

Laboratorio Mobile
Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico
COMUNE DI CASALPUSTERLENGO

24/01/2006 – 24/02/2006



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico

COMUNE DI CASALPUSTERLENGO

Gestione e Manutenzione Tecnica del Laboratorio Mobile

P.I. Fabio Radrizzani
P.E. Giovanni Cigolini

Relazione *redatta da*

Il collaboratore tecnico professionale Dott. Mauro Prada.....

Il Responsabile del C.O.D. Dott.ssa Manuela Crippa.....

Il Responsabile C.O.D.
Dipartimento di Lodi
Dott.ssa Manuela Crippa

Premessa

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura condotta con Laboratorio Mobile da ARPA Dipartimento di Lodi tra il 24/01/2006 e il 24/02/2006 nel Comune di Casalpusterlengo.

La campagna è stata espressamente richiesta dallo stesso Comune, in quanto interessato a procedere con la rilevazione dell'inquinamento atmosferico nel proprio territorio comunale, con la finalità di monitorare l'inquinamento derivante dal tratto di strada statale 9, via Emilia, che attraversa l'abitato.

Il territorio comunale di Casalpusterlengo è già stato in passato oggetto di indagine per quanto riguarda la qualità dell'aria ed in particolare è stata condotta una campagna di monitoraggio dalla Provincia di Lodi nel periodo 21/01/2000 – 27/03/2000 posizionando il laboratorio mobile prima nella centrale piazza del Popolo e poi a bordo della strada statale via Emilia all'altezza del cimitero.

Nel 2004 sono state condotte da questo dipartimento due campagne per il monitoraggio della qualità dell'aria lungo la strada statale 234, la prima condotta tra il 5 marzo e il 14 aprile, la seconda condotta tra il 17 settembre e il 2 novembre.

Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico COMUNE DI CASALPUSTERLENGO

Introduzione	
Laboratorio Mobile.....	pag. 4
Principali Inquinanti atmosferici.....	pag. 4
Normativa.....	pag. 5
Campagna di Misura	
Sito di Misura.....	pag. 7
Principali Sorgenti Emissive.....	pag. 9
Situazione Meteorologica nel periodo di misura.....	pag. 13
Andamento inquinanti nel periodo di misura.....	pag. 18
Confronto delle misure con i dati rilevati da postazioni fisse.....	pag. 21
Conclusioni.....	pag. 38

Allegato

1) dati orari inquinanti

2) dati giornalieri PM10

3) dati orari meteorologici

Introduzione

Laboratorio Mobile

Per la campagna di misura, condotta dall'ARPA Dipartimento di Lodi, è stato utilizzato un Laboratorio Mobile.

La strumentazione presente sul laboratorio permette il rilevamento di:

- Biossido di Zolfo (SO₂);
- Monossido di Carbonio (CO);
- Ossidi di Azoto (NO_x);
- Ozono (O₃);
- Particolato Fine (PM10).

La strumentazione di cui è dotato il laboratorio mobile risponde ai criteri definiti dalla legislazione nazionale (DPR 203/88, DPCM del 28/3/83, DM 60/02, D.Lgs 183/04).

Nella seguente tabella sono riportati i principi di funzionamento della strumentazione utilizzata:

INQUINANTE	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO
Monossido di carbonio (CO)	Assorbimento IR
Ossidi di azoto (NO _x)	Chemiluminescenza
Biossido di zolfo (SO ₂)	Fluorescenza UV
Ozono (O ₃)	Assorbimento UV
Particolato fine (PM10)	A bilancia oscillante

Anche per le altezze dei prelievi sono rispettati i criteri definiti dalle suddette norme:

- il Monossido di Carbonio viene prelevato a 1.6 metri dal suolo (altezza uomo) e a non più di tre metri dal ciglio della strada;
- la sonda per il prelievo di SO₂, NO_x, O₃ viene posta a 3 metri di quota;
- Per i parametri meteo sono stati utilizzati i dati forniti dal laboratorio mobile.

Il sito di misura prescelto rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento nelle Direttive Regionali (L.R. 13/07/84), Nazionali (DPR 31/05/91) e in quelle dell'Istituto Superiore di Sanità (Documento ISTISAN n.89/10) nonché il DM 60/02.

Principali inquinanti atmosferici regolati da normative in vigore

Inquinanti	Principali sorgenti
Biossido di Zolfo* SO ₂	Impianti riscaldamento, centrali di potenza (combustione di prodotti organici di origine fossile, contenenti zolfo)
Biossido di Azoto** NO ₂	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici)
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono** O ₃	Inquinante di origine fotochimica che si forma principalmente in presenza di ossidi di azoto
Particolato Fine*/** PM10	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione
IPA, Benzene	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio)

* = Inquinante Primario = Inquinante generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche;

** = Inquinante Secondario = Inquinante prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche

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. 203/88 – 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.G.R. 28/10/02 - D.M. 16/5/96 – D.M. 2/4/02).

Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2006.

Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m ³)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana 10	8 h	D.M. 2/4/02

Biossido di Azoto	Valore Limite (µg/m ³)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile) 200 (+40)	1 h	D.M. 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana 40 (+8)	Anno civile	D.M. 2/4/02
	Soglia di attenzione 200	1 h	D.G.R. 28/10/02
	Soglia di allarme 400	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 2/4/02 e D.G.R. 28/10/02

Ossidi di Azoto	Valore Limite (µg/m ³)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione vegetazione 30	Anno civile	D.M. 2/4/02

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 attenzione	130	24 h	D.G.R. 28/10/02
	Soglia di allarme	500	1 h (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. 2/4/02 e D.G.R. 28/10/02

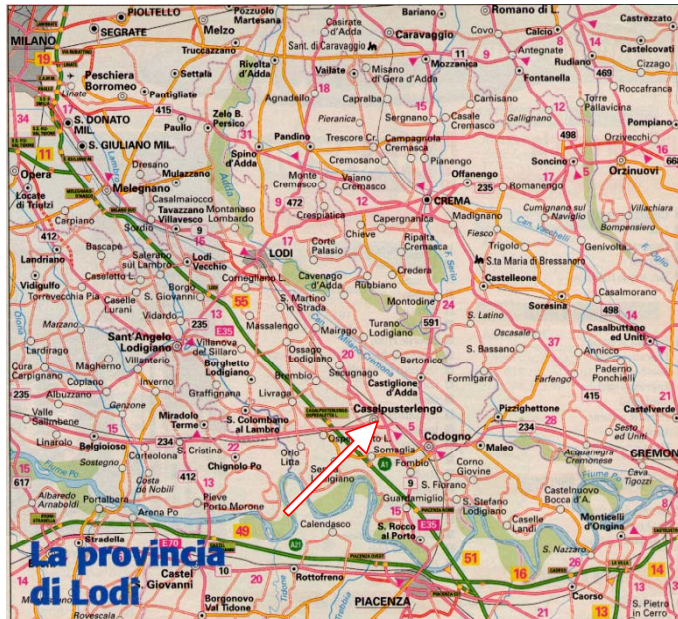
Ozono	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione	
	Soglia di informazione	180	1 h	D.Lgs. 183/04
	Soglia di allarme	240	1 h	D.Lgs. 183/04

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

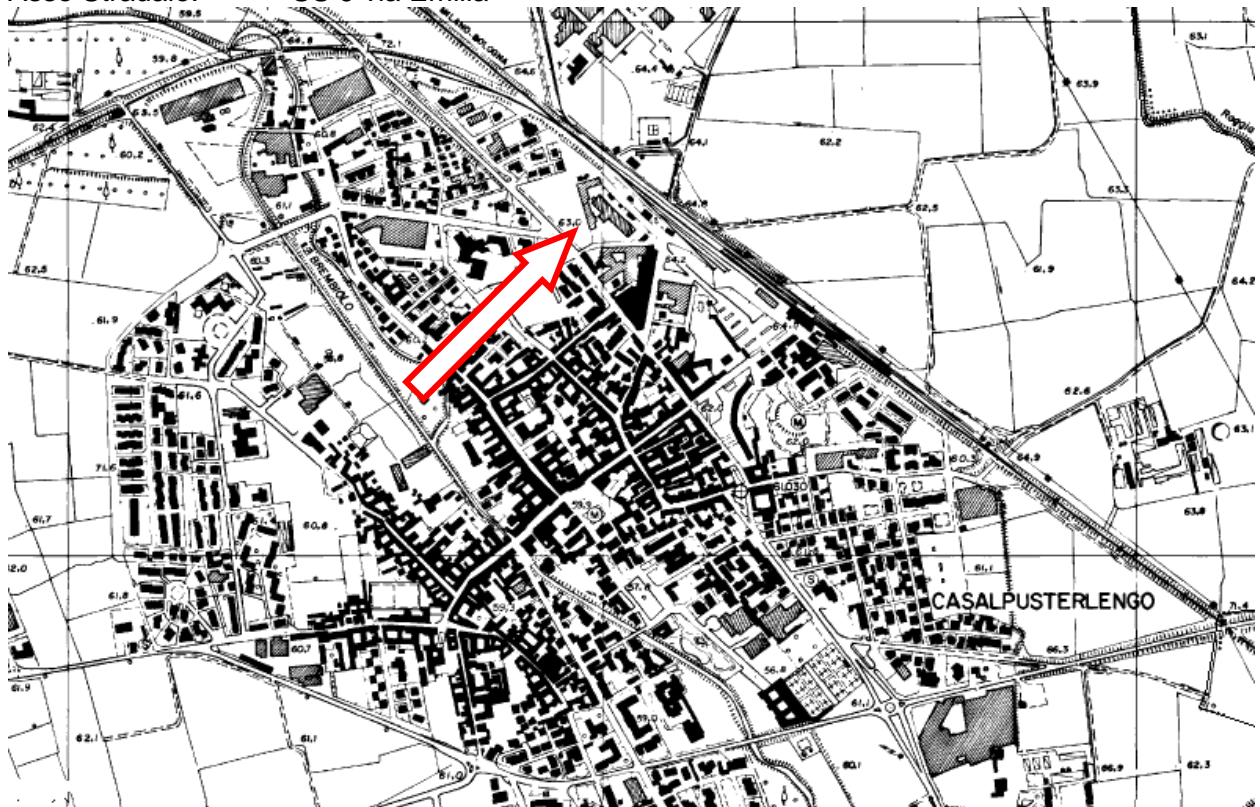
Idrocarburi non Metanici	Valore Obiettivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione	
Benzene	Valore obiettivo	5 (+4)	Anno civile	D.M. 2/4/02
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	0,001	Anno civile	DM. 25/11/94 e Dir. 2004/107/CE

Gli obiettivi di qualità su base annua delle concentrazioni di IPA fanno riferimento alle concentrazioni di benzo(a)pirene. (D.M. 25/11/94)

Campagna di Misura Sito di Misura



Periodo di Misura: 5/03/2004 – 14/04/2004
Sito di misura: Comune di Casalpusterleno
Asse Stradale: SS 9 via Emilia



Il sito scelto per la misura si trova a margine della SS 9, la zona presenta un'ampia geometria in conformità con quanto richiesto dal DM60/02.

Casalpusterleno è un Comune di circa 14000 abitanti, con Lodi, Codogno, Sant'Angelo Lodigiano è tra i maggiori comuni della Provincia di Lodi. L'economia di Casalpusterleno è in buona parte rappresentata dall'agricoltura: vi sono infatti numerose aziende specializzate nella

coltivazione di mais e foraggi. Particolarmente fiorente è l'allevamento di bovini sia da latte che da carne, utilizzando anche attrezzature e apparecchiature molto avanzate.

Anche l'industria vanta presenze significative, nel settore alimentare, in quello chimico e cosmetico, meccanico e del legno. Numerose sono anche le piccole imprese artigiane e commerciali, per lo più a conduzione familiare. La forza lavoro non è tuttavia interamente occupata in ambito comunale, e si assiste al fenomeno del pendolarismo, in particolare in direzione di Milano. Nel corso degli ultimi due decenni, il volto di Casalpusterlengo si è alquanto modificato grazie a numerose iniziative edilizie.



Principali sorgenti emmissive

Non esistendo uno specifico inventario delle emissioni della Provincia di Lodi si utilizza l'inventario regionale, denominato INEMAR (Inventario Emissioni Aria). Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emmissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione per produzione di energia e trasformazione dei combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- 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:

- Biossido di Zolfo (SO₂)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH₄)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO₂)
- Ammoniaca (NH₃)
- Protossido di Azoto (N₂O)
- Polveri Totali Sospese (PTS)
- Polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM₁₀)
- Polveri con diametro inferiore ai 2.5 µm (PM_{2.5})

Nel novembre 2005 si è conclusa la prima stima delle emissioni per l'anno 2003, soggetta a revisione pubblica, i dati riportati nelle tabelle successive sono relativi a questa prima stima; è attualmente in corso il consolidamento dell'inventario emissioni 2003 attraverso il controllo dei risultati e l'applicazione di procedure di verifica e di test.

Le stime delle emissioni in atmosfera sono tipicamente soggette a grandi incertezze, dovute a numerose cause distribuite lungo tutta la procedura di stima. I dati delle emissioni in Lombardia nel 2003 scaricabili da Inemar sono le migliori stime effettuate dallo staff della Regione Lombardia e dell'ARPA.

Le emissioni sono una "fotografia" delle emissioni dell'anno 2003. Come anche nelle migliori fotografie, ci sono sempre delle possibilità di miglioramenti.

Per un inventario regionale, che per sua natura non può considerare tutte le specificità locali, ci sono sicuramente molte possibilità di miglioramenti. La fotografia è fatta su una scala molto grande, e con metodi diversi. Su un soggetto, quello delle emissioni, in movimento, e spesso sfuggente, per via della cattiva qualità delle informazioni statistiche disponibili.

Per questi motivi i dati sono proposti in forma di revisione pubblica o, per dirla in termini anglosassoni, di "public review".

Chi volesse proporre modifiche, suggerire punti di criticità delle stime, può farlo inviando una e-mail a m.moretti@arpalombardia.it, spiegando nel dettaglio le richieste di modifiche, allegando eventualmente dati a supporto.

Tab.1: ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Emissioni in provincia di Lodi nel 2003

	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	5'367	2'548	124	124	198	2'871	11	-	38	59	77
Combustione non industriale	37	392	255	140	2'920	406	32	4	68	72	76
Combustione nell'industria	437	337	67	9	519	175	13	0	17	22	24
Processi produttivi	2	6	599	-	2	9	-	0	12	36	37
Estrazione e distribuzione combustibili	-	-	220	2'681	-	-	-	-	-	-	-
Uso di solventi	-	0	2'246	-	-	-	-	0	3	8	10
Trasporto su strada	121	2'923	1'245	83	9'121	705	81	109	261	306	363
Altre sorgenti mobili e macchinari	133	1'066	173	4	397	70	27	0	125	132	139
Trattamento e smaltimento rifiuti	2	34	3	3'898	1	22	1	1	0	0	0
Agricoltura	-	65	41	15'951	508	-	761	7'803	36	71	146
Altre sorgenti e assorbimenti	-	-	492	-	18	-	-	-	10	10	10
Totale	6'098	7'372	5'465	22'889	13'683	4'258	926	7'917	572	718	884

Dalla tabella 1 si nota che una delle fonti di emissioni principale rimane il traffico autoveicolare; quindi di seguito viene riportata una tabella riassuntiva (fonte INEMAR) relativa al traffico veicolare (tabella 2)

Tab.2: Emissioni atmosferiche per categoria veicolare nel territorio della provincia di Lodi anno 2003 (t/anno eccetto CO₂ in Kt/anno)

COMBUSTIBILE	VEICOLO	'SO ₂ '	'NO _x '	'COV'	'CH ₄ '	'CO'	'CO ₂ '	'N ₂ O'	'NH ₃ '	'PM10'
GPL	Automobili	0	96.93	45.58	3.75	257.53	17.04	1.47	0	0
benzina verde	Automobili	21.44	487.80	238.10	25.77	5159.03	227.35	32.42	106.48	5.09
	Veicoli leggeri < 3.5 t	0.44	31.37	13.80	0.64	211.92	4.78	0.26	0.71	0.39
	Ciclomotori (< 50 cm ³)	0.27	1.16	304.01	7.58	521.35	2.86	0.04	0.04	7.12
	Motocicli (> 50 cm ³)	1.05	17.62	260.18	21.05	1915.94	11.17	0.19	0.19	3.76
	Veicoli a benzina - Emissioni evaporative	0.00	0.00	105.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diesel	Automobili	52.94	837.16	80.49	6.69	543.13	237.50	37.41	1.26	92.70
	Veicoli leggeri < 3.5 t	11.04	255.22	21.63	0.79	139.92	49.52	3.14	0.15	32.60
	Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	34.15	1189.624	172.85	13.50	339.64	153.16	5.67	0.48	66.30

In particolare per il comune di Casalpusterlengo i dati INEMAR sono riassunti nella tabella 3 e rappresentati in figura 1:

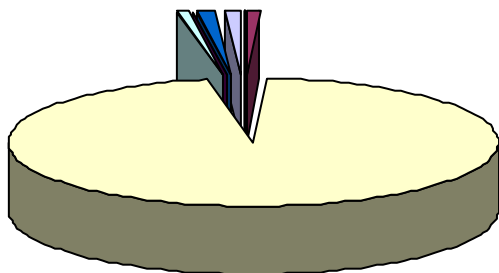
Tab.3: ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Emissioni nel comune di Casalpusterlengo nel 2003 - public review											
	SO₂	NO_x	COV	CH₄	CO	CO₂	N₂O	NH₃	PM10	PTS	PM2.5
	t/y	t/y	t/y	t/y	t/y	kt/y	t/y	t/y	t/y	t/y	t/y
Produzione energia e trasform. combustibili	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combustione non industriale	2	25	9	5	95	27	2	0.1	2	2	2
Combustione nell'industria	283	49	32	2	233	37	2	0	0.3	7	0.3
Processi produttivi	2	0	29	0	0	0.5	0	0	0	10	0
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	21	241	0	0	0	0	0	0	0
Uso di solventi	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0
Trasporto su strada	4	87	62	3	377	22	3	3	10	12	9
Altre sorgenti mobili e macchinari	3	27	4	0.1	10	2	0.7	0	3.3	3.5	3.1
Trattamento smaltimento rifiuti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agricoltura	0	1	0.3	324	0	0	16	149	0.6	1.5	0.2
Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	4	0	1	0	0	0	0.7	0.7	0.7
Totale	294	189	259	575	716	88	23	152	17	37	15

Per i principali inquinanti sono state valutate le principali fonti emmissive all'interno del comune di Casalpusterlengo:

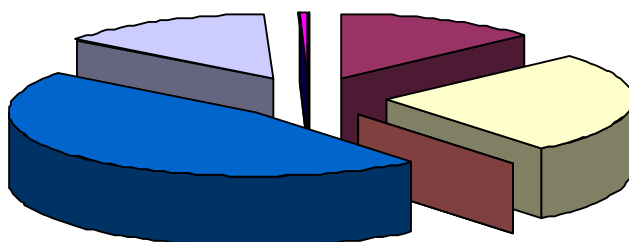
- le emissioni di **biossido di zolfo** derivano per la maggior parte dai processi legati alla combustione industriale
- circa la metà delle emissioni di **ossidi d'azoto** nel comune di Casalpusterlengo sono riconducibili ai mezzi di trasporto su strada, il territorio comunale di Casalpusterlengo incide in misura del 3% sull'emissione di questo inquinante nella provincia di Lodi
- il **monossido di carbonio** è un inquinante la cui origine è da ricondursi in maggior parte al traffico autoveicolare, per il comune di Casalpusterlengo è stata stimata una emissione annua di CO pari a 716 tonnellate (pari al 5% delle emissioni di CO in provincia di Lodi)
- all'emissione di **particolato fine (PM10)** le principali sorgenti all'interno del comune di Casalpusterlengo si ritrovano nel trasporto su strada (10 t/anno)
- infine delle emissioni di composti organici volatili (COV) spicca il contributo delle attività che fanno uso di solventi, mentre il contributo del trasporto su strada in questo caso è di circa il 25%

Figura 1: Distribuzione percentuale delle emissioni nel comune di Casalpusterlengo – anno 2003

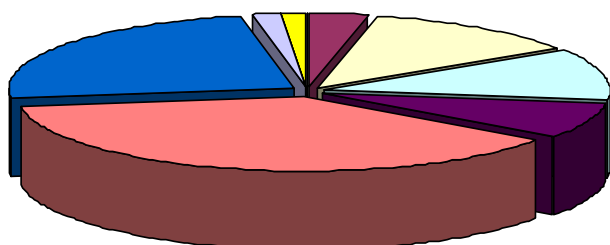
Biossido di zolfo SO₂



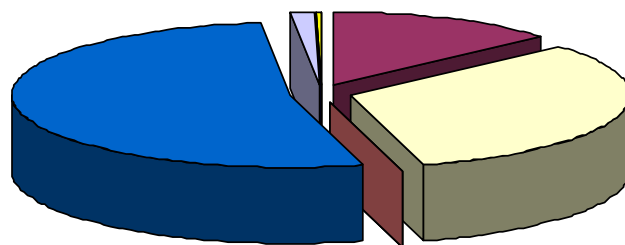
Ossidi di azoto NO_x



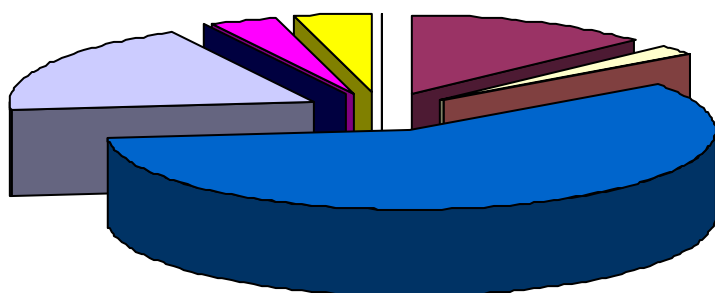
Composti Organici Volatili COV



Monossido di carbonio CO



Polveri fini PM₁₀



- Produzione energia e trasform. combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Situazione meteorologica nel periodo di misura

La campagna di misura è iniziata martedì 24 gennaio 2006 durante un periodo di transizione atmosferica che ha condotto ad una depressione di origine polare transitata dalla Scandinavia alla Penisola Iberica accompagnata da neviccate diffuse; durante il proseguo della campagna si è avuto un momento depressionario attorno al 9 febbraio accompagnato da venti intensi; la campagna si è infine conclusa con una settimana caratterizzata da una vasta circolazione depressionaria accompagnata da venti forti.

I dati meteorologici considerati sono stati registrati dalla stazione fissa meteo di Tavazzano.

Nei giorni 26 e 27 gennaio si sono avute intense precipitazioni di carattere nevoso che sono state registrate dai pluviometri nei due giorni successivi con lo scioglimento della neve caduta.

Le precipitazioni del periodo di carattere piovoso si sono avute verso la fine della campagna di misura, nel periodo compreso tra il 15 ed il 24 febbraio per un totale di 68 mm (rispetto alla media degli ultimi 10 anni che è pari a 38 mm per il mese di febbraio).

La media della temperatura nel periodo di campagna è risultata di 1.0°C più bassa rispetto la media storica che è pari a 1.9°C per il mese di gennaio e 4.1°C per il mese di febbraio.

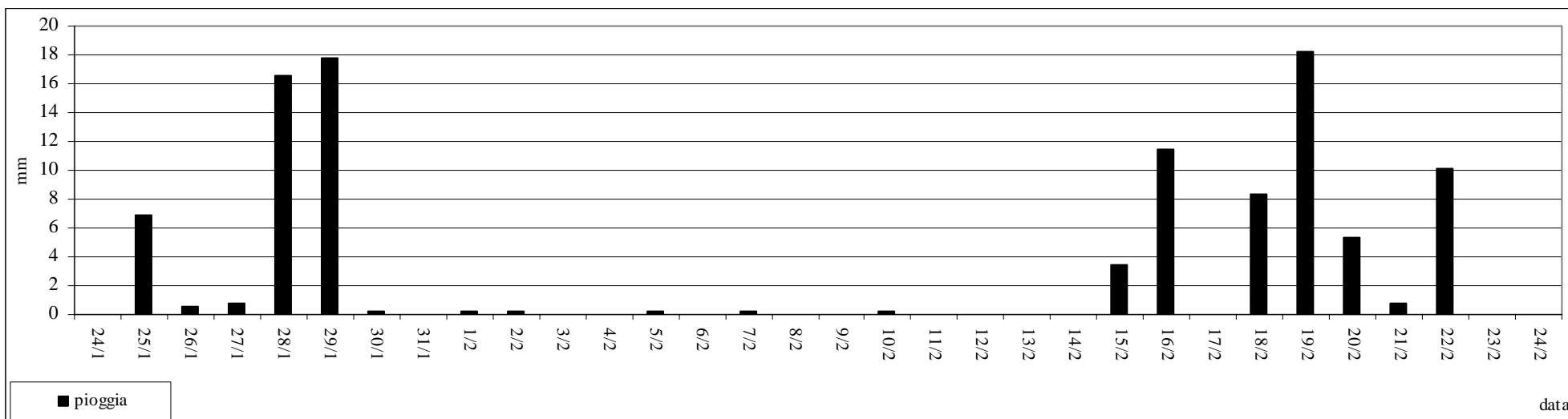
Per ciò che riguarda la rilevazione del vento, nei periodi dal 9 all'11 febbraio e dal 17 febbraio fino alla fine della campagna si è avuto un buon ricambio delle masse d'aria, con velocità superiori ai 3 m/s in due occasioni; tuttavia nelle restanti giornate si sono avute situazioni di calma di vento (per un totale dell'11% del periodo) con conseguenti accumuli degli inquinanti.

Relativamente ai parametri meteo rilevati nel periodo di misura si riportano la tabella dei dati orari di velocità del vento, di temperatura, di umidità relativa, di pioggia, di pressione e di radiazione solare.

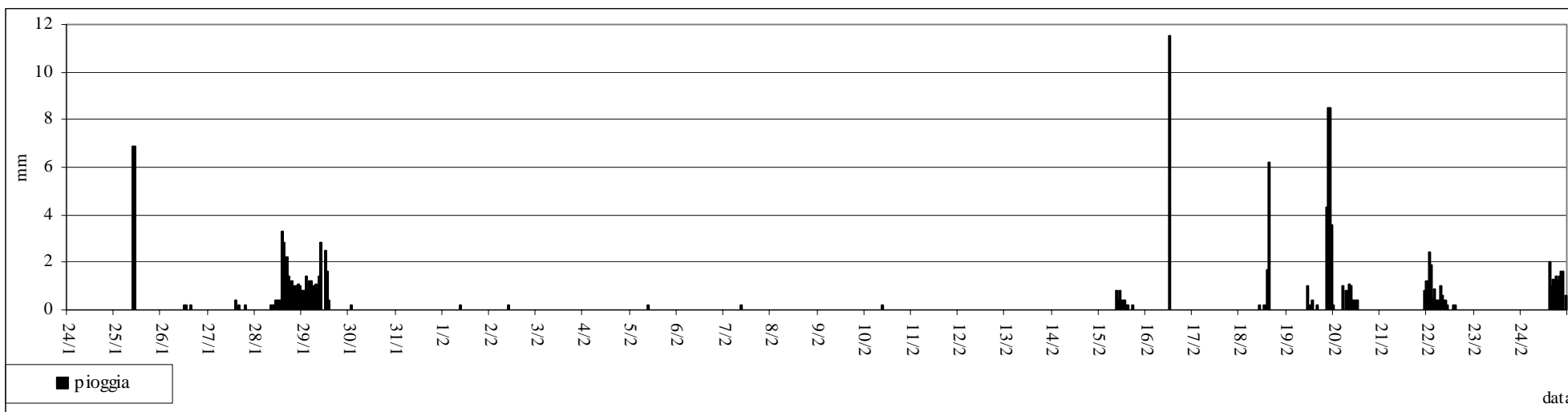
Si allegano inoltre i seguenti grafici:

- Precipitazioni giornaliere ed orarie (mm)
- Temperatura media giornaliera ed oraria (°C)
- Pressione (hpa)
- Velocità vento (m/sec)
- Radiazione solare globale e radiazione solare netta
- Umidità relativa
- Rosa dei venti (direzioni prevalenti orarie e velocità media per direzione)

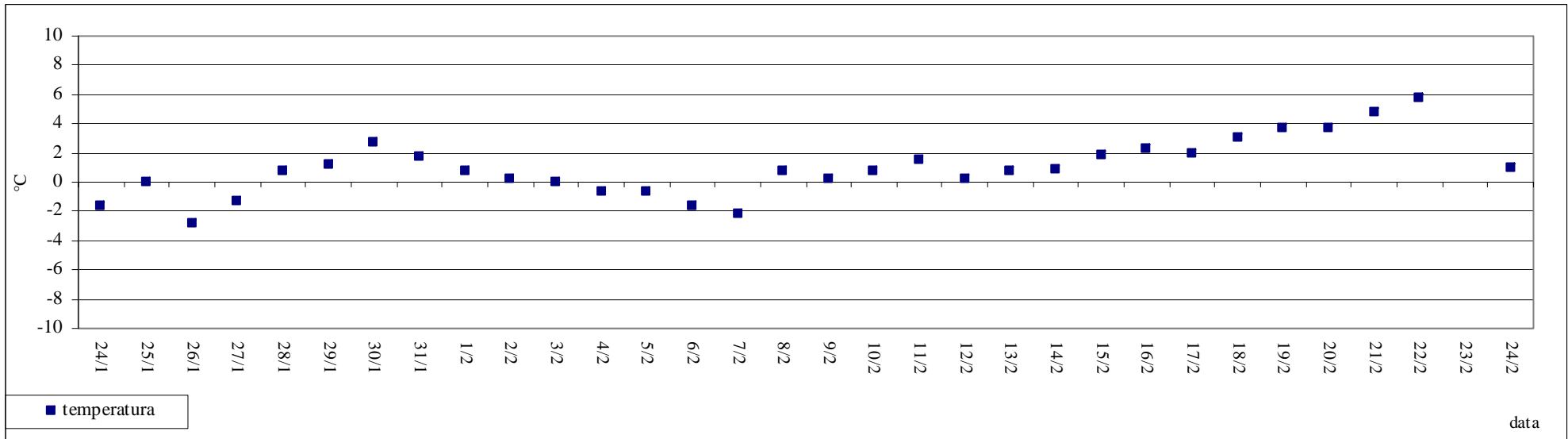
andamento dei dati giornalieri di pioggia (mm)



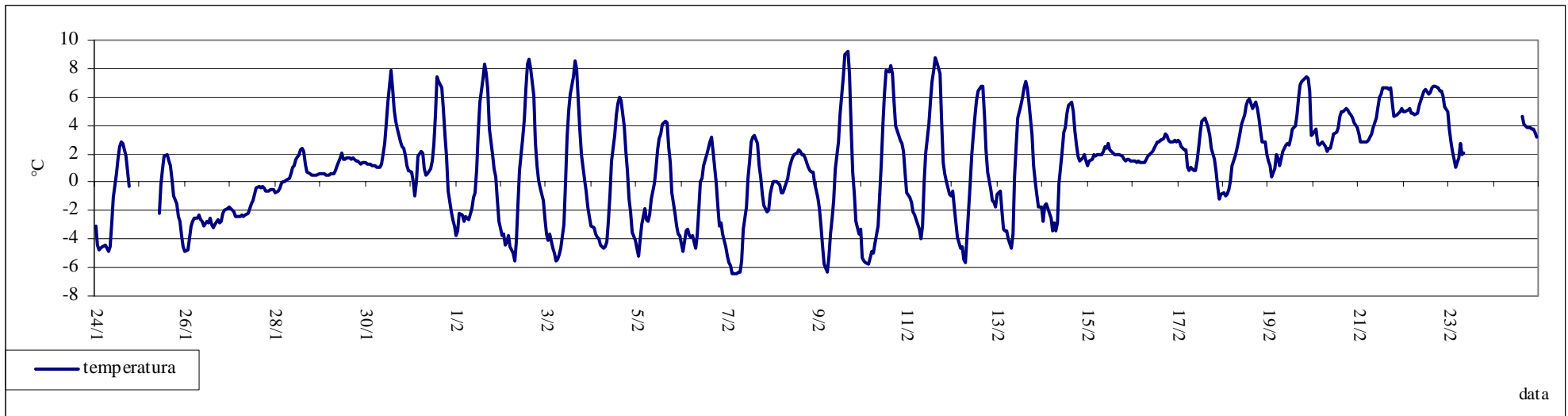
andamento dei dati orari di pioggia (mm)



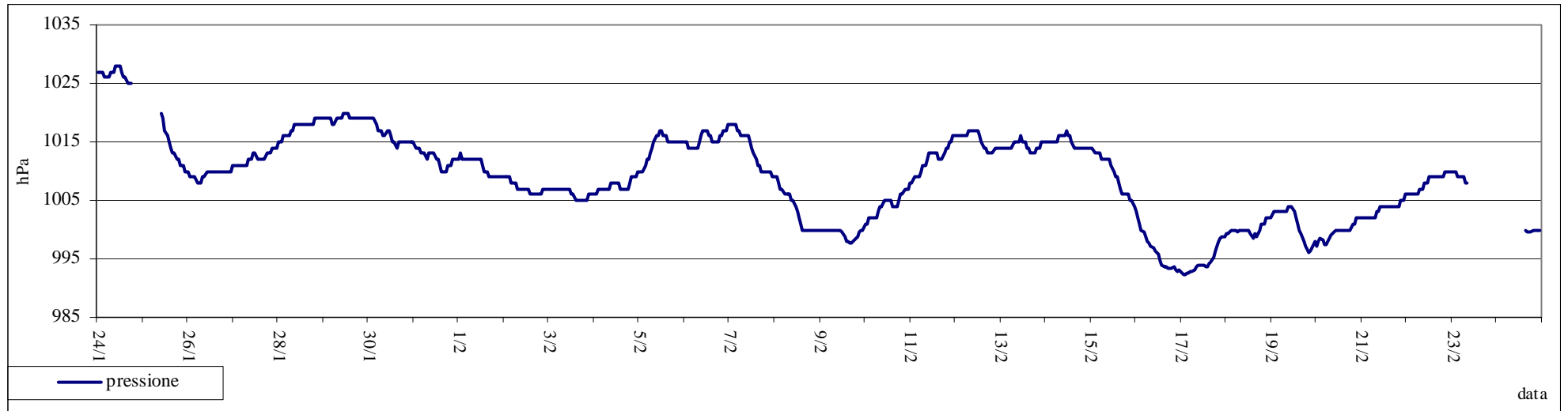
andamento dei dati medi giornalieri della temperatura (°C)



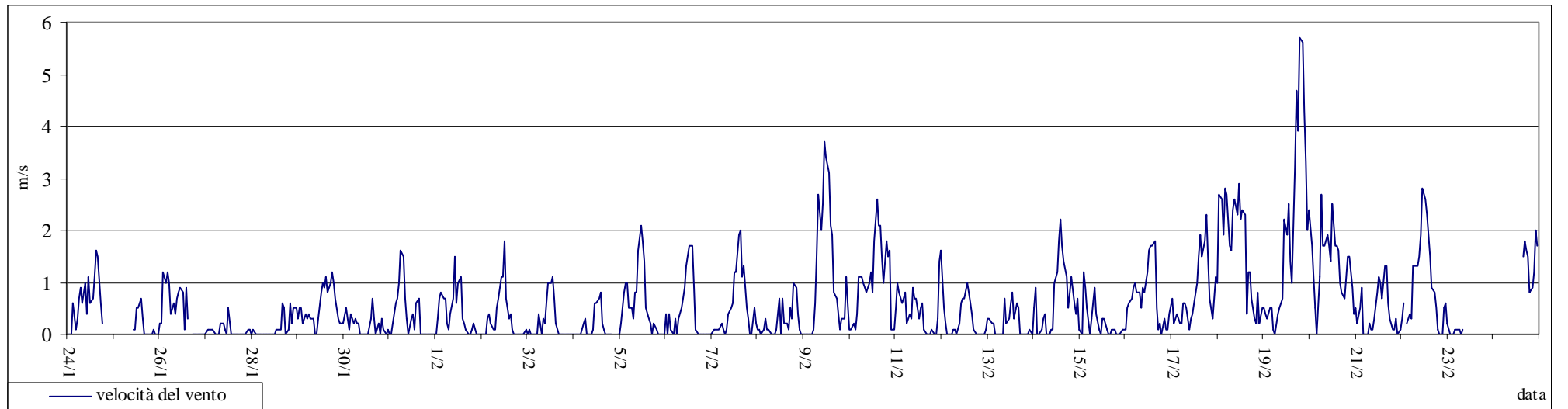
andamento dei dati orari della temperatura (°C)



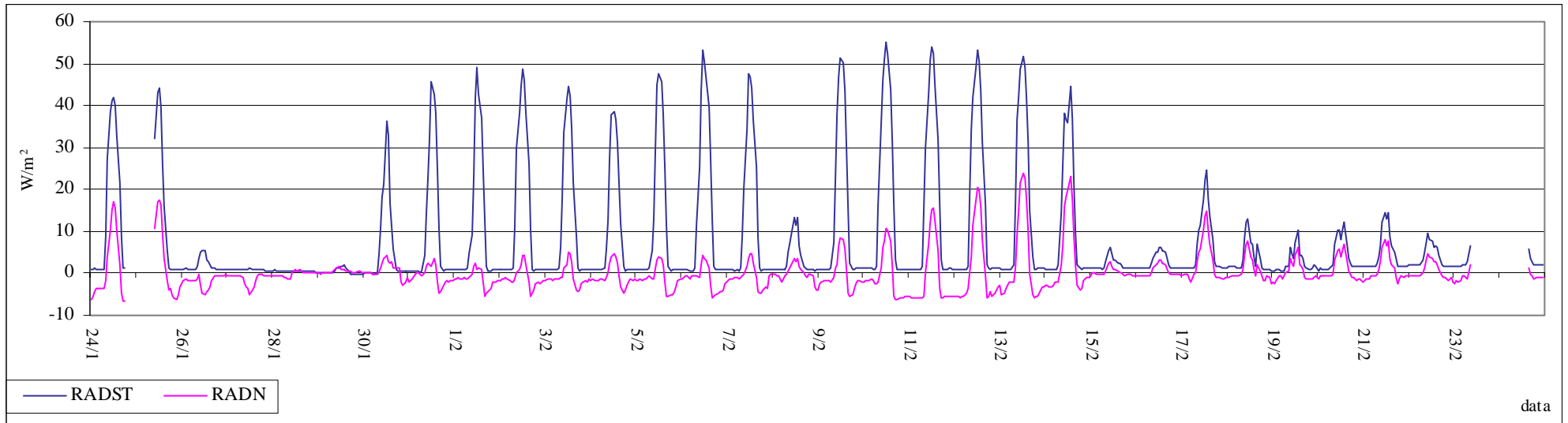
andamento dei dati orari di pressione (hpa)



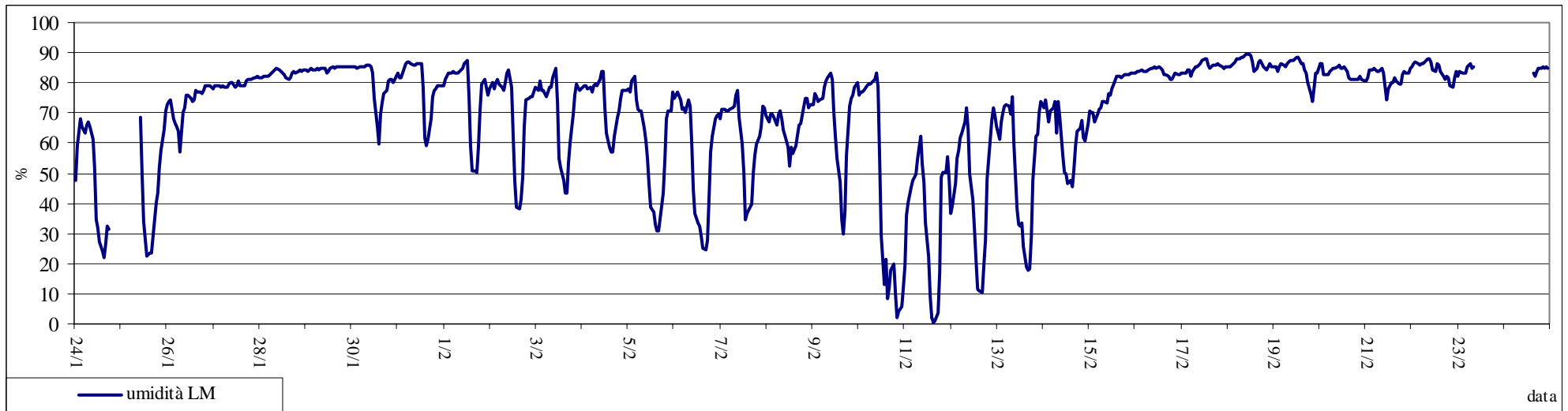
andamento della velocità del vento (m/s)



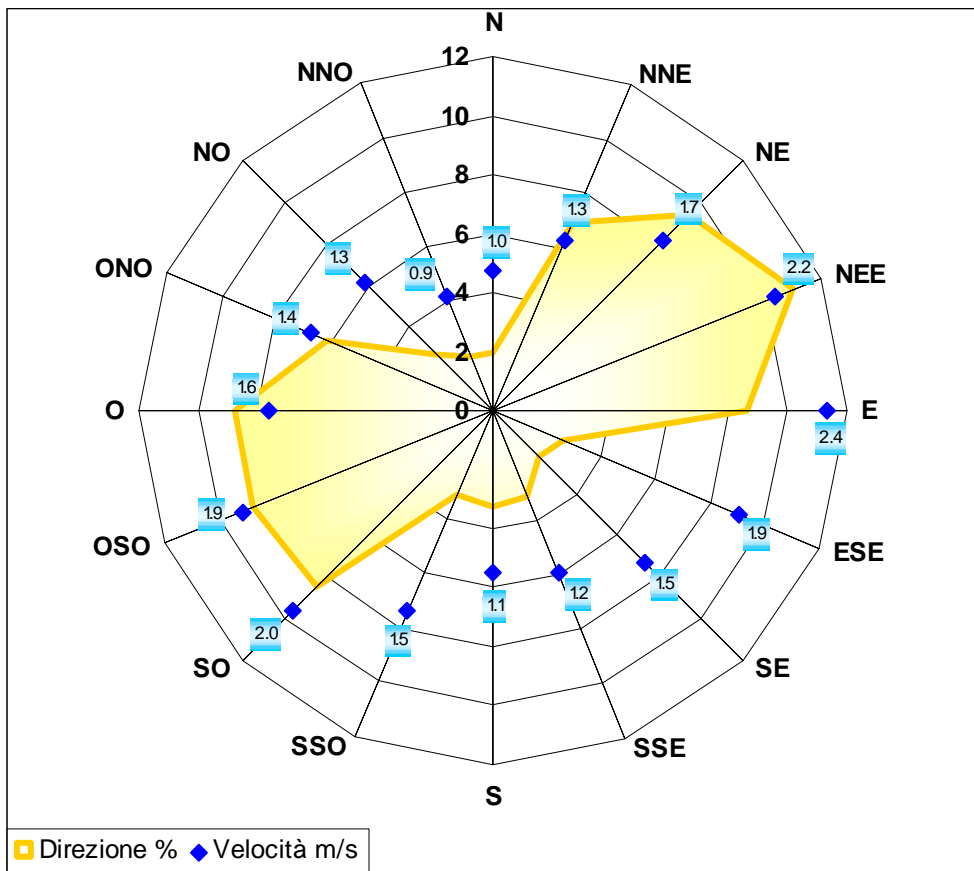
andamento dei dati orari di radiazione solare media (W/m2)



andamento dei dati orari di umidità relativa (%)



Dati del laboratorio mobile – Casalpusterlengo
Direzione di provenienza del vento prevalente (% di accadimenti nel periodo)
Velocità del vento media nel periodo - per direzione (m/s)



	DV	VV
	frequenza %	m/s
N	2.0	1.0
NNE	6.9	1.3
NE	9.4	1.7
NEE	11.0	2.2
E	8.6	2.4
ESE	2.6	1.9
SE	2.2	1.5
SSE	3.1	1.2
S	3.3	1.1
SSO	3.1	1.5
SO	8.5	2.0
OSO	8.7	1.9
O	8.7	1.6
ONO	6.1	1.4
NO	2.7	1.3
NNO	2.0	0.9
Variabile		
Calma	11.1	

Andamento inquinanti nel periodo di misura

Dal 24/01/2006 al 24/02/2006 è stata realizzata nel comune di Casalpuusterlengo una campagna di monitoraggio di Qualità dell'Aria; gli andamenti nel tempo dei diversi inquinanti, oltre a variare in funzione della presenza o meno di sorgenti emissive dipendono anche dalle condizioni meteorologiche presentate nel precedente paragrafo.

Come si può notare sia dalle tabelle che dagli andamenti riportati in grafico l'inquinante che ha presentato delle criticità è stato il **Particolato Fine (PM10)** che è considerato uno dei "nuovi inquinanti". Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine sia naturale che antropica. 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. Durante la permanenza in atmosfera le particelle subiscono diverse trasformazioni, che alterano le loro caratteristiche chimiche e morfologiche.

Durante il periodo di misura il PM10 ha presentato diverse criticità rimanendo praticamente per tutta la campagna al di sopra dei livelli di attenzione, solo in corrispondenza dei giorni interessati dalle perturbazioni si è avuto un significativo abbattimento; i livelli e gli andamenti registrati sono ben confrontabili con quelli delle centraline fisse nella provincia di Lodi situate a Codogno, Lodi, Montanaso e Tavazzano.

Nell'andamento del giorno tipo si evidenzia come nei giorni feriali si ha un innalzamento delle concentrazioni nelle ore diurne, andamento analogo per i sabati dove però si evidenzia un picco tra le ore 20 e le 22, mentre per i giorni festivi si nota una diminuzione delle concentrazioni dei valori, in connessione al minor contributo del traffico stradale.

La presenza in aria di **biossido di zolfo (SO₂)** è da ricondursi al contenuto di zolfo nei combustibili fossili. Dal 1970 ad oggi la tecnologia ha permesso di migliorare i processi di combustione, rendendo disponibile combustibile a basso tenore di zolfo. Le concentrazioni di biossido di zolfo sono così rientrate nei limiti legislativi previsti. In particolare in questi ultimi anni grazie al passaggio al gas naturale le concentrazioni si sono ulteriormente ridotte.

Durante il periodo di misura c'è stato un problema di calibrazione della strumentazione di misura di questo inquinante per cui si è stati obbligati ad invalidarne i dati nel periodo che va dal 6 al 15 febbraio; i livelli di questo inquinante, registrati durante il periodo di misura dal laboratorio mobile e dalle centraline fisse sono sempre di molto al di sotto della soglia di attenzione di 130 µg/m³: in particolare la massima concentrazione giornaliera è stata pari a 10 µg/m³. Il massimo valore orario è stato di 17 µg/m³, anche in questo caso di gran lunga inferiore ai 350 µg/m³ previsti dal DM 60/02 come valore di protezione della salute umana.

e sono ben paragonabili. Nel giorno tipo stante la scarsa significatività dei valori misurati non si evidenzia un andamento marcato, tuttavia si nota un abbassamento dei valori nei giorni festivi.

Il **monossido di carbonio (CO)**, ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. E' un gas la cui origine al suolo e in area urbana è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare (in particolare quando le autovetture sono in fase di decelerazione) e come tale le sue concentrazioni dipendono dai flussi di traffico in prossimità della zona in cui avviene il prelievo. I livelli di concentrazione massima durante il giorno si raggiungono generalmente in concomitanza alle punte di traffico lavorativo di inizio e fine giornata, particolarmente accentuati nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono poi a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera.

Durante il periodo di misura nel comune di Casalpuusterlengo le concentrazioni di monossido di carbonio non hanno mai superato i limiti di legge: la massima media mobile su otto ore è stata pari a 3.7 mg/m³, rispetto alla soglia di attenzione di 10 mg/m³.

L'andamento orario del giorno tipo mostra correlazioni con l'andamento del traffico lavorativo: nei giorni feriali si notano in maniera evidente un picco mattutino alle 9 ed uno serale alle 20.

Gli **ossidi di azoto (NO e NO₂)** vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito dei processi di combustione che si generano negli impianti di riscaldamento, e nei motori a scoppio degli autoveicoli. Le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando le autovetture sono a regime di marcia sostenuta e/o si trovano in fase di accelerazione. Al momento dell'emissione il rapporto in volume tra NO₂ e NO è a favore di quest'ultimo.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, tuttavia viene misurato in quanto oltre a trasformarsi in tempi brevi in NO₂, le sue emissioni contribuiscono ai processi fotochimici per la produzione di O₃ troposferico. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori di qualità.

Durante il periodo di misura le concentrazioni di NO₂, non hanno fatto registrare superamenti dei limiti di legge. La massima concentrazione oraria è risultata pari a 174 µg/m³, rispetto ai 200 µg/m³ previsti come soglia di attenzione.

L'andamento giornaliero del monossido di azoto, anch'esso originato principalmente dal traffico, durante i giorni feriali presenta un picco mattutino alle 9 ed uno serale alle 20 meno accentuati di sabato; nei giorni festivi l'andamento si presenta quasi senza modulazioni.

Il biossido di azoto, essendo un inquinante secondario, è meno influenzato da emissioni dirette presenta comunque un andamento con due modulazioni.

A differenza dei suoi precursori, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità emesse in prossimità delle sorgenti, la formazione di **Ozono (O₃)** è più complessa. Inquinante secondario, viene prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono NO_x e composti organici volatili. Nelle atmosfere dei centri urbani, durante le ore in cui il traffico è più intenso, si ha un graduale accumulo di NO con successiva formazione di NO₂. Si arriva quindi alla formazione di ozono, che raggiunge valori massimi durante le ore centrali della giornata. Nel corso del pomeriggio la diminuzione della radiazione solare e la nuova emissione di reattivi riducono progressivamente i livelli di ozono, riportandolo a valori minimi.

Durante questa campagna l'ozono ha registrato valori molto bassi come ci si aspettava visto che la campagna è stata condotta in periodo invernale e particolarmente freddo mentre i massimi valori di questo inquinante si ottengono tra maggio e settembre, nei mesi in cui è massima l'insolazione; il giorno tipo comunque risulta rispondente al tipico andamento a "campana", presentando un innalzamento delle concentrazioni, seppur molto lieve, nelle ore centrali della giornata, quando cioè i processi di formazione dell'ozono sono favoriti per la maggior presenza di luce solare; i massimi si registrano infatti verso le 15, con valori più elevati durante la domenica quando sono minori le emissioni di monossido di azoto che contribuiscono mediante reazioni chimiche ad abbattere le concentrazioni di ozono.

L'evoluzione temporale dei diversi inquinanti monitorati è riportata nelle tabelle ed è rappresentata con l'utilizzo di grafici relativi a:

- concentrazioni medie orarie: evoluzione oraria dell'inquinante nel periodo di misura;
- concentrazioni medie 8 h: ogni valore è ottenuto come media tra l'ora *h* e le 7 ore precedenti l'ora *h*.
- concentrazioni medie giornaliere: evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 0.00 alle ore 23.00 dello stesso giorno;
- giorno tipo: evoluzione media delle concentrazioni medie orarie nell'arco delle 24 ore.

Si fa inoltre presente che l'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora solare.

Confronto delle misure con i dati rilevati da postazioni fisse

I dati rilevati (SO₂, NO_x, CO, O₃, PM₁₀) nel Comune di Casalpusterlengo sono stati messi a confronto con quelli registrati nel medesimo periodo dalla strumentazione presente in alcune centraline appartenenti alla rete fissa di Lodi, inoltre è stato fatto un confronto diretto con i dati misurati nella centralina di San Giuliano Milanese in quanto questa è una centralina da traffico ubicata sulla stessa strada statale 9 via Emilia.

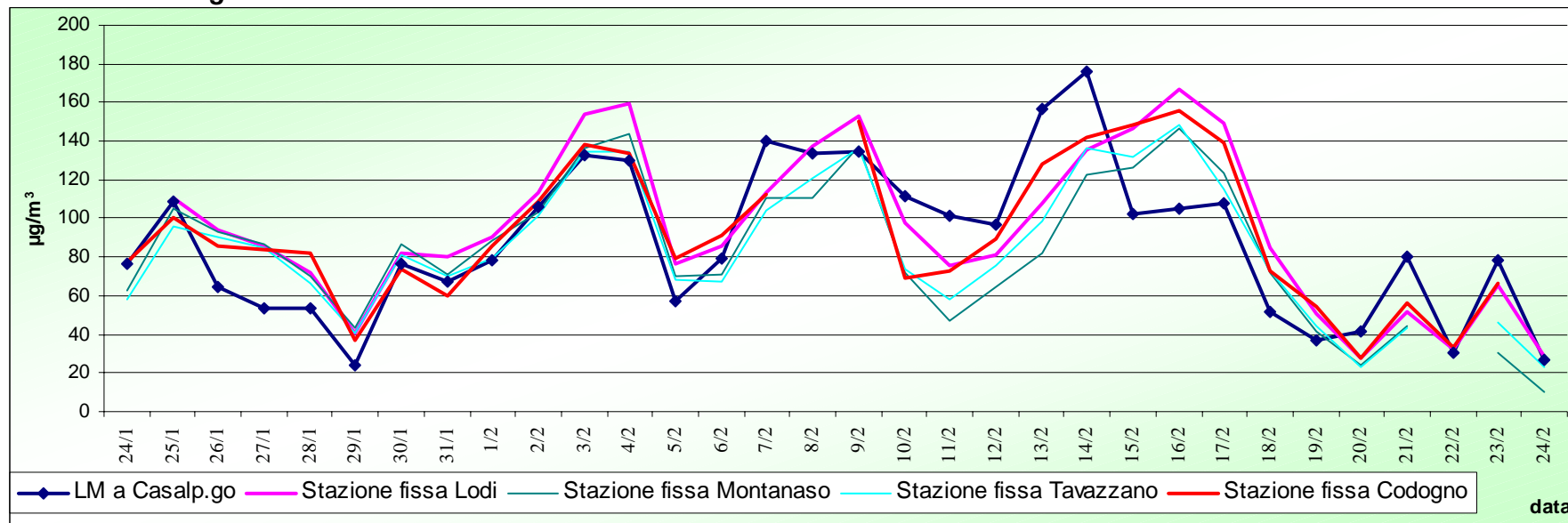
In particolare nelle Tabelle riportate da pag. 33 a pag. 37 si riportano:

- media delle concentrazioni medie orarie o giornaliere e rispettiva deviazione standard;
- eventuale valore massimo orario;
- eventuale massima media 8h;
- numero giorni in cui sono stati superati i livelli di attenzione e allarme

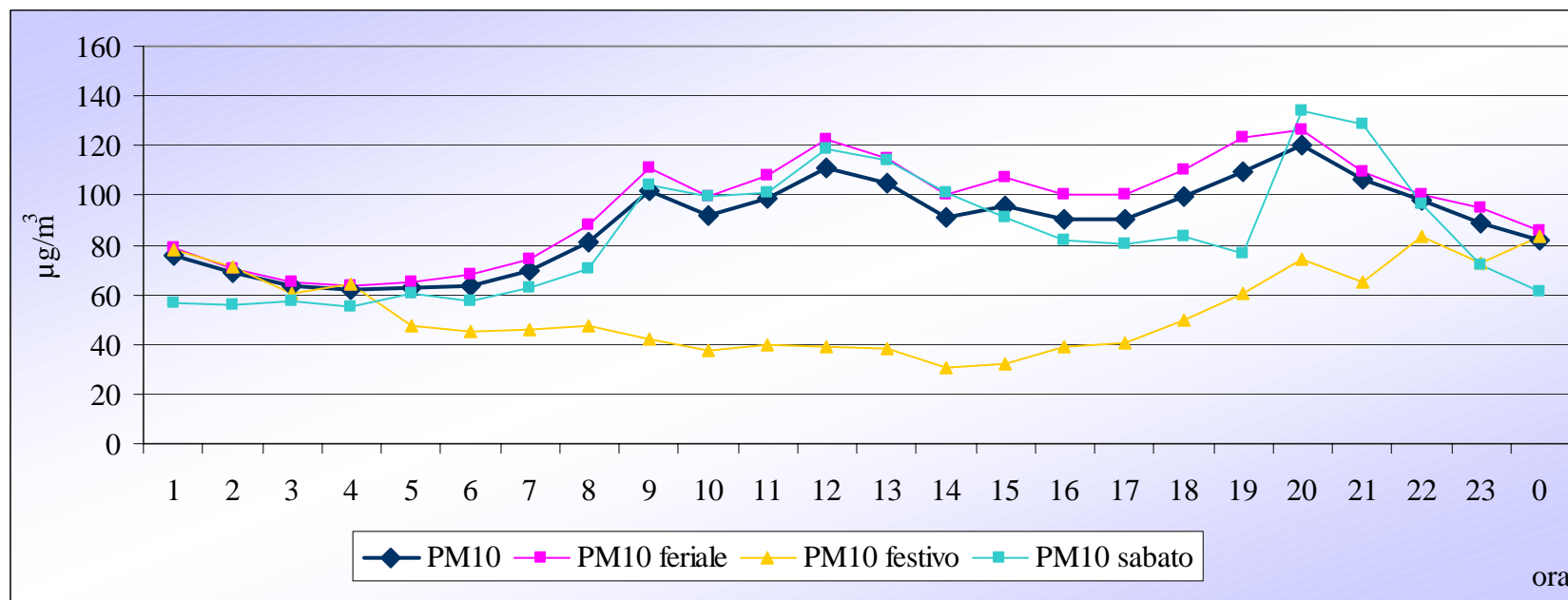
Relativamente agli inquinanti rilevati nel periodo di misura si riportano i seguenti grafici:

- SO₂:andamento orario, giornaliero e giorno tipo
- NO₂:andamento orario, giornaliero e giorno tipo
- CO:andamento orario, sulle otto ore, giorno tipo e giornaliero
- O₃:andamento orario, sulle otto ore, giorno tipo e giornaliero
- PM₁₀: andamento giornaliero e distribuzione di frequenza dati giornalieri

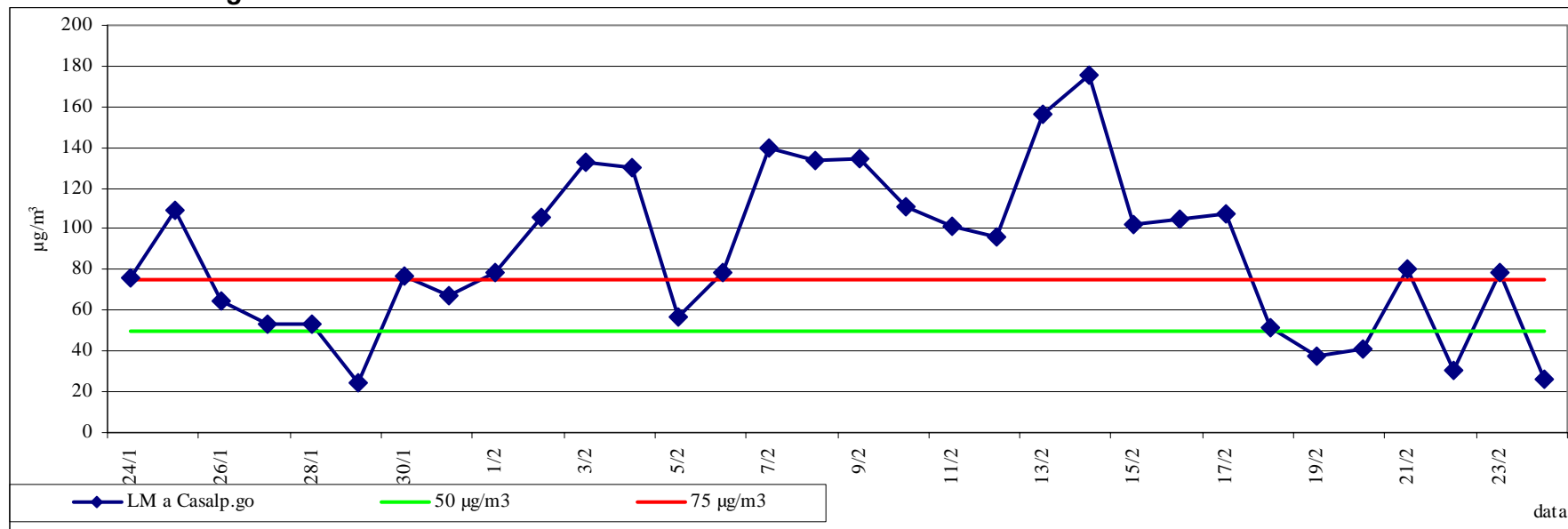
confronto media giornaliera PM10



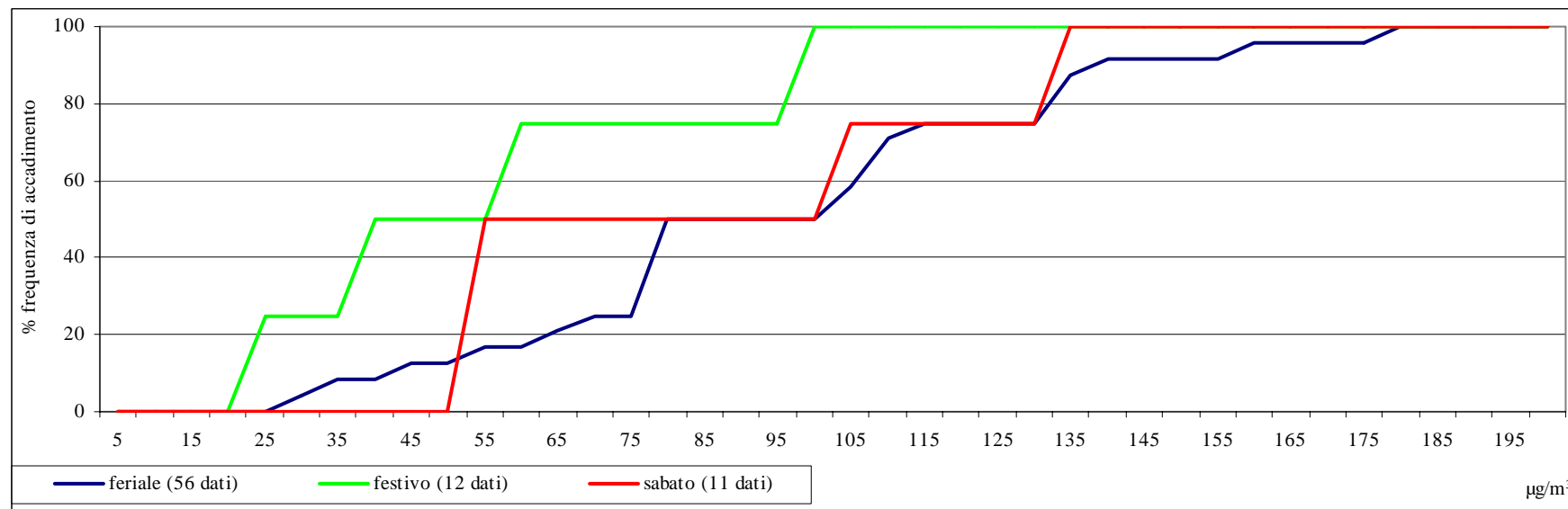
giorno tipo PM10



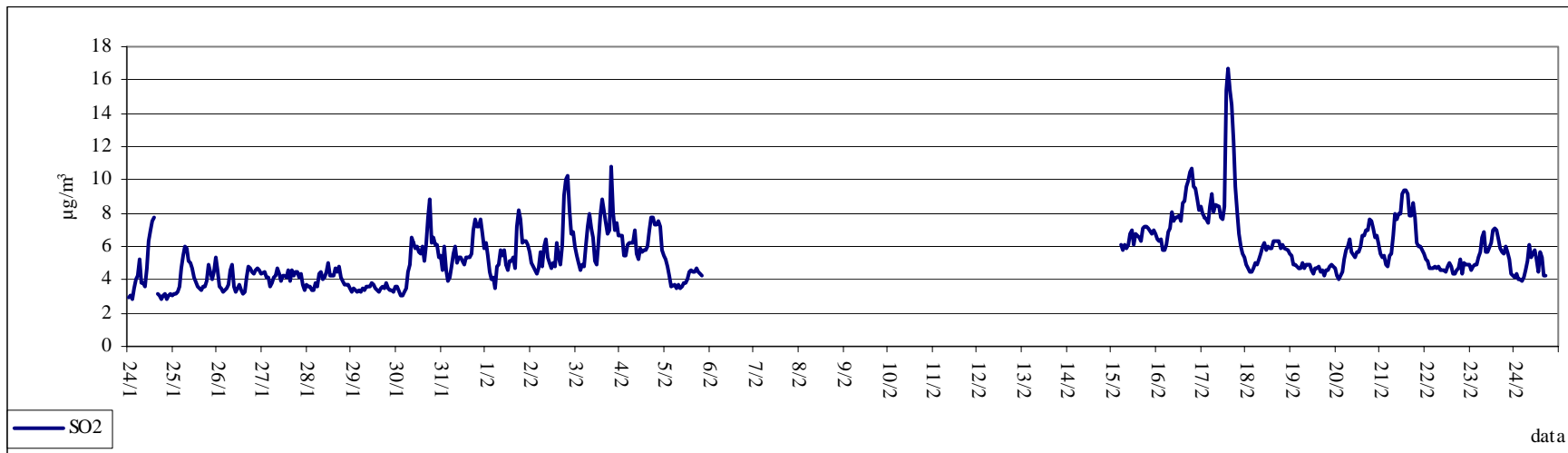
andamento media giornaliera PM10



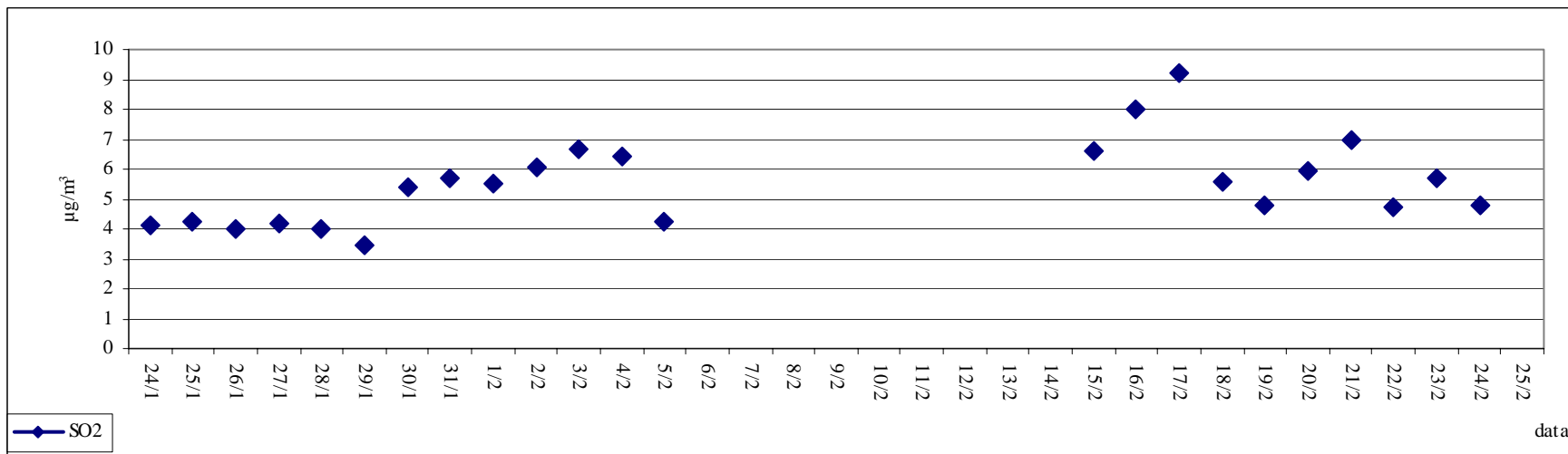
distribuzione media giornaliera PM10



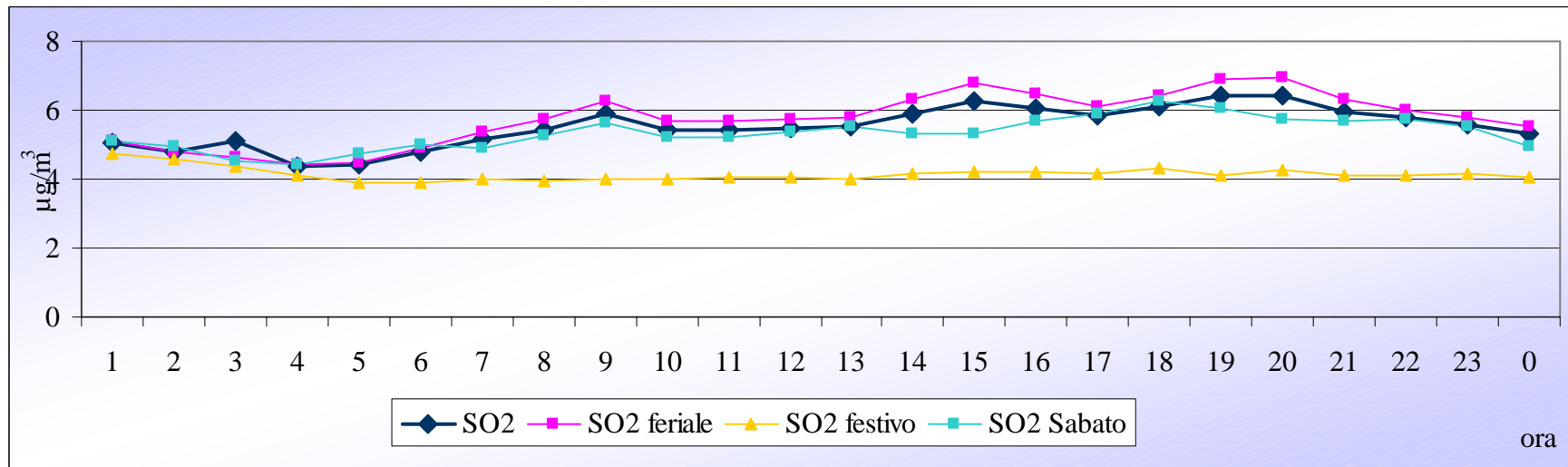
andamento concentrazione oraria SO2



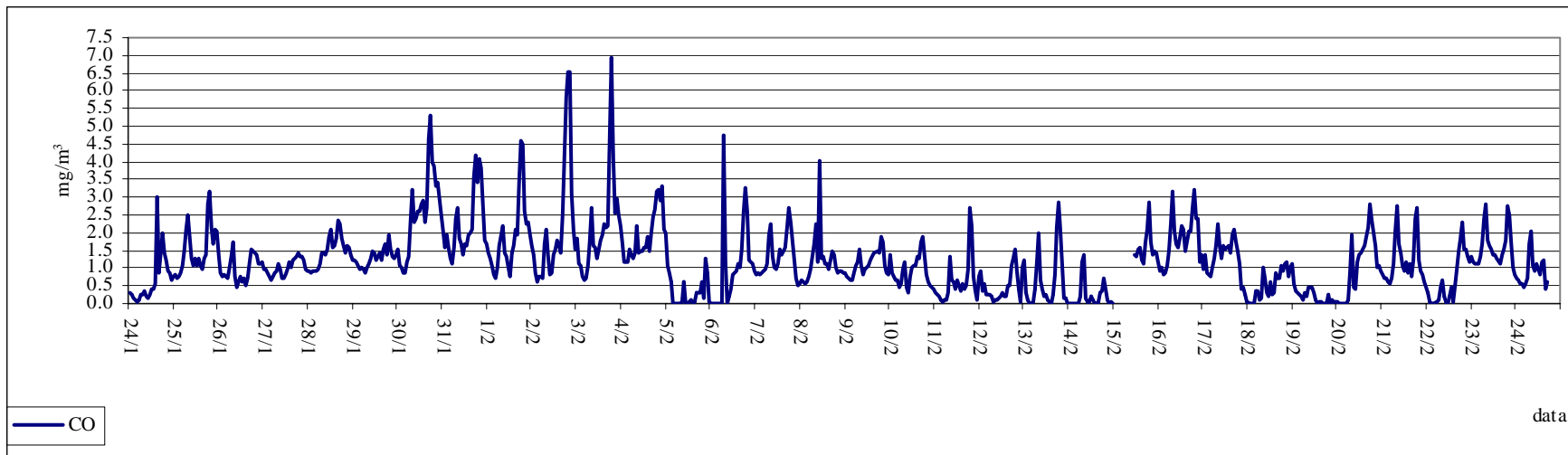
andamento media giornaliera SO2



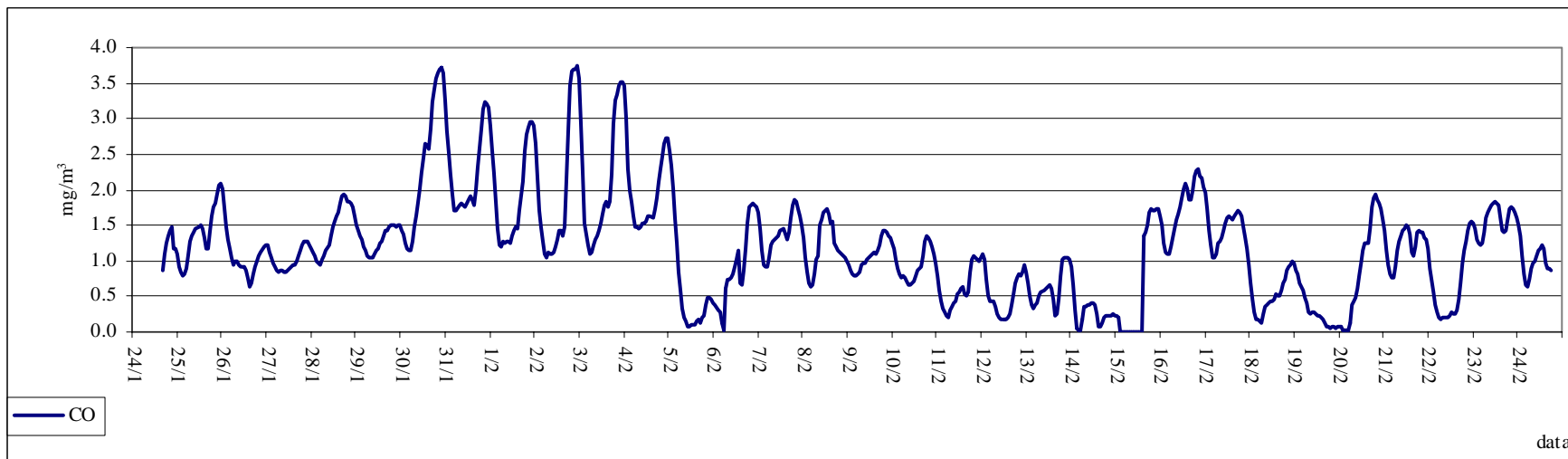
giorno tipo SO2



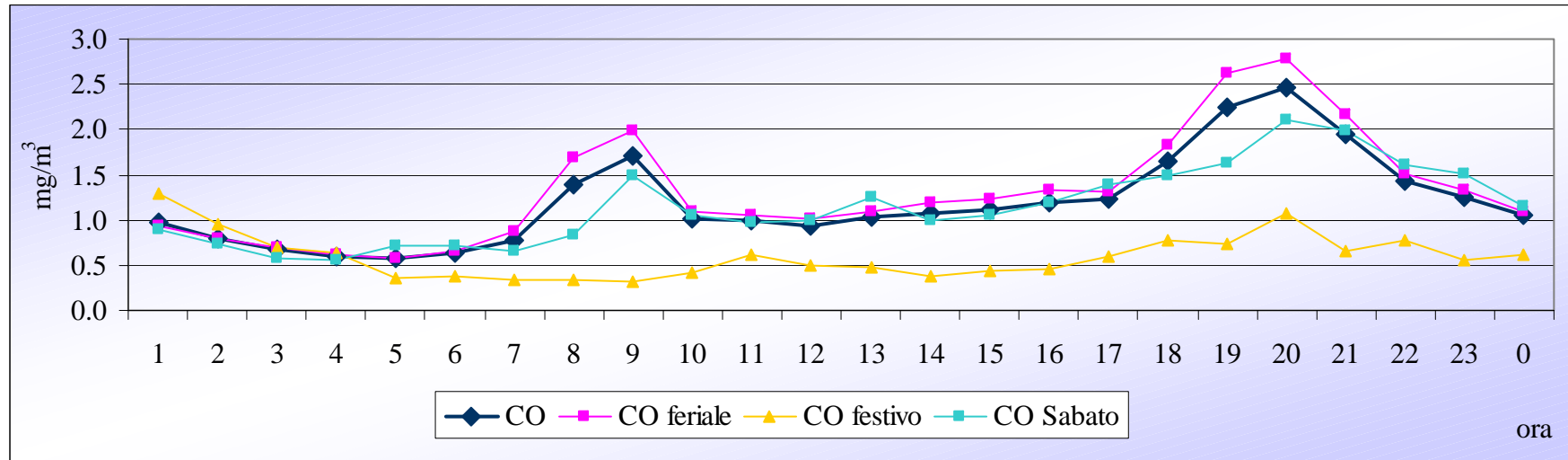
andamento concentrazione oraria CO



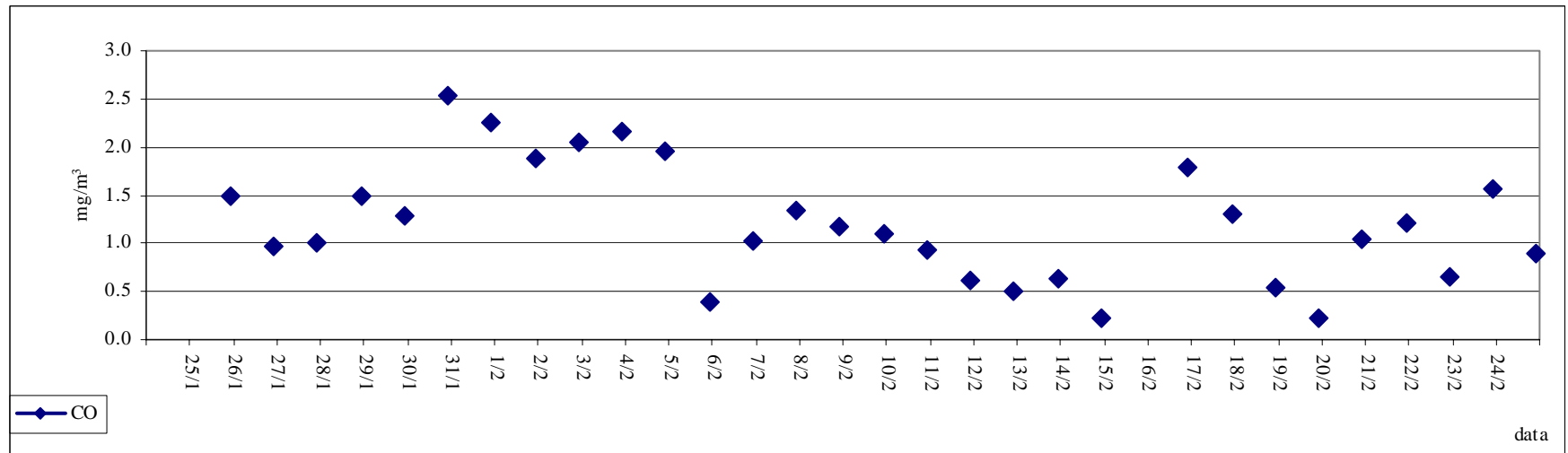
andamento media 8 ore CO



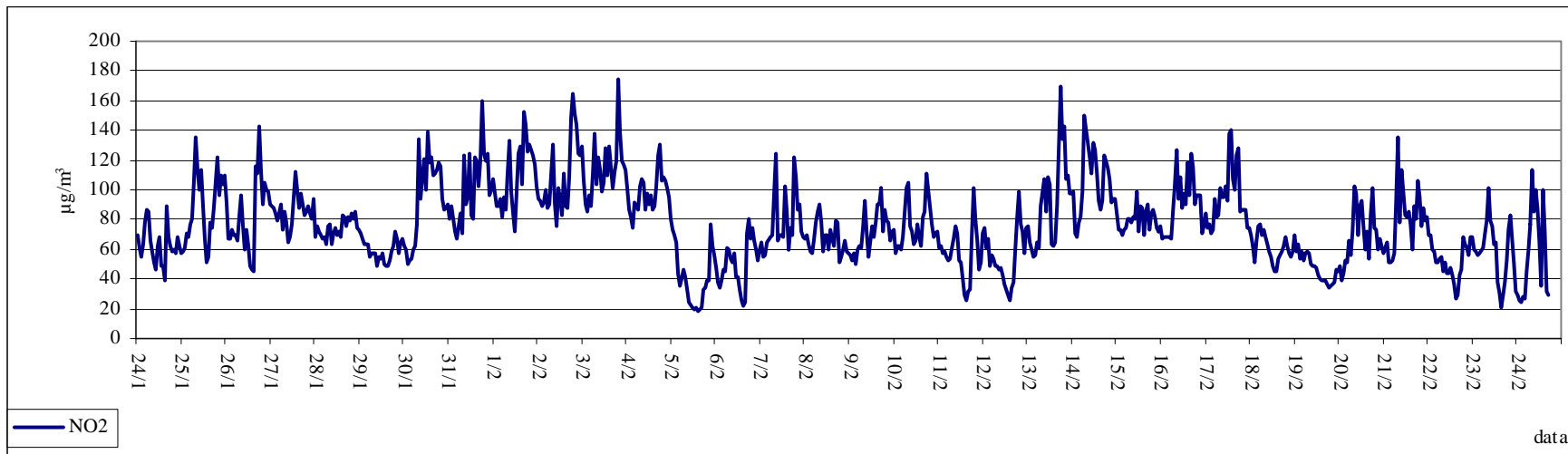
giorno tipo CO



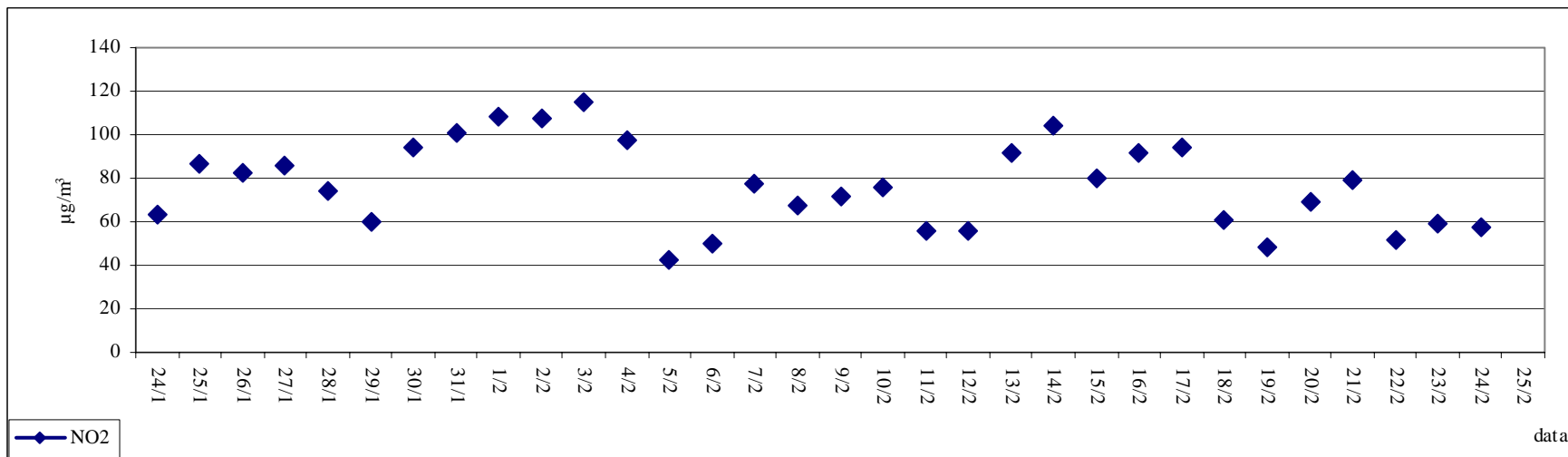
andamento media 8 ore CO



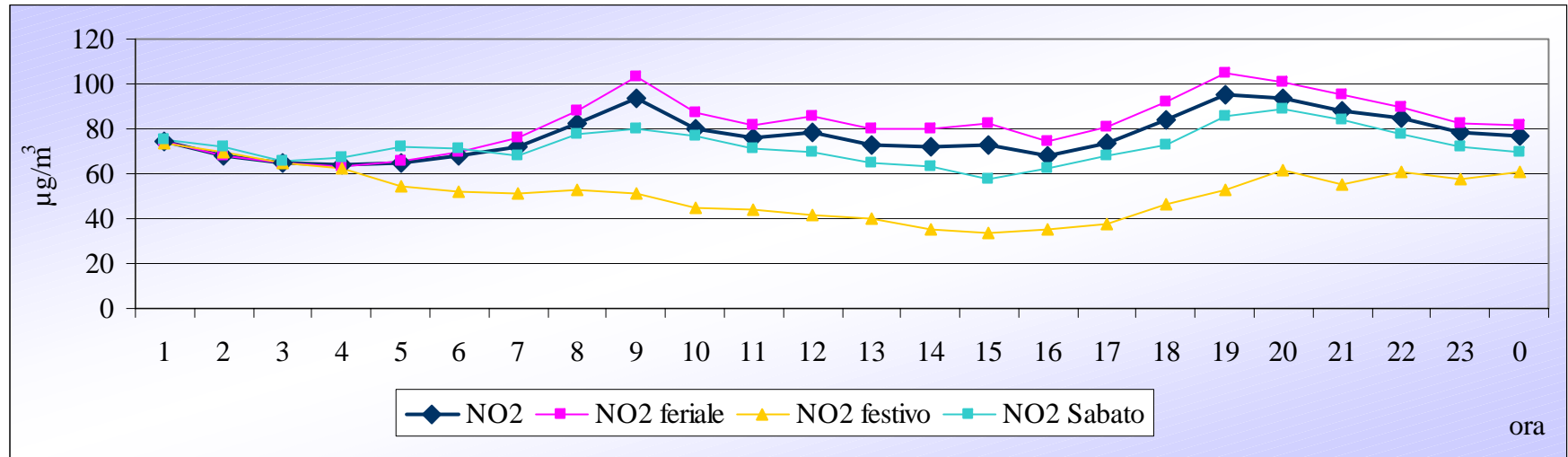
andamento concentrazione oraria NO2



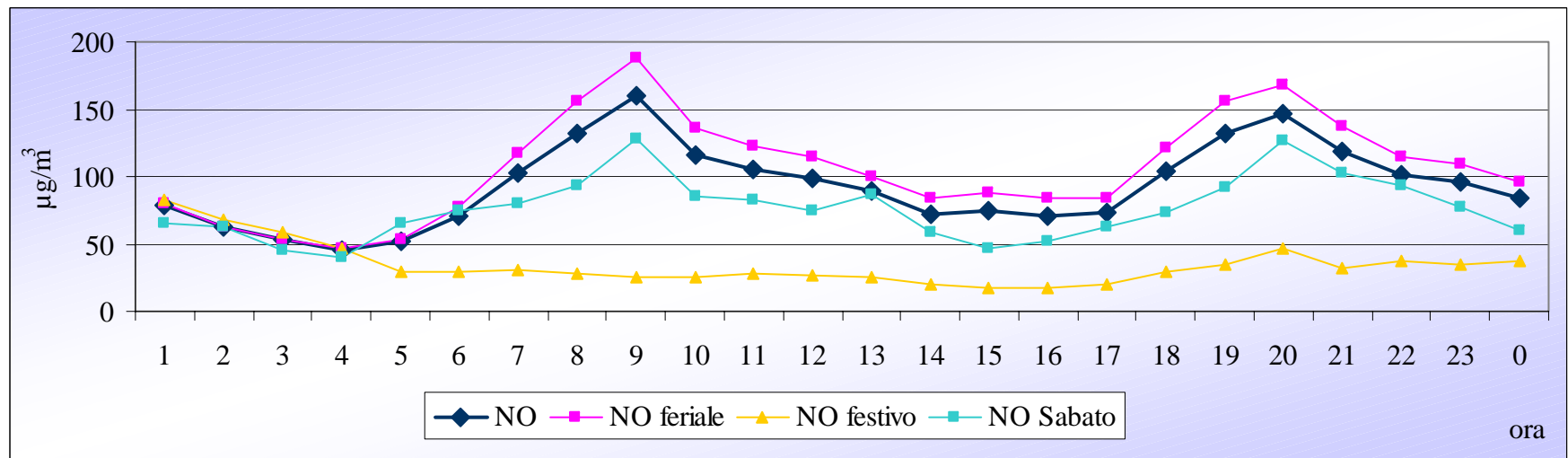
andamento media giornaliera NO2



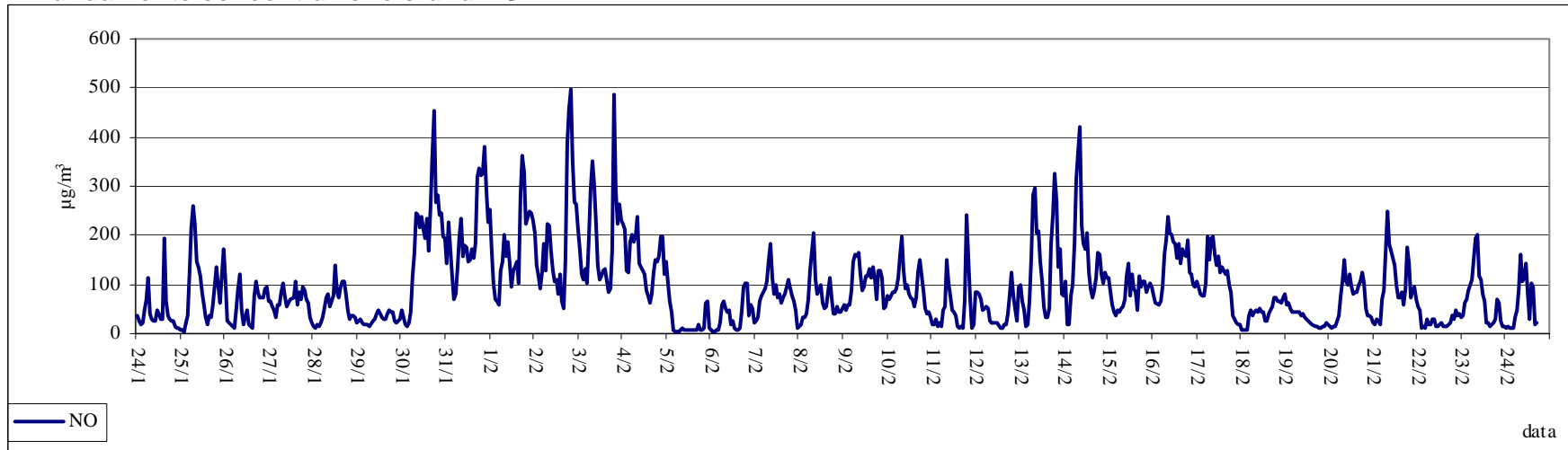
giorno tipo NO2



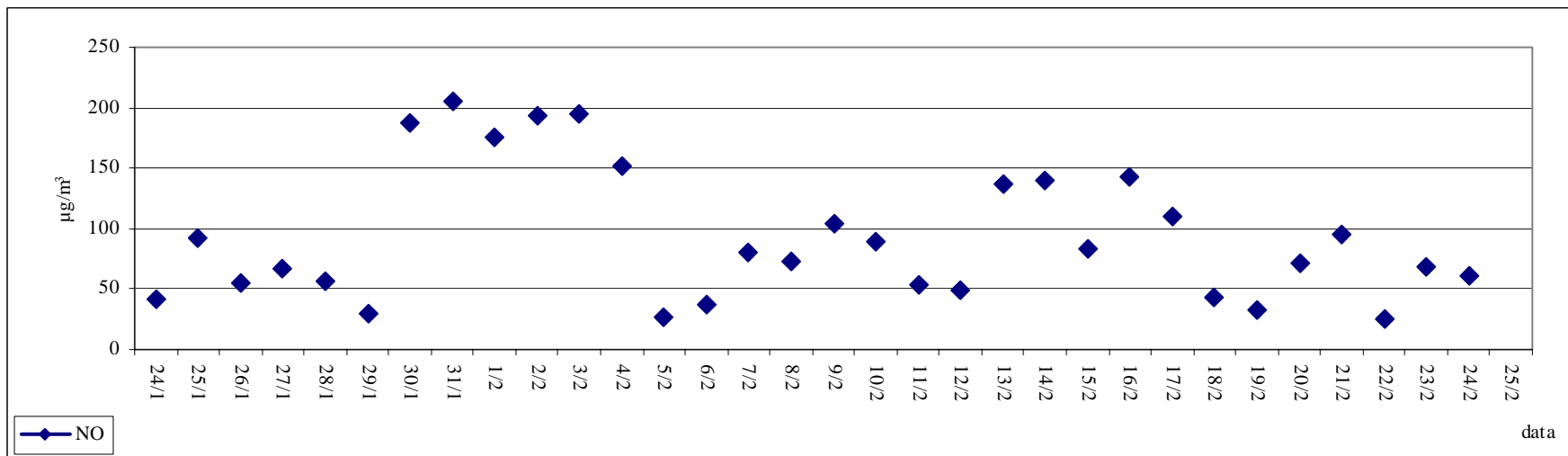
giorno tipo NO



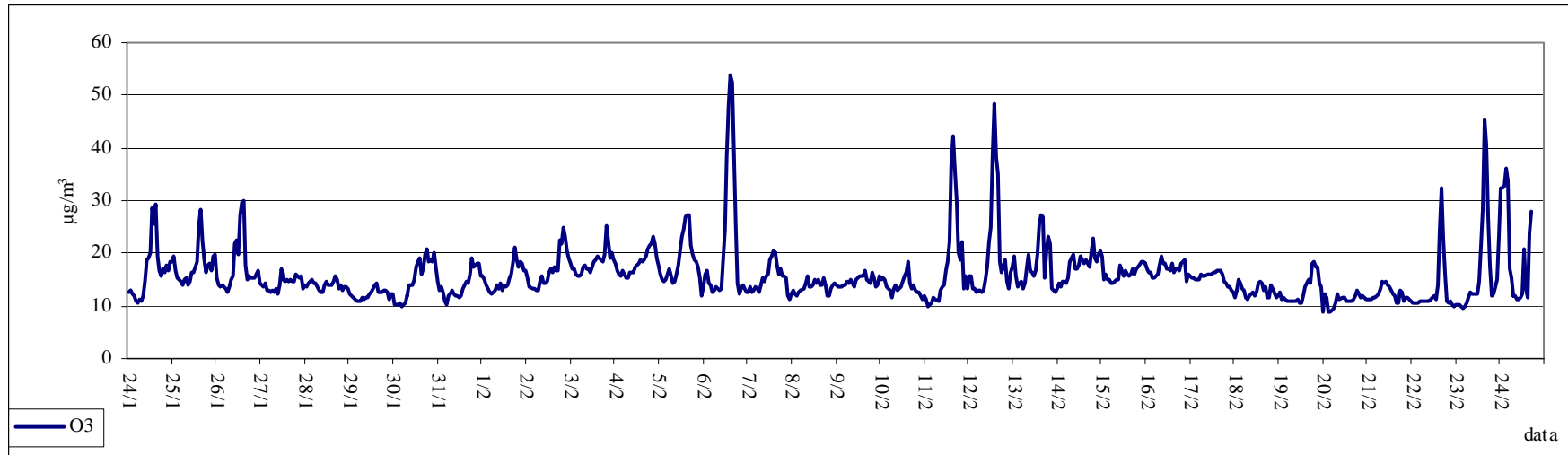
andamento concentrazione oraria NO



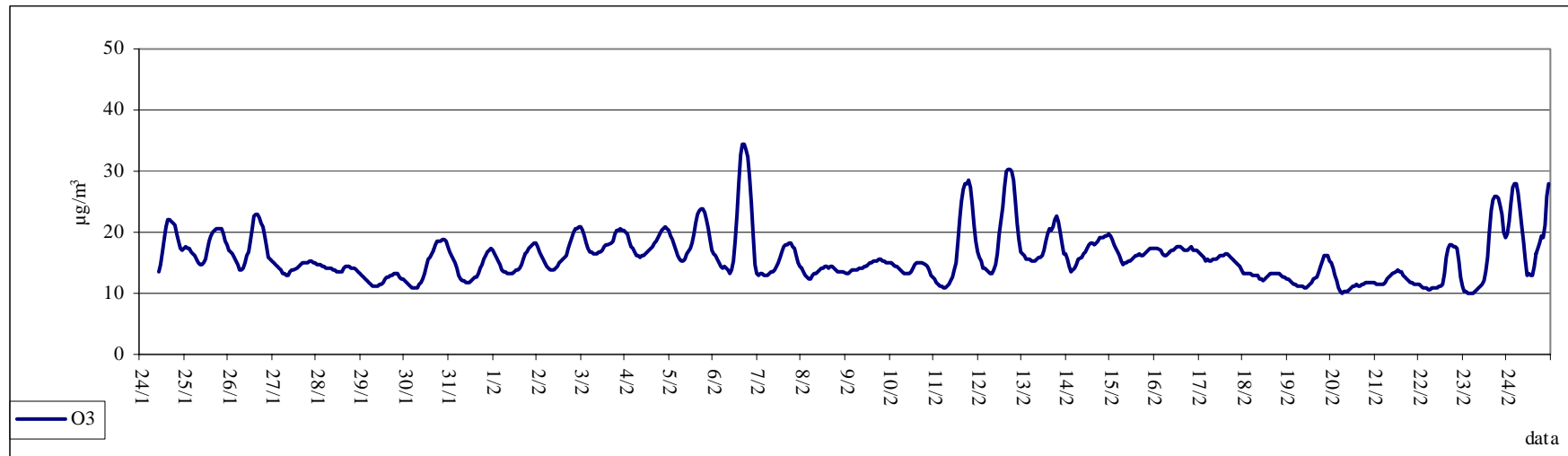
andamento media giornaliera NO



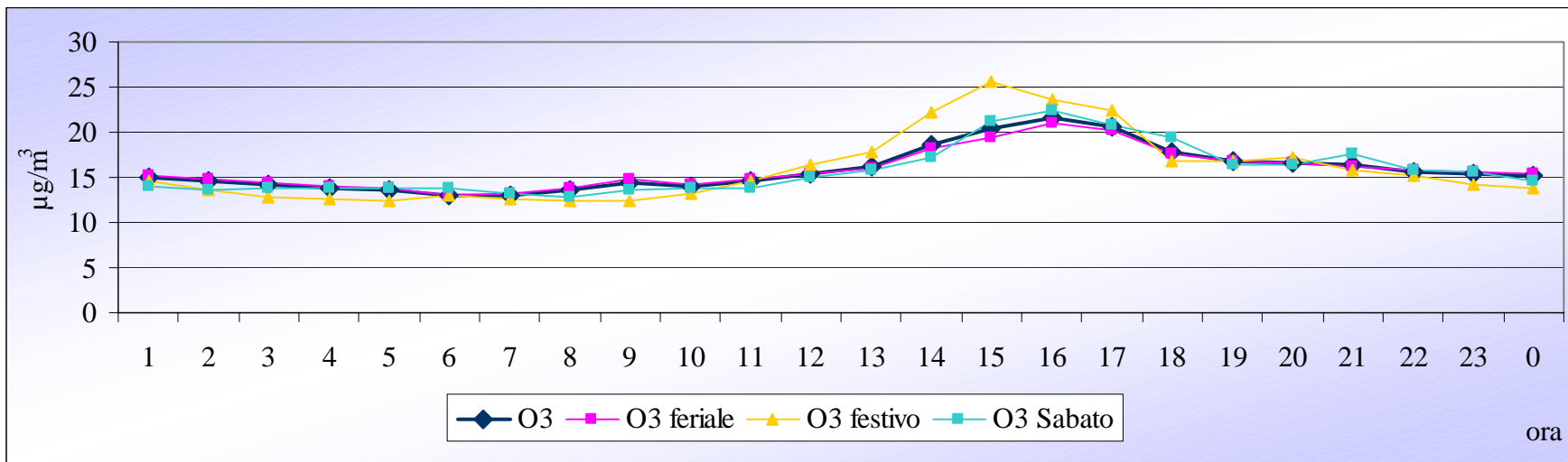
andamento concentrazione oraria O3



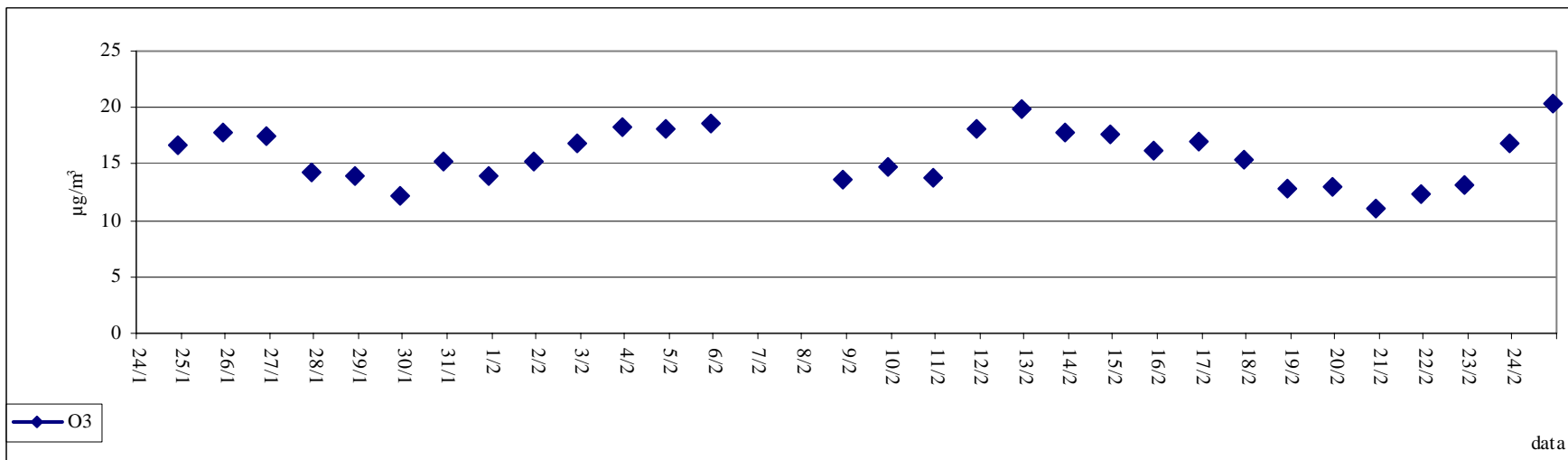
andamento media 8 ore O3



giorno tipo O3



andamento media giornaliera O3



Tabelle

nota:

- I dati sono riferiti al periodo:
24/01/2006 - 24/02/2006;

Biossido di Azoto

	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	Max Media1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione	Nr. giorni superamento Liv. Allarme
Laboratorio mobile	99	77	27	174	0	0
Abbadia Cerreto	100	49	19	161	0	0
Castiraga Vidardo	100	57	19	131	0	0
Codogno	98	61	20	158	0	0
Lodi	100	75	26	213	1 04/02/2006	0
Montanaso lombardo	98	59	21	139	0	0
S. Rocco al Porto	100	62	22	148	0	0
Tavazzano	100	47	15	96	0	0

Biossido di Zolfo

	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	Max Media 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione	Nr. giorni superamento Liv. Allarme
Laboratorio mobile	70	5.5	1.8	9.2	0	0
Abbadia Cerreto	100	0.7	0.9	2.5	0	0
Castiraga Vidardo	100	1.4	1.2	3.2	0	0
Codogno	97	2.6	1.5	4.0	0	0
Lodi	100	5.5	1.1	7.0	0	0
Montanaso Lombardo	100	2.3	1.7	5.0	0	0
Tavazzano	99	2.7	3.0	9.1	0	0

Monossido di Carbonio

	% Rend.	Media (mg/m ³)	Dev St.	Max Media 1 h (mg/m ³)	Max Media 8 h (mg/m ³)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione
Laboratorio mobile	98	1.2	1.0	6.9	3.7	0
Lodi	100	1.8	0.8	7.4	5.4	0
S. Rocco al Porto	70	1.0	0.5	3.8	2.9	0

Ozono

	% Rend.	Media (µg/m ³)	Dev St.	Max Media 1 h (µg/m ³)	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione	Max Media 8 h (µg/m ³)	Nr. giorni superamento Liv. Protezione per la Salute
Laboratorio mobile	99	16	5	54	0	34	0
Abbadia Cerreto	100	6	5	30	0	23	0
Montanaso Lombardo	100	8	12	59	0	48	0

PM10

	% Rend.	Media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev St.	giorni superamento Liv. Attenzione	Nr. giorni superamento Liv. 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Laboratorio mobile	99	89	55	27 24/01-28/01; 30/01-18/02; 21/02; 23/02	21 24/01-25/01; 30/01; 01/02-04/02; 06/02-17/02; 21/02; 23/02
Lodi	97	95	40	27 25/01-28/01; 30/01-19/02; 21/02; 23/02	23 25/01-27/01; 30/01-18/02
Montanaso	97	84	37	24 24/01-28/01; 30/01-10/02; 12/02-18/02	16 25/01-27/01; 30/01; 01/02-04/02; 07/02-09/02; 13/02-17/02
Tavazzano	97	85	35	25 24/01-28/01; 30/01-18/02	16 25/01-27/01; 30/01; 01/02-04/02; 07/02-09/02; 13/02-17/02
Codogno	94	92	36	27 24/01-28/01; 30/01-07/02; 09/02-19/02; 21/02; 23/02	19 24/01-28/01; 01/02-07/02; 09/02; 12/02-17/02
S. Rocco al Porto	97	67	31	23 24/01-28/01; 30/01; 01/02-17/02	11 25/01; 03/02-04/02; 06/02-09/02; 13/02-16/02

Confronto con medie periodo degli inquinanti con centralina fissa da traffico posta a bordo della SS 9 a San Giuliano Milanese

	Media SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max 24 ore SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max 1 h NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media CO (mg/m^3)	Max 1 h CO (mg/m^3)
Laboratorio mobile a Casalpusterlengo	5.5	9.2	77	174	1.2	6.9
S. Giuliano Milanese	3.9	6.8	94	259	2.1	5.7

Conclusioni

Durante i giorni della campagna di misura di Casalpuusterlengo tra i parametri misurati (SO_2 , NO_x , CO, O_3 , PM10), si sono verificati superamenti del limite per le polveri sottili.

Si rileva che i livelli di polveri PM10 misurati a Casalpuusterlengo sono risultati confrontabili con quelli registrati dalle postazioni fisse della provincia, questo fatto evidenzia il carattere ubiquitario di questo inquinante; in particolare è possibile fare un confronto con le centraline fisse di Lodi e Codogno che, pur presentando medie di questo inquinante leggermente superiori hanno fatto registrare lo stesso numero di giorni di superamentodel limite. Le stazioni fisse di Lodi e Codogno, per la loro ubicazione, risultano anch'esse influenzate dal traffico stradale; l'influenza del traffico stradale sui dati registrati durante la campagna si desume, come descritto precedentemente, dai grafici del giorno tipo dove, nelle ore di punta del traffico stradale si ha un aumento degli inquinanti assente nelle stesse ore dei giorni festivi.

Nell'ultima tabella riportata sono stati messi a confronto i dati ottenuti a Casalpuusterlengo con i dati registrati a San Giuliano Milanese per l'analoga posizione rispetto a tratti urbani di via Emilia (ss 9) particolarmente trafficati; da questo confronto si evidenzia come la concentrazione di biossido di zolfo sia paragonabile e comunque abbia registrato valori prossimi alla sensibilità dello strumento, per il monossido di carbonio si sono registrati valori paragonabili e leggermente inferiori rispetto a Lodi e San Giuliano Milanese. Per quanto riguarda il biossido di azoto la media del periodo registrate a Casalpuusterlengo è molto simile a quella registrata a Lodi con l'unica differenza che a Lodi c'è stato un episodio particolarmente acuto che ha determinato il superamento della soglia di attenzione in data quattro febbraio, rispetto a San Giuliano Milanese la situazione di Casalpuusterlengo è meno critica.

Allegato 1)

Dati orari inquinanti

Allegato 2)

Dati giornalieri PM10

Allegato 3)

Dati orari meteorologici