



Misure di particolato atmosferico COMUNE DI CARAVATE

Misure di particolato atmosferico
COMUNE DI CARAVATE

Gestione tecnica dei campionatori

p.ch. Marco Boni
p.ch. Daniele Clementi
p.ch. Rosaria Pirrella
p.ch. Alessandro Tagliabue

Il Dirigente U.O. T.A.I.
Dipartimento Varese
dr Emma Porro

Il Responsabile della RRQA
Dipartimento Varese
dr Elena Bravetti

Varese,

Prot. n.

Premessa

Nel presente lavoro si presentano i risultati relativi alla campagna di misura di particolato atmosferico condotta a Caravate in modo discontinuo nel periodo novembre 2003 – agosto 2004.

Misure di particolato atmosferico COMUNE DI CARAVATE

Introduzione	
Il particolato atmosferico e la normativa di riferimento	pag. 4
Campagne di Misura	
Metodi di misura	pag. 6
Principali sorgenti emissive	pag. 6
Risultati	pag. 10
Conclusioni	pag. 16
<i>Allegato 1 – tabelle delle emissioni</i>	
<i>Allegato 2 – tabelle dei dati</i>	

Introduzione

Il particolato atmosferico e la normativa di riferimento

Il termine "polveri sospese" consente di caratterizzare un'ampia classe di sostanze, diverse dal punto di vista chimico-fisico, che si possono presentare allo stato liquido e solido, con diverse dimensioni.

Esistono polveri emesse direttamente dalle sorgenti e altre che si formano per trasformazione di emissioni gassose di ossidi di azoto e di zolfo e di composti organici volatili. Alle emissioni contribuiscono fenomeni naturali (suolo, incendi, eruzioni vulcaniche, pollini) e attività antropiche (emissioni industriali, produzione di energia, trasporto stradale) (fonte: Rapporto sullo Stato dell'Ambiente nel 2001 edito dal Ministero dell'Ambiente).

Si distingue un particolato "fine" (PM_{2.5}), costituito da particelle di diametro inferiore a 2.5 µm, dal particolato "coarse" (in genere identificato con particelle di diametro superiore, anche se in letteratura alcuni autori identificano con questo aggettivo il particolato di diametro compreso tra 2.5 e 10 µm). Queste due classi di particolato hanno diversa origine, composizione e comportamento, come evidenziato nella tabella seguente (tratta dall'Air Quality Guidelines WHO 1999, che la riprende da fonte USEPA):

	Fine Mode	Coarse Mode
Formed from:	Gases	Large solids/droplets
Formed by:	Chemical reaction; nucleation; condensation; coagulation; evaporation of fog and cloud droplets in which gases have dissolved and reacted.	Mechanical disruption (e.g. crushing, grinding, abrasion of surfaces); evaporation of sprays; suspension of dusts.
Composed of:	Sulphate, SO ₄ ⁼ ; nitrate NO ₃ ⁻ ; ammonium, NH ₄ ⁺ ; hydrogen ion, H ⁺ ; elemental carbon; organic compounds (e.g., PAHs); metals (e.g. Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe); particle-bound water.	Resuspended dusts (e.g., soil dusts, street dust); coal and oil fly ash, metal oxides of crustal elements (Si, Al, Ti, Fe); CaCO ₃ , NaCl, sea salt; pollen, mould spores; plant/animal fragments; tire wear debris
Solubility	Largely soluble, hygroscopic and deliquescent	Largely insoluble and non-hygroscopic
Sources	Combustion of coal, oil, gasoline, diesel, wood; atmospheric transformation products of NO _x , SO ₂ and organic compounds including biogenic species (e.g. terpenes) high temperature processes, smelters, steel mills, etc.	Resuspension of industrial dust and soil tracked onto roads; suspension from disturbed soil (e.g. farming, mining, unpaved roads); biological sources; construction and demolition; coal and oil combustion; ocean spray
Lifetimes	Days to weeks	Minutes to hours
Travel Distance	100s to 1000s of kilometres	< 1 to 10s of kilometres

Le particelle di diametro inferiore a 10 µm (PM₁₀) possono essere inalate ed accumulate nell'apparato respiratorio (EPA Air quality index – june 2000) e costituiscono quindi l'indicatore di riferimento per valutare l'impatto del particolato sulla salute. In effetti, studiando la frazione dimensionale del PM₁₀ e/o misurandone la composizione, studi recenti hanno suggerito che gli effetti sulla salute del PM₁₀ sono largamente associati al particolato "fine", piuttosto che alla frazione "coarse" (Air Quality Guidelines WHO 1999).

La WHO, nel 1999, non ha stabilito alcuno specifico valore guida. Ha infatti osservato che la maggior parte delle informazioni disponibili deriva da studi in cui le particelle sono state misurate come PM₁₀, mentre è attualmente in aumento la disponibilità di dati di PM_{2,5}, che studi recenti indicano, in generale, come un miglior predittore degli effetti sulla salute. Inoltre, sta emergendo l'evidenza che talvolta un indicatore ancora migliore degli effetti sulla salute è rappresentato dai costituenti del PM_{2,5} (solfati e particelle fortemente acide).

Per le concentrazioni di PM₁₀ sono attualmente vigenti i limiti introdotti dal D.M. 2/4/02, recepimento delle direttive 1999/30/CE e 2000/69/CE, che prevede una prima fase, che si concluderà nel 2005, in cui è fissata una serie di limiti decrescenti, variabili di anno in anno, come riportato in tabella:

Definizione	Periodo di mediazione	Entrata in vigore					
		19/07/1999	01/01/2001	01/01/2002	01/01/2003	01/01/2004	01/01/2005
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	75 µg/m ³ da non superare più di 35 volte nell'anno	70 µg/m ³	65 µg/m ³	60 µg/m ³	55 µg/m ³	50 µg/m ³
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	48 µg/m ³	46.4 µg/m ³	44.8 µg/m ³	43.2 µg/m ³	41.6 µg/m ³	40 µg/m ³

Come si intuisce dalla tabella, il periodo temporale a cui va estesa la valutazione è quello annuale. Tuttavia lo stesso decreto prevede la possibilità di programmi di misura condotti per periodi più ridotti (8 settimane/anno), al fine di ottenere una misurazione indicativa delle concentrazioni presenti.

In tal senso si è orientata l'organizzazione del rilevamento che, secondo le indicazioni del Settore Aria di ARPA Lombardia, è stato programmato in quattro periodi dell'anno: novembre, febbraio, maggio ed agosto, con una durata di due settimane per ciascun periodo.

Campagna di Misura

Metodi di misura

Tutti i rilevamenti sono stati eseguiti in via Filzi, posizionando la strumentazione all'interno di un'area recintata.

Le campagne di rilevamento delle concentrazioni di particolato sono state condotte mediante l'utilizzo di

- campionatore sequenziale dotato di testa di campionamento per PM₁₀ a norma USEPA
- una bilancia Sartorius.

Il metodo di misura utilizzato consente di determinare la concentrazione media del particolato su un periodo di campionamento di 24 ore, attraverso un processo che prevede la raccolta delle particelle su un mezzo filtrante e la relativa misura di massa con il metodo gravimetrico. Si tratta quindi di un metodo non automatico di misura, che prevede un'attività manuale di laboratorio e che consente di ottenere i risultati dopo almeno 3 giorni.

Peraltro tale metodo è quello ufficiale di riferimento (cfr DM 60/02).

Principali sorgenti emissive

Prima di presentare i risultati ottenuti, si è ritenuto opportuno premettere una stima delle principali sorgenti emissive di PM₁₀ presenti all'interno del territorio comunale di Caravate e, più in generale, dell'intera provincia, riferendosi all'Inventario regionale, denominato INEMAR (Inventario Emissioni Aria), che si basa su dati riferiti all'anno 2001 (versione aggiornata al mese di novembre 2003).

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

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

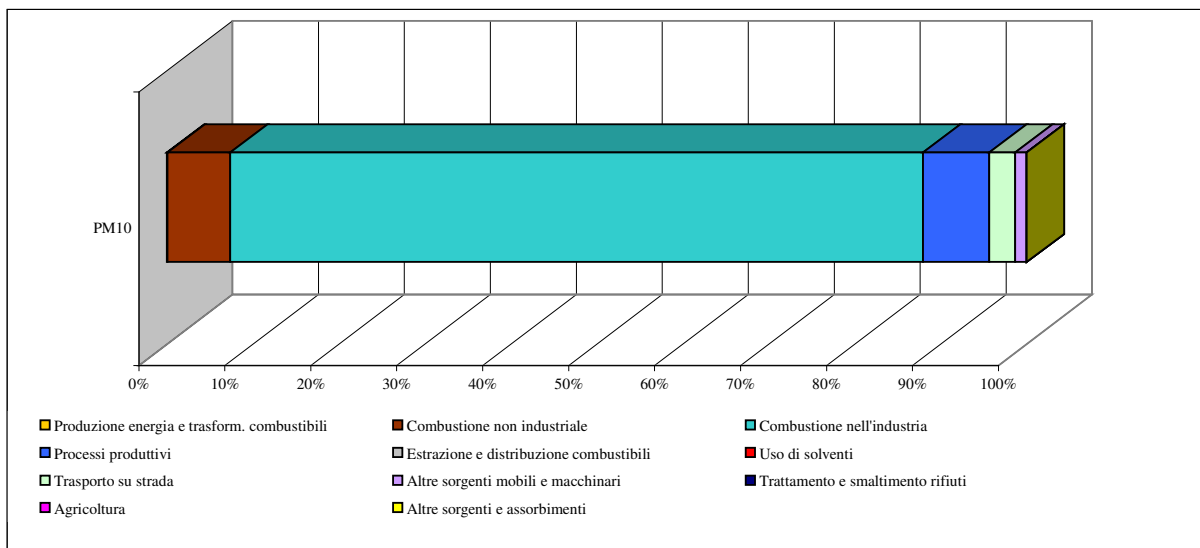
I dettagli metodologici della costruzione dell'inventario delle emissioni sono oggetto di approfondimento nel sito Internet, <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>, cui si rimanda per una migliore comprensione dei contenuti.

Emissioni nella città di Caravate nel 2001 (t/anno)

	PM10
Produzione energia e trasform. combustibili	0
Combustione non industriale	1.8
Combustione nell'industria	19.9
Processi produttivi	1.9
Estrazione e distribuzione combustibili	0
Uso di solventi	0
Trasporto su strada	0.7
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.3
Trattamento e smaltimento rifiuti	0
Agricoltura	0
Altre sorgenti e assorbimenti	0
Totale	25

Distribuzione percentuale delle emissioni nella città di Caravate nel 2001

	PM10
Produzione energia e trasform. combustibili	-
Combustione non industriale	7
Combustione nell'industria	81
Processi produttivi	8
Estrazione e distribuzione combustibili	-
Uso di solventi	-
Trasporto su strada	3
Altre sorgenti mobili e macchinari	1
Trattamento e smaltimento rifiuti	-
Agricoltura	-
Altre sorgenti e assorbimenti	-
Totale	100

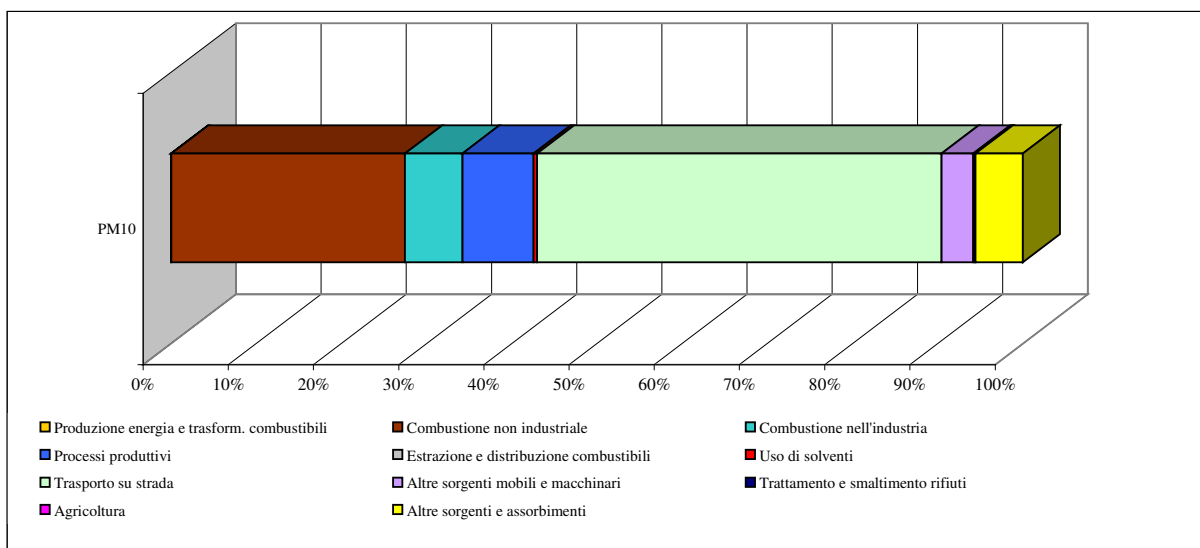


Emissioni in provincia di Varese nel 2001 (t/anno)

	PM10
Produzione energia e trasform. combustibili	0.3
Combustione non industriale	318
Combustione nell'industria	78
Processi produttivi	97
Estrazione e distribuzione combustibili	
Uso di solventi	5
Trasporto su strada	550
Altre sorgenti mobili e macchinari	43
Trattamento e smaltimento rifiuti	2.8
Agricoltura	0.3
Altre sorgenti e assorbimenti	64
Totale	1 159

Distribuzione percentuale delle emissioni in provincia di Varese nel 2001

	PM10
Produzione energia e trasform. combustibili	0
Combustione non industriale	27
Combustione nell'industria	7
Processi produttivi	8
Estrazione e distribuzione combustibili	
Uso di solventi	0
Trasporto su strada	47
Altre sorgenti mobili e macchinari	4
Trattamento e smaltimento rifiuti	0
Agricoltura	0
Altre sorgenti e assorbimenti	6
Totale	100



Si osserva dai grafici che, mentre in provincia di Varese le principali fonti di emissione di PM₁₀ sono dovute al trasporto su strada e alla combustione non industriale (incidenza, rispettivamente, del 47% e 27%), nella città di Caravate il contributo preponderante proviene dalla combustione industriale (81%), come del resto facilmente intuibile considerando la presenza di un cementificio all'interno del territorio comunale.

In termini assoluti, le 25 t/anno di emissioni provenienti da Caravate costituiscono il 2% circa delle emissioni dell'intera provincia (1159 t/anno)

Entrando nel dettaglio dei contributi delle singole attività individuate da INEMAR si osserva che solo tre sono i contributi che comportano un'emissione di almeno 1 t/anno:

COMBUSTIBILE	MACROSETTORE	SETTORE	ATTIVITÀ	PM ₁₀ (t/anno)
carb. cokeria	Combustione nell'industria	Processi di combustione con contatto	Cemento	19.8
senza comb.	Processi produttivi	Processi nell'industria del legno pasta per la carta alimenti bevande e altro	Cementifici e calcifici: frantumazione trasporto e deposito	1.9
legna e similari	Combustione non industriale	Impianti residenziali	Altri sistemi (stufe caminetti cucine ecc.)	1.7

In allegato è riportata la tabella completa delle emissioni comunali di PM₁₀. Va notato che tra i combustibili compare la benzina super, non più commercializzata dall'anno 2002: la presenza di tale dato si giustifica tenendo conto che i dati INEMAR sono costruiti su stime dell'anno 2001. Dal momento che, nel paragrafo successivo, le concentrazioni misurate a Caravate verranno confrontate con quelle rilevate a Busto Arsizio, Gallarate e Saronno, si riepilogano qui di seguito anche le emissioni totali dei 4 comuni e, introducendo come fattore di normalizzazione per tener conto della diversa estensione territoriale, le superfici comunali, le emissioni normalizzate (areali):

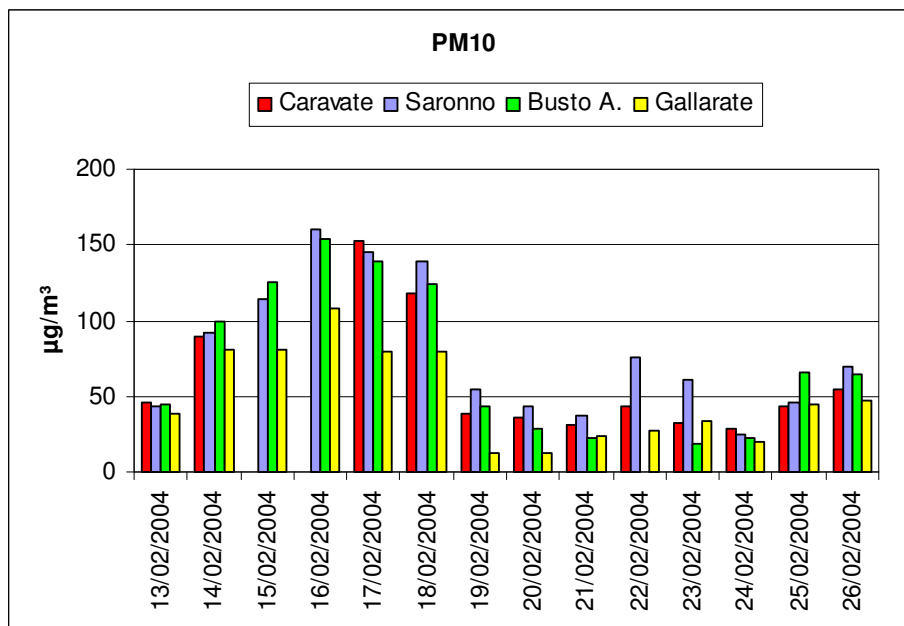
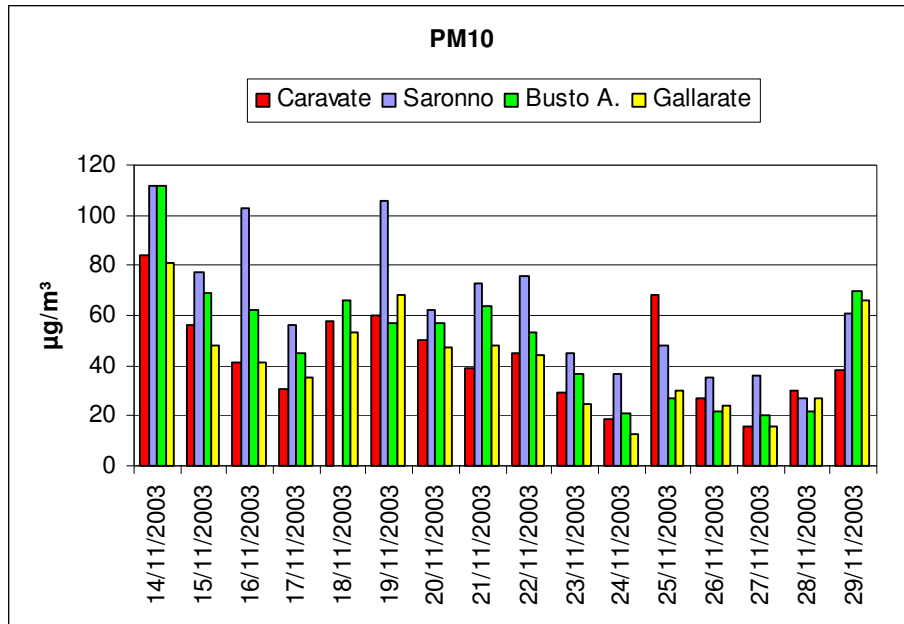
COMUNE	EMISSIONI TOTALI PM ₁₀ (t/anno)	EMISSIONI AREALI PM ₁₀ (t/(anno*km ²))
Caravate	25	4.9
Busto Arsizio	62	2.0
Gallarate	55	2.6
Saronno	28	2.6

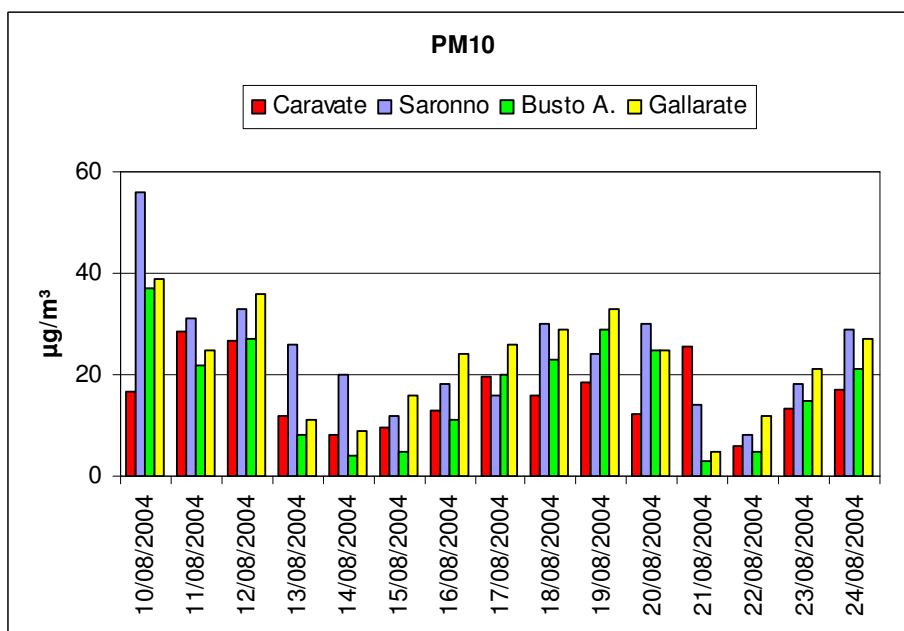
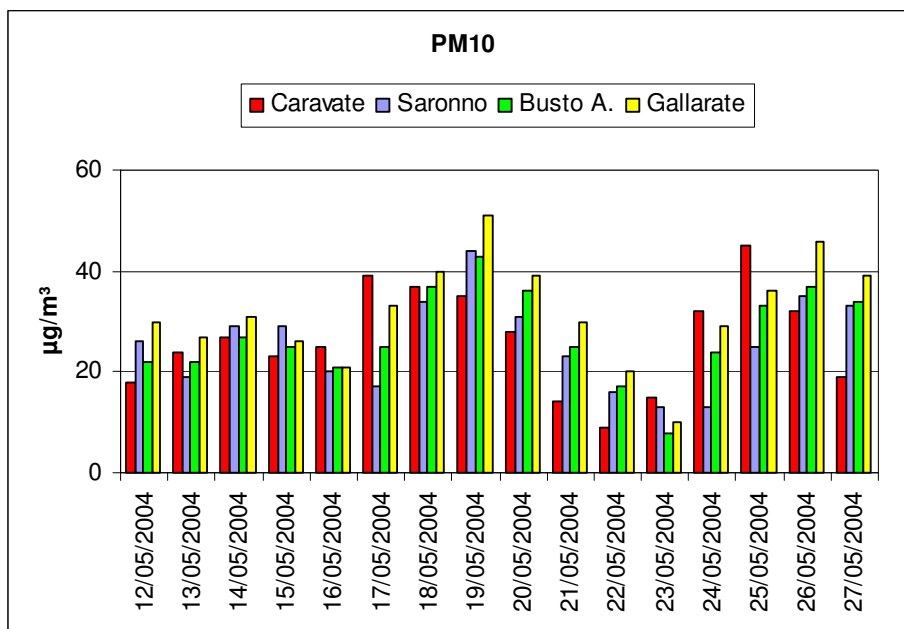
Va sottolineato che, oltre alle quantità assolute e relative di PM₁₀ emesso, non bisogna dimenticare la diversa fonte di produzione. Infatti, per le città dell'area Sempione, la fonte principale è costituita dal trasporto su strada (70 – 80 % circa) e, secondariamente, dalla combustione non industriale (10 –20 % circa), quindi da sorgenti locali diffuse e con emissione localizzata in prossimità del suolo. Viceversa l'emissione dovuta alla combustione industriale necessaria nella produzione del cemento è localizzata, avviene ad una certa quota (87 metri) ed è soggetta ad un'innalzamento dovuto alla temperatura dei fumi (136 °C), come risulta dai dati dichiarati dall'azienda il 28/6/2002 nel "Censimento delle emissioni puntuali" promosso dalla Regione Lombardia. Di conseguenza diversi risultano essere i meccanismi di diffusione e trasporto del PM₁₀ emesso: nel caso di un camino elevato, infatti, la ricaduta tende ad avvenire a distanze dell'ordine della decina di Km dal punto di emissione e le ricadute a distanza inferiore sono possibili solo in presenza di condizioni fortemente instabili, che provocano un brusco abbassamento al suolo del pennacchio (condizioni in genere presenti in periodo estivo).

Non va poi dimenticato che quanto si misura come concentrazione al suolo è influenzato non solo dalle emissioni locali, ma anche da fenomeni di trasporto ed accumulo conseguenti a situazioni di ristagno delle masse d'aria in Pianura Padana.

Risultati

I dati di PM_{10} rilevati nel comune di Caravate sono stati messi a confronto con quelli registrati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria poste nelle città di Gallarate, Busto Arsizio e Saronno, in cui sono installati analizzatori automatici basati su due diversi principi di funzionamento: variazione della frequenza di oscillazione di un elemento sagomato - TEOM - (Gallarate) e attenuazione per assorbimento di radiazione β (Busto A. e Saronno). Questi strumenti consentono di disporre di dati di concentrazione del particolato su periodi di campionamento di durata più breve (1 - 2 ore), a partire dai quali si calcola la media giornaliera.

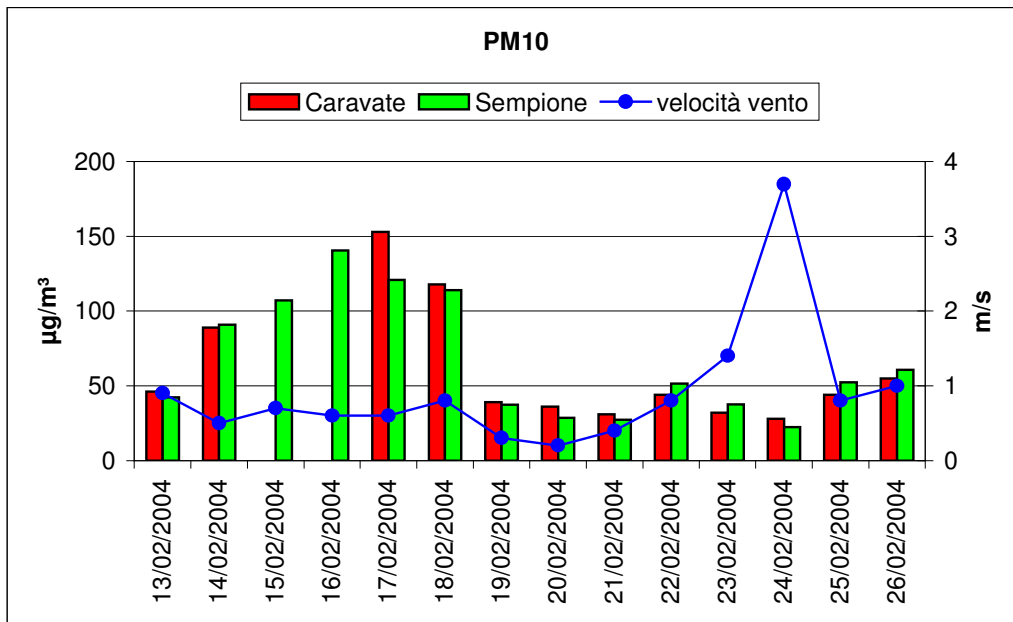
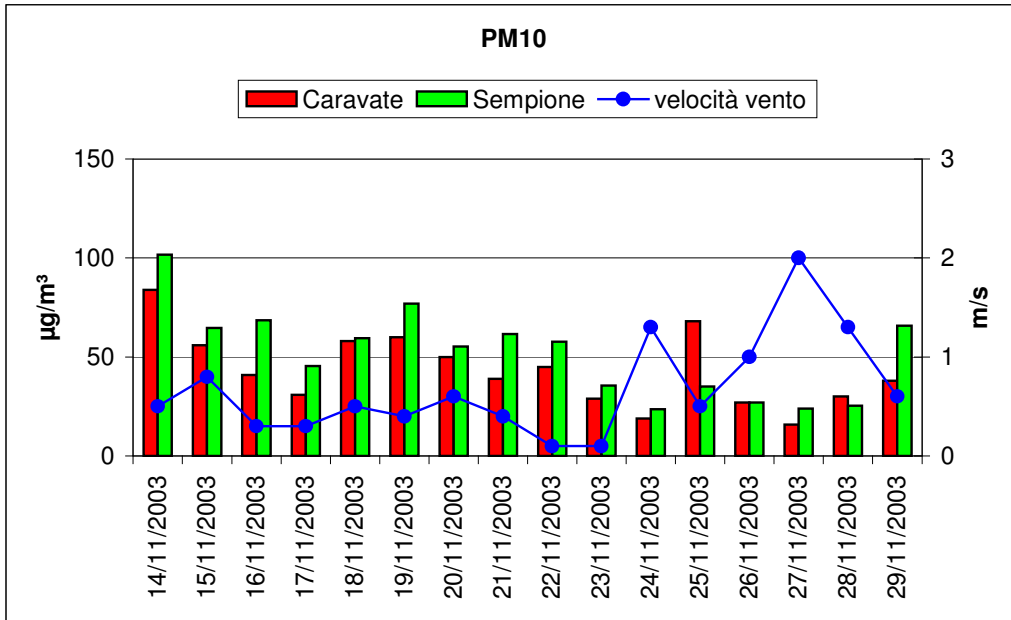


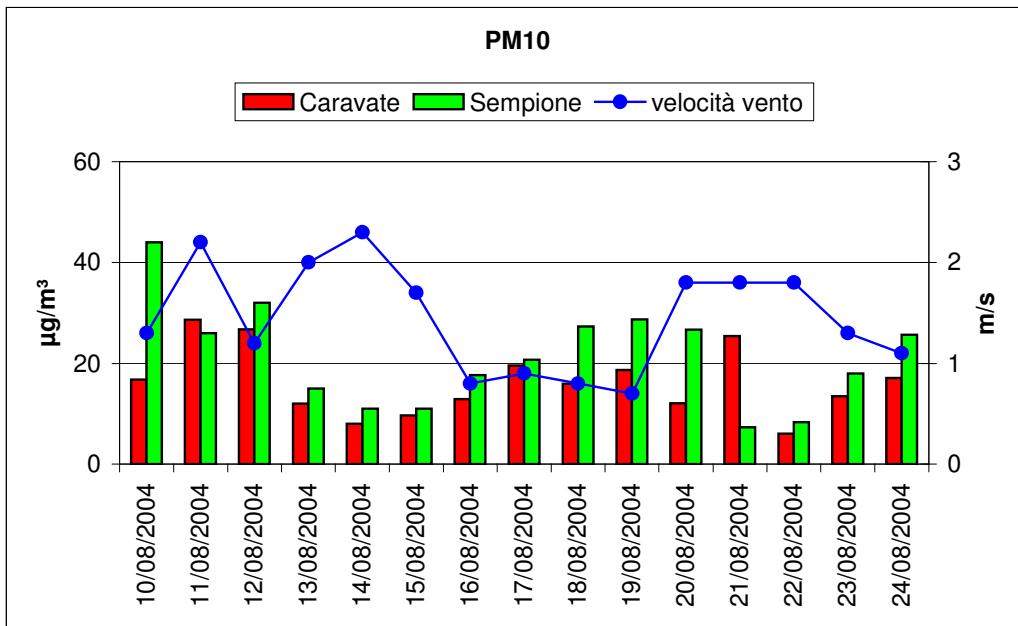
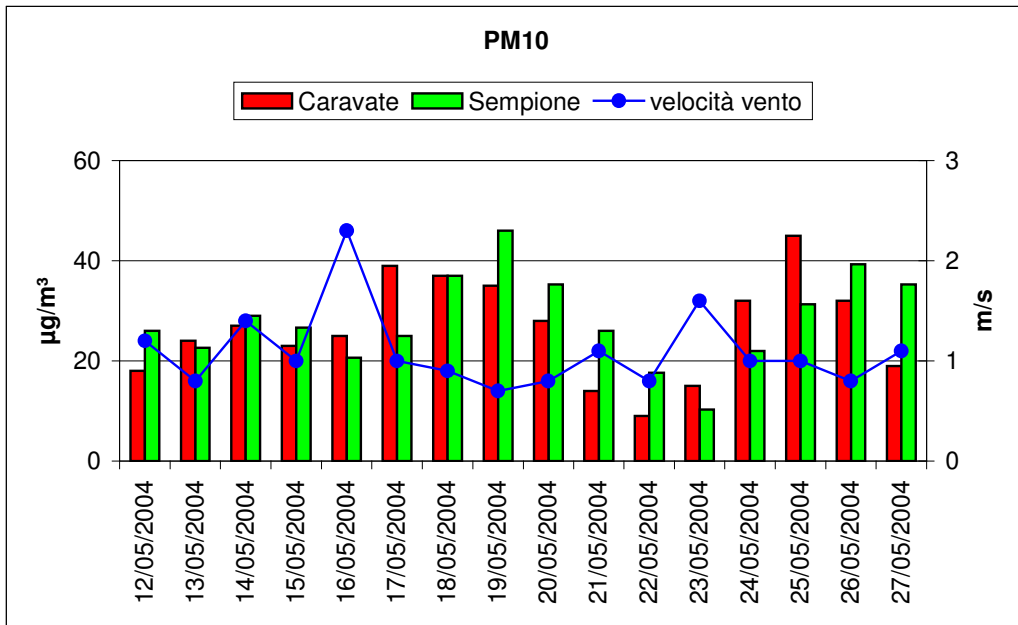


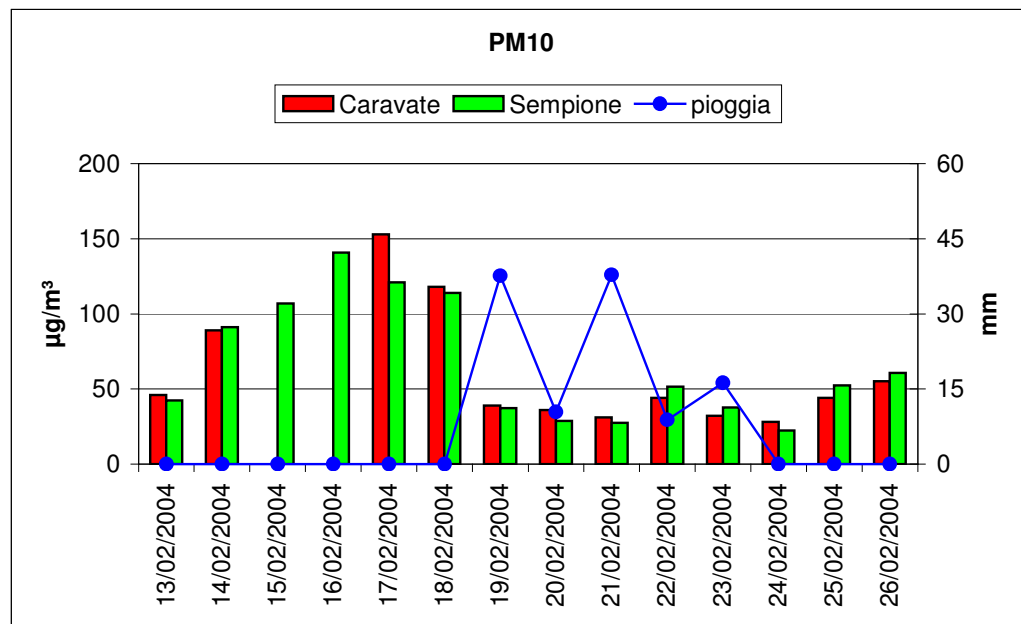
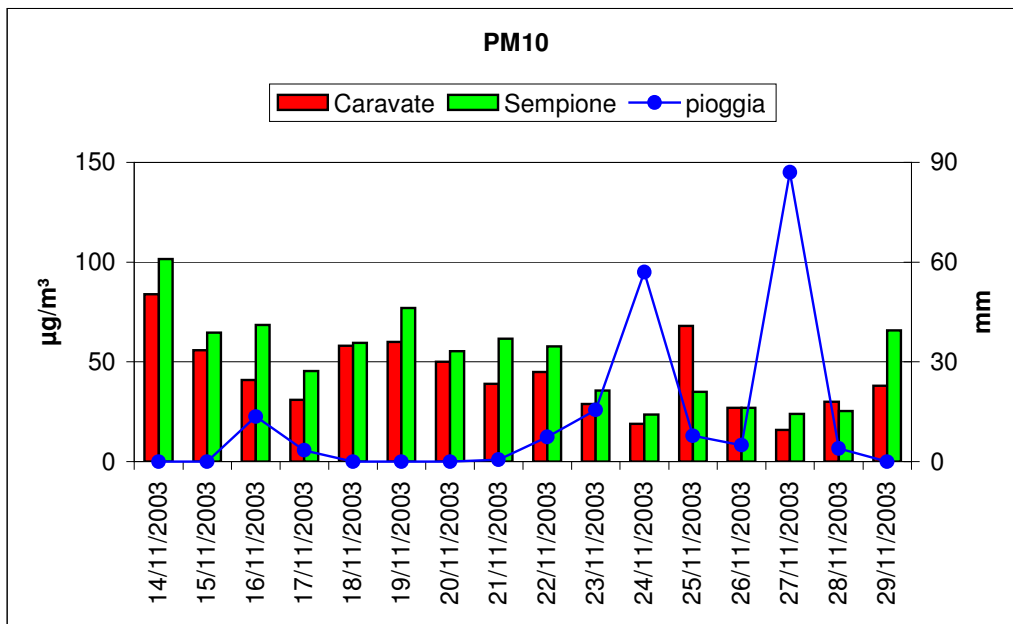
Dai grafici si osserva che andamenti temporali e concentrazioni sono abbastanza simili nei 4 punti di rilevamento considerati e risentono della modulazione stagionale indotta dalle condizioni meteorologiche. Infatti, il periodo invernale, generalmente caratterizzato da situazioni di inversione termica e scarsa capacità diffusiva dell'atmosfera, correlati alla presenza di campi anticiclonici, è quello in cui più elevate sono le concentrazioni raggiunte. In effetti il grafico relativo al mese di febbraio è quello in cui compaiono le concentrazioni più elevate, soprattutto nel primo periodo, caratterizzato dalla presenza di un promontorio anticiclonico.

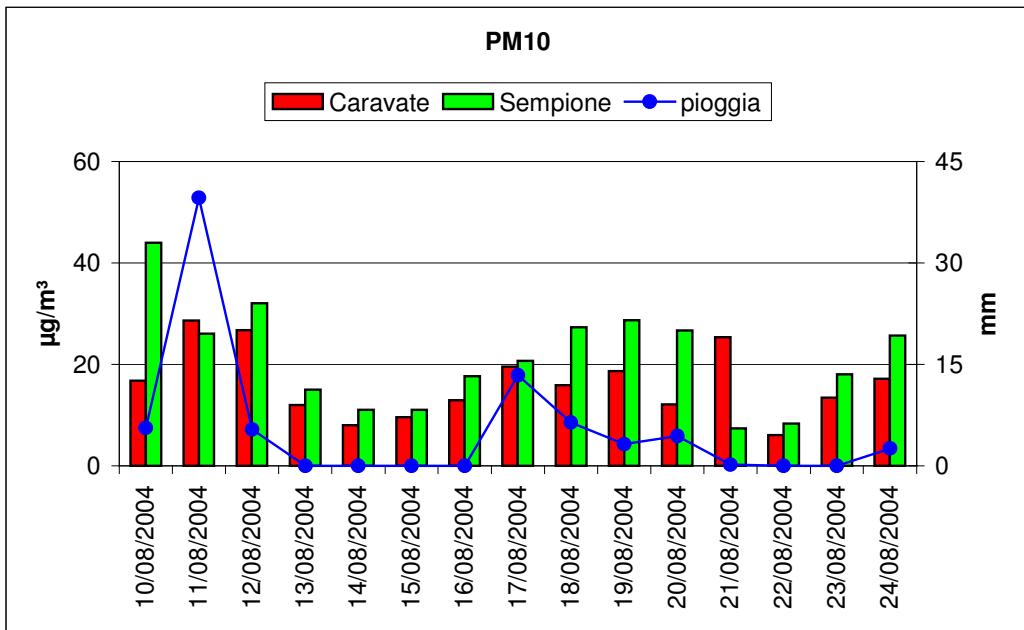
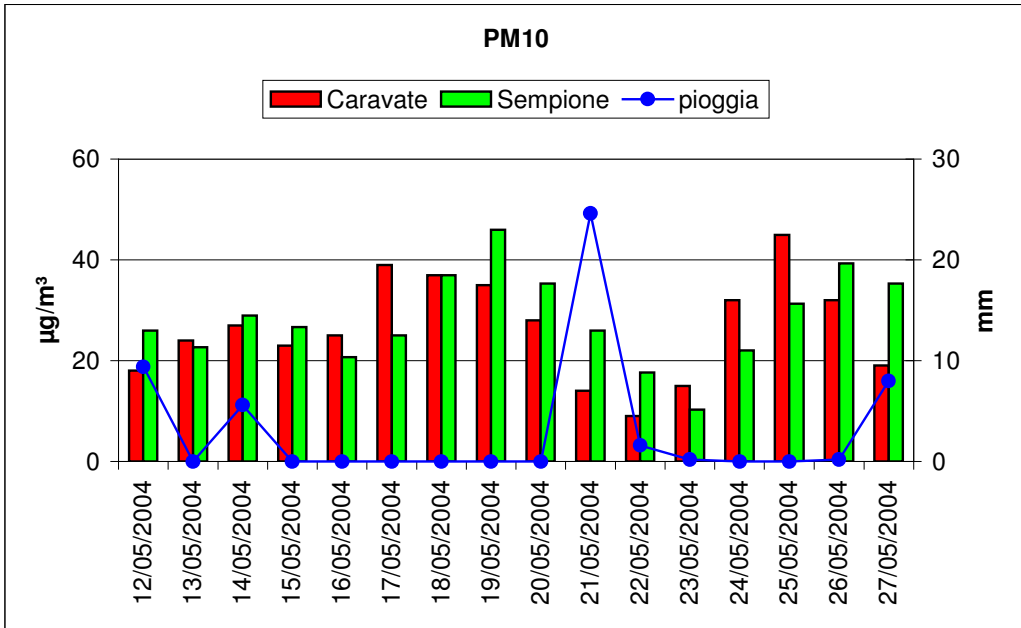
L'influenza qualitativa delle condizioni meteorologiche, in particolare della pioggia e del vento, sui profili di concentrazione si evidenzia nei grafici successivi in cui alle concentrazioni medie

giornaliere rilevate a Caravate e nell'area Sempione sono sovrapposte le precipitazioni totali giornaliere e la velocità media del vento (ottenute dalla stazione di Varese Vidoletti). Si osserva in questo modo che in presenza di precipitazioni o di una discreta attività anemologica le concentrazioni subiscono consistenti diminuzioni.









Conclusioni

Il rilevamento delle concentrazioni di PM₁₀, condotto per circa 8 settimane/anno consente una stima indicativa della media annuale, alla quale è attribuita un'incertezza superiore a quella ottenuta con misurazioni in continuo.

Allo scopo di confrontare il valore ottenuto con i dati provenienti dalla rete fissa sono state calcolate le concentrazioni medie sui 61 giorni di campionamento, sia per la postazione di Caravate, sia per quelle appartenenti alla rete fissa di misura. Il rendimento strumentale, calcolato per l'intero periodo in ognuna delle 4 postazioni, è stato superiore al 90% (precisamente tra 95 e 97%).

	CARAVATE	BUSTO ARSIZIO	GALLARATE	SARONNO
Media 61 giorni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35	41	36	47

Le concentrazioni medie rilevate a Caravate sono quindi di poco inferiori a quelle mediamente raccolte in area Sempione.

Nelle tabelle non compare la postazione di Varese, il cui rendimento strumentale nel periodo in questione, non è stato sufficientemente elevato a causa di un guasto.

A scopo conoscitivo, sono state considerate anche le medie annue calcolate nelle postazioni della rete fissa sull'intero periodo 25 agosto 2003 – 24 agosto 2004, ottenendo i seguenti valori:

	BUSTO ARSIZIO	GALLARATE	SARONNO
Media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	43	40	46

Anche in questo caso il rendimento strumentale è stato maggiore o uguale al 90% (precisamente tra 90 e 98%).

Come si vede, per le stazioni appartenenti alla rete fissa, la stima della media annuale condotta sulla base dei 61 campioni distribuiti nell'arco dell'anno, porta ad un errore variabile da postazione a postazione, ma piuttosto contenuto (si tratta infatti, in valore assoluto, di pochi $\mu\text{g}/\text{m}^3$), a conferma della rappresentatività del periodo di 61 giorni considerato.

Estrapolando il dato per Caravate si può quindi stimare una media annua vicina al valore limite annuale per la protezione della salute umana, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cui entrata in vigore è fissata dal prossimo 1 gennaio 2005.

Allegato 1 – tabelle delle emissioni

COMBUSTIBILE	MACROSETTORE	SETTORE	ATTIVITÀ	PM ₁₀ (t/anno)
carb. cokeria	Combustione nell'industria	Processi di combustione con contatto	Cemento	19.8
senza comb.	Processi produttivi	Processi nell'industria del legno pasta per la carta alimenti bevande e altro	Cementifici e calcifici: frantumazione trasporto e deposito	1.9
legna e similari	Combustione non industriale	Impianti residenziali	Altri sistemi (stufe caminetti cucine ecc.)	1.7
gasolio	Altre sorgenti mobili e macchinari	Agricoltura	Agricoltura	0.3
diesel	Trasporto su strada	Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Strade urbane	0.3
diesel	Trasporto su strada	Automobili	Strade urbane	0.2
diesel	Trasporto su strada	Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade urbane	0.1
senza comb.	Trasporto su strada	Automobili	Strade urbane - usura	0.1
senza comb.	Trasporto su strada	Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Strade urbane - usura	0.04
olio combust	Combustione non industriale	Impianti residenziali	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.04
benzina super	Trasporto su strada	Ciclomotori (< 50 cm3)	Strade urbane	0.03
metano	Combustione nell'industria	Combustione nelle caldaie turbine e motori a combustione interna	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.02
olio combust	Combustione nell'industria	Combustione nelle caldaie turbine e motori a combustione interna	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.02
benzina super	Trasporto su strada	Automobili	Strade urbane	0.02
senza comb.	Trasporto su strada	Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade urbane - usura	0.01
metano	Combustione non industriale	Impianti residenziali	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.01
gasolio	Combustione non industriale	Impianti residenziali	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.01
olio combust	Combustione non industriale	Impianti commerciali ed istituzionali	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.01
benzina super	Trasporto su strada	Motocicli (> 50 cm3)	Strade urbane	0.01

COMBUSTIBILE	MACROSETTORE	SETTORE	ATTIVITÀ	PM ₁₀ (t/anno)
gasolio	Combustione nell'industria	Combustione nelle caldaie turbine e motori a combustione interna	Motori a combustione interna	0.005
benzina verde	Trasporto su strada	Automobili	Strade urbane	0.002
gasolio	Combustione non industriale	Impianti commerciali ed istituzionali	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.002
senza comb.	Trasporto su strada	Ciclomotori (< 50 cm ³)	Strade urbane - usura	0.001
gasolio	Combustione non industriale	Impianti in agricoltura silvicoltura e acquacoltura	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.001
metano	Combustione non industriale	Impianti commerciali ed istituzionali	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.001
senza comb.	Trasporto su strada	Motocicli (> 50 cm ³)	Strade urbane - usura	0.001
benzina verde	Trasporto su strada	Ciclomotori (< 50 cm ³)	Strade urbane	0.001
gasolio	Combustione nell'industria	Combustione nelle caldaie turbine e motori a combustione interna	Caldaie con potenza termica < 50 MW	0.001
benzina verde	Trasporto su strada	Motocicli (> 50 cm ³)	Strade urbane	0.0003
benzina super	Trasporto su strada	Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade urbane	0.0003
benzina verde	Trasporto su strada	Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade urbane	0.0002

Allegato 2 – tabelle dei dati

Data	PM₁₀ (µg/m³)
14-nov-03	84
15-nov-03	56
16-nov-03	41
17-nov-03	31
18-nov-03	58
19-nov-03	60
20-nov-03	50
21-nov-03	39
22-nov-03	45
23-nov-03	29
24-nov-03	19
25-nov-03	68
26-nov-03	27
27-nov-03	16
28-nov-03	30
29-nov-03	38
13-feb-04	46
14-feb-04	89
15-feb-04	
16-feb-04	
17-feb-04	153
18-feb-04	118
19-feb-04	39
20-feb-04	36
21-feb-04	31
22-feb-04	44
23-feb-04	32
24-feb-04	28
25-feb-04	44
26-feb-04	55
12-mag-04	18
13-mag-04	24
14-mag-04	27
15-mag-04	23
16-mag-04	25
17-mag-04	39
18-mag-04	37
19-mag-04	35
20-mag-04	28
21-mag-04	14
22-mag-04	9
23-mag-04	15
24-mag-04	32

Data	PM₁₀ (µg/m³)
25-mag-04	45
26-mag-04	32
27-mag-04	19
10-ago-04	17
11-ago-04	29
12-ago-04	27
13-ago-04	12
14-ago-04	8
15-ago-04	10
16-ago-04	13
17-ago-04	20
18-ago-04	16
19-ago-04	19
20-ago-04	12
21-ago-04	25
22-ago-04	6
23-ago-04	13
24-ago-04	17