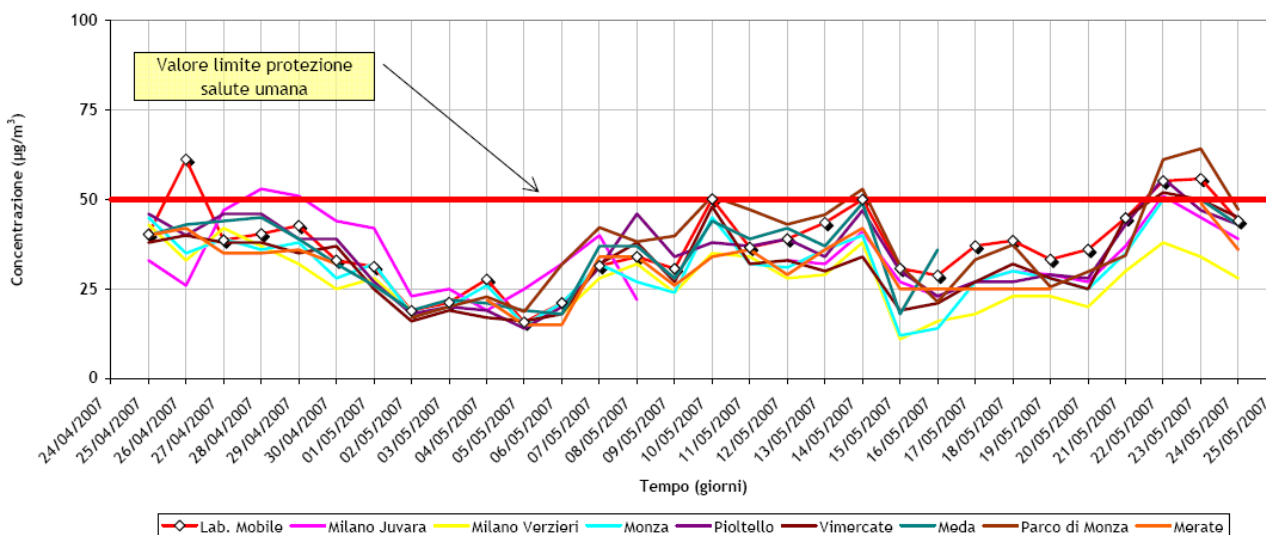
Le concentrazioni di **PM10** misurate a Usmate Velate in via Europa presentano andamenti analoghi a quelli delle centraline della rete di rilevamento provinciale prese a riferimento. Durante tutto il periodo di misura sono stati osservati **3 superamenti (su 30 giorni di campagna) del livello di attenzione**, fissato per questo inquinante a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in linea con quanto osservato nelle centraline fisse prese a riferimento.

PM10 - Numero dei superamenti della soglia di attenzione



A conferma del carattere ubiquitario di questo tipo di inquinante, il grafico delle medie giornaliere delle concentrazioni di PM10 mostra come, durante il periodo in esame, vi siano andamenti di concentrazione comuni a diverse località del Bacino Padano.

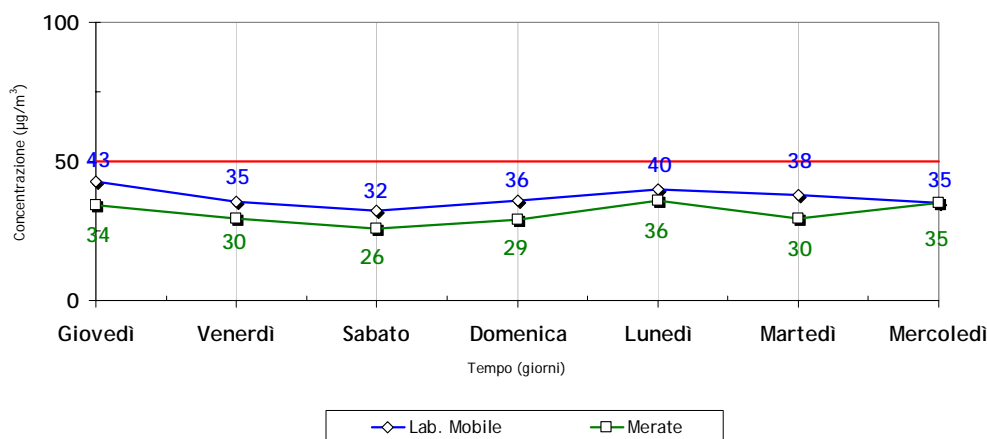
PM10 - Medie giornaliere



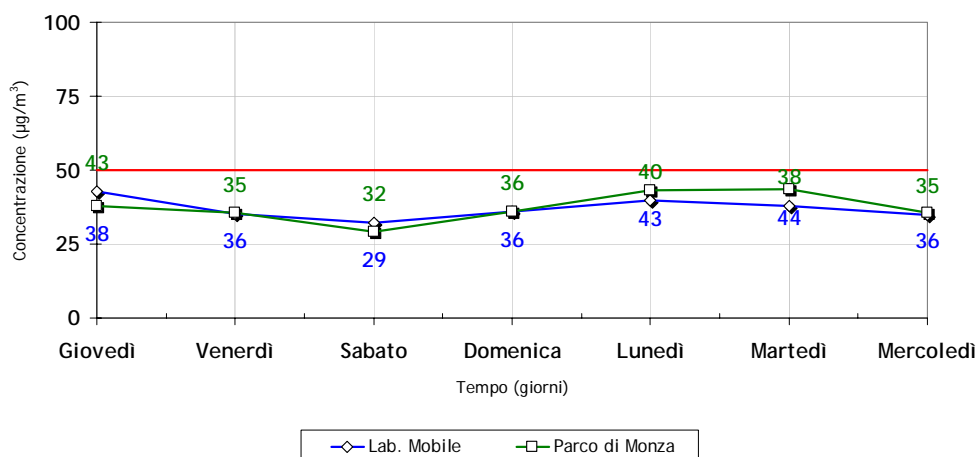
	Lab. Mobile	Milano Juvara	Milano Verzieri	Monza	Pioltello	Vimercate	Meda	Merate	Parco di Monza
Lab. Mobile	1.00								
Milano Juvara	0.70	1.00							
Milano Verzieri	0.78	0.65	1.00						
Monza	0.79	0.63	0.89	1.00					
Pioltello	0.88	0.60	0.85	0.66	1.00				
Vimercate	0.85	0.70	0.82	0.75	0.90	1.00			
Meda	0.87	0.67	0.87	0.74	0.85	0.87	1.00		
Merate	<b>0.95</b>	0.70	0.83	0.78	0.89	0.89	0.89	1.00	
Parco di Monza	<b>0.92</b>	0.86	0.84	0.85	0.87	0.88	0.81	0.91	1.00

Per quanto riguarda le postazioni fisse prese a riferimento le concentrazioni misurate presentano un buon andamento temporale; in particolare la correlazione tra la centralina di Merate e il laboratorio mobile presenta un valore pari a 0.95<sup>4</sup>. anche la centralina situata nel parco di Monza presenta una buona correlazione con la postazione di via Europa (R = 0.92).

PM10 - Media Settimanale



PM10 - Media Settimanale



<sup>4</sup> Sono state calcolate le correlazioni anche se i dati erano insufficienti per una statistica corretta.

Tabella: giorni di superamento del limite di 50 µg/m<sup>3</sup>.

DATA	Lab. Mobile	Milano Juvara	Milano Verzieri	Monza	Pioltello	Vimercate	Meda	Merate	Parco di Monza
26/04/07	61	26	33	35	40	40	43	42	
28/04/07	40	53	37	36	46	38	45	35	
29/04/07	43	51	32	38	39	35	39	36	
01/05/07	31	42	28	32	27	25	26		
10/05/07	50		35	45	38	48	44	34	51
14/05/07	50	41	38	40	47	34	49	42	53
22/05/07	55	51	38	50	56	52			61
23/05/07	56	45	34		47	50	50	49	64
24/05/07	44	39	28		43	45	43	36	47

## Conclusioni

Il monitoraggio eseguito lungo via Europa nel comune di Usmate Velate, nonostante il breve periodo di misura, rappresentativo però di una situazione estiva, ha consentito, sulla base dei dati raccolti, di qualificare il sito in esame come zona di fondo urbano.

Le caratteristiche del sito di misura posto a ridosso di un tratto viario a due corsie (una per senso di marcia) interessato da volumi di traffico di tipo locale nonché le condizioni meteorologiche sono stati elementi essenziali per l'interpretazione dei dati.

A causa dell'influenza di un'area anticiclonica, a matrice africana in particolare nel mese di Aprile unitamente ad una situazione anemologica scarsamente vivace il periodo di misura è stato caratterizzato da condizioni generalmente sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti e pertanto si sono verificati **3 giorni di superamento del valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> per il PM10** a causa poi del perdurare di giornate serene (7 eventi piovosi di modesta entità su 30 giorni di misura) sono stati registrati anche **18 superamenti della soglia di protezione della salute umana per quanto riguarda l'Ozono.**

Tali criticità hanno in ogni caso riguardato tutto il bacino padano che a causa dell'orografia del suo territorio (chiuso nelle tre direzioni Nord, Ovest, Sud dai rilievi alpini ed appenninici) risente maggiormente di fenomeni di stagnazione anche in condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione. In particolare la zona di Milano, caratterizzata da un clima continentale, subisce questo blocco atmosferico soprattutto in inverno.

Analizzando infatti la situazione meteorologica nel periodo di misura si osserva come la presenza di una situazione anemologica scarsamente vivace caratterizzata principalmente da episodi di bava di vento (55%), con sporadici eventi di brezza leggera (26%), unitamente alle numerose giornate serene (7 eventi piovosi su 30 giorni di misura di cui solo 3 superiori ai 10 mm), abbia permesso solo un parziale sblocco atmosferico favorendo l'accumulo degli inquinanti.

La caratterizzazione dei flussi di traffico poi, attraverso lo studio di inquinanti considerati dei marker del traffico, ha permesso di qualificare via Europa come un'area di fondo urbano.

Questa evidenza è avvalorata dalla buona correlazione riscontrata nel data set raccolto lungo la postazione di misura con i valori misurati dalla centralina urbana da traffico di Villasanta, situata lungo la direttrice SW di Usmate, in un'area con caratteristiche simili a quelle del sito di misura. In generale si è osservato come durante il periodo di misura le concentrazioni medie giornaliere e settimanali riscontrate siano comunque sempre inferiori per quanto riguarda l'NO e l'NO<sub>2</sub> rispetto a quelle misurate nella stazione di Villasanta.

Tale analisi ha anche permesso di acquisire una serie di conoscenze sui flussi di traffico caratteristici dell'area di indagine: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serale; in particolare per il giorno tipo feriale i valori più alti si presentano nella fascia oraria che va dalle ore 06.00 alle ore 10.00 del mattino.

Si può concludere che il monitoraggio ha consentito una caratterizzazione della qualità dell'aria del comune di Usmate, attraverso la valutazione dei livelli ambientali dell'inquinamento atmosferico raccolti, permettendo di ottenere una base di dati che potrà essere utilizzata per successive indagini ambientali, al fine di ottenere informazioni più mirate sulla qualità dell'aria del territorio di comunale.

## CENTRALINE RETE PROVINCIALE DI RIFERIMENTO

	rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Dec. 2001/752/CE	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
<b>Usmate Velate Via Europa</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	216	24.04 – 25.05 2007
<i>Milano Juvara</i>	PUB	URBANA	FONDO	122	Centralina Fissa
<i>Milano Verzieri</i>	PUB	URBANA	TRAFFICO	122	Centralina Fissa
<i>Pioltello</i>	PUB	URBANA	FONDO	122	Centralina Fissa
<i>Monza</i>	PUB	URBANA	FONDO	160	Centralina Fissa
<i>Agrate Brianza</i>	PUB	URBANA	FONDO	162	Centralina Fissa
<i>Carate Brianza</i>	PUB	URBANA	FONDO	236	Centralina Fissa
<i>Meda</i>	PUB	URBANA	FONDO	243	Centralina fissa
<i>Vimercate</i>	PUB	URBANA	FONDO	206	Centralina Fissa
<i>Villasanta</i>	PUB	URBANA	TRAFFICO	182	Centralina Fissa
<i>Merate (*)</i>	PUB	URBANA	TRAFFICO	292	Centralina Fissa
<i>Parco di Monza</i>	PUB	URBANA	FONDO	180	Centralina fissa

(\*) Centralina ubicata nella provincia di Lecco

**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

**Biossido di azoto**

	% Trend.	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev St	Max Media1 h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nr. giorni superamento livello attenzione
<b>Usmate Velate Via Europa</b>	99.5	20	15	90	<b>0</b>
<i>Milano Juvara</i>	100	60	33	239	<b>1</b> 22.05.2007
<i>Monza</i>	83.3	30	22	130	<b>0</b>
<i>Agrate Brianza</i>	99.7	35	24	139	<b>0</b>
<i>Carate Brianza</i>	100	35	18	127	<b>0</b>
<i>Meda</i>	99.5	32	16	97	<b>0</b>
<i>Vimercate</i>	99.9	21	11	133	<b>0</b>
<i>Villasanta</i>	100	37	15	104	<b>0</b>
<i>Merate</i>	96.9	49	26	139	<b>0</b>

## Monossido di carbonio

	% Rend.	Media (mg/m <sup>3</sup> )	Dev St	Max Media 1 h (mg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento livello attenzione	Max Media 8 h (mg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento livello attenzione
<b>Usmate Velate Via Europa</b>	99.6	0.7	0.3	2.4	0	1.3	0
<i>Monza</i>	90.4	0.5	0.2	1.8	0	1.0	0
<i>Carate Brianza</i>	100	1.3	0.3	3.0	0	1.8	0
<i>Meda</i>	99.5	0.8	0.4	1.8	0	1.5	0
<i>Vimercate</i>	99.9	0.8	0.3	3.0	0	1.5	0
<i>Villasanta</i>	100	0.6	0.2	1.7	0	1.0	0
<i>Merate</i>	96.9	0.5	0.2	1.3	0	0.9	0

**Ozono**

	%Trend.	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev St	Max Media1 h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nr. giorni superamento livello attenzione		Max Media 8h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nr. giorni superamento Liv. Protezione per la Salute	
<b>Usmate Velate Via Europa</b>	100	83	45	238	3	21 -24.05 2007	212	18	24.04 – 01.05 2007 07.05.2007 10.05.2007 12 – 25.05.2007
<b>Milano Juvara</b>	100	66	36	160	0		145	7	28 – 29.05 2007 19 – 20.05 2007 22 – 24.05.2007
<b>Monza</b>	94.1	66	40	170	0		155	8	24 – 25.04 2007 28 – 29.05 2007 01.05 2007 19 – 21.05.2007
<b>Agrate Brianza</b>	99.9	62	42	206	1	22.05.2007	165	10	25.04.2007 28 – 29.04.2007 01.05.2007 19 – 24.05.2007
<b>Carate Brianza</b>	100	61	33	191	1	22.05.2007	167	8	25.04.2007 29.04.2007 19 – 24.05.2007
<b>Meda</b>	99.5	65	31	193	1	22.05.2007	162	6	19 – 24.05.2007
<b>Vimercate</b>	99.9	62	33	172	0		132	3	29.04.2007 23 – 24.05.2007
<b>Merate</b>	87.0	60	40	235	3	22 – 24.05.2007	182	8	25.04.2007 19 – 25.05.2007

	% Trend.	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev St	Max Media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nr. giorni superamento livello attenzione
<b>Usmate Velate Via Europa</b>	100	37	11	61	<b>3</b> 26.04.2007 22 – 23.05.2007
<i>Milano Juvara</i>	89.7	34	10	53	<b>3</b> 28 - 29.04.20007 22.05.2007
<i>Milano Verzieri</i>	93.1	28	8	43	<b>0</b>
<i>Monza</i>	96.6	30	10	50	<b>0</b>
<i>Pioltello</i>	100	34	11	56	<b>1</b> 22.05.2007
<i>Vimercate</i>	100	32	10	52	<b>1</b> 22.05.2007
<i>Meda</i>	79.3	35	10	50	<b>0</b>
<i>Merate</i>	79.3	31	8	49	<b>0</b>
<i>Parco di Monza</i>	75.9	37	13	64	<b>4</b> 10.05.2007 14.05.2007 22 – 24.05.2007

## 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., Ciccioni, P., Brancaloni, E., Frattoni, M.** 1993. Ruolo dei VOC nella formazione di ozono. Atti della giornata di studio inquinamento chimico e fotochimico in aree della Lombardia, Saronno 14 ottobre 1993.
- CISE** 1996. Disaggregazione spaziale, temporale e dei composti organici volatili del censimento delle emissioni CORINAIR 1990. Applicazione alla Regione Lombardia.
- Chow JC.** Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles. *J Air Waste Manage Assoc* 1995;45:320-82.
- D. lgs. Minambiente e Minsalute n. 25 novembre 1994.**
- DM n° 60 del 2/4/2002** "Recepimento della Direttiva 99/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della Direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene e il monossido di carbonio.
- Elias, G., Siniscalco, F.** 1972. L'inquinamento dell'aria: sorgenti, effetti e difese. Peg. **ENEA** 1995. CORINAIR project; air pollution emission inventory in Italy for the year 1990. Final report. ENEA, Dip. Ambiente, Roma.
- Gaudio, et al.** , 1991. Le emissioni di composti organici volatili in Italia. *IA Ingegneria Ambientale*, vol. XX, n. 5, 244-251.
- Gualdi R., Lanzani G. e Cazzuli O. (2003)** – "Razionalizzazione del monitoraggio della qualità dell'aria". ARPA Lombardia.
- Harrison, R. M., Smith, D. J. T., Luhana, L.** 1996. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham, UK. *Env. Sci. Tec.*, 30, 825-832.
- 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. *C h e m . 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.