

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Unità Operativa Prevenzione e Controlli Ambientali integrati

RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

*Comune di Livorno
Anno 2004*

5 ottobre 2005

INDICE

1. PREMESSA	4
2. LA CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE	5
2.1 Descrizione del territorio	5
2.2 Inventario comunale delle sorgenti di emissione	6
2.2.1 Disaggregazione geografica dei dati dell'inventario comunale	7
3. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	10
3.1 Caratteristiche dei principali inquinanti monitorati	10
3.1.1 Materiale particolato (PM ₁₀ e PM _{2,5}) e Polveri totali sospese (PTS)	10
3.1.2 Biossido di zolfo (SO ₂)	11
3.1.3 Monossido di carbonio (CO)	11
3.1.4 Biossido di azoto (NO ₂) e ossidi di azoto (NO _x)	12
3.1.5 Ozono (O ₃)	12
3.1.6 Benzene (C ₆ H ₆)	13
3.1.7 Idrocarburi non metanici	13
3.2 Valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente	14
3.3 Stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria	16
3.3.1 Caratteristiche delle stazioni della rete pubblica	18
3.3.2 Caratteristiche delle stazioni della rete privata	19
3.3.3 Inquinanti monitorati	19
3.4 Campagne di rilevamento	20
4. DATI RACCOLTI – ELABORAZIONE E COMMENTO	20
4.1 Rendimenti degli analizzatori delle postazioni fisse della rete pubblica	20
4.2 Dati rilevati e confronto con i limiti della normativa	22
4.2.1 PM ₁₀	25
4.2.2 PM _{2,5}	29
4.2.3 PTS	29
4.2.4 SO ₂	30
4.2.5 CO	34
4.2.6 NO ₂	39
4.2.7 NO _x	44
4.2.8 O ₃	49
4.2.9 Benzene	52

Piazza Mazzini	53
4.3 Casi di particolare rilevanza.....	56
4.3.1 Superamenti delle soglie di allarme (ai sensi del DM 2/4/2002 e della Direttiva 2002/3/CE) – Episodi acuti	56
4.3.2 Considerazioni su alcuni eventi di concentrazione elevata di PM ₁₀	57
4.3.3 Casi rilevanti segnalati dalla cittadinanza.....	59
5. ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DEGLI INQUINANTI NEL TRIENNIO	
2002-2004	60
5.1 PM ₁₀	61
5.2 SO ₂	62
5.3 NO ₂	62
5.4 NO _x	63
5.5 CO	63
5.6 O ₃	64
5.7 Benzene.....	65
6. CONDIZIONI METEOROLOGICHE	66
6.1 Analisi dell'andamento meteorologico nell'anno 2004	66
7. CONSIDERAZIONI FINALI	69
INDICE DELLE TABELLE.....	73

1. PREMESSA

Il 25 luglio 2005 il Dipartimento Provinciale ARPAT di Livorno ha costituito un Gruppo di Lavoro per la redazione del “Rapporto annuale sulla qualità dell’aria del Comune di Livorno” per l’anno 2004. Il Gruppo, coordinato dal Dott. Guido Spinelli, Responsabile dell’Unità Operativa Prevenzione e Controlli Ambientali Integrati di questo Dipartimento, è composto dai seguenti funzionari e tecnici:

Ing. Francesca Andreis,
Ing. Armando Lombardi,
Dott. Massimo Lazzari,
T.P.A. Diana Gambicorti,
T.L.B. Stefano Fortunato.

La stesura del Rapporto è basata principalmente sui dati provenienti dalle reti di monitoraggio presenti nel territorio Livornese. Esso tuttavia fornisce indicazioni complessive che non si limitano alla semplice esposizione dei dati rilevati.

Il lavoro è strutturato in sei capitoli. Dopo una sintetica illustrazione del contesto territoriale e della situazione delle pressioni sulla matrice aria (Cap. 2), vengono descritte le caratteristiche degli inquinanti di maggior interesse e delle reti di monitoraggio presenti a Livorno. Il quarto capitolo è dedicato alla presentazione dei risultati in relazione a limiti, parametri e indicatori definiti dalle norme di riferimento; le elaborazioni, in forma tabellare e grafica, sono corredate da considerazioni finalizzate alla comprensione delle relazioni tra pressioni e stato. Si è poi ritenuto utile procedere alla redazione di una sezione (Cap. 5) dedicata all’analisi dei trend dei principali indicatori di qualità, analisi che può consentire valutazioni più complete circa l’adeguatezza delle risposte tramite le quali si intendono risolvere i problemi emersi in termini di impatti e di stato di qualità dell’ambiente, così come richiesto dall’approccio DPSIR. Nel sesto capitolo vengono illustrate le condizioni meteorologiche di riferimento dell’anno 2004. Nell’ultimo capitolo, infine, sono presentate le valutazioni e indicazioni complessive sullo stato e sulle possibili risposte inquadrare in una logica di efficace gestione delle problematiche legate alla qualità dell’aria.

Ci si augura che il lavoro risponda in maniera adeguata alla necessità di avere una conoscenza di buon livello delle problematiche legate alla qualità dell’aria; va poi evidenziato, a nostro parere, che il documento non eccede in complessi tecnicismi, se non dove strettamente indispensabile, e si presenta quindi di agevole lettura, con ciò offrendo la possibilità di una sua divulgazione anche tra utenti non esperti. Purtroppo, il rapporto presenta margini di miglioramento soprattutto in relazione ad alcune lacune emerse in fase di stesura e che sono state puntualmente illustrate nel testo.

Livorno, 5 ottobre 2005

Fabrizio Righini, Responsabile del Dipartimento Provinciale ARPAT

2. LA CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE

2.1 Descrizione del territorio

La città di Livorno occupa una superficie di 104,79 km² ed ha una popolazione residente di 156.274 abitanti (dati censimento 2001) con una densità abitativa di 1.491 ab/km². Il territorio presenta caratteristiche variabili (costa, pianura, prima collina) ed il tessuto urbano, come noto, è caratterizzato da usi del territorio diversi ed a tratti concorrenti, come nel caso della parte nord della città, in cui è molto stretta l'interconnessione tra le funzioni e le destinazioni più propriamente urbane ed attività produttive ed economiche, tra le quali spiccano attività industriali rilevanti dal punto vista ambientale e della sicurezza industriale.

Livorno dispone poi di un'area portuale di rilevanza nazionale ed internazionale che si estende all'interno e lungo la linea di costa compresa tra la foce del canale Scolmatore del Fiume Arno ed il bacino Morosini. Il porto copre una superficie di circa 1.600.000 m² ed è dotato di 11 km di banchine con 90 accosti, che vanno a costituire due grandi sistemi, uno più recente a vocazione industriale, risalente agli anni trenta, e l'altro più antico di tipo commerciale. Esso è caratterizzato da un intenso movimento di molteplici tipi di navi: petroliere, chimichiere, gasiere, portacontainers, traghetti per automobili, navi per trasporto alla rinfusa di merci varie (granaglie, fertilizzanti, ecc.), navi refrigerate per il trasporto di derrate alimentari, cui si aggiunge il notevole traffico di bettoline e piccoli natanti adibiti al bunkeraggio e al trasporto di olio combustibile denso.

Nel territorio urbano sono presenti altri importanti nodi infrastrutturali: la S.G.C. Firenze-Pisa-Livorno, una fitta rete di raccordi ferroviari alla linea principale Roma-Pisa, per uno sviluppo di oltre 70 Km, due stazioni ferroviarie di smistamento merci e l'autostrada A12 Genova-Rosignano.

Da quanto accennato si può dedurre che nel territorio di Livorno sono presenti molte tipologie di pressioni ambientali che costituiscono sorgenti di emissione in atmosfera:

- insediamenti industriali, tra i quali la centrale termoelettrica ENEL, la raffineria ENI, un termovalorizzatore, depositi di gas ed idrocarburi, industrie chimiche e petrolchimiche;
- riscaldamento domestico, in massima parte alimentato con gas naturale;
- trasporti marittimi;
- traffico veicolare, legato a mobilità locale e di passaggio e con apprezzabile contributo di traffico commerciale pesante legato alle attività industriali.

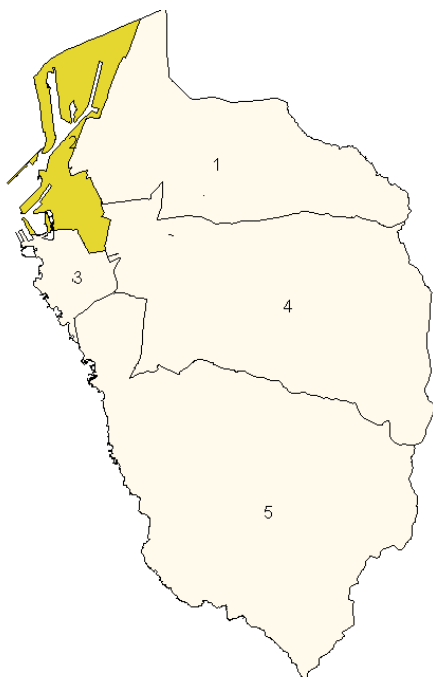
Circoscrizione 1Sorgenti – Corea – Shanghai –
Cigna – FiorentinaCircoscrizione 2Venezia – Pontino – Quartiere
GaribaldiCircoscrizione 3Fabbricotti – San Jacopo –
Borgo CappucciniCircoscrizione 4Colline – Stazione – Salviano –
Limoncino – Valle Benedetta –
La Leccia – Scopaia – CotetoCircoscrizione 5Ardenza – Antignano –
Quercianella – Castellaccio –
Banditella – Montenero

Fig. 1 – Suddivisione del territorio del Comune di Livorno in circoscrizioni.

Nella figura si individuano le cinque circoscrizioni nelle quali è suddiviso il Comune di Livorno. La Circoscrizione n. 2 è quella a maggior presenza di insediamenti industriali; in essa è inoltre ricompresa l'area portuale.

2.2 Inventario comunale delle sorgenti di emissione

Nel corso dell'anno 2003 il Dipartimento Provinciale ARPAT di Livorno, per conto del Comune di Livorno, ha commissionato alla Società Techne Consulting S.r.l. la predisposizione dell'inventario comunale delle emissioni di inquinanti dell'aria per gli anni 2000 e 2002.

L'inventario rappresenta una raccolta di dati sulle emissioni dei singoli inquinanti raggruppati per:

- attività economiche;
- intervalli temporali (anno, mese, giorno);
- unità territoriali (comune, sezione, maglia);
- combustibili (per i soli processi di combustione).

Le quantità di inquinanti emesse dalle sorgenti presenti nel territorio del Comune di Livorno e riportate nell'inventario citato sono state ottenute attraverso misure dirette oppure utilizzando specifici fattori di emissione.

La nomenclatura utilizzata nell'inventario comunale per classificare le diverse tipologie di sorgente di emissione è la Selected Nomenclature for Air Pollution (SNAP97), adottata a livello europeo: essa si basa innanzitutto sulla ripartizione delle attività generatrici di emissioni in atmosfera, sia antropiche che naturali, in macrosettori, settori e attività.

Le sorgenti di emissione sono poi suddivise in puntuali, lineari e diffuse secondo le definizioni di seguito riportate.

Sorgenti puntuali

Sono tutte quelle sorgenti che è possibile ed utile localizzare tramite le coordinate geografiche sul territorio. In particolare le sorgenti puntuali sono state a loro volta suddivise in *puntuali* e *localizzate* sulla base della loro entità in riferimento a determinati valori di soglia; per esempio, una sorgente di monossido di carbonio (CO) è definita localizzata quando l'emissione supera la soglia di 20 t/anno, mentre è definita puntuale se essa supera il valore di 250 t/anno.

Sorgenti lineari

In questa categoria sono comprese le sorgenti associate alle infrastrutture di comunicazione, siano esse "arterie" quali strade, linee fluviali, linee ferroviarie, o "nodi" quali porti o aeroporti.

Sorgenti diffuse

Rientrano in questa categoria tutte le sorgenti di emissione in atmosfera non rientranti nelle due precedenti categorie, siano esse di origine naturale o dovute ad attività antropiche. In particolare, sono considerate diffuse tutte le sorgenti puntuali che non superano i valori di soglia di cui si è parlato poco sopra (nel caso citato, tutte le sorgenti che emettono CO in quantità inferiori alle 20 t/anno), le sorgenti areali (quali foreste o emissioni non convogliate da insediamenti industriali) e quelle ubiquie, legate ad esempio al traffico diffuso o a attività antropiche di minor rilievo.

2.2.1 Disaggregazione geografica dei dati dell'inventario comunale

Si riportano di seguito alcune informazioni sintetiche ricavate dall'inventario comunale disaggregate per circoscrizione e per le attività produttive considerate sorgenti puntuali. E' importante notare, tuttavia, che tali informazioni sono riferite all'anno 2002, dal momento che l'inventario non è più stato aggiornato; esse, quindi, possono essere considerate soltanto indicative della realtà del Comune di Livorno relativamente alle emissioni in atmosfera.

Tab. 1 – Inventario: emissioni totali nella Circoscrizione 1.

Circoscrizione 1	Benzene (t/anno)	CO (t/anno)	COV (t/anno)	NO_x (t/anno)	PM₁₀ (t/anno)	SO₂ (t/anno)
01 Centrali el. pubbl., Cogeneraz., Telerisc.	0,02	223,93	149,23	2.722,00	396,89	9.867,00
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	0,00	41,15	3,92	24,37	9,67	2,62
03 Combustione – Industria	0,00	1,20	1,68	126,58	4,61	0,50
04 Processi Produttivi	0,00	0,01	58,92	0,44	4,06	0,09
05 Estr. distrib. comb. fossili ed Estr. en. geotermica	0,38	0,00	7,52	0,00	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	138,46	0,00	0,00	0,00
07 Trasporti Stradali	21,18	2.106,76	588,61	153,44	24,60	6,04
08 Altre Sorgenti Mobili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09 Trattamento e Smaltimento Rifiuti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 Agricoltura	0,00	0,00	2,77	0,00	0,00	0,00
11 Natura	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
Totale	21,58	2.373,04	952,62	3.026,83	439,84	9.876,26

Tab. 2 – Inventario: emissioni totali nella Circoscrizione 2.

Circoscrizione 2	Benzene (t/anno)	CO (t/anno)	COV (t/anno)	NO_x (t/anno)	PM₁₀ (t/anno)	SO₂ (t/anno)
01 Centrali el. pubbl., Cogeneraz., Telerisc.	0,00	691,00	207,71	2.084,00	372,13	8.648,00
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	0,00	38,95	3,70	21,11	9,20	2,54
03 Combustione - Industria	0,00	0,46	2,43	1,64	0,34	0,10
04 Processi Produttivi	0,00	1,25	1.235,37	7,09	2,79	163,22
05 Estr. distrib. comb. fossili ed Estr. en. geotermica	0,24	0,00	53,37	0,00	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	114,37	0,00	0,00	0,00
07 Trasporti Stradali	16,52	1.680,58	458,91	101,64	18,38	4,54
08 Altre Sorgenti Mobili	0,00	5.131,02	1.195,98	1.270,60	55,92	630,88
09 Trattamento e Smaltimento Rifiuti	0,00	0,04	0,01	0,50	0,00	4,00
10 Agricoltura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11 Natura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totale	16,76	7.543,31	3.271,86	3.486,59	458,75	9.453,27

Tab. 3 – Inventario: emissioni totali nella Circoscrizione 2.

Circoscrizione 3	Benzene (t/anno)	CO (t/anno)	COV (t/anno)	NO_x (t/anno)	PM₁₀ (t/anno)	SO₂ (t/anno)
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	0,00	44,66	4,25	23,98	10,55	2,92
03 Combustione - Industria	0,00	0,47	0,19	1,29	0,28	0,11
04 Processi Produttivi	0,00	0,00	51,09	0,20	0,27	0,04
05 Estr. distrib. comb. fossili ed Estr. en. geotermica	0,17	0,00	3,67	0,00	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	138,31	0,00	0,00	0,00
07 Trasporti Stradali	18,79	1.909,65	520,39	108,09	20,33	4,97
08 Altre Sorgenti Mobili	0,00	309,60	72,14	76,22	3,28	38,07
09 Trattamento e Smaltimento Rifiuti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 Agricoltura	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
11 Natura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totale	18,96	2.264,38	790,12	209,78	34,72	46,12

Tab. 4 – Inventario: emissioni totali nella Circoscrizione 2.

Circoscrizione 4	Benzene (t/anno)	CO (t/anno)	COV (t/anno)	NO_x (t/anno)	PM₁₀ (t/anno)	SO₂ (t/anno)
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	0,00	54,84	5,22	29,82	12,95	3,59
03 Combustione - Industria	0,00	0,68	0,28	1,83	0,39	0,14
04 Processi Produttivi	0,00	0,00	81,77	0,28	0,39	0,06
05 Estr. distrib. comb. fossili ed Estr. en. geotermica	0,18	0,00	4,05	0,00	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	158,41	0,00	0,00	0,00
07 Trasporti Stradali	26,02	2.613,77	723,04	177,94	29,71	7,30
08 Altre Sorgenti Mobili	0,00	0,50	0,21	1,81	0,35	0,03
09 Trattamento e Smaltimento Rifiuti	0,00	0,13	67,56	22,80	1,11	2,95
10 Agricoltura	0,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00
11 Natura	0,00	0,00	49,80	0,00	0,00	0,00
Totale	26,20	2.669,92	1.092,24	234,48	44,89	14,07

Tab. 5 – Inventario: emissioni totali nella Circoscrizione 2.

Circoscrizione 5	Benzene (t/anno)	CO (t/anno)	COV (t/anno)	NO_x (t/anno)	PM₁₀ (t/anno)	SO₂ (t/anno)
02 Combustione - Terziario ed Agricoltura	0,00	38,50	3,67	22,64	9,05	2,47
03 Combustione - Industria	0,00	0,91	0,38	2,37	0,45	0,14
04 Processi Produttivi	0,00	0,01	66,24	0,39	0,54	0,08
05 Estr. distrib. comb. fossili ed Estr. en. geotermica	0,18	0,00	3,84	0,00	0,00	0,00
06 Uso di solventi	0,00	0,00	107,57	0,00	0,00	0,00
07 Trasporti Stradali	24,91	2.423,02	689,54	192,89	29,59	7,14
08 Altre Sorgenti Mobili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09 Trattamento e Smaltimento Rifiuti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 Agricoltura	0,00	0,00	3,13	0,00	0,00	0,00
11 Natura	0,00	0,00	11,29	0,00	0,00	0,00
Totale	25,09	2.462,44	885,67	218,29	39,63	9,82

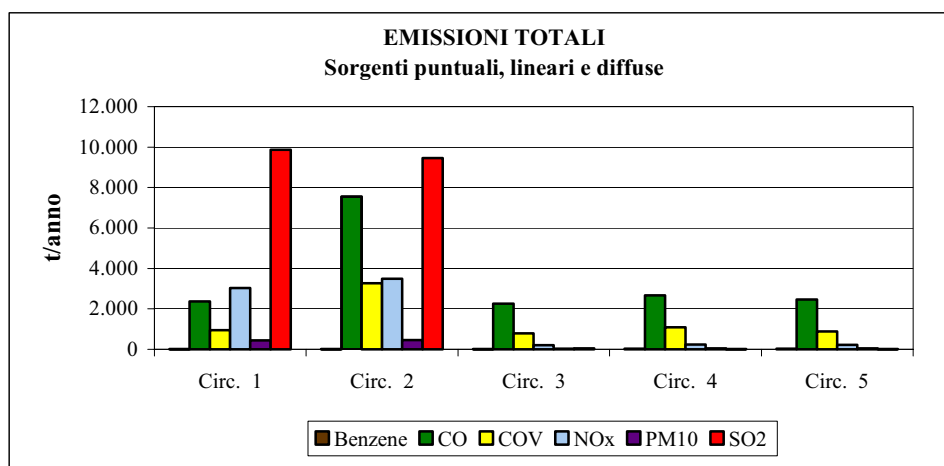


Fig. 2 – Emissioni totali suddivise per Circoscrizione e per inquinante.

Tab. 6 – Emissioni puntuali: aggregazione per Stabilimento.

Stabilimento	Benzene (t/anno)	CO (t/anno)	COV (t/anno)	NO_x (t/anno)	PM₁₀ (t/anno)	SO₂ (t/anno)
Toscopetrol	-	-	4,76	-	-	-
D.O.C. Livorno	-	-	-	-	-	-
Costieri D'Alesio	-	-	45,26	-	-	-
A.A.M.P.S. S.p.A.	-	0,13	0,48	22,80	1,11	2,95
Cantiere Navale F.lli Orlando	-	-	8,50	-	-	-
Enipower – Centrale di Livorno	-	466,00	46,98	1.392,00	39,13	2.074,00
Lips Italiana	-	-	2,23	0,39	0,07	-
Grandi Molini Italiani	-	-	-	-	3,46	-
TRW Italia	-	-	20,32	-	-	-
Sacci S.p.A.	-	1,25	-	6,90	2,52	2,18
ENI R&M – Raffineria di Livorno	0,17	225,00	1.298,11	692,00	333,00	6.739,00
Rhodia Italia S.p.A.	-	-	-	111,04	3,94	-
Labrolac	-	-	2,04	-	-	-
Carbochimica S.p.A.	-	0,18	1,25	12,89	0,17	0,35
Dow Italia	-	0,04	21,91	0,50	-	-
ENEL – CTE Livorno	0,016	223,93	149,23	2.722,00	396,89	9.867,00
Totale	0,185	916,53	1.601,07	4.960,51	780,29	18.685,48

Analizzando i dati si possono fare le seguenti considerazioni:

- il trasporto stradale, inteso come traffico veicolare, e le altre sorgenti mobili, da intendersi come mezzi pesanti, rappresentano la principale fonte di emissione di monossido di carbonio, benzene e COV; in relazione a questo particolare aspetto si può notare che le circoscrizioni 1, 3, 4 e 5 (la zona nord, il centro della città e le zone residenziali) sono maggiormente interessate dal fenomeno per quanto riguarda il trasporto stradale mentre la circoscrizione 2, caratterizzata da un'alta concentrazione di attività industriali, risentono in maniera più significativa del trasporto con mezzi pesanti.
- per quanto riguarda il PM₁₀ si evidenzia che le attività industriali contribuiscono per circa il 77% del totale emesso, il traffico veicolare (leggero e pesante) per il 17% e il riscaldamento cittadino per il 5%. Questa distribuzione potrebbe nel tempo essere cambiata in quanto, ad esempio, dal 2002 ad oggi è stato implementato un nuovo sistema di abbattimento delle polveri alla Centrale termoelettrica ENEL basato sulla tecnologia degli elettro-filtri per cui si può ipotizzare una forte riduzione delle emissioni di PM₁₀ da tale attività industriale.

per quanto riguarda infine il biossido di zolfo si rileva che le principali fonti di tale inquinante sono senza dubbio le attività industriali, nella fattispecie la Centrale Enipower, la Raffineria e la centrale Enel.

3. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1 Caratteristiche dei principali inquinanti monitorati

Si riportano di seguito alcune schede contenenti informazioni riassuntive relative ai principali inquinanti atmosferici.

3.1.1 Materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}) e Polveri totali sospese (PTS)

Caratteristiche chimico fisiche

Il materiale particolato presente nell'aria è costituito da una miscela di particelle solide e liquide, che possono rimanere sospese in aria anche per lunghi periodi. Hanno dimensioni comprese tra 0,005 µm e 150µm (lo spessore di un capello umano è circa 100 µm) e una composizione costituita da una miscela di elementi quali carbonio, piombo, nichel, nitrati, solfati, composti organici, frammenti di suolo, ecc. L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è definito come PTS (polveri totali sospese) o PM (materiale particolato). Le PTS vengono generalmente suddivise in due classi sulla base delle loro dimensioni, corrispondenti alla capacità di penetrazione nelle vie respiratorie da cui dipende l'entità degli effetti nocivi: le polveri che penetrano nel tratto superiore delle vie aeree o nel tratto extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) sono dette "inalabili" o "toraciche" ed hanno un diametro inferiore a 10µm (PM₁₀); quelle che possono giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi, bronchioli e alveoli polmonari) sono chiamate "polveri respirabili" ed hanno un diametro inferiore a 2,5µm (PM_{2,5}).

Fonti di emissione

Si definiscono "primarie" le particelle solide generate per emissione diretta, mentre quelle generate nell'atmosfera per reazione di composti chimici (ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca e composti organici) sono dette "particelle secondarie". Le sorgenti del particolato possono essere antropiche e naturali. Le fonti antropiche sono riconducibili principalmente ai processi di combustione, nei quali rientrano le emissioni da traffico veicolare, l'utilizzo diretto dei combustibili (carbone, oli, legno, rifiuti, rifiuti agricoli), le emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere). Le principali sorgenti naturali di emissione sono invece gli aerosol marini, il risollevarimento dal suolo, l'aerosol biogenico, gli incendi boschivi e le emissioni vulcaniche. Per quanto concerne le cause principali delle alte

concentrazioni di polveri nelle aree urbane, è ormai acclarato che esse sono dovute in gran parte all'intensità del traffico veicolare, particolarmente alle emissioni di motori diesel e ciclomotori, mentre solo una percentuale minore di emissioni di PTS è legata all'usura di pneumatici e corpi frenanti dei mezzi a motore. E' importante tuttavia sottolineare che un ulteriore contributo è dato dal risollevarsi delle frazioni depositate sia per azione del vento che a causa dello stesso traffico. Il particolato è oggetto di una sempre più approfondita azione di monitoraggio e controllo: le attuali reti utilizzate per il monitoraggio consente infatti di disporre praticamente in tempo reale delle misure delle concentrazioni di questo e degli altri principali inquinanti nelle principali aree urbane e industriali della Regione.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Le polveri possono indurre nell'uomo effetti sulla salute sia a breve che a lungo termine. Le particelle di dimensioni maggiori provocano effetti di irritazione e infiammazione del tratto superiore delle vie respiratorie. Quelle di dimensioni inferiori a 5-6 μm , invece, possono provocare patologie respiratorie, o aggravarle se già in essere, e indurre formazioni neoplastiche. Recenti studi epidemiologici, tra i quali il progetto MISA, metanalisi degli studi italiani sugli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico rilevati in otto città italiane nel periodo 1990-1999, e studi americani sugli effetti a lungo termine hanno confermato l'esistenza di una correlazione tra presenza di polveri fini e patologie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare.

3.1.2 Biossido di zolfo (SO_2)

Caratteristiche chimico fisiche

Il biossido di zolfo è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante.

Fonti di emissione

Il gas si forma nei processi di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili solidi e liquidi. Le fonti di emissione principali sono legate alle attività di produzione di energia, all'esercizio di impianti termici, ai processi industriali e al traffico. Il SO_2 è il principale responsabile delle "piogge acide", poiché tende a trasformarsi in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. In particolari condizioni meteorologiche ed a partire da quote di emissione elevate, come accade nei camini industriali, può diffondersi nell'atmosfera ed interessare territori situati anche a grandi distanze.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

A basse concentrazioni può provocare irritazioni agli occhi ed al tratto superiore delle vie respiratorie; a concentrazioni più elevate gli effetti possono variare da fenomeni irritativi delle mucose nasali sino all'insorgenza di patologie bronchiali e polmonari.

3.1.3 Monossido di carbonio (CO)

Caratteristiche chimico fisiche

Il monossido di carbonio è un gas incolore ed inodore.

Fonti di emissione

Il CO si forma per ossidazione parziale del carbonio che, nel caso del CO emesso in atmosfera, è legato a combustioni incomplete di combustibili e carburanti contenenti carbonio. Nell'ambito dei processi di combustione la principale sorgente di emissione per il CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a motore, soprattutto quando questi lavorano a bassi regimi, come accade nelle situazioni di traffico intenso o rallentato; contribuiscono all'emissione di CO anche l'esercizio di impianti di riscaldamento ed alcuni processi industriali, come la produzione di acciaio, di ghisa e la raffinazione del petrolio.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il monossido di carbonio è un gas tossico per inalazione: esso può legarsi all'emoglobina presente nel sangue al posto dell'ossigeno, inibendone quindi il trasporto e portando conseguenze dannose sul sistema nervoso centrale e sull'apparato cardiovascolare, che possono anche comportare la morte dell'individuo.

3.1.4 Biossido di azoto (NO₂) e ossidi di azoto (NO_x)*Caratteristiche chimico fisiche*

Il biossido di azoto è un gas di colore rosso bruno, di odore pungente e altamente tossico.

Fonti di emissione

Il NO₂ è un inquinante secondario che si forma in atmosfera per ossidazione del monossido di azoto (NO), inquinante principale che viene originato soprattutto nei processi di combustione. Oltre che da questi, tuttavia, il biossido di azoto può generarsi anche da processi produttivi senza combustione (produzione di acido nitrico, fertilizzanti azotati, ecc.). Gli ossidi di azoto (NO_x) indicano invece la somma delle concentrazioni dell'ossido e del biossido presenti nell'aria ambiente.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il biossido di azoto è un gas irritante per l'apparato respiratorio e per gli occhi; può provocare anche l'insorgenza di patologie più serie, quali bronchiti o edemi polmonari, sino al decesso. Di particolare rilevanza è il contributo che il biossido d'azoto porta alla formazione del cosiddetto "smog fotochimico", essendo un precursore dell'ozono troposferico; esso inoltre può reagire in atmosfera umida e formare acido nitrico, contribuendo così anche al fenomeno delle "piogge acide".

3.1.5 Ozono (O₃)*Caratteristiche chimico fisiche*

L'ozono è un gas incolore fortemente ossidante.

Fonti di emissione

Ancor più che nel caso del biossido d'azoto, parlare di fonti di emissione diretta di ozono è certamente improprio. Prima di tutto, infatti, va rilevato che la presenza di ozono negli strati alti dell'atmosfera (stratosfera) è di origine naturale e costituisce una fondamentale azione protettiva dalle radiazioni ultraviolette prodotte dal sole. L'ozono, poi, può formarsi negli strati più bassi dell'atmosfera nella troposfera, ossia al di sotto dei 10-15 km di altezza) soltanto come inquinante secondario, a causa di reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare: a questo tipo di fenomeni, come noto, si dà il nome di smog fotochimico. Tale formazione, che può comportare il raggiungimento di valori di concentrazione piuttosto elevati, è un fenomeno prettamente estivo: l'interazione tra radiazione solare ed alcune sostanze chimiche dette "precursori" (idrocarburi e biossido di azoto), a temperature elevate innescano reazioni fotochimiche che producono ozono, radicali liberi, perossidi e altre sostanze organiche fortemente ossidanti. Negli ambienti urbani e periurbani tali problematiche possono essere esaltate anche dalla tipologia dei microclimi che qui si formano: le cosiddette "isole di calore", infatti, contribuiscono a far perdurare nel tempo condizioni favorevoli alla formazione dell'ozono come inquinante secondario. Il problema dell'ozono ha notevole rilevanza in ambiente urbano e periurbano, dove si possono verificare episodi acuti di inquinamento.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'ozono può essere veicolato nel corpo umano per inalazione. Esso può causare l'insorgenza di infiammazioni polmonari ma può arrivare a compromettere la funzionalità dell'apparato respiratorio attraverso una inibizione della funzionalità dei polmoni, l'induzione di mutamenti nei processi biochimici sino all'insorgenza di formazioni neoplastiche. L'ozono è poi il principale costituente dello smog fotochimico in atmosfera, tanto che la sua misura nell'aria ambiente può essere considerata rappresentativa di tale tipologia di inquinamento atmosferico.

3.1.6 Benzene (C₆H₆)

Caratteristiche chimico fisiche

Il benzene è il più semplice degli idrocarburi aromatici. È un liquido incolore di odore aromatico pungente che diventa irritante a concentrazioni elevate. A temperatura ambiente volatilizza facilmente ed è presente in tracce nell'aria ambiente. Per via delle sue caratteristiche è un composto di straordinario interesse per la chimica organica, può dare origine ad un numero praticamente infinito di derivati e, per questi motivi, ha moltissimi impieghi nell'industria chimica, petrolchimica e della raffinazione del petrolio. In alcuni casi è impiegato anche tal quale, ad esempio come costituente della benzina allo scopo di incrementarne il numero di ottano (in Italia la legge n. 413/1997 ha stabilito che il contenuto di benzene nelle benzine non deve superare l'1% in volume).

Fonti di emissione

Il benzene presente nell'atmosfera può derivare da processi evaporativi, particolarmente da grandi insediamenti industriali, e da fenomeni di combustione incompleta di origine naturale (incendi) o associati ad attività antropiche (veicoli a motore). La maggiore fonte emissiva è costituita dai gas di scarico dei veicoli a motore alimentati con benzina (principalmente auto e ciclomotori). Il benzene rilasciato dai veicoli deriva, oltre che dalla frazione di carburante incombusto, da reazioni di trasformazione di altri idrocarburi e, in parte, dall'evaporazione la preparazione, la distribuzione e lo stoccaggio delle benzine, come pure nelle fasi di marcia e di sosta prolungata dei veicoli. Altra fonte di emissione sono il fumo di sigaretta e le attività individuali, soprattutto quelle condotte in ambito domestico.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'esposizione al benzene avviene principalmente attraverso l'inalazione diretta, favorita dalla alta volatilità del benzene; non sono da trascurare altre modalità di assunzione per ingestione. L'esposizione cronica al benzene può provocare danni ematologici (anemie), danni genetici (alterazioni geniche e cromosomiche) ed effetti cancerogeni.

3.1.7 Idrocarburi non metanici

Caratteristiche chimico fisiche

In questa categoria sono ricompresi moltissimi composti idrocarburici, come gli alifatici lineari, ramificati o ciclici, gli aromatici (toluene, xileni, ma anche lo stesso benzene), gli idrocarburi ossigenati (aldeidi e chetoni), tutti generalmente caratterizzati da una elevata volatilità.

Fonti di emissione

Tali composti derivano da fenomeni di evaporazione delle benzine da vani motore e serbatoi, dai gas di scarico veicolari a causa della combustione incompleta dei carburanti e, in particolari zone industriali, dallo stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi. La loro concentrazione in atmosfera nelle aree urbane può essere correlata al traffico veicolare. Si tratta tuttavia di un indicatore alquanto "grezzo"; maggiori informazioni possono ottenersi solo identificando i suoi costituenti.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Gli effetti sulla salute umana sono molto differenziati in funzione del tipo di composto. Gli idrocarburi non metanici, come gli ossidi di azoto, fungono da "precursori" per la formazione dell'ozono troposferico.

3.2 Valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente.

La valutazione viene condotta monitorando le concentrazioni dei diversi inquinanti attraverso le rete di rilevamento, elaborando i dati ottenuti e calcolando, per ciascun inquinante, gli indicatori prefissati; i risultati vengono poi confrontati con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa europea e recepiti con il D.M. 60/02 (per l'ozono i limiti sono stabiliti dalla Direttiva 2002/3/CE, attualmente recepita dal D.Lgs. 183/04). E' importante sottolineare che tali limiti, oltre ad essere differenti per i vari inquinanti, sono stati fissati nell'ottica della protezione da tre diverse tipologie di danno: alla salute umana, agli ecosistemi ed alla vegetazione; non tutti gli inquinanti, naturalmente, concorrono alle tre tipologie di danno citate. Le norme in vigore prevedono inoltre una progressiva riduzione dei limiti di concentrazione nel tempo, come si può notare nella tabella alla pagina seguente.

Tab. 7 – Previsioni normative sui limiti di concentrazione degli inquinanti.

<i>Protezione della salute umana</i>	
Biossido di zolfo	1 gennaio 2005
Biossido di azoto	1 gennaio 2010
Polveri PM ₁₀ (1 ^a fase)	1 gennaio 2005
Benzene	1 gennaio 2010
Monossido di carbonio	1 gennaio 2005
Ozono	1 gennaio 2010
<i>Protezione degli ecosistemi</i>	
Biossido di zolfo	19 luglio 2001
<i>Protezione della vegetazione</i>	
Ossidi di azoto totali	19 luglio 2001
Ozono	1 gennaio 2010

In aggiunta alla progressiva riduzione dei limiti, la normativa europea prevede che per ciascun inquinante, con l'eccezione dell'ozono, i valori limite possano variare all'interno di specifici margini di tolleranza, anch'essi differenti tra loro, che vanno a ridursi progressivamente secondo i passaggi temporali fissati nella tabella 1 fino al conseguimento del pieno rispetto della norma. Va rilevato che la definizione dei margini di tolleranza è legata esclusivamente a questioni operative, quasi ad "incanalare" in modo sempre più costrittivo i trend di concentrazione verso il limite fissato dalla norma; il legame tra limite di concentrazione e tutela sanitaria o ambientale è quindi espresso unicamente dai valori fissati per le scadenze indicate.

La progressiva riduzione dei margini di tolleranza, peraltro, riflette la riduzione attesa e generalizzata dei livelli di inquinamento come risultante della risposta normativa basata sull'emanazione di provvedimenti di vasta scala, principalmente in recepimento di Direttive europee come nel caso degli atti normativi riguardanti il miglioramento della qualità dei combustibili e dei carburanti, la riduzione dei limiti di emissione per l'omologazione di veicoli a motore e il contenimento delle emissioni industriali.

Nella presente relazione si è scelto di confrontare le concentrazioni rilevate (o, meglio, i parametri calcolati a seguito dell'elaborazione dei dati provenienti dalle reti di monitoraggio) con i limiti di legge propri del periodo, senza riguardo ai margini di tolleranza. Ciò consente di individuare e distinguere, con maggiore immediatezza, le sostanze per le quali, anche in prospettiva, si rende necessaria l'adozione di adeguate politiche di risposta, sia in termini preventivi che di risanamento,

da quelle le cui concentrazioni sono state rilevate, in tutto o in parte, entro i limiti già entrati in vigore dal 2005 o che saranno pienamente vigenti a partire dall'anno 2010.

I valori limite di concentrazione in atmosfera fissati dalla normativa vigente per ciascuno degli inquinanti monitorati sono riportati nelle tabelle che seguono.

Tab. 8 – Valori limite per PM₁₀.

<i>Protezione della salute umana (1^a fase – 2005)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media giornaliera (1 ^a fase – 2005), non più di 35 superamenti/anno	50
Concentrazione media giornaliera + margine tolleranza(2004)	55
Concentrazione media annuale (1 ^a fase – 2005)	40
Concentrazione media annuale + margine tolleranza (2004)	41,6

Tab. 9 – Valori limite per PM_{2,5}.

<i>Valori limite indicativi (*)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale	15

(*) Per questo parametro non sono stabiliti valori limite di riferimento a livello europeo mentre l'Agenzia per la Protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA) ha indicato il valore della media annuale pari a 15 µg/m³.

Tab. 10 – Valori limite per PTS.

<i>Valori limite indicativi (*)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale	150
95° percentile	300

(*) Per questo parametro non sono stabiliti valori limite a livello europeo e vengono presi come riferimento i limiti massimi di accettabilità previsti dalla tabella A del DPCM del 28 marzo 1983, anche se abrogato.

Tab. 11 – Valori limite per SO₂.

<i>Protezione della salute umana (2005)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media oraria (2005), non più di 24 superamenti/anno	350
Concentrazione media giornaliera (2005) non più di 3 superamenti/anno	125
Concentrazione media oraria + margine tolleranza (2004)	380
<i>Protezione degli ecosistemi</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale e media invernale (1/10-31/3)	20

Tab. 12 – Valori limite per CO.

<i>Protezione della salute umana (2005)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media mobile nell'arco delle 8 ore (2005)	10
Concentrazione media mobile + margine tolleranza(2004)	12

Tab. 13 – Valori limite per NO₂.

<i>Protezione della salute umana (2010)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media oraria (2010), non più di 18 superamenti/anno	200
Concentrazione media annuale (2010)	40
<i>Concentrazione media oraria (2004) + margine tolleranza</i>	<i>260</i>
<i>Concentrazione media annuale (2004) + margine tolleranza</i>	<i>52</i>

Tab. 14 – Valori limite per NO_x.

<i>Protezione della vegetazione</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale (NO _x)	30

Tab. 15 – Valori limite per O₃.

<i>Protezione della salute umana (valori bersaglio D.Lgs. 183/2004)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Media mobile nell'arco delle 8 ore (2010), non più di 25 superamenti/anno come media su tre anni	120
<i>Protezione della vegetazione (valori bersaglio D.Lgs. 183/2004)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
AOT40 (2010), valore orario come media su 5 anni	18.000

E' da notare che, nel caso dell'ozono, il D.Lgs. 183/04 fissa i limiti definendoli come "valori bersaglio", ossia concentrazioni stabilite per evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da ottenere entro un dato periodo di tempo (in questo caso, entro l'anno 2010). Per AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb) si intende invece la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 parti per miliardo, ppb) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori rilevati ogni giorno tra le 8 e le 20 (il periodo di tempo preso a riferimento dal citato decreto va dall'1 maggio al 31 luglio di ogni anno); espresso in questi termini, anche tale parametro si presenta come un indicatore di dose assorbita.

Tab. 16 – Valori limite per benzene.

<i>Protezione della salute umana (2005-2010)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale (2005)	10
<i>Concentrazione media annuale + margine tolleranza al 2004</i>	<i>10</i>
Concentrazione media annuale (2010)	5

3.3 Stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria

La qualità dell'aria nel Comune di Livorno viene controllata attraverso un sistema di monitoraggio costituito da due reti, una pubblica ed una privata. Entrambe sono costituite da unità di rilevamento (stazioni) che rilevano sia le concentrazioni di sostanze inquinanti sia i parametri meteorologici. La gestione operativa della rete pubblica e la raccolta, la validazione, l'elaborazione e la restituzione dei dati sono affidate al Centro Operativo Provinciale (COP), gestito da ARPAT.

La rete privata ARIAL (Associazione per il Rilevamento di Inquinanti Atmosferici della zona di Livorno), gestita da alcune aziende ubicate nei comuni di Livorno e Collesalveti, conta unità di rilevamento nell'area urbana e nelle aree considerate a maggior rischio di ricaduta dei principali inquinanti atmosferici di origine industriale.

Le due reti consentono dunque di monitorare, attraverso inquinanti specifici, le diverse sorgenti di emissione del territorio livornese, comprese quelle legate ai principali insediamenti industriali (centrale termoelettrica ENEL, raffineria ENI, depositi di gas ed idrocarburi) e al trasporto marittimo che, con il traffico veicolare, forniscono contributi non trascurabili ai fenomeni di inquinamento atmosferico

Nell'area di Livorno le due reti, tra loro integrate, contano complessivamente 15 stazioni fisse (14 nel comune di Livorno ed una nel comune di Collesalveti), una postazione mobile di rilevamento degli inquinanti ed una stazione pubblica per il rilevamento dei parametri meteorologici. Le informazioni sulla localizzazione delle postazioni, con la loro tipologia e con la caratterizzazione della parte di territorio in cui sono ubicate sono presentate nella tabella seguente.

Tab. 17 – Stazioni di monitoraggio fisse della rete provinciale di Livorno.

Stazione	Circ.	Rete	Tipo di zona ¹	Tipo di stazione ³	
			Decisione 2001/752/CE	DM 20/5/91 ²	Decisione 2001/752/CE
Villa Maurogordato	5	PUBBLICA.	suburbana	D	fondo
Via Gobetti	1	PUBBLICA	urbana	B	industriale
Piazza Cappiello	5	PUBBLICA	urbana	B	fondo
Piazza Mazzini	3	PUBBLICA	urbana	C	traffico
La Rotonda Ardenza	5	PUBBLICA	suburbana	D	meteo
Viale Carducci	4	PUBBLICA	urbana	C	traffico
Via La Pira	1	PRIVATA	urbana	B	industriale
Via Da Vinci	1	PRIVATA	urbana	B	industriale
Piazza XI Maggio	1	PRIVATA	urbana	C	traffico
Via Rossi	2	PRIVATA	urbana	C	traffico
Via Cattaneo	5	PRIVATA	urbana	C	traffico
Via Marx (Collesalveti)	1	PRIVATA	urbana	B	industriale
Via De Sanctis	4	PRIVATA	urbana	B	meteo
Labromare	1	PRIVATA	urbana	B	meteo
La Palazzina ^(*) (fraz. Gabbro)	5	PUBBLICA	rurale	D	fondo

(*) di proprietà del Comune di Livorno.

Note alla tabella

1. Secondo la Decisione 2001/752/CE le zone sono definite come:

- urbane: centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti;
- suburbane: periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dell'area urbana principale;
- rurali: all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale;
- non nota: sconosciuta o altro.

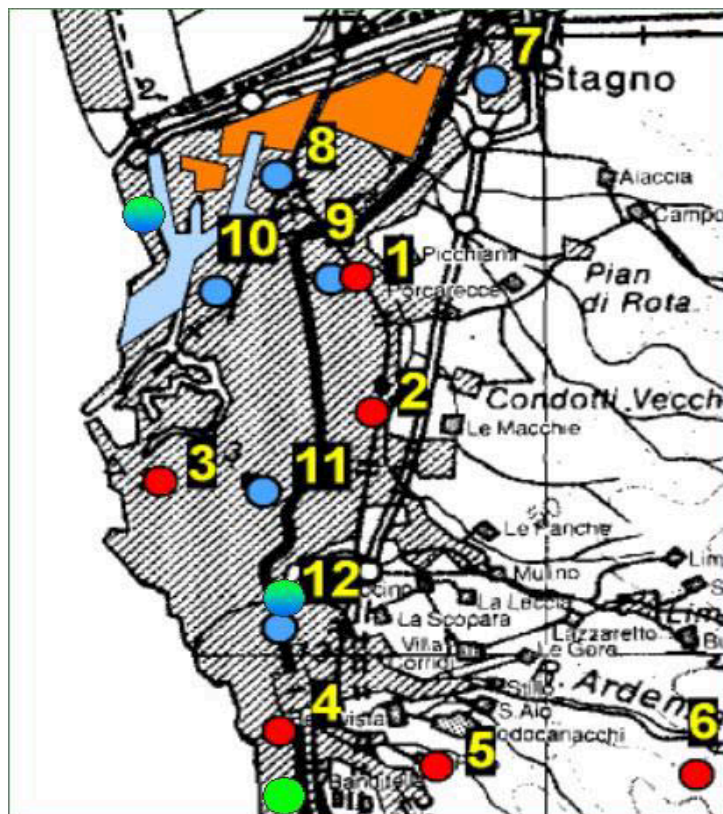
2. Ai sensi del DM 20/5/91 le stazioni di monitoraggio si definiscono:

- di tipo A: stazione urbana localizzata in area non direttamente interessata da sorgenti di emissione urbane (parchi, isole pedonali ecc.);
- di tipo B: stazione urbana situata in zona ad elevata densità abitativa;
- di tipo C: stazione urbana situata in zona ad elevato traffico;
- di tipo D: stazione situata in periferia o in area suburbana.

3. Ai sensi della Decisione 2001/752/CE le stazioni di monitoraggio si considerano:

- da traffico se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico;
- industriali se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria;
- di fondo per la misura del livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; possono essere localizzate indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale;
- non note se sconosciute o negli altri casi.

Le stazioni fisse di monitoraggio nei comuni di Livorno e Collesalveti sono localizzate come rappresentato nella cartina riportata nella pagina seguente. Nei paragrafi 3.3.1 e 3.3.2 vengono poi indicate le principali caratteristiche delle stazioni afferenti alle due reti di rilevamento.



- | | | |
|--|---|---|
| ● Rete pubblica provinciale | ● Rete privata ARIAL | ● Stazione meteo pubblica (La Rotonda Ardenza) |
| ● Stazioni meteo private (Labromare, Via De Sanctis) | | |
| 1 - Via Gobetti | 7 - Via Marx (Collesalveti) | |
| 2 - Viale Carducci | 8 - Via Da Vinci | |
| 3 - Piazza Mazzini | 9 - Via La Pira | |
| 4 - Piazza Cappelletto | 10 - Piazza XI Maggio | |
| 5 - Villa Maurogordato | 11 - Via Rossi | |
| 6 - La Palazzina (fraz. Gabbro) | 12 - Via Cattaneo | |

Fig. 3 – Ubicazione delle centraline di monitoraggio

3.3.1 Caratteristiche delle stazioni della rete pubblica

Viale Carducci	E' situata in una zona in cui sono presenti strade ad intenso traffico veicolare, nelle vicinanze della stazione centrale FF.SS. di Livorno.
Via Gobetti	E' ubicata in una zona abitativa non particolarmente interessata da alto traffico veicolare, a circa 2 km a sud-ovest della zona industriale.
Piazza Mazzini	Si trova in zona abitativa ed in prossimità del Cantiere Navale ed è inoltre interessata da strade ad intensità medio-alta di traffico veicolare.
Piazza Cappelletto	Si trova nella zona sud di Livorno ed è inserita in un contesto di tipo prevalentemente residenziale, in cui l'intensità di traffico veicolare è costantemente medio-bassa.
Villa Maurogordato	E' all'estremo sud dell'area urbana di Livorno, in un parco relativamente lontano da emissioni antropiche dirette.
La Palazzina (fraz. Gabbro)	E' ubicata in una zona collinare, a circa 8 Km a sud di Livorno, lontana da emissioni in atmosfera dovute ad attività antropiche.

3.3.2 Caratteristiche delle stazioni della rete privata

Via La Pira	Si trova in una zona residenziale ad intensità di traffico veicolare medio-bassa, a circa 2 km a sud-ovest dalla zona industriale di Livorno.
Via Da Vinci	E' situata presso lo scalo merci ferroviario di Livorno Calambrone, in un punto interessato dalla ricaduta delle emissioni dalla raffineria ENI quando i venti provengono dal quadrante NE.
Piazza XI Maggio	E' ubicata in una zona abitativa caratterizzata dalla presenza di strade a medio-alta intensità di traffico veicolare, in prossimità della centrale termoelettrica ENEL.
Via Ernesto Rossi	E' localizzata in centro città, in una zona ad alta densità abitativa caratterizzata tuttavia da traffico veicolare ad intensità ridotta e ad accesso regolamentato.
Via Cattaneo	E' situata nella zona sud di Livorno, in una zona abitativa in cui non sono presenti strade ad elevata intensità di traffico veicolare.
Via Marx (Collesalveti)	Si trova nella frazione Stagno del Comune di Collesalveti, nella zona meglio conosciuta con il nome di Villaggio Emilio, a circa 500 metri dalla raffineria ENI, in una zona non direttamente interessata da alta intensità di traffico veicolare.

3.3.3 Inquinanti monitorati

La rete privata ARIAL, attiva dal 1978, è tuttora orientata al monitoraggio di SO₂, considerato il tracciante principale dell'inquinamento atmosferico di origine industriale. La rete pubblica, attivata nell'anno 2002, è invece dotata di una strumentazione che oltre a rilevare e misurare gli inquinanti "tradizionali", può monitorare gli inquinanti verso i quali è cresciuto l'interesse negli ultimi anni (polveri sottili PM₁₀ e PM_{2,5}) e di quelli tipicamente associati al traffico urbano, come l'insieme di composti aromatici Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni (indicati con l'acronimo BTEX).

Tab. 18 – Inquinanti monitorati dalle stazioni fisse di rilevamento.

	Stazione	Inquinanti							
		CO	NO ₂ , NO, NO _x	O ₃	PTS	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	BTEX
Rete privata	Via La Pira				X	X			
	Via Da Vinci		X			X			
	Piazza XI Maggio	X				X			
	Via Rossi		X	X		X			
	Via Cattaneo					X			
	Via Marx (Collesalvetti)					X			
Rete pubblica	Viale Carducci	X	X			X	X	X	
	Via Gobetti	X	X				X		X
	Piazza Mazzini	X	X						X
	Piazza Cappiello		X	X		X			
	Villa Maurogordato	X	X	X			X		X
	La Palazzina (fraz. Gabbro)			X					

Le stazioni di Villa Maurogordato e di La Palazzina Gabbro sono state scelte ed inserite dal maggio 2005, nella Rete regionale per il monitoraggio in continuo dell'ozono troposferico, ai sensi del Dlgs. n.183/04, come stazioni suburbana e rurale rispettivamente; soprattutto la stazione di Gabbro risulta essere attualmente l'unica in grado di soddisfare tutti i requisiti previsti come stazione di tipo rurale.

3.4 Campagne di rilevamento

Nel 2004 il mezzo mobile di ARPAT è stato impiegato per campagne di rilevamento fuori dal territorio di Livorno.

4. DATI RACCOLTI – ELABORAZIONE E COMMENTO

4.1 Rendimenti degli analizzatori delle postazioni fisse della rete pubblica

L'Allegato X del DM 60/02 e il documento "Criteri di validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente", redatto dalla commissione ARIA di ARPAT, stabiliscono che per la valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione e per ciascun inquinante monitorato, l'insieme dei dati raccolti è significativo quando il rendimento strumentale è almeno del 90%.

Il rendimento strumentale è definito come il rapporto percentuale dei dati generati e validati rispetto al totale teorico diminuito dei dati non generati o non validati a causa di tarature, per attività di manutenzione ordinaria, per attività di check automatico giornaliero o per calibrazioni GPT. Cause di perdita di dati possono essere i guasti accidentali o le operazioni di manutenzione straordinaria.

E' importante aggiungere che strumenti diversi, particolarmente in relazione ai differenti inquinanti analizzati, non richiedono gli stessi tempi per le attività citate: a titolo di esempio, per le attività di calibrazione in condizioni ordinarie gli analizzatori di Ozono richiedono circa un'ora al giorno, mentre gli analizzatori di CO richiedono tempi molto inferiori.

Stante la difficoltà di definire questi parametri operativi per ciascuno strumento, il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA) ha ritenuto di considerare come base netta per il calcolo del rendimento strumentale il 95% dei dati teorici. Poiché su tale base è possibile che ad uno strumento sia associato un rendimento superiore al 100% (per la definizione data, ciò accade quando i dati validi sono più del 95% di quelli teorici), in questi casi, per evitare rappresentazioni che potrebbero risultare fuorvianti, il SIRA ha stabilito di assegnare un rendimento del 100%.

La tabella 19 mostra i rendimenti percentuali annuali delle stazioni di misura, per ciascun inquinante monitorato sulla base delle informazioni ufficiali fornite dal SIRA (luglio 2005). Non è stato possibile esprimere la percentuale di dati validi sui valori rilevati per gli idrocarburi non metanici, dal momento che detti valori sono prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

Tab. 19 – Rendimenti delle stazioni di misura relativi all'anno 2004.

	Stazione	Inquinanti									
		<i>PM₁₀</i>	<i>PM_{2,5}</i>	<i>PTS</i>	<i>SO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>O₃</i>	<i>Benzene</i>
Rete pubblica	Viale Carducci	98,1	80,3		89,6	91,2	95,0	95,0	95,0		
	Via Gobetti	98,9				97,6	95,2	95,2	95,2		62,2
	Piazza Mazzini					95,9	91,0	91,0	91,0		96,3
	Piazza Cappiello				93,8		93,8	93,8	93,8	93,7	
	Villa Maurogordato	97,0				96,5	92,7	92,7	92,7	93,6	90,6
	La Palazzina (fraz. Gabbro)									94,1	
Rete privata	La Pira			88,0	87,6						
	Via Da Vinci				65,4		41,2	41,2	41,2		
	Piazza XI Maggio				92,4	86,9					
	Via Rossi				83,9		83,6	83,6	83,6	43,8	
	Via Cattaneo				87,6						
	Via Marx (Collesalvetti)				87,1						

Come si può notare, il rendimento delle stazioni della rete pubblica è quasi sempre superiore al 90%, mentre le stazioni della rete privata hanno un rendimento del tutto insoddisfacente, presentando un valore superiore al 90% solo per SO₂ nella centralina di Piazza XI maggio. Il COP di Livorno ha raggiunto gli ottimi risultati appena esposti grazie alla concorrenza di due fattori: il primo sta nel ruolo svolto dall'Amministrazione Provinciale, che si è fatta carico dell'onere della manutenzione della rete di rilevamento; il secondo, ma non ultimo per importanza, è stato ed è il costante e tempestivo presidio della rete garantito da ARPAT, nonostante l'impiego di un solo operatore full-time. Solo un'incessante attività di sorveglianza dell'andamento della rete può infatti consentire ai manutentori di intervenire in modo veloce e mirato, limitando così i periodi di inattività delle centraline e le conseguenti perdite di dati.

E' bene tuttavia sottolineare che, come previsto dal DM 60/02, l'elaborazione di indicatori attendibili su base annuale non può basarsi solo sulla percentuale di dati validi ma richiede di porre l'attenzione anche sulla distribuzione dei dati validi nel corso dell'anno; due serie annuali di dati con la stessa percentuale di dati validi hanno infatti rappresentatività diversa se lo stesso numero di dati non validi è distribuito uniformemente nell'arco dell'anno o è concentrato in un breve periodo.

In particolare, lo studio della distribuzione dei dati sul periodo di osservazione annuale si basa sul calcolo della percentuale di dati elementari validi nel cosiddetto "mese mobile standard", prendendo cioè in esame i giorni dal primo al trentesimo, dal secondo al trentunesimo, dal terzo al trentaduesimo e così via. Per ogni mese mobile standard i dati validi possono essere al massimo 720, se si tratta di medie orarie, o 30 se si tratta di medie giornaliere. I valori di 0° percentile, 50° percentile e della distanza 30°-70° percentile relativi alla distribuzione dei dati validi definiscono quindi l'appartenenza delle aggregazioni annuali ai livelli di attendibilità I o II sulla base del contemporaneo verificarsi di tre condizioni proprie di ciascun livello.

Indice	Condizioni per accettabilità I livello	Condizioni per Accettabilità II livello
0° percentile (% del massimo teorico)	> 50	> 22
50° percentile (% del massimo teorico)	> 85	> 22
Distanza tra 30° e 70° percentile (% della mediana)	< 15	< 15

Se la serie di dati ha un'attendibilità di I livello, essa è immediatamente disponibile per l'elaborazione degli indicatori (eccezion fatta per l'AOT40 dell'ozono, per il quale sono necessarie ulteriori operazioni statistiche); quando invece la serie di dati possiede attendibilità di II livello è necessario utilizzare tecniche statistiche di boot-strap (costruzione di serie random estratte dal set di dati validi) e di correzione dei valori medi ottenuti.

L'analisi effettuata dal SIRA sui dati del 2004 per ogni inquinante in ciascuna centralina di rilevamento ha consentito di evidenziare soltanto tre casi di non rispondenza ad uno o più requisiti previsti dal DM 60/02.

Tab. 20 – Analisi delle stazioni della rete pubblica con rendimenti inferiori al 90%.

Stazione	Param.	I liv.	II liv.	Dati validi (n.)	Tot. dati (%)	Validi (%)
Viale Carducci	PM _{2,5}	NO	SI	294	84,6	80,3
Viale Carducci	SO ₂	SI	SI	7874	94,4	89,6
Via Gobetti	Benzene	NO	NO	5464	65,5	62,2

I dati su SO₂ in Viale Carducci devono quindi essere considerati rappresentativi, mentre per quelli di Benzene in via Gobetti non è possibile porre rimedio alla lacuna evidenziata. Come già detto, l'attendibilità di II livello per i dati di PM_{2,5} in via Carducci avrebbe richiesto il ricorso alle tecniche statistiche sopra menzionate: si è scelto di non impiegarle e di presentare il dato tal quale poiché non sono ancora stati stabiliti limiti di legge sulle concentrazioni di questo inquinante. In ogni caso si è tenuta nel dovuto conto la situazione rappresentata all'atto del commento ai dati.

4.2 Dati rilevati e confronto con i limiti della normativa

Nei paragrafi seguenti sono presentati i quadri riassuntivi dei dati forniti dalle reti di rilevamento presenti nel Comune di Livorno relativi all'anno 2004. Le informazioni vengono riportate ricorrendo a tre differenti modalità di rappresentazione, una tabellare e due grafiche.

Si ritiene utile riassumere di seguito le modalità operative con cui sono state elaborate le tre rappresentazioni ed alcuni suggerimenti in merito al loro corretto utilizzo.

Tabelle

Per ciascun inquinante (ad eccezione del monossido di azoto) e per ciascuna centralina le tabelle riportano i risultati numerici delle elaborazioni, il confronto con i limiti normativi e indicazioni su dati operativi di interesse, come il numero di dati validi o il numero di medie valide.

In merito ai dati provenienti dalla rete pubblica, sono stati ben rimarcati quei pochissimi casi in cui essi devono essere presi con una certa cautela. I dati provenienti dalla rete privata ARIAL sono stati elaborati nonostante i bassi rendimenti strumentali mostrati dalla rete e nonostante essi non siano stati validati da ARPAT: per questi motivi si è comunque scelto di non commentarli.

Grafici tridimensionali

Per gli indicatori ottenuti dai rilevamenti della rete pubblica sono stati elaborati grafici tridimensionali che riportano la "media su base settimanale delle medie mobili su otto ore".

Il procedimento per l'ottenimento del dato è il seguente:

- a ciascuna delle 24 ore del primo giorno di una settimana viene associato il valore della media delle otto ore precedenti: all'ora 1 si associa la media dei valori orari dalle 18 alla 1, all'ora 2 la media delle ore 19-2, e così via (occorre precisare che i dati nulli o non validi non entrano nella media mobile e che questa viene generata solo se ci sono almeno sei dati orari validi);
- si ripete il calcolo in modo analogo per le 24 ore del secondo giorno della settimana e così via sino al settimo giorno;
- si mediano i sette valori di ora 1, ora 2, ora 3, ecc., ottenendo così una sorta di "ora tipo" della settimana, che poi è quella rappresentata nel grafico.

Il parametro ottenuto in questo modo consente quindi di compensare le lacune nei dati, come quelle dovute alle attività di calibrazione automatica o ad indisponibilità dello strumento. Si può anzi affermare che è piuttosto improbabile che, sulla base settimanale, vengano a mancare contemporaneamente sette dati relativi alla stessa ora, tanto più che per poter generare un singolo dato orario è sufficiente disporre di sei dati validi nell'arco delle otto ore precedenti.

In conseguenza di quanto appena detto, l'impiego della media mobile come primo strumento di generazione del dato di base del grafico presenta alcuni vantaggi e, allo stesso tempo, richiede alcune cautele nell'interpretazione delle figure risultanti.

Com'è logico attendersi, un grafico costruito sulla base di medie mobili rappresenta in modo molto attenuato i fenomeni acuti a carattere episodico, così come risultano attenuati i picchi di concentrazione nelle distribuzioni bimodali di concentrazione tipici degli inquinanti da traffico, che mostrano generalmente due massimi di concentrazione in corrispondenza dell'inizio e della fine

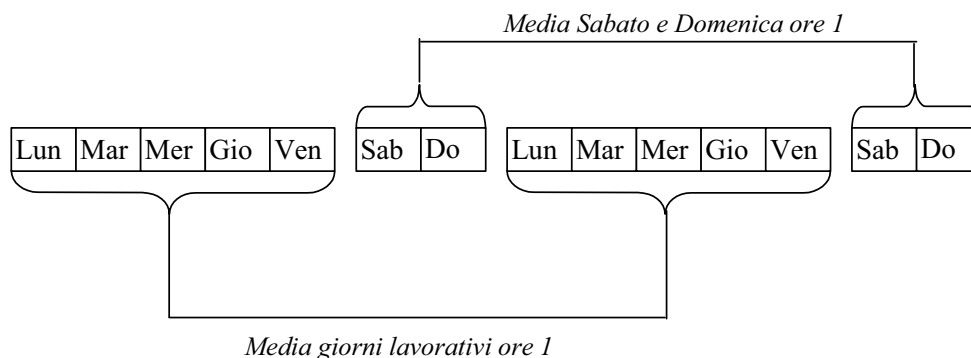
delle giornate lavorative. L'attenuazione dei picchi aumenta la leggibilità dei grafici tridimensionali in quanto limita l'effetto di copertura visiva che i picchi hanno sugli andamenti delle ore successive. Si può quindi concludere che i grafici tridimensionali raffiguranti la "media su base settimanale delle medie mobili su otto ore" descrivono con immediatezza l'andamento generale e complessivo della concentrazione dell'inquinante.

E' tuttavia importante sottolineare che il valore del parametro a base del grafico non può essere utilizzato per un confronto con i limiti normativi, che sono riferiti a basi temporali differenti, né tantomeno si presta per determinare il numero di superamenti di soglie determinate dalla stessa normativa, benché nelle rappresentazioni grafiche siano state adottate scale di concentrazione che sono comunque congruenti con uno o più limiti normativi.

Grafici bidimensionali

Per gli inquinanti Benzene, CO, PM₁₀, NO_x, NO₂ e SO₂ monitorati dalle stazioni di rilevamento di Viale Carducci, Piazza Mazzini e Villa Maurogordato sono stati elaborati e commentati ulteriori grafici con gli andamenti giornalieri di concentrazione delle ore medie (giorno tipo) per due settimane consecutive dal 1 gennaio 2003 al 31 dicembre 2004 (ora media su base bisettimanale). Per gli ossidi di azoto NO_x il periodo osservato riguarda solo il 2004.

Il calcolo delle ore medie bisettimanali è stato effettuato in questo modo:



- come rappresentato nel disegno, si calcola la media delle ore 1 dei giorni da lunedì a venerdì per due settimane consecutive e dei giorni sabato e domenica per due settimane consecutive;
- si ripete il calcolo in modo analogo per le ore 2, le ore 3 e così via sino alle ore 24;
- si ripete il calcolo secondo i precedenti due punti per le coppie di settimane successive (settimane 3 e 4, settimane 5 e 6 e così via), sino ad ottenere i dati 53 coppie di settimane corrispondenti agli anni 2003 e 2004.

Perché venga generato un dato medio orario impiegando la modalità appena descritta è sufficiente avere almeno un valore valido (su 10, per il giorno tipo lavorativo, o su 4 per il giorno tipo non lavorativo); in questo caso, tuttavia, non è possibile compensare le lacune di dati dovute alle calibrazioni automatiche, che avvengono sempre alla stessa ora, o a lunghi periodi di indisponibilità degli strumenti; in questo caso i dati mancanti sono ricompresi nella classe di concentrazione inferiore.

L'utilizzo dell'ora media su base bisettimanale come fonte di generazione dei grafici presenta alcuni vantaggi e richiede, nel contempo, una certa attenzione nella interpretazione degli elaborati. Innanzitutto va sottolineato che le rappresentazioni grafiche bidimensionali sono state elaborate con l'obiettivo di fornire una valutazione, anche se non esaustiva, dell'effetto antropico sugli inquinanti di maggior interesse. Tutte le scelte operative, a cominciare da quelle poco sopra riassunte sulla generazione dei dati, sono state pensate in modo coerente con questo obiettivo.

Innanzitutto, le tre stazioni scelte rappresentano tre contesti ambientali differenti, come si evince dal sintetico prospetto estratto da quello più ampio riportato nel paragrafo 3.3.1.

Stazione (*)	Caratteristiche (*)
Viale Carducci	Contesto urbano, caratterizzato da traffico veicolare di elevata intensità ed esposizione in misura minore alla ricaduta di emissioni industriali
Piazza Mazzini	Contesto urbano, caratterizzato da traffico veicolare di medio-elevata intensità ed esposizione in misura minore alla ricaduta di emissioni industriali
Villa Maurogordato	Contesto a verde pubblico, distante da sorgenti d'inquinamento primarie

(*) Una trattazione più completa sugli effetti antropici avrebbe richiesto anche la valutazione di dati provenienti da una stazione di rilevamento inserita in un contesto ambientale esposto prevalentemente a ricaduta di emissioni di origine industriale; purtroppo nessuna centralina della rete pubblica possiede queste caratteristiche e quelle appartenenti alla rete ARIAL, come già detto, non possono essere prese in considerazione poiché i dati non sono validati da ARPAT. Tale questione è stata discussa anche nelle conclusioni di questo lavoro.

In secondo luogo, per acquisire maggiori informazioni sull'andamento degli inquinanti in relazione alle attività antropiche sono stati considerati separatamente i giorni lavorativi (dal lunedì al venerdì) ed i giorni di sabato e domenica.

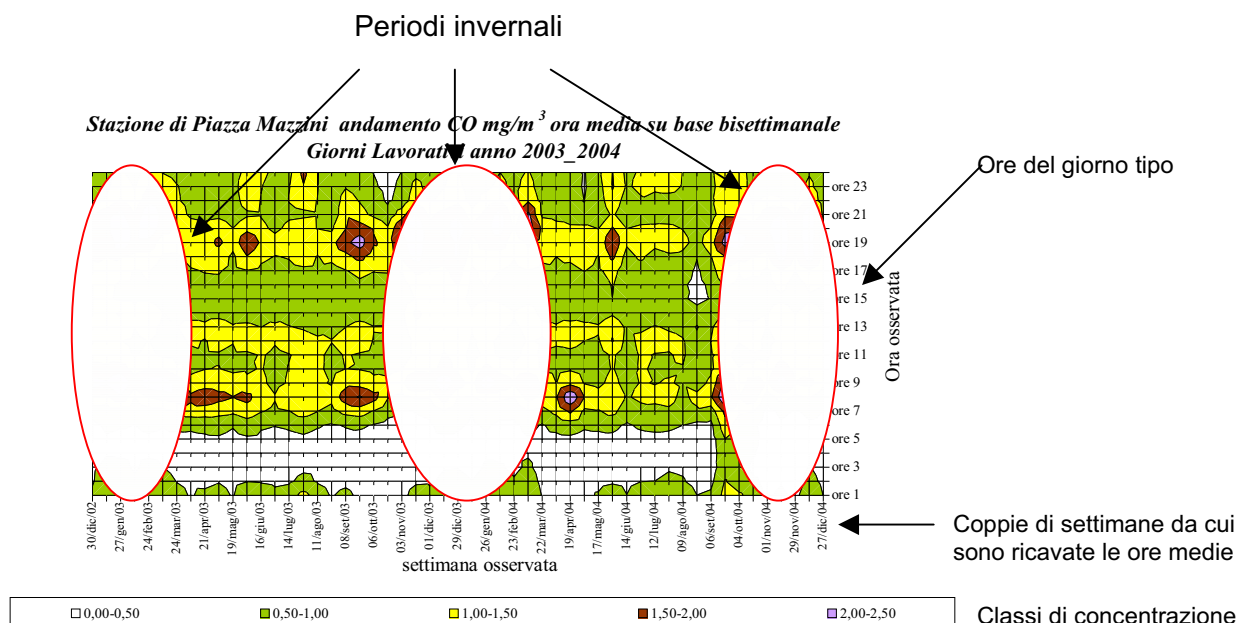
I grafici elaborati secondo questi criteri permettono quindi di osservare efficacemente i trend di concentrazione nell'arco del giorno tipo e le variazioni di concentrazione al variare della stagione; l'individuazione di due giorni tipo (lavorativo e non lavorativo) consente poi di effettuare ulteriori valutazioni in merito all'effetto antropico ed infine è possibile analizzare le differenze anche alla luce della tipologia del contesto ambientale in cui sono inserite le tre stazioni di rilevamento (traffico, industria, fondo).

In merito alle cautele da adottare nell'analisi dei grafici, è bene premettere che nel giorno tipo non lavorativo, dato dalle coppie sabato-domenica di due settimane consecutive, alcuni episodi acuti possono essere amplificati: ciò è dovuto al differente peso che acquisiscono le medie delle ore calcolate su 10 giorni rispetto alle medie calcolate su 4 giorni corrispondenti alle due coppie di sabato e domenica delle 2 settimane osservate. Per tale motivo, alcune medie relative ai giorni non lavorativi devono essere considerate con un certo spirito critico.

Anche in questo caso si sottolinea che il valore del parametro a base del grafico non può essere utilizzato per un confronto con i limiti normativi.

In alcuni grafici relativi agli stessi inquinanti si è scelto inoltre di adottare scale di ampiezza diversa proprio per evidenziare meglio le variazioni del parametro in relazione alle possibili pressioni, di origine antropica o naturale, che potrebbero averle generate.

Infine, per interpretare correttamente i grafici, ci si può riferire all'esempio seguente.



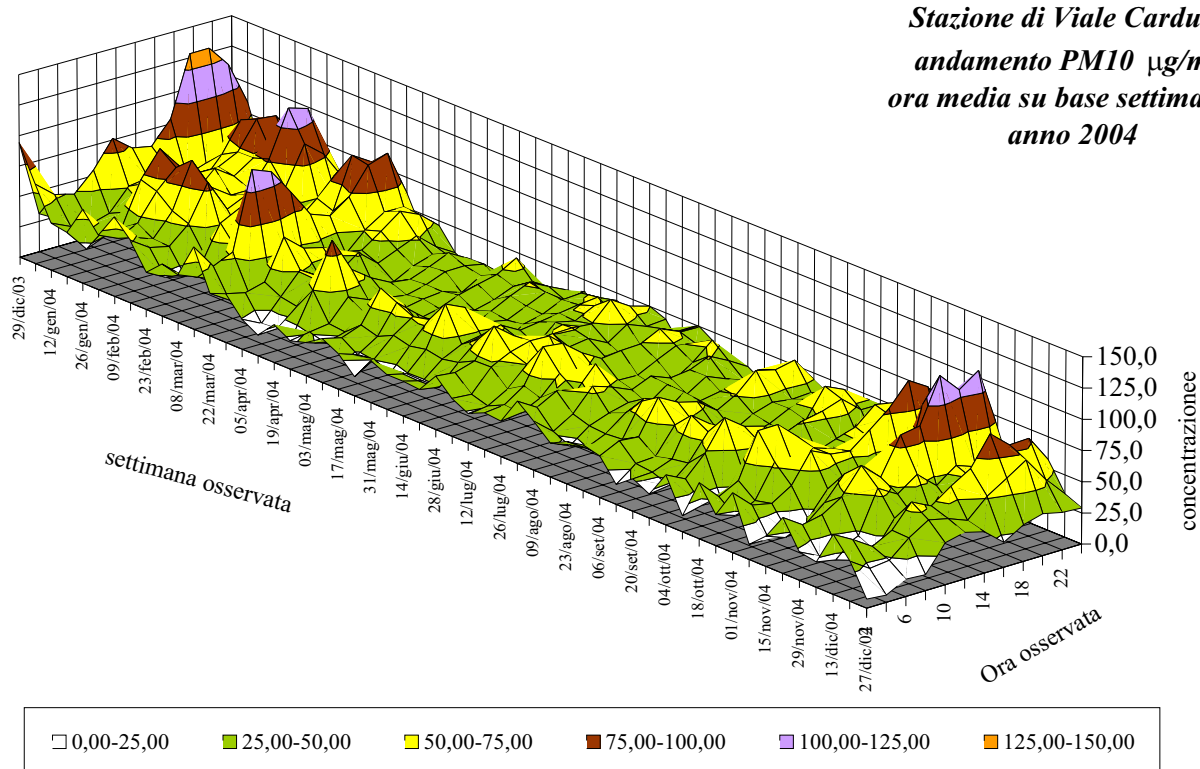
4.2.1 PM₁₀

I dati provengono dalle centraline della rete pubblica di Viale Carducci, Via Gobetti e Villa Maurogordato. Si nota una generale non rispondenza ai parametri di qualità in Viale Carducci: il limite è stato superato del 15% e si sono registrati superamenti per un terzo dell'anno. La stazione di Villa Maurogordato può essere considerata indicativa del valore di fondo per la concentrazione di PM₁₀, benché si sia comunque verificato un superamento del limite giornaliero che pare riconducibile ad un'attività antropica episodica (incendio di sterpaglie). Il grafico per la stazione di Viale Carducci, unico tra tutti quelli presentati nella relazione, è stato elaborato considerando il valore biorario medio su base settimanale. Tale aggregazione di dati evidenzia maggiormente la distribuzione bimodale della concentrazione dell'inquinante nell'arco della giornata.

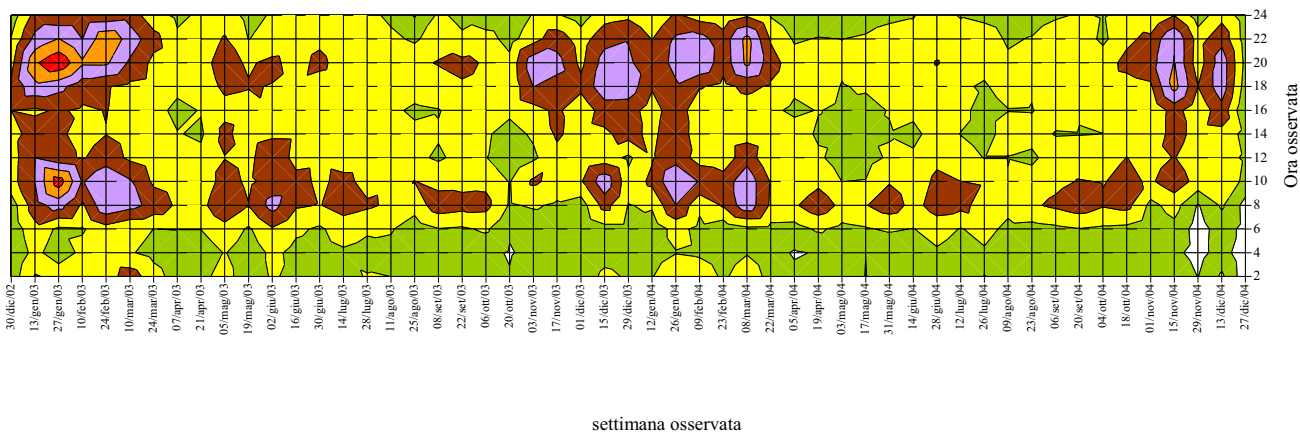
Tab. 21 – PM₁₀: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif (2005)	Viale Carducci	Via Gobetti	Villa Maurogordato
Dati validi (medie giornaliere)		359	362	355
Media annuale (µg/m ³)	40	46	30	17
Valori giornalieri > 50 µg/m ³	35	116	27	1

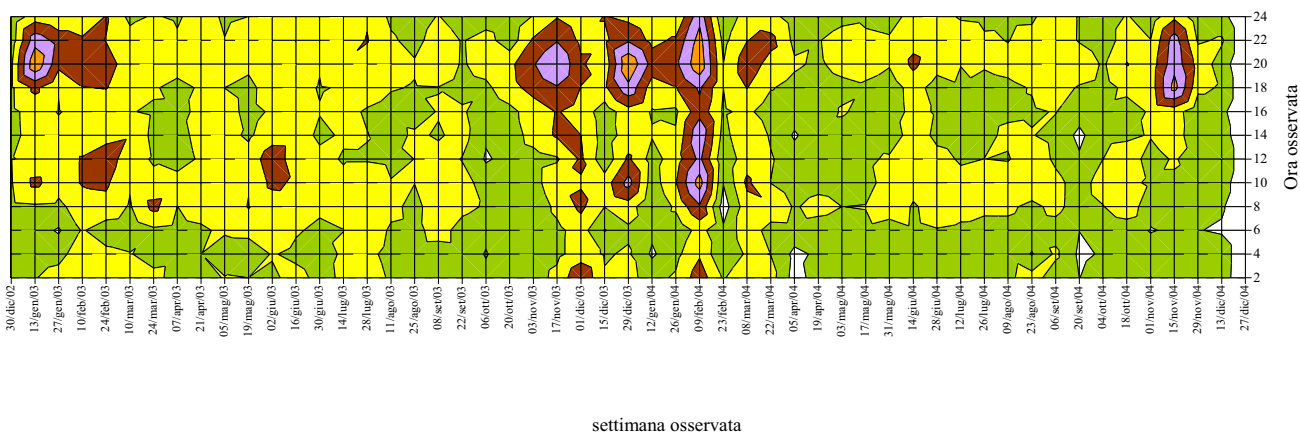
Viale Carducci



*Stazione di Viale Carducci andamento PM₁₀ µg/m³ ora media su base bisettimanale
Giorni Lavorativi anno 2003_2004*

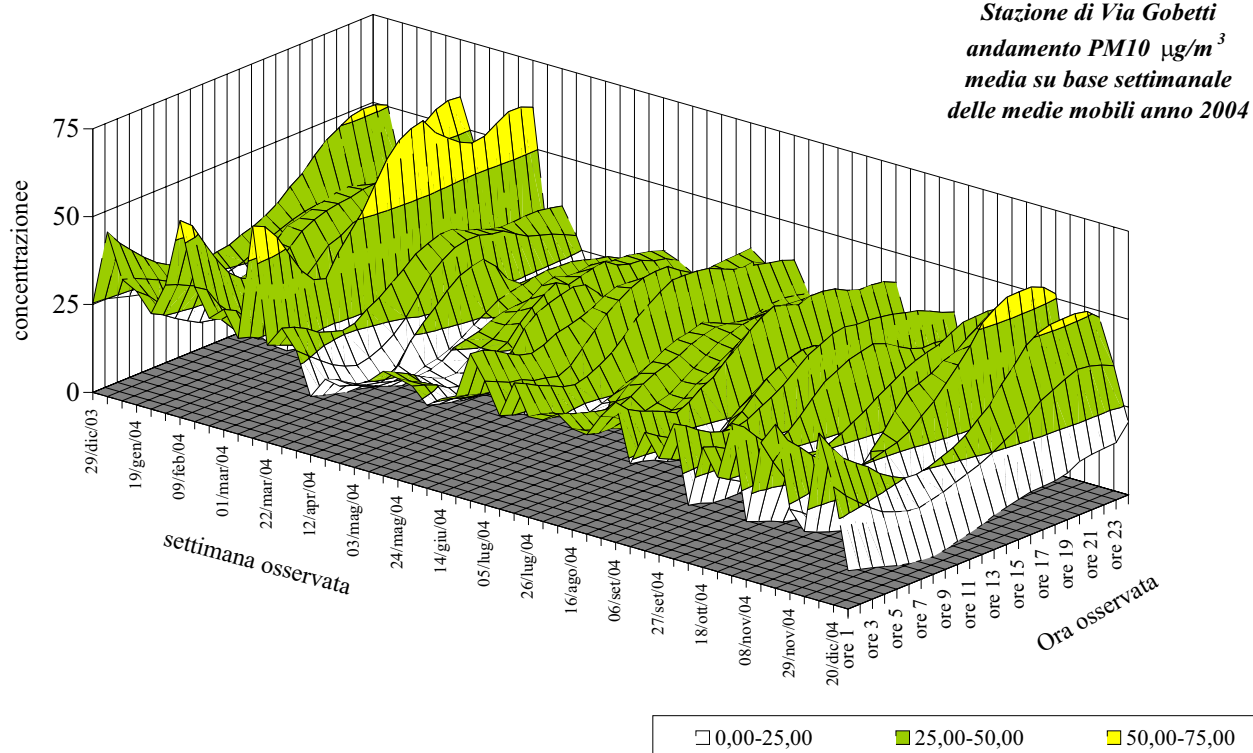


*Stazione di Viale Carducci andamento PM₁₀ µg/m³ ora media su base bisettimanale
sabato e domenica anno 2003_2004*

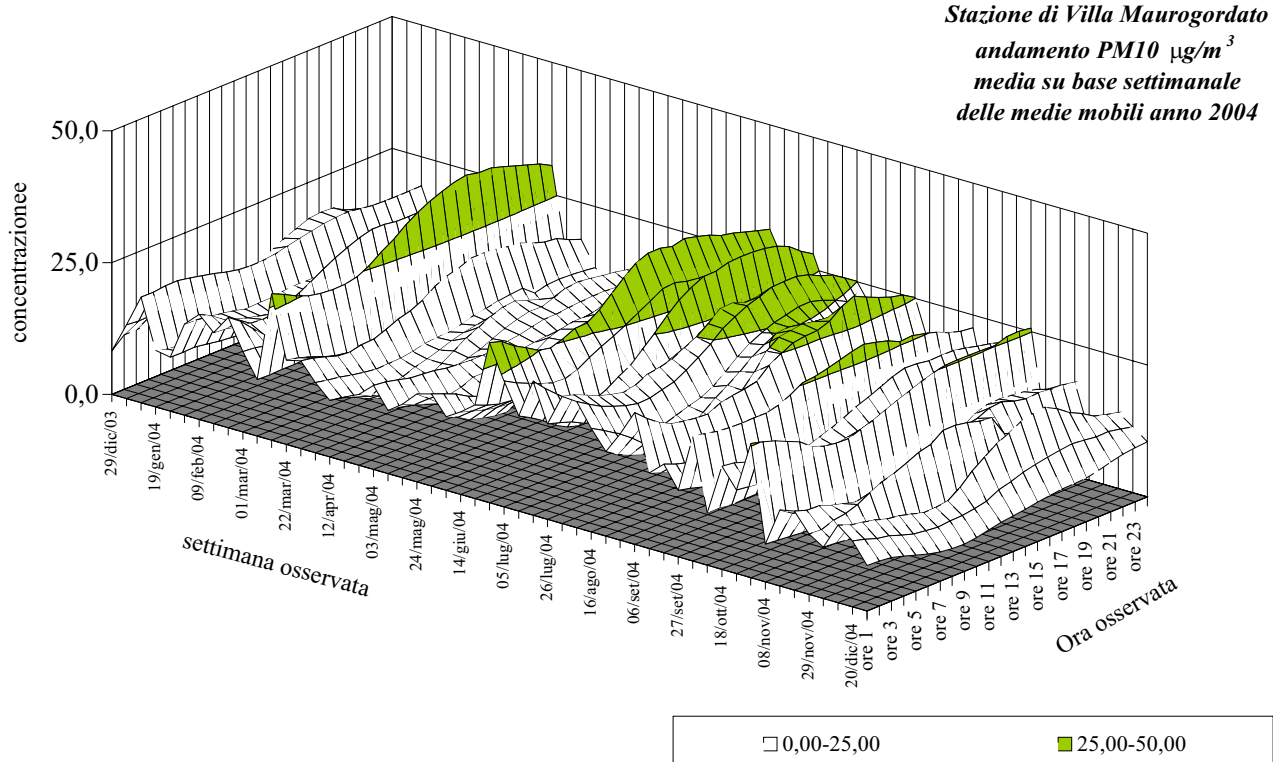


Appare qui evidente l'effetto antropico dovuto al traffico veicolare: l'andamento del giorno tipo sabato o domenica è infatti caratterizzato da una riduzione della concentrazioni di PM₁₀ specialmente nelle ore di punta della mattina. Si notano inoltre alcuni picchi di concentrazione in occasione dei periodi festivi invernali, anch'essi riconducibili all'aumento del traffico.

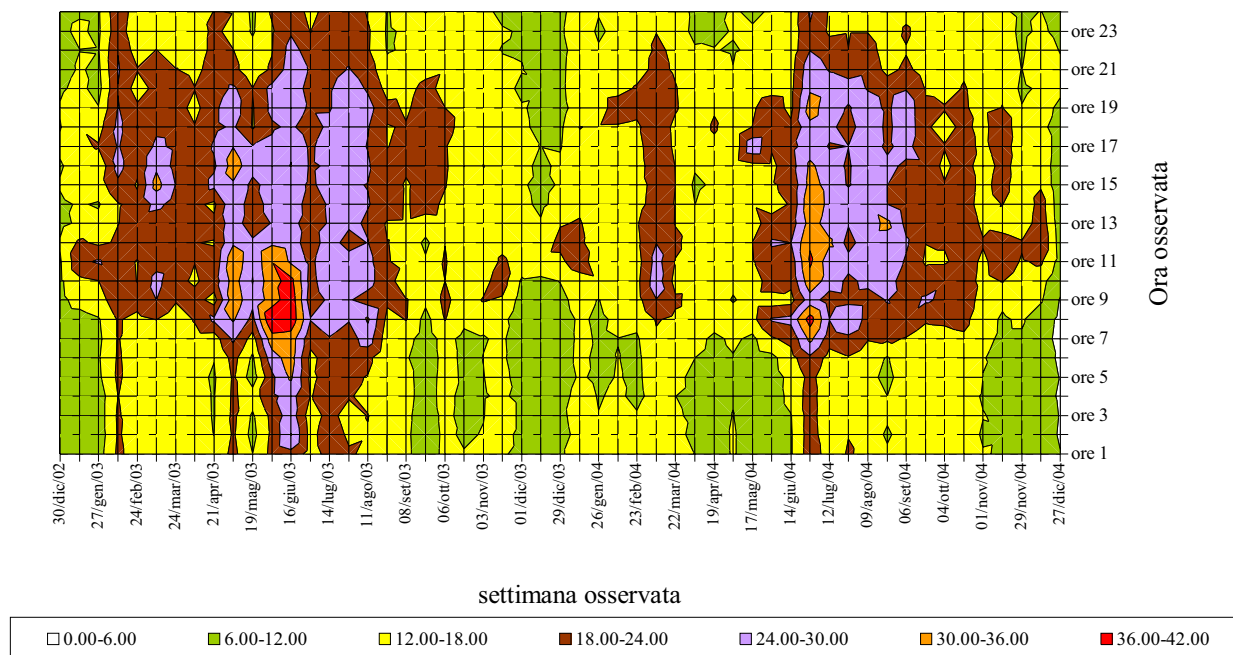
Via Gobetti



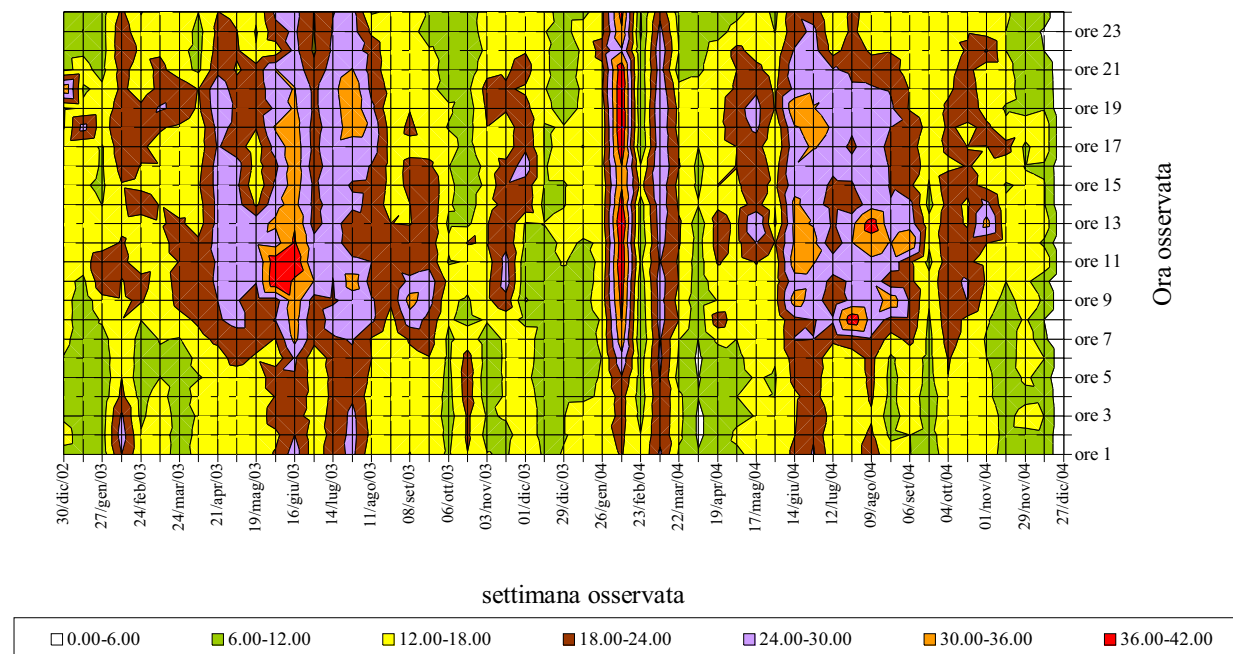
Villa Maurogordato



**Stazione di Villa Maurogordato andamento PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base
bisettimanale - Giorni Lavorativi anno 2003-2004**



**Stazione di Villa Maurogordato andamento PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base
bisettimanale - Sab&Dom anno 2003-2004**



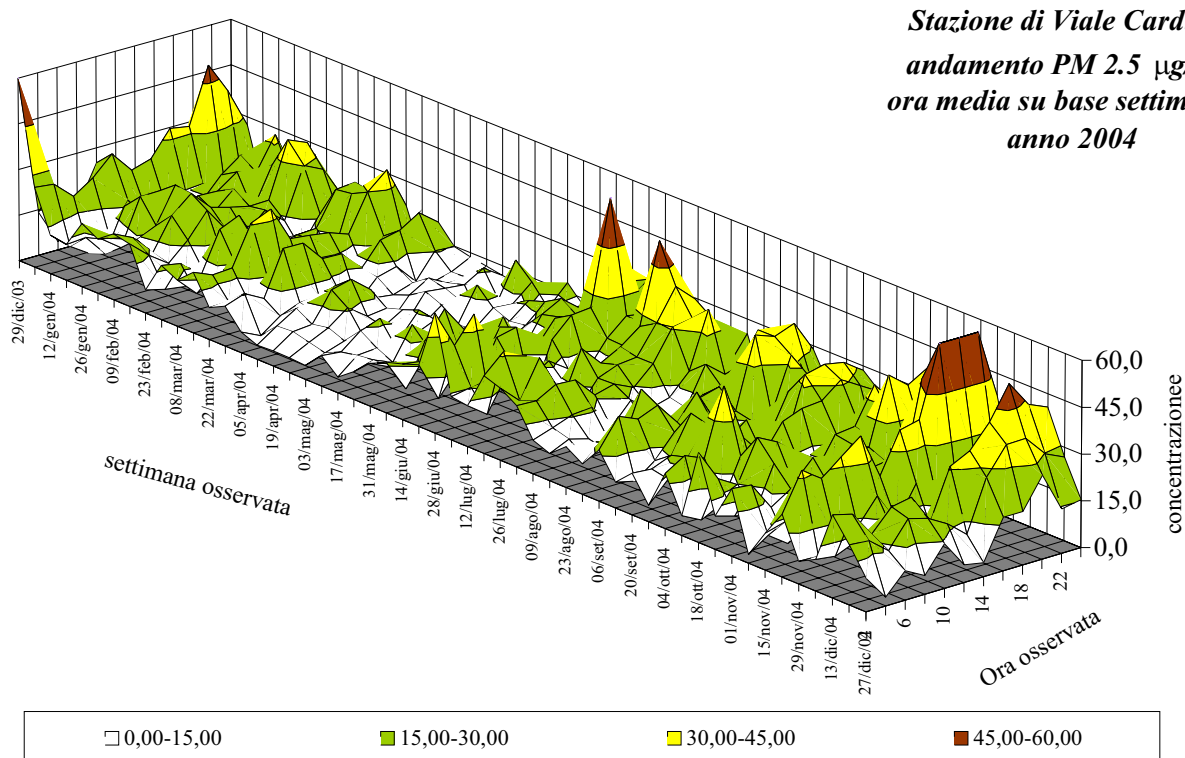
La stazione di Villa Maurogordato, ubicata in zona a verde pubblico distante da sorgenti inquinanti, non registra differenze significative di concentrazione di PM₁₀ al variare del giorno tipo. Si evidenzia una maggiore concentrazione di PM₁₀ nel periodo di tarda primavera, tra maggio e giugno, con una leggera diminuzione nel corso della stagione calda: tale fenomeno potrebbe essere riconducibile ai pollini di piante a disseminazione anemofila tipiche dei climi temperati. Non è possibile escludere il contributo alle PM₁₀ di altre componenti secondarie o terziarie di origine naturale o antropica eventualmente risollevate dall'azione del vento.

4.2.2 PM_{2,5}

L'unica centralina che rileva la concentrazione dell'inquinante è quella di Viale Carducci. Il rendimento inferiore al 90% e la distribuzione mensile dei dati validi è accettabile secondo il II livello previsto dal DM 60/02. La mancanza di una normativa di riferimento congiunta alla indisponibilità di risorse dipartimentali non ha consentito di elaborare i dati con le tecniche statistiche previste in questi casi dallo stesso decreto (cfr. par. 4.1), per cui non è possibile prendere come formale riferimento il risultato. Esso, in ogni caso, lascia intravedere una situazione di forte criticità in analogia con quanto visto per il PM₁₀.

Tab. 22 – PM_{2,5}: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif	Viale Carducci
Dati validi (medie giornaliere)		294
Media annuale (µg/m ³)	15	20



4.2.3 PTS

L'unica stazione di rilevamento delle PTS è quella di Via La Pira, che fa parte della rete privata ARIAL. I dati non sono stati validati da ARPAT.

Tab. 23 – PTS: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif	Via La Pira
Dati validi (medie giornaliere)		322
Media annuale (µg/m ³)	150	33
95° percentile	300	55

4.2.4 SO₂

Rete pubblica

I risultati sono riportati in due tabelle separate poiché la centralina di Viale Carducci ha avuto un rendimento lievemente inferiore al 90%, benché le distribuzioni dei suoi dati siano conformi alle previsioni del DM 60/02. Si nota una buona rispondenza ai criteri di qualità in termini di concentrazioni, rafforzata dal fatto che non sono stati registrati superamenti delle soglie previste dalle norme. E' ragionevole supporre che i valori di massima concentrazione evidenziati nel grafico relativo alla centralina di Viale Carducci siano dovuti non già al contributo del traffico veicolare (cfr. il profilo del grafico del CO) ma ad altre sorgenti emissive di natura industriale.

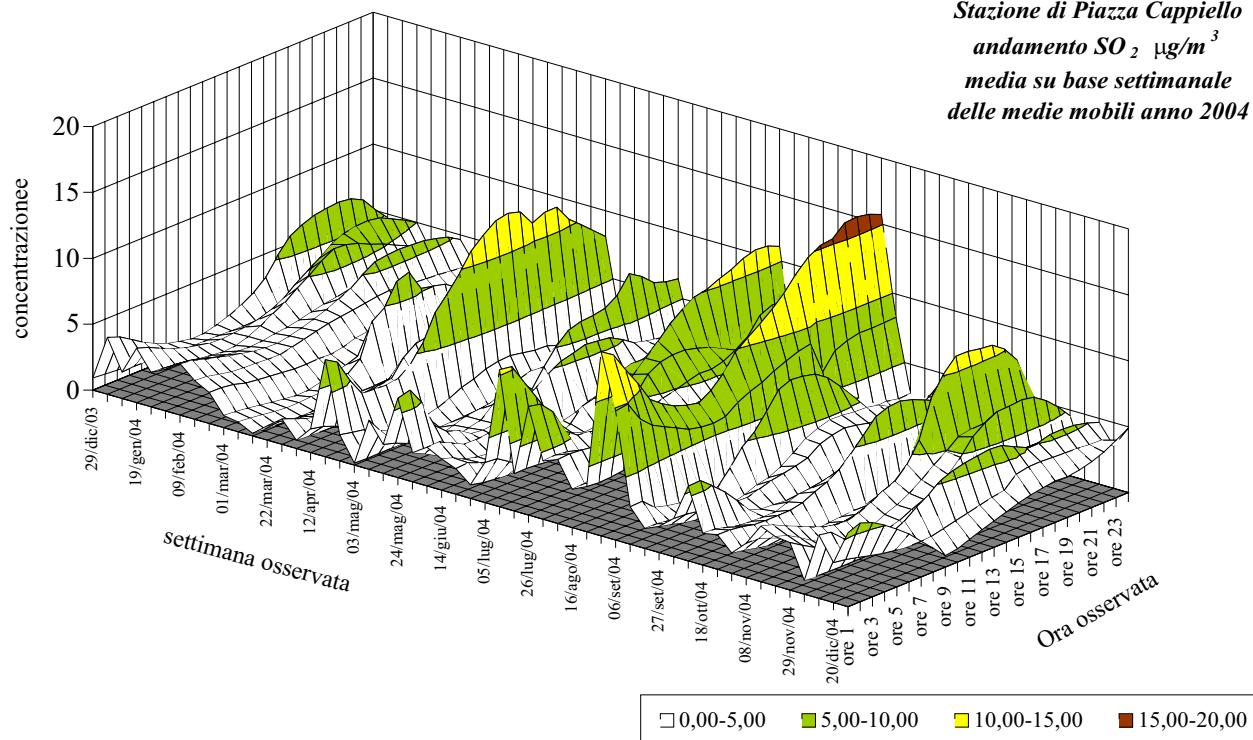
Tab. 24 – SO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline con efficienza > 90%.

	Limite di Rif (2005)	Piazza Cappelletto
Dati orari validi		8242
Medie orarie > 350 µg/m ³	24	0
Dati giornalieri validi		356
Medie giornalieri > 125 µg/m ³	3	0
Media annuale (µg/m ³)	20	4
Media invernale dal 1/10/03 al 31/03/04 (µg/m ³)	20	2

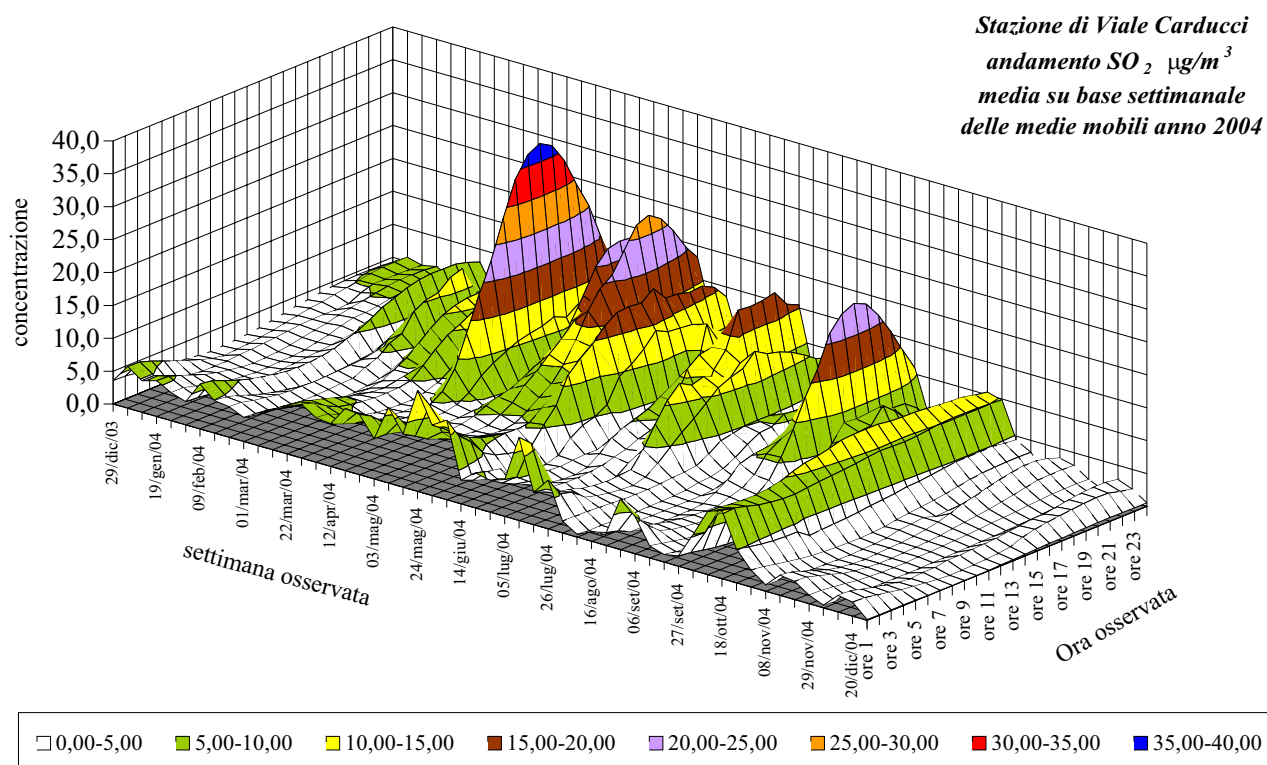
Tab. 25: – SO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline con efficienza fra 15% e 90%.

	Limite di Rif (2005)	Viale Carducci
Dati orari validi		7874
Medie orarie > 350 µg/m ³	24	0
Dati giornalieri validi		323
Medie giornalieri > 125 µg/m ³	3	0
Media annuale (µg/m ³)	20	6
Media invernale dal 1/10/03 al 31/03/04 (µg/m ³)	20	4

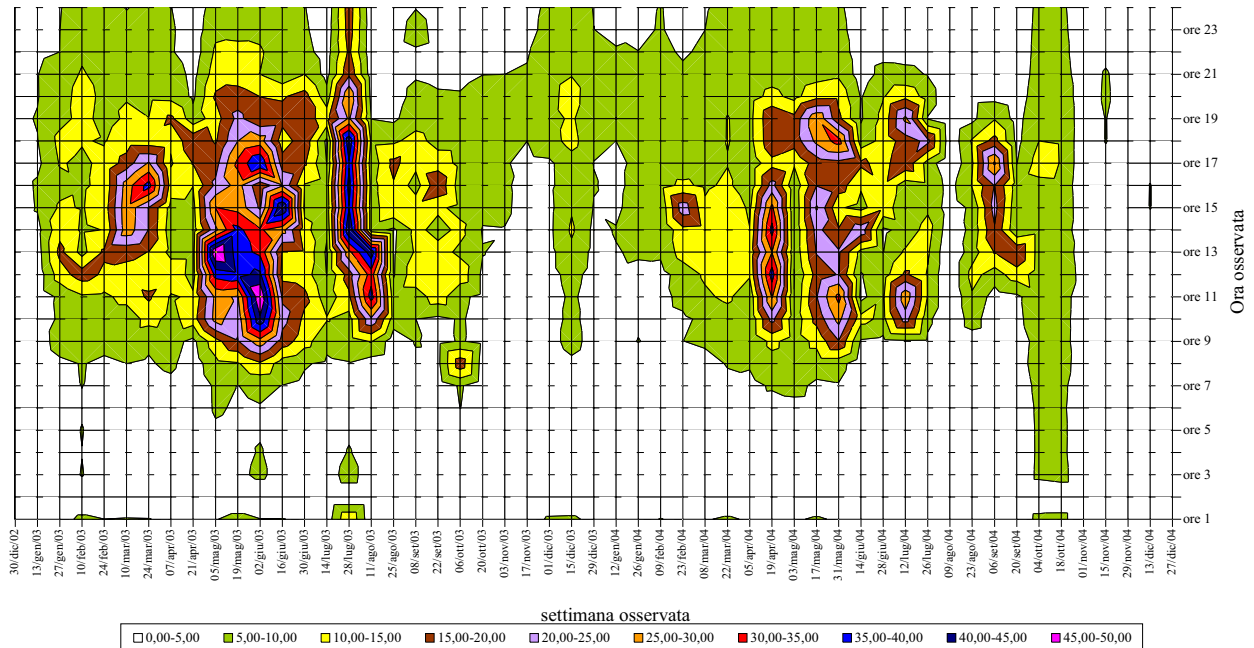
Piazza Cappello



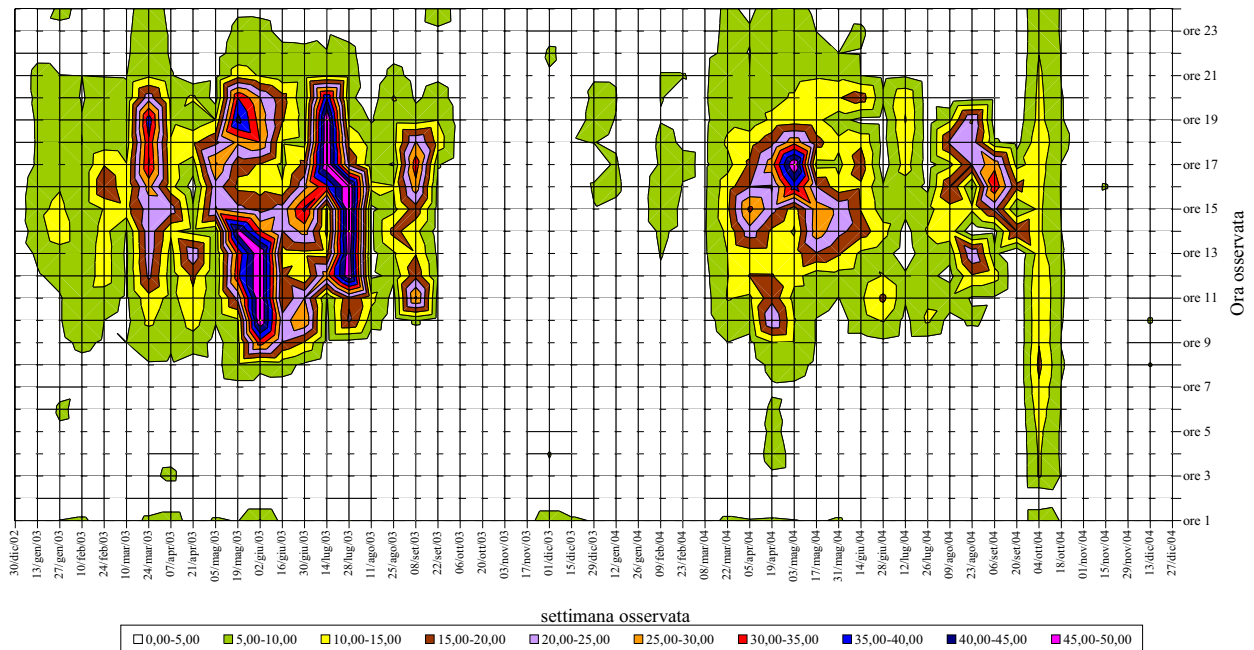
Viale Carducci



*Stazione di Via Carducci andamento SO₂ µg/m³ ora media su base bisettimanale
giorni lavorativi 2003_2004*

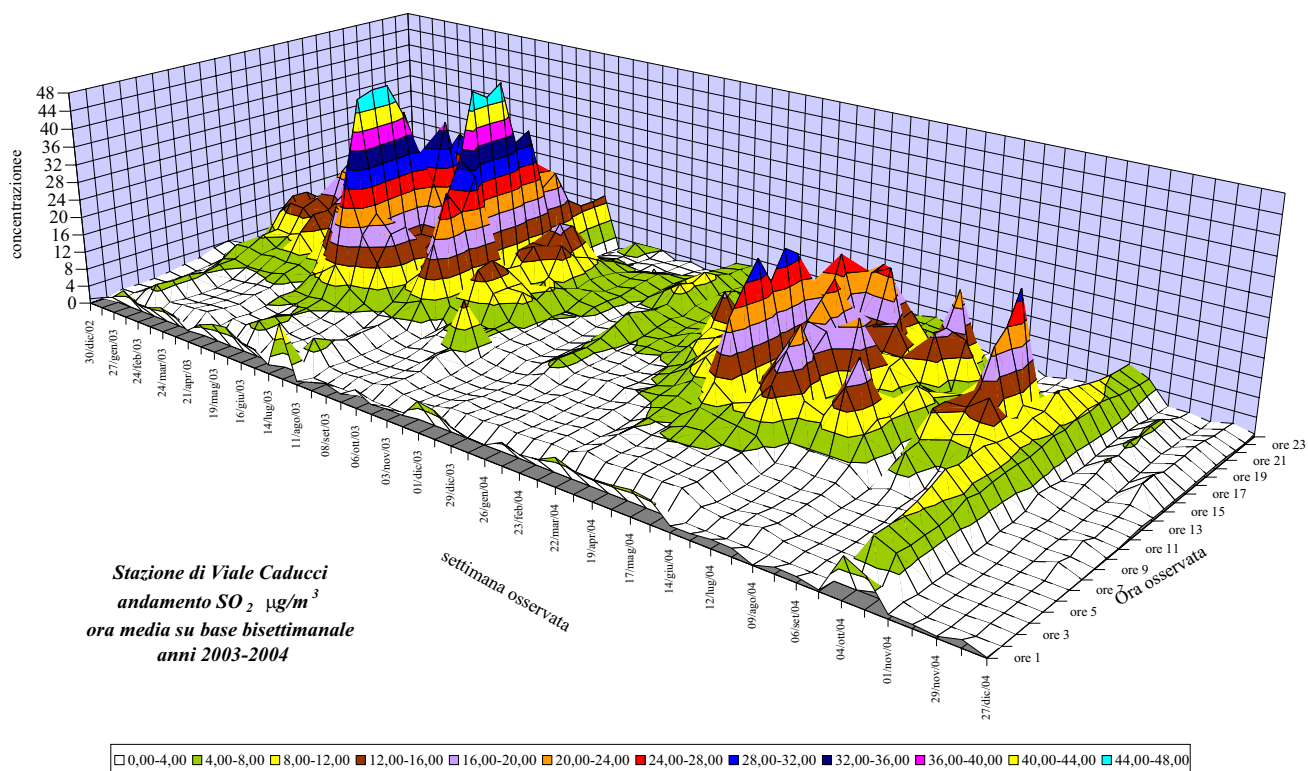


*Stazione di Via Carducci andamento SO₂ µg/m³ ora media su base bisettimanale
Sab&Dom anno 2003_2004*



Nonostante la stazione di Viale Carducci sia ubicata in una zona molto trafficata, l'andamento del giorno tipo sabato o domenica non si discosta da quello degli altri giorni lavorativi. I valori di massima concentrazione si registrano solo nei mesi estivi e durante i pomeriggi. Non si riscontrano quindi corrispondenze con le attività umane collegate al trasporto o alla mobilità. E' invece ipotizzabile un contributo da fonte prettamente industriale, congiunto ad alcune variabili meteorologiche tipiche dei mesi estivi (brezze dai quadranti occidentali da tarda mattinata a sera e brezze dai quadranti orientali nelle ore notturne). A pagina seguente sono rappresentati gli andamenti della SO₂ nel biennio per meglio caratterizzare l'entità della concentrazioni raggiunte.

Viale Carducci SO₂ - Biennio 2003-2004



Rete privata ARIAL

Si riportano di seguito i dati relativi ai dati acquisiti dalla rete privata ARIAL relativamente alla concentrazione di SO₂ facendo presente che tali dati non vengono validati da ARPAT.

Tab. 26 – SO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline della rete ARIAL.

	Limite di Rif. (2005)	Via Cattaneo	Via Marx	Via La Pira	Via Da Vinci	Piazza XI Maggio	Via Rossi
Dati orari validi		7698	7653	7693	5741	7709	7368
Medie orarie > 350 µg/m ³	24	0	1	0	1	2	0
Dati giornalieri validi		319	301	322	229	316	304
Medie giornalieri > 125 µg/m ³	3	0	1	0	0	0	0
Media annuale (µg/m ³)	20	6	12	9	18	13	9
Media invernale dal 1/10/03 al 31/03/04 (µg/m ³)	20	4	11	8	28	12	6

4.2.5 CO

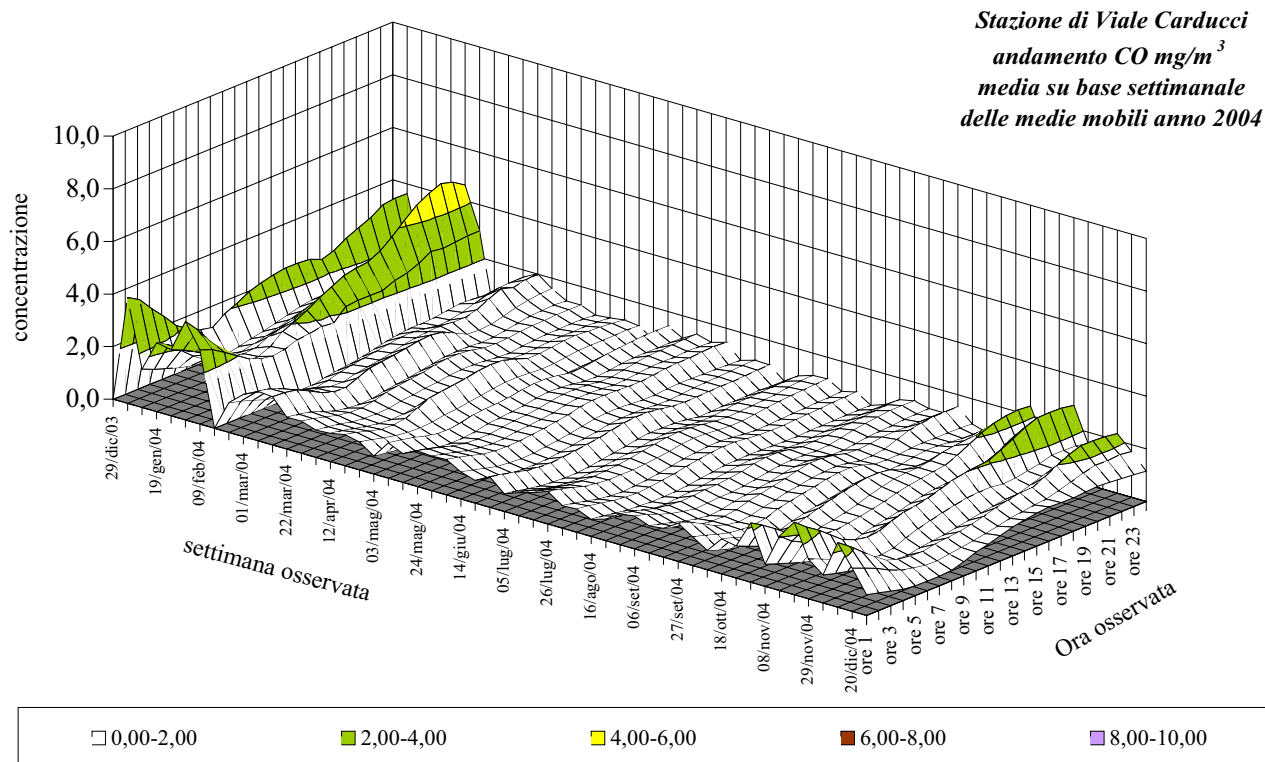
I dati provenienti dalla rete pubblica mostrano come non vi siano stati superamenti del valore limite. Anche in questo caso i risultati della stazione di Villa Maurogordato possono essere considerati rappresentativi dei valori di fondo di concentrazione di CO, quantificabile intorno a $0,2 \text{ mg/m}^3$ espresso come media mobile nelle 8 ore. Emerge, infine, che la concentrazione di CO è maggiore nelle zone urbane in cui più intenso è il traffico veicolare, essendo questo inquinante originato principalmente dai motori a combustione interna.

Tab. 27 – CO: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

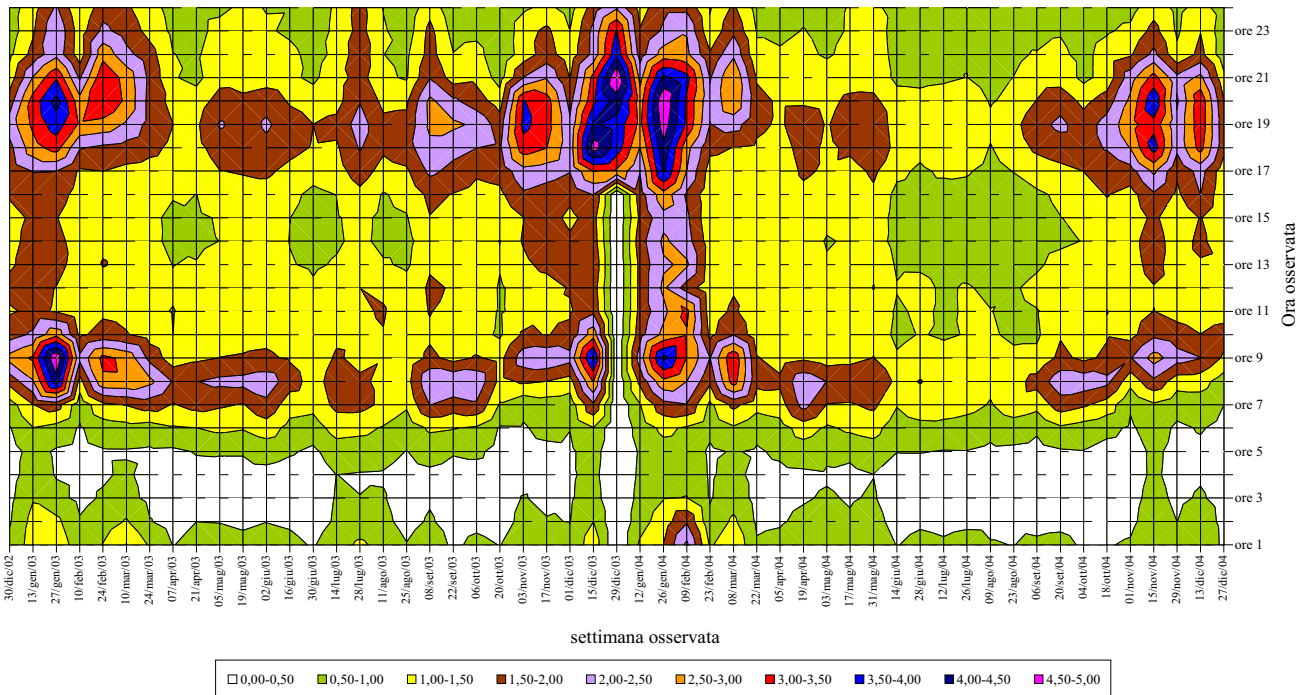
	Limite di Rif (2005)	Viale Carducci	Piazza Mazzini	Via Gobetti	Villa Maurogordato	Piazza XI Maggio *
Dati orari validi		8012	8426	8577	8473	7631
Media annuale misurata (mg/m^3)		1,2	0,9	0,4	0,2	2,4
Medie mobili di 8 h > 10 (mg/m^3)	0	0	0	0	0	0
Max media mobile di 8 h (mg/m^3)		5,8	3,6	2,6	0,8	4,8

(*) Rete privata ARIAL

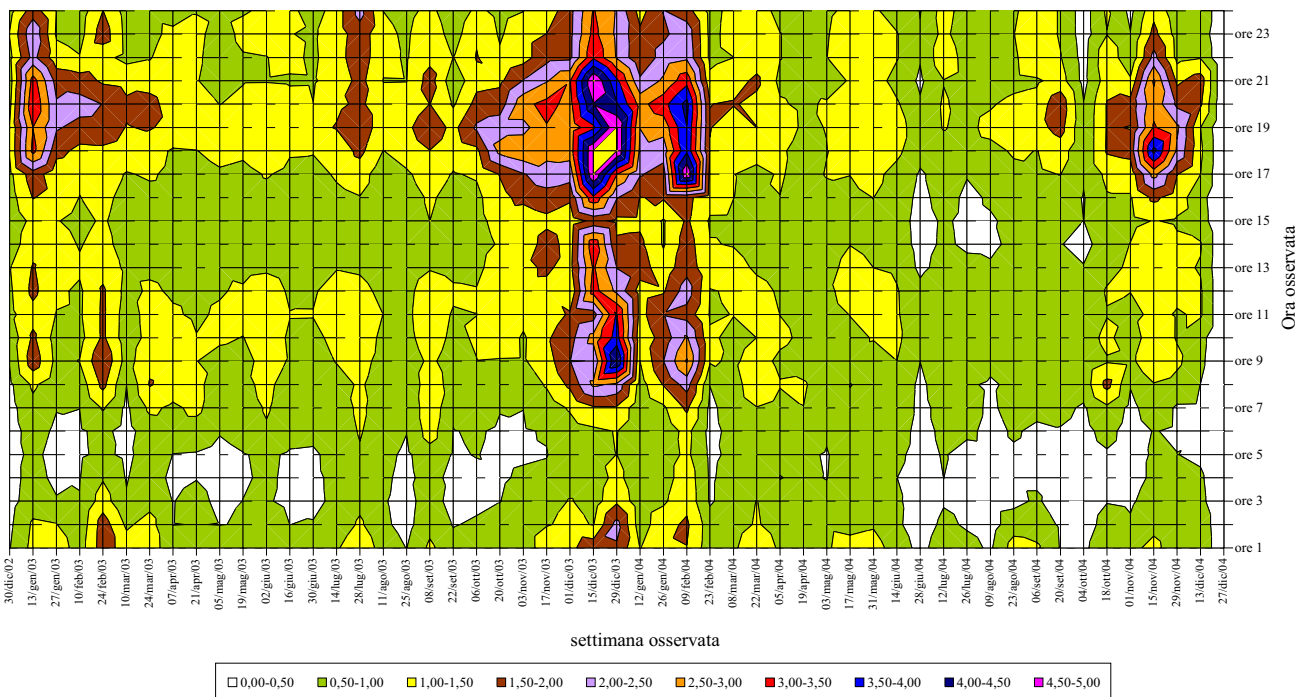
Viale Carducci



Stazione di Via Carducci andamento CO mg/m³ ora media su base bisettimanale Giorni Lavorativi anni 2003_2004

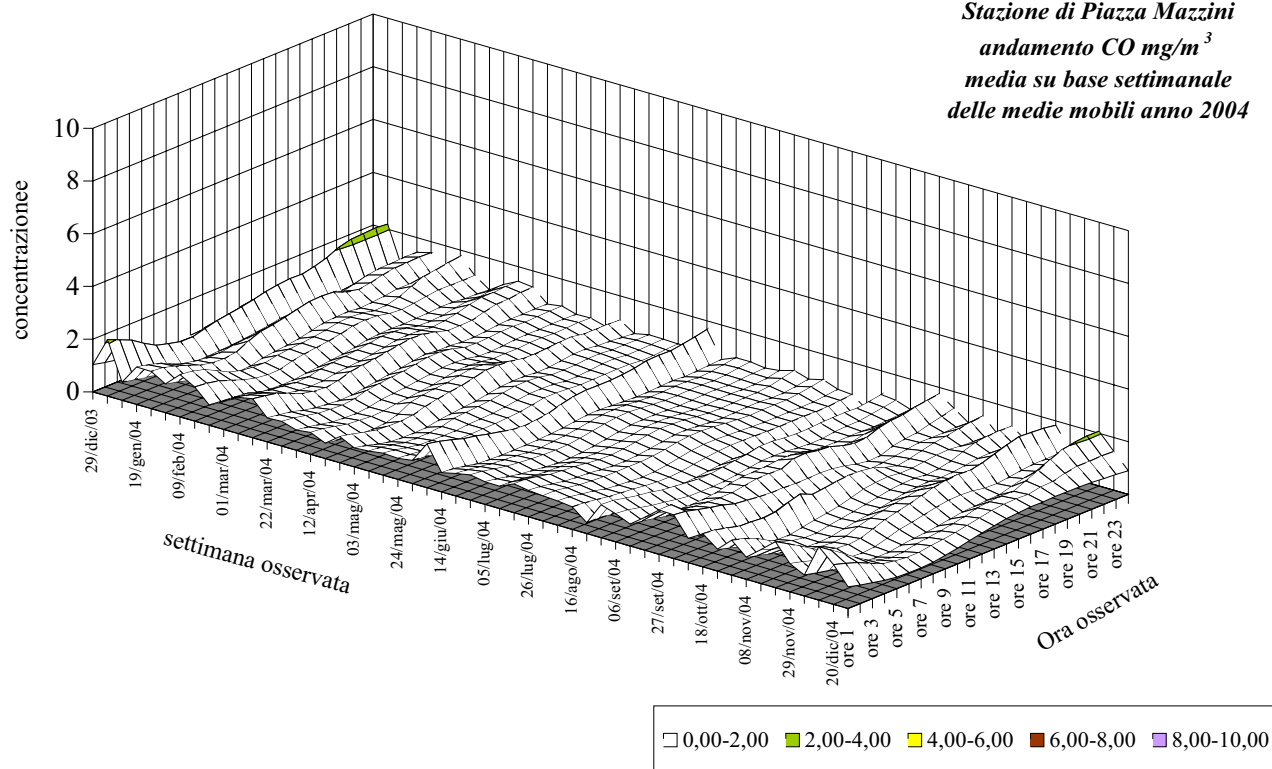


Stazione di Via Carducci andamento CO mg/m³ ora media su base bisettimanale Sab&Dom anni 2003_2004

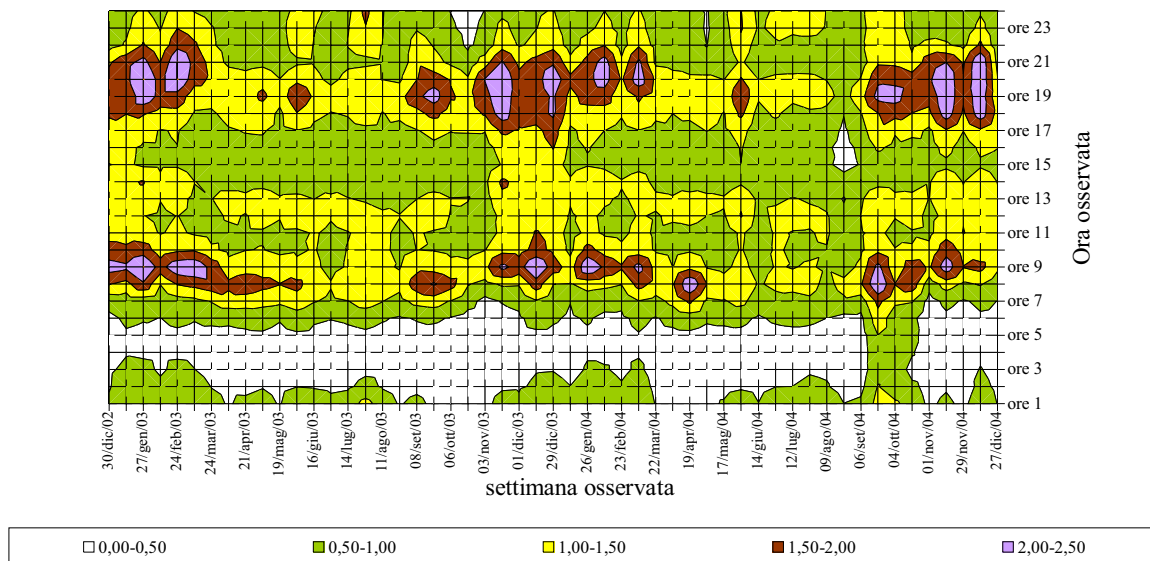


Anche in questo caso il giorno tipo sabato o domenica presenta significative riduzioni di concentrazione del CO, condizioni che non sussiste nei periodi festivi invernali. Non sembrano poi sussistere legami con altre sorgenti antropiche oltre al traffico.

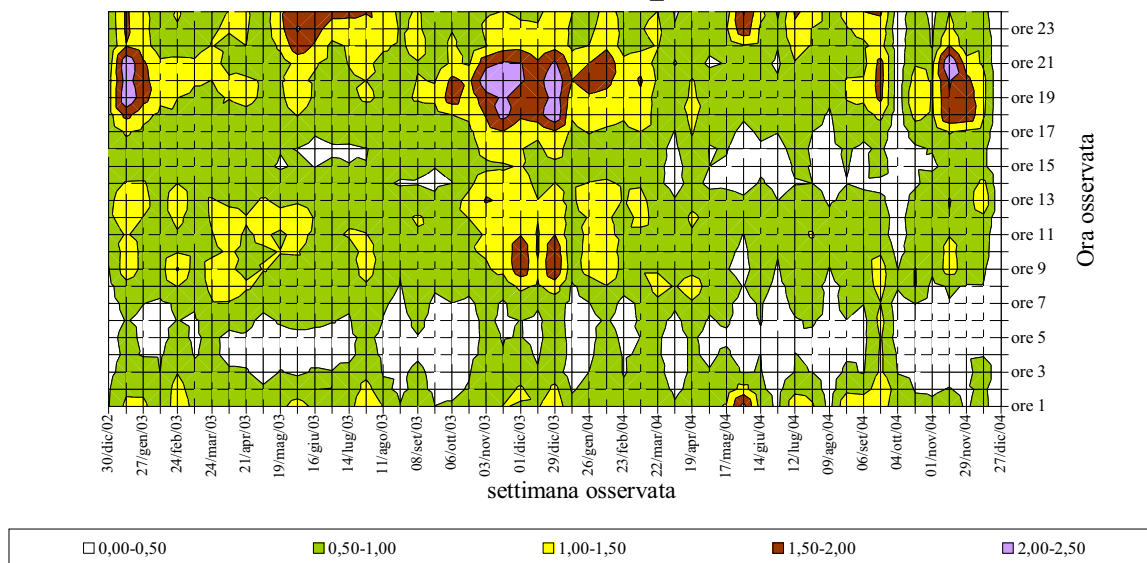
Piazza Mazzini



**Stazione di Piazza Mazzini andamento CO mg/m³ ora media su base bisettimanale
Giorni Lavorativi anno 2003_2004**



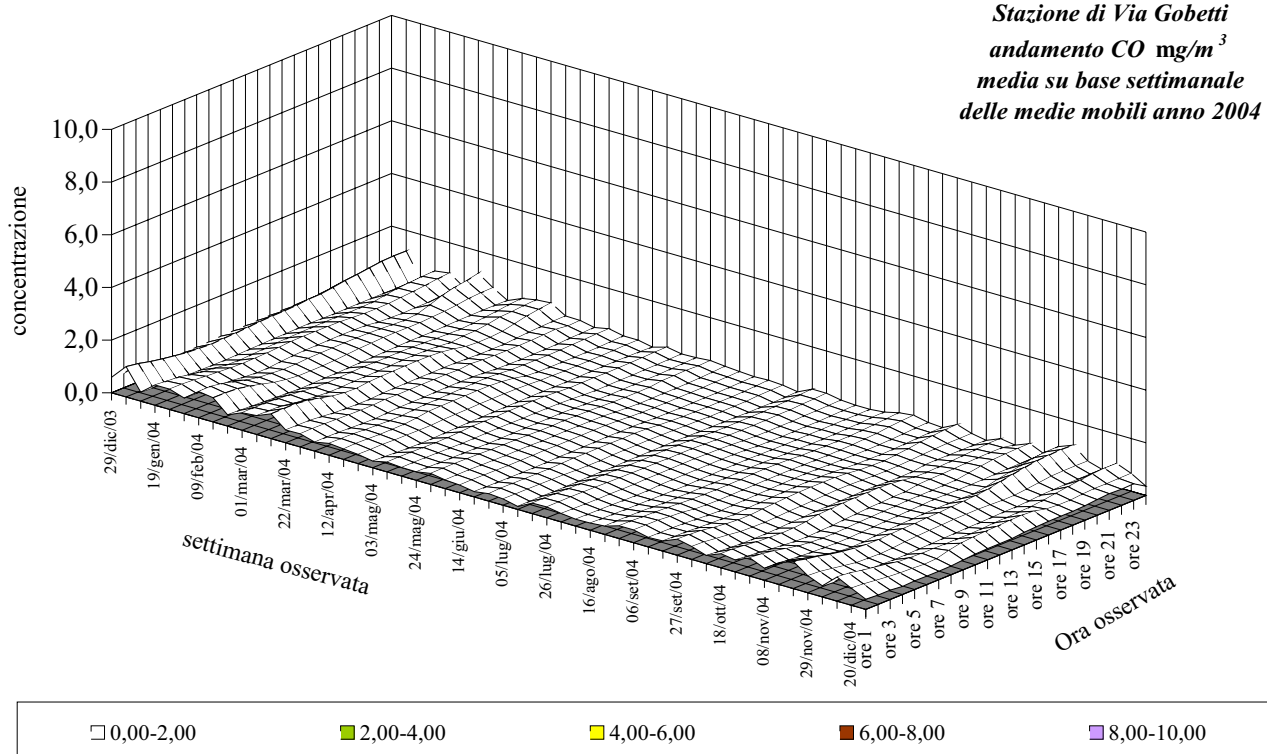
**Stazione di Piazza Mazzini andamento CO mg/m³ ora media su base bisettimanale
Sab&Dom anno 2003_2004**



Dalle figure si può evincere un legame tra l'intensità del traffico veicolare e le concentrazioni rilevate; la stazione infatti è ubicata in una zona caratterizzata da elevato traffico e l'andamento del giorno tipo sabato o domenica presenta una significativa riduzione della concentrazioni del monossido di carbonio. E' da notare, poi, come in occasione dei periodi festivi invernali tale condizione non risulta più verificata. Apparentemente non sembrano sussistere legami tra concentrazioni rilevate e sorgenti antropiche diverse dal traffico.

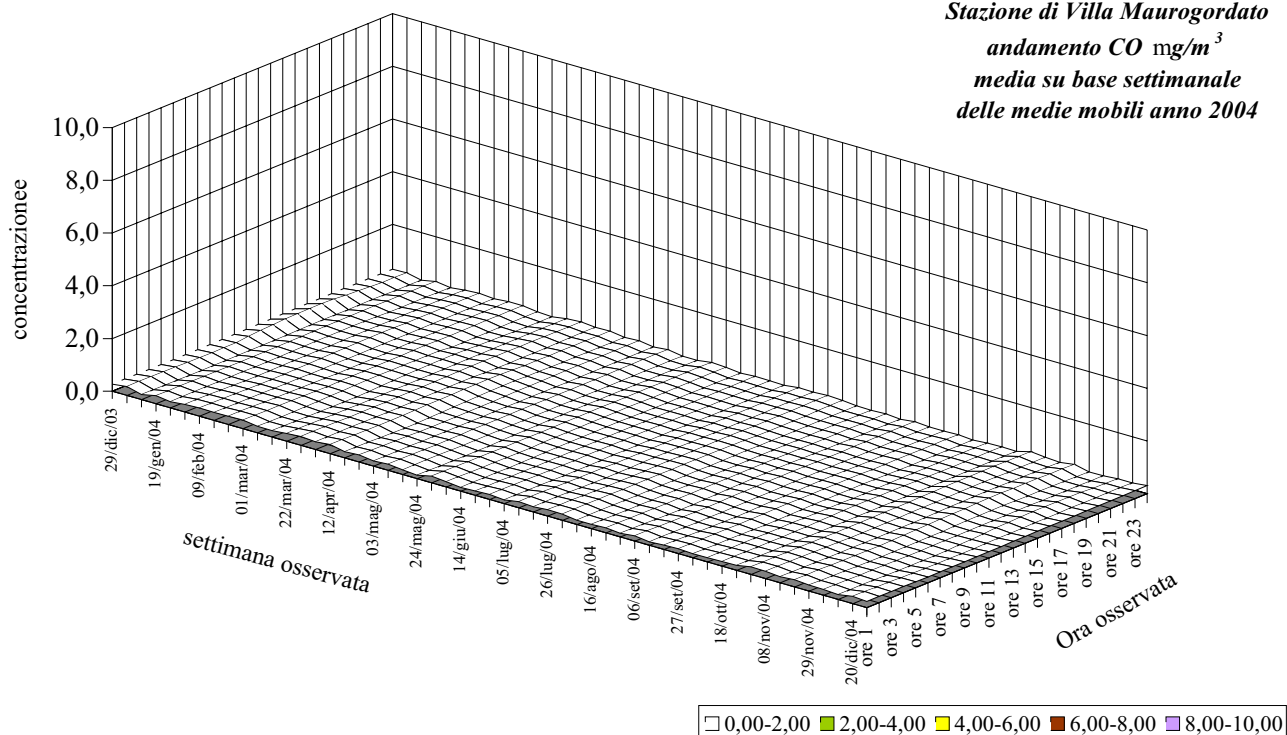
Via Gobetti

**Stazione di Via Gobetti
andamento CO mg/m³
media su base settimanale
delle medie mobili anno 2004**

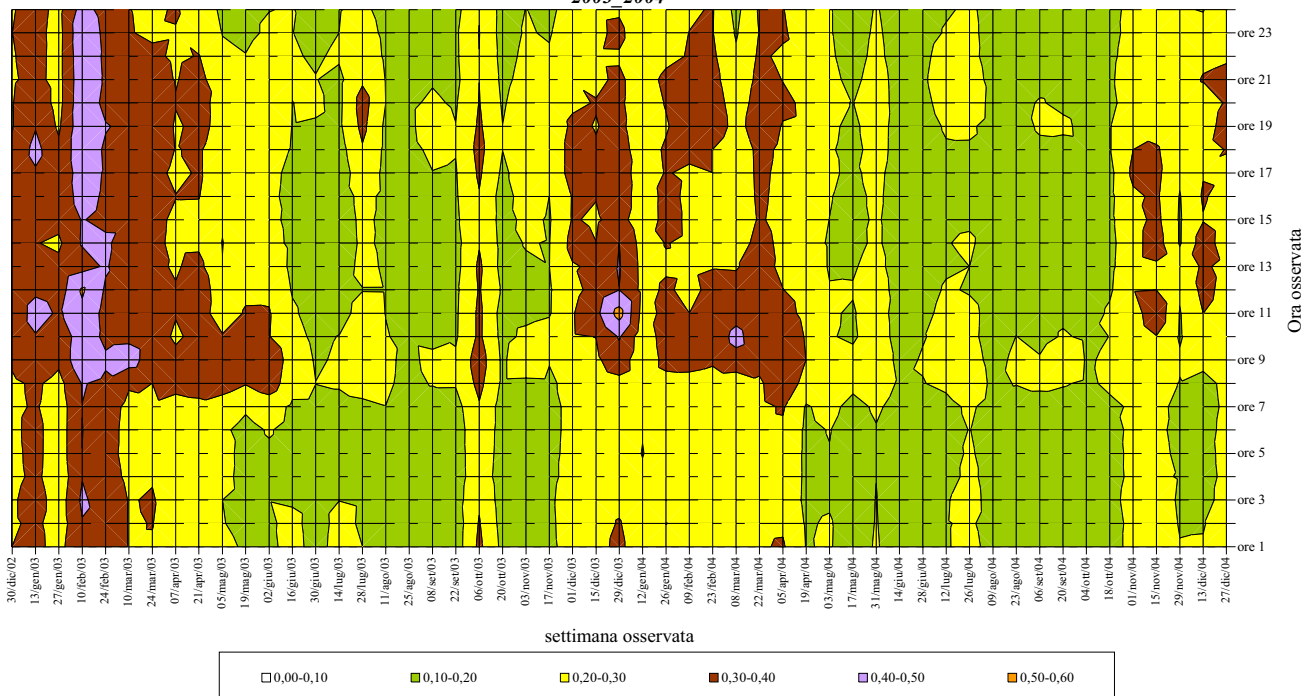


Villa Maurogordato

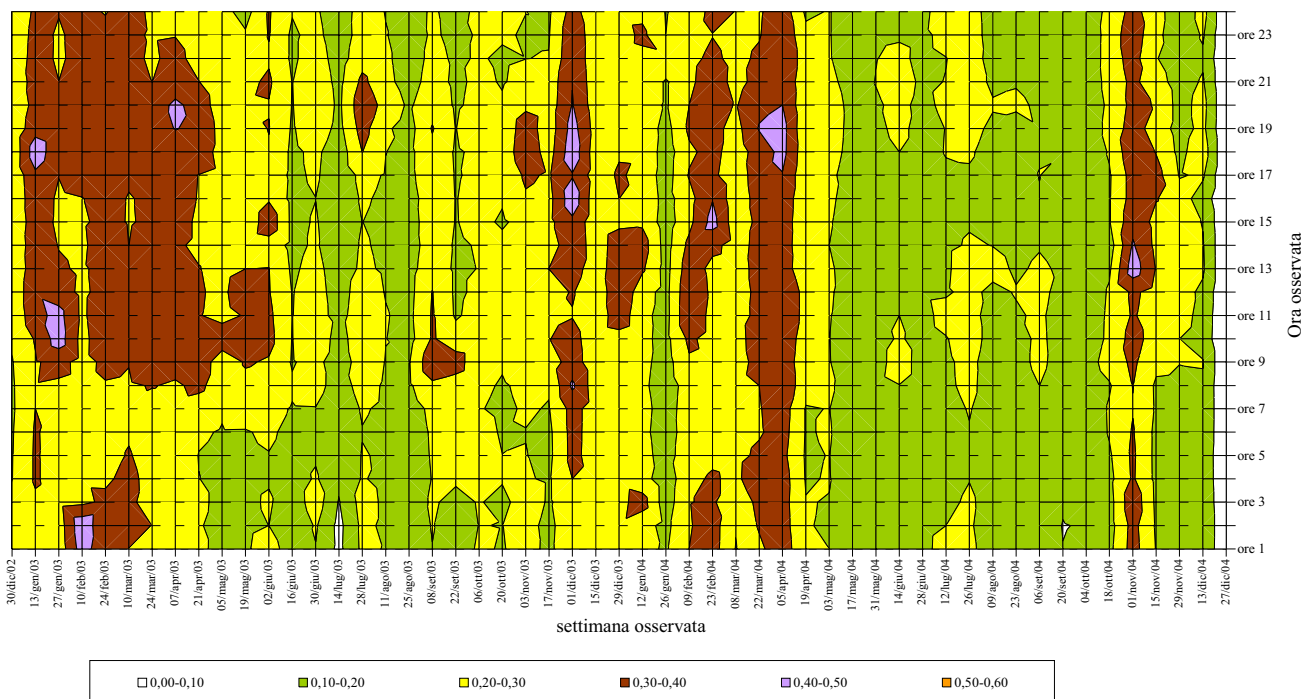
*Stazione di Villa Maurogordato
andamento CO mg/m^3
media su base settimanale
delle medie mobili anno 2004*



*Stazione di Villa Maurogordato andamento CO mg/m^3 ora media su base bisettimanale Giorni Lavorativi anni
2003 2004*



Stazione di Villa Maurogordato andamento CO mg/m^3 ora media su base bisettimanale Sab&Dom anni 2003_2004



Nella stazione di Villa Maurogordato si osserva solo una lieve differenza tra l'andamento del giorno tipo sabato o domenica e quello dei giorni lavorativi, mentre più evidente è la differenza tra periodo estivo ed invernale; in quest'ultimo infatti la concentrazione di CO è maggiore. Si notano inoltre episodi acuti di inquinamento riconducibili ad eventi sporadici, la cui caratterizzazione non è sempre possibile.

4.2.6 NO₂

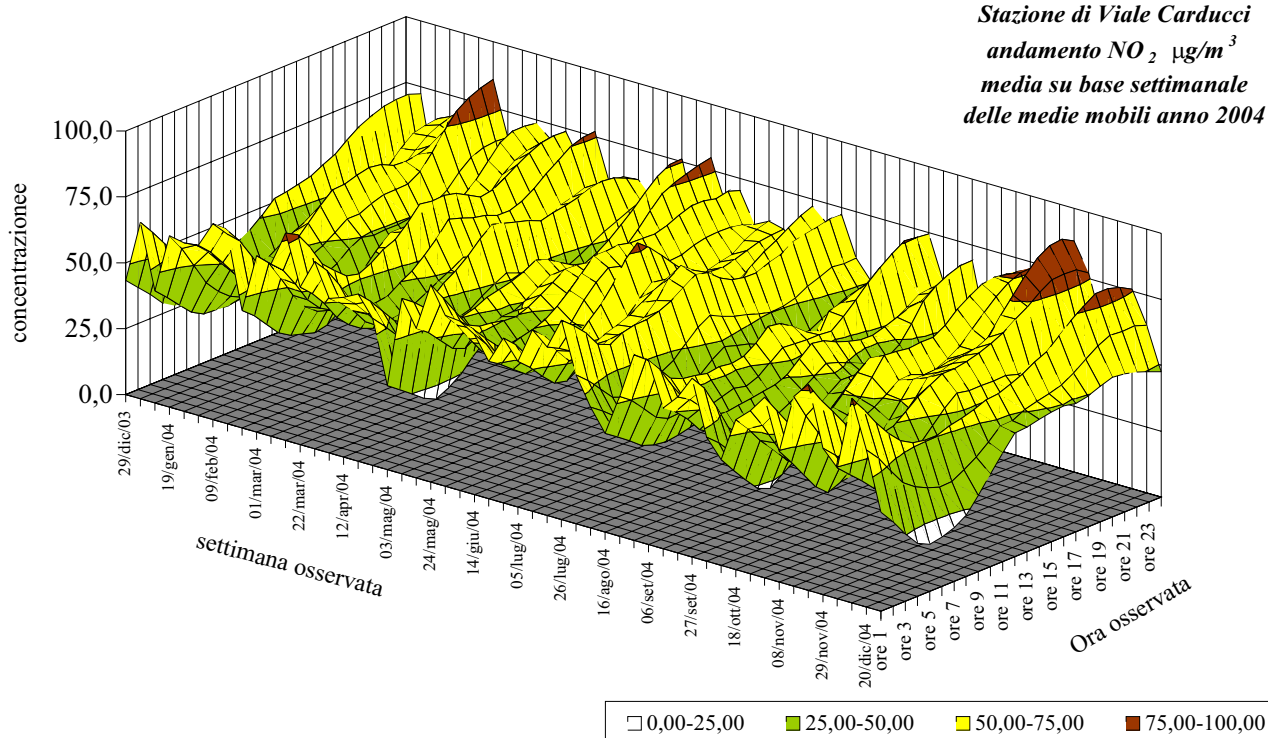
Nel corso del 2004 due centraline su cinque della rete pubblica hanno registrato il superamento della media annuale, mentre si è rilevato un superamento (sui 18 consentiti) della soglia dei 200 $\mu\text{g/m}^3$ nelle stazioni di viale Carducci e di Via Gobetti; il valore della media annuale registrato nella stazione di Piazza Mazzini è comunque inferiore alla soglia prevista dalla normativa per il 2004 (rif. Tab.7). Anche in questo caso le concentrazioni più alte si rilevano nelle zone urbane caratterizzate da intenso traffico veicolare (ricordiamo che il biossido d'azoto si forma principalmente per ossidazione del monossido, il quale viene originato in massima parte da processi di combustione, cfr. par. 3.1).

Tab. 28 – NO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

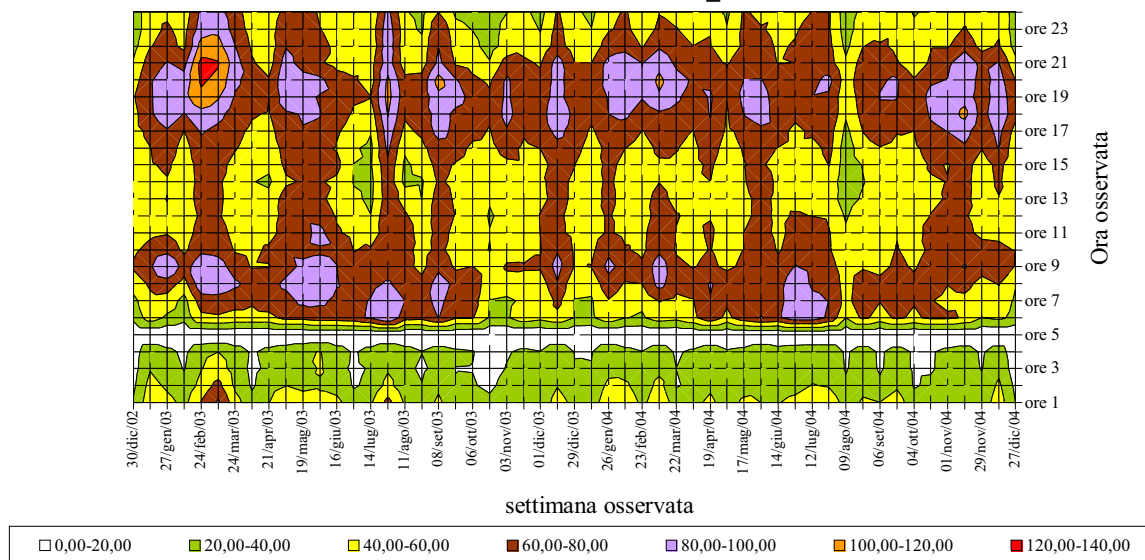
	Limite di Rif (2010)	Viale Carducci	Piazza Mazzini	Via Gobetti	Cappiello	Villa Maurogordato	Via Rossi*	Via Da Vinci*
Dati orari validi		8347	7990	8361	8241	8144	7345	3622
Valori orari > 200 $\mu\text{g/m}^3$	18	1	0	1	0	0	0	0
Media annuale ($\mu\text{g/m}^3$)	40	54	41	26	21	7	35	47

(*) Rete privata ARIAL

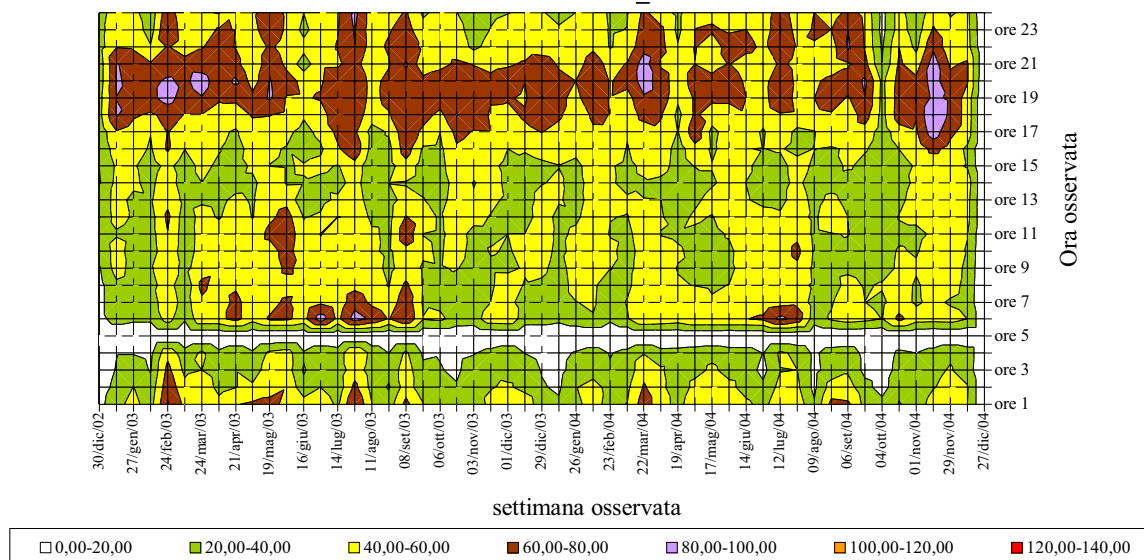
Viale Carducci



*Stazione di Viale Carducci andamento NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale
Giorni Lavorativi anno 2003_2004*



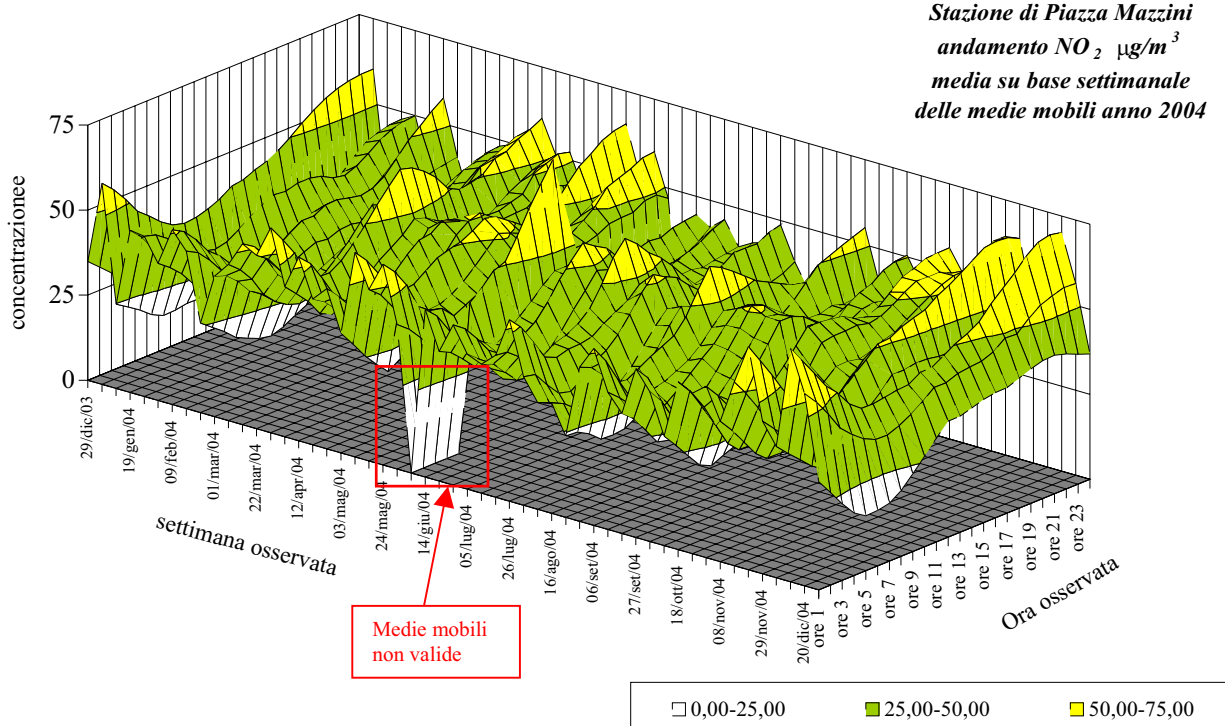
Stazione di Viale Carducci andamento NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale
Sab&Dom anno 2003_2004

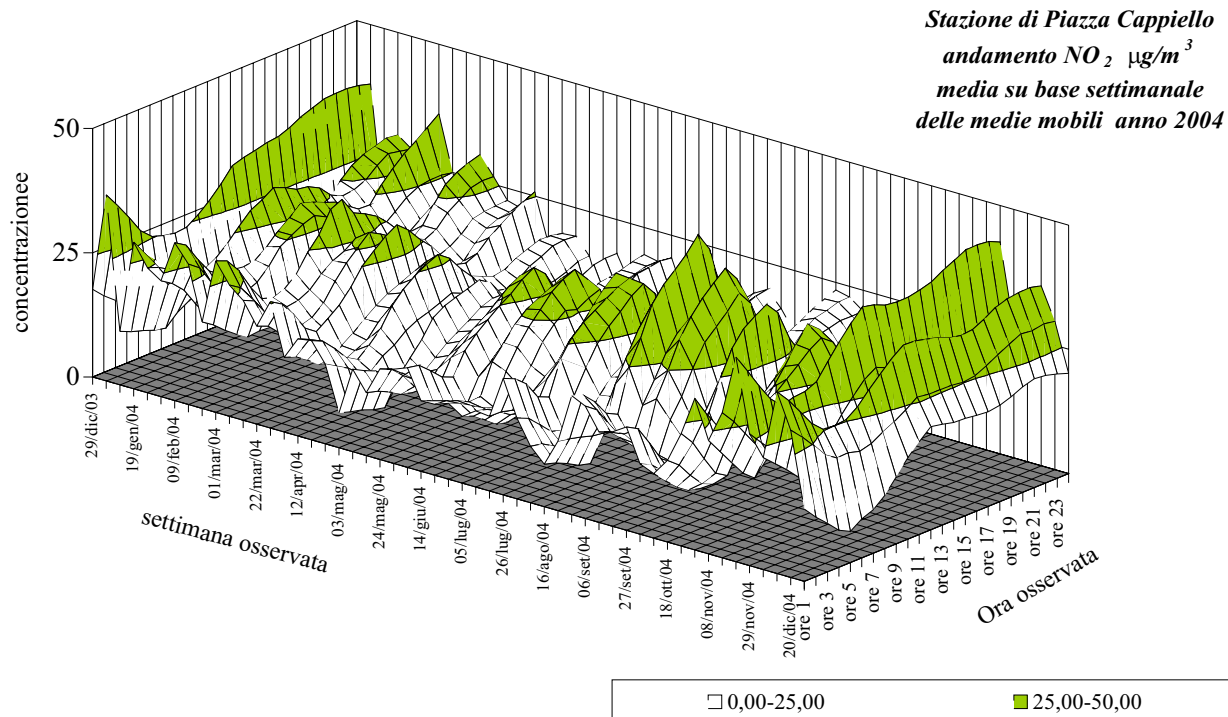


Appare evidente la riduzione della concentrazioni di NO_2 nel giorno tipo sabato o domenica, specialmente nelle ore di punta della mattina. Questo fatto evidenzia una relazione abbastanza forte fra traffico veicolare e concentrazione di NO_2 . Il motivo per cui anche nei giorni festivi questo inquinante tende ad aumentare la sua concentrazione nella seconda parte della giornata potrebbe essere in parte giustificato dalle caratteristiche della formazione di NO_2 . Questo inquinante di tipo secondario, infatti, raggiunge il momento di massima concentrazione mediamente dalle 18 in poi, e cioè un certo numero di ore dopo l'immissione in atmosfera degli inquinanti primari da cui si origina; si deve in ogni caso ricordare che esistono altre sorgenti di precursori di NO_2 , e che sono rappresentate da alcune attività industriali e dal riscaldamento domestico.

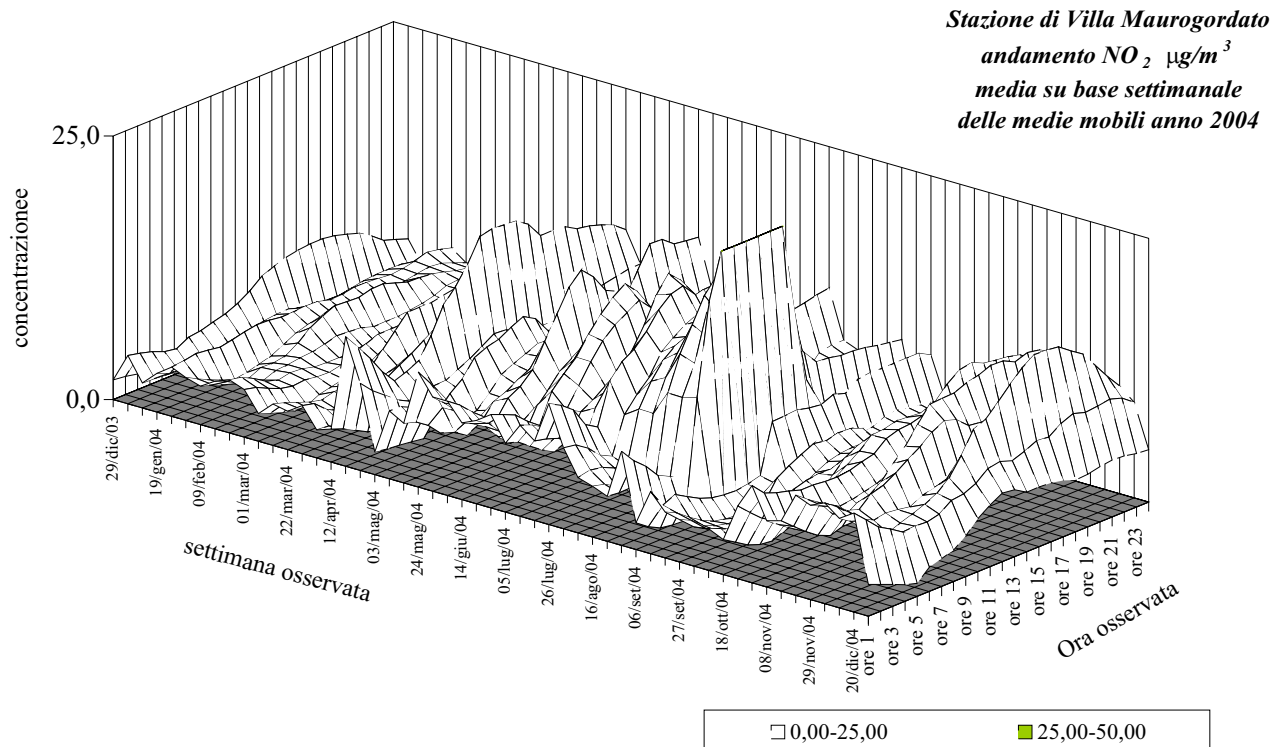
Piazza Mazzini

Stazione di Piazza Mazzini
andamento NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
media su base settimanale
delle medie mobili anno 2004

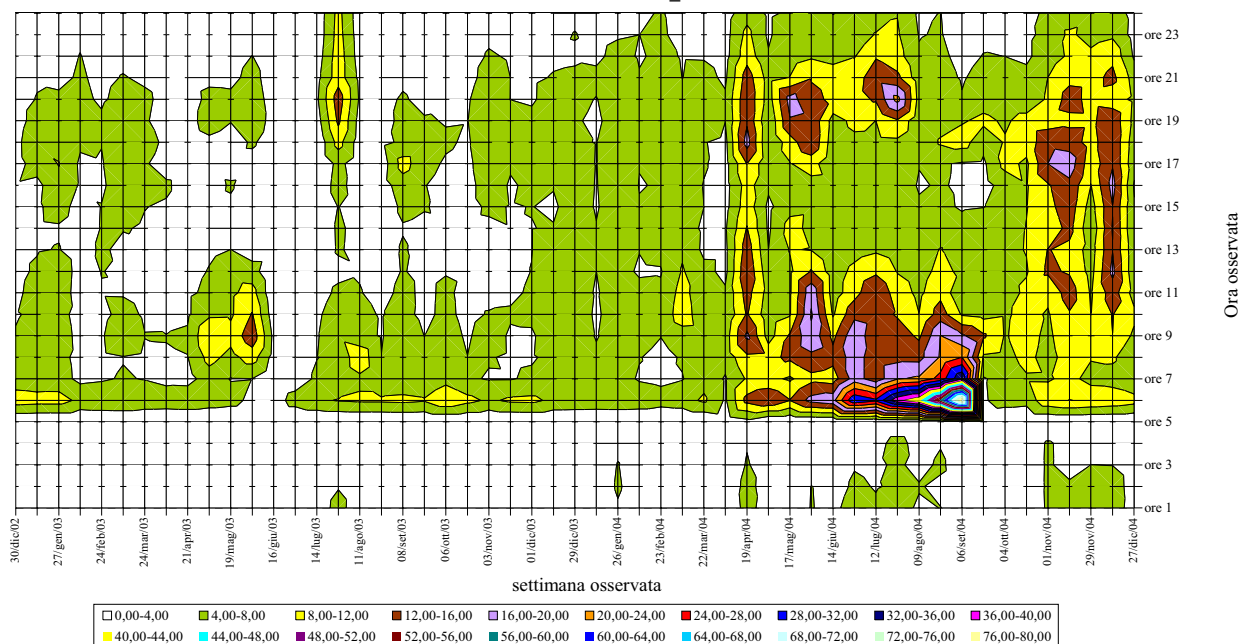




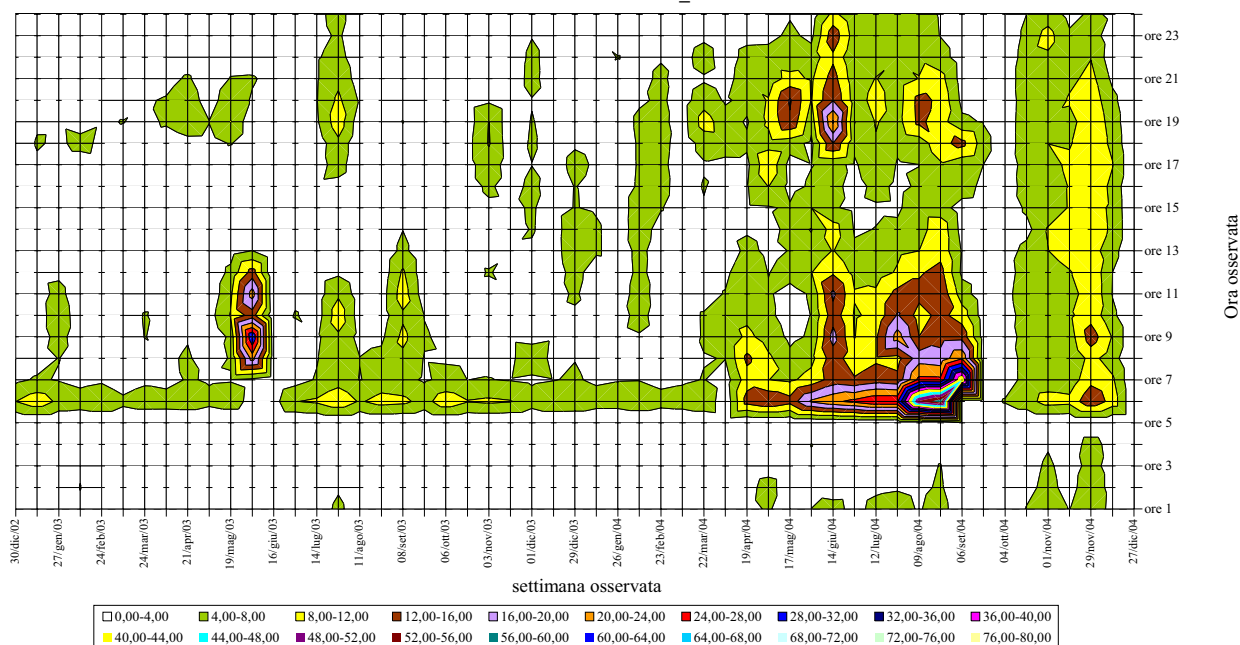
Villa Maurogordato



Stazione di Villa Maurogordato andamento NO₂ µg/m³ ora media su base bisettimanale
Giorni lavorativi anno 2003_2004



Stazione di Villa Maurogordato andamento NO₂ µg/m³ ora media su base bisettimanale
Sabato e domenica anno 2003_2004



La figura evidenzia un leggero incremento della concentrazione degli ossidi di azoto nell'anno 2004 rispetto all'anno 2003. Tale fenomeno sembra enfatizzato nei giorni lavorativi caratterizzati da un numero maggiore di picchi e da una concentrazione di fondo più elevata.

Sono stati inoltre osservati episodi acuti di inquinamento in entrambe le tipologie di giorni, riconducibili a eventi sporadici, la cui caratterizzazione non è sempre possibile.

4.2.7 NO_x

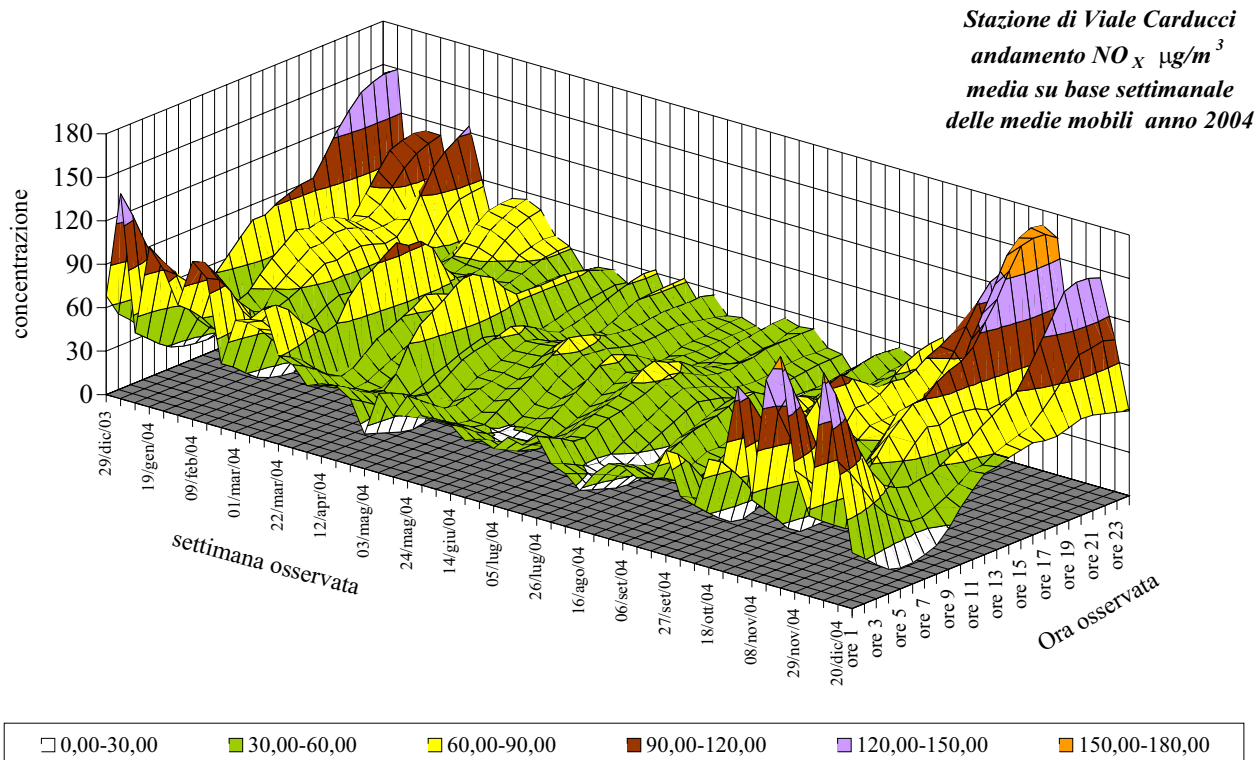
Gli ossidi di azoto NO_x indicano la somma delle concentrazioni di monossido e biossido presenti nell'aria. I risultati presentano un quadro di negatività diffusa ed in alcuni casi molto marcata, con valori di concentrazioni fino al triplo del limite fissato dalla normativa. Dal confronto con i dati di concentrazione di NO₂ si può ipotizzare che alle elevate concentrazioni di NO_x contribuisca in modo determinante il monossido NO, che si forma nei processi di combustione alimentati con aria atmosferica ricca di azoto, compresi i motori a combustione interna. Ciò potrebbe anche spiegare le concentrazioni più alte registrate nelle aree ad intenso traffico veicolare.

Tab. 29 NO_x: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

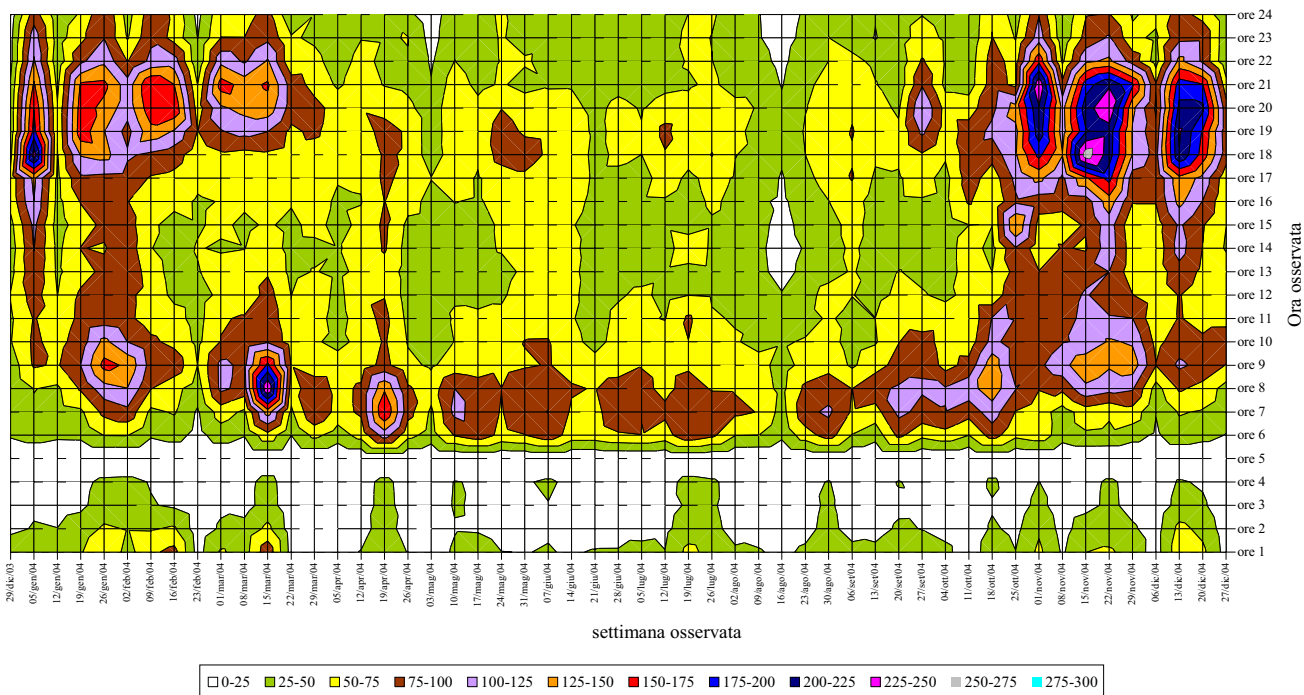
	Limite di Rif (2001)	Viale Carducci	Piazza Mazzini	Via Gobetti	Piazza Cappelletto	Villa Maurogordato	Via Da Vinci *	Via Rossi *
Dati orari validi		8347	7991	8361	8241	8147	3622	7345
Media annuale (µg/m ³)	30	109	65	40	29	8	82	64

(*) Rete privata ARIAL

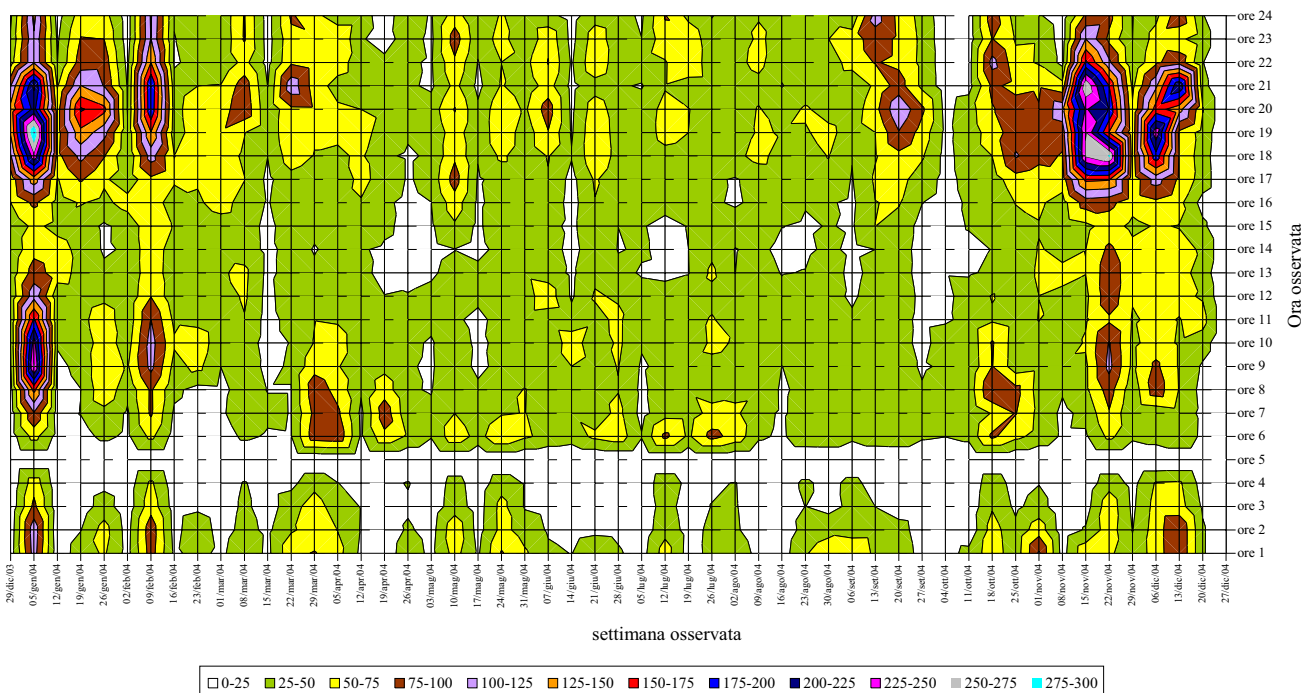
Viale Carducci



Stazione di Viale Carducci andamento NO_x $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base settimanale Giorni Lavorativi anno 2004

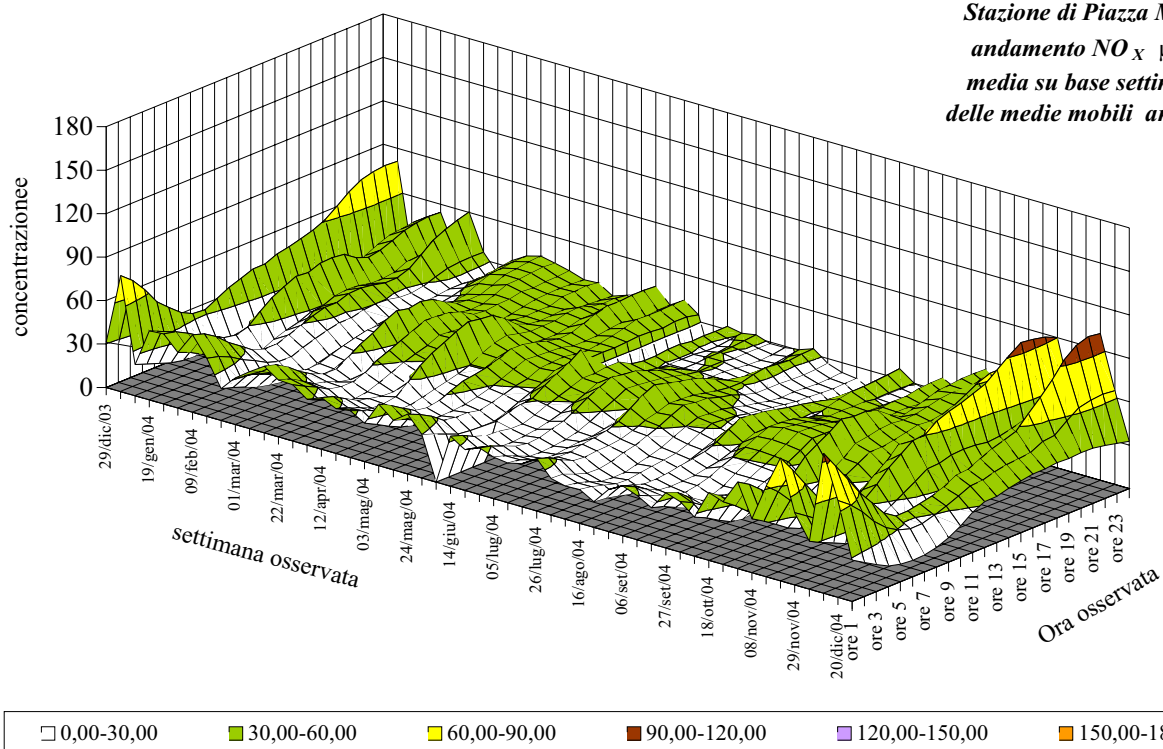


Stazione di Viale Carducci andamento NO_x $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base settimanale Sab&Dom anno 2004

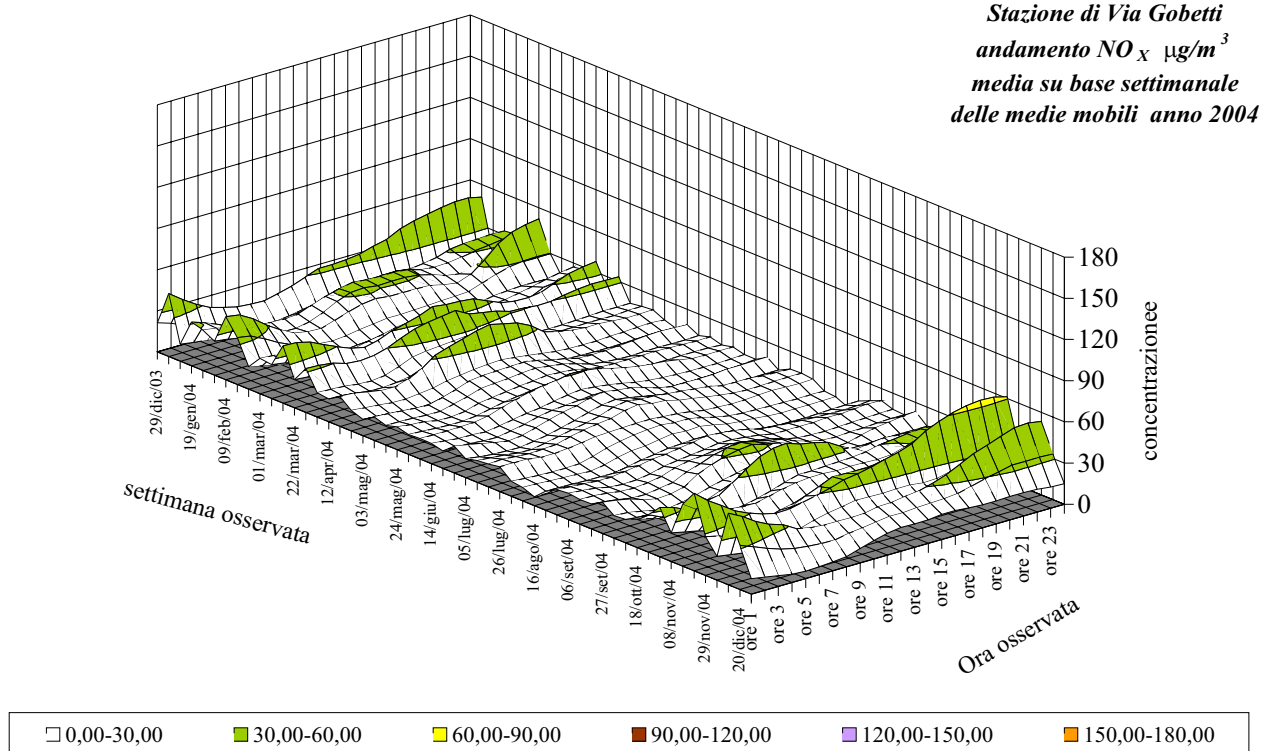


Si evidenzia un andamento del giorno tipo sabato o domenica caratterizzato da una significativa riduzione delle concentrazioni di NO_x specialmente nelle ore di punta della mattina. La sistematica riduzione dei valori di picco, evidenziata nella parte centrale della figura in alto, potrebbe essere dovuta al consumo degli NO_x , a vantaggio di inquinanti secondari mediante reazioni fotochimiche che avvengono nei pomeriggi estivi. Nei mesi invernali il ridotto irraggiamento solare congiunto al contributo di altre sorgenti antropiche (attività industriale, riscaldamento), sembra favorire un accumulo di questo inquinante anche nei fine settimana.

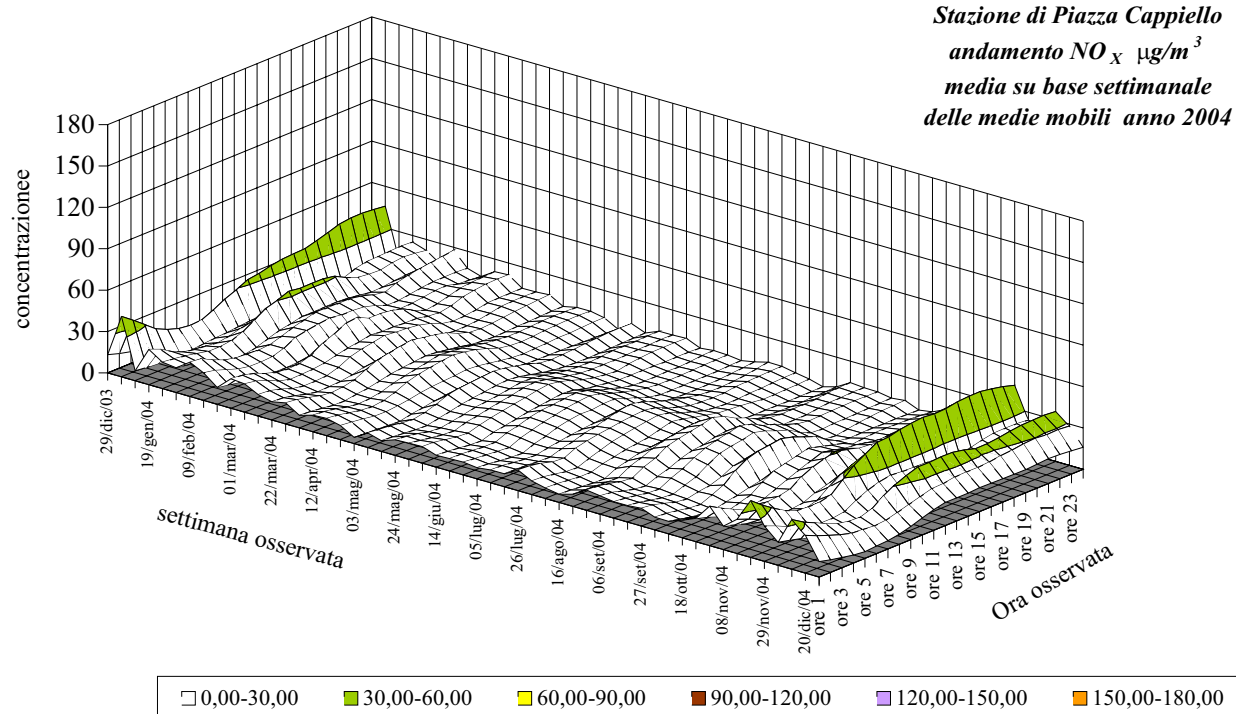
Piazza Mazzini



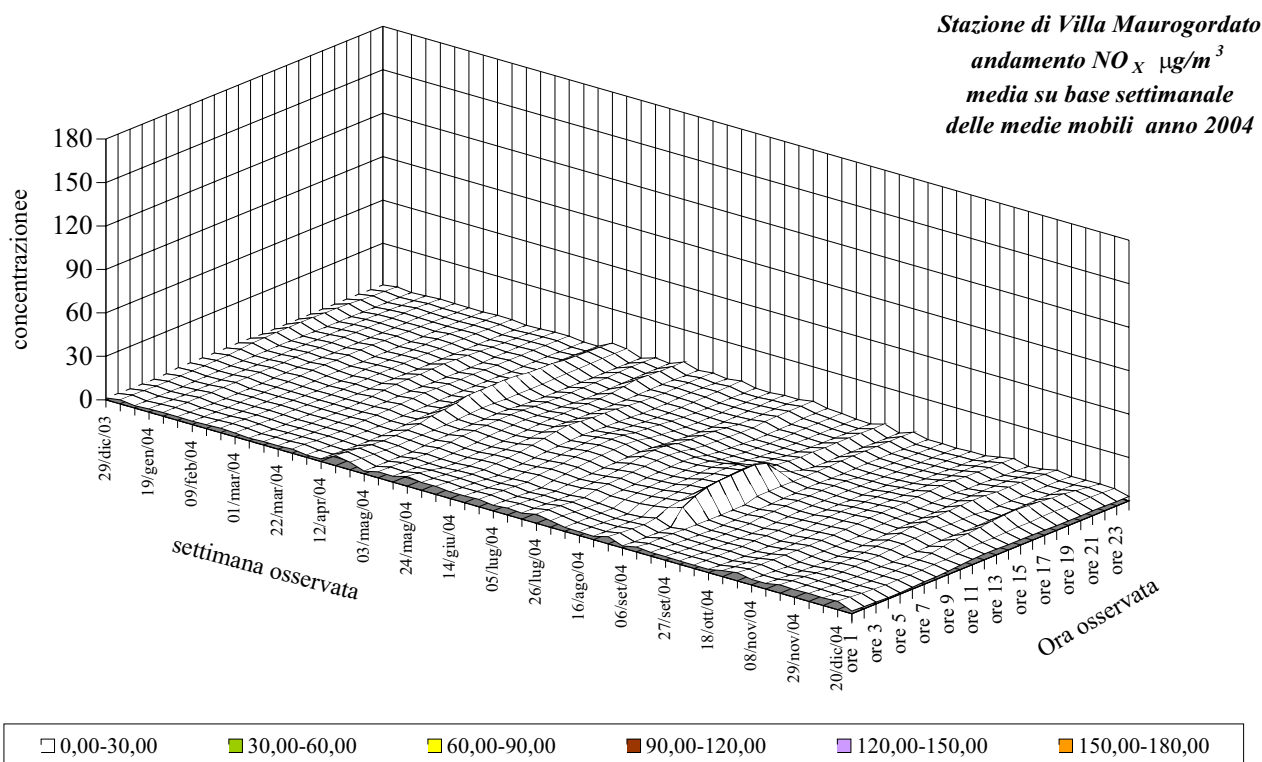
Via Gobetti



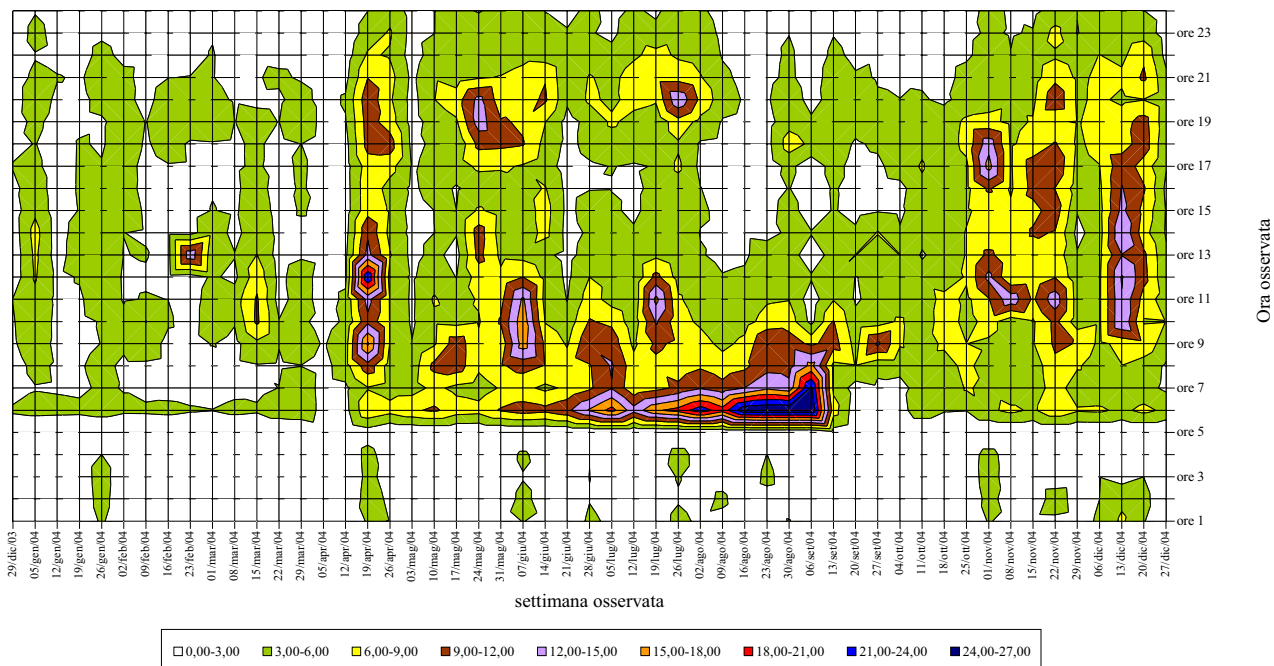
Piazza Cappello



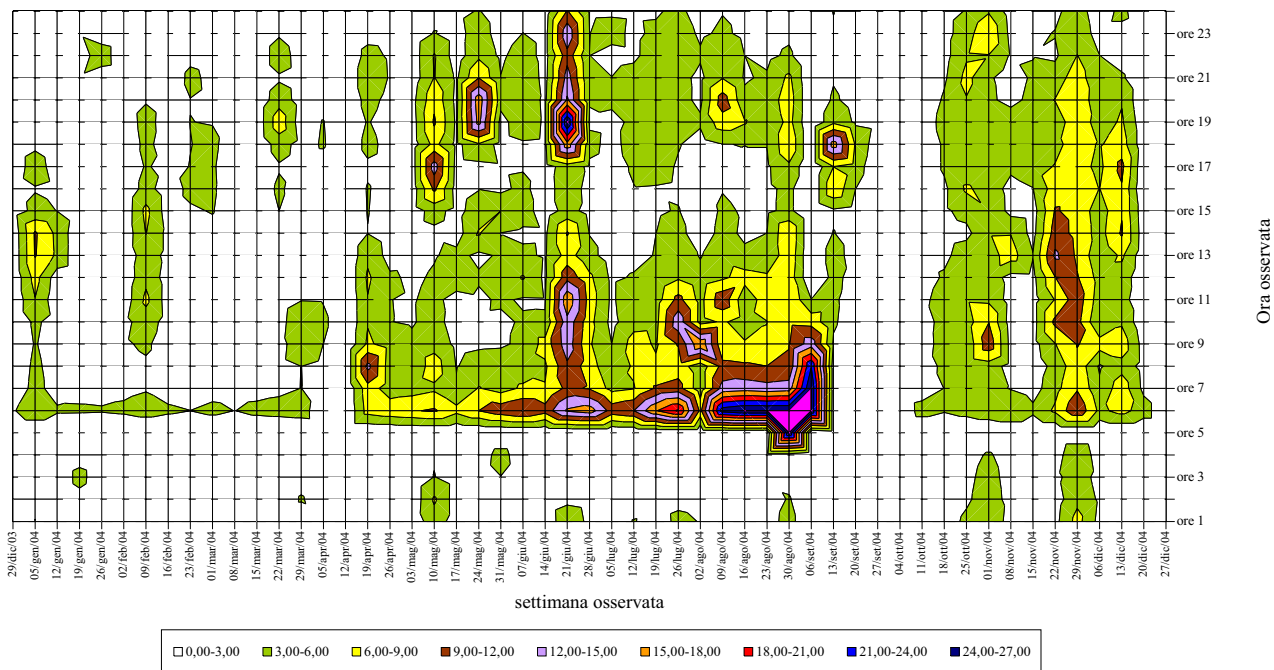
Villa Maugordato



*Stazione di Villa Maurogordato andamento NO_x $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base settimanale
Giorni Lavorativi anno 2004*

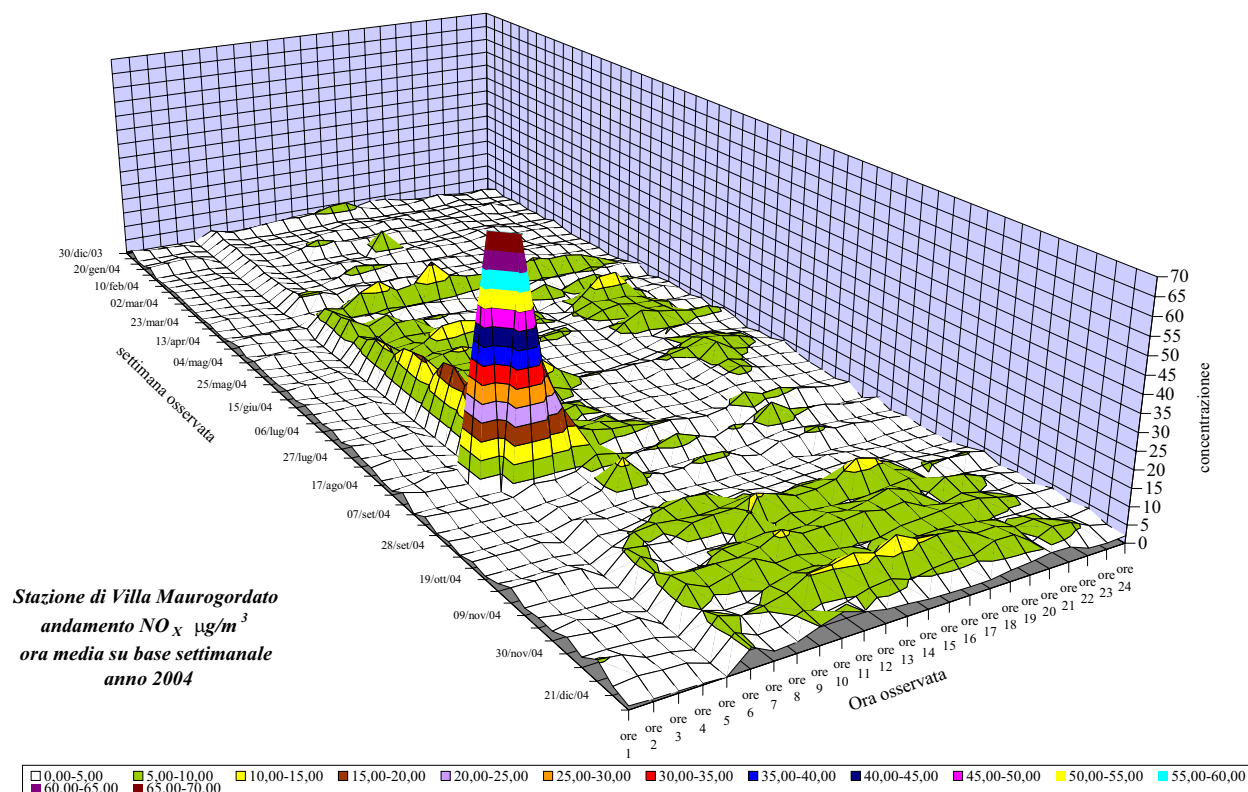


*Stazione di Villa Maurogordato andamento NO_x $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base settimanale
Sab&Dom anno 2004*



Non sono osservabili differenze tra il giorno sabati o domenica ed il giorno tipo lavorativo. Si riscontrano invece alcuni episodi acuti riconducibili a eventi sporadici. Emerge in particolare un evento occorso nel settembre 2004, presumibilmente legato ad una combustione, la cui rilevanza viene meglio evidenziata dal grafico tridimensionale opportunamente amplificato riportato nella pagina seguente.

Villa Maurogordato NO_x - Caratterizzazione di un evento anomalo (settembre 2004)



4.2.8 O₃

I dati presentano una situazione di forte e generalizzata negatività rispetto agli standard di qualità dell'aria. Tutte le centraline pubbliche, infatti, hanno rilevato superamenti dei limiti normativi: nel caso di Piazza Cappelletto dove i 136 superamenti registrati nel 2004 hanno portato la media dei superamenti degli ultimi tre anni a 157 contro i 25 consentiti.

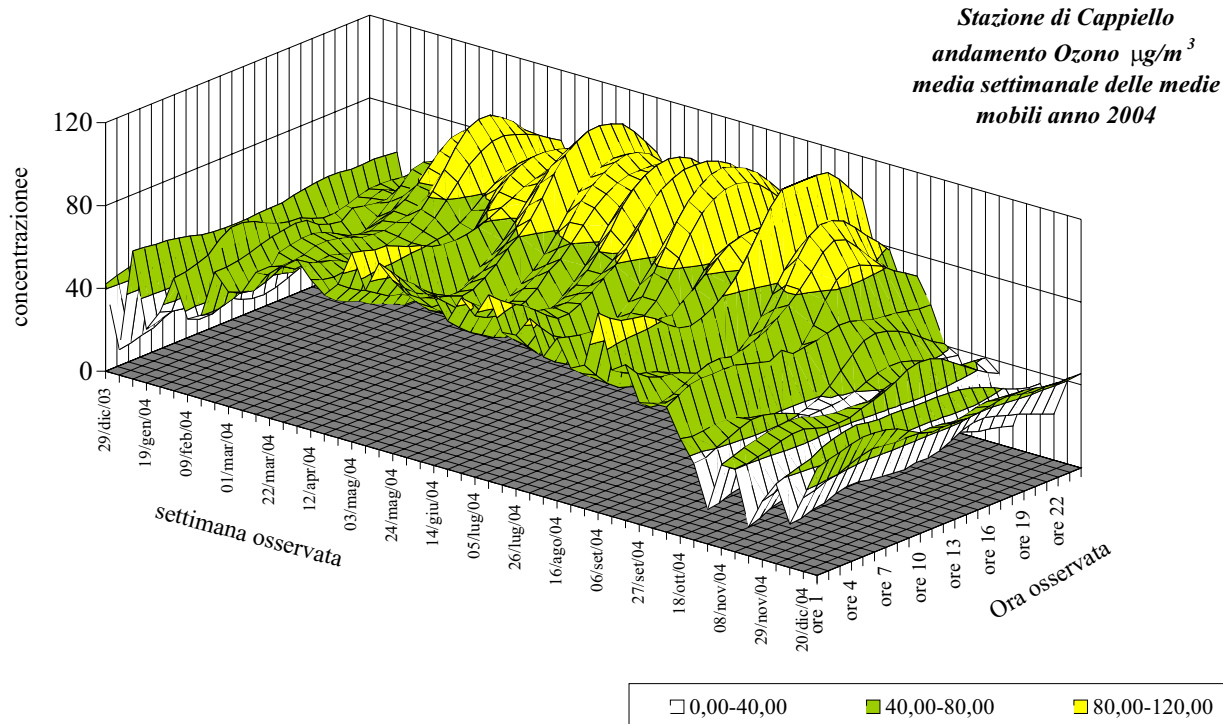
Come esposto nel paragrafo 3.1, la presenza di Ozono in atmosfera trae origine da molte e differenti reazioni di tipo fotochimico il cui avanzamento dipende da numerosi fattori; per questo motivo non è stato possibile trarre conclusioni circa le interrelazioni tra pressioni ambientali e informazioni provenienti dalle reti di monitoraggio. Più chiara appare, invece, la variabilità stagionale delle concentrazioni, che presentano i massimi nei periodi estivi ed i minimi in quelli invernali.

Tab. 30 – O₃: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

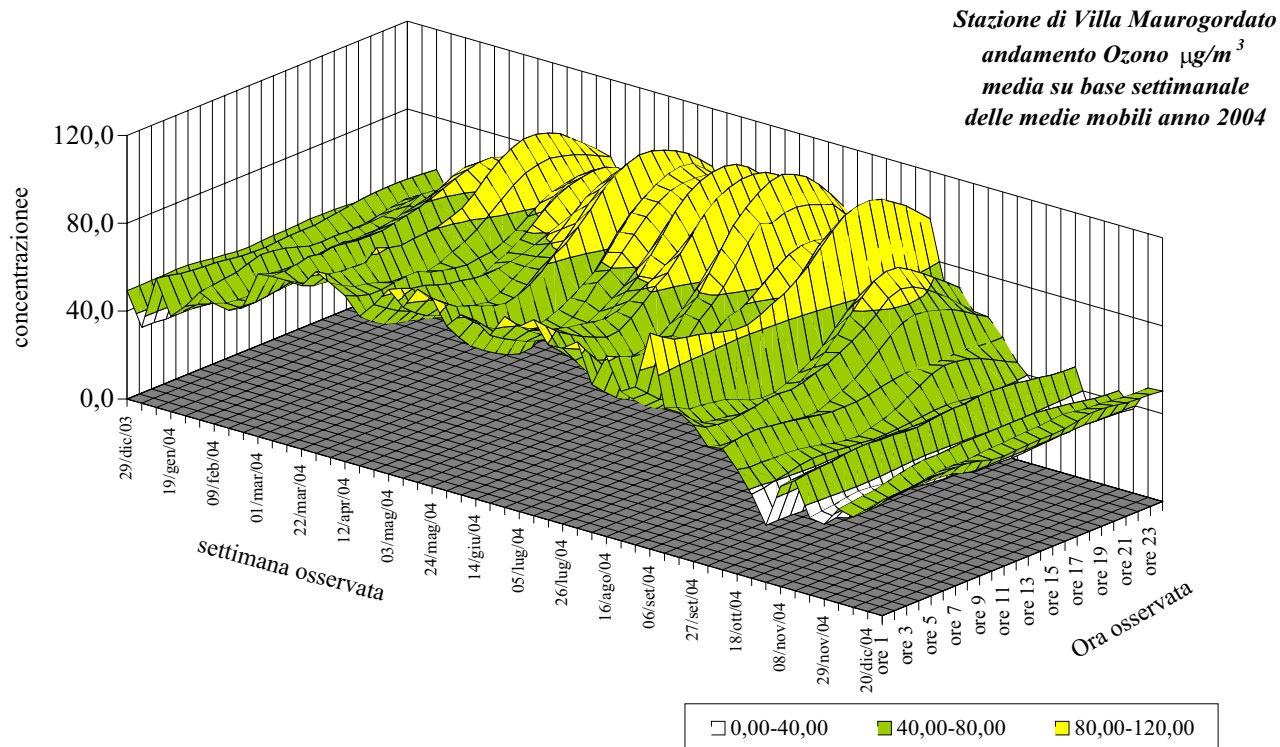
	Limite di Rif (2005)	Piazza Cappelletto	Villa Maurogordato	Gabbro	Via Ernesto Rossi *
n° dati validi		8230	8219	8265	3850
n° medie mobili 8 h > 120 µg/m ³	25	157	31	108	0
AOT40: n° dati validi		1089	1.101	1.104	0
AOT40 (µg/m ³)* h ¹	18000	24340	25135	48338	n.d.

(*) Rete privata ARIAL

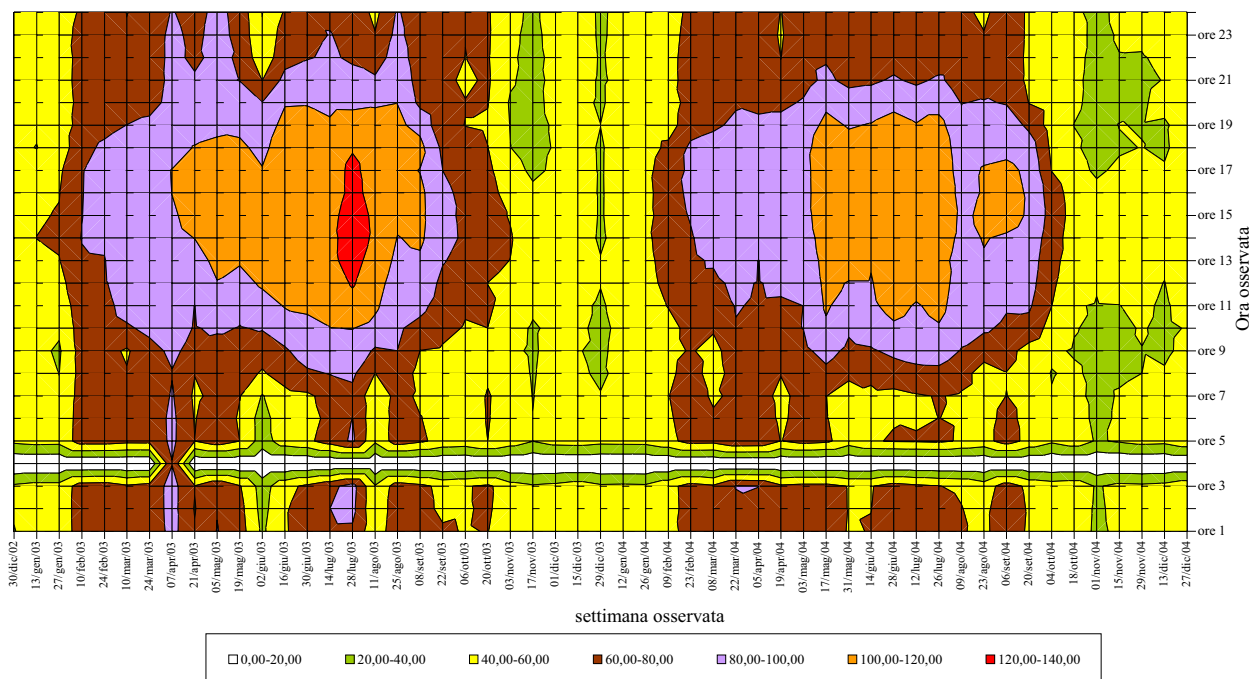
Piazza Cappello



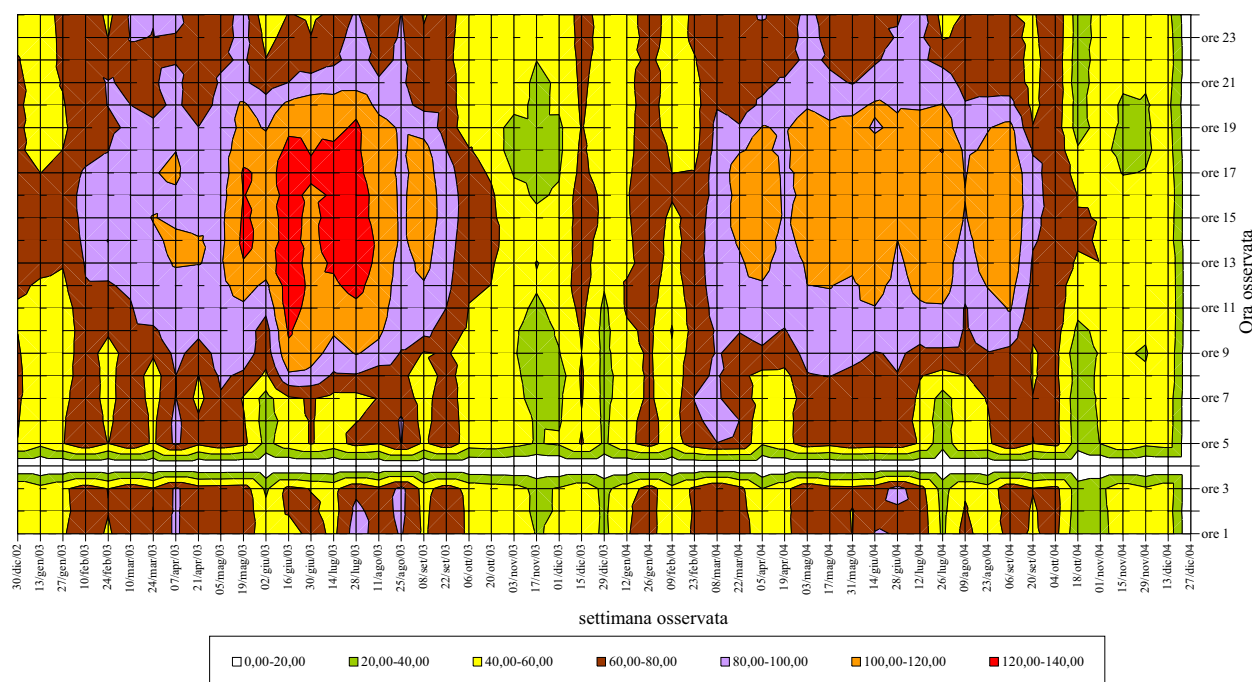
Villa Maurogordato



Stazione di Villa Maurogordato andamento O_3 $\mu g/m^3$ ora media su base bisettimanale - Giorni Lavorativi anni 2003_2004

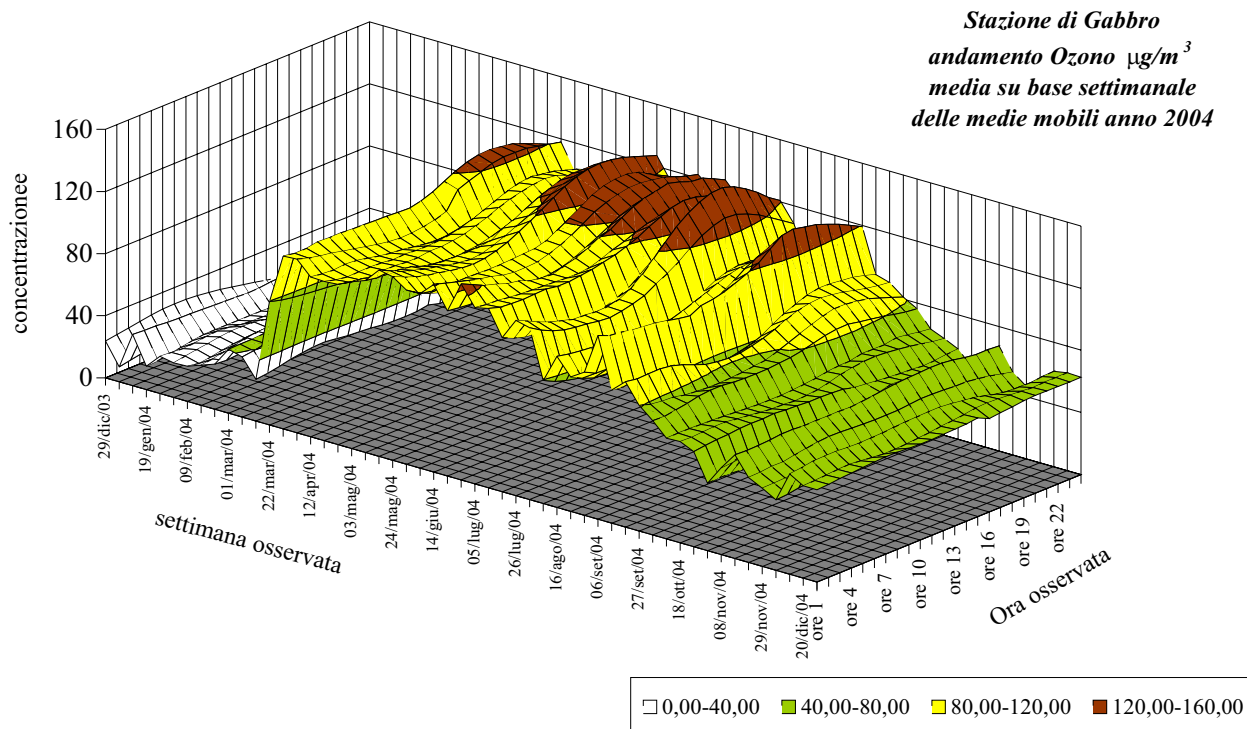


Stazione di Villa Maurogordato andamento O_3 $\mu g/m^3$ ora media su base bisettimanale - Sab&Dom anni 2003_2004



L'andamento delle concentrazioni rilevate dalla stazione di Villa Maurogordato non presenta differenze significative tra il giorno tipo sabato o domenica ed il giorno tipo lavorativo. La concentrazione più alta rilevata nell'estate 2003 potrebbe essere dovuta al maggior irraggiamento solare registrato quell'anno. Il comportamento costante e riproducibile dell'ozono di anno in anno può essere messo in relazione con la disponibilità pressoché costante dei suoi precursori e con la sistematica disponibilità di energia luminosa solare nel periodo estivo.

Gabbro



4.2.9 Benzene

Come nel caso della SO_2 i risultati sono presentati in due tabelle separate poiché la centralina di Via Gobetti ha avuto un rendimento inferiore al 90% e le distribuzioni dei dati non sono conformi a nessuno dei due livelli previsti dal DM 60/02. Nella stazione di Viale Carducci, inoltre, i valori sono stimati attraverso una correlazione. Tutti i dati mostrano una generale rispondenza ai criteri di qualità. L'andamento del giorno tipo mostrato nei grafici delle centraline di Piazza Mazzini e Via Gobetti evidenzia due massimi in corrispondenza delle ore di maggior traffico; tale fenomeno è amplificato nei mesi invernali.

Tab. 31 – Benzene: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline con efficienza > 90%.

	Limite di Rif (2005/2010)	Piazza Mazzini	Villa Maurogordato
n° dati validi		8457	7960
medie annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10/5	3,9	0,6

Tab. 32 – Benzene: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline con efficienza fra il 15% e il 90%.

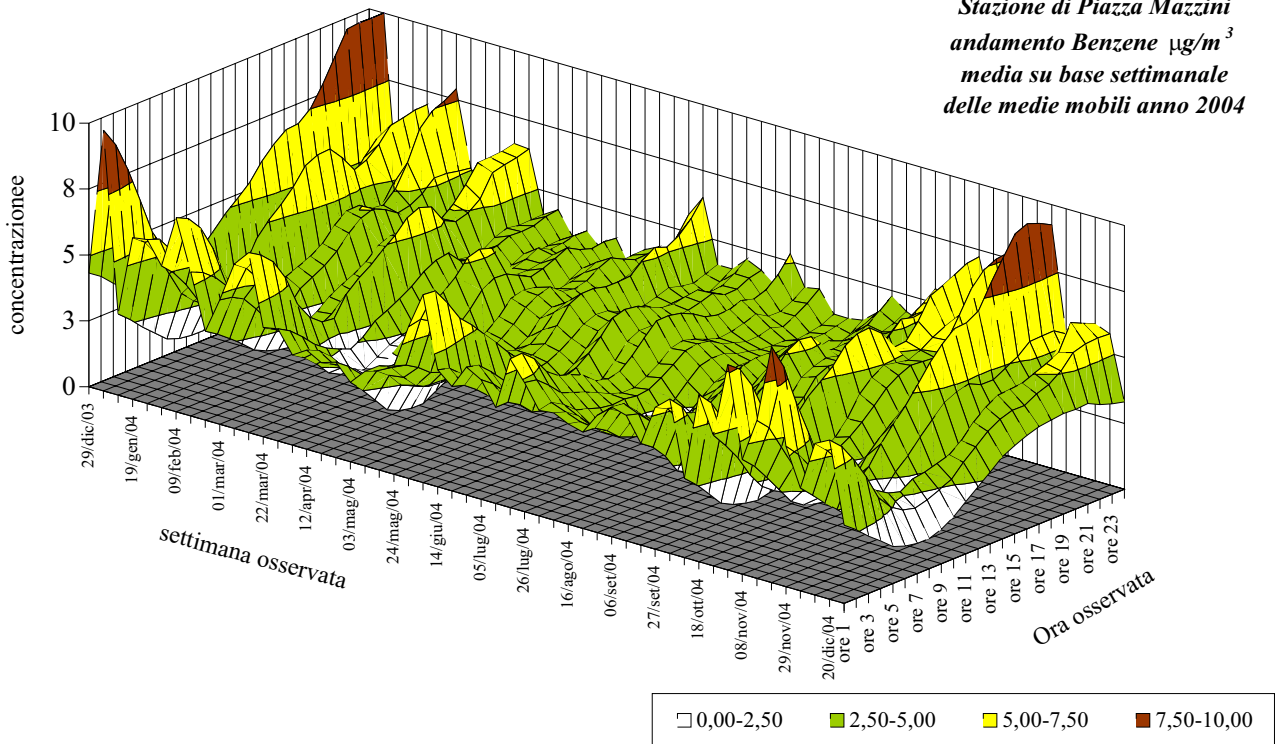
	Limite di Rif (2005/2010)	Via Gobetti	Viale Carducci
n° dati validi		5464	-
medie annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10/5	1,9	4,75 (*)

(*) valore stimato per correlazione con il CO misurato nell'anno dalla centralina di Via Gobetti secondo l'equazione

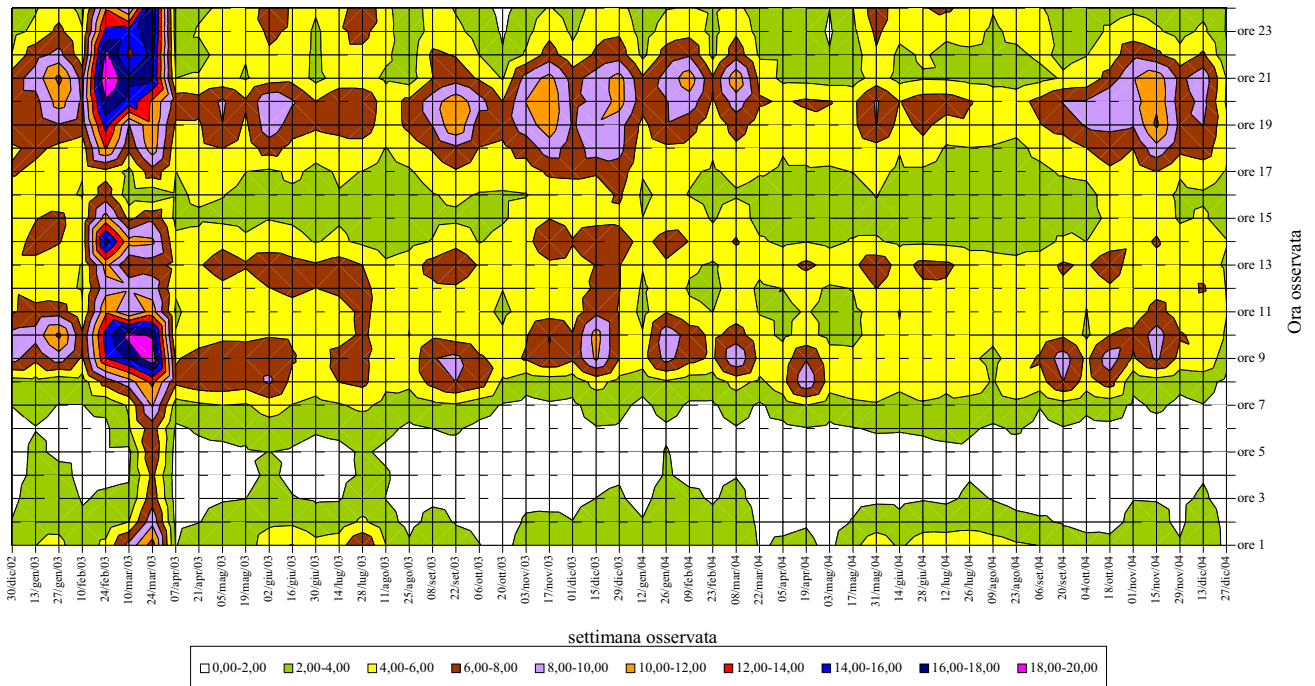
$$C_{\text{benz}}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = F * C_{\text{CO}}(\text{mg}/\text{m}^3) \text{ dove } F = 3,55.$$

Piazza Mazzini

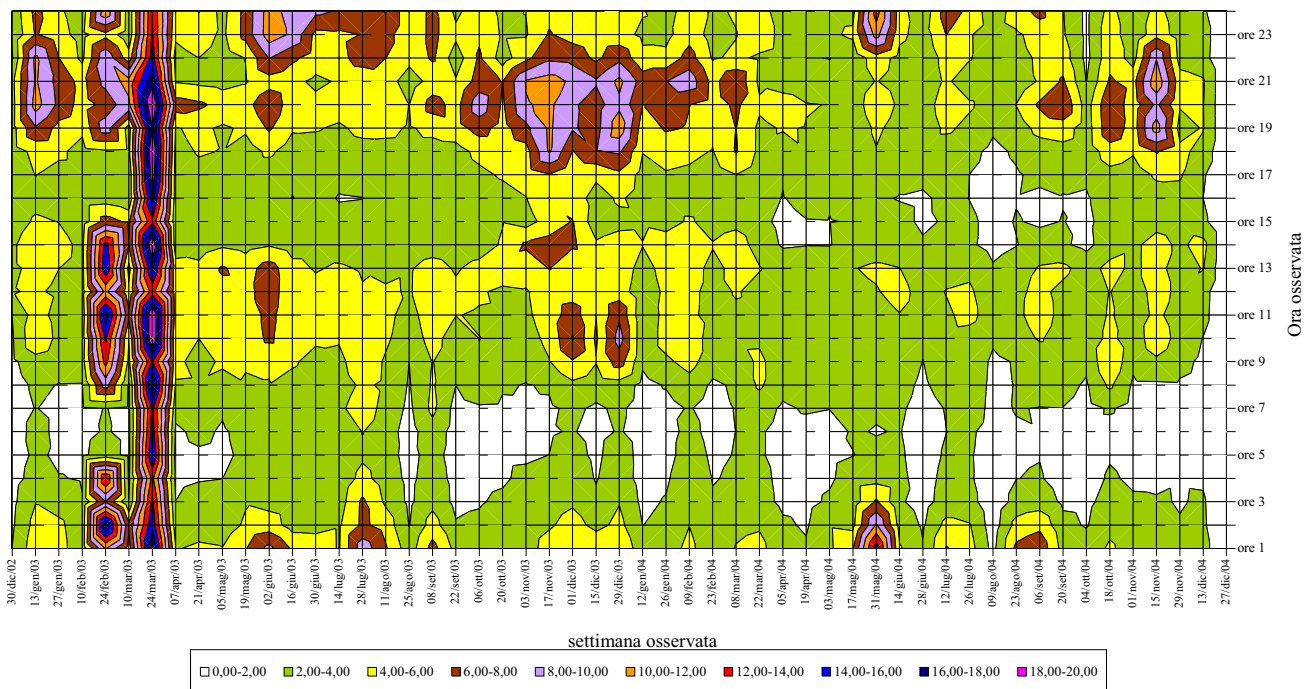
*Stazione di Piazza Mazzini
andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$
media su base settimanale
delle medie mobili anno 2004*



*Stazione di Piazza Mazzini andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale Giorni Lavorativi anni
2003_2004*



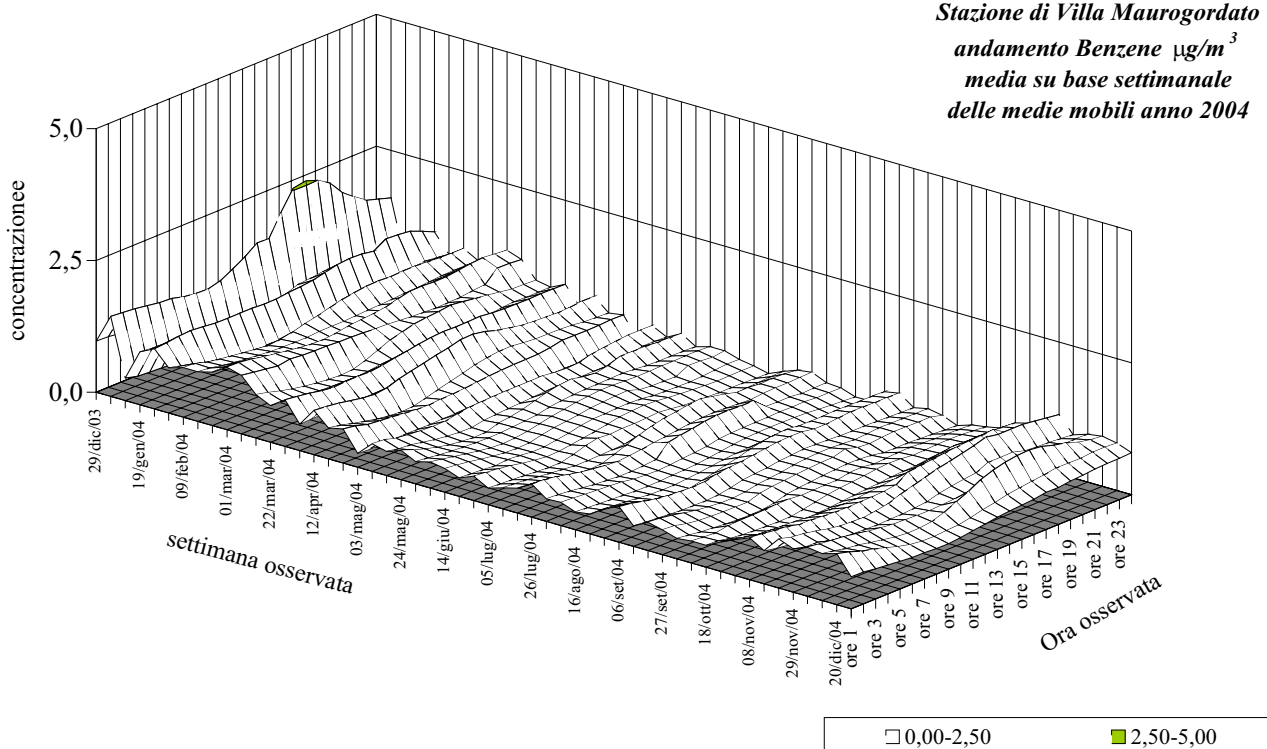
Stazione di Piazza Mazzini andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale Sab&Dom anni 2003_2004



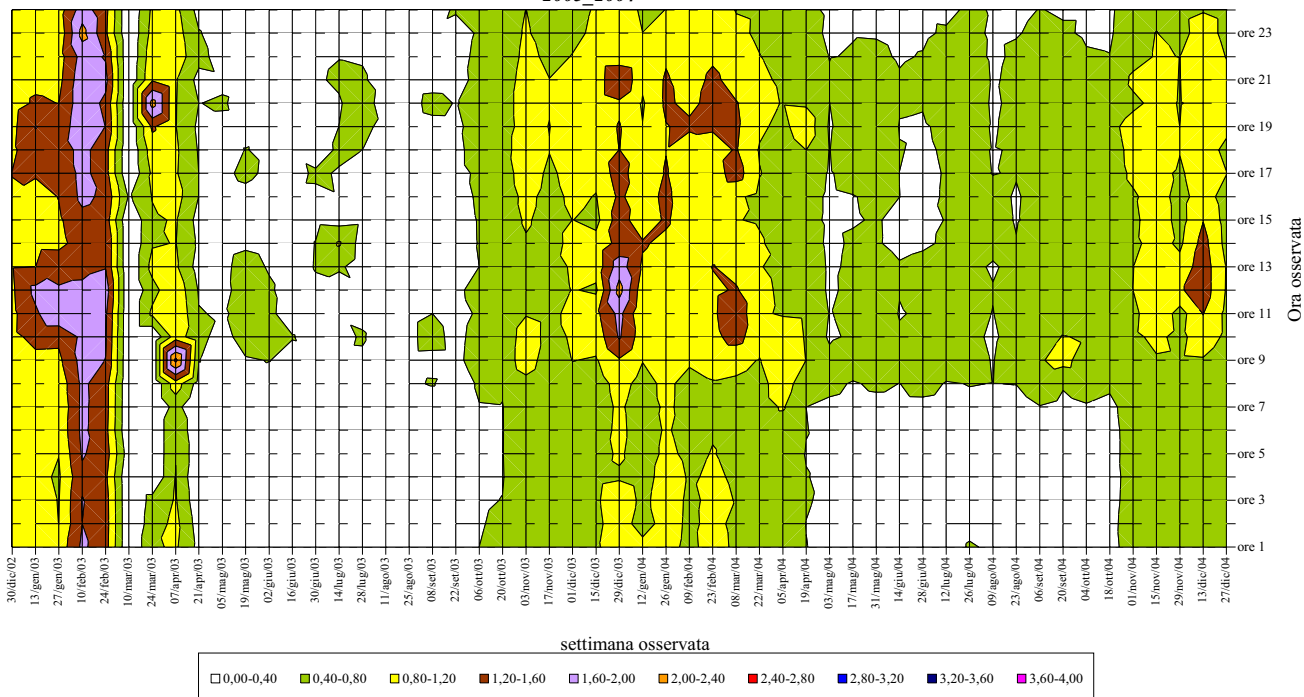
L'andamento del giorno tipo sabato e domenica è caratterizzato da una significativa riduzione delle concentrazioni, tuttavia nei periodi festivi invernali tale condizioni non appare più così netta. Si devono inoltre evidenziare episodi di elevata concentrazione anomala nel marzo 2003, specialmente nei fine settimana. Non si segnalano analoghi eventi nel 2004, che sembra caratterizzato piuttosto da una modesta riduzione dei valori anche nelle ore di punta.

Villa Maurogordato

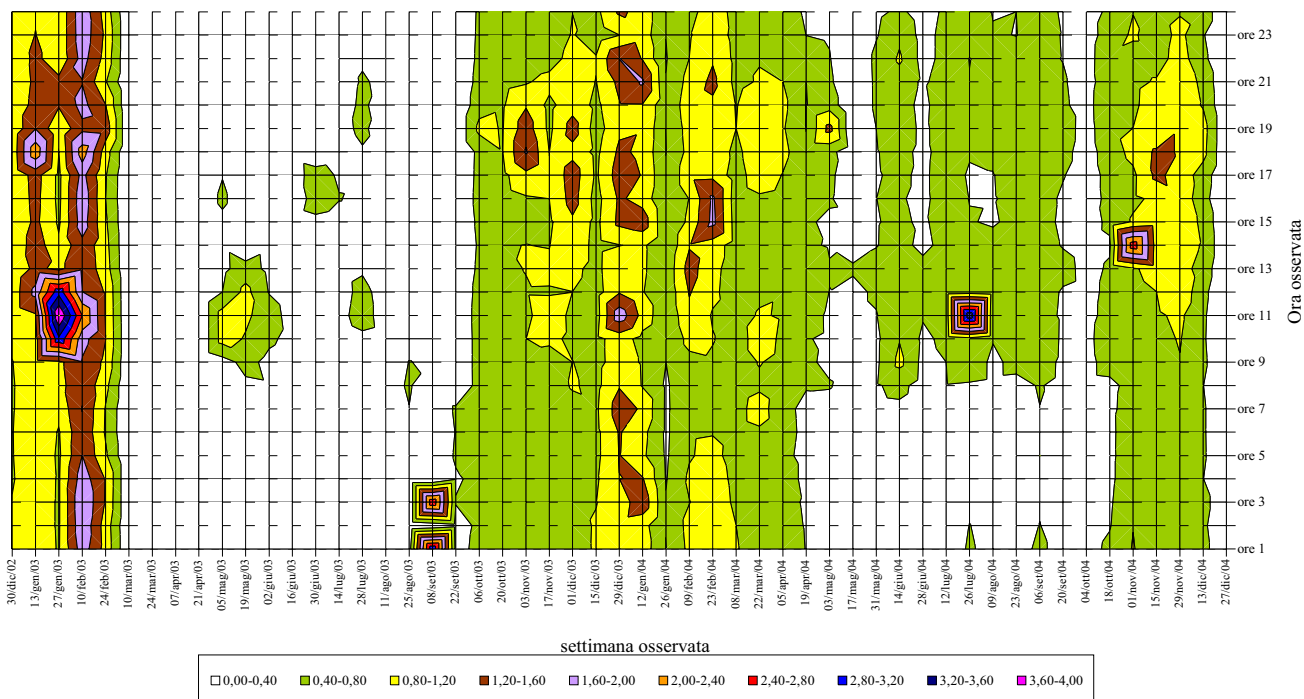
Stazione di Villa Maurogordato
andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$
media su base settimanale
delle medie mobili anno 2004



Stazione di Villa Maurogordato andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale Giorni Lavorativi anni 2003_2004



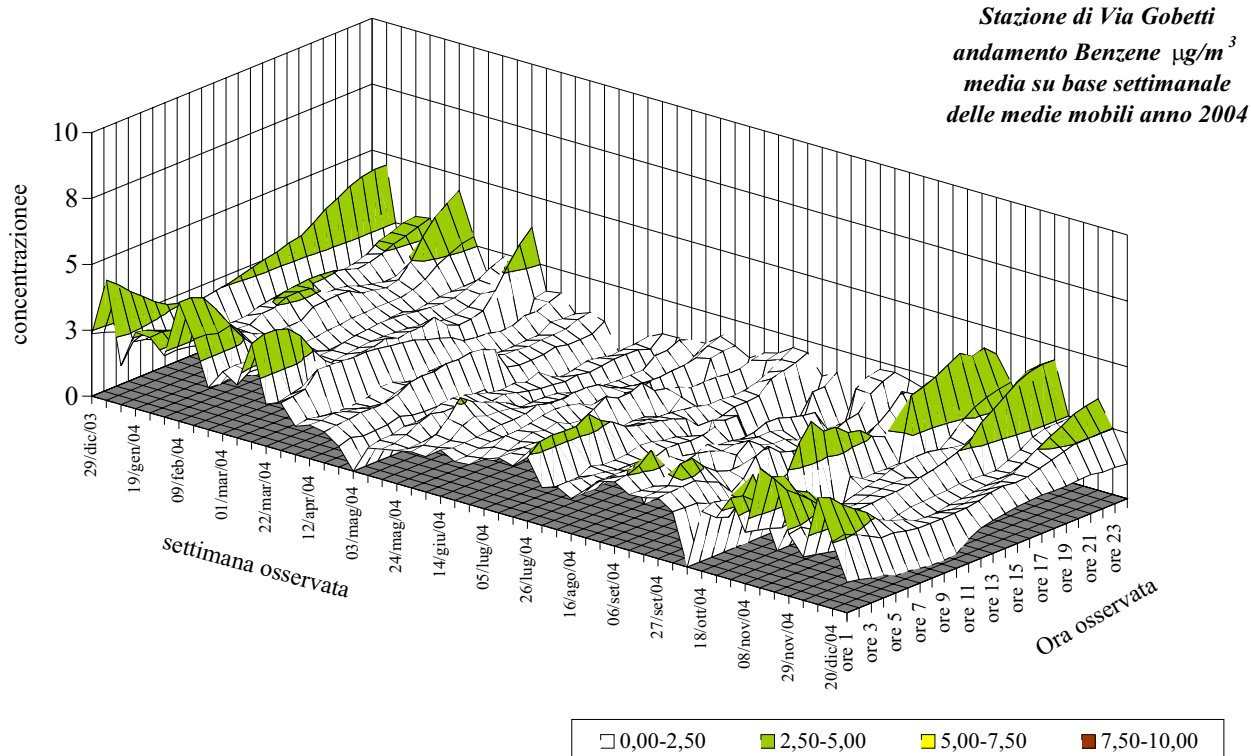
Stazione di Villa Maurogordato andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale Sab&Dom anni 2003_2004



Le figure non mostrano differenze sostanziali nell'andamento del giorno tipo tra il sabato e domenica rispetto ai giorni lavorativi. Si evidenzia piuttosto una maggiore concentrazione di Benzene nel periodo invernale. Sono stati osservati inoltre episodi acuti riconducibili a eventi sporadici che non è stato possibile caratterizzare.

L'aumento, peraltro molto contenuto, della concentrazione di fondo osservata nell'anno 2004, verrà valutato alla luce dei dati raccolti nel corso dell'anno 2005.

Via Gobetti



4.3 Casi di particolare rilevanza

Sono stati indagati sia episodi acuti, ovvero superamenti delle soglie di allarme o di informazione fissate dalla normativa sui valori di concentrazione di alcuni inquinanti, che eventi ritenuti significativi sulla base del numero di segnalazioni ricevute presso il Dipartimento da parte di soggetti esterni o degli stessi cittadini.

4.3.1 Superamenti delle soglie di allarme (ai sensi del DM 2/4/2002 e della Direttiva 2002/3/CE) – Episodi acuti

Oltre ai valori limite di riferimento, per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto ed ozono la normativa fissa soglie di allarme sui valori delle concentrazioni orarie corrispondenti a valori di concentrazione tali da determinare effetti acuti sulla popolazione. Per l'ozono, in aggiunta, è prevista anche una soglia di informazione. Nelle tabella seguente si riportano i valori soglia ed il numero dei casi rilevati.

Tab. 33 – Numero di superamenti delle soglie di allarme e di informazione.

	SOGLIA DI ALLARME	Riferimento normativo	Casi rilevati
SO ₂	Concentrazione oraria > 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per 3 ore consecutive	DM 2.4.2002 n.60	0
NO ₂	Concentrazione oraria > 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per 3 ore consecutive	DM 2.4.2002 n.60	0
O ₃	Concentrazione oraria > 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	D.Lgs.183/2004	0
	SOGLIA DI INFORMAZIONE	Riferimento normativo	Casi rilevati
O ₃	Concentrazione oraria > 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	D.Lgs.183/2004	8

I superamenti della soglia di informazione per l'Ozono si sono verificati il 27 maggio, il 18 e il 26 giugno e sono stati rilevati dalla centralina La Palazzina (fraz. Gabbro).

4.3.2 Considerazioni su alcuni eventi di concentrazione elevata di PM₁₀

In questo paragrafo sono illustrati due intervalli di circa una settimana ciascuno e caratterizzati da notevoli oscillazioni della concentrazione delle PM₁₀ espressi come dato medio biorario $\mu\text{g}/\text{m}^3$; sono ben evidenti alcuni valori di picco molto superiori alla media annuale.

Le stazioni considerate sono quelle di Villa Maurogordato, Via Gobetti e Viale Carducci; nei grafici sono riportati anche i valori della velocità e direzione del vento, quest'ultimo moltiplicato per un opportuno fattore che ne permette una buona visualizzazione nella scala dimensionale utilizzata.

Il dato che emerge sulle PM₁₀, mette in evidenza una complessa relazione tra le variabili meteorologiche, i picchi di concentrazione massima raggiunta e l'ora in cui questi si manifestano.

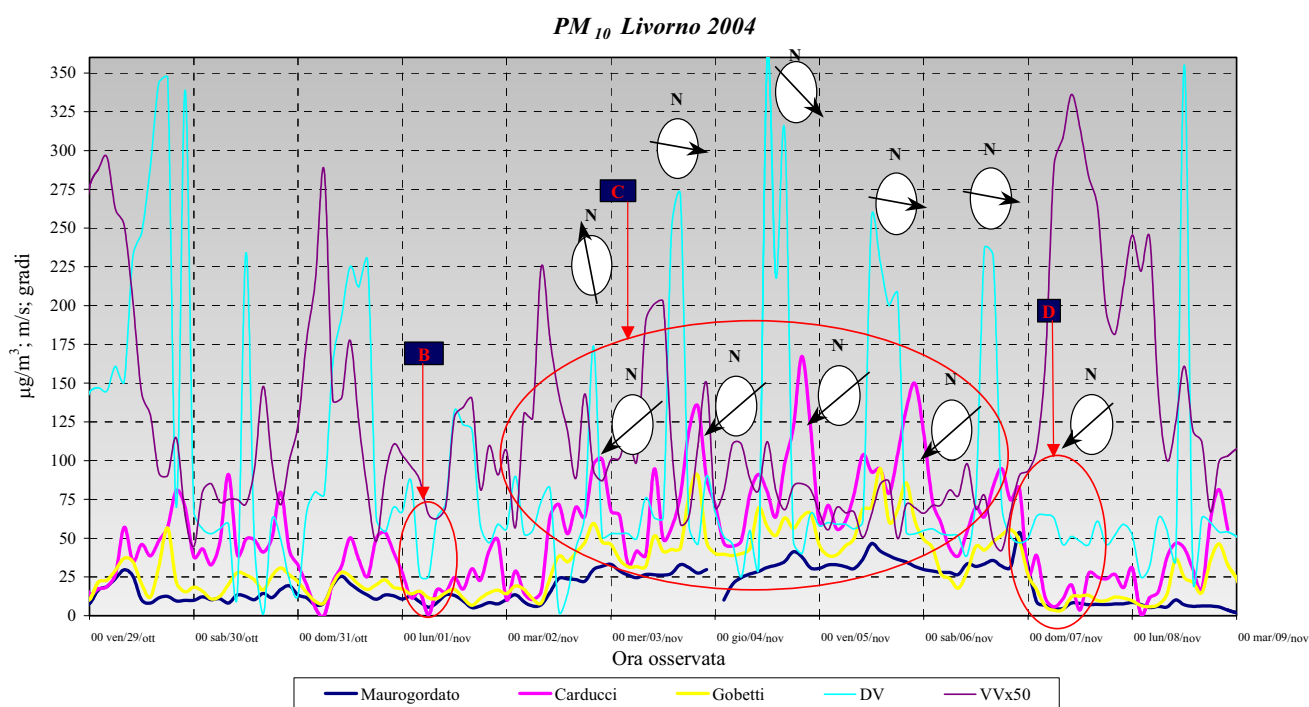
Il primo periodo osservato inizia il 29 ottobre 2004 e termina l'8 novembre 2004.

Nella figura qui sotto è possibile individuare differenti condizioni ambientali denominate con le lettere dell'alfabeto; la descrizione di ciascuna condizione è di seguito riportata.

La condizione "B" evidenzia una buona qualità dell'aria a partire da lunedì 1 novembre durante le prime ore del mattino.

Da martedì, periodo denominato "C", con vento a regime di brezza avente velocità comprese fra 1 e 2 m/s, si presentano condizioni che favoriscono il permanere degli inquinanti in prossimità delle sorgenti emissive, con un evidente accumulo progressivo nell'arco della settimana.

Domenica 7 novembre, condizione "D" la velocità del vento aumenta sensibilmente, con provenienza stabile NE; la concentrazione di PM₁₀ si riduce a valori inferiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Analogamente a quanto appena descritto si illustrano le diverse condizioni identificabili nel grafico a pagina seguente.

Il periodo osservato è compreso tra mercoledì 8 dicembre e domenica 19 dicembre.

Condizione **“A”** – Vento abbastanza sostenuto proveniente dai quadranti orientali ONO con valori di PM_{10} abbastanza contenuti; si raggiunge un solo picco a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella mattina di giovedì **“A*”**.

Dopo questa fase, si raggiungono concentrazioni di PM_{10} molto basse durante la notte di domenica 12, condizioni denominata **“B”** con valori di PM_{10} inferiori ai $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le stazioni.

Durante il periodo denominato **“C”**, si ripropongono le condizioni meteo osservate nella figura precedente, caratterizzate da periodiche oscillazioni della direzione del vento dai quadranti nord orientali a quelli sud occidentali e velocità comprese tra 2 e 5 m/s; tali condizioni favoriscono l'aumento di PM_{10} in prossimità di tutte le stazioni.

Nella condizioni **“D”**, si nota l'assenza della variazione nella direzione del vento, che si mantiene dai quadranti NNE.

In tali condizioni l'aumento della concentrazione delle PM_{10} , in valore assoluto, risulta essere più contenuto (dato di picco inferiore a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$); si noti inoltre che tale evenienza occorre in giorni lavorativi (mercoledì e giovedì).

Nella condizione **“E”**, venerdì sera e prime ore del mattino di sabato, la velocità del vento, di provenienza occidentale, aumenta in modo significativo ripristinando in questo modo valori inferiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le stazioni considerate.

Lo scenario appena descritto ci permette di ipotizzare che, in determinate condizioni meteo, le concentrazioni di PM_{10} significativamente elevate, siano determinate da molti fattori.

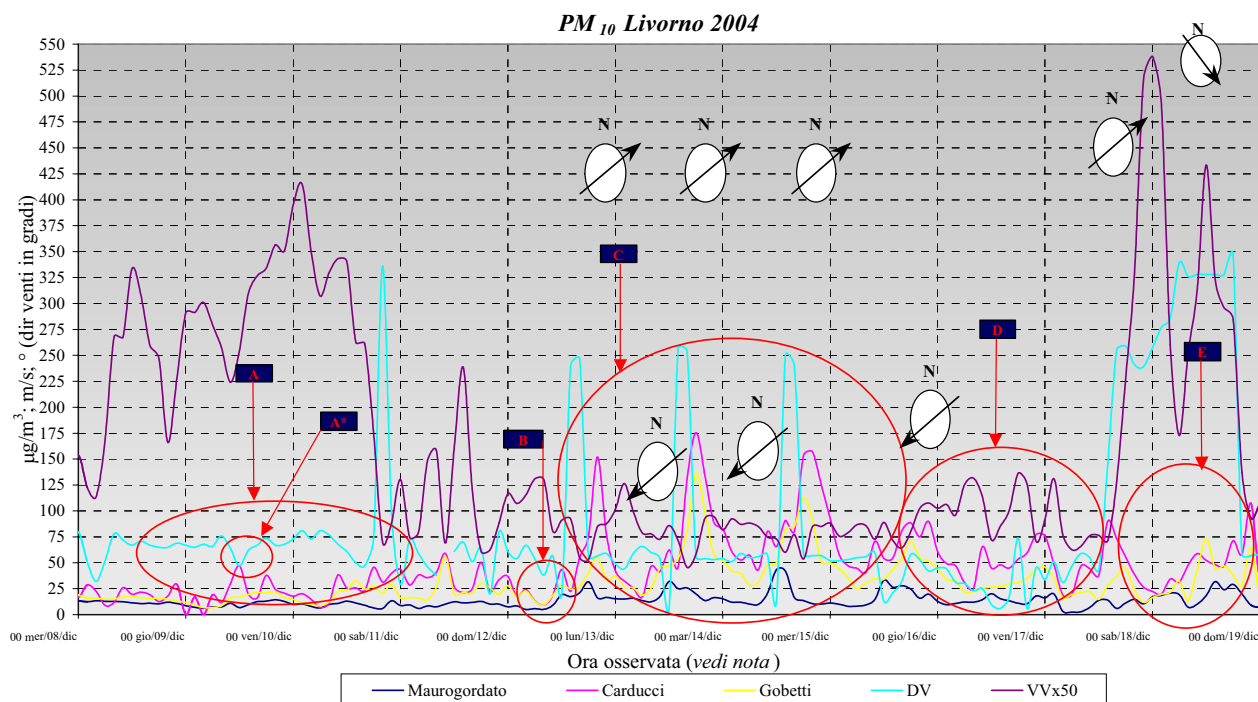
Sicuramente il traffico autoveicolare contribuisce alla formazioni di PM_{10} , come si evince dall'andamento bimodale del giorno tipo, anche in periodi diversi da quello considerato.

Degna di nota è però la notevole riduzione dei valori di picco raggiunti, allorquando la direzione del vento non muta e si mantiene costante dai quadranti orientali anche in giorni lavorativi (mercoledì e giovedì); per riassumere, se il vento non cambia direzione si raggiunge al massimo una concentrazione di $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Viale Carducci e 75 in Via Gobetti, contro 170 e 130 rispettivamente (valori massimi dei giorni domenica lunedì e martedì).

La variazione della direzione del vento sembra quindi contribuire in modo significativo all'aumento della concentrazione di PM_{10} ; si potrebbe inoltre supporre che, almeno per quanto riguarda Villa Maurogordato, stazione poco influenzata direttamente dal traffico urbano, vi sia il passaggio di una **“nube di PM_{10} ”** sincronizzata al variare della direzione del vento intorno alle ore 12 nei giorni che vanno da domenica a martedì; il valore considerato aumenta progressivamente fino a raggiungere il suo massimo, circa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alle ore 12 di mercoledì.

Considerando quindi le variabili meteo nel loro complesso, si potrebbe ipotizzare che alcune condizioni particolarmente scadenti della qualità dell'aria, che si verificano specialmente nelle stazioni di Via Gobetti e Viale Carducci, ed in misura inferiore nella stazione di Villa Maurogordato, siano causate da un trasporto bidirezionale di inquinanti emessi da sorgenti di diversa natura collocate sia in zone urbane che industriali e portuali del territorio comunale; le sostanze inquinanti vengono prima disperse in una direzione e successivamente riportate nella zona urbana da venti che spirano in direzione opposta.

Infatti, laddove non si verificano le condizioni meteo sopra descritte, vedi periodo **“D”**, al profilo del giorno tipo sembra contribuire solamente la sorgente più prossima alla stazione di monitoraggio, e cioè il traffico (valori di picco introno a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto a $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Nota: sull'asse (il periodo osservato è spostato a sinistra di una unità il grafico comincia alle ore 00 di mercoledì 18 dicembre quindi l'etichetta di ciascuna colonna temporale è quella a sinistra della colonna stessa)

Per meglio caratterizzare il contributo del traffico veicolare alle PM₁₀ sono in corso analoghi studi per quanto riguarda l'anno 2005.

Al fine agevolare l'interpretazione delle figure precedenti, si riporta uno schema che riassume la denominazione del punto cardinale di provenienza del vento con i gradi corrispondenti.

Gradi	provenienza	Gradi	provenienza	Gradi	provenienza	Gradi	provenienza
348,75-11,25	N	78,75-101,25	E	168,75-191,25	S	258,75-281,25	O
11,25-33,75	NNE	101,25-123,75	ESE	191,25-213,75	SSO	281,25-303,75	ONO
33,75-56,25	NE	123,75-146,25	SE	213,75-236,25	SO	303,75-326,25	NO
56,25-78,75	ENE	146,25-168,75	SSE	236,25-258,75	OSO	326,25-348,75	NNO

4.3.3 Casi rilevanti segnalati dalla cittadinanza

Il 18 dicembre 2004, tra le sette e trenta e le otto del mattino, i tecnici ARPAT in servizio per le emergenze hanno ricevuto alcune segnalazioni in merito a maleodoranze in prossimità della zona portuale di Livorno, dovute presumibilmente alla presenza di una sostanza gassosa. Analoghe segnalazioni sono pervenute anche dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Livorno e dall'Ufficio tecnico dell'ASA di Livorno.

Il personale ARPAT ha effettuato un sopralluogo nella zona; tuttavia, in ragione della velocità di evoluzione tipica di tali fenomeni, e nonostante si sia riscontrato un aumento della concentrazione di SO₂ presso la centralina di Viale Carducci (il valore medio orario è passato da 0,5 µg/m³ delle sette a 20, 6 µg/m³ delle ore otto con vento da NNO), i tecnici non hanno potuto nell'immediato identificarne cause e natura, né hanno potuto confermare con certezza la correlazione tra la maleodoranza l'aumento di concentrazione. Anche se molte segnalazioni indicavano come possibile fonte dell'odore il "gas metano di città" (quindi l'odorizzante a questo miscelato), infatti, la

soggettività dell'informazione non è stata considerata sufficiente ad escludere altre tipologie di emissione di inquinante.

E' importante comunque sottolineare che eventi di tal genere o con caratteristiche simili a quello descritto si verificano periodicamente, ragion per cui il Dipartimento di Livorno ha provveduto ad aprire un fascicolo contenente:

- verbale dell'intervento;
- condizioni meteorologiche rilevate dalle centraline del COP;
- valori delle concentrazioni degli inquinanti rilevati;
- elenco delle segnalazioni telefoniche pervenute al Dipartimento ARPAT, al Comando Provinciale dei VV.F. ed all'ASA, con indicazione dell'orario e dell'indirizzo dell'abitazione da cui è stata fatta la segnalazione;
- ricognizione sulla presenza di navi petroliere o gasiere presenti in porto.

Tale metodologia di lavoro, associata all'utilizzo di modelli di simulazione, potrà essere adottata per evidenziare analogie tra i diversi eventi in modo da poter formulare ipotesi concrete sulle fonti di emissione di maleodoranze.

5. ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DEGLI INQUINANTI NEL TRIENNIO 2002-2004

Le informazioni presentate nel capitolo precedente sono sufficienti a definire lo stato della qualità dell'aria nel territorio livornese per l'anno 2004 in relazione a limiti, parametri e indicatori così come sono definiti nelle norme di riferimento.

Appare opportuno, tuttavia, prendere in esame gli andamenti nel tempo dei principali indicatori di qualità per ottenere valutazioni più complete; in linea generale, infatti, l'analisi dei trend consente di seguire e verificare nel tempo l'adequatezza delle risposte tramite le quali si intendono risolvere i problemi che emergono in termini di impatti e di stato di qualità dell'ambiente, così come richiesto dall'approccio DPSIR.

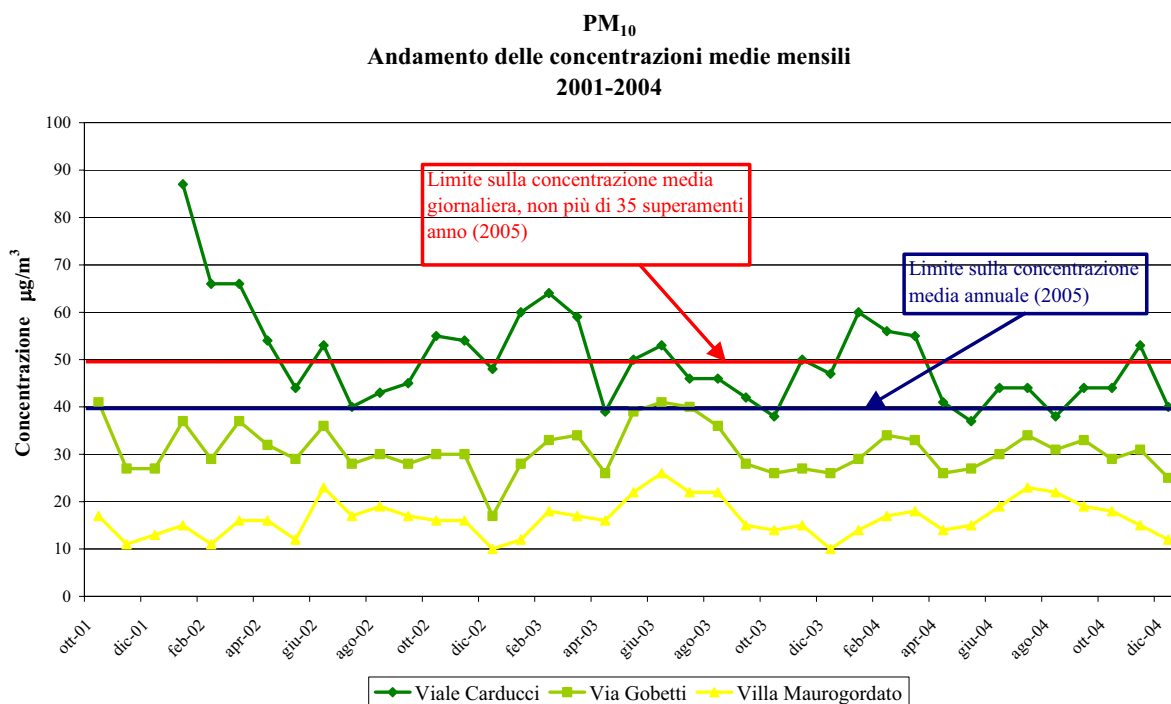
Va in aggiunta rilevato che proprio nel caso della qualità dell'aria ambiente lo stesso D.Lgs. 351/1999 definisce diversi principi che, in estrema sintesi, hanno come obiettivo il miglioramento dello stato di qualità dell'aria ambiente, il consolidamento dei risultati ed il mantenimento degli standard nei casi in cui la qualità stessa sia buona.

I trend presentati e commentati in questo capitolo sono relativi al triennio 2002-2004 e sono stati elaborati utilizzando come indicatore la concentrazione media mensile per ogni inquinante. Tale indicatore consente di comprendere in modo immediato l'evoluzione della qualità dell'aria nelle porzioni di territorio che fanno riferimento a ciascuna stazione di rilevamento. I commenti tengono conto delle limitazioni dovute alla disponibilità di dati per un arco temporale alquanto ridotto.

E' opportuno ribadire che anche in questo caso, come nel caso dei grafici presentati nel capitolo precedente, la base temporale di elaborazione dei dati non è la stessa dei riferimenti normativi, quindi i dati non devono essere utilizzati per valutare la rispondenza a quanto stabilito nelle norme (per questa valutazione bisogna riferirsi alle tabelle del capitolo precedente). Le scale dei grafici sono comunque state dimensionate considerando valori significativi dal punto di vista normativo.

Laddove disponibili, infine, sono stati riportati dati provenienti dalle centraline pubbliche antecedenti al 2002.

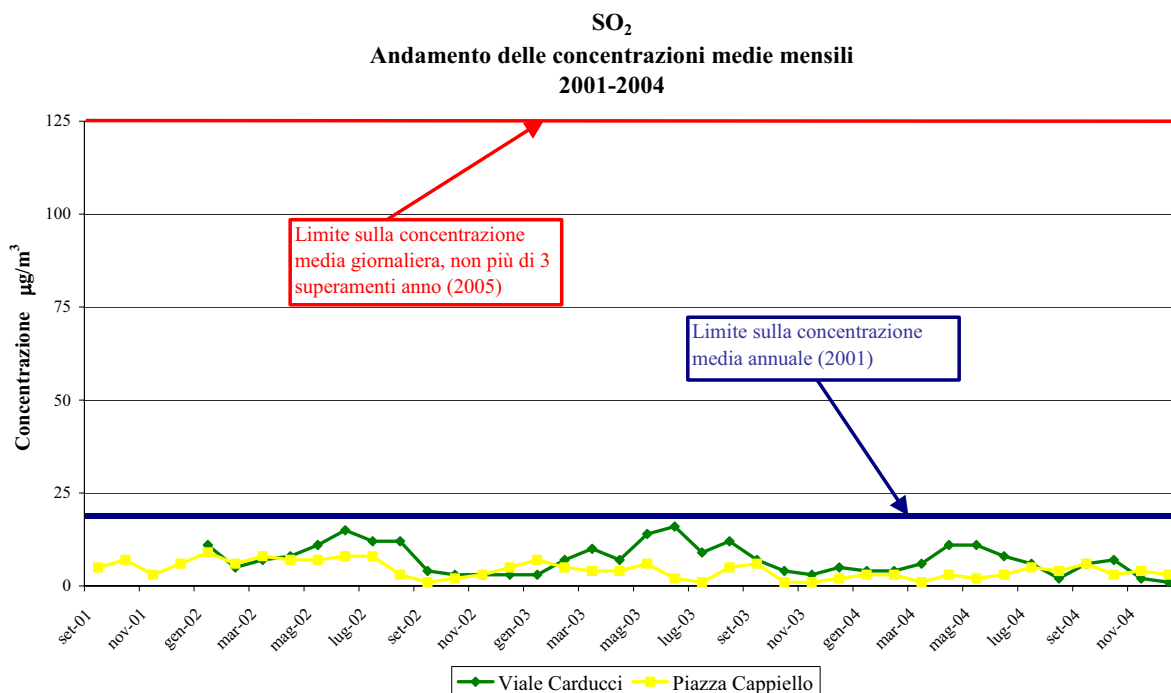
5.1 PM₁₀



Il grafico evidenzia la sostanziale stazionarietà delle concentrazioni di PM₁₀, ad eccezione della stazione di Viale Carducci dove si è osservata una significativa diminuzione di concentrazione tra l'inizio del 2002 e l'inizio del 2003. Nelle stazioni di Via Gobetti e di Villa Maurogordato i livelli di concentrazione media mensile si mantengono costantemente al disotto dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tuttavia, come peraltro testimoniato dai dati del capitolo precedente, ciò non esclude che possano esservi dei superamenti rispetto alle medie giornaliere.

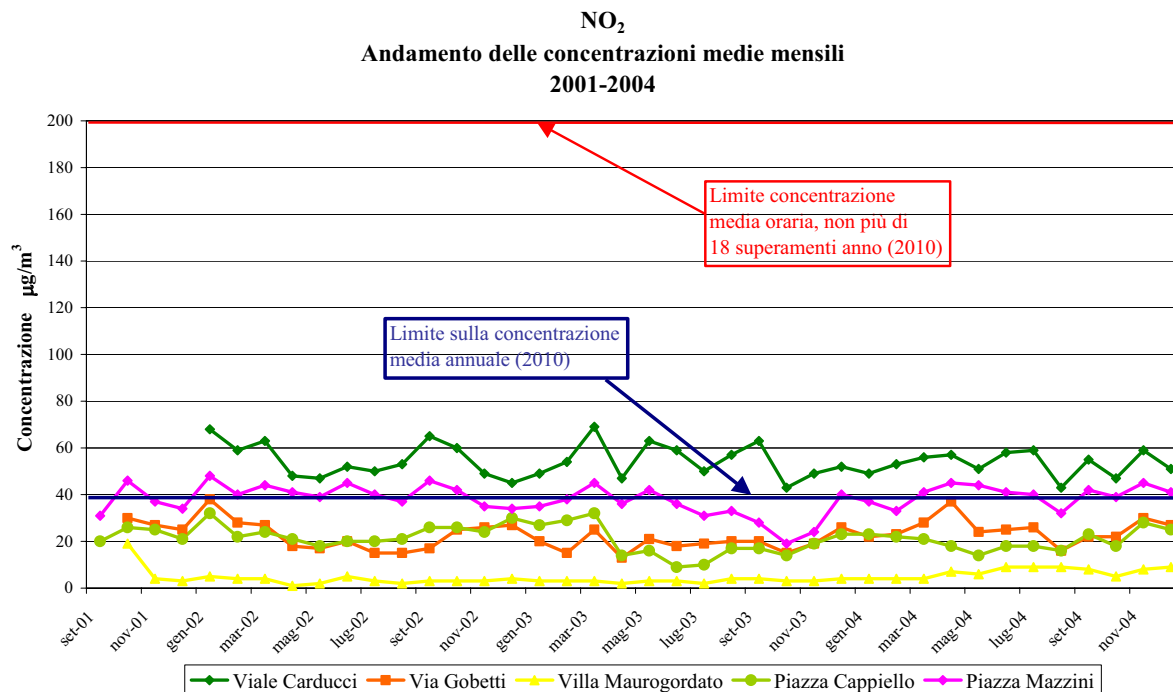
Si può notare che la stazione di Viale Carducci, ubicata nella zona a maggior traffico veicolare, presenta picchi di concentrazione nei mesi invernali mentre quella di Villa Maurogordato, che può essere considerata rappresentativa delle concentrazioni di fondo, registra valori di picco nei mesi estivi, probabilmente dovuta a sorgenti naturali.

5.2 SO₂



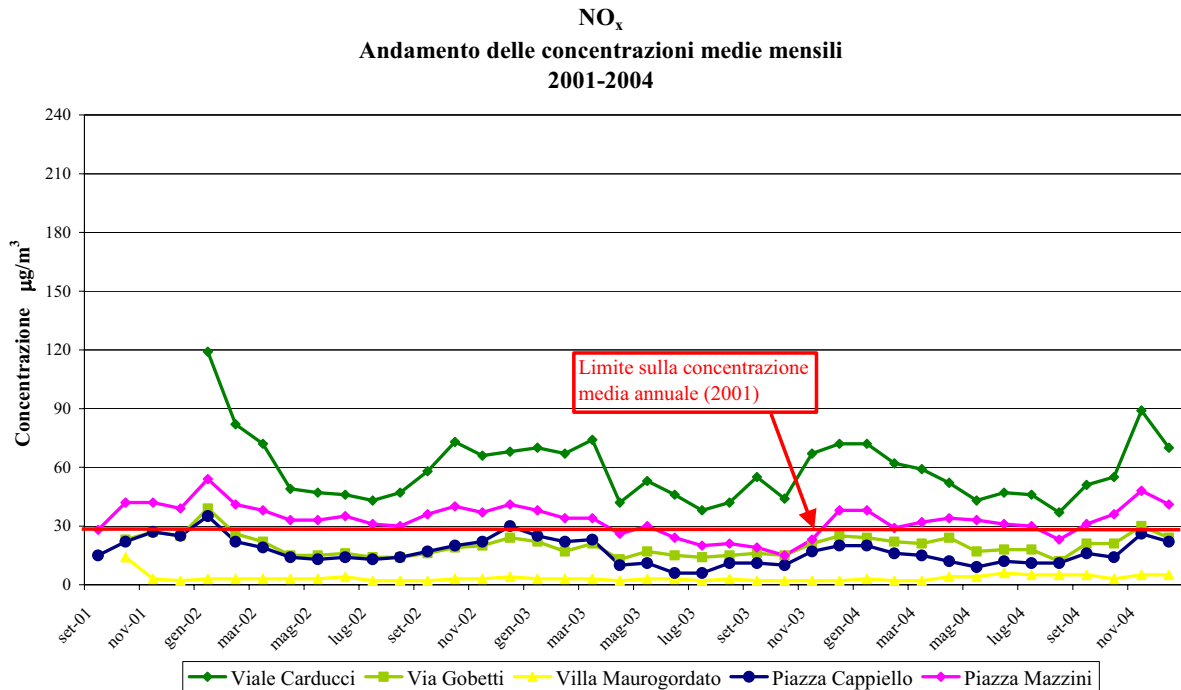
Si osserva una lieve tendenza alla riduzione delle concentrazioni, più marcata per i picchi registrati nella stazione di Viale Carducci; detti valori, inoltre, sono raggiunti prevalentemente nei mesi estivi.

5.3 NO₂



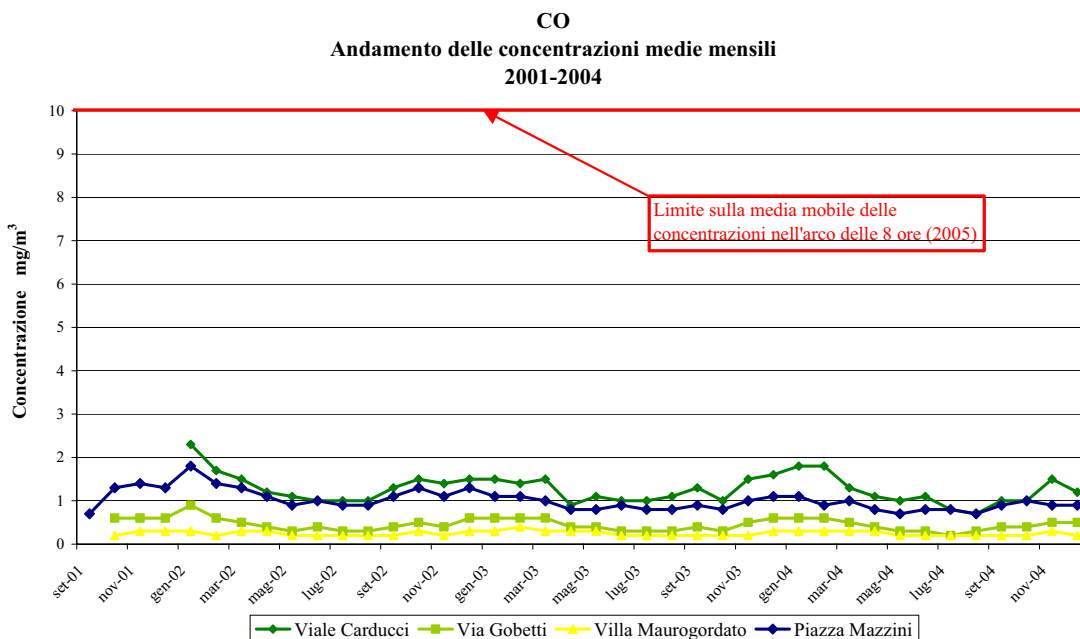
I livelli di concentrazione dell'inquinante si mostrano piuttosto fluttuanti, con l'eccezione della stazione di Villa Maurogordato. Appare poi evidente come non si siano osservate, nel triennio considerato, sensibili riduzioni delle concentrazioni. Come già anticipato nel capitolo precedente, a partire dal 2010 il limite fissato per la concentrazione di NO₂ è di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pertanto è necessario agire sin da ora per imprimere una tendenza discendente alla concentrazione dell'inquinante.

5.4 NO_x



Come per il biossido d'azoto, anche le concentrazioni di NO_x oscillano, anche se con fluttuazioni meno ampie, attorno ad un valore piuttosto costante che, in aggiunta, anziché essere in diminuzione, sembra in trend crescente soprattutto per l'anno 2004, che pare mostrarsi come il peggiore del triennio. Anche queste elaborazioni confermano la situazione di forte e costante criticità rilevata dalla stazione di Viale Carducci dove, analogamente alle altre zone urbane osservate, i fenomeni di elevate concentrazioni sembrano aver ripreso vigore proprio sul finire dell'anno 2004.

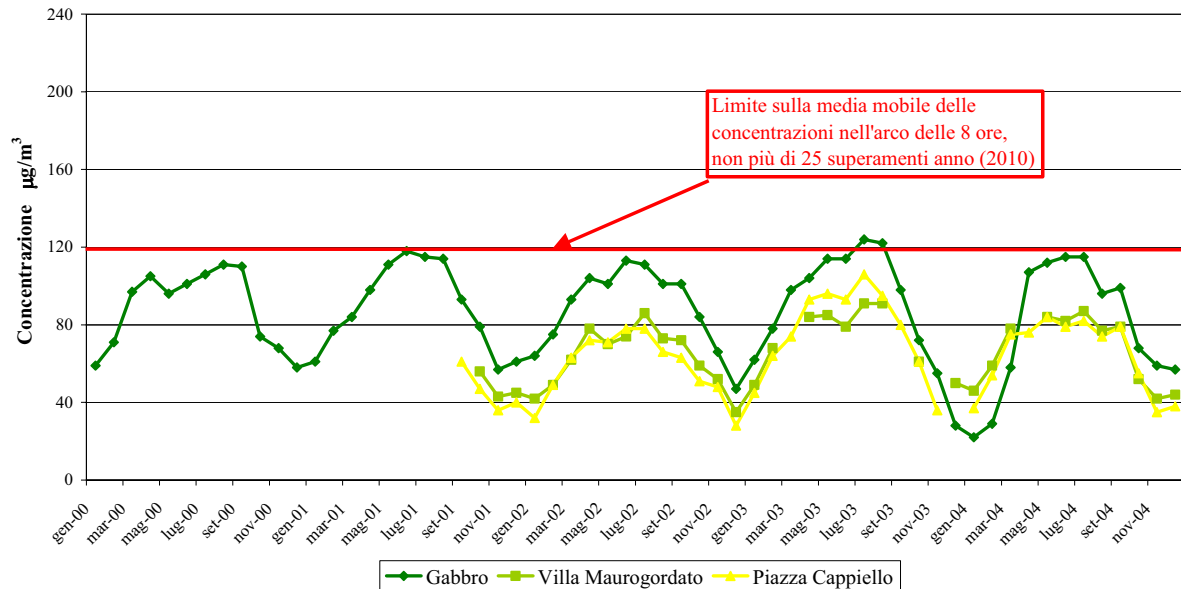
5.5 CO



L'andamento delle concentrazioni di CO nel triennio considerato mostra che esistono le condizioni per mantenere, anche negli anni a venire, un buon livello di qualità.

5.6 O₃

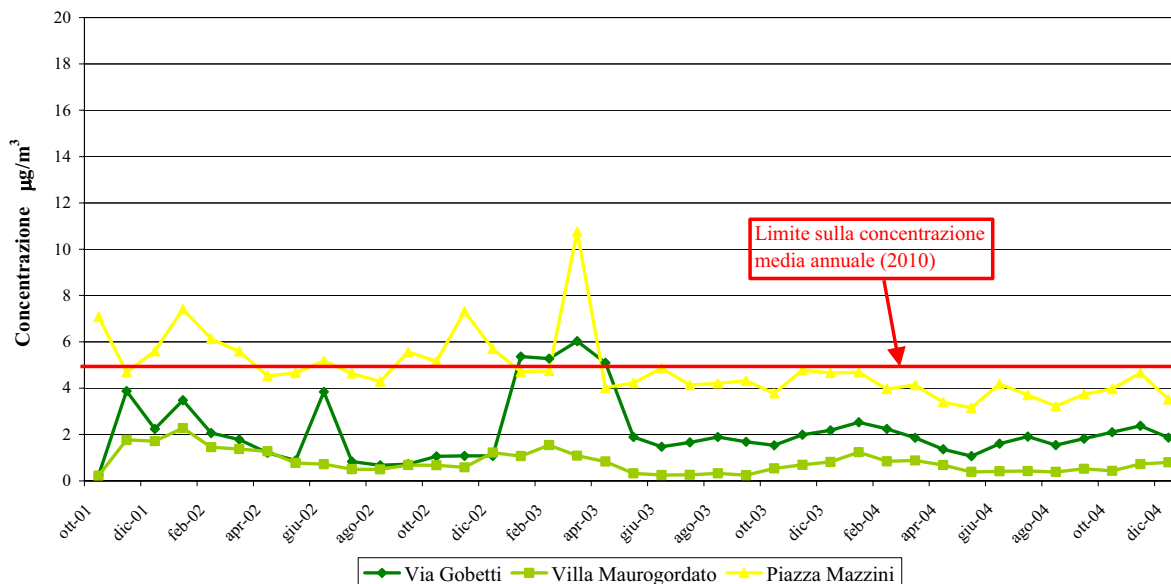
OZONO
Andamento delle concentrazioni medie mensili
2000-2004



Il grafico mette in chiara evidenza la regolare oscillazione dei valori di concentrazione tra il periodo invernale (concentrazioni più basse) e quello estivo (concentrazioni più alte). Anche in questo caso non si osserva un trend in diminuzione delle concentrazioni: una delle cause, certamente non l'unica, può essere individuata nella presenza, in concentrazioni che ugualmente non accennano a diminuire, di biossido d'azoto, che è uno dei precursori più importanti per la formazione dell'ozono troposferico. Appare difficoltoso conseguire gli obiettivi di qualità fissati per il 2010.

5.7 Benzene

BENZENE
Andamento delle concentrazioni medie mensili
2001-2004



Le concentrazioni degli ultimi tre anni mostrano due andamenti differenti separati da un valore di picco registrato in tutte le centraline nel mese di marzo 2003. Nel periodo antecedente si osservano valori di media mensile piuttosto fluttuanti (particolarmente in Via Gobetti e Piazza Mazzini, mentre Villa Maurogordato ha registrato oscillazioni meno ampie). Dalla metà del 2003 l'andamento è più regolare e, nel caso di Piazza Mazzini, le concentrazioni si attestano attorno a medie più basse. Gli andamenti complessivi sono tali da ritenere raggiungibile l'obiettivo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale che, a partire dal 2010, rappresenterà il nuovo valore di soglia.

6. CONDIZIONI METEOROLOGICHE

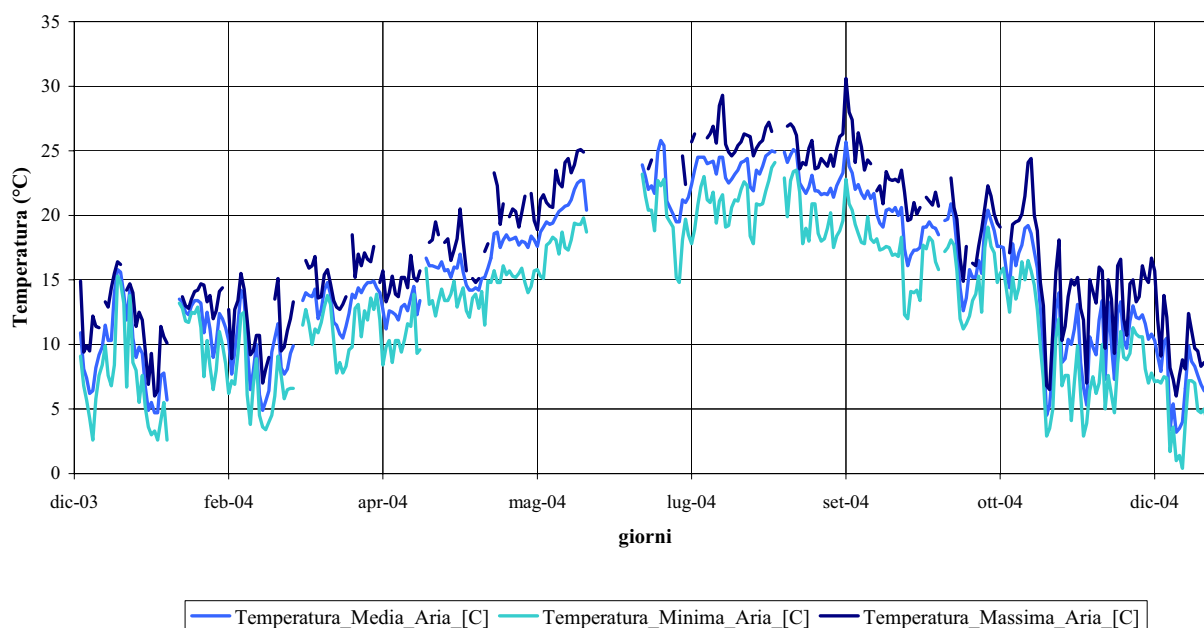
Nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti delle principali variabili meteorologiche rilevate presso la stazione COMMA-MED del Laboratorio di Meteorologia e Modellistica Ambientale (LaMMA). Tale stazione di rilevamento meteo è installata ad un'altezza dal suolo di 3 metri in Piazza Giovine Italia, presso l'Istituto Cappellini.

6.1 Analisi dell'andamento meteorologico nell'anno 2004

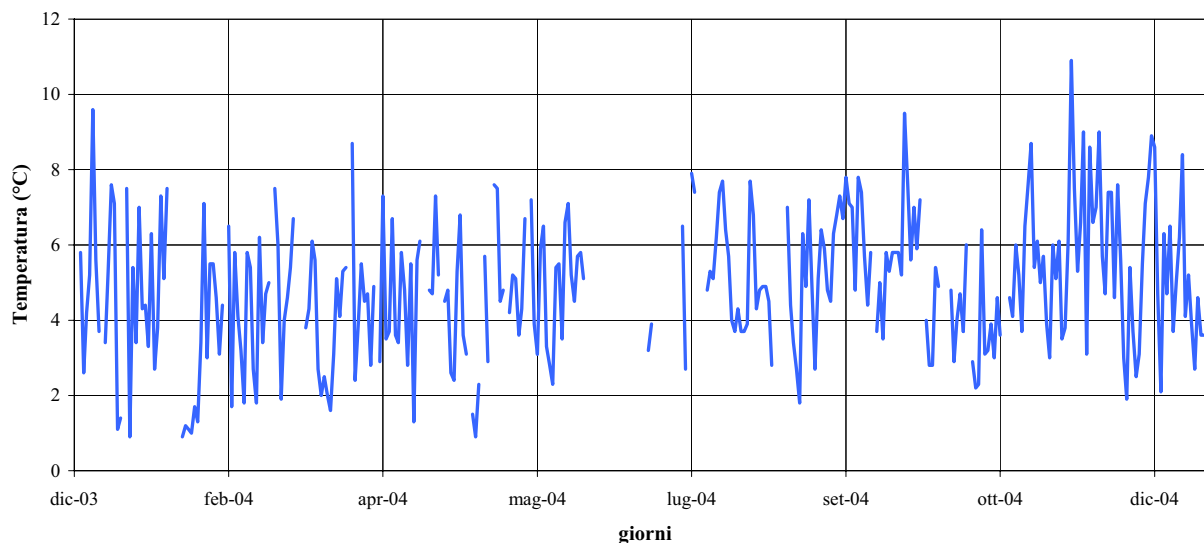
L'andamento delle temperature dell'anno 2004 si può considerare tipico della zona livornese, in quanto esse si sono sempre mantenute sopra lo zero anche nei mesi più freddi e si è avuto un solo picco di temperatura (30,6 °C) agli inizi di settembre.

Anche l'escursione termica giornaliera (pari alla differenza tra la temperatura massima e la minima rilevate ogni giorno) non assume valori di particolare rilevanza andando da un minimo di 0,9 °C a un massimo di 10,9 °C.

Andamento delle temperature medie, minime e massime giornaliere (medie orarie)

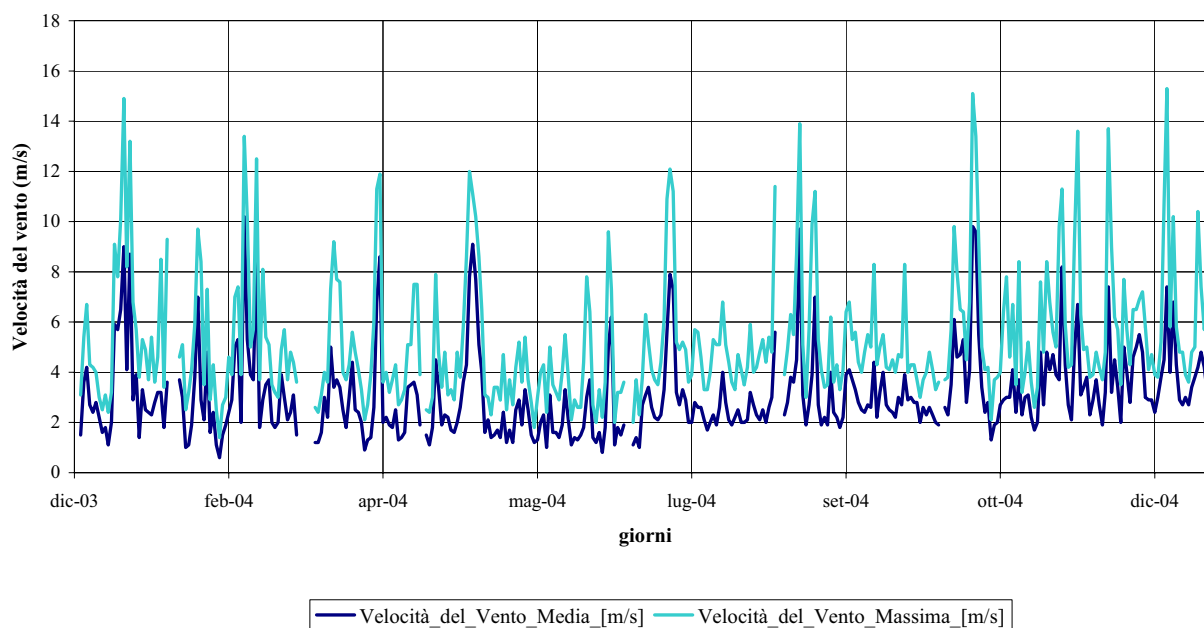


Andamento dell'escursione termica giornaliera



Dal punto di vista anemologico, l'area di Livorno è normalmente caratterizzata da frequenti episodi di vento sostenuto, con punte della media oraria della velocità rilevata nel 2004 di circa 15 m/s che si verificano con cadenza pressoché costante durante tutto l'arco dell'anno. Anche nel 2004 le direzioni prevalenti del vento si sono dimostrate essere Est e Ovest.

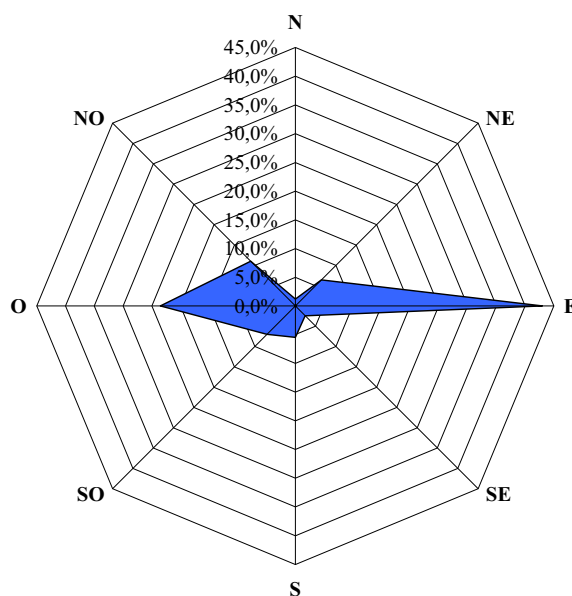
Andamento delle velocità del vento medie e massime giornaliere (medie orarie)



Tab. 34 – Direzioni prevalenti del vento.

Settore di provenienza del vento	numero di giorni 2004	% sui dati validi
N	4	1,2
NE	21	6,4
E	141	43,0
SE	8	2,4
S	18	5,5
SO	23	7,0
O	77	23,5
NO	36	11,0
valore non determinato	24	-
valore non valido	14	-

Frequenza della direzione prevalente del vento anno 2004



Gli effetti delle condizioni meteorologiche sull'andamento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici sono in genere difficilmente valutabili, in quanto nell'arco di un intero anno si susseguono in maniera casuale situazioni favorevoli all'accumulo o alla formazione degli inquinanti e situazioni favorevoli alla loro dispersione. Inoltre per correlare le concentrazioni ad un particolare andamento meteorologico sarebbe necessario quantificarne l'effetto mediante l'uso di modellistica specifica la cui definizione è al momento ancora un problematica aperta. Non disponendo infine di dati di stabilità atmosferica, non si possono al momento esprimere neppure giudizi sui fenomeni di picco rilevati da alcune centraline durante l'anno quali, ad esempio, i picchi della concentrazione di PM_{10} .

7. CONSIDERAZIONI FINALI

I dati del 2004 rappresentano situazioni di forte criticità per PM_{10} , $PM_{2,5}$ e NO_2 nella stazione di viale Carducci e per NO_x ed ozono in tutte le stazioni di monitoraggio. Il livello di qualità può essere invece considerato buono relativamente a SO_2 , CO e Benzene. Tali conclusioni sono presentate in forma grafica nella tabella seguente, in cui ci si è riferiti ai soli parametri di interesse normativo.

Stazione	Inquinanti							
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	CO	NO_2	NO_x	O_3	Benzene
Viale Carducci	☹	☹	☺	☺	☹	☹		☹
Via Gobetti	☹			☺	☺	☹		☺
Piazza Mazzini				☺	☹	☹		☺
Piazza Cappelletto			☺		☺	☹	☹	
Villa Maurogordato	☺			☺	☺	☺	☹	☺
La Palazzina (fraz. Gabbro)							☹	

- ☺ Concentrazione inferiore ai 2/3 del limite
 ☹ Concentrazione compresa tra i 2/3 del limite e il limite
 ☹ Concentrazione superiore al limite

Le indicazioni del 2004 sulle concentrazioni degli inquinanti, già solo parzialmente incoraggianti, non sono purtroppo supportate da valutazioni positive in merito alle tendenze delle concentrazioni medesime. Per tutti i parametri (ad eccezione del $PM_{2,5}$, che non è stato considerato in tale valutazione poiché per esso non disponiamo di una base significativa di dati) l'ultimo triennio ha registrato andamenti stazionari o, in alcuni casi peraltro già critici, come quelli di NO_2 e NO_x , ha mostrato peggioramenti.

Trend	Inquinanti						
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_2	NO_x	O_3	Benzene
	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹

- ☺ Trend in miglioramento
 ☹ Trend stazionario
 ☹ Trend in peggioramento

Le informazioni raccolte nell'anno 2004 e nell'ultimo triennio mostrano come alle rilevazioni della rete di monitoraggio siano seguite decisioni, in taluni casi obbligate, che pur avendo consentito di superare fasi critiche non hanno inciso in modo significativo sui fenomeni di inquinamento nel loro complesso.

Per raggiungere e mantenere standard qualitativi di buon livello è quindi indispensabile che a tutti i livelli di competenza amministrative (locale, provinciale, regionale e nazionale) sia profondamente ripensata l'intera strategia di risposte, le quali non potranno più agire esclusivamente sugli impatti e sullo stato, avendo come unico riferimento i valori dei parametri rilevati e dei limiti fissati dalle norme, ma dovranno necessariamente e consapevolmente indirizzarsi verso le pressioni e, in taluni casi, verso le determinanti.

Un sistema di tal genere deve essere implementato su obiettivi a lungo termine, ad esempio sull'arco di un decennio, individuando altresì sub-obiettivi a medio e breve termine (tipicamente 5 e 2 anni) per poter affrontare correttamente situazioni critiche legate ai diversi inquinanti.

Se infatti da un lato le situazioni di negatività legate al PM_{10} , e presumibilmente al $PM_{2,5}$, hanno bisogno di risposte finalizzate a raggiungere e consolidare a breve termine livelli di concentrazioni entro i limiti previsti, gli obiettivi di qualità per gli ossidi di azoto (fissati per l'anno 2010 nel caso del NO_x) richiedono un approccio più ampio ed articolato. Per l'ozono, invece, è più realistico fissare obiettivi di lungo termine perché il raggiungimento degli obiettivi di qualità, anch'essi stabiliti per il 2010, appare problematico, anche perché esso risente certamente di un effetto di magnificazione dovuto alla presenza degli inquinanti precursori secondo modalità e schemi difficilmente prevedibili.

La piena efficacia del sistema, in aggiunta, dipende anche dalla definizione di indicatori rappresentativi degli obiettivi e di un processo di controllo che, in base ai valori assunti dagli indicatori, fornisca informazioni realistiche sul percorso verso il raggiungimento degli obiettivi di qualità e consenta eventuali opportune correzioni di rotta.

E' poi evidente che per agire secondo un approccio così sistematico è essenziale intessere e migliorare le relazioni con gli altri portatori di interesse e con i differenti livelli di amministrazione della cosa pubblica, perché gli obiettivi di qualità dell'aria siano condivisi e raggiunti componendo le conflittualità degli usi del territorio.

Ciò appare evidente quando si pone l'attenzione all'insieme delle azioni che si possono porre in atto per migliorare il livello di qualità dell'aria. Alcune misure, infatti, possono essere intraprese a livello comunale, come le verifiche sull'efficienza del parco veicolare, gli accessi condizionati o limitati in determinate zone, la pulizia e la manutenzione delle strade, la ridefinizione dei piani di mobilità cittadina. L'adozione di altre misure, quali ad esempio le incentivazioni alla conversione del parco veicolare, le azioni sulle centrali termiche (rinnovo, incentivi, verifiche di efficienza) e ancor di più le spinte ad una riduzione delle emissioni industriali o, nel caso del territorio di Livorno, di quelle legate alle attività portuali, richiedono strategie sinergiche da parte di tutti i livelli istituzionali.

In ogni caso, è possibile inquadrare le indicazioni sui provvedimenti da attuare alla luce di quanto appena detto, come risulta dal prospetto riportato a pagina seguente. Per ciascuna delle misure proposte si è tentato di individuare, attraverso una matrice, l'esistenza o meno di una relazione tra la misura stessa e gli effetti su ciascun inquinante sui tre orizzonti temporali.

E' evidente che le azioni suggerite potrebbero non essere le sole possibili, così come è certamente possibile ridurre o definire in altro modo gli indicatori aggiuntivi. Per poter valutare efficacemente le priorità nell'implementazione delle azioni sarebbe inoltre opportuno stimare dal punto di vista quantitativo le relazioni misura-effetto.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Misure	Effetti									Possibili indicatori aggiuntivi
	PM_{10} , $PM_{2,5}$			NO_2 , NO_x			O_3			
	B	M	L	B	M	L	B	M	L	
Verifica dell'efficienza del parco veicolare (es. Bollino Blu)	●				●				●	Controlli effettuati e loro esiti
Accessi condizionati	●				●				●	Controlli effettuati e loro esiti
Pulizia e manutenzione strade	●									Superfici pulite, superfici asfalti drenanti
Riduzione dei volumi di traffico tramite forme alternative di mobilità		●			●				●	Veicoli circolanti, accessi, indicatori di mobilità alternativa (km piste ciclabili o isole pedonali, utenti mobilità alternativa), risorse impiegate
Ottimizzazione della mobilità legata agli insediamenti produttivi		●			●				●	Veicoli circolanti, accessi
Ottimizzazione della mobilità legata alle attività portuali		●			●				●	Accessi di natanti, passeggeri e veicoli, tempi di permanenza delle imbarcazioni con motore acceso
Verifica dell'efficienza delle centrali termiche			●			●			●	Controlli effettuati e loro esiti
Incentivi alla conversione delle centrali termiche alimentate a combustibili liquidi e delle centrali termiche a basso rendimento			●			●			●	Risorse impiegate, impianti convertiti
Incentivi al rinnovo del parco veicolare			●			●			●	Immatricolazioni, dismissioni, risorse impiegate
Riduzione delle emissioni di origine industriale		●			●				●	Quantità emesse, ricadute stimate
Riduzione delle emissioni legate all'attività portuale		●			●				●	Quantità emesse, ricadute stimate

B Breve termine

M Medio termine

L Lungo termine

A conclusione del lavoro si vuole porre l'accento sull'opportunità di intraprendere anche altre iniziative che, pur non avendo riflessi diretti sulla qualità dell'aria, potranno sicuramente migliorare la conoscenza e la comprensione dei fenomeni di inquinamento.

Ci si riferisce, prima di tutto, alla necessità di portare a compimento in tempi brevi le azioni già poste in essere per la collocazione di una stazione di rilevamento pubblica in località Stagno. Nella zona industriale della Circoscrizione 2, infatti, le sole stazioni di rilevamento operative per il monitoraggio di SO_2 , inquinante di origine prevalentemente industriale, sono quelle della rete privata ed i dati acquisiti, oltre a non essere sottoposti alla validazione di ARPAT, non possono essere considerati significativi perché i rendimenti strumentali sono risultati inferiori al 90%.

Appare poi quanto mai utile procedere ad un aggiornamento dell'inventario comunale delle emissioni di inquinanti dell'aria in considerazione del fatto che nell'ultimo triennio sono stati modificati molti dei fattori di emissione impiegati nella redazione dell'inventario stesso e che alcuni insediamenti industriali rilevanti hanno apportato modifiche ai sistemi di abbattimento delle emissioni in atmosfera.

La redazione del documento è stata curata da:

Ing. Francesca Andreis
Ing. Armando Lombardi
T.P.A. Diana Gambicorti
Dott. Massimo Lazzari
T.L.B. Stefano Fortunato

L'attività di monitoraggio e gestione dati C.O.P. è stata svolta da:

T.L.B. Stefano Fortunato

Il responsabile della U.O.
Prevenzione e Controlli Ambientali Integrati
Dott. Guido Spinelli

INDICE DELLE TABELLE

TAB. 1 – INVENTARIO: EMISSIONI TOTALI NELLA CIRCOSCRIZIONE 1.	7
TAB. 2 – INVENTARIO: EMISSIONI TOTALI NELLA CIRCOSCRIZIONE 2.	8
TAB. 3 – INVENTARIO: EMISSIONI TOTALI NELLA CIRCOSCRIZIONE 2.	8
TAB. 4 – INVENTARIO: EMISSIONI TOTALI NELLA CIRCOSCRIZIONE 2.	8
TAB. 5 – INVENTARIO: EMISSIONI TOTALI NELLA CIRCOSCRIZIONE 2.	9
TAB. 6 – EMISSIONI PUNTUALI: AGGREGAZIONE PER STABILIMENTO.	9
TAB. 7 – PREVISIONI NORMATIVE SUI LIMITI DI CONCENTRAZIONE DEGLI INQUINANTI.	14
TAB. 8 – VALORI LIMITE PER PM_{10}	15
TAB. 9 – VALORI LIMITE PER $PM_{2,5}$	15
TAB. 10 – VALORI LIMITE PER PTS.	15
TAB. 11 – VALORI LIMITE PER SO_2	15
TAB. 12 – VALORI LIMITE PER CO.	15
TAB. 13 – VALORI LIMITE PER NO_2	16
TAB. 14 – VALORI LIMITE PER NO_x	16
TAB. 15 – VALORI LIMITE PER O_3	16
TAB. 16 – VALORI LIMITE PER BENZENE.	16
TAB. 17 – STAZIONI DI MONITORAGGIO FISSE DELLA RETE PROVINCIALE DI LIVORNO.	17
TAB. 18 – INQUINANTI MONITORATI DALLE STAZIONI FISSE DI RILEVAMENTO.	19
TAB. 19 – RENDIMENTI DELLE STAZIONI DI MISURA RELATIVI ALL'ANNO 2004.	20
TAB. 20 – ANALISI DELLE STAZIONI DELLA RETE PUBBLICA CON RENDIMENTI INFERIORI AL 90%.	21
TAB. 21 – PM_{10} : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	25
TAB. 22 – $PM_{2,5}$: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	29
TAB. 23 – PTS: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	29
TAB. 24 – SO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE CON EFFICIENZA > 90%.	30
TAB. 25: – SO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE CON EFFICIENZA FRA 15% E 90%.	30
TAB. 26 – SO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE DELLA RETE ARIAL.	33
TAB. 27 – CO: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	34
TAB. 28 – NO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	39
TAB. 29 NO_x : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	44
TAB. 30 – O_3 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	49
TAB. 31 – BENZENE: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE CON EFFICIENZA > 90%.	52
TAB. 32 – BENZENE: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE CON EFFICIENZA FRA IL 15% E IL 90%.	52
TAB. 33 – NUMERO DI SUPERAMENTI DELLE SOGLIE DI ALLARME E DI INFORMAZIONE.	56
TAB. 34 – DIREZIONI PREVALENTI DEL VENTO.	68