



Laboratorio Mobile
Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico
Comune di Monza
Via Libertà angolo via Tosi

Relazione Conclusiva

23/03/2007 – 20/04/2007
06/11/2007 – 04/12/2007



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico

Comune di Monza

Via Libertà angolo via Tosi

Relazione Conclusiva

MONZA, 22/02/2008

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

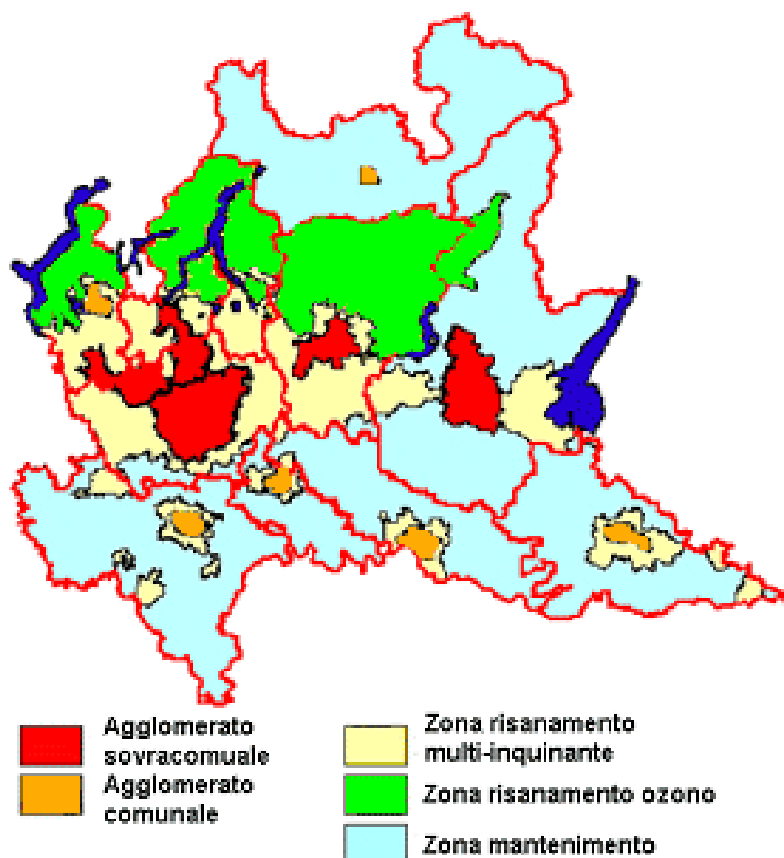
dott. geol. Madela Torretta

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 lungo viale Libertà angolo via Tosi, nel medesimo sito di misura in cui è stata condotta la campagna di monitoraggio nel periodo primaverile; tale scelta è stata fatta per valutare la variazione delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi in funzione della stagione (estate – inverno). 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_x);
- Monossido di carbonio (CO);
- Ozono (O₃);
- 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_x e O₃ è posta a tra 1.5 e 4 m di quota;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 m dal suolo.

In particolare nel periodo oggetto d'indagine (06.11 – 04.12 2007), in ottemperanza alla d.G.R. del 2 agosto 2007 n. 3291, dal lunedì al venerdì (escluse eventuali giornate festive infrasettimanali) dalle ore 07.30 alle ore 19.30, è stato attuato il blocco delle auto non catalizzate nella Zona Critica Unica di Milano – Como – Sempione.

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

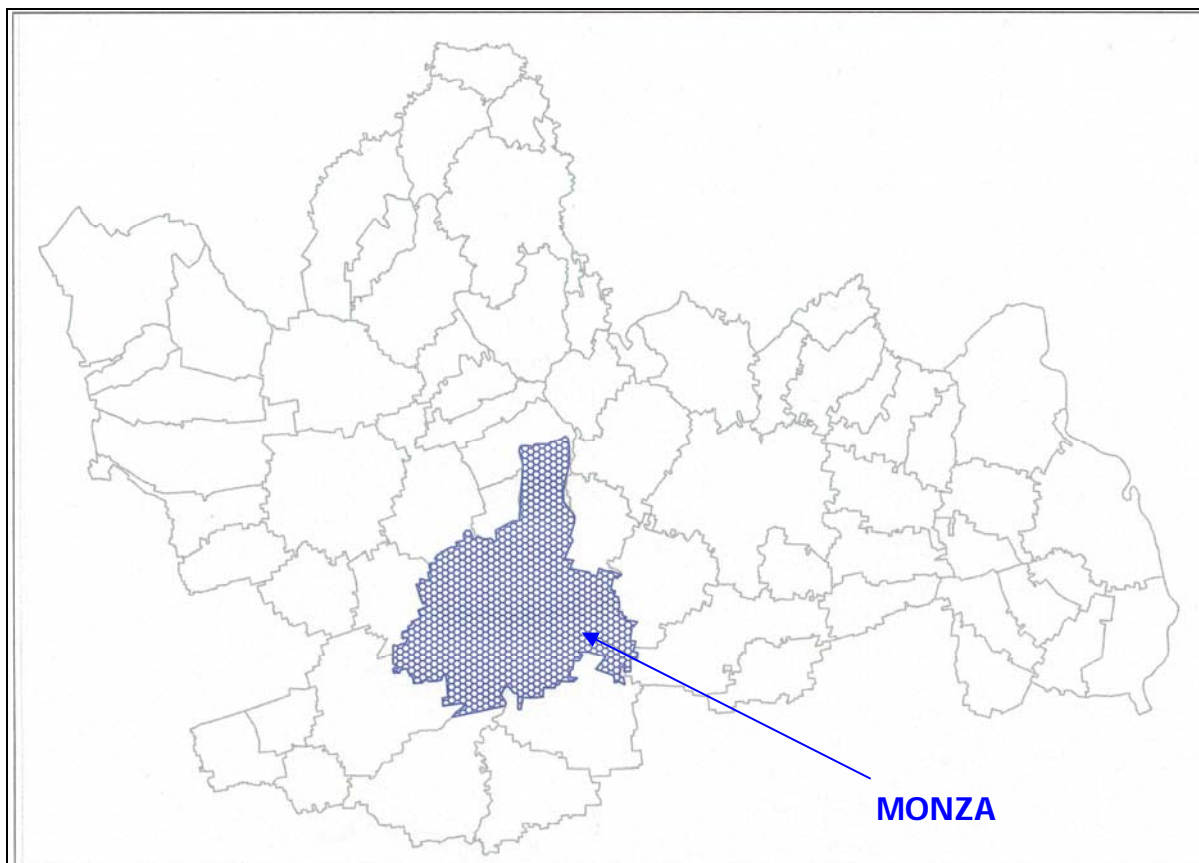
Ossidi di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	D.M. 2/4/02

Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/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 (µg/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

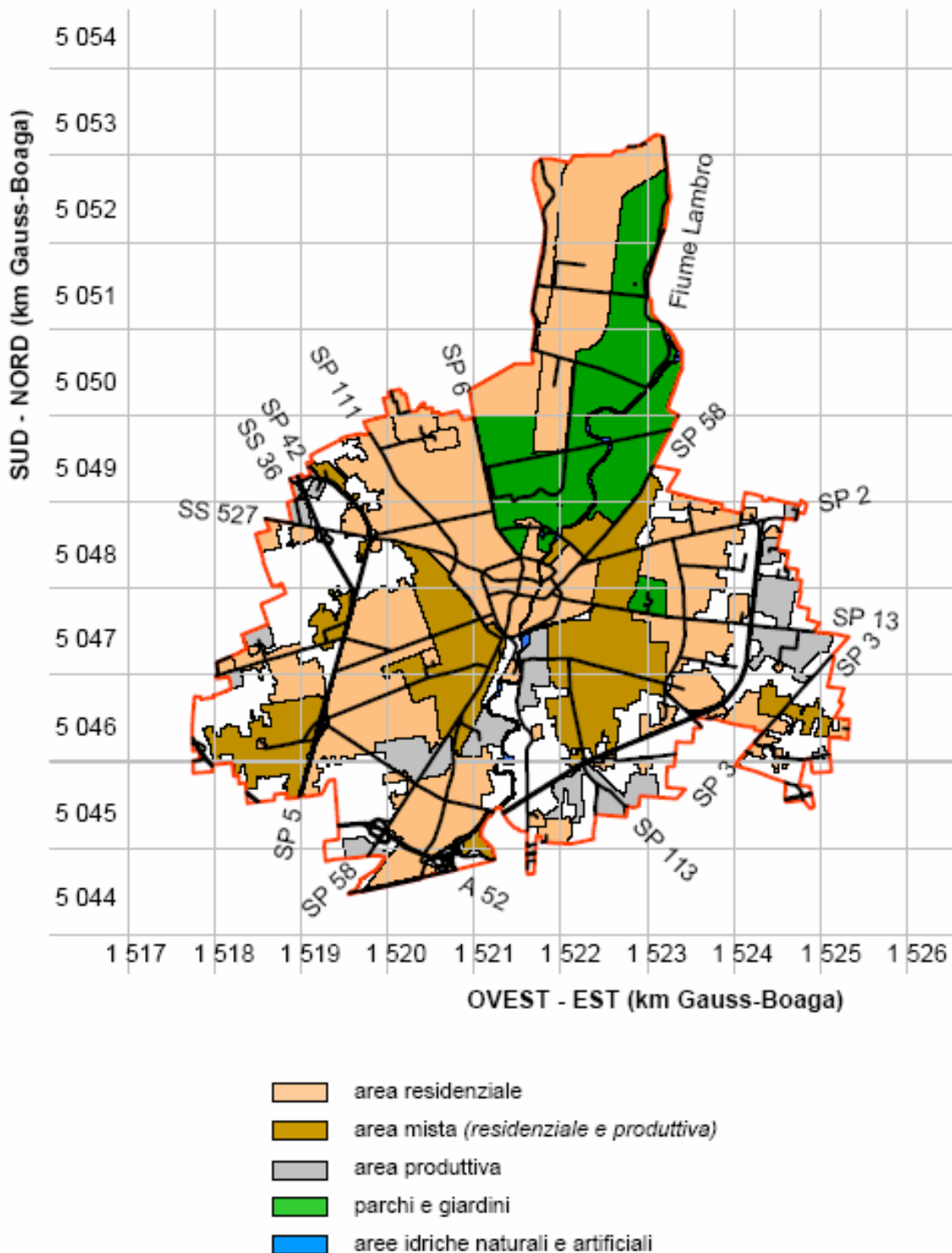
Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo (µg/m ³)	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 h	D.M. 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	D.M. 2/4/02

Sito di Misura



Periodo di misura	06 novembre – 04 dicembre 2007
Sito di misura:	Viale Libertà angolo via Tosi
Assi stradali statali e provinciali:	S.S. n. 36 Valassina (Monza - Lecco) S.P. n. 5 Viale Lombardia (Monza – Milano) S.P. n. 2 Viale Libertà (Monza – Trezzo sull'Adda) S.P. n. 6 Viale Brianza
Assi stradali comunali	Via Marconi – Viale Fermi – Viale delle Industrie – Viale Stucchi Via Borgazzi Via Lecco Via Amati – Viale Sicilia
Autostrade e tangenziali	A4 – Milano – Venezia Tangenziale Nord

Mappa dei principali assi viari cittadini



II Territorio Comunale di Monza

Monza è un centro abitato che conta circa **117.068** abitanti distribuiti su una superficie di circa **33 Km²** e dista circa 15 Km dal capoluogo in direzione Nord Est.

Monza confina a sud con Brugherio, Cinisello Balsamo e Sesto S.G., a est con Concorezzo e Villasanta a nord con Biassono, Vedano, Lissone e ad ovest con Muggiò.

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 invernale con Laboratorio mobile tra **il 6 novembre ed il 04 dicembre 2007**, nel comune di Monza lungo viale Libertà angolo via Tosi.

Scopo della campagna di misura è la raccolta di una base di dati atta a caratterizzare la qualità dell'aria lungo tale tratto viario e valutare le variazioni delle concentrazioni degli inquinanti in funzione della stagione.



Figura 1: punto di posizionamento del Laboratorio mobile nel Comune di Monza

La postazione di misura si trova a ridosso di viale Libertà, uno dei principali tratti viari cittadini posto lungo la direttrice Nord - Est che, confluendo nella SP2, permette il collegamento della città di Monza con i comuni a Est della regione.

Il punto di misura insiste su un tratto viario a due corsie (una per senso di marcia) interessato da volumi di traffico di tipo locale e di attraversamento, sia leggero che pesante.

A circa 200 m dalla postazione di misura lungo viale Libertà è presente un semaforo che, a causa del numeroso passaggio di autovetture, in particolare nella fascia mattutina e serale, genera traffico congestionato.

Principali sorgenti emissive

Per la stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Monza è stato utilizzato l'inventario regionale INEMAR¹ (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_x)
- 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 Monza.

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 Monza sono dovute al traffico veicolare ed agli impianti di riscaldamento .

Data infatti l'alta densità abitativa e il passaggio di assi viari comunali ed intercomunali trafficati, i carichi emissivi di PM10, PM2.5, NO_x e CO risultano significativi in tutto il territorio comunale, incidendo rispettivamente per il, 65% 63% 66% e 82%del totale.

La combustione non industriale incide in modo preponderante sulla qualità dell'aria, contribuendo con il 19% all'emissione in atmosfera di PM10, il 21% a quella di PM2.5 ed il 14% di CO; quanto riguarda le emissioni di NO_x queste influiscono con il 17%.

¹ Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web: <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>.

Allegato 1

Combustione non industriale								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
GPL	0.00	1.67	0.07	0.33	0.01	0.01	0.01	2.15
metano	2.04	204.18	20.42	102.09	0.82	0.82	0.82	280.92
gasolio	39.75	19.88	1.19	7.95	1.99	1.99	1.99	26.36
kerosene	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05
olio combust	2.17	2.17	0.15	0.23	0.48	0.58	0.39	2.82
legna e similari	0.95	5.39	84.78	401.16	17.02	17.76	16.39	135.82
TOTALE	44.93	233.33	106.61	511.81	20.32	21.15	19.59	448.12

Trasporto su strada								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
GPL	0.00	14.37	11.54	48.68	0.00	0.00	0.00	34.44
diesel	20.51	730.50	57.54	211.71	37.65	38.61	37.65	972.11
metano	0.00	0.81	0.59	3.68	0.00	0.00	0.00	1.98
senza comb.	0.00	0.00	0.00	0.00	22.72	34.22	12.25	0.00
benzina verde	6.75	164.91	836.34	2836.09	10.15	10.15	10.15	1349.96
TOTALE	27.25	910.59	906.01	3100.17	70.53	82.98	60.06	2358.50

Combustione nell'industria								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
metano	0.03	109.88	2.78	21.98	0.34	0.38	0.30	139.30
gasolio	4.02	33.60	2.26	8.99	3.58	3.77	3.40	44.25
senza comb.	0.00	1.94	6.46	2.45	0.00	0.00	0.00	9.09
olio combust	0.17	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04
legna e similari	0.09	0.68	5.13	64.10	0.90	1.28	0.71	13.02
TOTALE	4.31	146.13	16.63	97.53	4.82	5.44	4.42	205.68

Processi produttivi								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
senza comb.	0.00	0.00	253.60	0.00	0.00	0.00	0.00	253.60
TOTALE	0.00	0.00	253.60	0.00	0.00	0.00	0.00	253.60

Estraz. e distribuz. combustibili								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
senza comb.	0.00	0.00	133.13	0.00	0.00	0.00	0.00	150.45
TOTALE	0.00	0.00	133.13	0.00	0.00	0.00	0.00	150.45

Uso di solventi								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
senza comb.	0.00	0.00	1572.11	0.00	2.83	3.33	1.00	1572.11
TOTALE	0.00	0.00	1572.11	0.00	2.83	3.33	1.00	1572.11

Agricoltura								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
senza comb.	0.00	0.28	0.04	0.00	0.52	0.84	0.24	1.17
TOTALE	0.00	0.28	0.04	0.00	0.52	0.84	0.24	1.17

Altre sorgenti mobili								
COMBUSTIBILE	'SO2'	'NOx'	'COV'	'CO'	'PM10'	'PTS'	'PM2.5'	'PREC_OZ'
diesel	1.14	77.73	11.43	33.05	9.93	10.89	9.44	109.91
benzina verde	0.00	0.02	7.32	14.38	0.00	0.00	0.00	8.93
TOTALE	1.14	77.75	18.76	47.43	9.93	10.89	9.44	118.83

Allegato 2

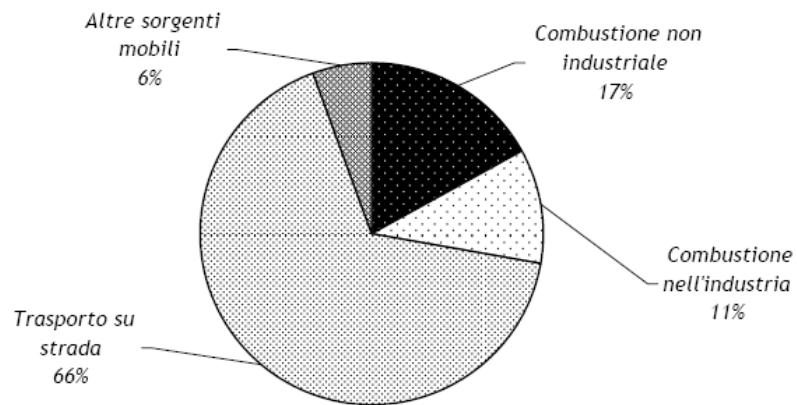
COMUNE DI MONZA

' DESCRIZIONE MACROSETTORE'	'SO2' t/anno	'NOx' t/anno	'COV' t/anno	'CO' t/anno	'PM10' t/anno	'PM2.5' t/anno	'PREC_OZ' t/anno
Combustione non industriale	44.93	233.33	106.61	511.81	20.32	19.59	448.12
Combustione nell'industria	4.31	146.13	16.63	97.53	4.82	4.42	205.68
Processi produttivi	0.00	0.00	253.60	0.00	0.00	0.00	253.60
Trasporto su strada	27.25	910.59	906.01	3100.17	70.53	60.06	2358.50
Uso di solventi	0.00	0.00	1572.11	0.00	2.83	1.00	1572.11
Altre sorgenti mobili	1.14	77.75	18.76	47.43	9.93	9.44	118.83
TOTALE	77.64	1367.80	2873.72	3756.94	108.43	94.50	4956.85

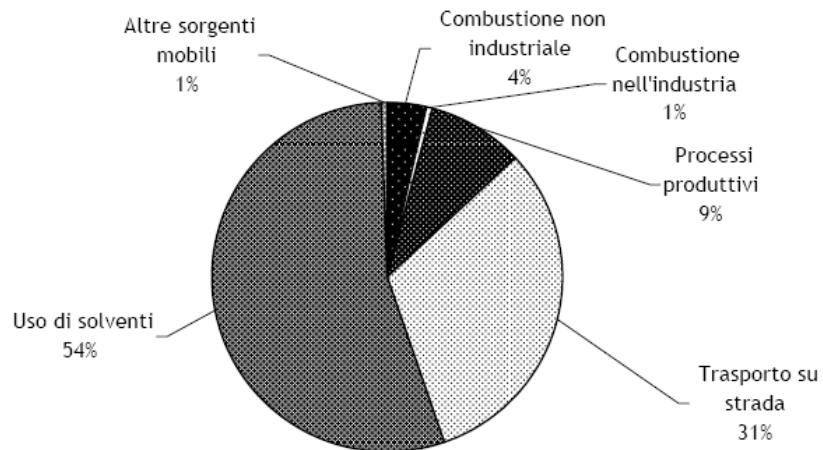
PROVINCIA DI MILANO

' DESCRIZIONE MACROSETTORE'	'SO2' t/anno	'NOx' t/anno	'COV' t/anno	'CO' t/anno	'PM10' t/anno	'PM2.5' t/anno	'PREC_OZ' t/anno
Combustione non industriale	2220.81	6483.66	1715.80	17195.03	507.72	477.44	11532.11
Combustione nell'industria	1633.22	7680.65	1239.70	5272.55	294.46	248.75	11200.81
Processi produttivi	0.02	59.62	8227.88	256.85	44.34	6.65	8328.87
Trasporto su strada	1100.85	26272.35	18955.14	124900.38	3008.97	2595.55	64758.76
Uso di solventi	0.29	0.12	65555.33	0.74	178.31	62.93	65555.56
Altre sorgenti mobili	199.92	1571.88	527.21	1209.15	140.06	127.97	2577.97
TOTALE	5155.10	42068.27	96221.06	148834.70	4173.86	3519.29	163954.08

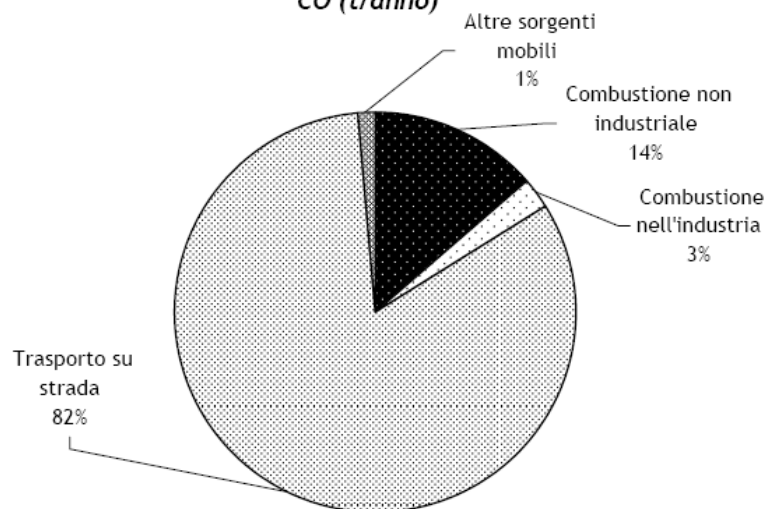
NO_x (t/anno)

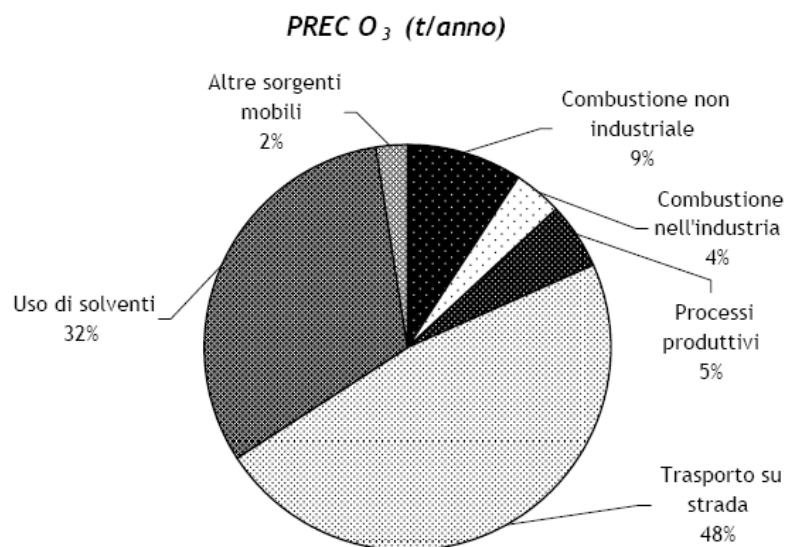
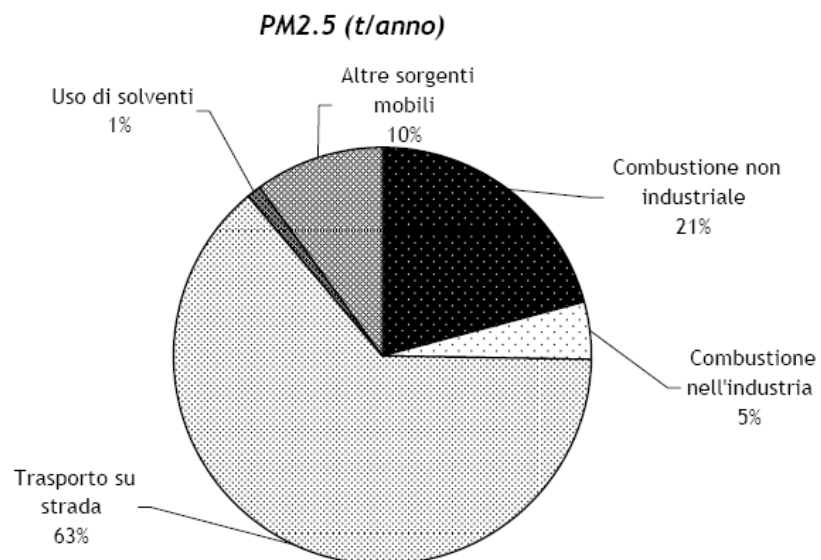
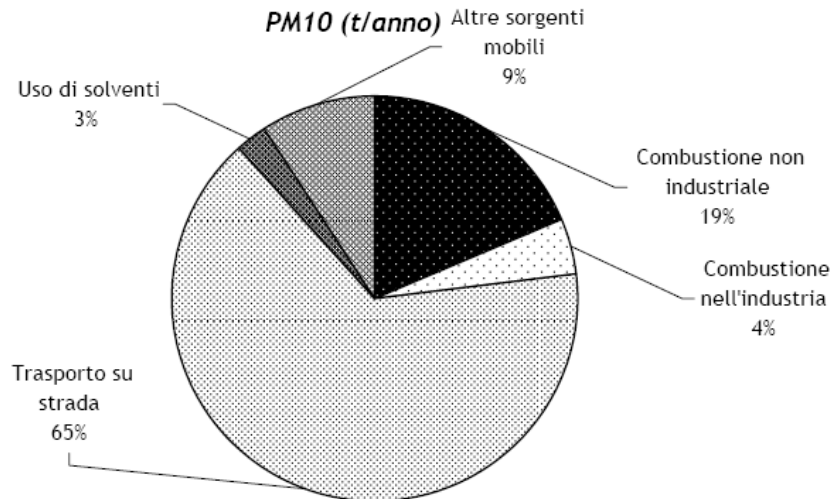


COV (t/anno)



CO (t/anno)





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 Monza ha interessato l'ultima decade del mese di Marzo e la prima e la seconda decade del mese di Aprile in periodo primaverile ed il mese di novembre in periodo invernale.

La campagna primaverile era stata caratterizzata da condizioni generalmente sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti in particolare per quanto riguarda PM10 ed O₃.

Analizzando infatti la situazione meteorologica nel periodo di misura si osserva come la quasi totale assenza di precipitazioni unitamente alla presenza di una situazione anemologica scarsamente vivace (caratterizzata principalmente da episodi di calma, con sporadici eventi di brezza leggera, unitamente alle numerose giornate serene), avessero permesso solo un parziale sblocco atmosferico favorendo l'accumulo degli inquinanti.

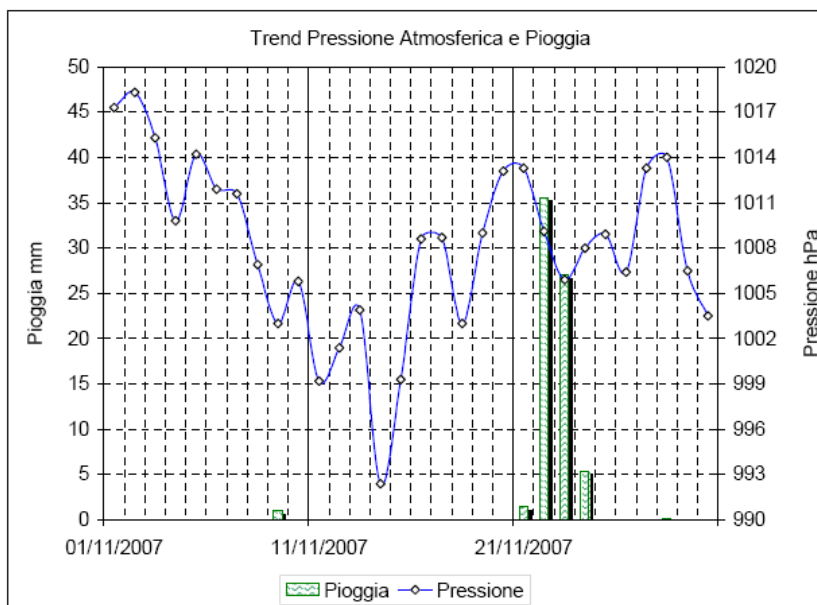
Il mese di Novembre relativo alla campagna invernale è stato interessato tra la seconda e la terza decade da lunghi periodi di assenza di precipitazioni e da un'ondata di freddo.

La temperatura ha infatti mostrato un andamento molto variabile, con una prima e terza decade temperate, ed una seconda decade decisamente fredda, per cui la media mensile di 8.2 °C è stata inferiore di 0.3 °C rispetto alla media di 8.5 °C del periodo 1956-2006.

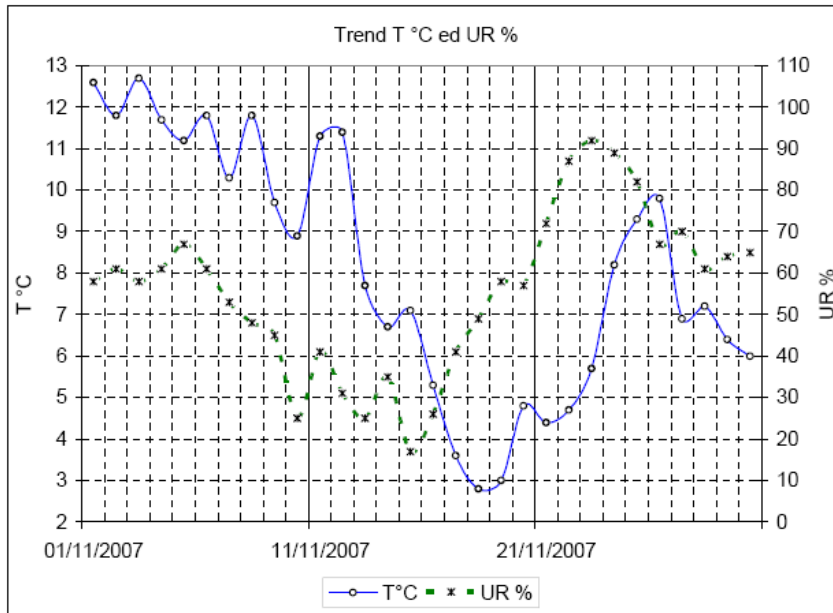
Le precipitazioni, a carattere continuo, ma di intensità da debole a moderata e concentrate quasi tutte in un unico evento principale, sono state ancora una volta inferiori alla media, ed a Juvara, con 71 mm hanno fatto registrare solo il 71% del valore di 100 mm della media 1956-2006.

Dopo una prima metà relativamente mite, asciutta e ventilata, con massime che l'8 Novembre hanno superato anche i 18 °C, dal giorno 12 è stato interessato da correnti fredde e secche di origine artica, che hanno fatto scendere la temperatura fino a 0 °C in città, e fino a -4 °C in periferia. Successivamente il transito di una saccatura atlantica ha richiamato sulla Lombardia delle correnti mediterranee, via via più miti, che hanno dato luogo alle precipitazioni dei giorni 22, 23 e 24, a cui ha fatto seguito un nuovo abbassamento della temperatura nella seconda metà della decade.

Dal punto di vista barico il mese è stato caratterizzato da una fase iniziale di alta pressione, cui è seguita una fase d'instabilità atmosferica, senza precipitazioni ma con venti freddi da nord, causati, dal transito di saccature, che ad intervalli più o meno lunghi hanno interessato l'Italia Settentrionale, mentre alla fine della seconda decade, dopo imponenti afflussi di aria fredda, delle avvezioni di aria mediterranea hanno dato luogo ad estese precipitazioni.



è stato interessato da correnti fredde e secche di origine artica, che hanno fatto scendere la temperatura fino a 0 °C in città, e fino a -4 °C in periferia. Successivamente il transito di una saccatura atlantica ha richiamato sulla Lombardia delle correnti mediterranee, via via più miti, che hanno dato luogo alle precipitazioni dei giorni 22, 23 e 24, a cui ha fatto seguito un nuovo abbassamento della



L'umidità relativa, sia a causa del lungo periodo pressoché privo di precipitazioni della prima e seconda decade, caratterizzato da una circolazione di aria continentale poco umida, con un valore del 56% è stata decisamente inferiore alla media ventennale del 79%, mentre, a causa della lunga sequenza di giornate soleggiate delle prime due decadi, la radiazione solare, con 76 W/m², è stata decisamente superiore alla media storica di 56 W/m².

La velocità del vento è stata di 1.0 m/s, e quindi inferiore alla media storica di 1.2 m/s, a causa, di prolungate situazioni di calma di vento, anche se non sono mancati dei rinforzi del vento, come nell'episodio di Foehn del giorno 9 che ha fatto registrare a Brera una media giornaliera di 3.0 m/s, ed una media oraria di 8.3 m/s e l'avvezione di aria fredda da est del giorno 12 che, sempre a Brera, ha fatto registrare una media giornaliera di 3.0 m/s ed una media oraria di 6.0 m/s.

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'andamento anemologico registrato dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile, mostra come i settori maggiormente interessati da fenomeni ventosi siano stati in periodo invernale quelli tra la direzione Nord-Est e Est - Nord Est con una maggiore frequenza, in tutte le classi di vento, dal settore Est - Nord Est. In periodo estivo invece i settori maggiormente interessati sono stati quelli in direzione Sud - Sud Est (22% dei casi).

Per quanto riguarda la velocità del vento in periodo estivo si sono registrati episodi di maggiore intensità rispetto a quello invernale (episodi di calma in estate 9% - episodi di calma in inverno 21%).

In linea con quanto già riportato precedentemente nella situazione regionale, i valori misurati nel sito di misura mostrano una attività anemologica scarsamente vivace nel mese di novembre. Il valore medio registrato durante il periodo di misura è stato di 0.7 m/s di poco inferiore alla media del periodo primaverile (0.9 m/s).

Come per il resto della provincia milanese, gli episodi anemologici più rilevanti si sono verificati uno in occasione dell'episodio di Foehn del giorno 9 che ha fatto registrare sulla stazione meteo del laboratorio mobile una media giornaliera di 1.8 m/s, ed una media oraria di 6.5 m/s tra le 13.00 e le 14.00; il secondo episodio rilevante è stato registrato in occasione dell'avvezione di aria fredda da est del giorno 12 che, ha fatto registrare una media giornaliera di 2.8 m/s con punte orarie di 6.5 m/s tra le 9.00 e le 10.00 del mattino.

Rosa dei Venti

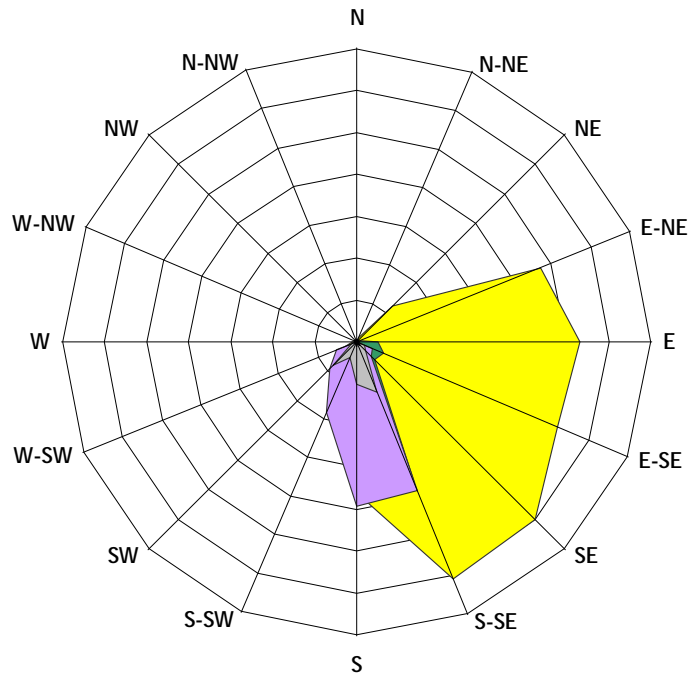


Figura A – periodo estivo

Rosa dei Venti

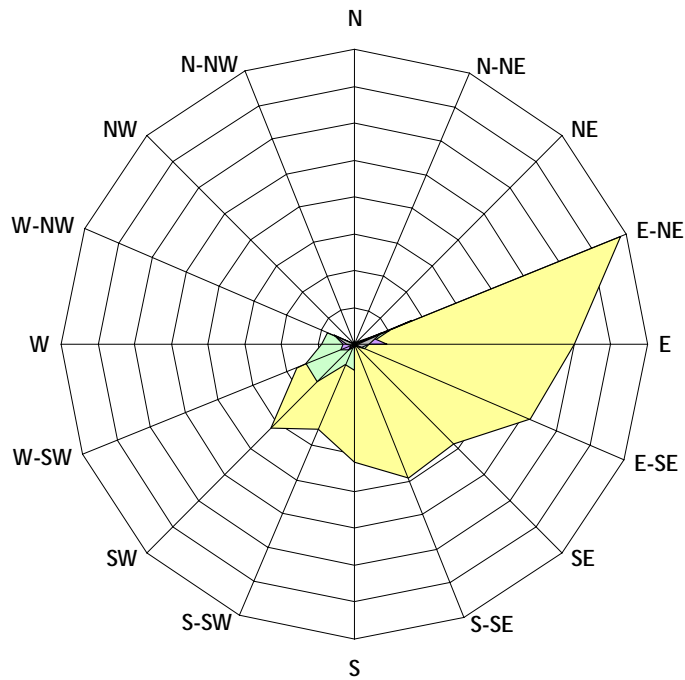
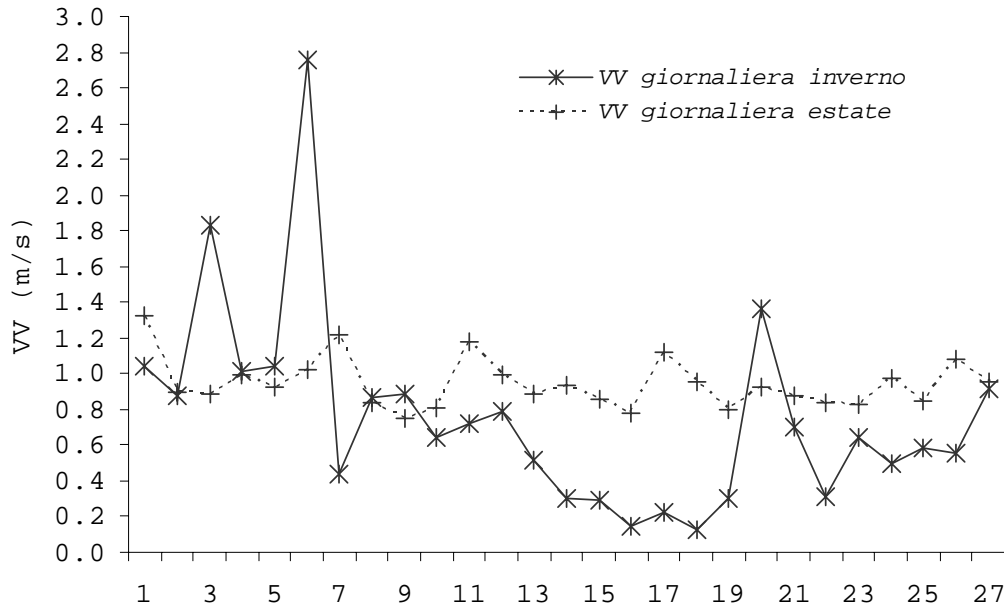


Figura B – periodo invernale

VENTO	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
VV media (m/s)	0.9	0.7
VV max oraria (m/s)	3.8 SE	6.5 E-NE
Direz. V rispetto al N settore magg. interessato	S-SE 22%	E-NE 18%
VV in settore maggiormente interessato (m/s)	0.2 < VV < 1.5	0.2 < VV < 1.5

Dal grafico di confronto relativo ai due periodi di osservazione è possibile notare come vi sia una variazione più brusca dell'intensità del vento in periodo invernale rispetto al periodo primaverile.



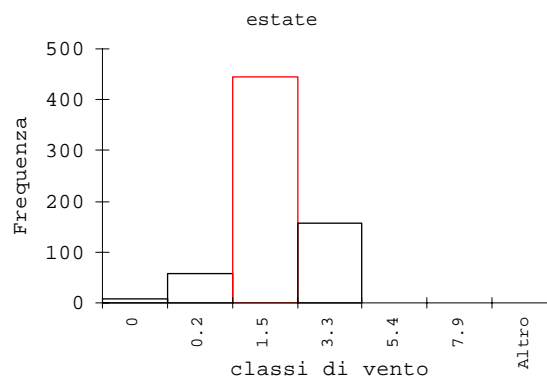
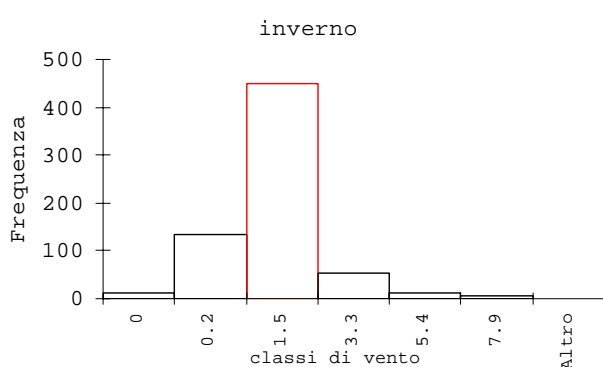
I numeri di sintesi qui sotto riportati di alcune grandezze univariate di tipo descrittivo delle due serie di dati evidenziano questa tendenza:

<i>VV giornaliera</i>		
	<i>inverno</i>	<i>estate</i>
Media	0.76	0.94
Errore standard	0.11	0.03
Mediana	0.64	0.92
Moda	1.05	---
Deviazione standard	0.56	0.14
Varianza campionaria	0.31	0.02
Curtosi	5.82	0.98
Asimmetria	2.05	1.11
Intervallo	2.64	0.58
Minimo	0.12	0.75
Massimo	2.76	1.33
Somma	20	25
Conteggio	27	27
Più grande(3)	1.37	1.17
Più piccolo(3)	0.23	0.80
CV	74%	15%
Livello di confidenza(95.0%)	0.22	0.06

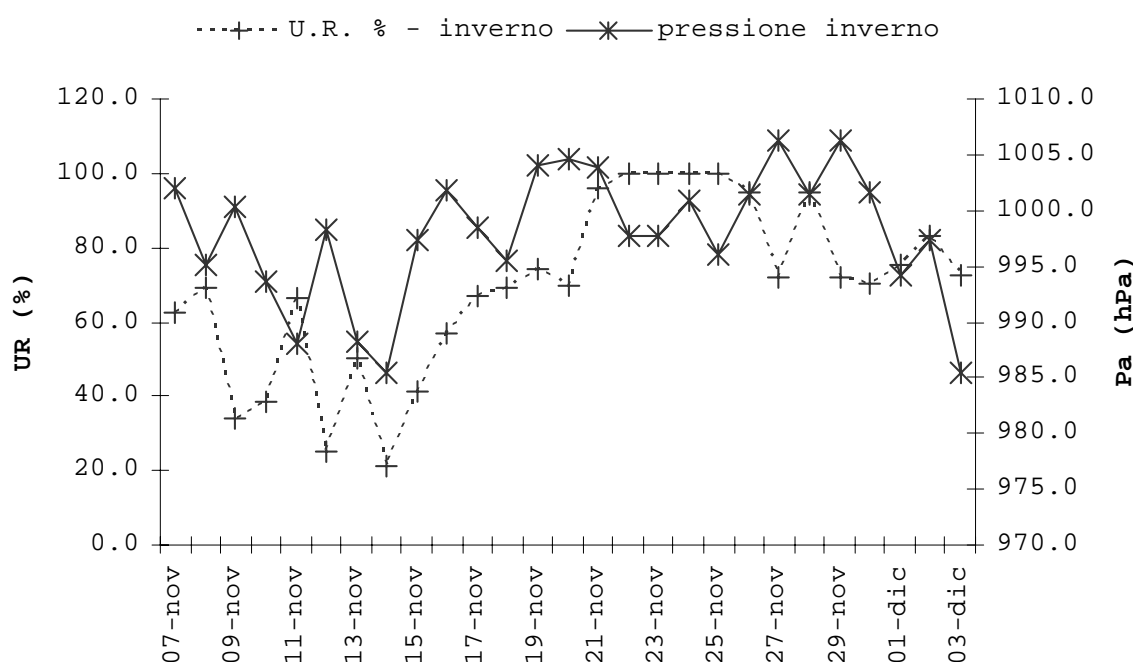
Ai fini valutativi è importante poi capire quale classe di vento è stata maggiormente interessata durante le due campagne di misura. Dall'analisi in frequenza è possibile osservare che in entrambe le campagne i casi di bava di vento sono stati i più frequenti.

A differenza però del periodo primaverile in cui i valori sono tutti concentrati nelle prime tre classi di vento con sporadici episodi di calma, in periodo invernale vi sono anche fenomeni ventosi di una certa intensità e molti periodi di calma di vento.

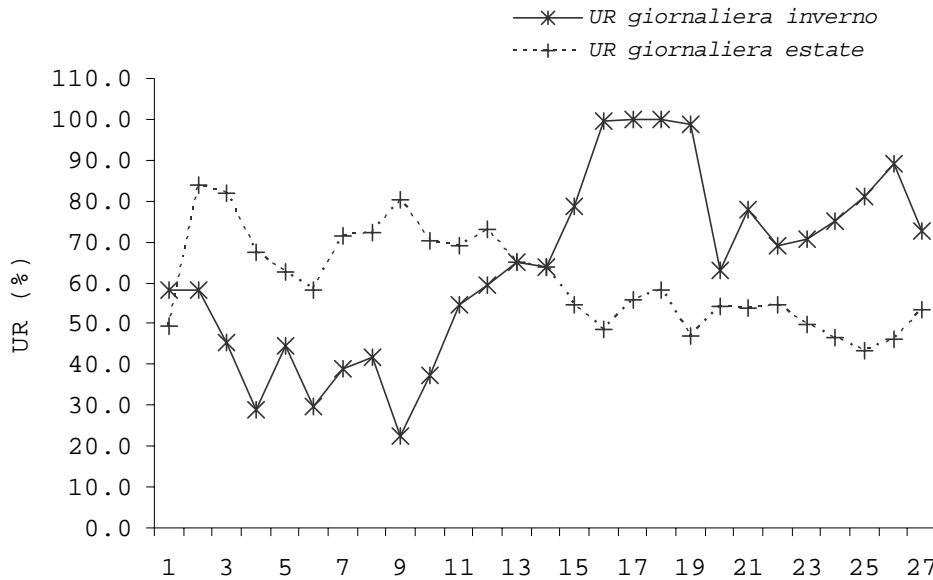
classi di vento	estate	inverno
calma	0.2	66
bava	1.5	446
brezza leggera	3.3	157
brezza tesa	5.4	0
vento moderato	7.9	0
vento teso	Altro	0



L'umidità relativa con il valore del 64% è risultata in linea con il dato primaverile del 60%. Il massimo giornaliero (100%) è stato registrato nel periodo 22 – 24 novembre in cui sono occorsi i fenomeni piovosi di maggiore intensità (45 mm, 36 mm, 9 mm rispettivamente).



UMIDITA' RELATIVA	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
Media del periodo (%)	60	64
Max giornaliera (%)	84	100

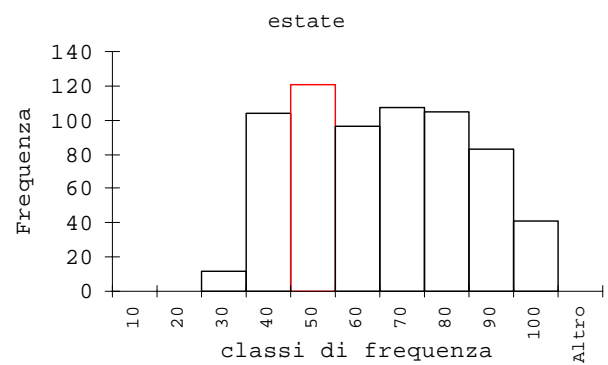
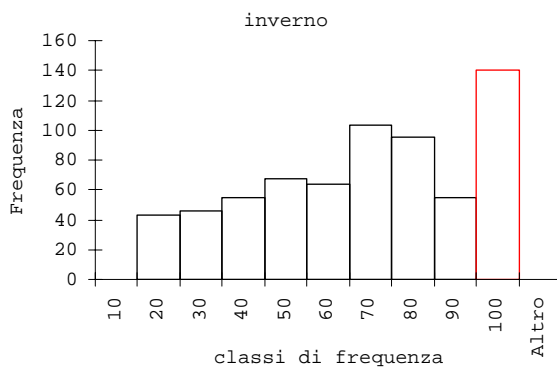


I numeri di sintesi qui sotto riportati di alcune grandezze univariate di tipo descrittivo delle due serie di dati evidenziano come i valori medi siano simili nelle due stagioni e come la variazione dei dati sia affine:

Umidità Relativa (UR%)				
	inverno		estate	
Media	63.82	60.27		
Errore standard	1.01	0.73		
Mediana	67.30	60.30		
Moda	100.00	85.70		
Deviazione standard	26.09	18.80		
Varianza campionaria	680.56	353.26		
Curtosi	-1.01	-1.08		
Asimmetria	-0.23	0.13		
Intervallo	88.80	74.80		
Minimo	11.20	25.20		
Massimo	100.00	100.00		
Somma	42632	40320		
Conteggio	668	669		
Più grande(5)	100.00	99.70		
Più piccolo(5)	12.80	28.10		
CV	41%	31%		
Livello di confidenza(95.0%)	1.98	1.43		

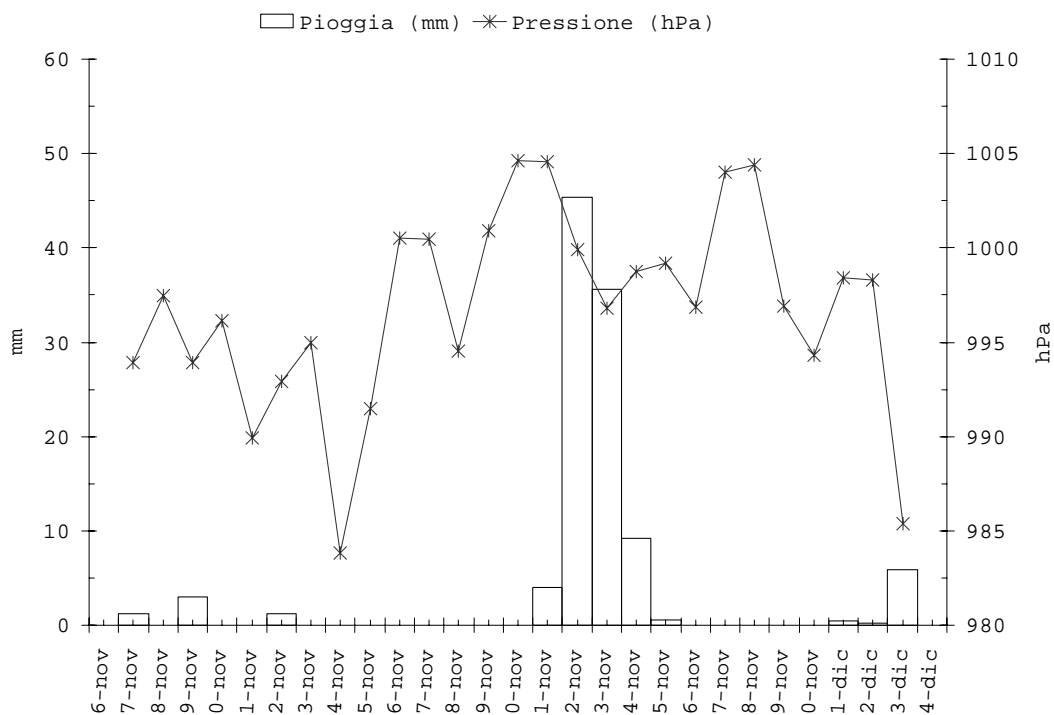
Svolgendo però l'analisi in frequenza è possibile osservare come nella campagna primaverile i valori siano più omogeneamente distribuiti sulle classi rispetto alla campagna invernale.

<i>classi di UR%</i>	<i>estate</i>	<i>inverno</i>
10	0	0
20	0	43
30	12	46
40	104	55
50	121	67
60	96	64
70	107	103
80	105	95
90	83	55
100	41	140

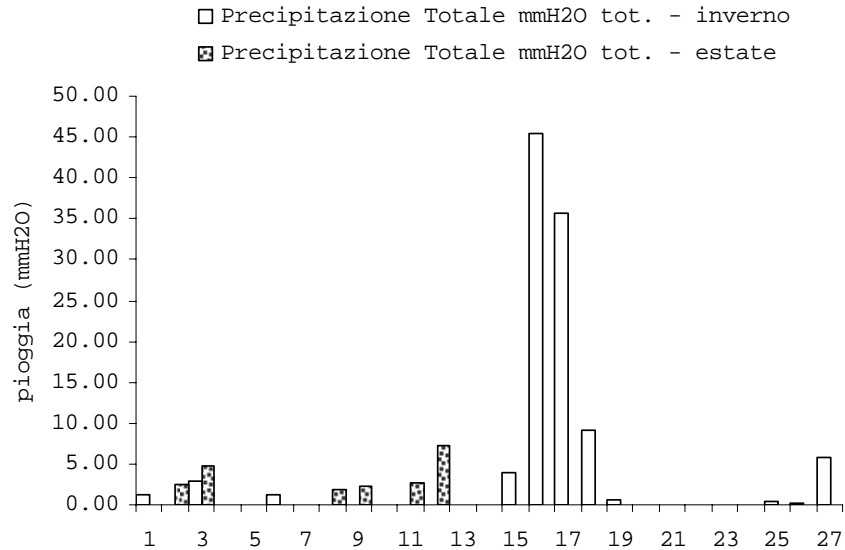


Le precipitazioni in periodo invernale sono state più numerose (11) rispetto a quelle registrate durante la campagna estiva (6) e di maggiore intensità.

Gli eventi piovosi più intensi nella campagna invernale sono stati osservati i giorni 22 e 23 novembre con valori rispettivamente di 45.5 mm e 35.0 mm.

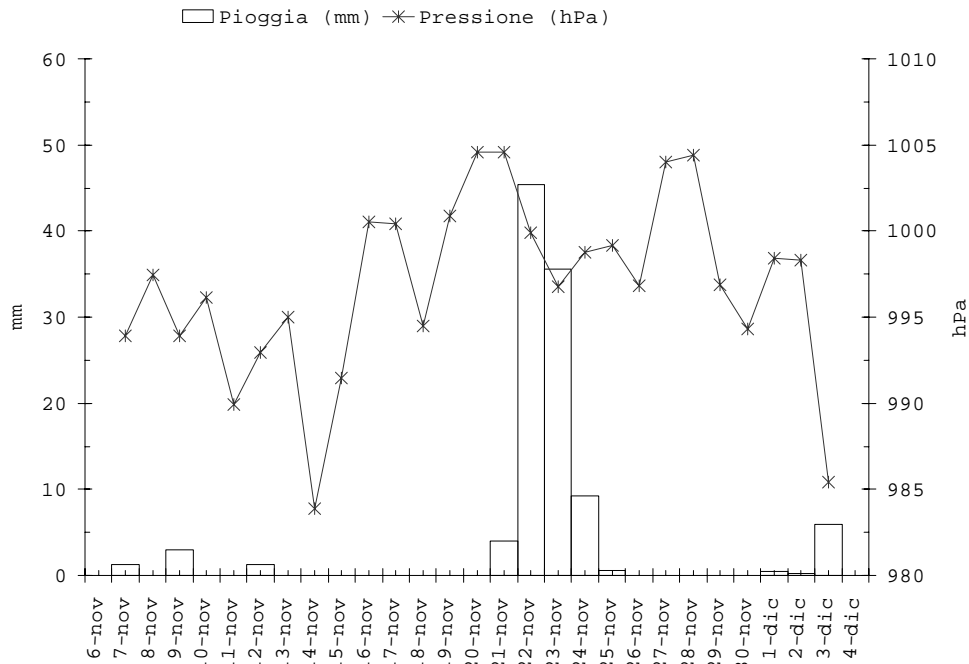


PRECIPITAZIONI	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
n. precipitazioni nel periodo	6	11
Precipitazione media del periodo (mm)	3.5	10
Max precipitazione giornaliera (mm)	7.2	45.5



L'andamento barico ha fatto registrare nel periodo di misura un valore medio di 996.8 hPa, il valore più alto, 1006.0 hPa, è stato misurato tra i giorni 27 e 28 novembre.

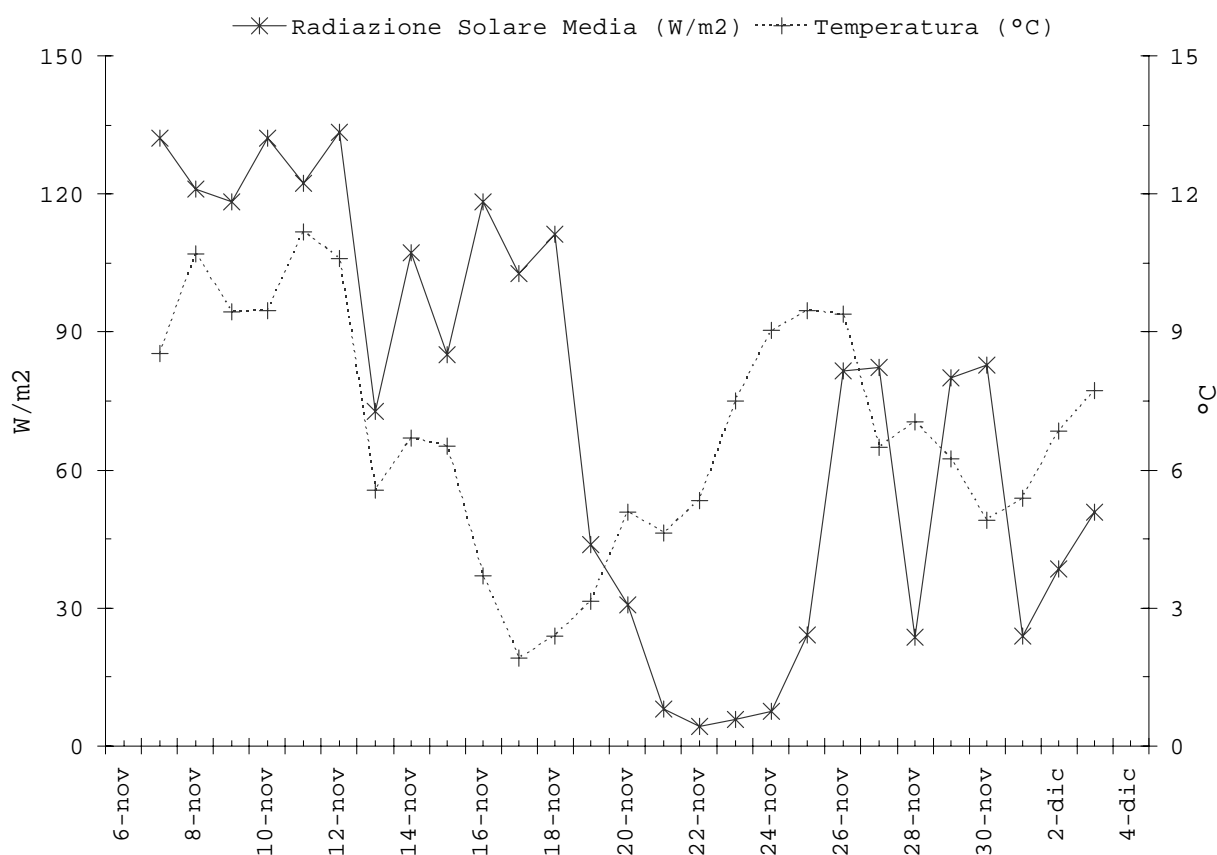
Durante la campagna primaverile il valore medio della pressione riscontrato è stato di 999 con valore massimo di 1010 hPa registrato nei giorni 01 e 02 aprile.



PRESSIONE	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
pressione media del periodo (hPa)	999	997
Pressione max giornaliera (hPa)	1010	1006
Pressione min giornaliera (hPa)	985	982

La temperatura con una media mensile di 7 °C, ha mostrato un andamento molto variabile nel periodo di osservazione, con una prima e terza decade temperate (10°C e 7 °C rispettivamente), ed una seconda decade decisamente fredda (5°C).

TEMPERATURA	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
temperatura media del periodo (°C)	19.0	6.8
temperatura max giornaliera (°C)	14.0	11.0
temperatura min giornaliera (°C)	7.0	1.0



I lunghi periodi di assenza di precipitazioni tra la seconda e la terza decade del mese di novembre che hanno caratterizzato il periodo di misura hanno fatto registrare valori di radiazione solare superiore alla media storica di 56 W/m². Il valore medio del periodo è stato di 72 W/m² con un massimo di 133 W/m² nei giorni 7 10 e 12 novembre.

Anche in periodo primaverile le numerose giornate serene avevano favorito valori di radiazione solare superiori alla media storica del periodo favorendo la formazione di ozono.

RADIAZIONE SOLARE	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
radiazione media del periodo (W/m ²)	184	72
radiazione max giornaliera (W/m ²)	240	133
radiazione min giornaliera (W/m ²)	51	4

Figura 2A - campagna estiva

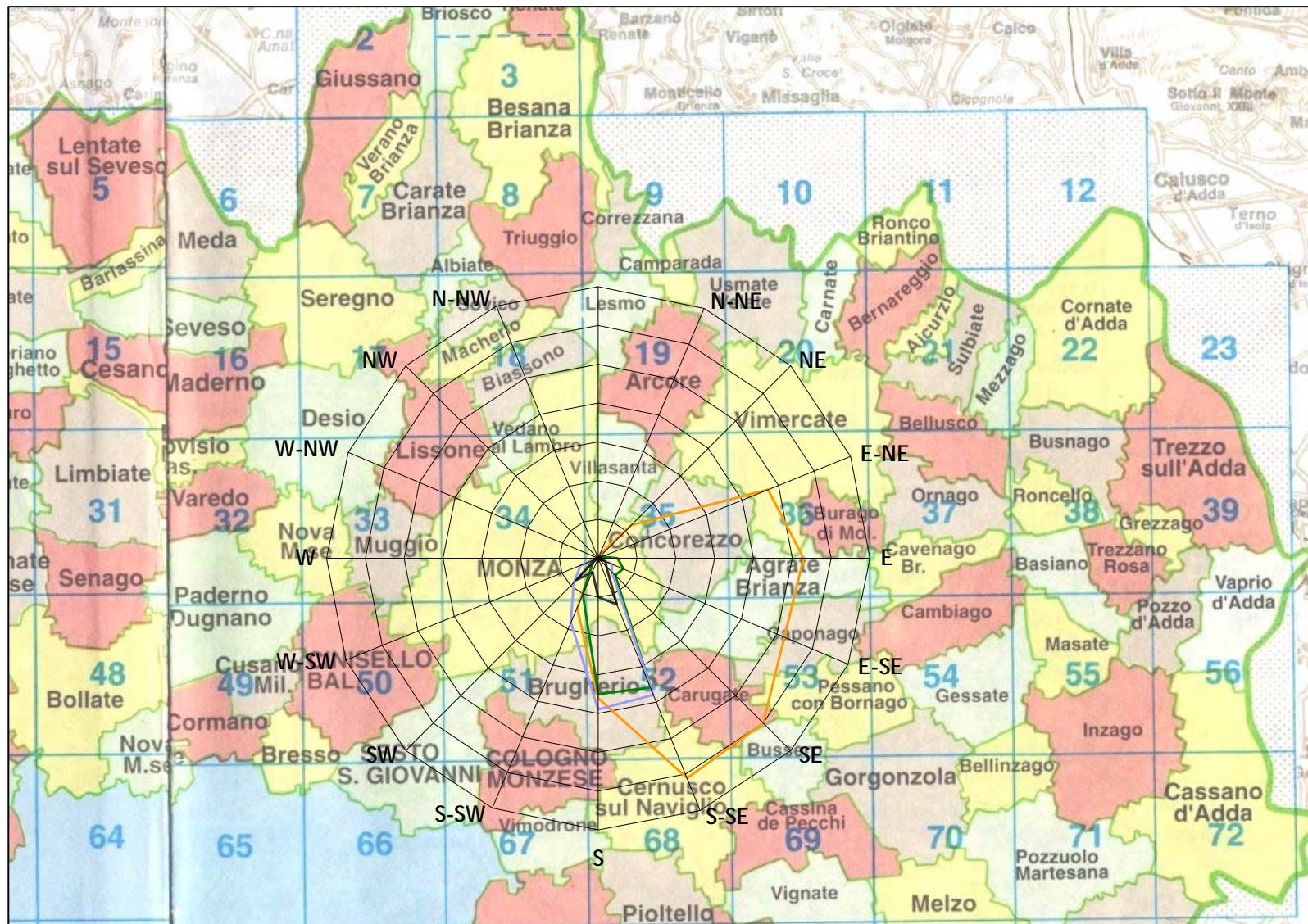
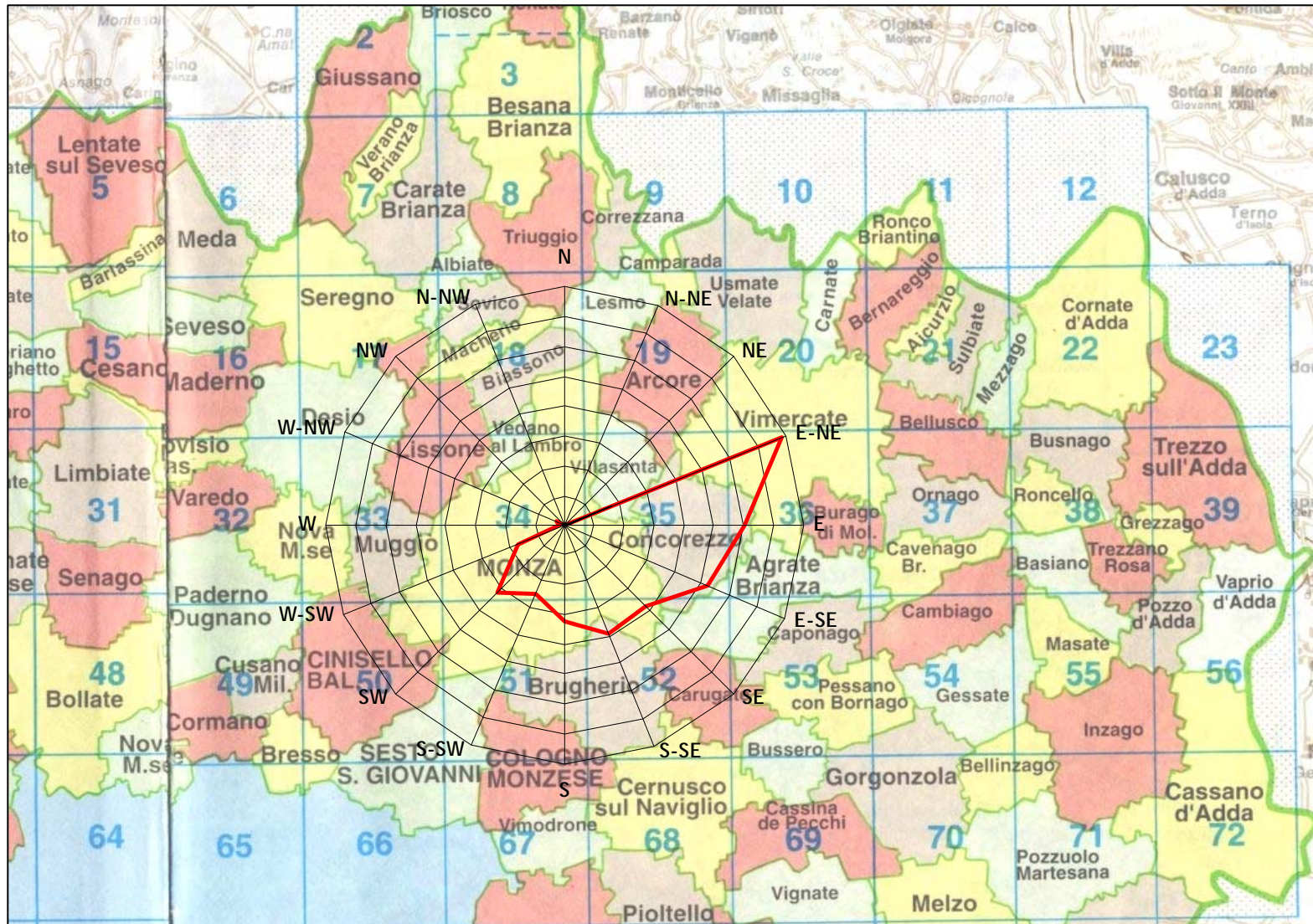


Figura 2B – campagna invernale



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 NO₂)** 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 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_x 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/NO₂ decisamente a favore del primo. Si stima che il contenuto di NO₂ 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 NO₂ e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O₃ 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 (O₃)** 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 inquinati 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 sottovento 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_2 : $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$

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_2 senza consumare O_3 , di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo di O_3 .

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 $10 \mu\text{m}$, 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 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_2), ozono (O_3) e polveri sottili (PM10).

La strumentazione presente sul Laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi (NO, NO_2 , CO, O_3); 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_2 , 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**.

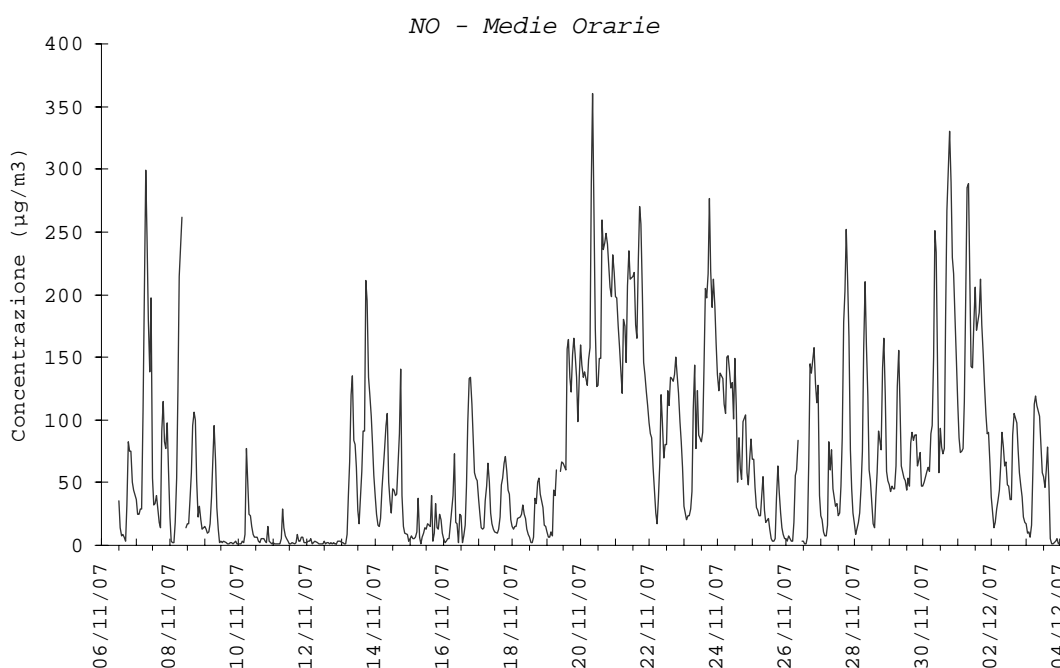
Il mese di Novembre è stato caratterizzato da condizioni parzialmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti ad eccezione del **PM10 per il quale sono state evidenziate delle criticità con 11 giorni di superamento del limite di 50 µg/m³**.

A causa dell’influenza di un’area anticiclonica, a matrice africana in particolare nel mese di Aprile unitamente ad una situazione anemologica scarsamente vivace **la campagna primaverile** era stata caratterizzata da condizioni generalmente sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti facendo registrare **9 giorni di superamento del valore limite di 50 µg/m³ per il PM10**; a causa poi del perdurare di giornate serene (6 eventi piovosi di modesta entità su 29 giorni di misura) sono stati registrati anche **11 superamenti della soglia di protezione della salute umana per quanto riguarda l’Ozono**.

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 Tosi² unitamente a quelli raccolti nel medesimo sito in periodo primaverile.

² L’ora a cui sono associati i dati si riferisce all’ora legale.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto oltre a fornire importanti informazioni per la caratterizzazione del sito, dà origine per ossidazione all'NO₂ e, attraverso altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O₃ troposferico.



I valori delle concentrazioni orarie dell'NO hanno fatto registrare nel periodo invernale di misura un valore medio di 68.3 µg/m³ ed un valore massimo di concentrazione oraria pari a 360 µg/m³, il giorno 20 novembre alle ore 09.00 del mattino. La concentrazione media primaverile era stata invece pari a 17.2 (µg/m³).

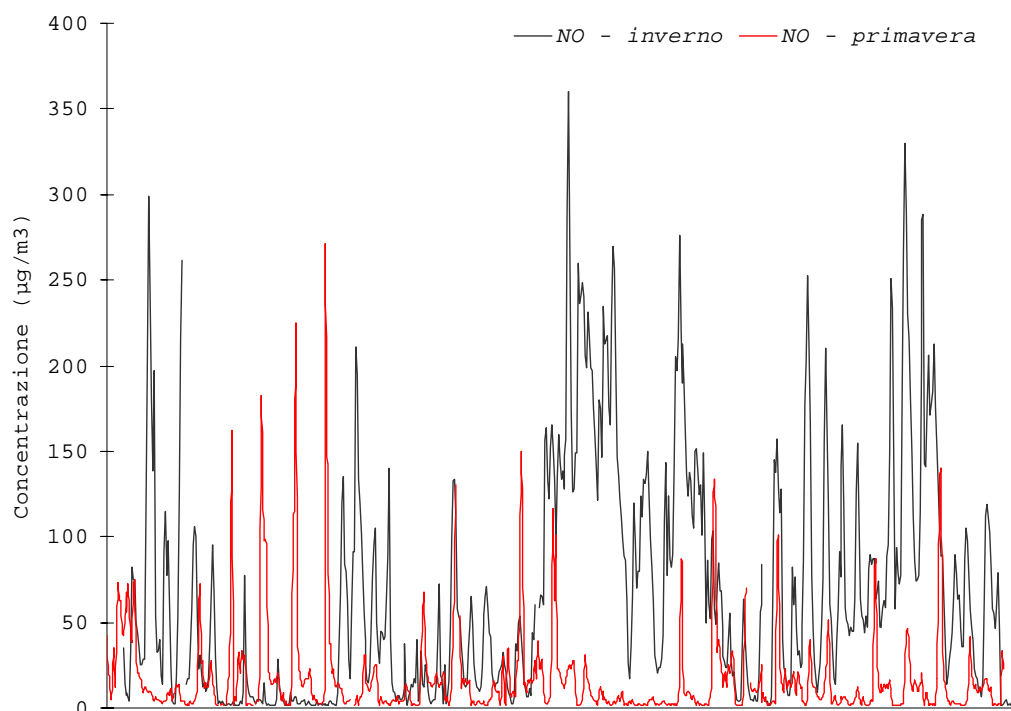
Nella sottostante tabella vengono confrontati i dati salienti di questo inquinante relativamente ai due periodi di osservazione.

NO	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE	INTERVALLO DI VARIABILITA'
concentrazione media del periodo (µg/m ³)	17.2	68.3	75%
concentrazione max. oraria (µg/m ³)	267.5	360.0	26%
concentrazione min. oraria (µg/m ³)	1.25	1.25	0%

Come è possibile osservare la variabilità delle concentrazioni di NO nei due periodi di osservazione è molto elevata, con valori medi estivi inferiori del 75% rispetto a quelli misurati in periodo invernale a sottolineare la maggiore capacità dispersiva in tale periodo dell'anno.

A conferma di tale caratteristica durante i periodi estivi viene qui di seguito proposto il confronto delle medie orarie nei due periodi di misura.

NO - Medie Orarie

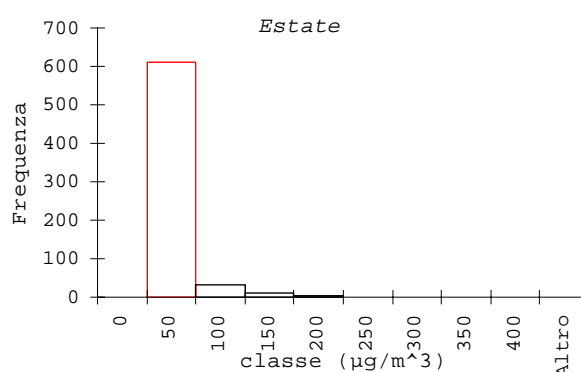
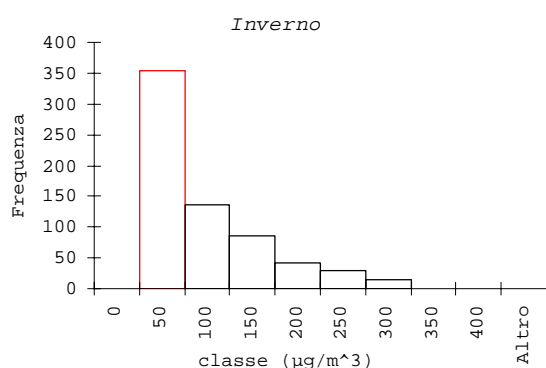


I numeri di sintesi qui sotto riportati di alcune grandezze univariate di tipo descrittivo delle due serie di dati evidenziano la maggiore capacità dispersiva in periodo primaverile di questo tipo di inquinante. Il valore medio di concentrazione in periodo invernale risulta infatti circa 4 volte superiore di quello primaverile con valori di massimo e minimo delle concentrazioni simili nelle due stagioni.

<i>NO</i>	<i>primavera</i>	<i>inverno</i>
Media	17.28	68.35
Errore standard	1.09	2.71
Mediana	8.75	46.25
Moda	1.25	1.25
Deviazione standard	27.92	69.84
Varianza campionaria	779.57	4878.00
Curtosi	21.17	1.07
Asimmetria	3.99	1.26
Intervallo	266.25	358.75
Minimo	1.25	1.25
Massimo	267.50	360.00
Somma	11389	45318
Conteggio	659	663
Più grande(5)	161.25	288.75
Più piccolo(5)	1.25	1.25
Livello di confidenza(95.0%)	2.14	5.33

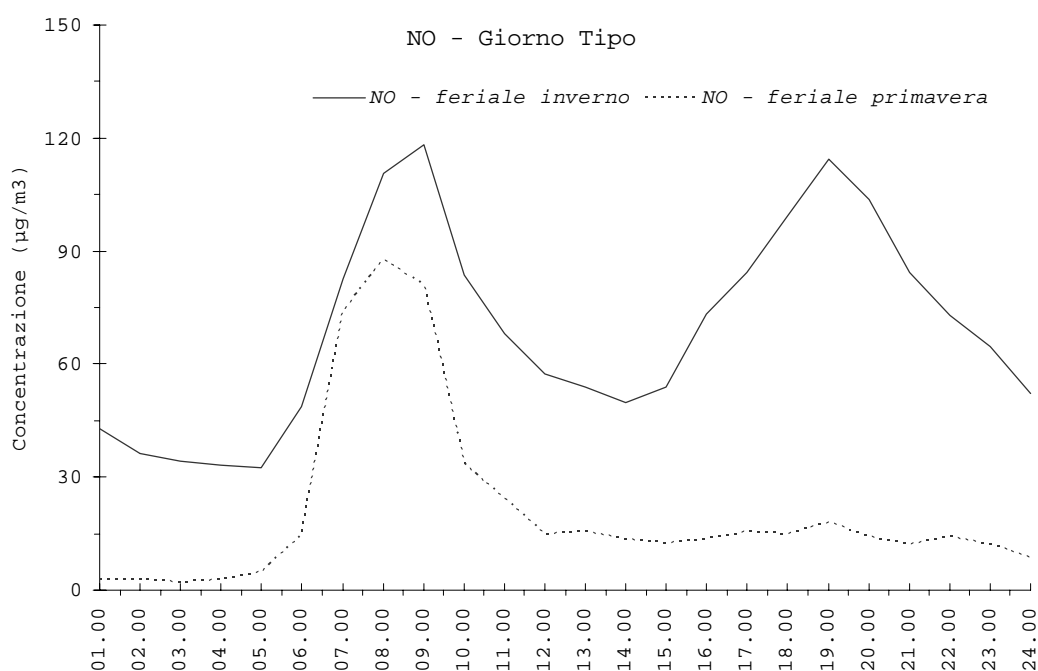
A conferma di una minore capacità dispersiva in periodo invernale relativamente alle concentrazioni di NO rispetto al periodo primaverile sono stati valutati i dati relativi alle due campagne e sono stati divisi in classi (10 nella sottostante tabella). E' stato quindi tracciato un istogramma di frequenze in grado di determinare quali di queste classi di valori di NO sono state le più frequenti nei periodi considerati.

<i>classi</i>	<i>inverno</i>	<i>estate</i>
0	0	0
50	353	609
100	137	33
150	86	12
200	41	3
250	30	1
300	14	1
350	1	0
400	1	0
Altro	0	0



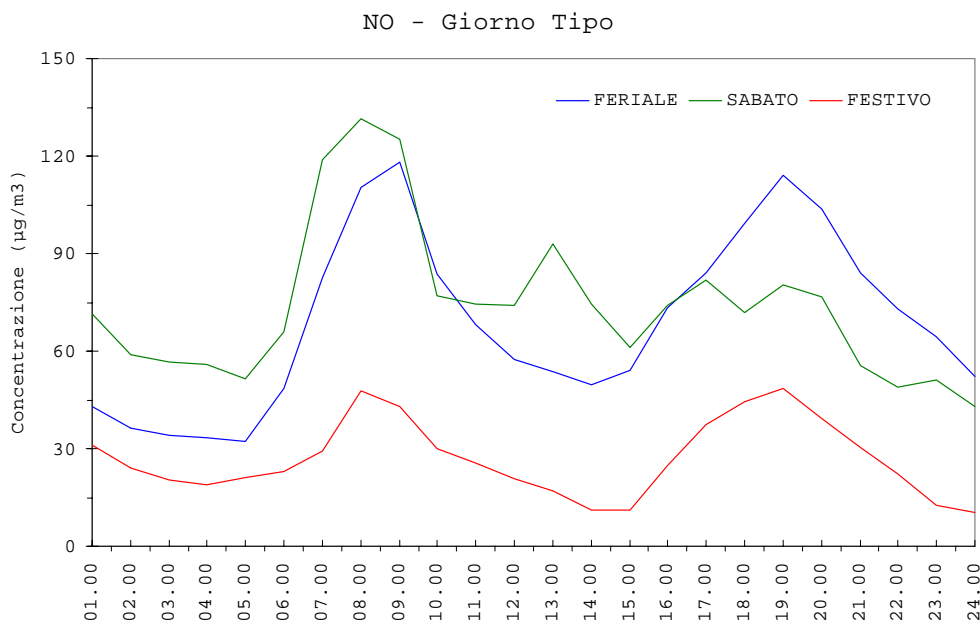
Quello che emerge è in primo luogo che i valori di concentrazione più frequenti in entrambe le campagne sono risultati quelli ricompresi nella classe 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. E' possibile osservare poi come in inverno le concentrazioni siano distribuite su più classi di frequenza ad indicare una maggiore difficoltà dispersiva dell'atmosfera.

Anche il confronto dell'andamento del giorno tipo feriale nei due periodi di osservazione evidenzia questa caratteristica.



Osservando i due trend infatti si evidenzia come a differenza del periodo invernale in cui sono evidenti due picchi, caratteristici dei flussi di traffico mattutino e serale, in primavera le caratteristiche dispersive dell'atmosfera, in particolare nella seconda parte della giornata, hanno fatto sì che il picco serale risultasse del tutto attenuato.

Il grafico del giorno tipo, ricavato dal data set invernale, ha inoltre permesso di confermare le fasce orarie dei flussi di traffico osservate in periodo primaverile nel sito di misura.



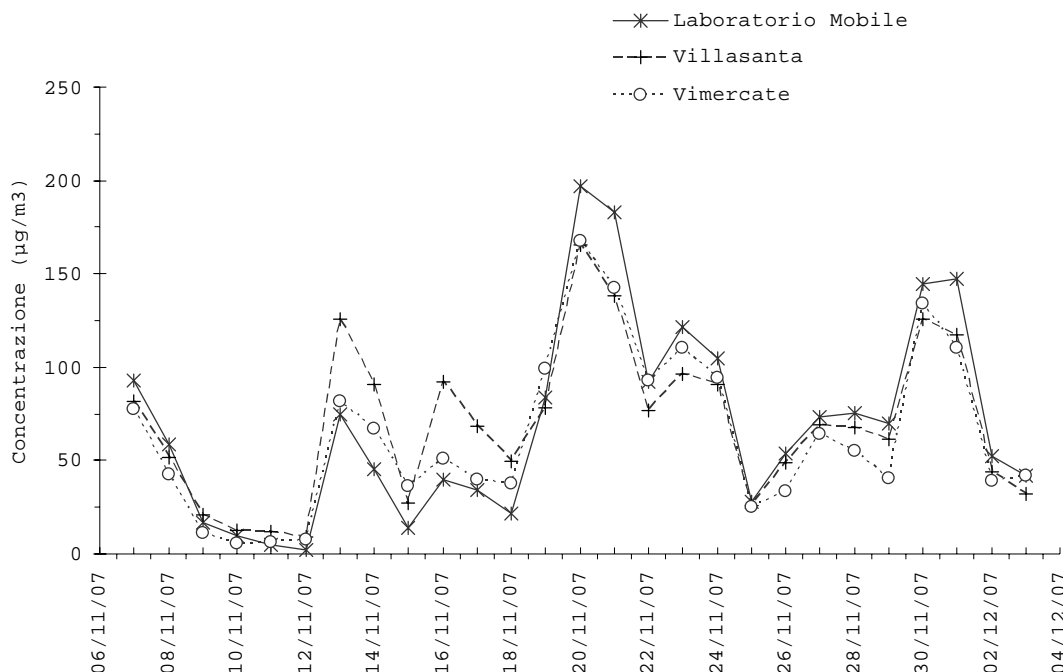
La determinazione dei flussi di traffico permette di confermare la caratterizzazione di v.le Libertà come un'importante arteria di collegamento intercomunale.

Questa evidenza è avvalorata dalla discreta correlazione³ riscontrata nel data set raccolto nel sito con i valori misurati dalla centralina urbana da traffico di Villasanta (R=0.81), situata lungo la direttrice NE di Monza, in un'area con caratteristiche simili a quelle del sito di misura. Tale evidenza conferma quanto già osservato nella precedente campagna (R=0.80). Durante il periodo invernale vi è poi una buona correlazione anche con la centralina urbana da fondo di Vimercate (R = 0.83)

	L. M.	Milano Pascal	Monza	Sesto S.G	Cinisello	Meda	Vimercate	Villasanta	Carate B.
L.M.	1.00								
Milano Pascal	0.63	1.00							
Monza	0.81	0.69	1.00						
Sesto SG	0.71	0.74	0.86	1.00					
Cinisello	0.74	0.69	0.87	0.86	1.00				
Meda	0.74	0.59	0.80	0.67	0.73	1.00			
Vimercate	0.83	0.60	0.84	0.69	0.72	0.76	1.00		
Villasanta	0.81	0.61	0.89	0.75	0.79	0.84	0.87	1.00	
Carate B.	0.74	0.52	0.73	0.60	0.65	0.84	0.79	0.79	1.00

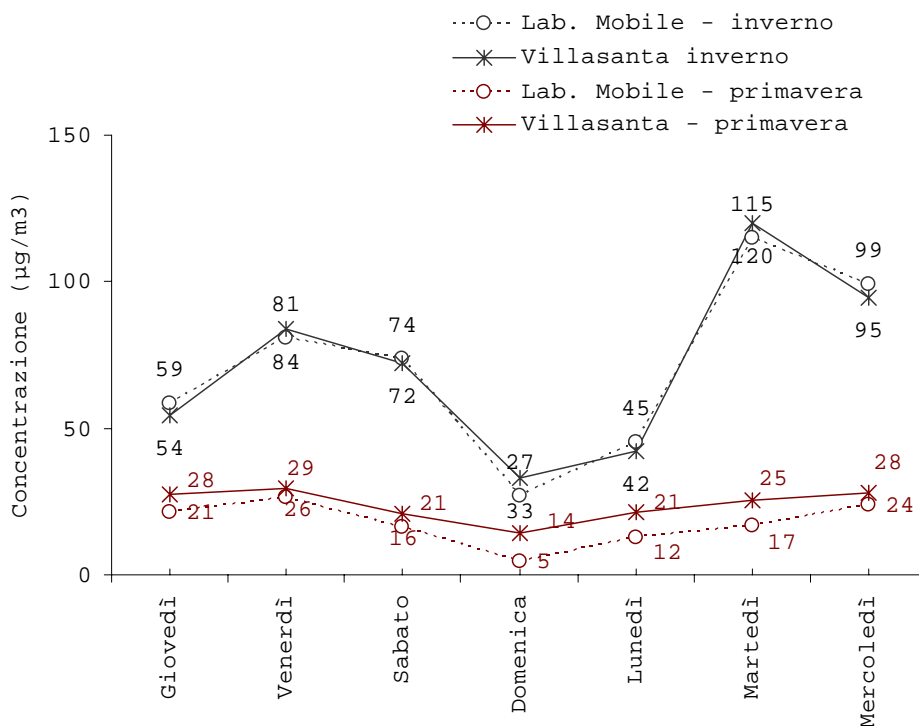
³ Il coefficiente di correlazione di Pearson (R) misura il grado di correlazione lineare tra due variabili x e y calcolando il rapporto tra la loro covarianza ed il prodotto delle rispettive deviazioni standard (0<R<1, più R si avvicina a 1 più i valori sono correlati): $R = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{\text{var}(x) \times \text{var}(y)}}$

Nel sottostante grafico delle medie giornaliere viene ulteriormente evidenziata la discreta correlazione tra la stazione di Villasanta ed il sito di misura.



Ad ulteriore conferma della correlazione tra le due postazioni è possibile osservare l'analogia degli andamenti settimanali dell'NO misurati con laboratorio mobile con quelli della centralina di Villasanta.

Come evidenziato nel grafico di confronto i due andamenti sono simili in tutti i giorni della settimana.



I grafici delle concentrazioni medie settimanali invernali ed estive confermano come questo inquinante sia maggiormente presente in periodo invernale, in cui sia le emissioni che le condizioni atmosferiche ne favoriscono l'accumulo nell'atmosfera.

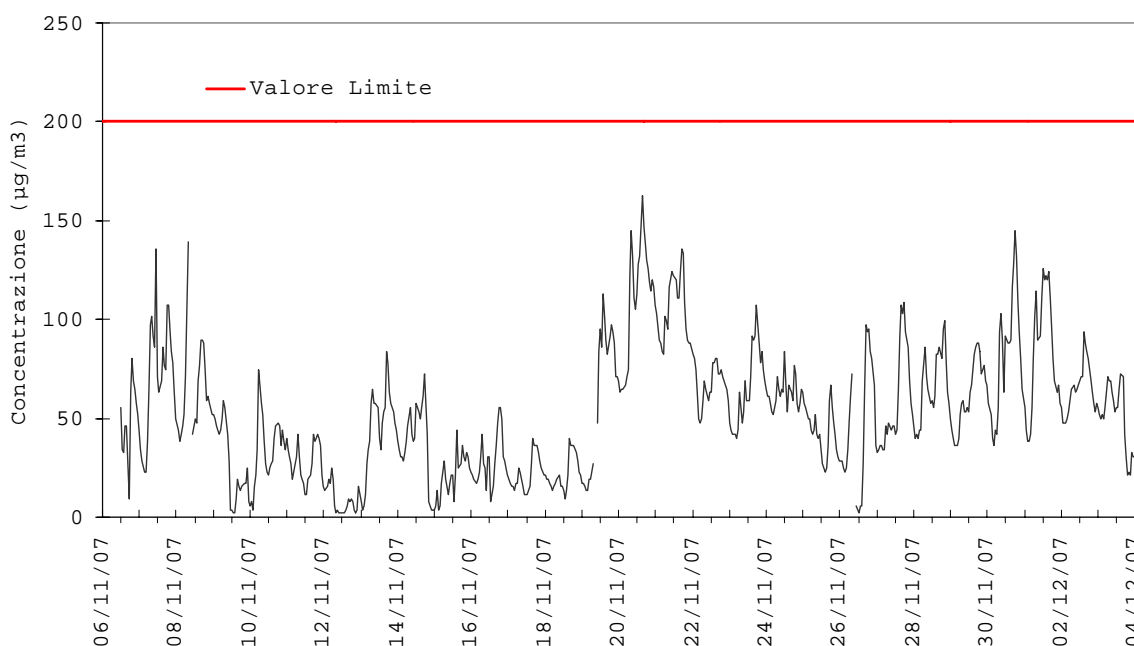
Sebbene i valori siano, in termini assoluti, decisamente diversi si osserva come la caratteristica comune in entrambe le situazioni sia una diminuzione delle concentrazioni in coincidenza dei fine settimana, periodo durante il quale, in qualsiasi periodo dell'anno, il traffico veicolare risulta maggiormente contenuto.

NO₂

La concentrazione in aria di NO₂, oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO, dalla velocità di trasformazione di NO in NO₂ e dalla velocità di conversione di NO₂ in altre specie ossidate (nitrati).

Durante la campagna invernale di misura la concentrazione media sul periodo del biossido di azoto si è attestata intorno al valore di **53 µg/m³** il valore massimo misurato è stato di **162 mg/m³**; durante tutto il periodo di osservazione le concentrazioni si sono mantenute al di sotto del limite di attenzione, fissato per questo inquinante a 200 µg/m³.

NO₂ - Medie Orarie



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

NO ₂	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE	INTERVALLO DI VARIABILITA'
concentrazione media del periodo (µg/m ³)	52.00	53.14	2%
concentrazione max. oraria (µg/m ³)	147.07	162.35	9%
concentrazione min. oraria (µg/m ³)	5.73	1.91	33%

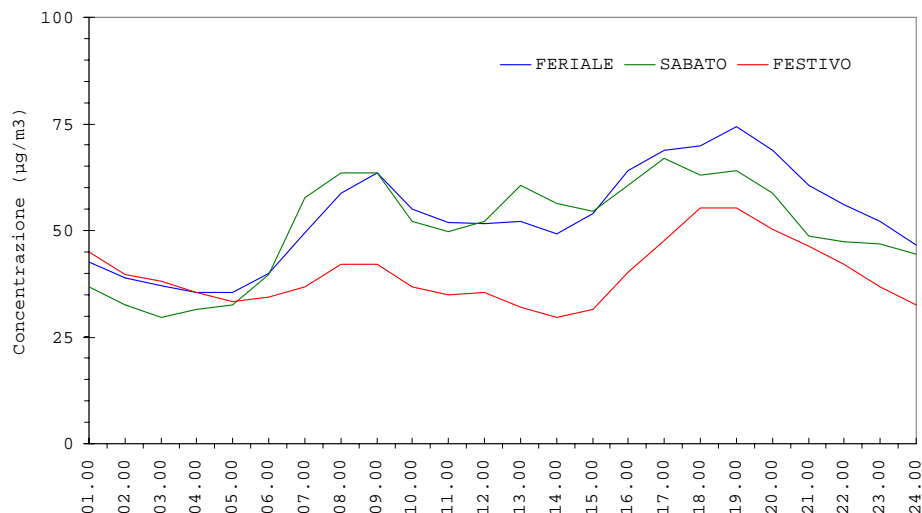
Come è possibile osservare dai dati in tabella la variabilità dei valori medi di concentrazione tra estate ed inverno è pressoché trascurabile; anche la massima concentrazione oraria di poco si discosta nelle due campagne.

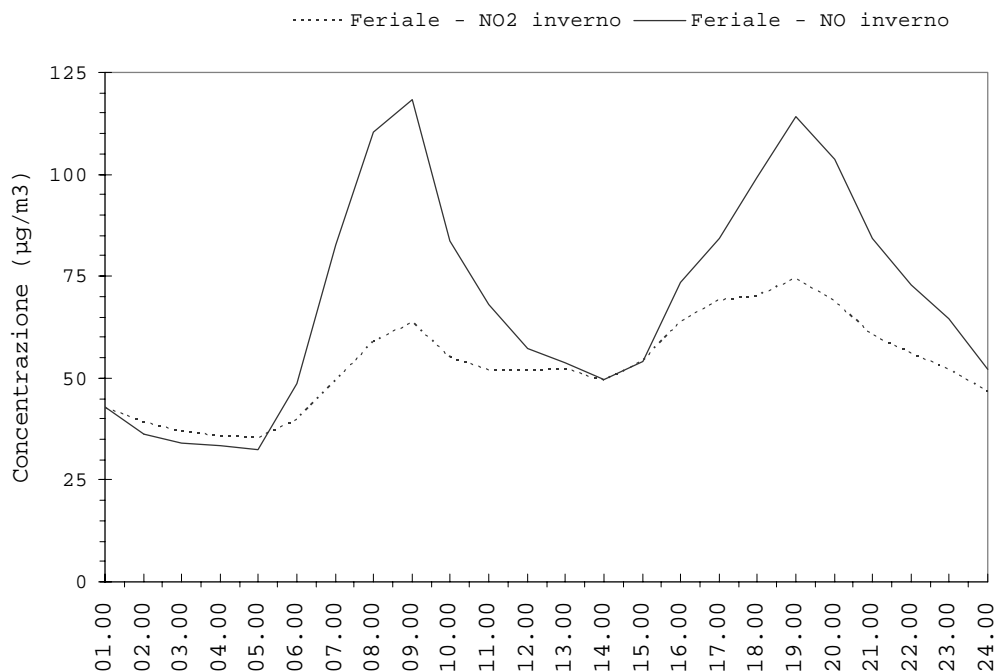
<i>NO₂</i>	<i>primavera</i>	<i>inverno</i>
Media	52.15	53.14
Errore standard	1.02	1.23
Mediana	45.84	49.66
Moda	38.20	42.02
Deviazione standard	26.17	31.63
Varianza campionaria	684.82	1000.45
Curtosi	0.46	0.00
Asimmetria	0.93	0.61
Intervallo	141.34	160.44
Minimo	5.73	1.91
Massimo	147.07	162.35
Somma	34365	35230
Conteggio	659	663
Più grande(5)	129.88	139.43
Più piccolo(5)	11.46	1.91
CV	50%	60%
Livello di confidenza(95.0%)	2.00	2.41

I numeri di sintesi sopra riportati di alcune grandezze univariate di tipo descrittivo delle due serie di dati evidenziano come all'interno della stessa serie di dati la variazione delle concentrazioni sia elevata ($CV_{\text{primavera}} = 50\%$ - $CV_{\text{inverno}} = 60\%$). Tale elevata variabilità dei dati all'interno del medesimo data set è legata alla natura dell' NO_2 di inquinante secondario che si forma a partire dai suoi precursori come l' NO . La variabilità dell' NO all'interno della medesima serie presenta una elevatissima variazione delle concentrazioni in quanto fortemente dipendente dalla sorgente traffico.

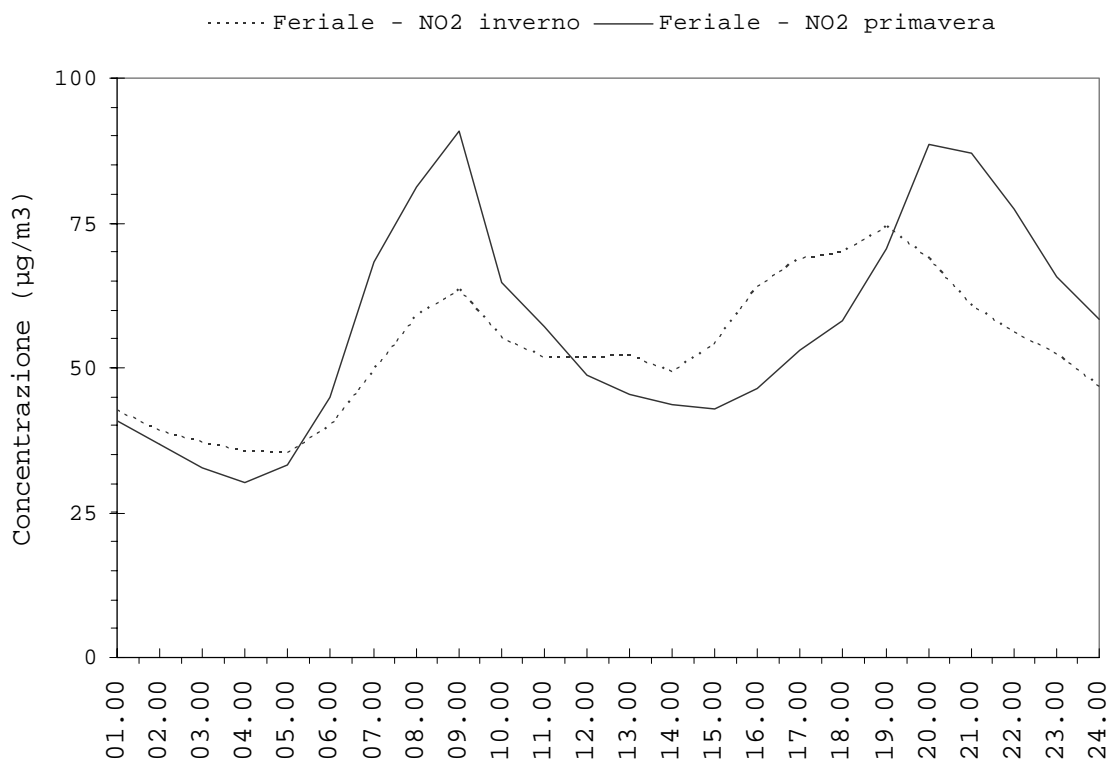
L'andamento del biossido di azoto è dunque simile a quello dell' NO anche se presenta caratteristiche dispersive minori. Nel sottostante *grafico del giorno tipo*, è possibile osservare infatti come i picchi siano meno evidenti rispetto a quelli dell' NO e come sia meno netta la diminuzione di questo 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_2 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.

NO₂ - Giorno Tipo





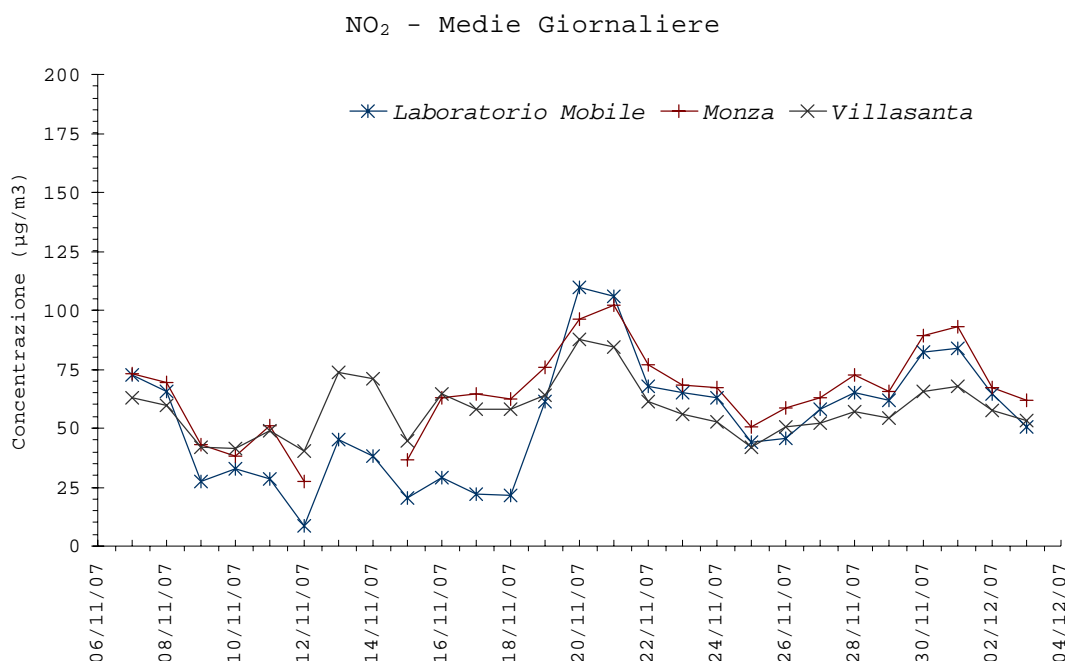
Dal confronto dei data set di dati estivo e invernale si evidenzia come gli andamenti temporali per l'NO₂, come per l'NO, siano analoghi, presentando i picchi nel medesimo intervallo anche se in periodo estivo le concentrazioni sono minori.



Dal calcolo dei coefficienti di Pearson si conferma la correlazione per questo inquinante con la centralina urbana da traffico di Villasanta, il valore ottenuto è coerente con il valore di correlazione calcolato durante la campagna invernale (R=0.83). Discreta risulta anche la correlazione con la centralina di Monza (R=0.87)

	L. M.	Milano P.	Monza	Sesto	Cinisello	Meda	Vimercate	Villasanta	Carate
L.M.	1.00								
Milano Pascal	0.56	1.00							
Monza	0.78	0.75	1.00						
Sesto SG	0.59	0.81	0.85	1.00					
Cinisello	0.64	0.75	0.86	0.86	1.00				
Meda	0.74	0.61	0.84	0.69	0.74	1.00			
Vimercate	0.75	0.69	0.86	0.74	0.76	0.81	1.00		
Villasanta	0.70	0.71	0.88	0.78	0.81	0.83	0.84	1.00	
Carate B.	0.76	0.63	0.86	0.71	0.74	0.87	0.83	0.79	1.00

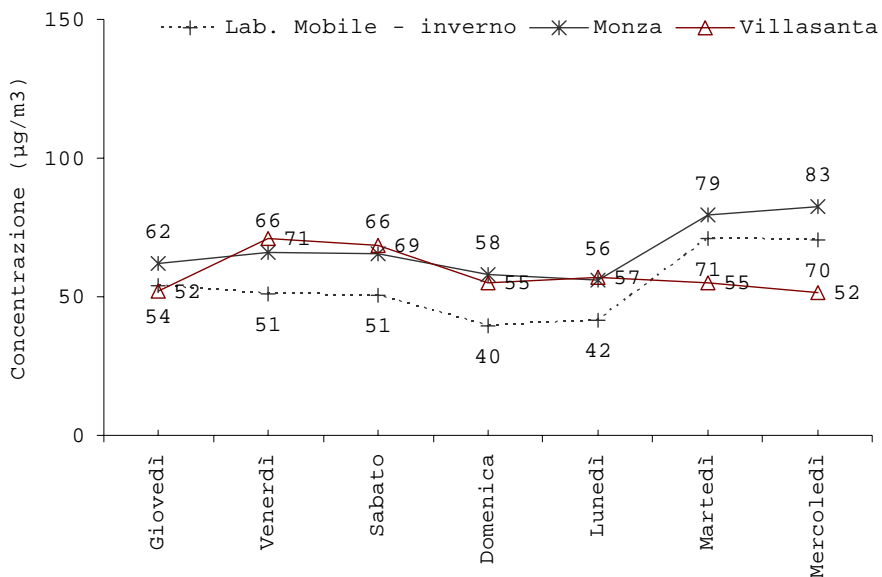
Anche dal grafico delle concentrazioni medie giornaliere si evidenzia l'analogia degli andamenti con la stazione fissa di Villasanta con valori anche in questo caso molto simili.



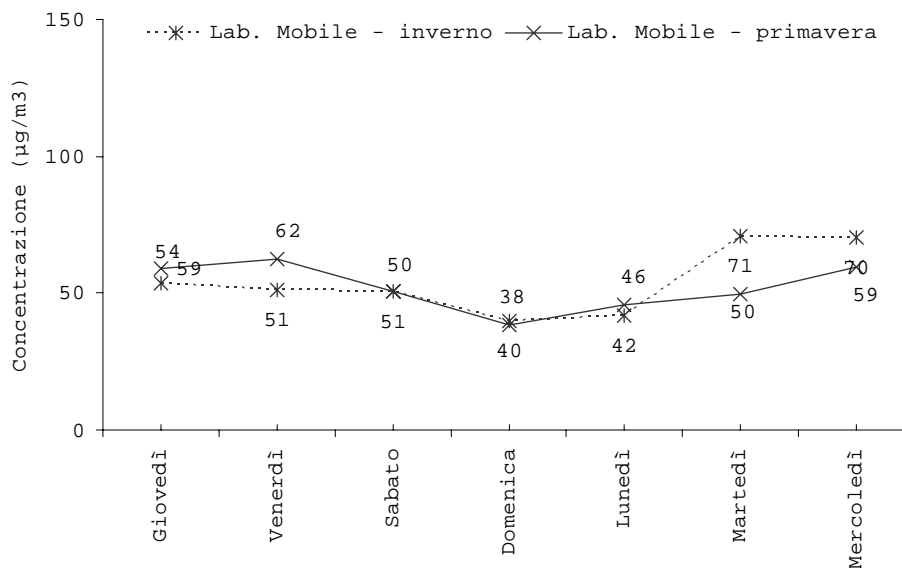
L'andamento settimanale evidenzia una analogia delle concentrazioni registrate dal laboratorio mobile con quelle della centralina fissa di Monza, mentre mostra uno scostamento rispetto alla centralina di Villasanta.

Come osservato precedentemente per l'NO, anche per questo inquinante tipico del periodo invernale, le concentrazioni medie settimanali nel periodo invernale presentano valori superiori rispetto a quelli primaverili, pur mantenendo un andamento temporale analogo. I valori maggiori di concentrazione in entrambe le campagne si rilevano il mercoledì in cui il traffico veicolare lungo tale tratto viario risulta più sostenuto.

NO₂ - Media Settimanale

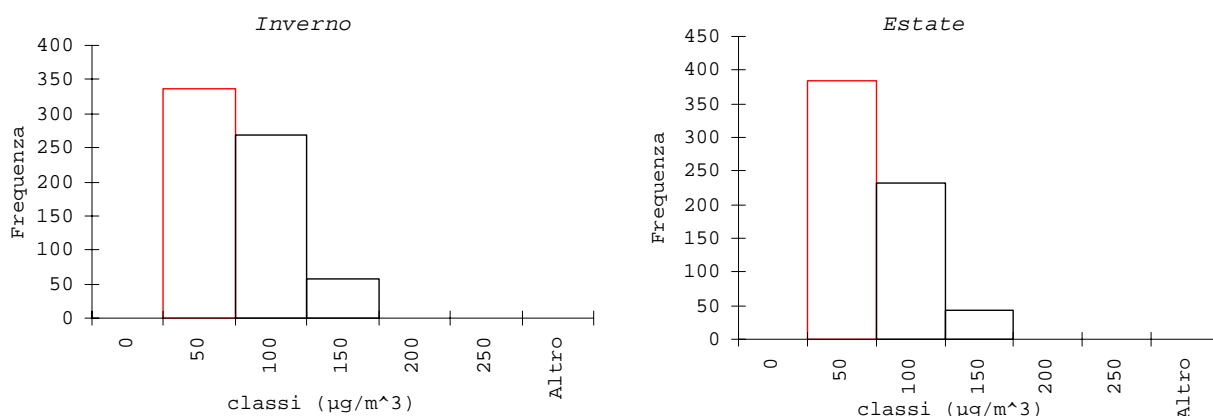


NO₂ - Media Settimanale



Si sono cercate infine delle analogie relativamente alle concentrazioni di NO₂ durante i due periodi di rilevamento. Sono pertanto stati presi i dati relativi alle due campagne e sono stati divisi in classi (7 nella sottostante tabella). E' stato quindi tracciato un istogramma di frequenze in grado di determinare quali di queste classi di valori di NO₂ sono state le più frequenti nei periodi considerati.

classi	inverno	estate
0	0	0
50	336	384
100	269	232
150	57	43
200	0	0
250	0	0
Altro	0	0



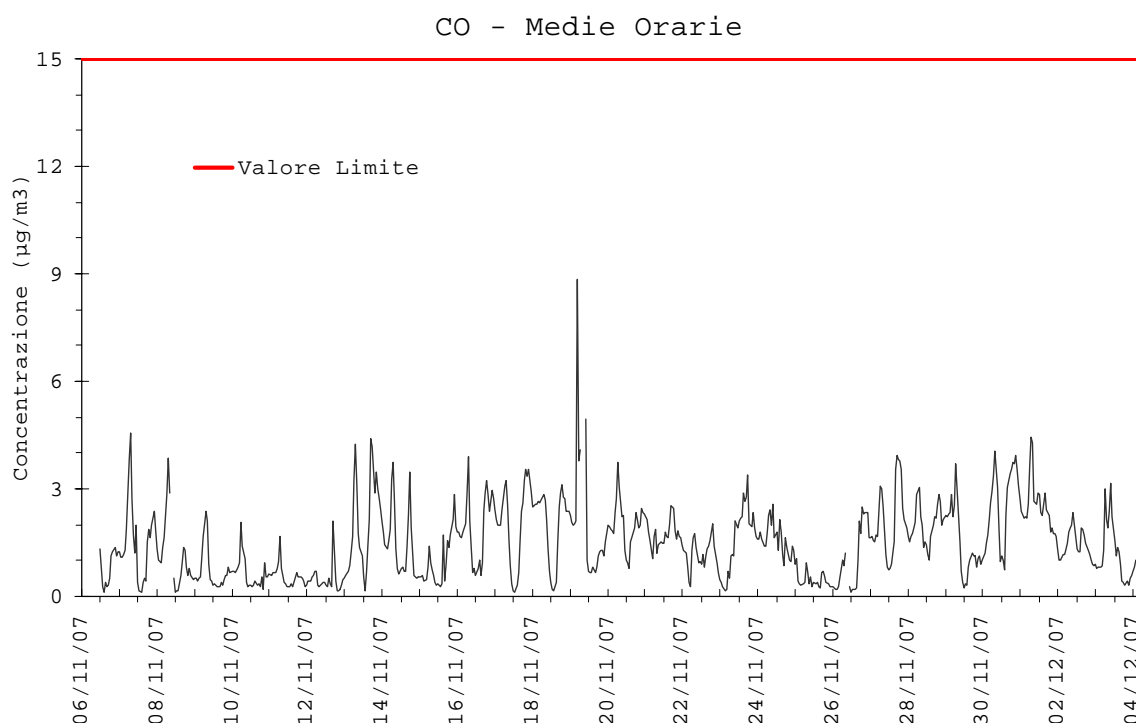
In entrambi i periodi la classe maggiormente interessata è risultata la classe 50.

CO

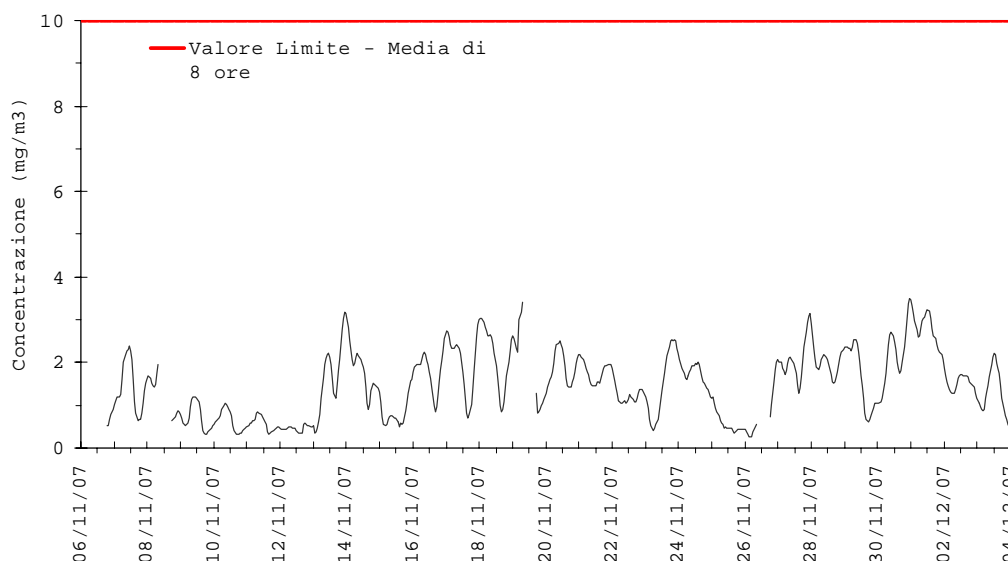
L'accumulo di **monossido di carbonio** è favorito soprattutto nelle aree urbane, quando i veicoli sono in fase di decelerazione ed in presenza di traffico congestionato.

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

Il valore medio sul periodo è stato di 1.48 mg/m³, il valore massimo orario di 8.7 mg/m³ è stato osservato nei seguenti giorni: 19.11.2007 alle ore 06.00; il valore massimo mediato sulle 8 ore è risultato pari a 3.5 mg/m³.



CO - Medie di 8 Ore



Nella sottostante tabella vengono confrontati i dati salienti di questo inquinante relativi ai due periodi di misura:

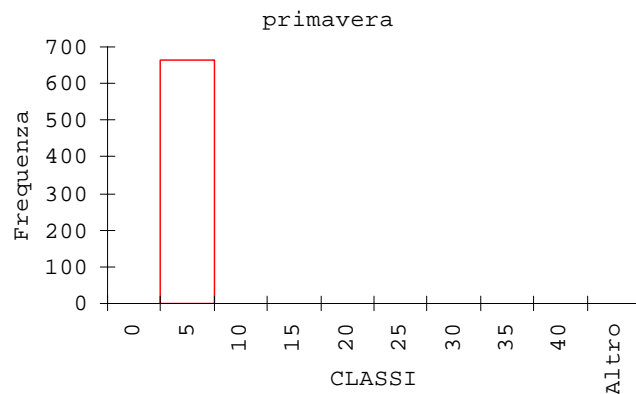
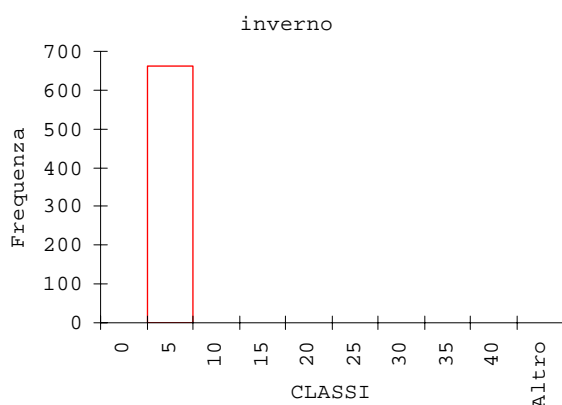
CO	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE	INTERVALLO DI VARIABILITA'
concentrazione media del periodo (mg/m ³)	0.5	1.5	64%
concentrazione max. oraria (mg/m ³)	2.5	8.7	72%
concentrazione min. oraria (mg/m ³)	0.1	3.5	40%

Come è possibile osservare è stata riscontrata una variabilità estate/inverno anche se i valori risultano in entrambe le campagne molto bassi.

CO	primavera	inverno
Media	0.53	1.48
Errore standard	0.01	0.04
Mediana	0.46	1.32
Moda	0.26	0.26
Deviazione standard	0.34	1.03
Varianza campionaria	0.11	1.05
Curtosi	4.94	3.61
Asimmetria	1.72	1.19
Intervallo	2.44	8.75
Minimo	0.07	0.12
Massimo	2.51	8.86
Somma	354.82	980.43
Conteggio	665.00	663.00
Più grande(5)	1.83	4.41
Più piccolo(5)	0.09	0.12
CV	63%	69%
Livello di confidenza(95.0%)	0.03	0.08

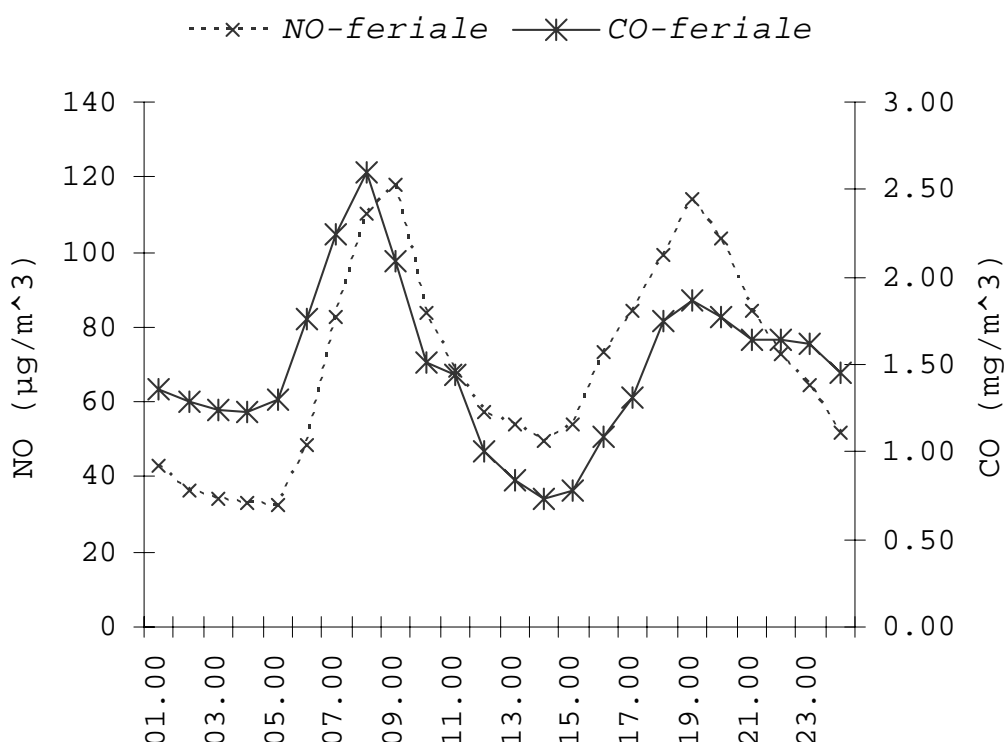
Nonostante la forte variabilità delle concentrazioni è possibile osservare come, a conferma dei bassi valori di CO riscontrati nel sito di prelievo, la classe in cui ricadono tutti i valori di concentrazione in entrambe le campagne è la classe 5.

CLASSI	inverno	primavera
0	0	0
5	662	665
10	1	0
15	0	0
20	0	0
25	0	0
30	0	0
35	0	0
40	0	0
Altro	0	0

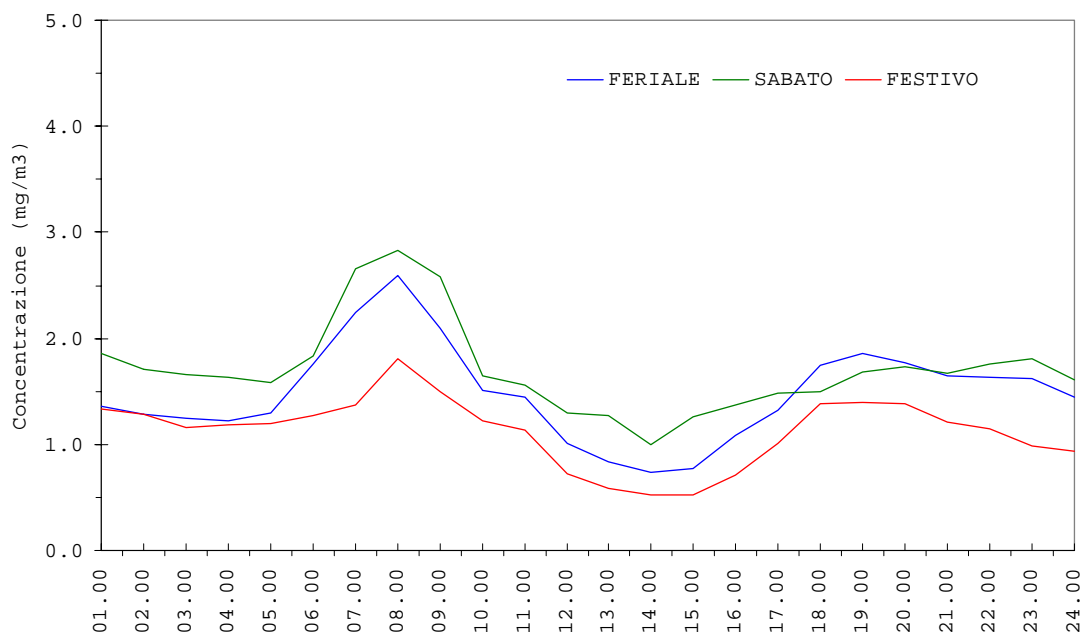


Essendo anche il CO un buon tracciante del traffico veicolare, osservando il grafico del giorno tipo è possibile ottenere un'ulteriore conferma dell'andamento dei flussi di traffico. Come evidenziato nel grafico, i picchi di concentrazione si registrino nelle medesime fasce orarie dell'NO.

I valori si mantengono sostanzialmente costanti durante l'intera giornata con un lieve aumento delle concentrazioni tra le ore 06.00 e le 12.00 del mattino, un calo nelle ore centrali della giornata ed un accrescimento nelle ore serali.

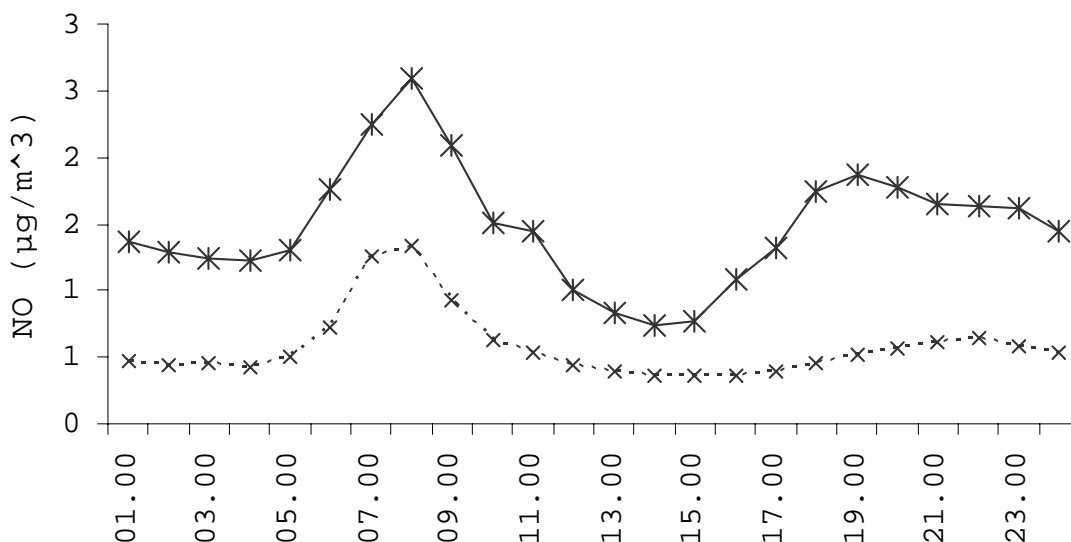


CO - Giorno Tipo



Il grafico di confronto del giorno tipo feriale relativo ai due periodi di osservazione, pur avendo concentrazioni completamente differenti, con valori decisamente contenuti nella campagna estiva, mostra come gli andamenti temporali siano analoghi confermando le fasce orarie dei flussi di maggior traffico. E' infatti possibile osservare come il picco mattutino sia localizzato nella medesima fascia oraria in entrambe le stagioni. A differenza però del periodo invernale in estate le caratteristiche dispersive dell'atmosfera sembrano maggiori in quanto non si evidenzia un marcato picco nelle ore serali della giornata.

---x--- CO-feriale primavera —*— CO-feriale inverno



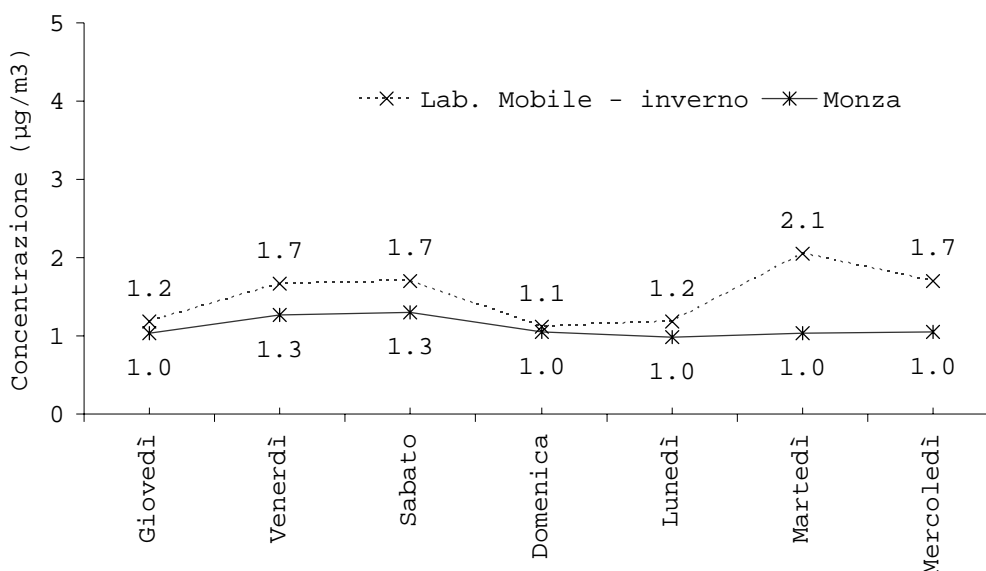
In periodo invernale si conferma la discreta correlazione tra la postazione di misura e la centralina di Monza relativamente al CO anche se la correlazione evidenzia un lieve abbassamento ($R_{primavera} = 0.8$ - $R_{inverno} = 0.7$).

Tabella: matrice di correlazione tra il sito di misura e le centraline della rete provinciale prese a riferimento

	L M	Monza	Sesto	Cinisello	Meda	Vimercate	Villasanta	Carate
L M	1.00							
Monza	0.72	1.00						
Sesto	0.63	0.86	1.00					
Cinisello	0.72	0.82	0.83	1.00				
Meda	0.53	0.52	0.40	0.55	1.00			
Vimercate	0.62	0.79	0.74	0.75	0.52	1.00		
Villasanta	0.70	0.88	0.82	0.78	0.57	0.79	1.00	
Carate	0.50	0.73	0.69	0.63	0.49	0.76	0.77	1.00

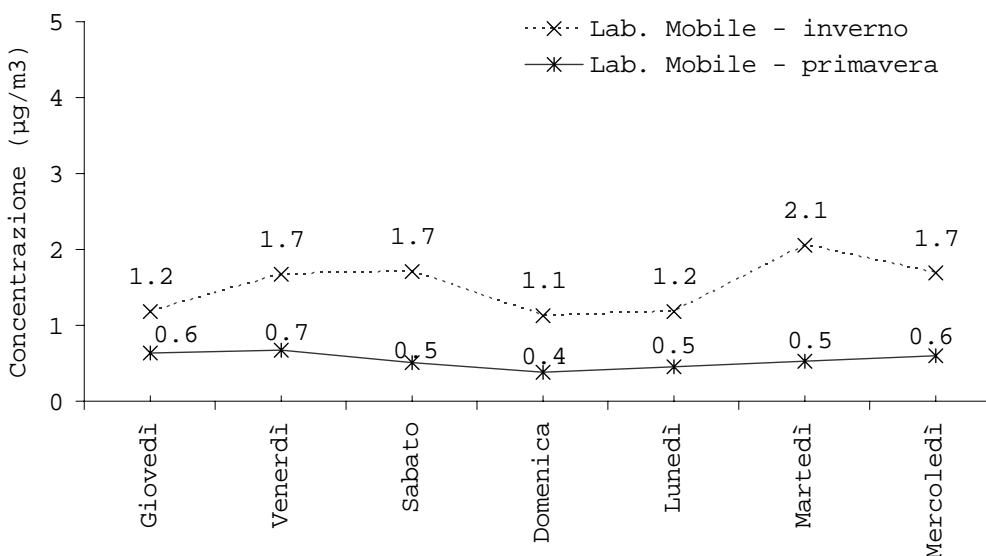
Dal confronto dei dati nel sito di prelievo con la postazione fissa di Monza si evidenzia la minore variabilità di quest'ultima.

CO - Media Settimanale



Se si esaminano poi gli intervalli di variabilità temporale settimanale relativi ai due periodi di misura risulta evidente la scarsa variabilità di concentrazione in periodo estivo.

CO - Media Settimanale



Questo dato sembrerebbe quindi suggerire che, in particolare in periodo estivo, il contributo del traffico veicolare a questo tipo di inquinante è molto ridotto anche nelle ore di punta, in situazioni di traffico congestionato.

Tabella 1 - intervalli di variabilità temporale degli andamenti medi del CO relativi alla postazione mobile di v.le Libertà

PERIODO	max/min settimanale
ESTATE	0.7 ÷ 0.4
INVERNO	2.1 ÷ 1.1

O₃

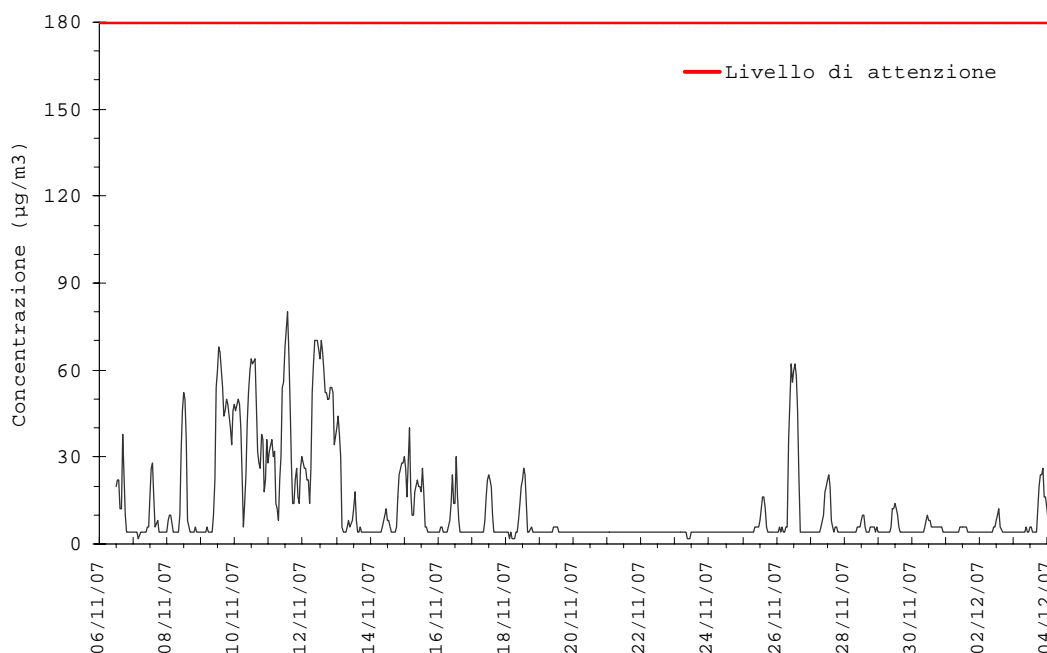
Per quanto riguarda l'ozono, mentre la prima campagna era stata condotta in periodo primaverile favorevole alla sua formazione, l'attuale campagna è stata svolta in un periodo non particolarmente critico per questo inquinante di natura fotochimica.

La situazione meteorologica che aveva caratterizzato **il periodo di misura primaverile** infatti con una situazione anemologica scarsamente vivace (caratterizzata principalmente da episodi di calma, con sporadici eventi di brezza leggera, unitamente alle numerose giornate serene), e le numerose giornate serene, aveva favorito la formazione e l'accumulo di O₃, facendo registrare **11 superamenti della soglia di protezione della salute umana**, fissata a 120 µg/m³ per la media mobile di 8 ore **senza però che venisse superata la soglia di attenzione** fissata per questo inquinante a 180 µg/m³ per la media oraria.

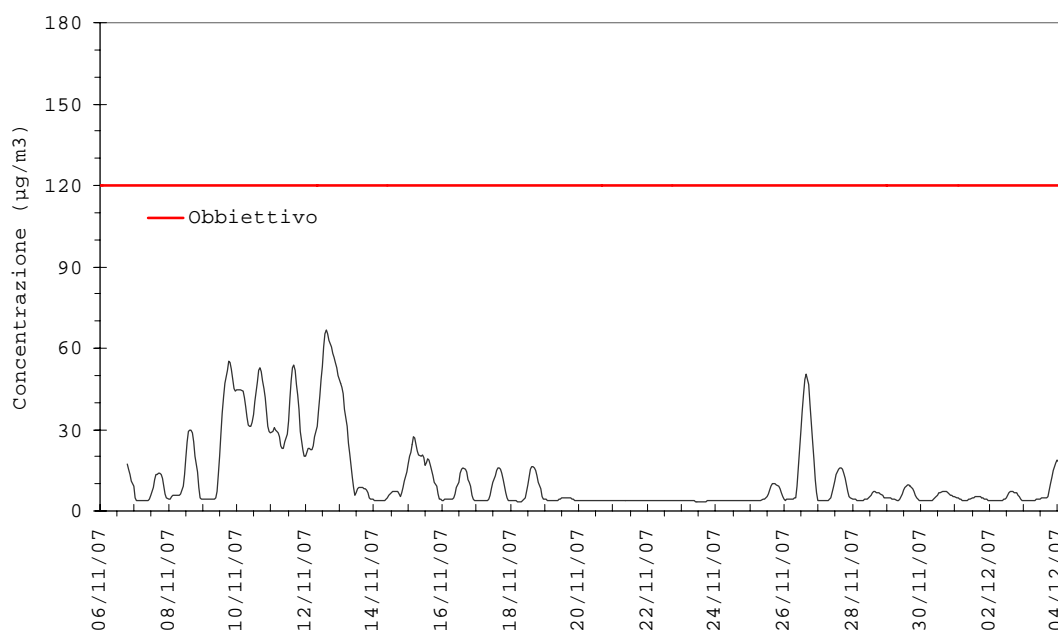
Nel mese di novembre *le condizioni climatologiche* con valori medi di radiazione inferiori del 61% rispetto al periodo primaverile **non hanno fatto registrare superamenti** né della *soglia di attenzione* né della *soglia di protezione della salute umana*.

Il valore medio del periodo, il valore massimo orario ed il valore massimo mediato sulle 8 ore sono risultati rispettivamente pari a **12.0 µg/m³**, **80 µg/m³** e **66.5 µg/m³**.

O₃ - Medie Orarie



O₃ - Medie di 8 Ore



Nella sottostante tabella vengono confrontati i dati salienti di questo inquinante nei due periodi di misura:

O ₃	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE	INTERVALLO DI VARIABILITA'
concentrazione media del periodo (µg/m ³)	55.0	12.0	78%
concentrazione max. oraria (µg/m ³)	144.0	80.0	44%
concentrazione min. oraria (µg/m ³)	6.00	2.0	67%

Nel caso del O₃ la variabilità estate/inverno è alta, con concentrazioni molto inferiori in periodo invernale (78%).

O ₃	primavera	inverno
Media	54.89	11.89
Errore standard	1.40	0.59
Mediana	50.00	4.00
Moda	10.00	4.00
Deviazione standard	36.26	15.32
Varianza campionaria	1314.92	234.65
Minimo	6.00	2.00
Massimo	144.00	80.00
Somma	36722	7956
Conteggio	669	669
CV	66%	
Livello di confidenza(95.0%)	2.75	1.16

Per cercare di interpretare i dati nelle due diverse campagne, è stata considerata la radiazione globale, componente fondamentale per la formazione dell'ozono.

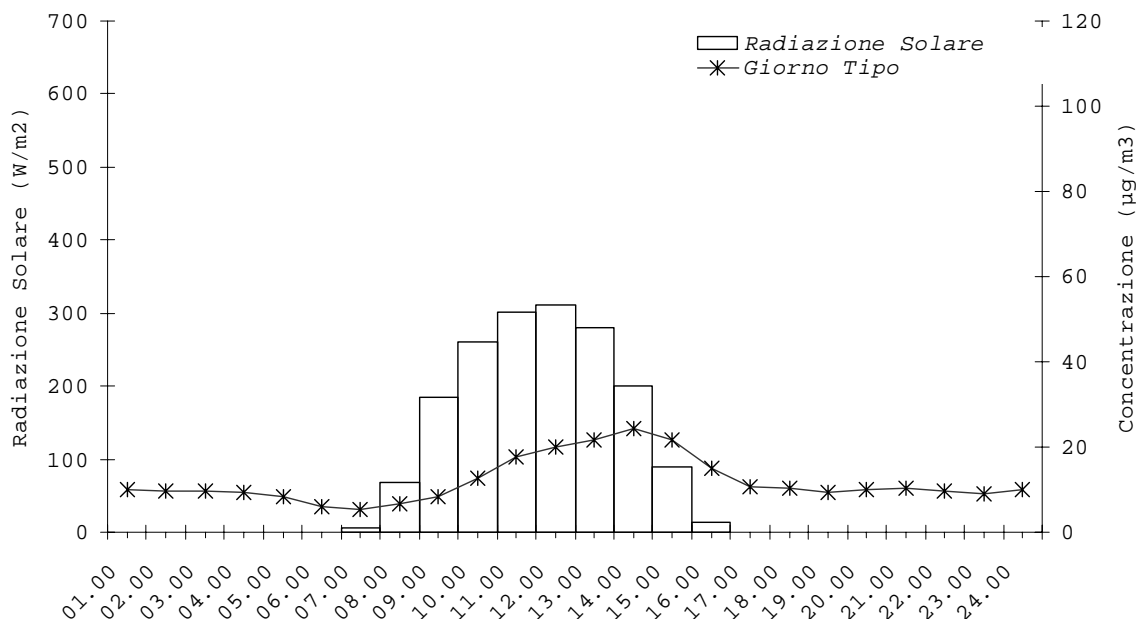
RADIAZIONE SOLARE	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE
radiazione media del periodo (W/m ²)	184	72
radiazione max giornaliera (W/m ²)	240	133
radiazione min giornaliera (W/m ²)	51	4

Come si può vedere dai dati in tabella la variabilità della radiazione media giornaliera tra estate ed inverno è elevata (78%) ed è dell'ordine della variabilità delle concentrazioni di ozono tra estate e inverno (61%).

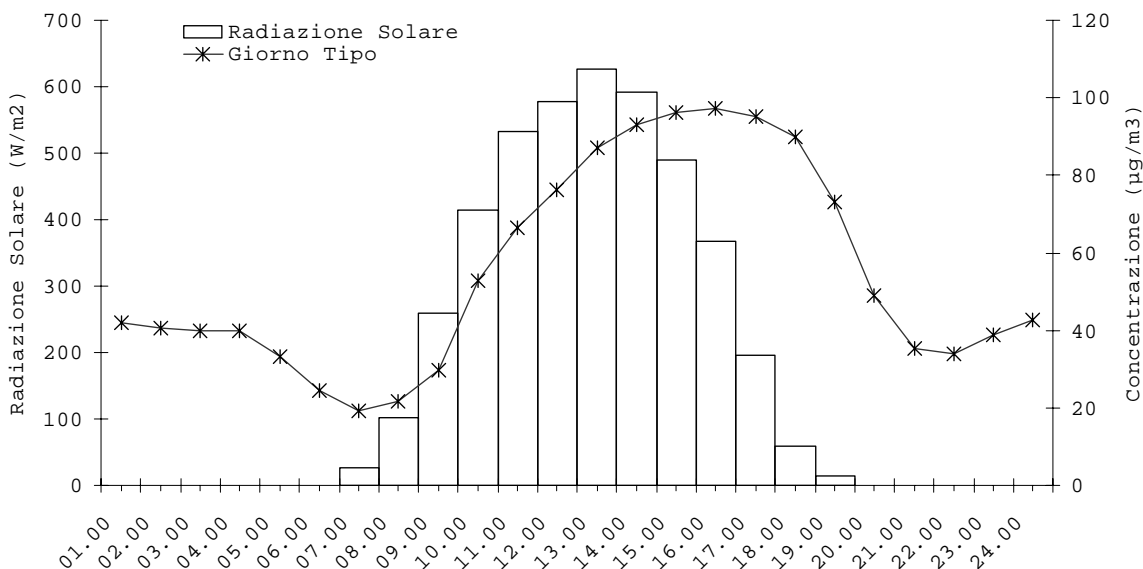
Giorno tipo e medie giornaliere

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 O3 - INVERNO

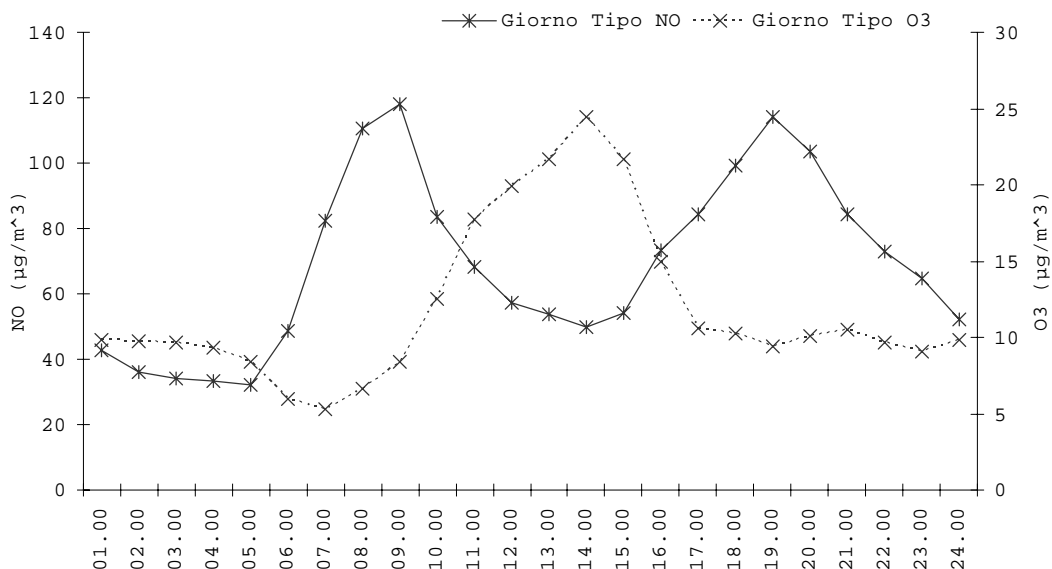


Giorno tipo - Confronto Radiazione Solare O3 - ESTATE



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'O₃ portando alla formazione di NO₂.

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.

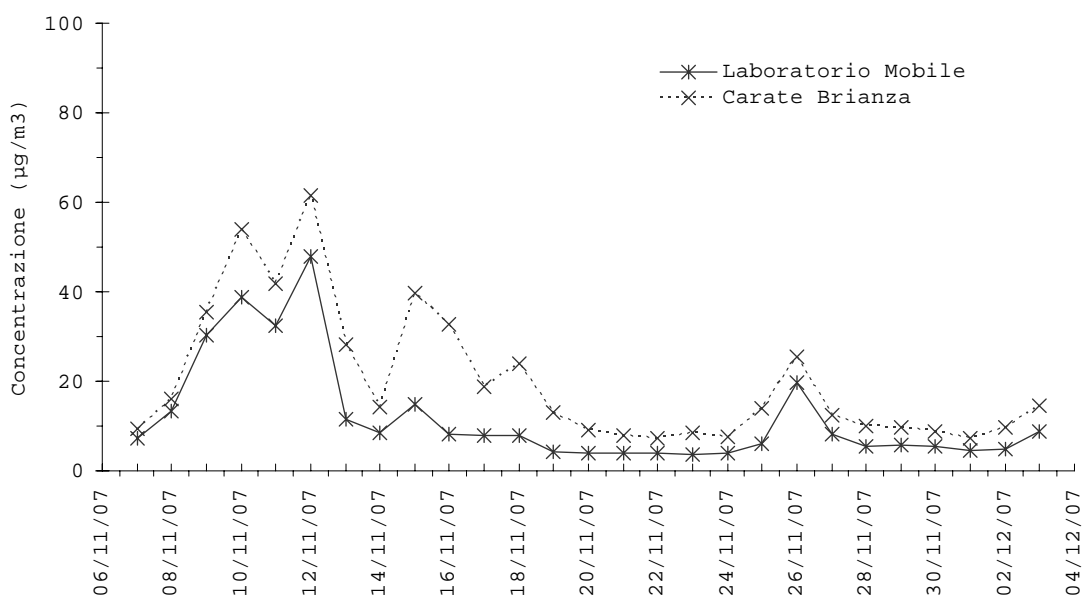


Le concentrazioni di ozono misurate dal Laboratorio Mobile risultano in linea con quelle registrate dalle centraline prese a riferimento.

La matrice di Pearson calcolata sull'intero set di dati orari mostra, una discreta correlazione con la vicina stazione urbana da fondo di Carate Brianza⁴.

	Lab Mobile	MI-Pascal	Meda	Vimercate	Carate
Lab Mobile	1.00				
Pascal	0.78	1.00			
Meda	0.69	0.61	1.00		
Vimercate	0.77	0.63	0.79	1.00	
Carate	0.81	0.65	0.86	0.86	1.00

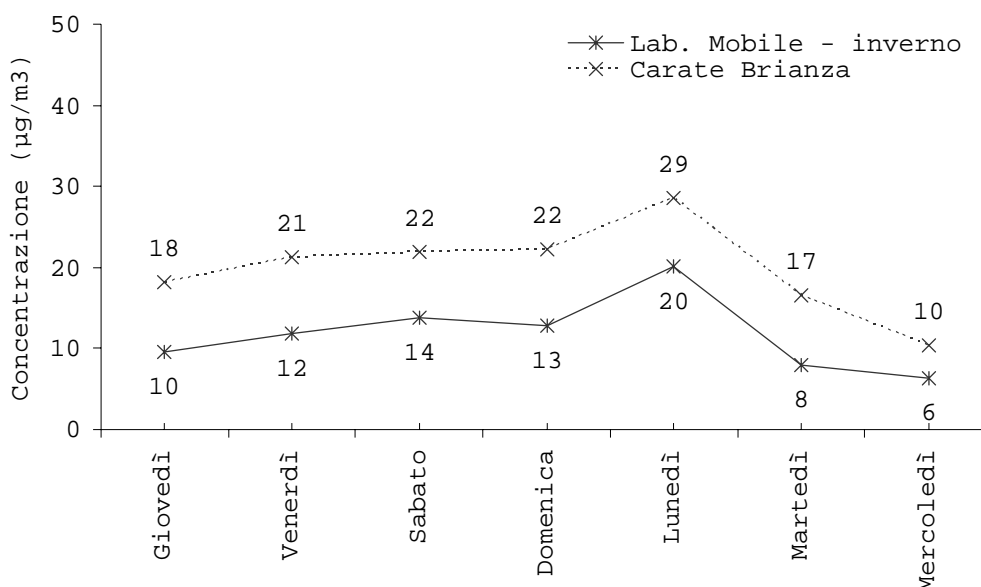
O3 - Medie Giornaliere



Tale correlazione è confermata anche dal grafico delle medie settimanali ove è possibile osservare come i picchi di concentrazione siano presenti nel fine settimana dove si ha un calo delle concentrazioni di NO.

⁴ Non è stato possibile verificare la correlazione con la centralina di Monza come in periodo estivo in quanto è stato registrato un disservizio

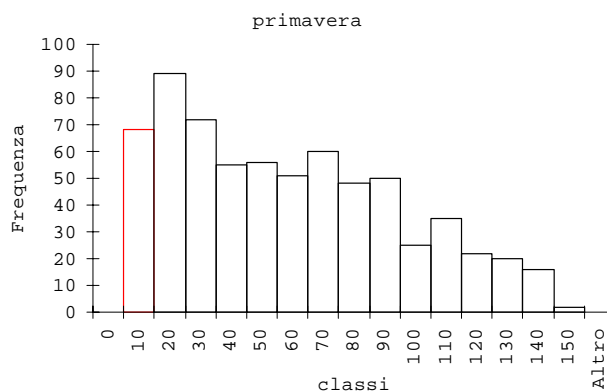
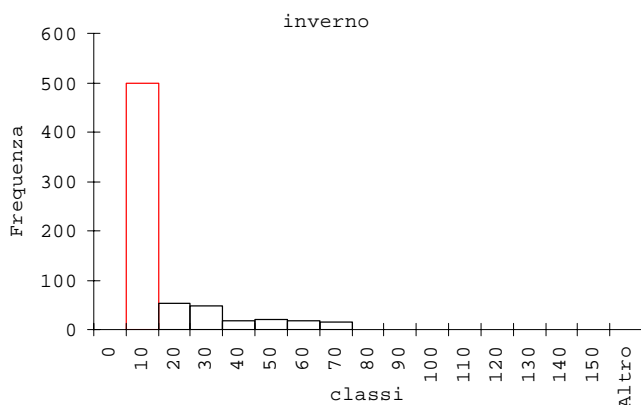
O3 - Media Settimanale



Anche per l'ozono si sono cercate delle analogie relativamente ai due periodi di rilevamento. Sono pertanto stati presi i dati relativi alle due campagne e sono stati divisi in classi (16 nella sottostante tabella). E' stato quindi tracciato un istogramma di frequenze in grado di determinare quali di queste classi di valori di O3 sono state le più frequenti nei periodi considerati.

classi	inverno	primavera
0	0	0
10	498	68
20	52	89
30	47	72
40	18	55
50	19	56
60	18	51
70	16	60
80	1	48
90	0	50
100	0	25
110	0	35
120	0	22
130	0	20
140	0	16
150	0	2
Altro	0	0

Mentre per il periodo estivo i valori sono distribuiti su più classi di frequenza in periodo invernale le classi di frequenza interessate sono sostanzialmente 7.



PM10

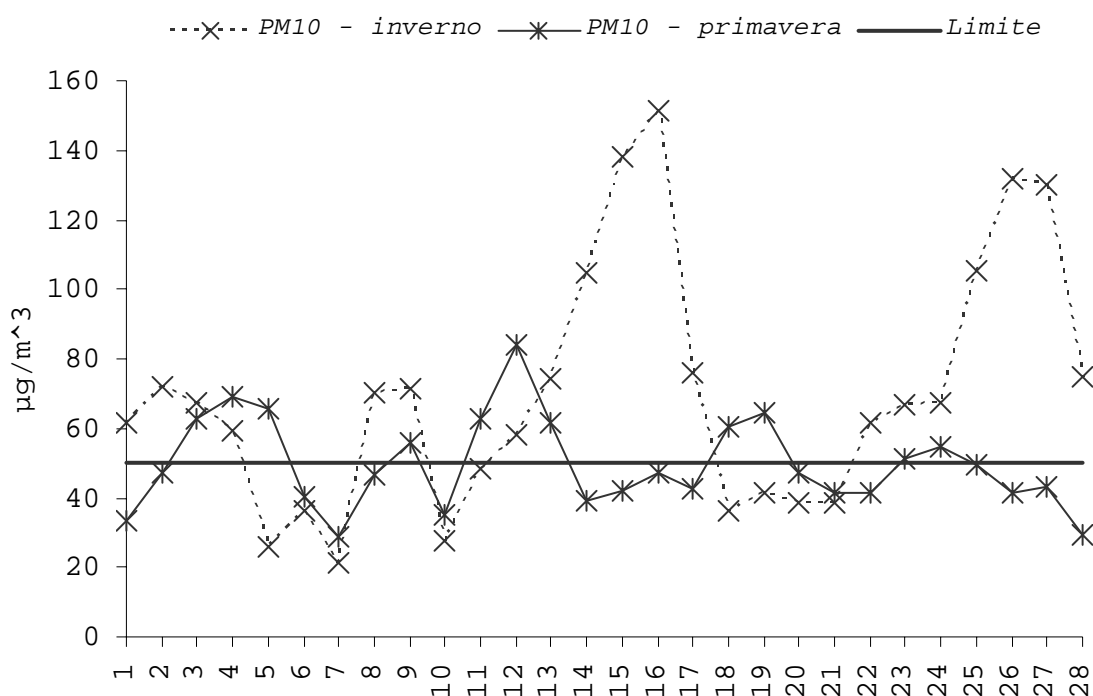
I dati delle concentrazioni giornaliere di PM10 hanno fatto registrare nel periodo invernale un valore medio di 69.0 µg/m³ ed un valore massimo giornaliero di 151.15 µg/m³ il giorno 21.11.2007.

Nella sottostante tabella vengono confrontati i dati salienti di questo inquinante relativi ai due periodi di misura:

PM10	CAMPAGNA ESTIVA	CAMPAGNA INVERNALE	INTERVALLO DI VARIABILITA'
concentrazione media del periodo (µg/m ³)	50.0	69.0	29%
concentrazione max. giornaliera (µg/m ³)	84.0	151.2	44%
concentrazione min. giornaliera (µg/m ³)	29.0	21.1	27%

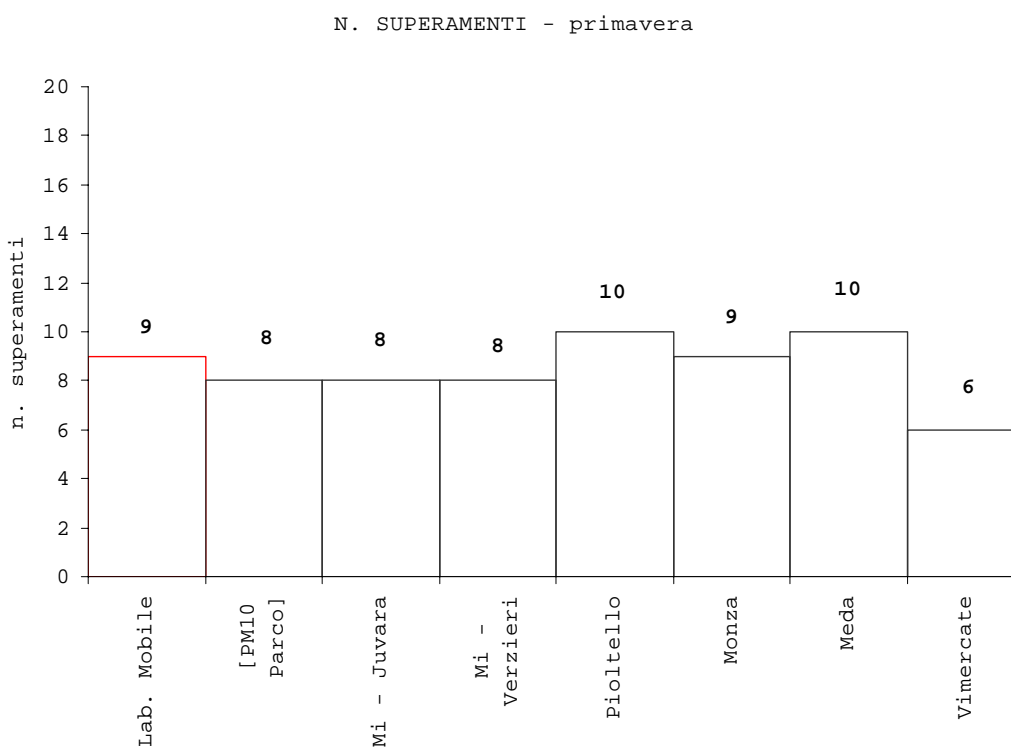
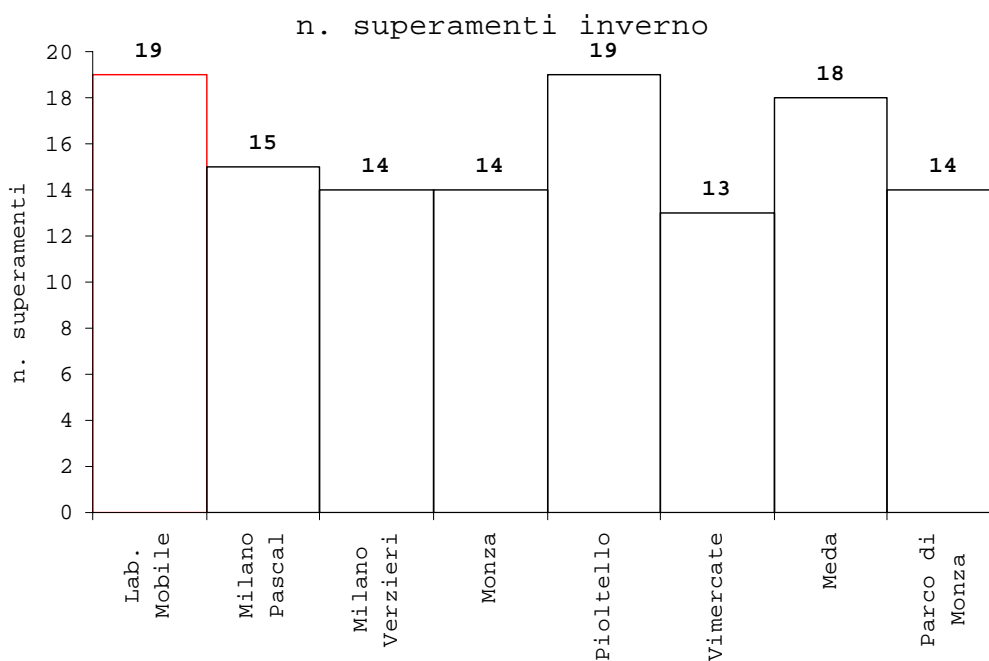
Nel caso del PM10 la variabilità estate/inverno è alta, con concentrazioni inferiori in periodo estivo del 29%.

I sottostanti grafici di confronto delle medie giornaliere nei due periodi di misura confermano ulteriormente questo dato.



Le concentrazioni di **PM10** misurate nel sito di prelievo presentano in periodo invernale andamenti analoghi a quelli delle centraline della rete di rilevamento prese a riferimento a conferma della caratteristica ubiquitaria di questo inquinante.

Durante tutto il periodo estivo di misura erano stati osservati **9 superamenti (su 29 giorni di campagna) del livello di attenzione**, fissato per questo inquinante a 50 µg/m³. Nell'attuale campagna invernale ne sono stati registrati ben **19 superamenti (su 29 giorni di campagna) del livello di attenzione**.



A conferma del carattere ubiquitario di questo tipo di inquinante, è possibile osservare come, durante entrambi i periodi in esame, vi siano andamenti di concentrazione comuni a diverse località del Bacino Padano.

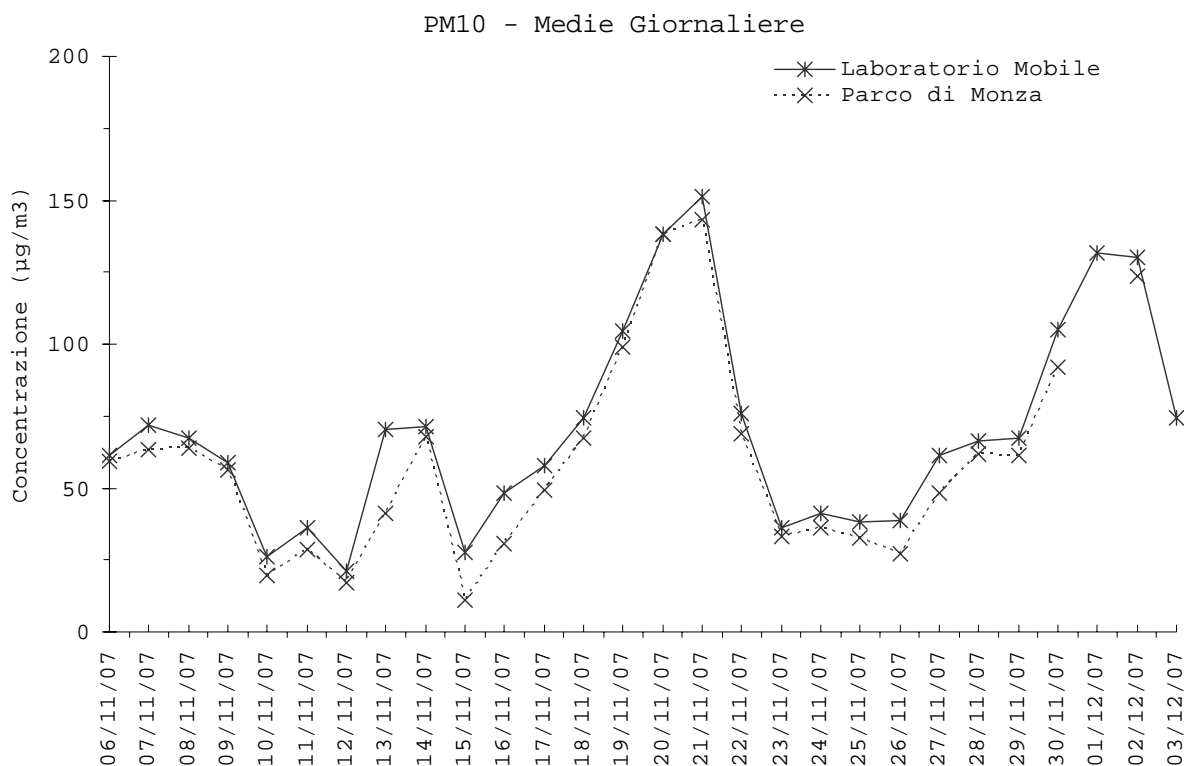
Per quanto riguarda le postazioni fisse prese a riferimento le concentrazioni misurate presentano un buon andamento temporale in linea con le centraline fisse prese a riferimento, a conferma del carattere ubiquitario di questo inquinante; in particolare nell'attuale campagna viene confermata la buona correlazione⁵ con la stazione urbana da fondo di Monza (0.94) e con la postazione del parco di Monza (0.99).

⁵ Sono state calcolate le correlazioni anche se i dati erano insufficienti per una statistica corretta.

Tabella: matrice di correlazione tra il sito di misura e le centraline della rete provinciale prese a riferimento

	L. M	Milano P	Milano V.	Monza	Pioltello	Vimercate	Meda	Parco di Monza
L. M	1.00							
Milano P	0.98	1.00						
Milano V.	0.97	0.97	1.00					
Monza	0.98	0.96	0.96	1.00				
Pioltello	0.97	0.96	0.97	0.97	1.00			
Vimercate	0.97	0.96	0.95	0.97	0.98	1.00		
Meda	0.94	0.94	0.90	0.93	0.91	0.95	1.00	
Parco di Monza	0.99	0.97	0.97	0.98	0.97	0.96	0.92	1.00

Nel sottostante grafico delle medie giornaliere viene ulteriormente evidenziata la buona correlazione tra la postazione fissa del parco di Monza ed il sito di misura; come è possibile osservare i trend sono analoghi con valori quasi coincidenti.

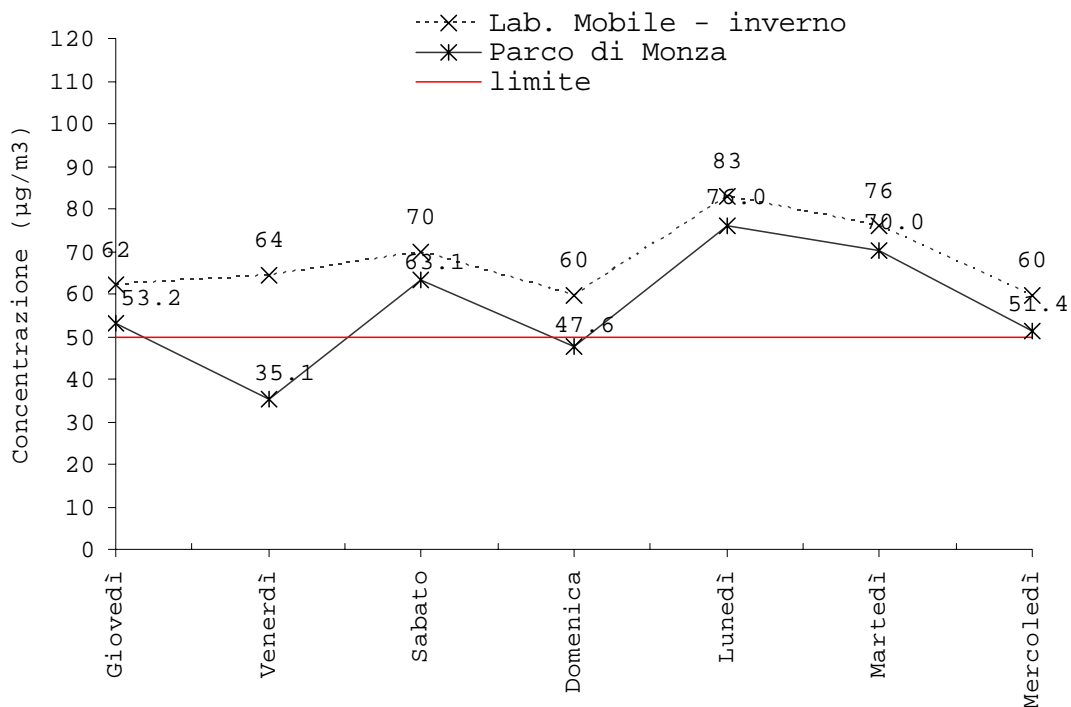


Ad ulteriore conferma della correlazione tra le due postazioni è possibile osservare l'analogia degli andamenti settimanali del PM10 misurati con laboratorio mobile con quelli della centralina del parco di Monza.

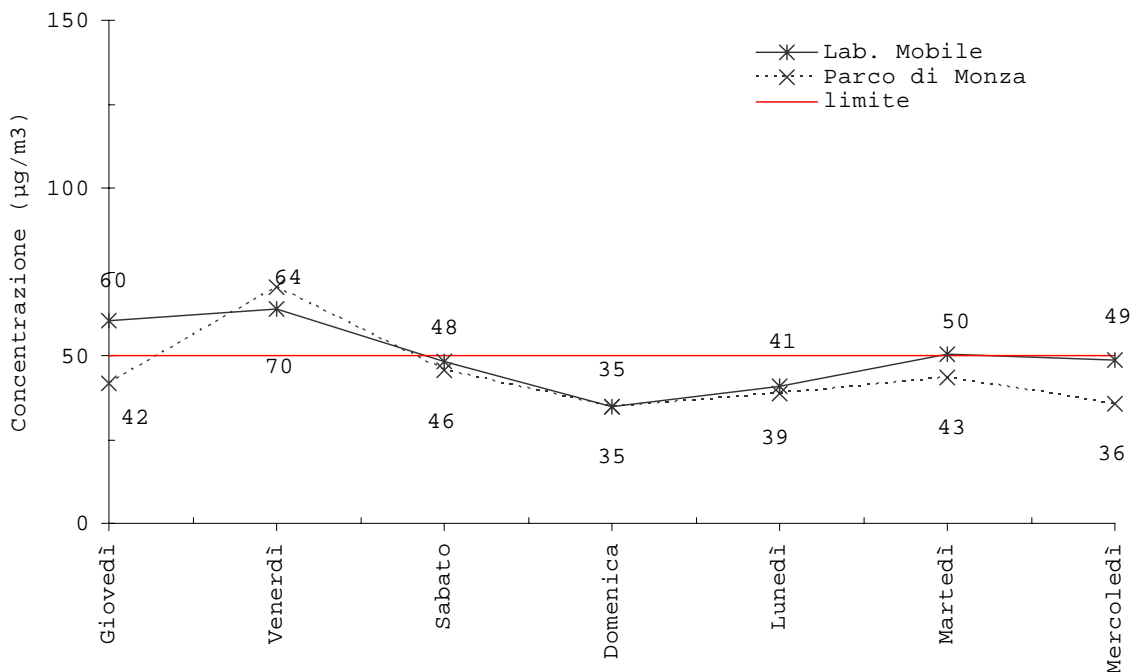
Come evidenziato nel grafico di confronto i due andamenti sono simili ma le concentrazioni registrate con laboratorio mobile sono mediamente più alte sia in periodo invernale che in quello estivo.

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.

PM10 - Media Settimanale - inverno



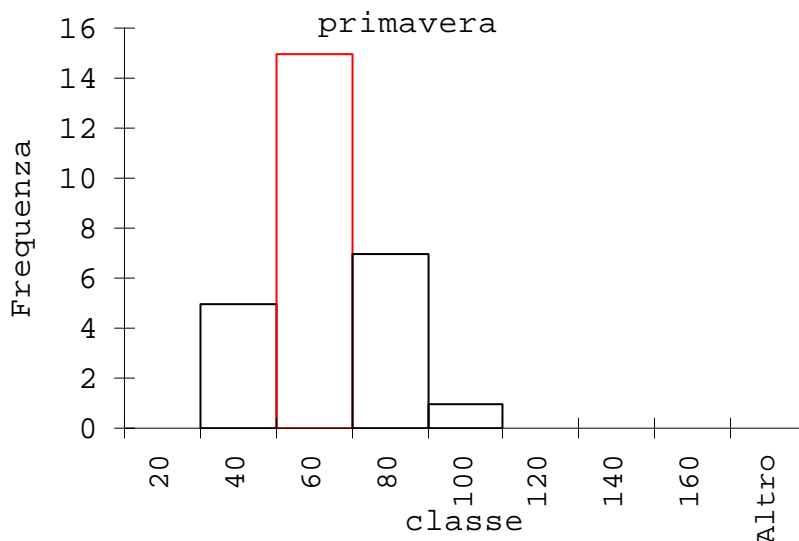
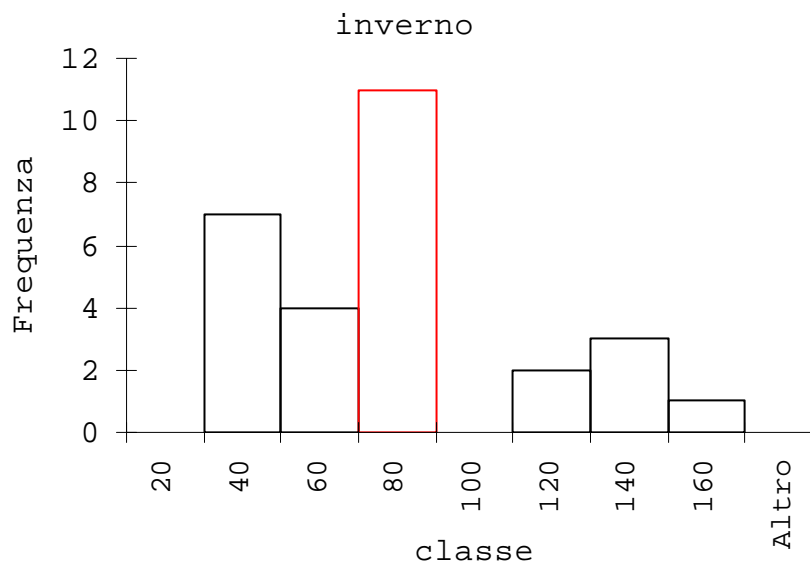
PM10 - Media Settimanale - primavera



Si sono cercate infine delle analogie relativamente alle concentrazioni di PM10 durante i due periodi di rilevamento. Sono pertanto stati presi i dati relativi alle due campagne e sono stati divisi in classi (8 nella sottostante tabella). E' stato quindi tracciato un istogramma di frequenze in grado di determinare quali di queste classi di valori di PM10 sono state le più frequenti nei periodi considerati.

<i>classe</i>	<i>inverno</i>	<i>primavera</i>
20	0	0
40	7	5
60	4	15
80	11	7
100	0	1
120	2	0
140	3	0
160	1	0
Altro	0	0

Mentre nel periodo invernale i valori sono distribuiti su più classi di frequenza, in particolare su classi con valori superiori a 50, in periodo estivo le classi di frequenza interessate sono solo 4.



Conclusioni

Il monitoraggio eseguito lungo v.le Libertà angolo via Tosi nel comune di Monza, nonostante il breve periodo di misura, sufficiente però per fornire un quadro generale della situazione annuale della qualità dell'aria, ha consentito, sulla base dei dati raccolti, di qualificare il sito in esame come zona di traffico urbano relativamente alla qualità dell'aria.

Il Laboratorio mobile è stato posto in prossimità di v.le Libertà uno dei principali tratti viari cittadini, posto lungo la direttrice Nord – Est che, confluendo nella SP2 permette il collegamento della città di Monza con i comuni a Est della regione.

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

Il mese di Novembre è stato caratterizzato da condizioni parzialmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti ad eccezione del **PM10 per il quale sono state evidenziate delle criticità con 11 giorni di superamento del limite di 50 µg/m³.**

A causa dell'influenza di un'area anticiclonica, a matrice africana in particolare nel mese di Aprile unitamente ad una situazione anemologica scarsamente vivace **la campagna primaverile** era stata caratterizzata da condizioni generalmente sfavorevoli per la dispersione degli inquinanti facendo registrare **9 giorni di superamento del valore limite di 50 µg/m³ per il PM10;** a causa poi del perdurare di giornate serene (6 eventi piovosi di modesta entità su 29 giorni di misura) sono stati registrati anche **11 superamenti della soglia di protezione della salute umana per quanto riguarda l'Ozono.**

Le criticità riscontrate nel sito 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 nel dettaglio la situazione anemologica registrata dalla stazione meteo del Laboratorio Mobile si osserva come i settori maggiormente interessati da fenomeni ventosi siano stati in periodo invernale quelli tra la direzione Nord-Est e Est - Nord Est con una maggiore frequenza, in tutte le classi di vento, dal settore Est – Nord Est. In periodo estivo invece i settori maggiormente interessati sono stati quelli in direzione Sud - Sud Est (22% dei casi).

Per quanto riguarda la velocità del vento in periodo estivo si sono registrati episodi di maggiore intensità rispetto a quello invernale (episodi di calma in estate 9% - episodi di calma in inverno 21%).

In linea con quanto già riportato precedentemente nella situazione regionale, i valori misurati nel sito di misura mostrano una attività anemologica scarsamente vivace nel mese di novembre. Il valore medio registrato durante il periodo di misura è stato di 0.7 m/s di poco inferiore alla media del periodo primaverile (0.9 m/s).

La caratterizzazione dei flussi di traffico poi, attraverso lo studio di inquinanti considerati dei marker del traffico, ha permesso di qualificare v.le Libertà come un'importante arteria di collegamento intercomunale.

Questa evidenza è avvalorata dalla buona correlazione riscontrata per quanto riguarda gli inquinanti di tipo locale (NO_x, CO) nel data set raccolto lungo il sito di prelievo, con i valori misurati dalla centralina urbana da traffico di Villasanta, situata lungo la direttrice N-E, in un'area con caratteristiche simili a quelle del sito di misura. Tale osservazione ha trovato conferma in periodo invernale. In generale si è osservato come durante il periodo di misura le concentrazioni medie giornaliere e settimanali riscontrate siano quasi sempre coincidenti per quanto riguarda l'NO e l'NO₂ rispetto a quelle misurate dalla postazione fissa.

Le analisi invernali hanno anche permesso di confermare le conoscenze acquisite in periodo primaverile sui flussi di traffico caratteristici dell'area di indagine: i picchi di concentrazione si presentano in corrispondenza delle ore di punta mattutina e serale, caratteristica questa di importanti arterie di collegamento; 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 e in quella serale compresa tra le 17.00 e le 22.00.

Analizzano poi nei dettagli il data set estivo ed invernale, quello che emerge è la grande variabilità degli inquinanti nei due periodi di misura

La variabilità delle concentrazioni di NO nei due periodi di osservazione è molto elevata, con valori medi estivi inferiori del 75% rispetto a quelli misurati in periodo invernale.

Sebbene i valori siano, in termini assoluti, decisamente diversi, si osserva come la caratteristica comune in entrambe le situazioni (estiva/invernale) sia una diminuzione delle concentrazioni in coincidenza dei fine settimana, periodo durante il quale, in qualsiasi periodo dell'anno, il traffico veicolare risulta maggiormente contenuto.

Si è voluto infine verificare nei due periodi di osservazione quale valore di concentrazione di NO fosse più frequente. A tale scopo sono pertanto stati presi i dati relativi alle due campagne e sono stati divisi in classi (9 nella sottostante tabella). Quello che è emerso è che i valori di concentrazione più frequenti in entrambe le campagne sono quelli appartenenti alla classe 50 µg/m³

Per l'NO₂ non è stata osservata un'evidente variabilità tra estate ed inverno (2%) a causa della sua natura di inquinante secondario.

La classe con i valori di concentrazione di NO₂ maggiormente frequenti nei due periodi di osservazione è risultata la stessa in entrambe le campagne (classe 50 µg/m³).

Anche nel caso del CO la variabilità estate/inverno è alta, con concentrazioni di molto inferiori in periodo estivo (64%), anche se in entrambi i periodi i valori risultano molto bassi.

Per quanto riguarda l'ozono, mentre la prima campagna era stata condotta in periodo primaverile favorevole alla sua formazione, l'attuale campagna è stata svolta in un periodo non particolarmente critico per questo inquinante di natura fotochimica.

Infatti nel caso del O₃ la variabilità estate/inverno è alta, ma, a differenza degli altri inquinanti, con concentrazioni molto inferiori in periodo invernale (78%).

La variabilità della radiazione media giornaliera tra estate ed inverno è stata infatti elevata (61%) ed è dell'ordine della variabilità delle concentrazioni di ozono tra estate e inverno (78%).

La matrice di Pearson calcolata sull'intero set di dati orari conferma l'ottima correlazione con la stazione di Monza e con la postazione fissa del Parco di Monza.

Mentre per il periodo estivo i valori di concentrazione sono distribuiti su più classi di frequenza in periodo invernale le classi di frequenza sono 7.

Anche ne caso del PM10 è stata osservata una variabilità tra estate/inverno è alta, con concentrazioni inferiori in periodo estivo del 29%.

Anche per il PM10 si conferma l'ottima correlazione con le centraline prese a riferimento in particolare con le centraline di Monza edel Parco di Monza.

In periodo invernale i valori sono distribuiti su più classi di frequenza, in particolare su classi con valori superiori a 50.

Si può concludere dunque che il monitoraggio ha consentito una caratterizzazione della qualità dell'aria del comune di Monza, attraverso la valutazione dei livelli ambientali dell'inquinamento atmosferico raccolti lungov.le Libertà angolo via Tosi.

Bibliografia

Atkinson, R., Carter, W. P. L., Plum, C. N., Winer, A. M., Pitts, J. N. 1984. Kinetics of gas-phase reactions of NO₃ radicals with a series of aromatics at 296±2K, *Int. J. Chem. Kinetics*, 16, 886.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Marconi A, Menichini E, Ziemacki G, Cattani G, Stacchini G. Misure di materiale particellare PM10 e PM2,5 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 NO₃. *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.