



**Laboratorio Mobile**  
**Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**  
**COMUNE DI MONGUZZO**

24/04/2003 - 27/05/2003



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

# **Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico**

COMUNE DI MONGUZZO

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

P.I. Marco Cadenazzi.....

P.I. Roberto Gottardi.....

## **Analisi mediante Spettrometria X**

P.I. Giorgio Siliprandi – Dipartimento di Mantova.....

## **Analisi mediante Microscopio Elettronico**

Dr. Vorne Gianelle – Dipartimento di Milano.....

## **Relazione**

Dr. Matteo Lazzarini.....

**Dirigente U.O. Aria  
Dipartimento di Como**

Dr. Marco Biscioni

**Direttore Dipartimento Provinciale  
Como**

Dr. Giuliano Inversini

## Premessa

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura condotta tra il 24 aprile e il 27 maggio 2003 nel comune di Monguzzo. La campagna è stata richiesta dal Comune, al fine di valutare il livello di inquinamento atmosferico per quanto riguarda le polveri sul territorio comunale.

---

## Campagna di Misura Inquinamento Atmosferico COMUNE DI MONGUZZO

Introduzione	
<b>Strumentazione</b> .....	pag. 4
<b>Principali Inquinanti atmosferici</b> .....	pag. 4
<b>Normativa</b> .....	pag. 4
Campagna di Misura	
<b>Sito di Misura</b> .....	pag. 5
<b>Principali Sorgenti Emissive</b> .....	pag. 7
<b>Situazione Meteorologica nel periodo di misura</b> .....	pag. 11
<b>Analisi delle concentrazioni di PM10 e PM2,5</b> .....	pag. 13
<b>Analisi mediante Spettrometria X</b> .....	pag. 18
<b>Analisi mediante Microscopio Elettronico a Scansione</b> .....	pag. 23
<b>Conclusioni</b> .....	pag. 31
<b><i>Allegato Dati</i></b>	

## Introduzione

### Strumentazione

Per la campagna di misura, condotta dall'ARPA Dipartimento Provinciale di Como, sono stati utilizzati campionatori sequenziali per polveri, con i quali è stato possibile rilevare le concentrazioni di PM10 e PM2,5.

La strumentazione utilizzata deve rispondere a determinate caratteristiche previste dalla legislazione nazionale (DPR 203/88 e nel DPCM del 28/3/83 e succ. agg.). Anche per le altezze dei prelievi sono fornite indicazioni nazionali e regionali.

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

### Principali inquinanti atmosferici regolati da normativa vigente

Inquinanti	Principali sorgenti
Polveri Totali Sospese* PTS	Particelle solide o liquide aerodisperse di origine sia naturale (erosione dal suolo, ecc.) che antropica (processi di combustione)
Particolato Fine**/** PM10	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione

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

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

### Normativa

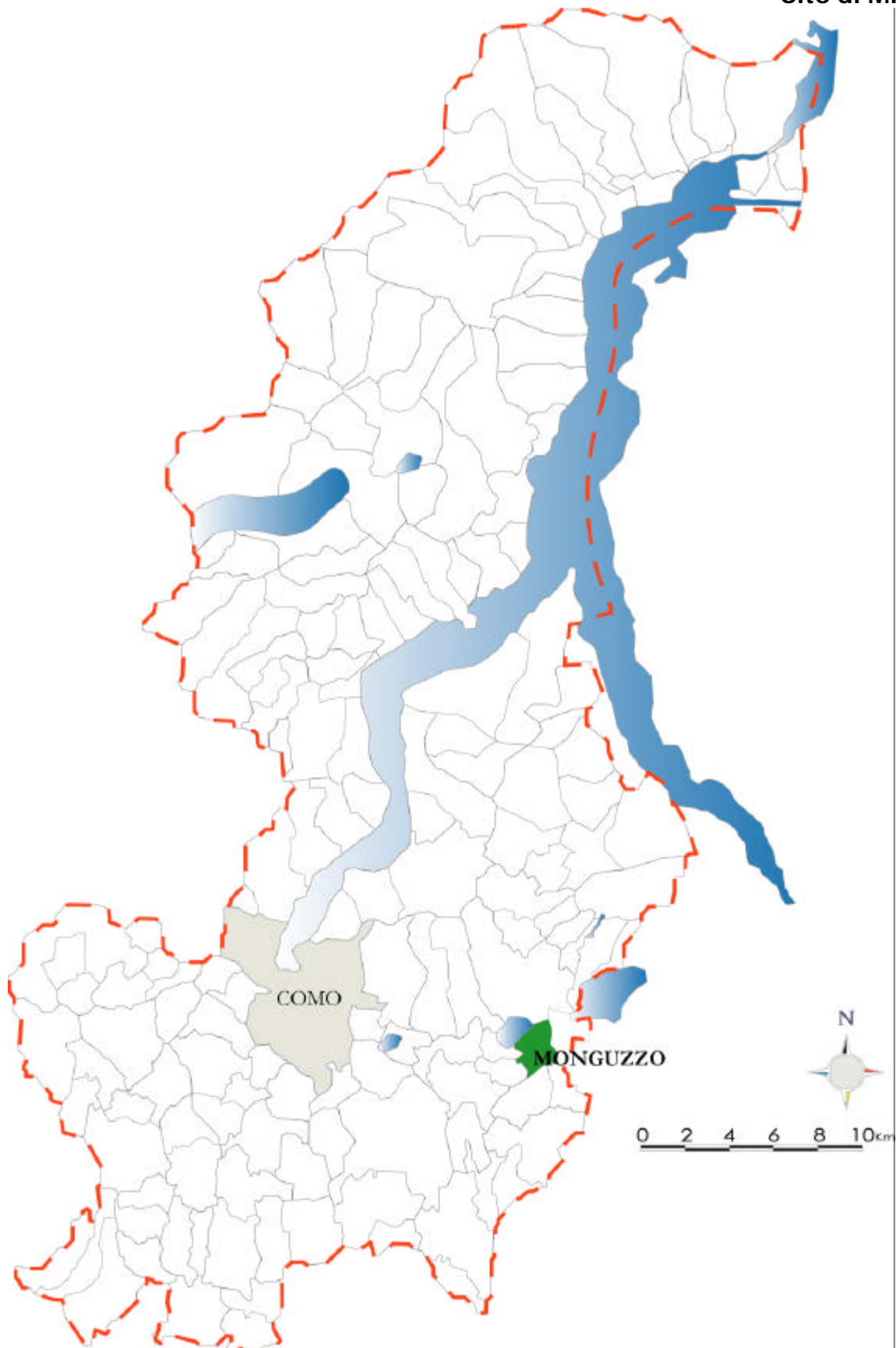
Soltanto per il PM10 la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. Per quanto riguarda i limiti a lungo termine viene fatto riferimento ai valori limite di protezione della salute umana (D.M. 2/4/02) allo scopo di prevenire esposizioni croniche. Per gestire episodi d'inquinamento acuto vengono invece utilizzate le soglie di attenzione e allarme definite a livello locale (D.G.R. 28/10/02).

Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2003.

Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo (1 g/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile) <b>50</b> (+10)	24 h	D.M. 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana <b>40</b> (+3,2)	Anno civile	D.M. 2/4/02
	Soglia di attenzione <b>50</b>	24 h	D.G.R. 29/07/03

# Campagna di Misura

Sito di Misura




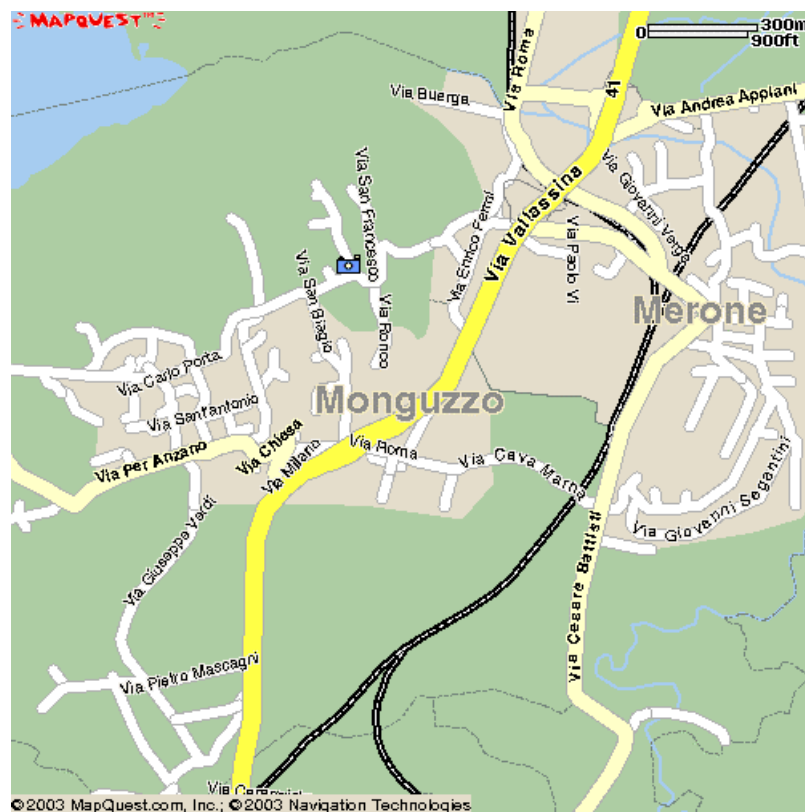
**Periodo di Misura:** 24 aprile – 27 maggio 2003

**Sito di misura:** Comune di Monguzzo

Assi stradali principali: Strada Provinciale n. 41 "Valassina"

Monguzzo è un piccolo centro di circa 2000 abitanti situato in una zona collinare. I campionatori di polveri sono stati posizionati in Via Santuario, presso il Municipio. Si tratta di una zona a bassa densità abitativa e interessata da traffico veicolare esclusivamente locale e comunque molto limitato. Nelle immediate vicinanze, sul territorio del comune di Merone, si trova la Holcim s.p.a., importante ditta produttrice di cementi.

 Punto di posizionamento dei campionatori



## Principali sorgenti emissive

Per la stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Monguzzo è stato utilizzato l'inventario regionale, denominato INEMAR (Inventario Emissioni Aria). Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione 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

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

- Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)
- Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO<sub>2</sub>)
- Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)
- Protossido di Azoto (N<sub>2</sub>O)
- Polveri Totali Sospese (PTS) o polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM10)

I dati sono stati elaborati al fine di definire i contributi delle singole sorgenti all'inquinamento atmosferico. Per i principali inquinanti sono state valutate le loro principali fonti emissive all'interno del Comune di Monguzzo.

Le emissioni di **biossido di zolfo** derivano per la maggior parte dai processi legati alla combustione industriale e a quella non industriale dovuta per lo più agli impianti di riscaldamento civile. Monguzzo contribuisce allo 0,1 % delle emissioni annuali di SO<sub>2</sub> nella provincia di Como.

Le emissioni di **ossidi di azoto** nel Comune di Monguzzo influiscono in misura dello 0,2 % sul totale provinciale. Più della metà delle emissioni di ossidi azoto sono riconducibili alle autovetture e soprattutto ai mezzi pesanti e risultano essere in termini assoluti pari a 13 t/anno.

Il **monossido di carbonio** è un inquinante la cui origine è da ricondursi quasi esclusivamente al trasporto su strada. È stata stimata una cifra pari a circa 155 t/anno, per circa il 60 % attribuita al traffico autoveicolare; significativo anche un 28% attribuito ad incendi.

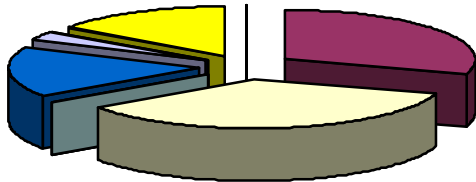
Per quanto riguarda il **particolato fine (PM10)** le principali sorgenti all'interno del Comune di Monguzzo si ritrovano ancora una volta nel trasporto su strada (1,4 t/anno) ed in misura minore nei processi di combustione non industriale.

Infine le emissioni di **composti organici volatili (COV)** sono attribuite alle attività che fanno uso di solventi (39%) e al trasporto su strada (38%); la loro stima annua risulta pari a 63 t/anno.

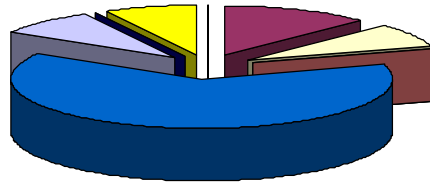
Si riportano in grafici (valori percentuali) e tabelle (valori assoluti) le stime relative ai principali inquinanti emessi dai diversi tipi di sorgente all'interno del Comune di Monguzzo. Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera Provincia di Como.

Si fa presente inoltre che l'inventario storico utilizzato si basa su dati riferiti al 1997.

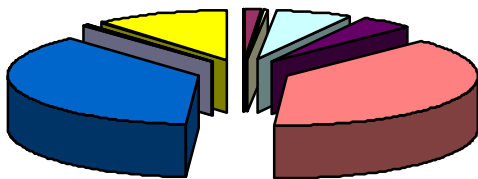
Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)



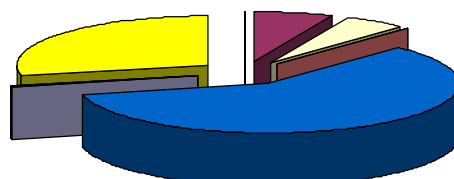
Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)



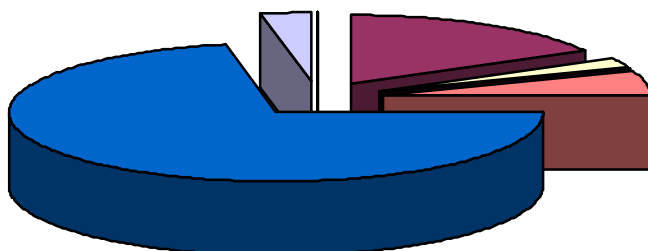
Composti Organici Volatili (COV)



Monossido di carbonio (CO)



PM10



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

## Comune di Monguzzo

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NO <sub>x</sub> t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Combustione non industriale	0.7	2.5	1.0	10.1	0.3
Combustione nell'industria	0.8	1.5	0.1	8.5	0.0
Processi produttivi	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0
Estrazione e distribuzione combustibili	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0
Uso di solventi	0.0	0.0	24.4	0.0	0.1
Trasporto su strada	0.4	12.5	23.7	91.8	1.4
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.1	1.7	0.2	0.5	0.1
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agricoltura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Altre sorgenti e assorbimenti	0.3	1.5	7.2	44.0	0.0

## Provincia di Como

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO <sub>2</sub> t/anno	NO <sub>x</sub> t/anno	COV t/anno	CO t/anno	PM10 t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	118	204			1
Combustione non industriale	357	880	881	10172	285
Combustione nell'industria	1056	3785	104	2281	79
Processi produttivi	2	3	1243	26	12
Estrazione e distribuzione combustibili			535		
Uso di solventi			17409		26
Trasporto su strada	163	5236	8374	37100	534
Altre sorgenti mobili e macchinari	20	241	32	73	19
Trattamento e smaltimento rifiuti	33	173	29	3	4
Agricoltura			2		
Altre sorgenti e assorbimenti	82	361	2835	10384	

## Situazione meteorologica nel periodo di misura

La campagna di Qualità dell'Aria è stata condotta tra il 24 aprile e il 27 maggio 2003.

Il periodo di misura è stato caratterizzato da una certa stabilità atmosferica nella prima parte e da instabilità nella seconda, con medie giornaliere della pressione comprese tra i 979 e i 992 mbar. La temperatura ha mostrato un trend crescente, con una media giornaliera minima di 15,5 °C fatta registrare il 30 aprile ed una massima di 23,9 °C l'8 maggio; la media relativa all'intero periodo è stata di 19 °C. L'umidità relativa ha fatto registrare un valore medio del 54 %, con oscillazioni tra il 26 e il 79 %. Il periodo della campagna di misura ha fatto registrare 14 giorni con precipitazioni: il totale sul periodo è stato di 82 mm, con un massimo giornaliero di 22 mm il 12 maggio. La media giornaliera della velocità del vento ha fatto registrare un massimo il 30 aprile (2,3 m/s), con una media sul periodo di 1,4 m/s.

Complessivamente nella prima parte del periodo una certa stabilità atmosferica ha favorito l'accumulo degli inquinanti e il verificarsi di alcuni giorni di superamento del livello di attenzione per il PM10, mentre nella seconda parte della campagna il tempo instabile, con fenomeni di bassa pressione e precipitazioni atmosferiche, ha favorito la dispersione degli inquinanti.

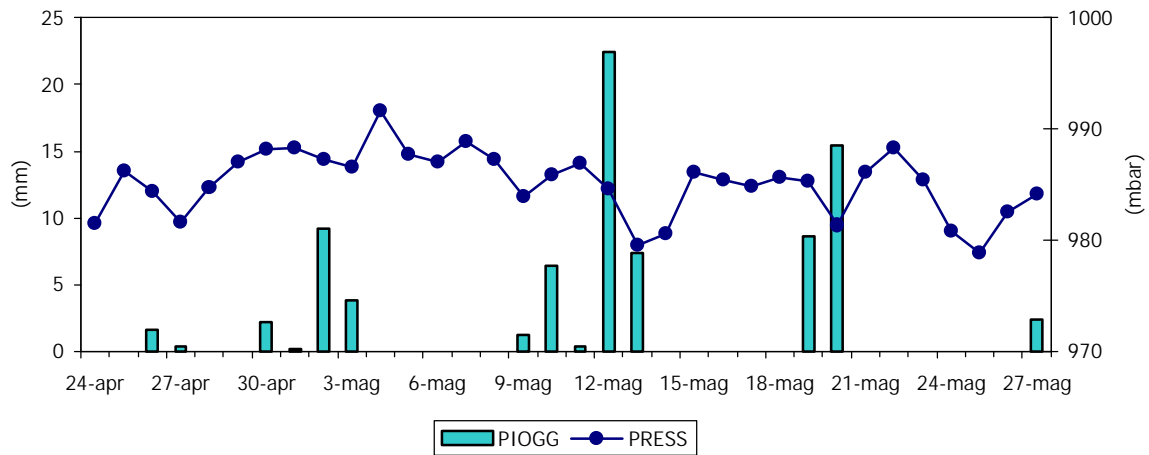
Relativamente ai principali parametri meteorologici rilevati nel periodo di misura dalla postazione fissa di Erba si riportano i seguenti grafici:

- Precipitazione (mm) e Pressione (mbar)
- Temperatura (°C) e [Radiazione Solare Media](#) (W/m<sup>2</sup>)
- [Velocità del Vento](#) (m/s) e Umidità Relativa (%)

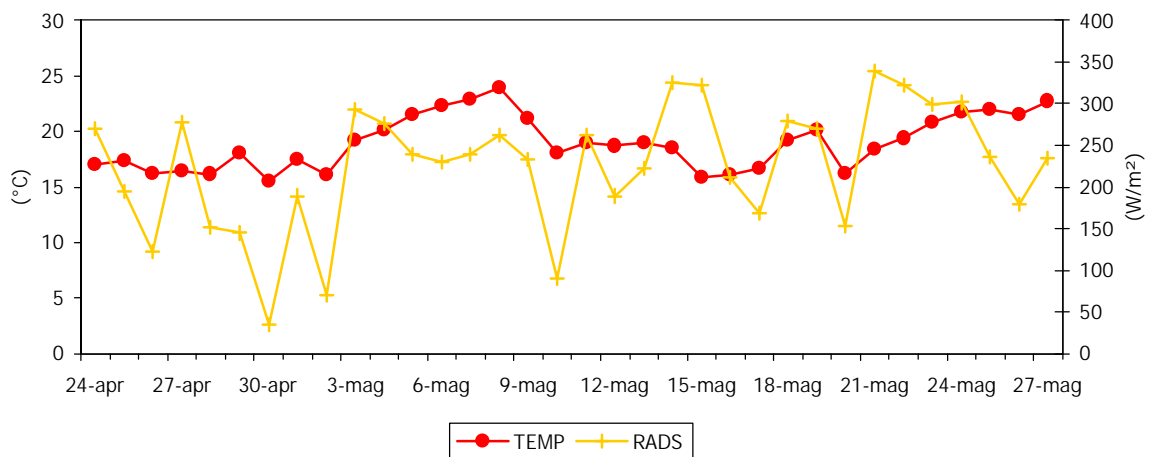
I dati relativi alla radiazione solare si riferiscono alla postazione meteo di [Como Villa Gallia](#), i dati relativi alle precipitazioni (fino al 7 maggio) e alla velocità del vento si riferiscono alla postazione meteo di [Mariano Comense](#).

Parametri meteo rilevati a Erba dal 24 aprile al 27 maggio 2003  
 (i dati di radiazione solare sono di Como Villa Gallia, i dati di velocità del vento di Mariano C.)

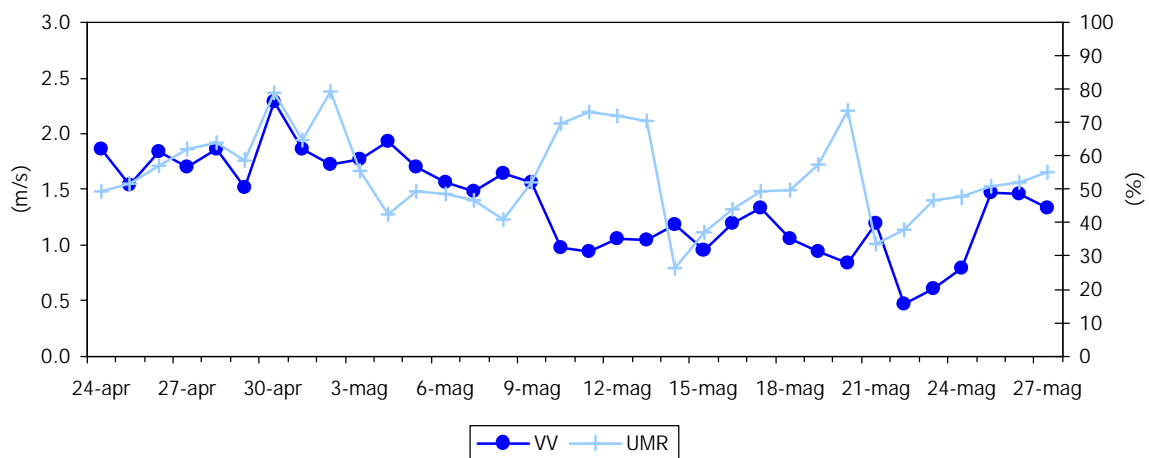
### Precipitazioni e Pressione



### Temperatura e Radiazione solare Media



### Velocità del Vento e Umidità Relativa



## Analisi delle concentrazioni di PM10 e PM2,5

Il **Particolato Fine (PM10)** è considerato uno dei "nuovi inquinanti". Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine sia naturale che antropica. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia. Durante la permanenza in atmosfera le particelle subiscono diverse trasformazioni che alterano le loro caratteristiche chimiche e morfologiche. Il Particolato Totale Sospeso è costituito da particelle con dimensioni differenti: si possono misurare particelle con diametro aerodinamico dell'ordine di alcune frazioni di micron fino a particelle con diametro attorno alle decine di micron. Le particelle ritenute dannose a livello sanitario sono quelle "fini" che presentano caratteristiche tali da penetrare nelle vie respiratorie. Per la valutazione della qualità dell'aria vengono così prese in considerazione particelle con diametro inferiore a 10 µm. Il **Particolato Ultrafine (PM2,5)** è una frazione del PM10, costituita dalle particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 µm, in grado di penetrare nelle vie respiratorie più profonde, gli alveoli polmonari.

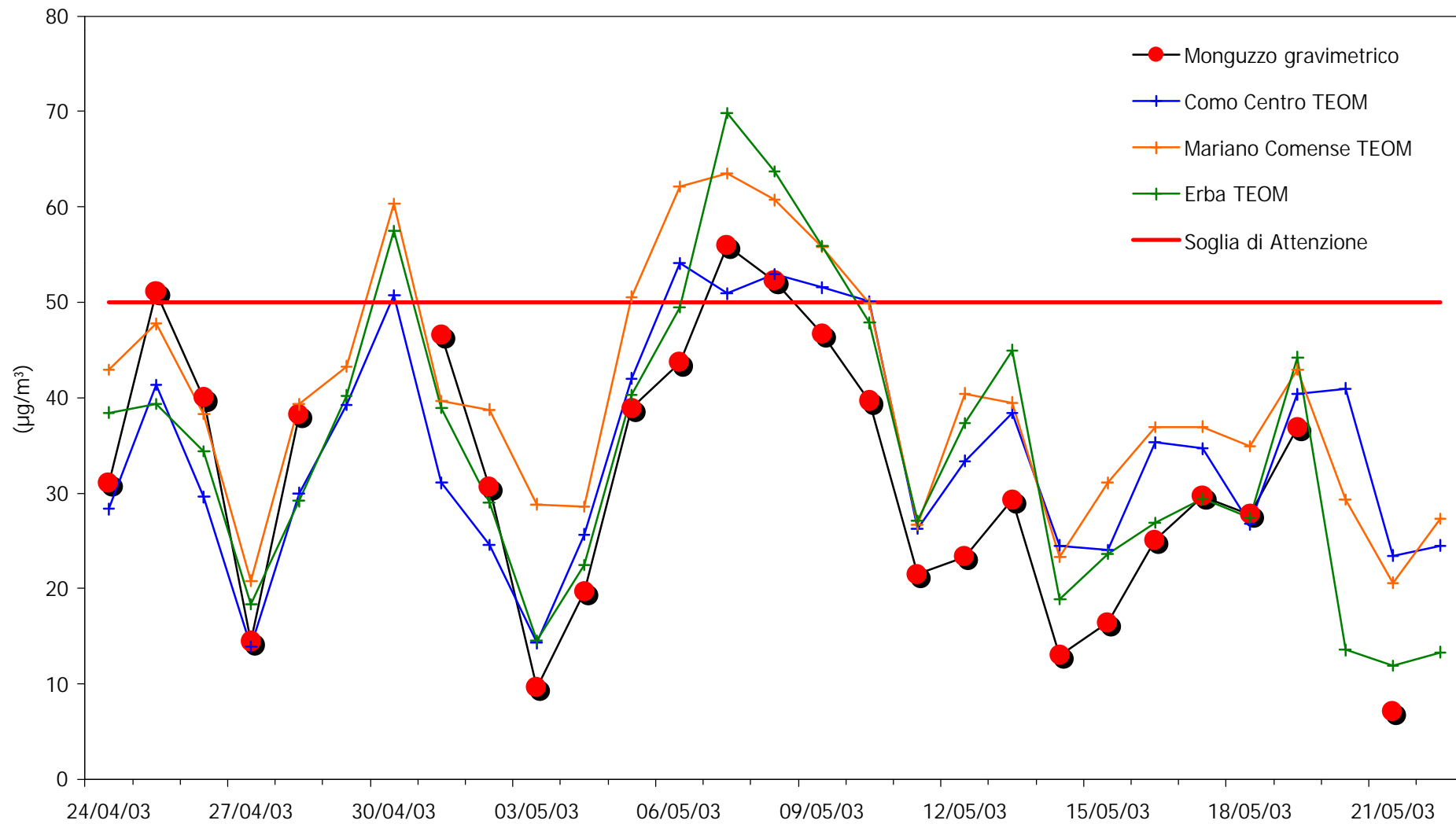
La misura di PM10 e PM2,5 nel Comune di Monguzzo è stata effettuata mediante campionatori gravimetrici: dopo un'aspirazione di 24 ore che fa depositare il particolato su apposite membrane filtranti, la concentrazione viene calcolata mediante pesate effettuate prima e dopo il campionamento. A differenza degli analizzatori automatici (TEOM), che sono installati nelle postazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria e che sono in grado di fornire misure in tempo reale e su scala oraria, i campionatori utilizzati per la campagna di misura permettono di ottenere solo dati su base giornaliera.

Mentre per il PM2,5 non sono ancora stati fissati limiti, la soglia di attenzione per il PM10 è fissata dalla D.G.R. VII/10863 a 50 µg/m<sup>3</sup> di concentrazione media giornaliera. Durante il periodo di misura si sono verificati alcuni superamenti dei limiti di legge: per 3 volte su 25 dati disponibili le concentrazioni di PM10 sono state superiori ai 50 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo è stato registrato il 7 maggio con 56 µg/m<sup>3</sup>.

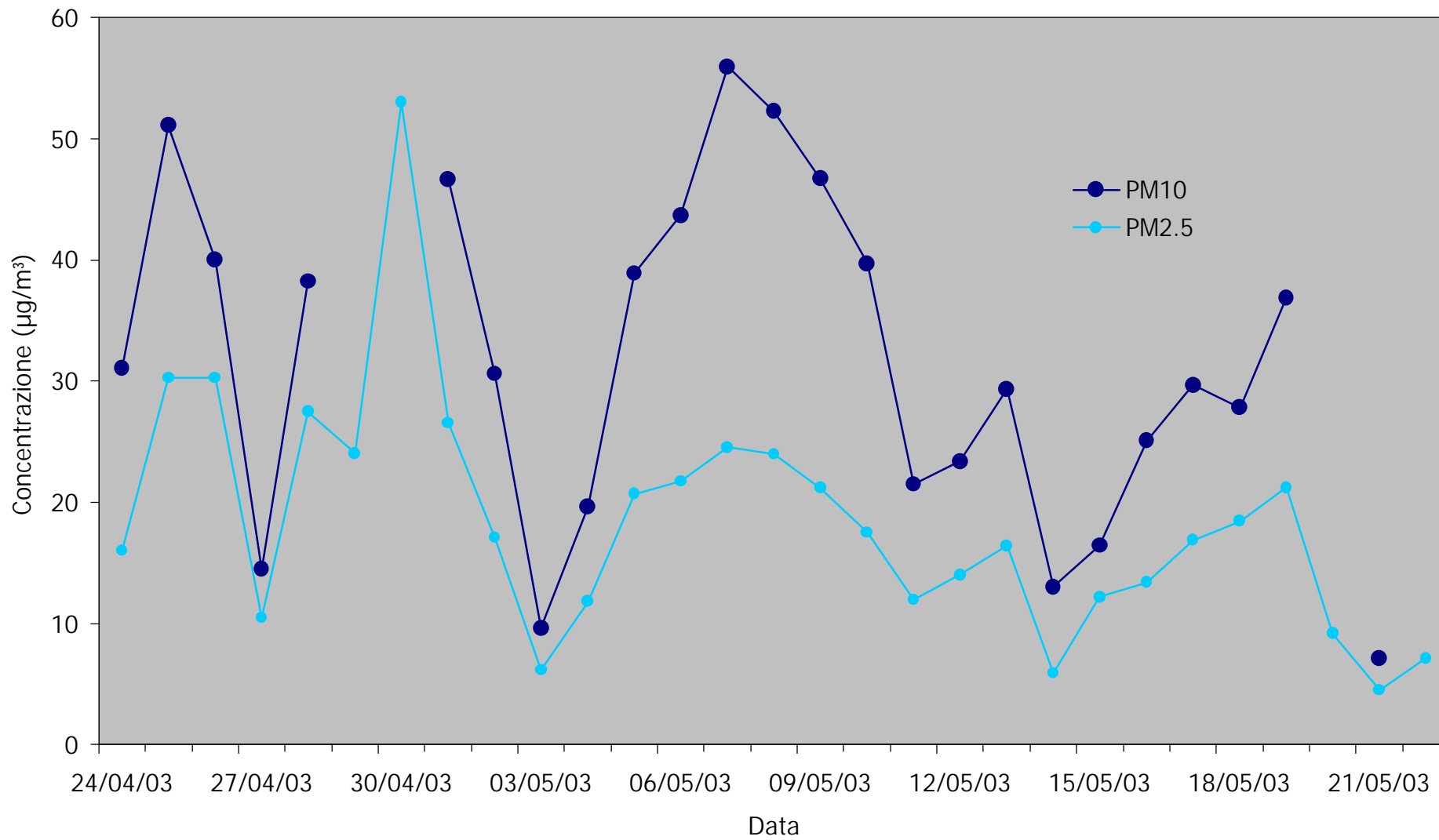
I dati rilevati nel comune di Monguzzo sono stati messi a confronto con quelli registrati nel medesimo periodo dalla strumentazione presente in alcune centraline di comuni appartenenti alla rete fissa della provincia di Como. I dati rilevati a Monguzzo mostrano un andamento delle concentrazioni giornaliere simile a quello rilevato negli altri siti, con una media sul periodo confrontabile con quella registrata a Como Centro e ad Erba; gli andamenti molto correlati mostrano come il PM10 sia meno influenzato da realtà locali e risulti caratteristico di tutta la provincia di Como.

Da un confronto delle concentrazioni di PM10 e PM2,5 è possibile ricavare il rapporto medio tra le due frazioni del particolato totale. Tale rapporto può variare a seconda del sito e della stagione, e quindi a seconda delle differenti sorgenti emissive primarie, oltre che alle diverse condizioni atmosferiche. Nel periodo primaverile il rapporto medio tra PM2,5 e PM10 a Monguzzo è stato pari al 58 %, con valori che sono variati tra il 44 ed il 76 %. Come confronto, nel mese di marzo 2003 il rapporto PM2,5/PM10 è stato pari al 55 % a Como ed al 60 % a Milano.

### Particolato fine (PM10) Medie giornaliere



### Confronto PM10-PM2,5 Medie giornaliere



Nelle Tabelle che seguono si riportano alcuni dati relativi alle caratteristiche del sito di campionamento e altri dati statistici riferiti al PM10 relativamente al periodo della campagna di misura:

- media delle concentrazioni medie giornaliere e rispettive deviazioni standard;
- valore massimo giornaliero;
- numero giorni in cui sono stati superati i livelli di attenzione

## Tabelle

	rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Decisione 2001/752/CE	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
<b>Monguzzo</b>	PUB	RURALE	FONDO	366	24.04.2003-27.05.2003
<b>Como Centro</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	201	Centralina Fissa
<b>Mariano Comense</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	252	Centralina Fissa
<b>Como Villa Gallia Meteo</b>	PUB	URBANA	METEO	201	Centralina Fissa
<b>Erba</b>	PUB	URBANA	FONDO	320	Centralina Fissa

**rete:** PUB = pubblica, PRIV = privata

**tipo zona Decisione 2001/752/CE:**

- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti
- **SUBURBANA:** periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale)
- **RURALE:** all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale
- **NON NOTA:** sconosciuta o altro

**tipo stazione Decisione 2001/752/CE:**

- **TRAFFICO:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL)
- **INDUSTRIALE:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria
- **FONDO:** misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale
- **NON NOTA:** sconosciuta o altro

**Particulate matter (PM10)**

	<b>% Rend.</b>	<b>Media (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Dev St.</b>	<b>Max Media 24 h (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nr. giorni superamento Liv. Attenzione</b>
<b>Monguzzo</b>	83	32	14	56	<b>3</b> 25/04; 7-8/05
<b>Como Centro</b>	100	35	11	54	<b>6</b> 30/04; 6-10/05
<b>Mariano Comense</b>	100	40	12	63	<b>7</b> 30/04; 5-10/05
<b>Erba</b>	100	35	15	70	<b>4</b> 30/04; 7-9/05

**Particulate matter ultrafine (PM2,5)**

	<b>% Rend.</b>	<b>Media (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Dev St.</b>	<b>Max Media 24 h (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	
<b>Monguzzo</b>	100	18	10	53	

## Analisi mediante Spettrometria X

Sui filtri di PM10 e PM2,5 campionati tra il 14 ed il 22 maggio sono state effettuate analisi mediante un analizzatore a Fluorescenza a Raggi X (XRF) che hanno permesso di valutare quantitativamente la composizione del particolato depositato su filtro per quanto riguarda le concentrazioni dei seguenti elementi: alluminio (Al), silicio (Si), zolfo (S), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br) e piombo (Pb). Le analisi sono state effettuate dal personale del Dipartimento di Mantova.

Nell'Allegato Dati sono riportate le tabelle delle concentrazioni assolute, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e di quelle relative (ottenute dividendo le prime per la concentrazione di PM10 e PM2,5), in ppm.

L'unico elemento normato tra quelli rilevati è il piombo, con un limite di  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la concentrazione media annuale (Decreto Legislativo n. 351 del 4 agosto 1999). Nel periodo di misura le concentrazioni di piombo non hanno praticamente mai superato  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un valore medio pari a  $0,079 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anche tenendo conto che nel periodo invernale le condizioni meteorologiche sono più favorevoli all'accumulo degli inquinanti, si stima improbabile il superamento del limite annuale per questo elemento.

Un indicatore importante per valutare l'origine, antropica o naturale, degli elementi presenti nel PM10 è costituito dai fattori di arricchimento. I fattori di arricchimento (FA) sono ottenuti come quoziente tra i rapporti della concentrazione in aria e nel suolo di ciascun elemento e di un elemento di riferimento (nel nostro caso il potassio, considerato di sola origine naturale):

$$FA = (C_{\text{aria,el}}/C_{\text{aria,rif}})/(C_{\text{suolo,el}}/C_{\text{suolo,rif}}).$$

Un FA maggiore dell'unità indica che per quell'elemento esiste una sorgente diversa dalla risospensione dal suolo dovuta alle turbolenze dell'aria, sia di origine naturale che antropica.

Tabella FA: PM10, Monguzzo 2003

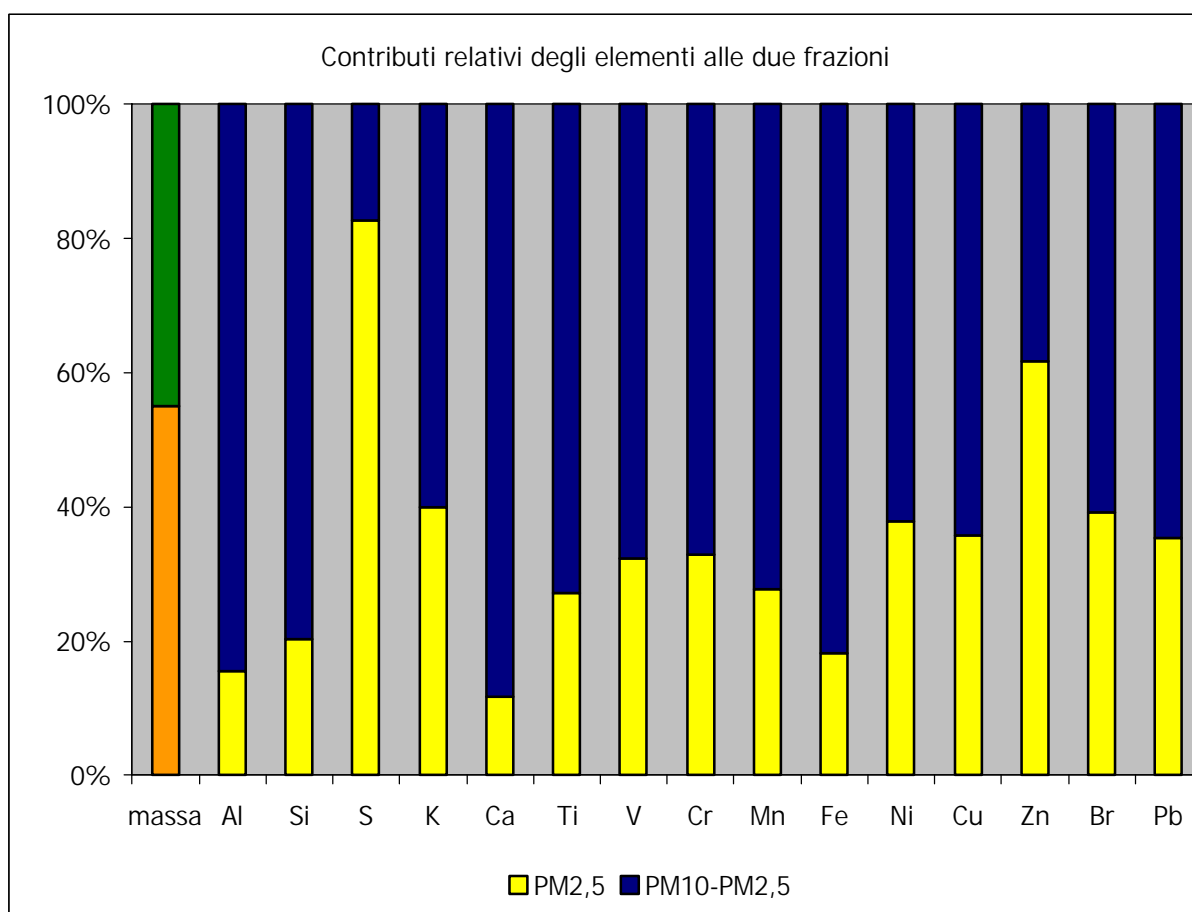
	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
FA	0,4	0,3	34	1	3	1	16	22	3	1	23	35	82	703	473

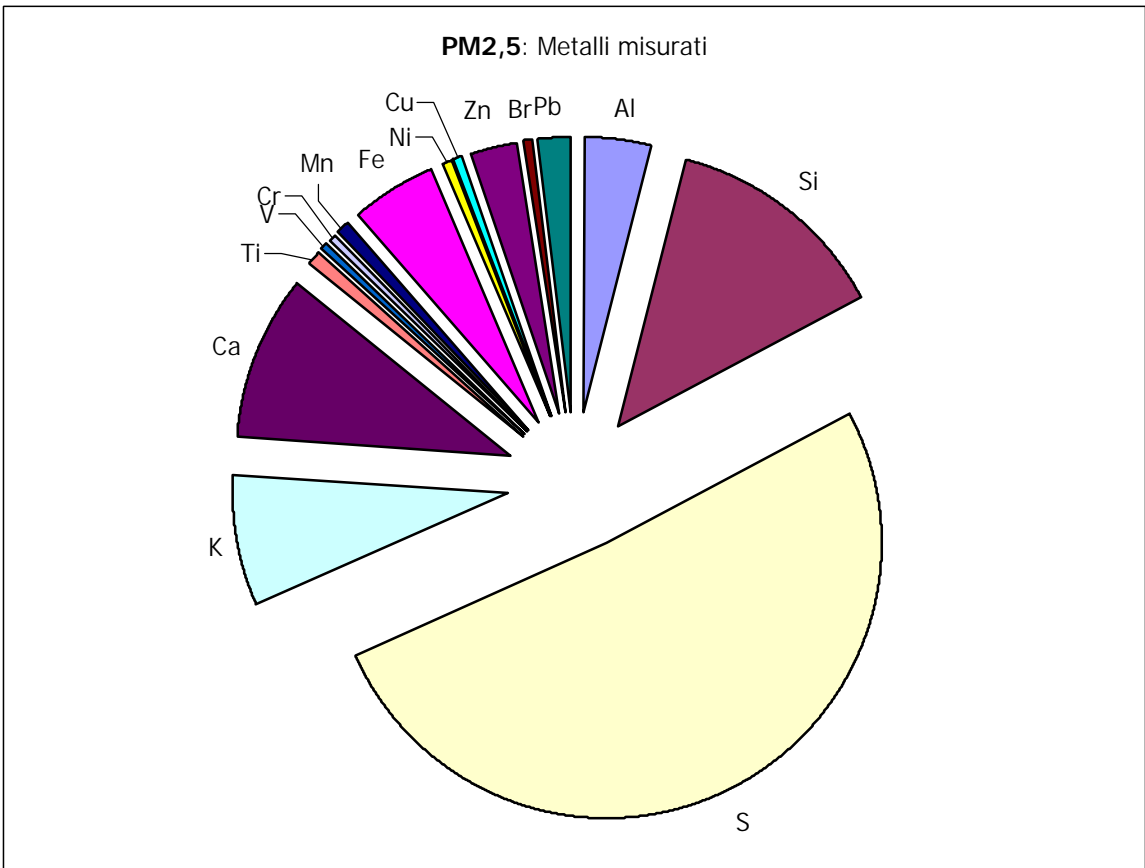
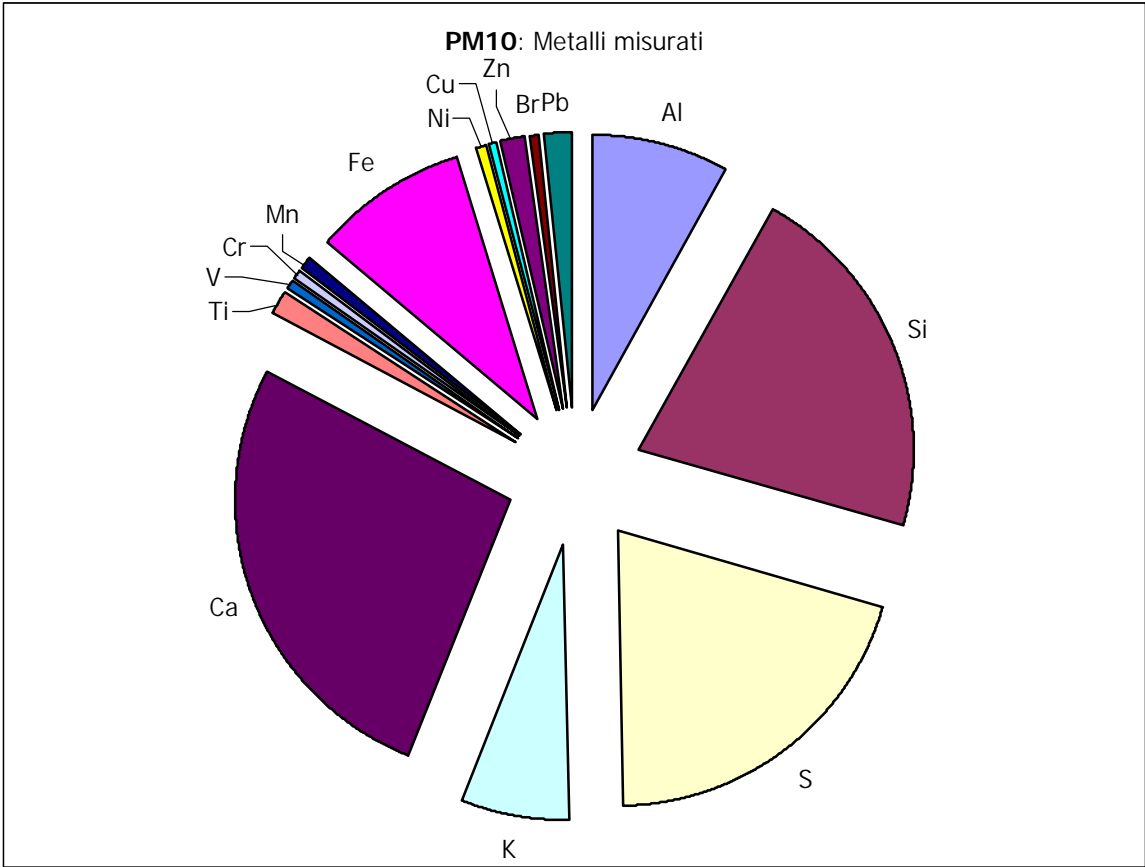
Dalla tabella è possibile evidenziare elementi di chiara origine terrigena, come alluminio, silicio, calcio, titanio e ferro con valori intorno all'unità. Valori di FA ben superiori all'unità si riscontrano invece per bromo, piombo, zinco, rame e zolfo, come aspettato dal momento che questi elementi sono emessi da diverse attività industriali e, per lo zolfo, dai motori diesel. Per alcuni elementi (vanadio, cromo e nichel) si riscontrano alti valori di FA, se confrontati con quelli rilevati a Como nel giugno del 2001 durante una campagna analoga; è doveroso però sottolineare che le concentrazioni misurate per questi elementi sono di poco superiori ai limiti di rilevanza strumentale, anche a causa dei bassi valori di PM10 nel periodo di campionamento. Anche le concentrazioni di piombo e bromo risultano con FA decisamente più alti rispetto a quelli misurati a Como nel 2001.

Tabella FA: PM10, Como 2001

	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
FA	0,3	0,4	89	1	4	1	4	8	2	2	5	74	97	198	210

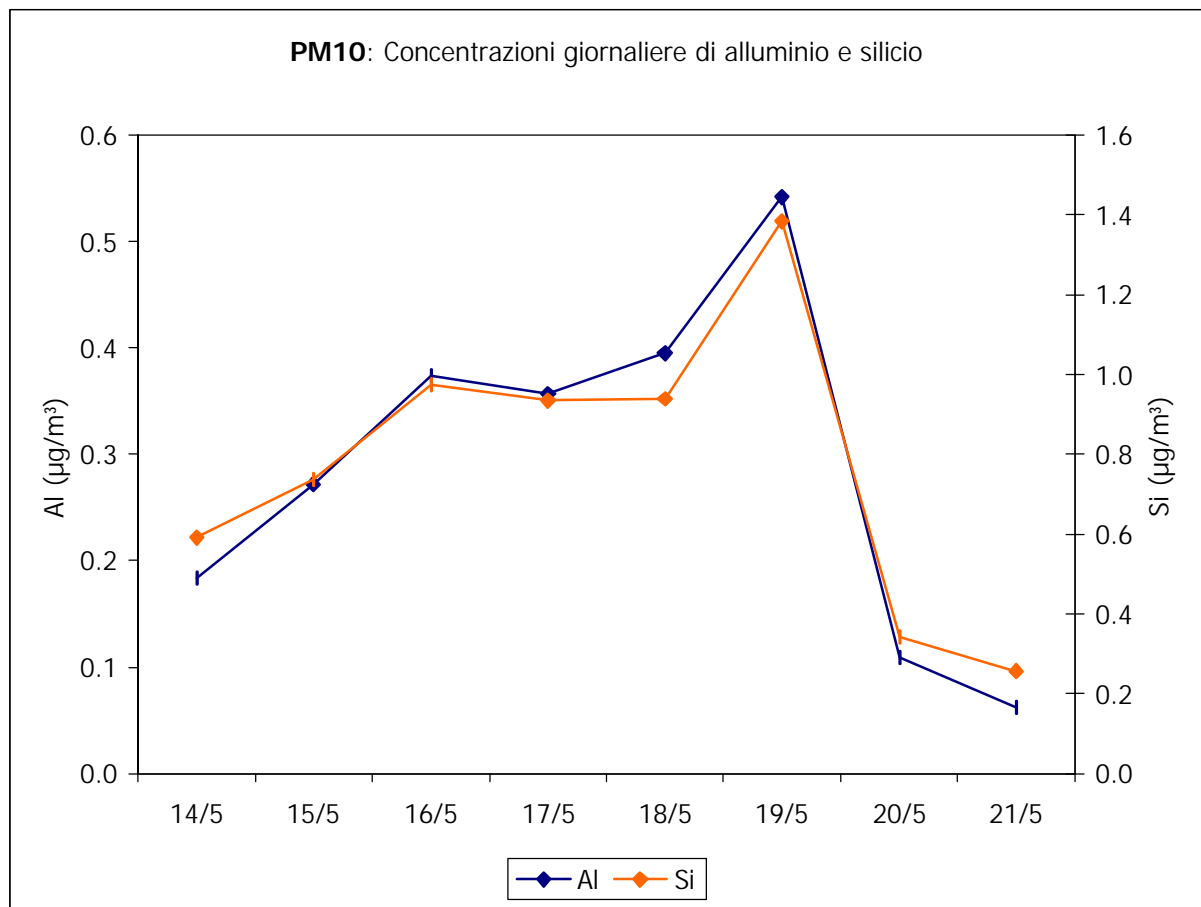
Nell'analisi effettuata a Monguzzo i metalli misurati secondo la tecnica di fluorescenza X costituiscono il 17% della massa totale del PM10 e il 10% della massa totale del PM2,5. Analizzando la composizione percentuale delle due frazioni del particolato risulta evidente come nel PM10 è presente maggiormente la componente degli elementi terrigeni (Al, Si, K, Ca, Fe), che costituisce quasi tre quarti dei metalli misurati, mentre nel PM2,5 essa è poco più di un terzo; ciò conferma che gli elementi di origine antropica sono associati alla frazione più fine del particolato atmosferico. Ciò è molto evidente analizzando il grafico dei contributi relativi di ciascun elemento alle due frazioni del particolato atmosferico. Gli elementi di chiara origine antropica, spesso associati a fenomeni di combustione, sono presenti nella frazione più fine: lo zolfo è per più dell'80% contenuto nel PM2,5, per lo zinco la percentuale è del 60%, per nichel, rame, bromo e piombo i valori sono attorno al 40%. Elementi di origine naturale come alluminio, silicio, calcio e ferro sono presenti nel PM2,5 solo in quantità inferiori al 20% rispetto ai valori relativi al PM10.

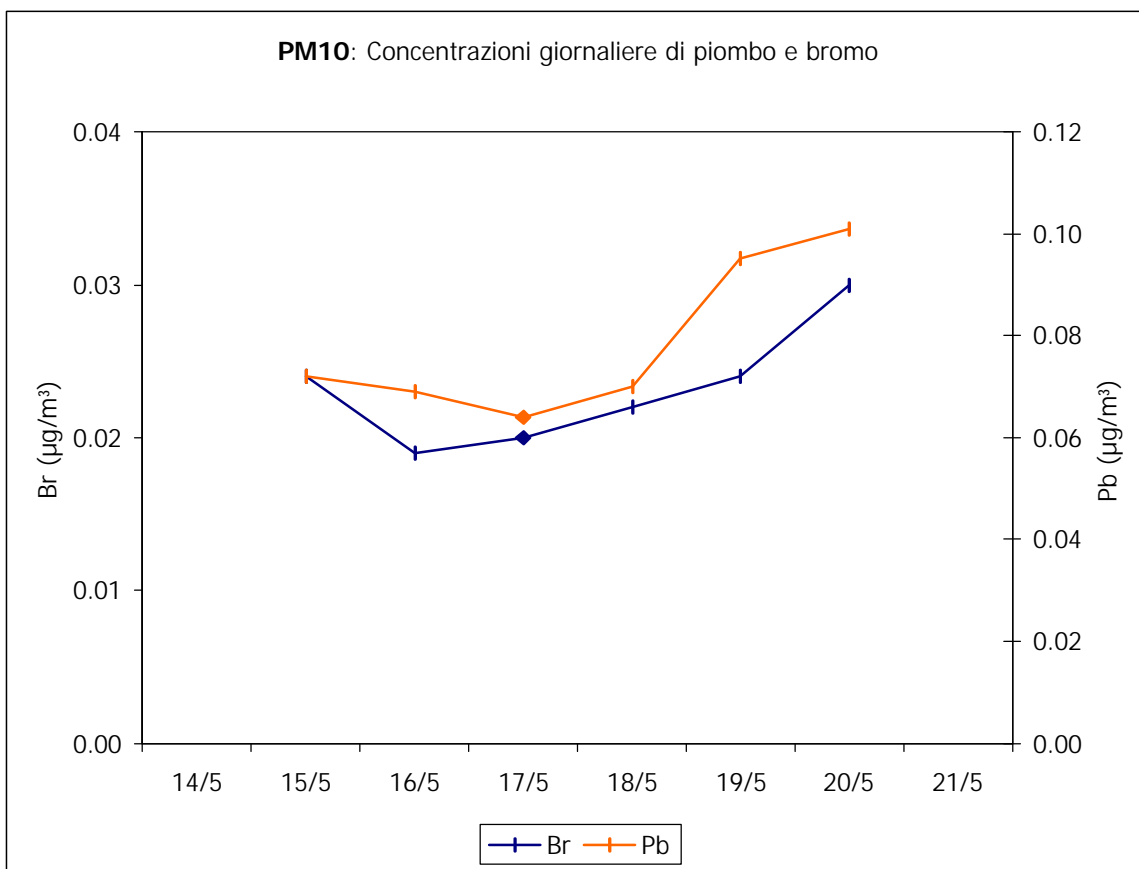
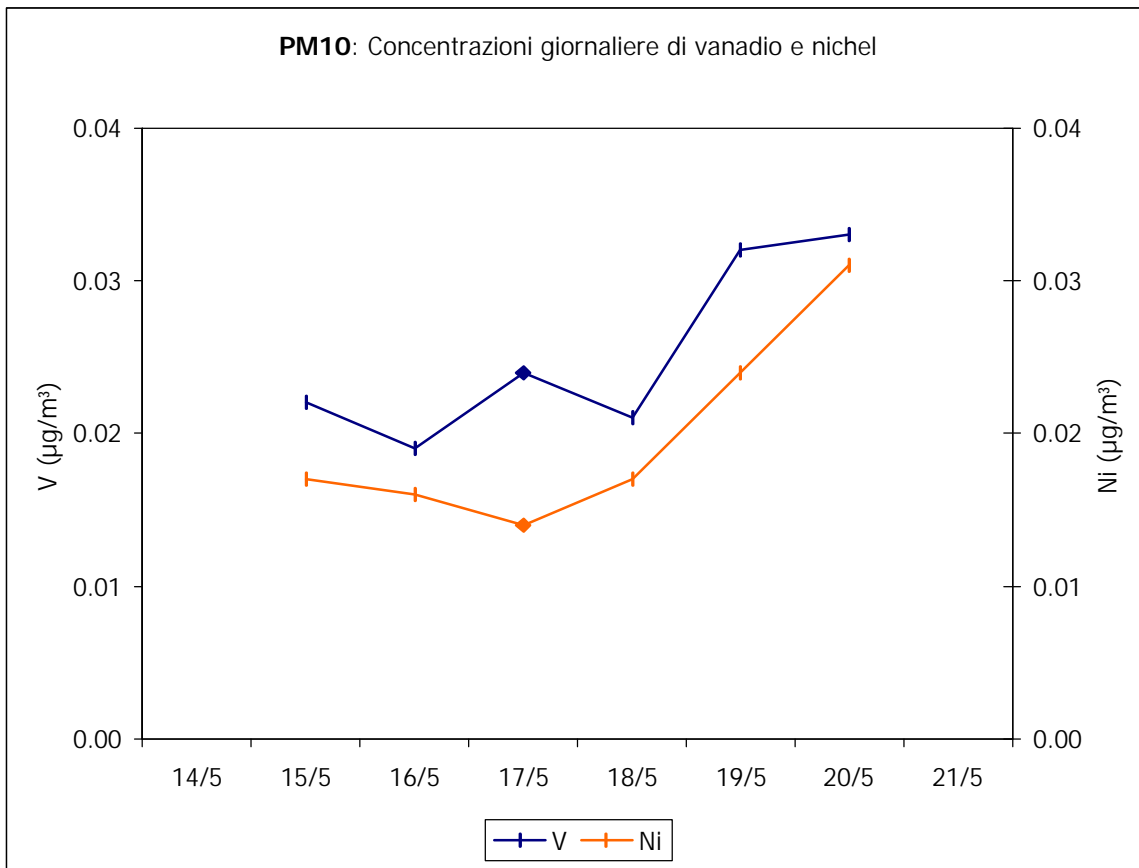




Nelle figure seguenti sono inseriti alcuni andamenti giornalieri per evidenziare la correlazione di alcuni elementi indicatori: alluminio e silicio per la componente terrigena, vanadio e nichel per la combustione di olio combustibile, piombo e bromo per emissioni di autoveicoli.

In conclusione le concentrazioni degli elementi misurati secondo la tecnica della fluorescenza X, considerando anche il fatto che le concentrazioni erano in certi casi dell'ordine di grandezza del limite di rilevabilità, mostrano valori non troppo discosti da quelli rilevati in analoghe campagne di misura effettuate nel corso degli ultimi anni, non evidenziando quindi criticità particolari legate alla situazione locale.





## Analisi mediante Microscopio Elettronico a Scansione

Su alcuni filtri campionati tra il 23 ed il 27 maggio sono state effettuate analisi mediante Microscopio Elettronico a Scansione (SEM), che hanno permesso di valutare qualitativamente la composizione del particolato depositato su filtro. Il microscopio elettronico utilizzato, in dotazione all'U. O. Laboratorio del dipartimento di Milano Città che ha effettuato le analisi, permette di osservare la morfologia del campione con ingrandimenti da 100x a 100000x e di determinarne la composizione elementale mediante spettrometria X.

Le figure seguenti sono state effettuate su un filtro campionato il 27 maggio.

Nella figura 1 è inserito un tipico campo del filtro a 40000x di ingrandimento con particelle submicroniche di origine naturale.

Nella figura 2 è rappresentata una particella a 70000x contenente calcio e zolfo di chiara origine naturale, come testimoniato dalla superficie molto irregolare.

La figura 3 mostra una particella di origine naturale che ha inglobato una particella più piccola contenente piombo e cloro di chiara origine antropica (traffico autoveicolare); è possibile vedere nella parte destra della figura, ottenuta mediante analisi con elettroni di backscattering, una porzione chiara generata da metalli con alto numero atomico (appunto il piombo), che con l'analisi mediante elettroni secondari, più adatti a studiare la morfologia delle particelle, non era evidente.

Le figure 4 e 5 mostrano particelle di ferro: la prima, di forma regolare e rotonda, è di origine antropica (combustione), la seconda invece, di forma irregolare, è di origine naturale.

La figura 6 mostra un'altra tipica particella di origine naturale, in particolare creata dall'erosione della crosta terrestre da parte degli agenti atmosferici, costituita da alluminio e silicio con tracce di calcio.

La figura 7 infine mostra un'altra particella di origine naturale: in questo caso si tratta di un polline.

In sintesi si può dire che la composizione qualitativa del particolato fine, come determinata mediante l'analisi al microscopio elettronico, presenta le caratteristiche tipiche di zone rurali a basso tasso di emissioni antropiche. Eventuali depositi di polvere, visibili ad occhio nudo, non si ritengono associate alla frazione respirabile del particolato, ma alla porzione più "grossolana" delle polveri totali che non riesce pertanto a penetrare nelle vie respiratorie più profonde.

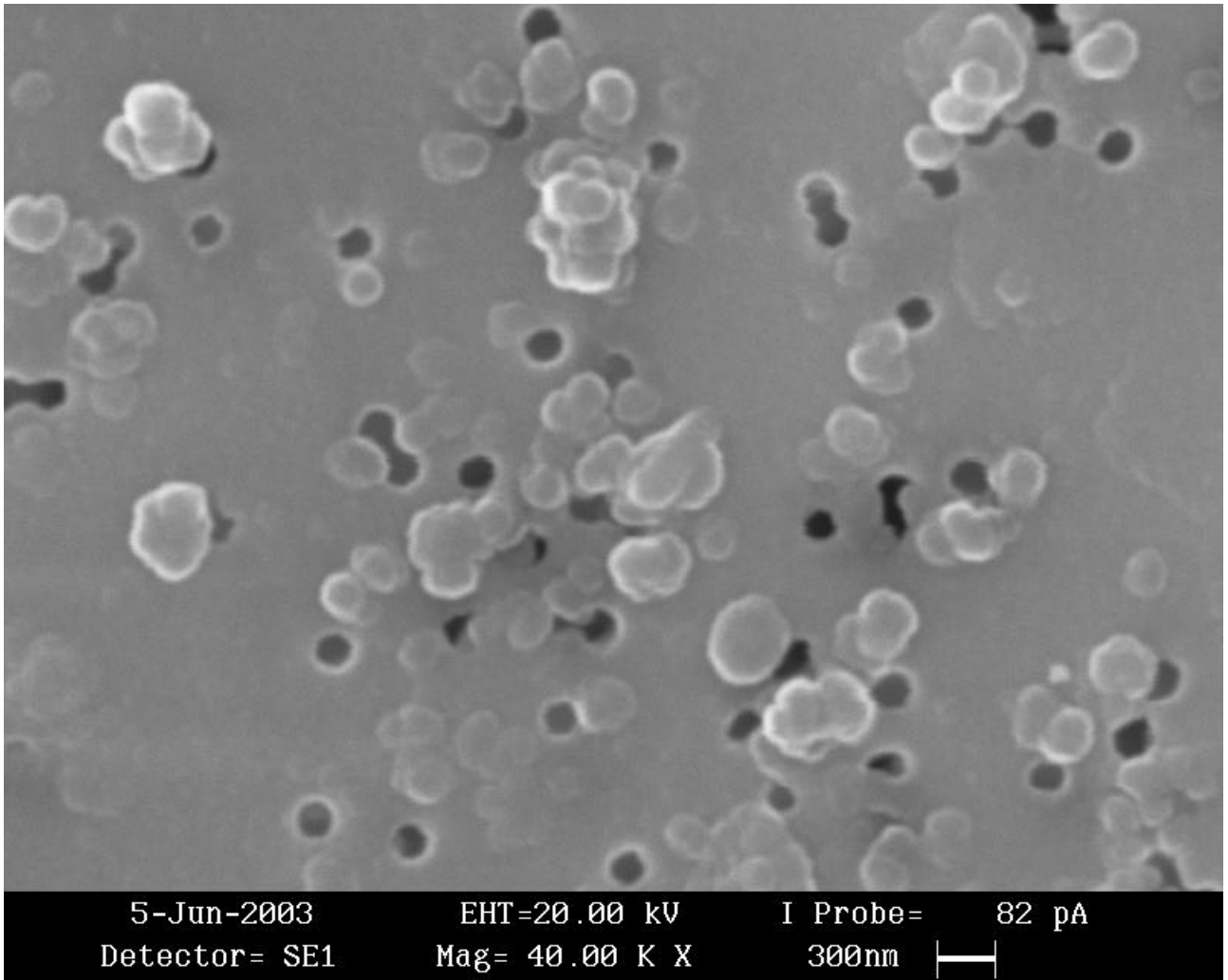
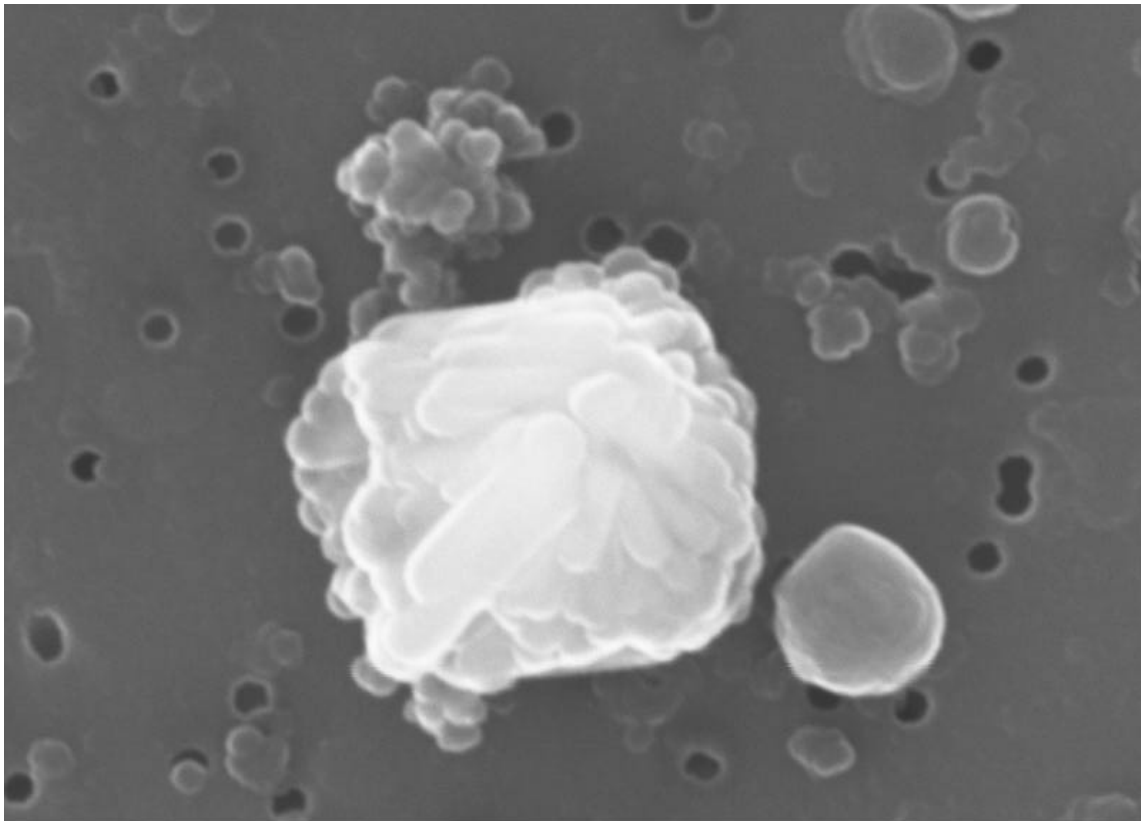


Figura 1



5-Jun-2003 EHT=20.00 kV I Probe= 70 pA  
Detector= SE1 Mag= 40.00 K X 300nm

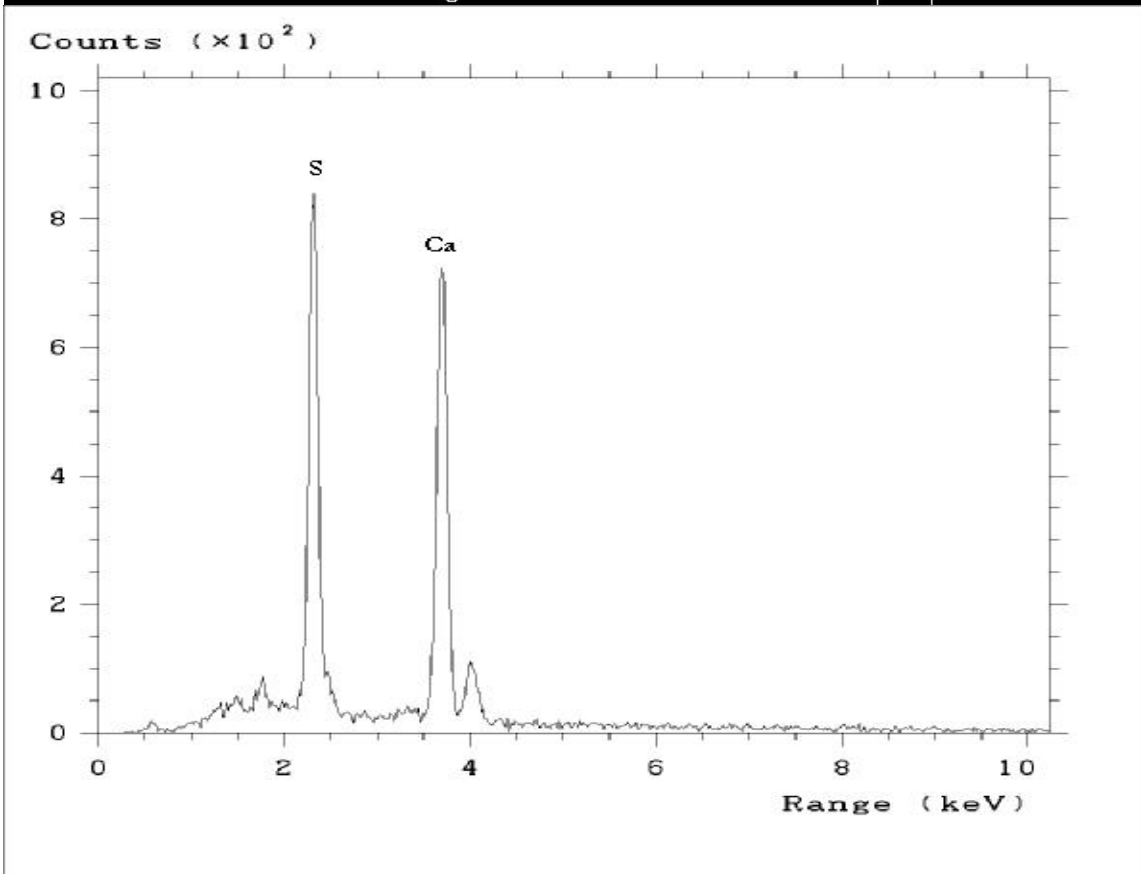


Figura 2

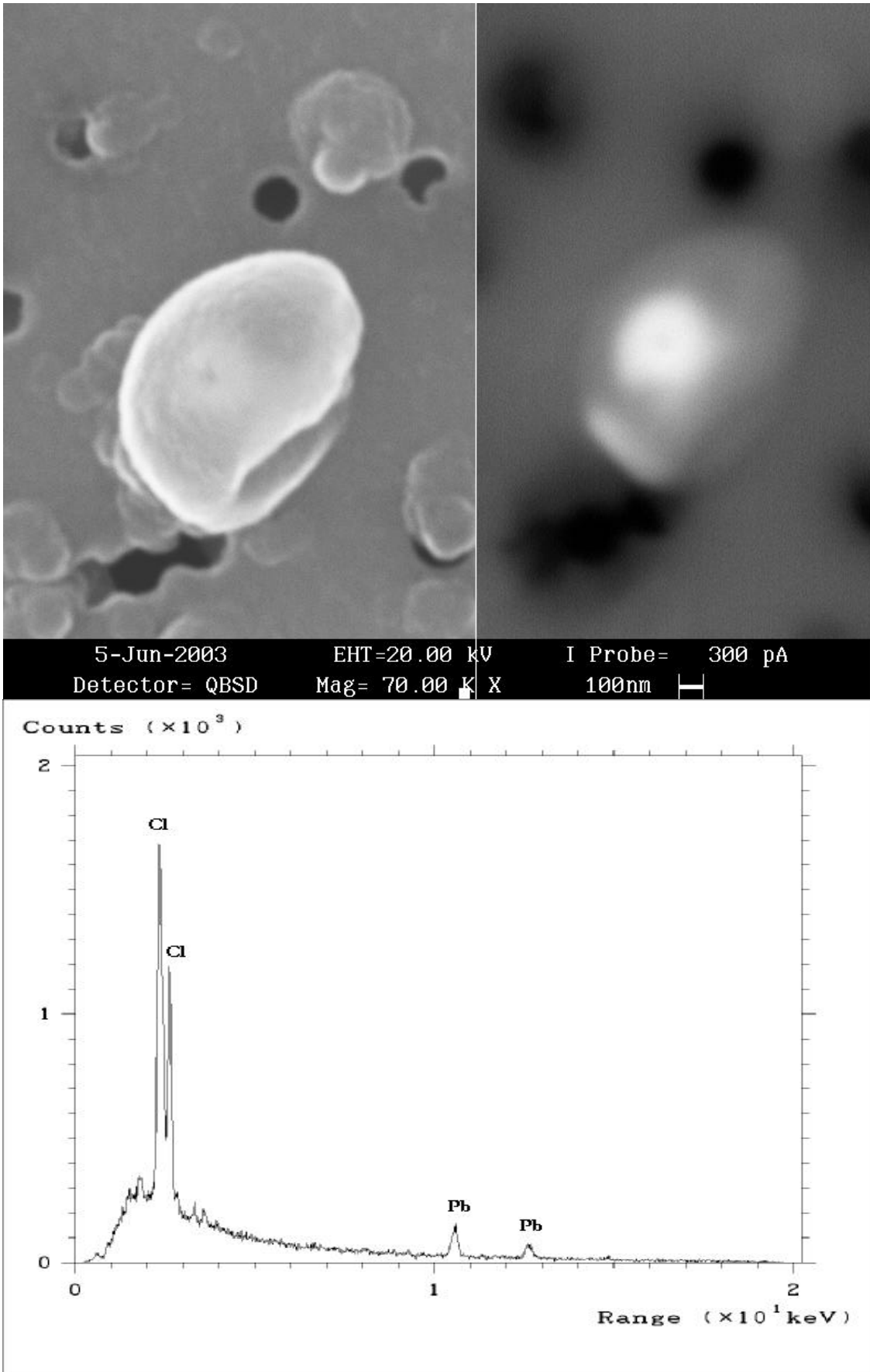


Figura 3

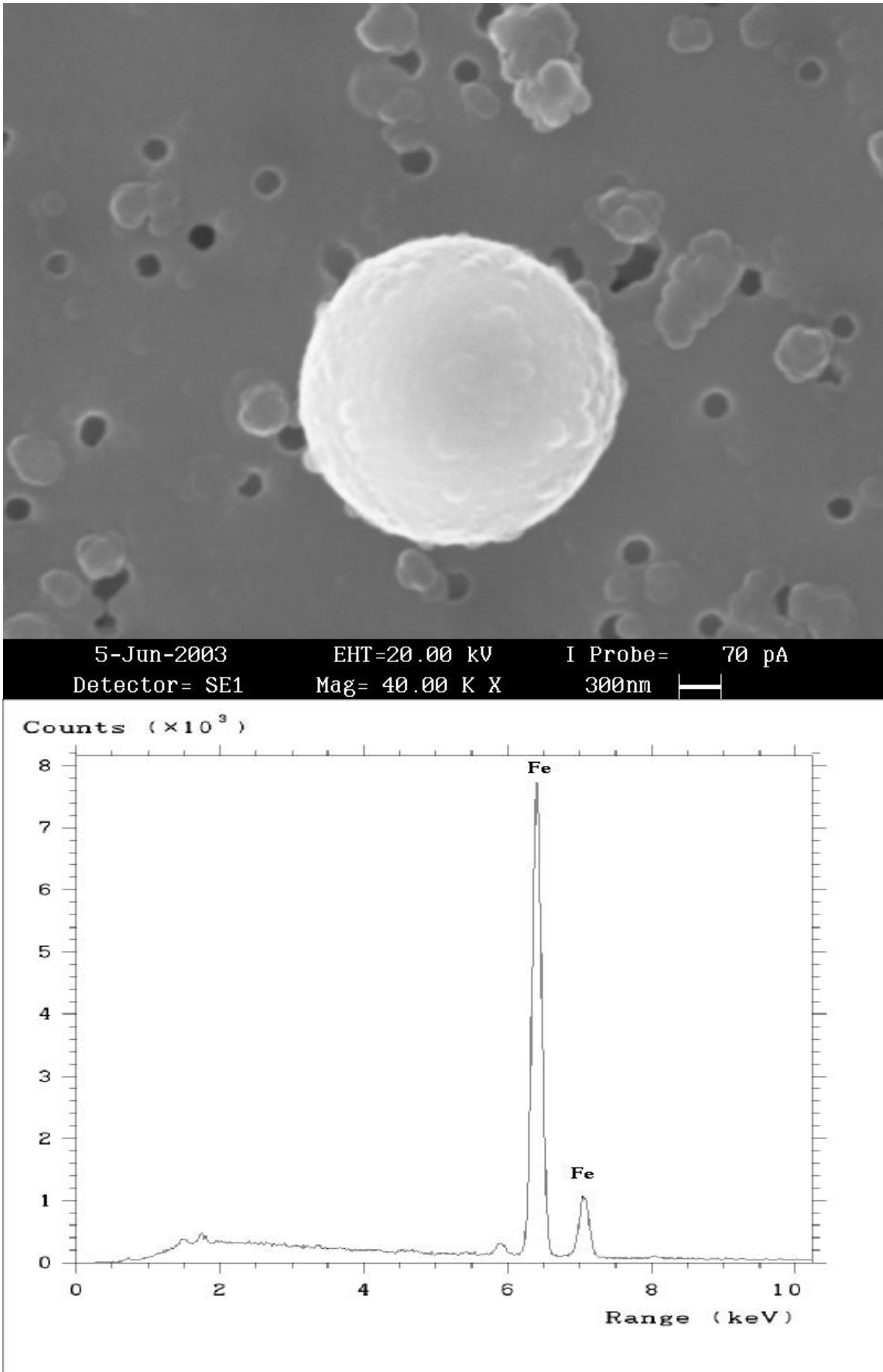
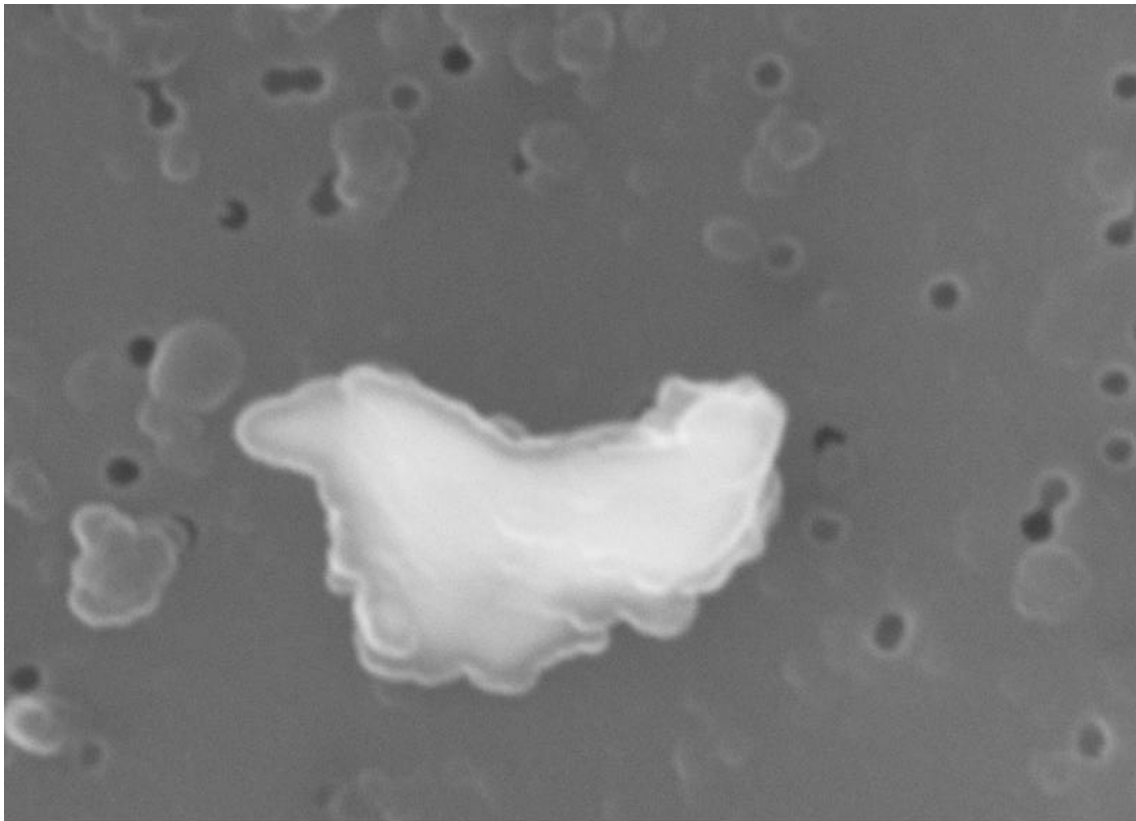


Figura 4



5-Jun-2003 EHT=20.00 kV I Probe= 70 pA  
Detector= SE1 Mag= 40.00 K X 300nm

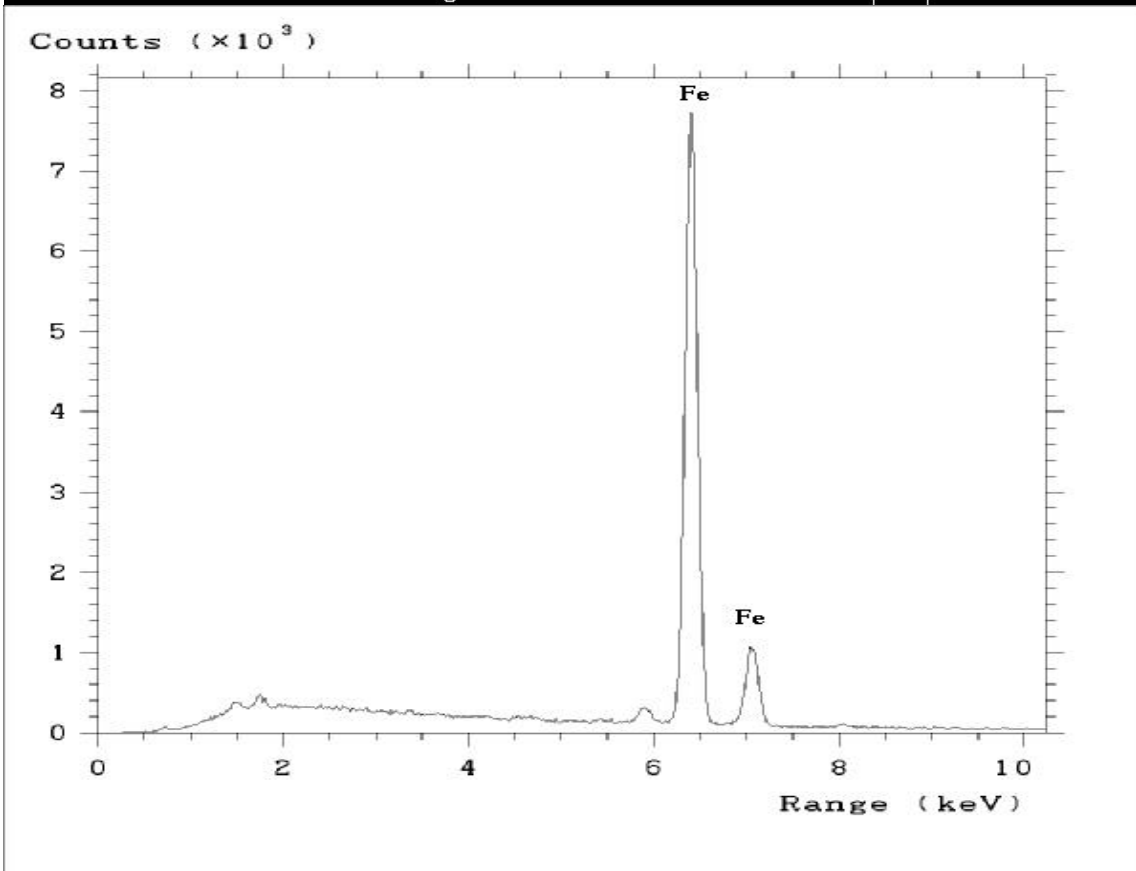


Figura 5

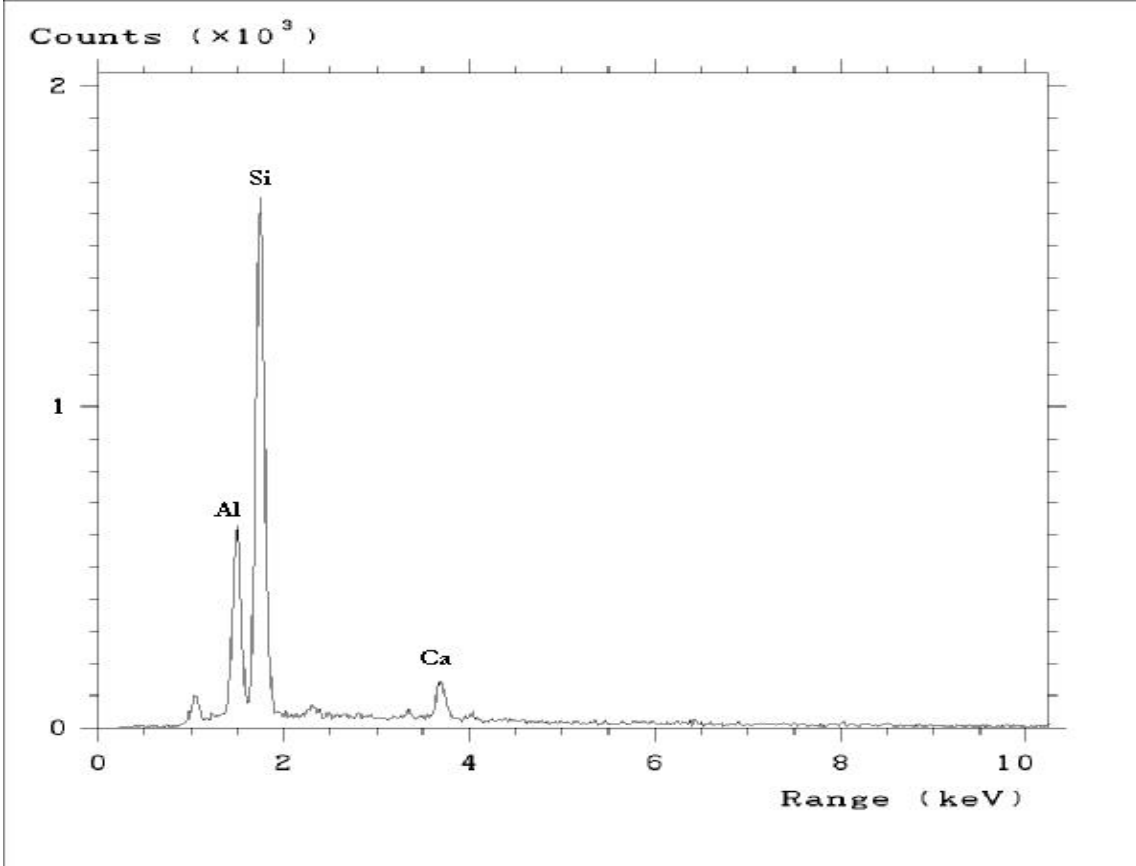
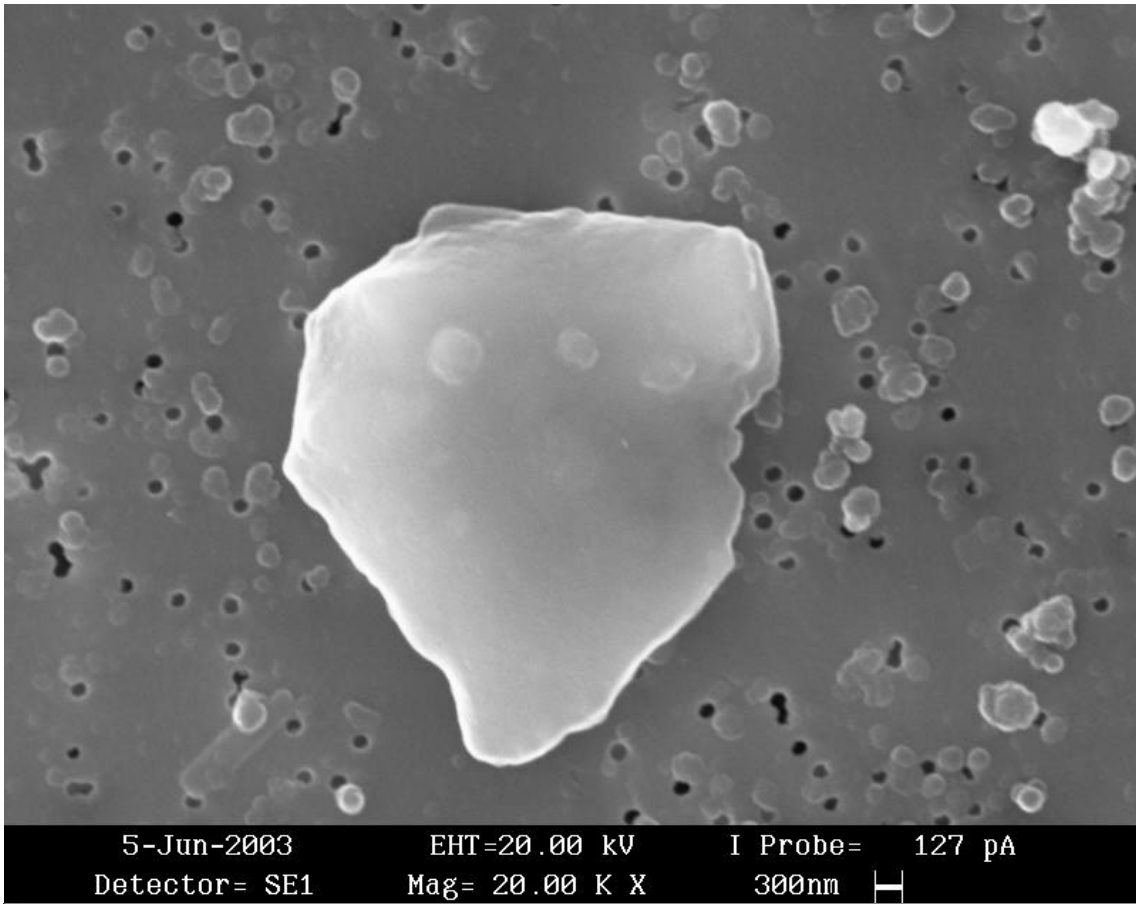


Figura 6

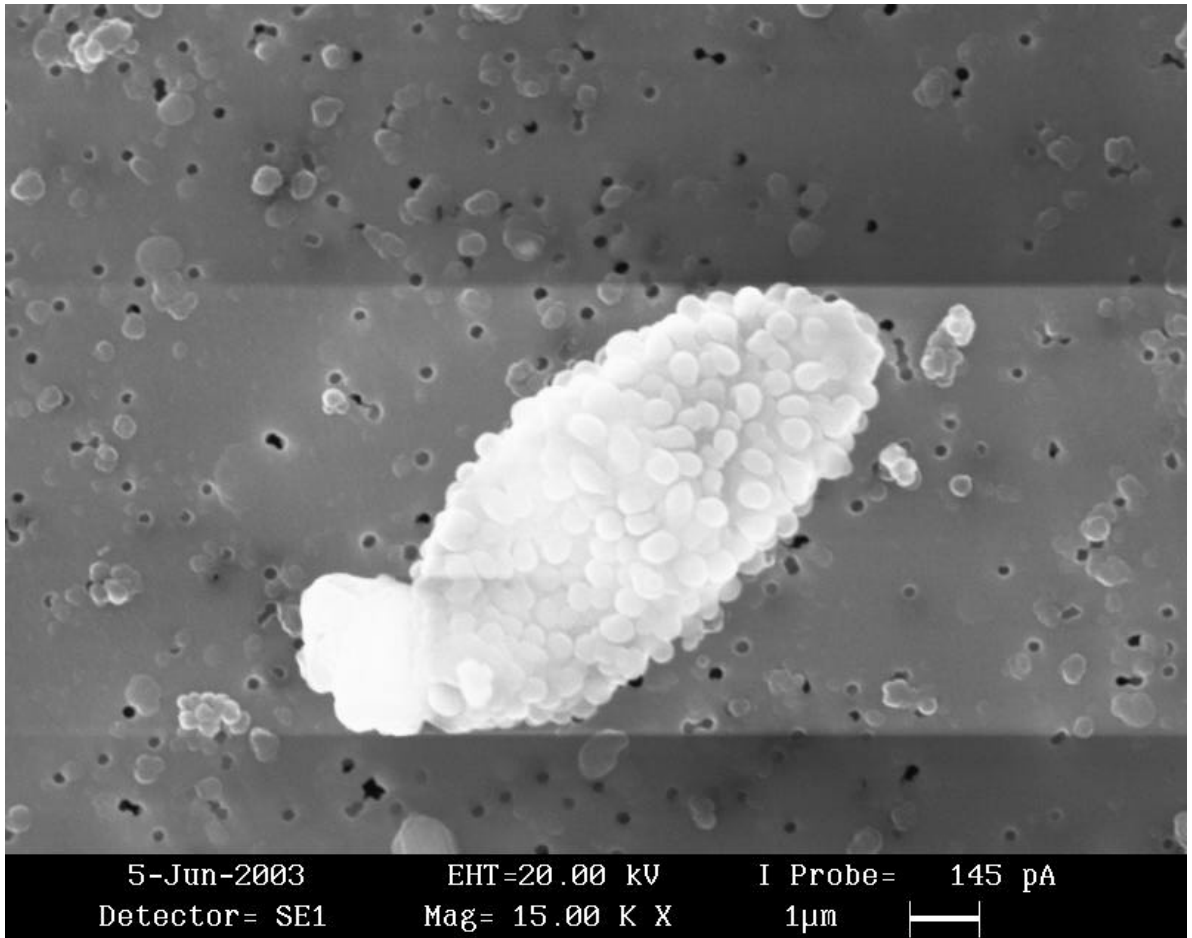


Figura 7

## Conclusioni

Durante i giorni della campagna di misura di Monguzzo per il **PM10** si sono verificati alcuni superamenti del limite di attenzione, analogamente a quanto avvenuto nelle altre centraline della provincia.

Per il **PM10** si sono riscontrati valori medi confrontabili a quelli della stazione di Como Centro ed Erba. Gli andamenti delle concentrazioni giornaliere mostrano un andamento correlato, a testimonianza del fatto che l'inquinamento da polveri fini interessa in maniera simile ed uniforme una vasta porzione del territorio comasco.

L'analisi dei campioni mediante spettrometria X e mediante l'utilizzo del microscopio elettronico ha permesso di determinare la composizione qualitativa e morfologica delle due frazioni del particolato. Degli elementi determinati soltanto per il **piombo** sono previsti dalla normativa vigente limiti sulle concentrazioni in atmosfera. Il limite previsto dal Decreto Legislativo n. 351 del 4 agosto 1999 prevede una valutazione su base annuale, ma le concentrazioni misurate nel periodo in esame e studi effettuati in analoghe campagne di misura non fanno prevedere superamenti di tale limite.

La campagna di rilevamento di qualità dell'aria effettuata tra il 24 aprile ed il 27 maggio 2003 sul territorio del comune di Monguzzo non ha evidenziato criticità particolari legate alla situazione locale per quanto riguarda il PM10 ed il PM2,5, sia per quanto riguarda la massa (per cui esistono specifici valori limite), sia per quanto riguarda la composizione elementare e morfologica del particolato (messa in relazione con altri siti).

## Allegato Dati

	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
24/04/03	31	16
25/04/03	51	30
26/04/03	40	30
27/04/03	14	10
28/04/03	38	27
29/04/03		24
30/04/03		53
01/05/03	47	27
02/05/03	31	17
03/05/03	10	6
04/05/03	20	12
05/05/03	39	21
06/05/03	44	22
07/05/03	56	25
08/05/03	52	24
09/05/03	47	21
10/05/03	40	18
11/05/03	21	12
12/05/03	23	14
13/05/03	29	16
14/05/03	13	6
15/05/03	16	12
16/05/03	25	13
17/05/03	30	17
18/05/03	28	18
19/05/03	37	21
20/05/03		9
21/05/03	7	4
22/05/03		7

*PM10: Concentrazioni assolute ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

Data	PM10	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
14/05/03	13	0.184	0.591	0.174	0.104	0.395	0.017	<0.010	<0.010	<0.010	0.161	<0.010	<0.010	0.032	<0.010	<0.030
15/05/03	16	0.272	0.737	0.337	0.247	1.038	0.049	0.022	0.023	0.032	0.343	0.017	0.019	0.050	0.024	0.072
16/05/03	25	0.374	0.974	0.810	0.272	1.504	0.050	0.019	0.022	0.035	0.421	0.016	0.021	0.068	0.019	0.069
17/05/03	30	0.357	0.935	1.114	0.298	1.239	0.050	0.024	0.022	0.035	0.429	0.014	0.022	0.071	0.020	0.064
18/05/03	28	0.395	0.939	1.318	0.271	0.828	0.051	0.021	0.021	0.031	0.391	0.017	0.020	0.048	0.022	0.070
19/05/03	37	0.542	1.384	1.801	0.359	1.665	0.083	0.032	0.029	0.041	0.602	0.024	0.032	0.072	0.024	0.095
20/05/03	16	0.109	0.342	0.131	0.211	0.607	0.052	0.033	0.031	0.038	0.208	0.031	0.026	0.041	0.030	0.101
21/05/03	7	0.062	0.257	0.102	0.074	0.346	0.012	<0.010	<0.010	<0.010	0.104	<0.010	<0.010	0.021	<0.010	<0.030

*PM10: Concentrazioni relative (mg/g)*

Data	PM10	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
14/05/03	13	14.149	45.446	13.380	7.997	30.374	1.307				12.380			2.461		
15/05/03	16	16.563	44.879	20.521	15.041	63.208	2.984	1.340	1.401	1.949	20.887	1.035	1.157	3.045	1.461	4.384
16/05/03	25	14.911	38.833	32.295	10.845	59.965	1.994	0.758	0.877	1.395	16.785	0.638	0.837	2.711	0.758	2.751
17/05/03	30	12.041	31.535	37.572	10.051	41.788	1.686	0.809	0.742	1.180	14.469	0.472	0.742	2.395	0.675	2.159
18/05/03	28	14.207	33.774	47.406	9.747	29.782	1.834	0.755	0.755	1.115	14.064	0.611	0.719	1.726	0.791	2.518
19/05/03	37	14.705	37.550	48.863	9.740	45.173	2.252	0.868	0.787	1.112	16.333	0.651	0.868	1.953	0.651	2.577
20/05/03	16	7.031	22.059	8.450	13.610	39.152	3.354	2.129	2.000	2.451	13.416	2.000	1.677	2.645	1.935	6.515
21/05/03	7	8.704	36.080	14.320	10.389	48.574	1.685				14.600			2.948		

*PM2,5: Concentrazioni assolute (µg/m³)*

Data	PM2.5	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
14/05/03	6	0.037	0.115	0.148	0.056	0.060	0.015	<0.010	<0.010	0.011	0.047	<0.010	<0.010	0.013	0.012	<0.030
15/05/03	12	0.056	0.183	0.290	0.098	0.166	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.077	<0.010	<0.010	0.032	<0.010	<0.030
16/05/03	13	0.059	0.184	0.772	0.073	0.158	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.075	<0.010	<0.010	0.031	<0.010	<0.030
17/05/03	17	0.052	0.161	1.095	0.107	0.117	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.071	<0.010	<0.010	0.036	<0.010	<0.030
18/05/03	18	0.057	0.167	1.278	0.108	0.077	0.011	<0.010	<0.010	<0.010	0.067	<0.010	<0.010	0.031	<0.010	<0.030
19/05/03	21	0.081	0.216	1.729	0.110	0.144	0.011	<0.010	<0.010	<0.010	0.088	<0.010	<0.010	0.036	<0.010	<0.030
20/05/03	9	0.025	0.096	0.316	0.067	0.082	0.018	<0.010	<0.010	<0.010	0.044	<0.010	0.011	0.022	<0.010	0.034
21/05/03	4	0.022	0.116	0.069	0.094	0.096	0.038	0.020	0.020	0.026	0.047	0.016	0.016	0.050	0.021	0.068
22/05/03	7	0.027	0.130	0.166	0.067	0.095	0.011	<0.010	<0.010	<0.010	0.045	<0.010	<0.010	0.027	<0.010	<0.030
23/05/03	9	0.027	0.195	0.122	0.135	0.116	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.042	<0.010	<0.010	0.033	<0.010	<0.030

*PM2,5: Concentrazioni relative (mg/g)*

Data	PM2.5	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
14/05/03	6	6.264	19.468	25.055	9.480	10.157	2.539			1.862	7.957			2.201	2.031	
15/05/03	12	4.596	15.020	23.802	8.044	13.625					6.345			2.626		
16/05/03	13	4.408	13.748	57.683	5.454	11.806					5.604			2.316		
17/05/03	17	3.080	9.535	64.850	6.337	6.929					4.205			2.132		
18/05/03	18	3.091	9.056	69.303	5.857	4.176	0.597				3.633			1.681		
19/05/03	21	3.823	10.195	81.606	5.192	6.797	0.519				4.153			1.699		
20/05/03	9	2.724	10.460	34.431	7.300	8.935	1.961				4.794		1.199	2.397		3.705
21/05/03	4	4.896	25.815	15.355	20.919	21.364	8.457	4.451	4.451	5.786	10.459	3.561	3.561	11.127	4.673	15.133
22/05/03	7	3.795	18.274	23.335	9.418	13.354	1.546				6.326			3.795		
23/05/03	9	3.006	21.710	13.583	15.030	12.915					4.676			3.674		