

## **Valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria del Termovalorizzatore di Como attraverso l'applicazione integrata di tecniche modellistiche di dispersione e di source apportionment**



**Mossetti. S., Monguzzi A., Nava E., Angelino E., Peroni E., Carella F., Cazzaniga M.T.**  
*ARPA Lombardia Dipartimento Provinciale di Como*

**Il Controllo degli agenti fisici: ambiente salute e qualità della vita**  
**Novara, 6 - 8 giugno 2012**

# Sviluppo del progetto

	Set09	Dic09	Mar10	Giu10	Set10	Dic10	Mar11	Giu11
Analisi del contesto emissioni; meteorologia	2008							
Modelli di dispersione		2008						
Monitoraggio QA			inverno	estate				
Analisi chimica PM10				inverno	estate			
Validazione DB					inverno	estate		
Source apportionment								

ARPA Dipartimento  
di Como

Provincia di Como

Provincia Como

Comune Casnate con Bernate

ARPA UO Meteorologia

ARPA UO Modellistica Atmosferica

Laboratorio ARPA Como

Laboratorio ARPA Milano

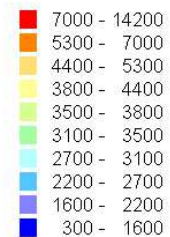
Laboratorio Università Milano



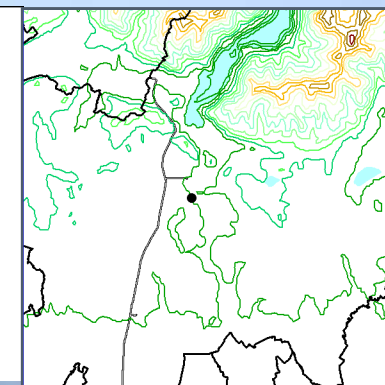
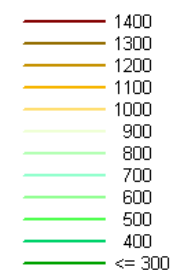
# Dominio di studio

Estensione 28x28 km - Densità di popolazione 946 abitanti per km<sup>2</sup>

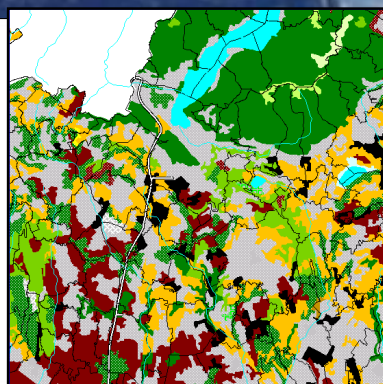
## Densità abitativa residenti/km<sup>2</sup>



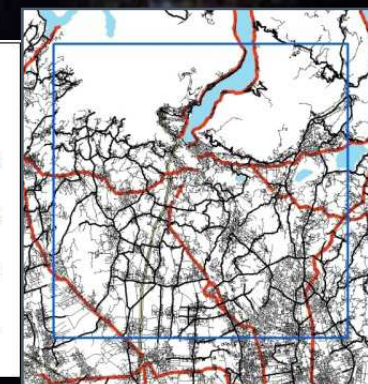
## QUOTA (m slm)



## Corine Land Cover 2000

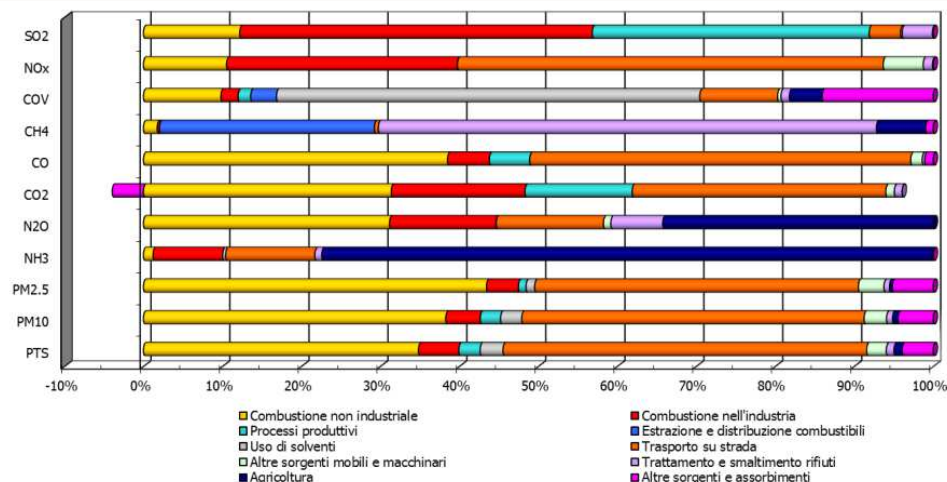


## Reticolo stradale



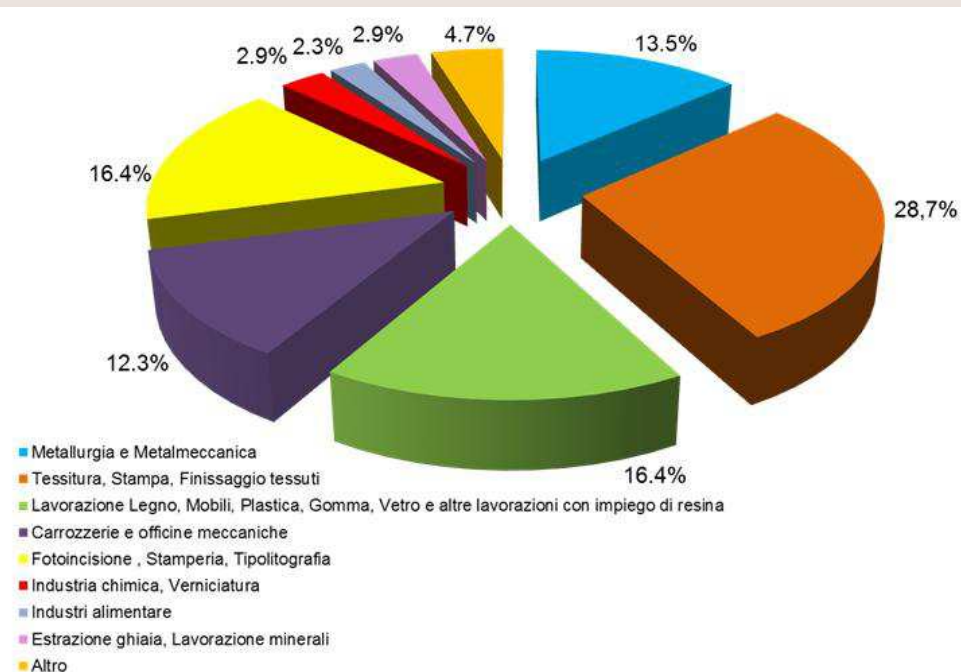
Il controllo degli agenti fisici: ambiente salute e qualità della vita - Novara 6 - 8 giugno 2012

## Contesto emissivo



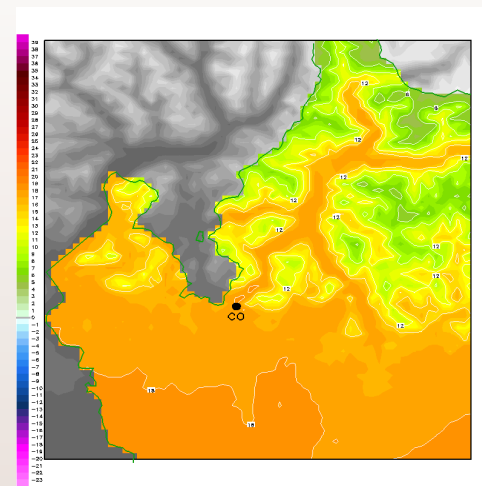
Dall'Inventario delle Emissioni  
della regione Lombardia  
**IN.EM.AR (2008)** l'81.7% delle  
emissioni di particolato fine deriva  
da due soli macrosettori: il  
**trasporto su strada (43.4%)** e la  
**combustione non industriale  
(38.3%)**

Un'analisi di dettaglio delle  
attività manifatturiere  
presenti nel raggio di 4 km  
dall'impianto ha individuato  
**171 insediamenti produttivi**, in  
gran parte tessiture,  
stamperie, attività che  
comportano l'uso di prodotti  
chimici e la lavorazione a  
freddo dei metalli.



# Analisi Meteo Climatologica 2000 - 2009

Media temperature massime  
2<sup>a</sup> decade di ottobre

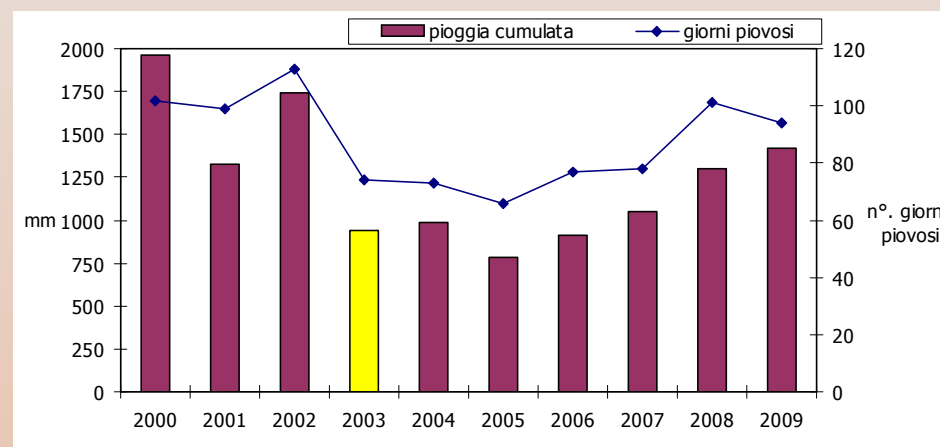
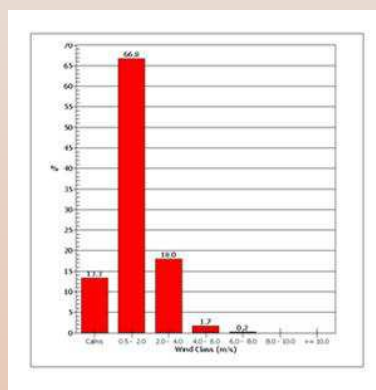
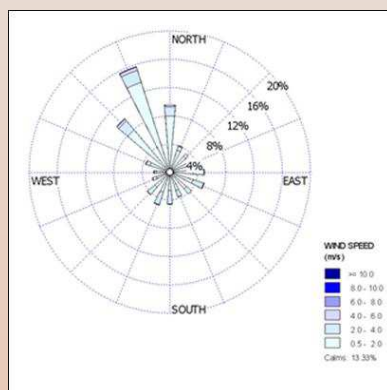


L'analisi meteo-climatologica sulla  
decade dei parametri di:

- Temperatura
- Regime anemologico
- Precipitazioni

su scala locale e su scala regionale

2008 anno di riferimento



SMR-Vertemate (2008)



## Dispersione degli inquinanti: il modello

Parametri di emissione:  
**Sistema Monitoraggio  
Emissioni (SME)**

Dati meteorologici orari:  
Modelo diagnostico 3D  
**SWIFT\_SURFPRO**  
(4x4 km, 12 livelli verticali)

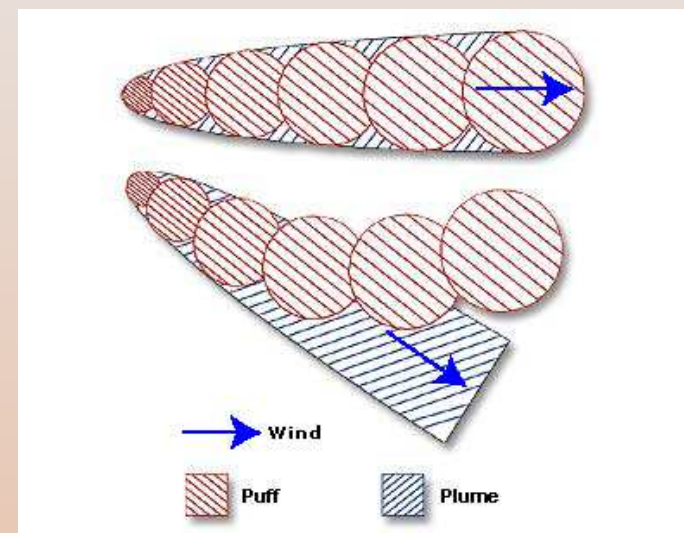
Informazioni opzionali:

- Trasformazioni chimiche
- Terreno complesso
- Condizioni al contorno
- Velocità di deposizione
- Modulazione temporale delle emissioni (sorgenti puntuali, areali, lineari, volumetriche)
- Concentrazione oraria di Ozono

Modello di dispersione  
**CALPUFF**

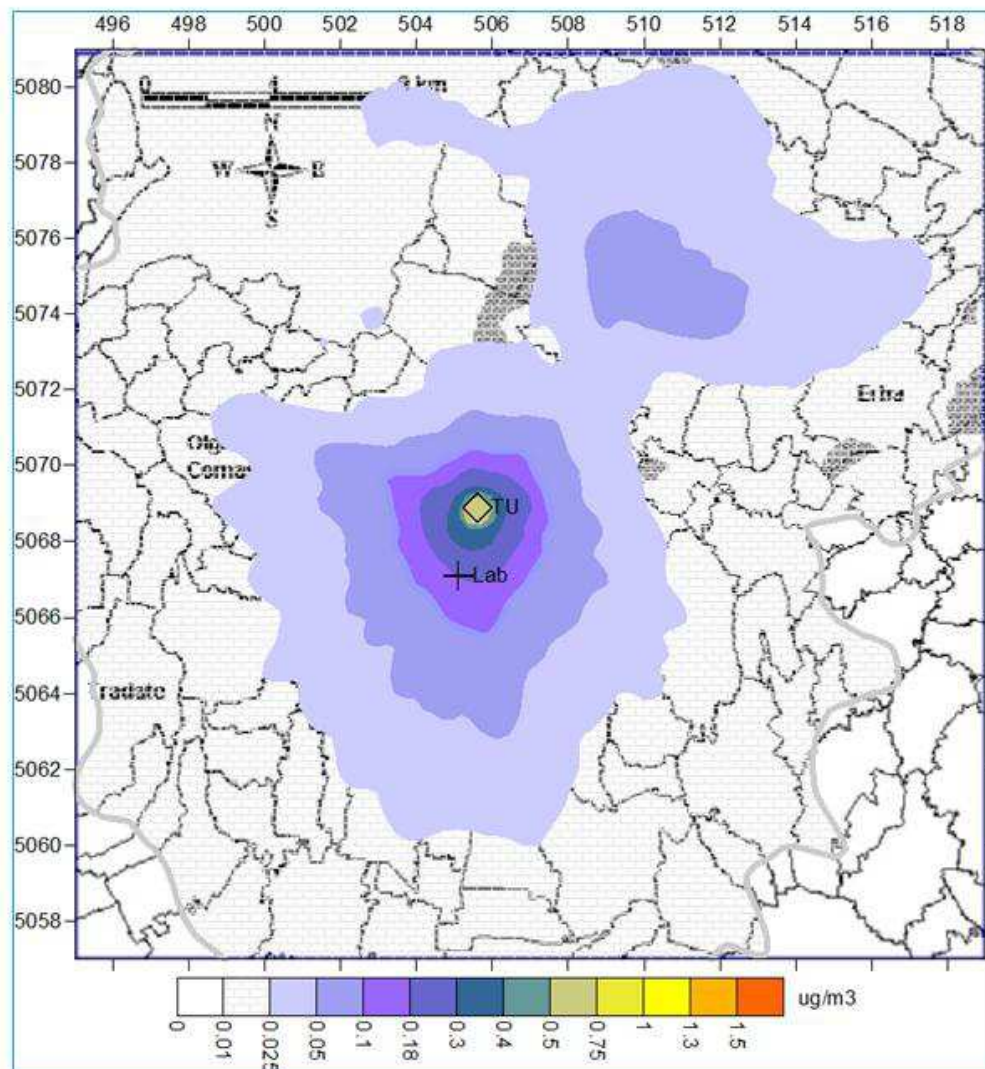
Post processore  
**CALPOST**

Campi di concentrazione:  
**SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PTS**



## Dispersione degli inquinanti: risultati

Mappa di dispersione delle PTS - anno 2008



### PTS

Dominio: **28x28 km**

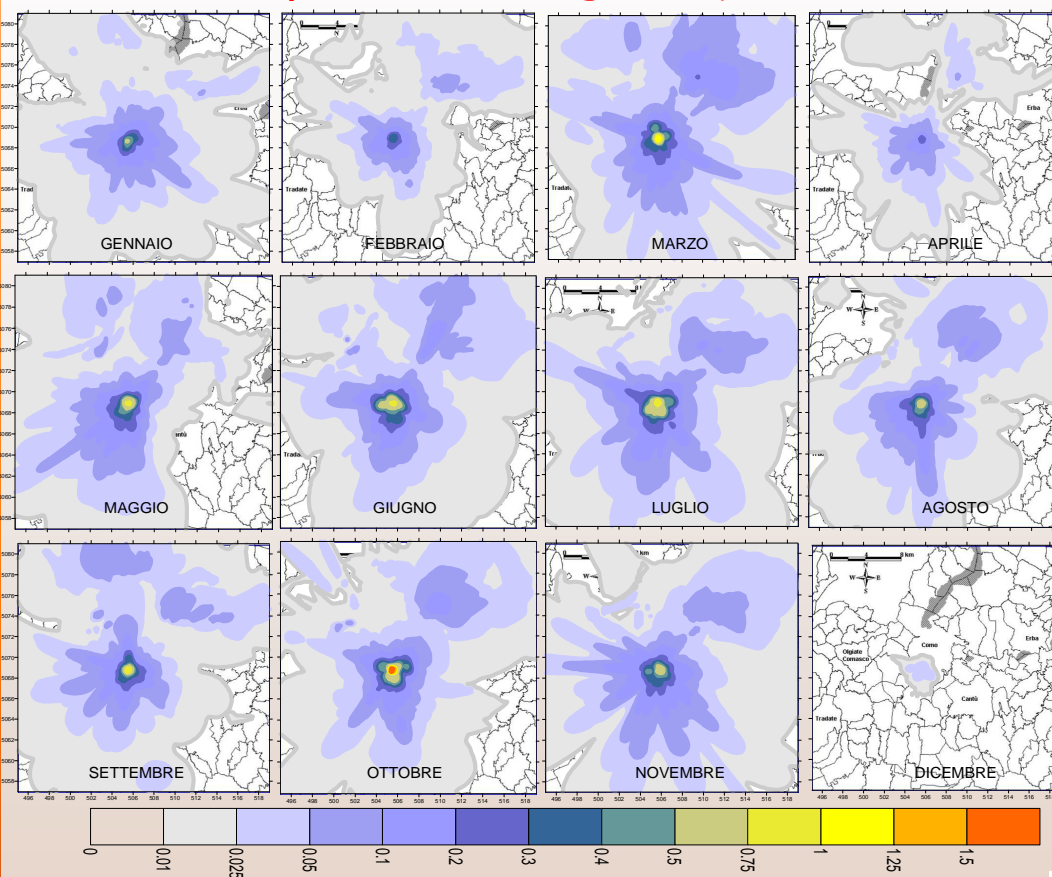
Passo di griglia: **250 m**

Valori medi: **0.03-0.82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Area di massima ricaduta:**

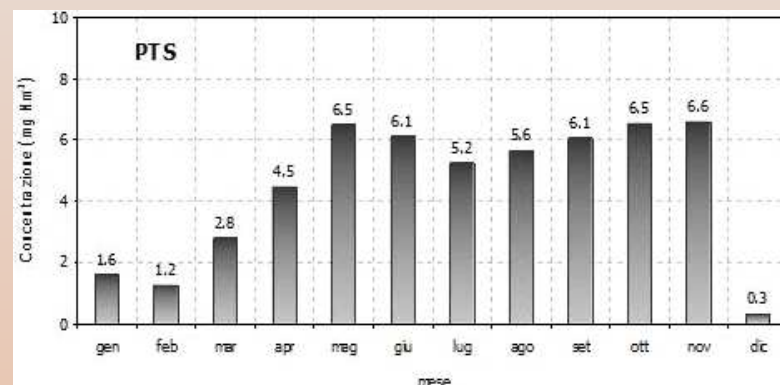
- Distanza: **1 - 2 km**
- Direzione: **sud-sud-ovest**

## Dispersione degli inquinanti: risultati



**PTS**  
 Media mensile  
 (anno 2008)

Sistema di Monitoraggio in continuo  
 delle Emissioni (**SME**):  
 Concentrazione media mensile di  
 PTS (Anno 2008)





# Monitoraggio ambientale: sito di misura



Centro sportivo di Casnate con Bernate:  
• 8 febbraio - 25 aprile 2010  
• 2 giugno - 26 luglio 2010





# Monitoraggio ambientale

Biossido di zolfo, Ossidi di azoto,  
Monossido di carbonio, Ozono



PM10 (4 campionatori):  
con successiva analisi  
chimica dei filtri

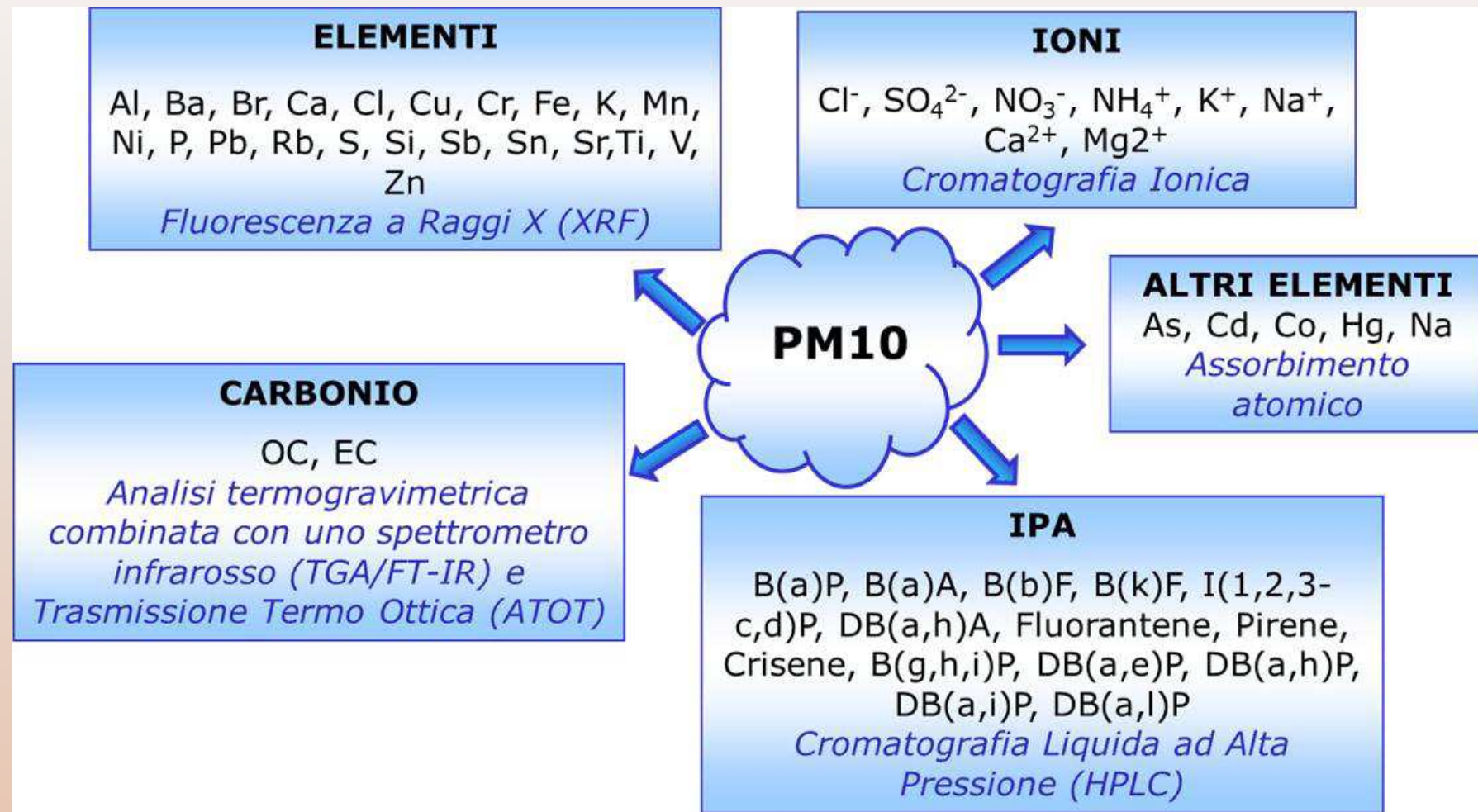


**Meteo:** temperatura, umidità,  
velocità e direzione del vento,  
radiazione solare, pioggia



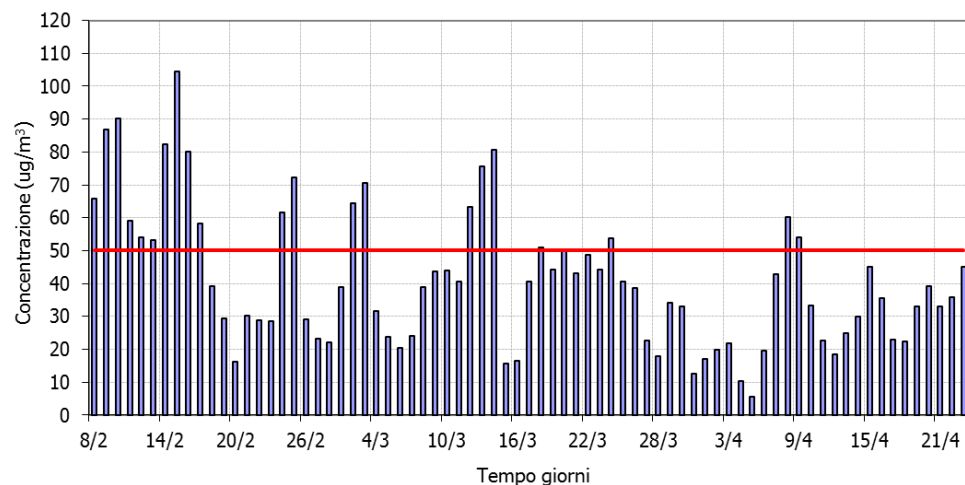
## Monitoraggio ambientale: Caratterizzazione chimica

Il DB ambientale comprende **110** giorni con **440** determinazioni gravimetriche





# Monitoraggio ambientale: risultati



## PM10 - Inverno

Media periodo:  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Massimo media 24h:  $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Valore limite: 21 superi

## O<sub>3</sub> - Estate

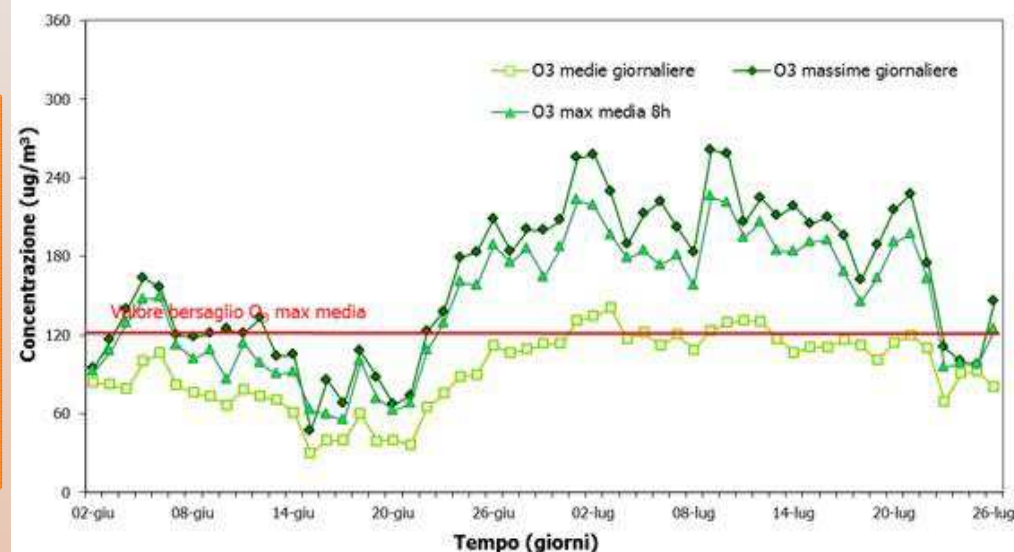
Media periodo:  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Massimo orario:  $261 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Valori limite (superi):

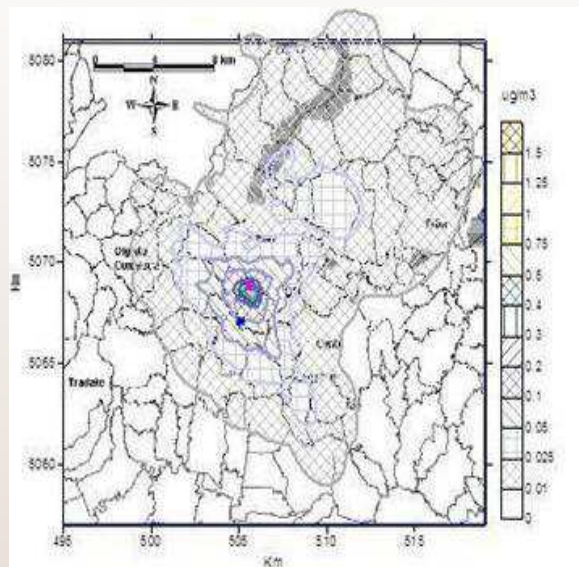
26 della soglia d'informazione

4 della soglia di allarme

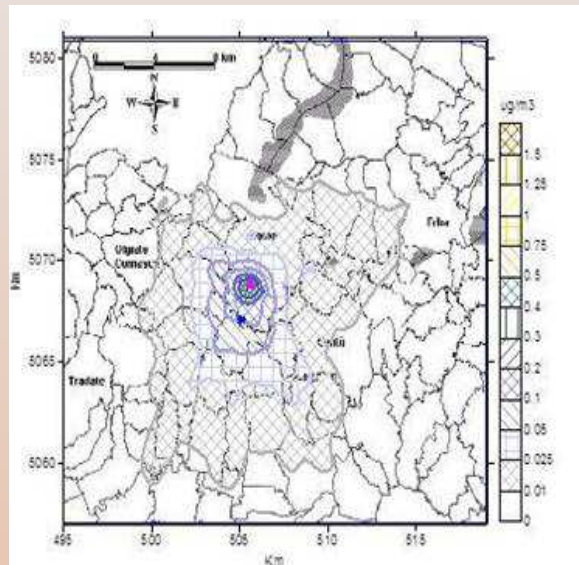


# Monitoraggio ambientale: validazione

PTS – febbraio -aprile 2010



PTS – giugno - luglio 2010

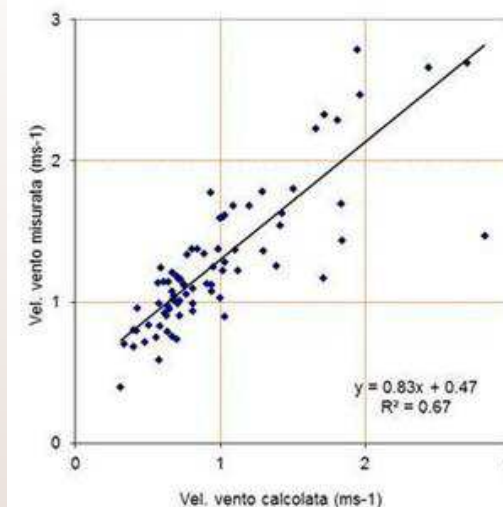


Meteorologia:

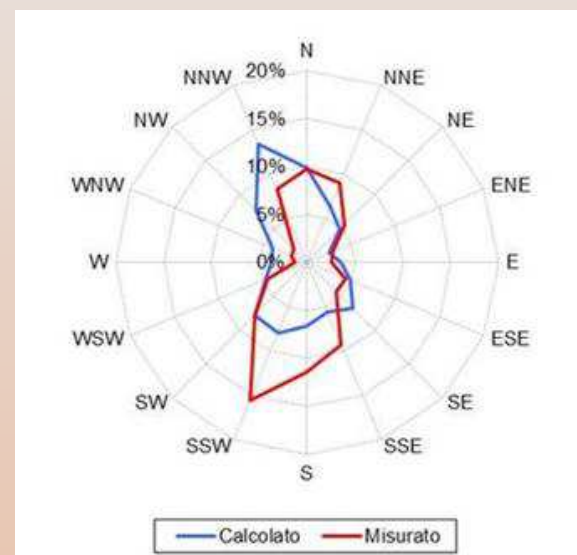
campi 3D  
SWIFT

1x1 km  
13 livelli verticali

Casinate-Velocità del vento

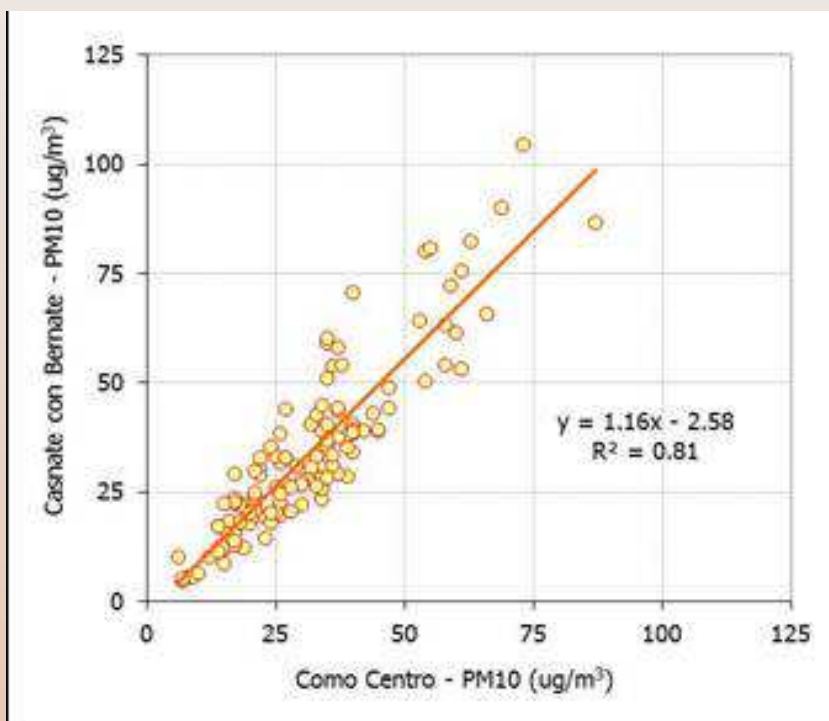


Casinate-Direzione del vento



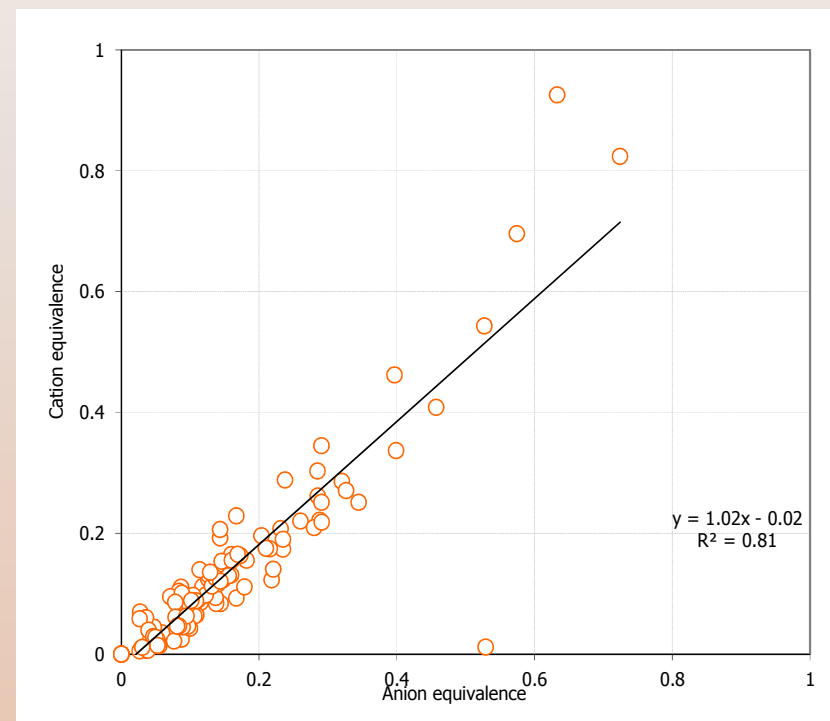
# Monitoraggio ambientale: validazione risultati

**PM10** - confronto con i dati  
della stazione RRQA  
di Como Centro



**PM10** - analisi statistica DB

Periodo	$\text{SO}_4^{--}/\text{S}$	$\text{K}^+/\text{k}$
Inverno	3.1	0.9
Estate	2.5	1.1



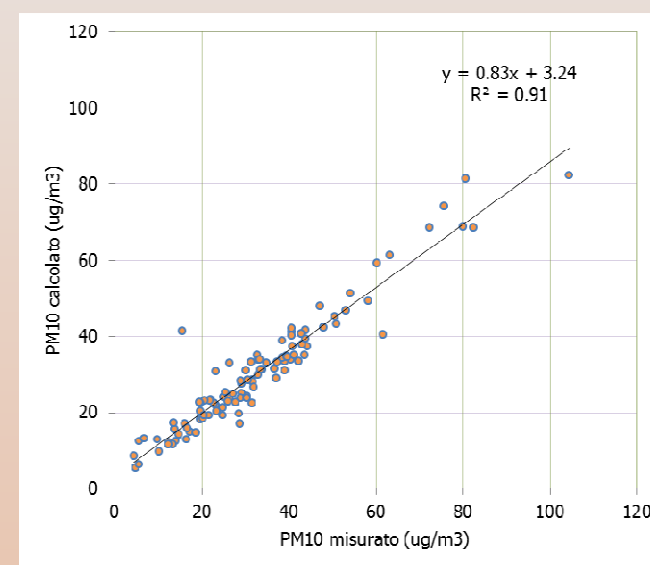
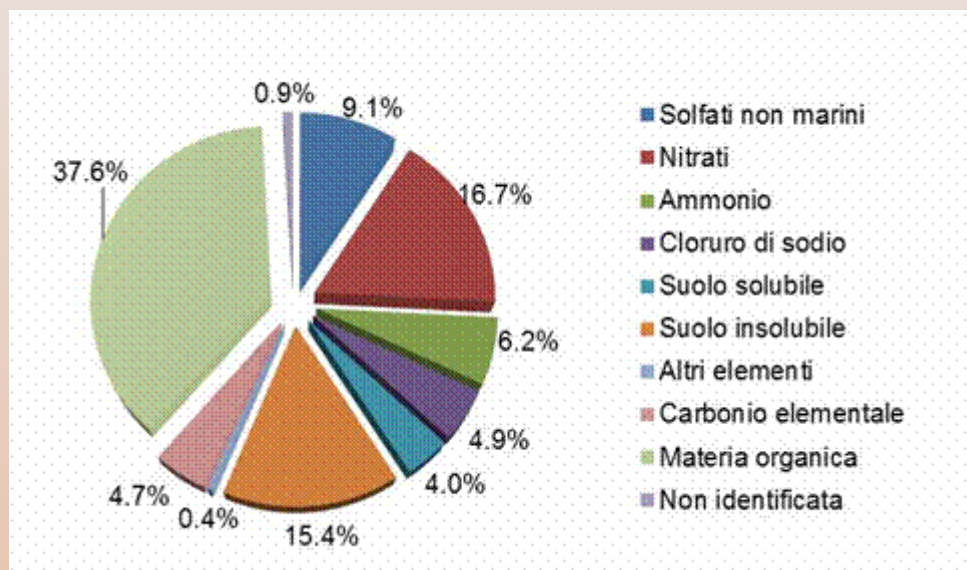


## Source apportionment: chiusura chimica di massa

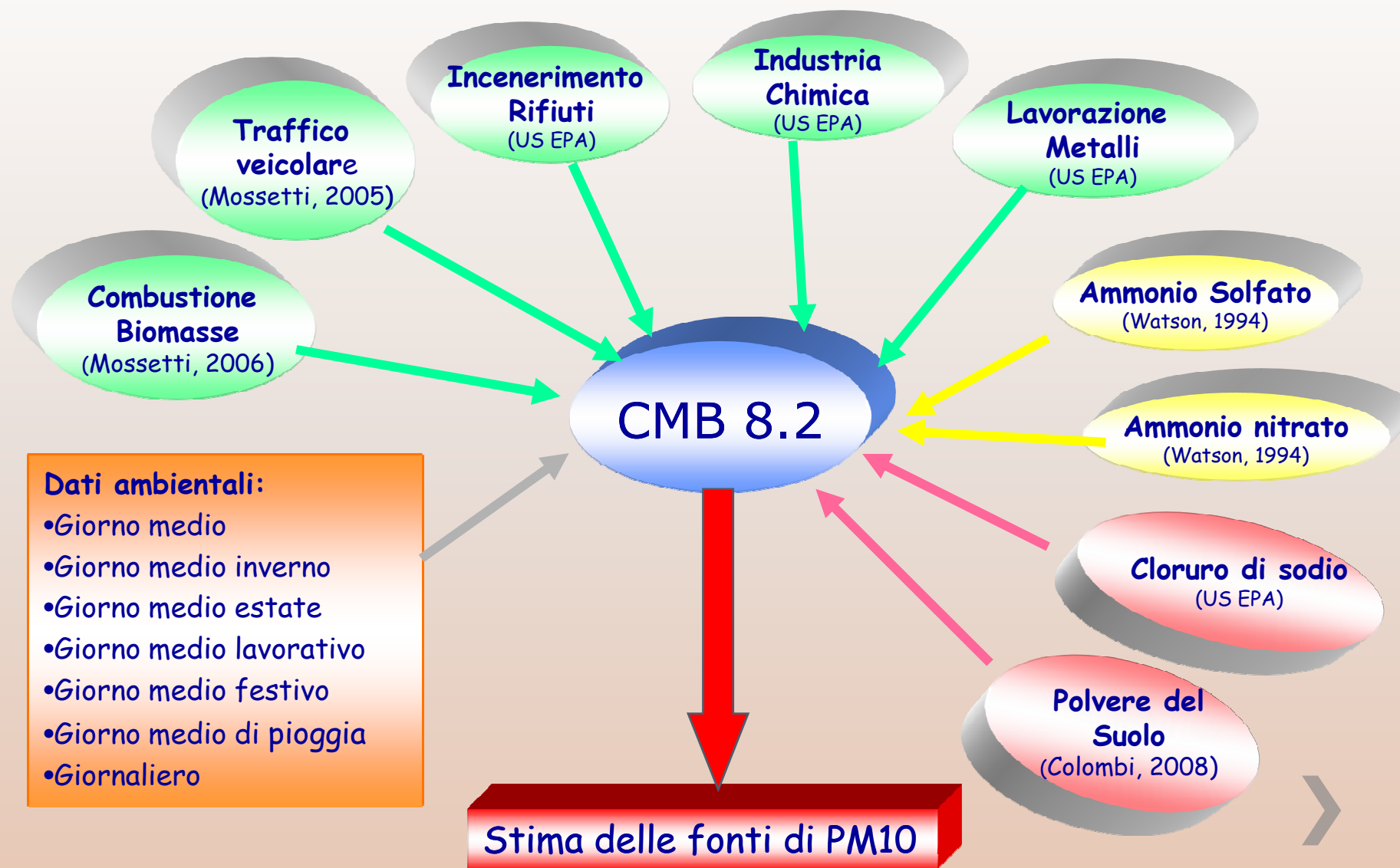
**Chiusura chimica  
di massa**  
(Sillanpaa, 2006)

Componenti	Formula
Solfati non marini	$[\text{nss-SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.246 \times [\text{Na}^+]$
Nitrati	
Ammonio	
Suolo solubile in acqua	$[\text{WSS}] = [\text{Fe}_2\text{O}_3] + [\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{CaO}] + [\text{K}_2\text{O}]$
Suolo non solubile in acqua	$[\text{WIS}] = [\text{Fe}_2\text{O}_3] + [\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{CaO}] + [\text{SiO}_2] + [\text{CaCO}_3] + [\text{K}_2\text{O}] - [\text{WIS}]$
Cloruri di sodio	$[\text{SS}] = 3.248 \times [\text{Na}^+]$
Altri elementi	$[\text{OE}] = [\text{As}] + [\text{Cd}] + [\text{Co}] + [\text{Cr}] + [\text{Cu}] + [\text{Ni}] + [\text{V}] + [\text{Br}] + [\text{Mn}] + [\text{Pb}] + [\text{Rb}] + [\text{Sr}] + [\text{Ti}] + [\text{Zn}]$
Carbonio elementare	
Materia organica	$[\text{OM}] = 1.6 \times [\text{OC}]$
Materia non identificata	$[\text{UM}] = [\text{PM}_{10}] - \Sigma[\text{sorgenti identificate}]$

99.1% della massa di PM10 identificata

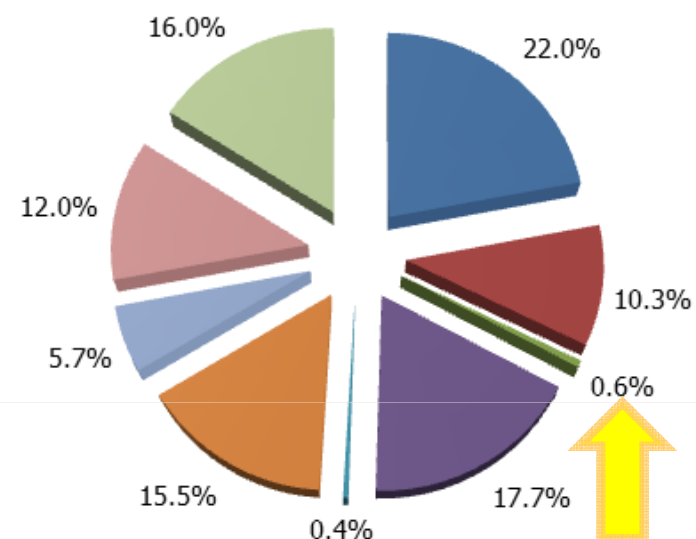











# Source apportionment: Chemical Mass Balance



## Source apportionment risultati CMB giorno medio

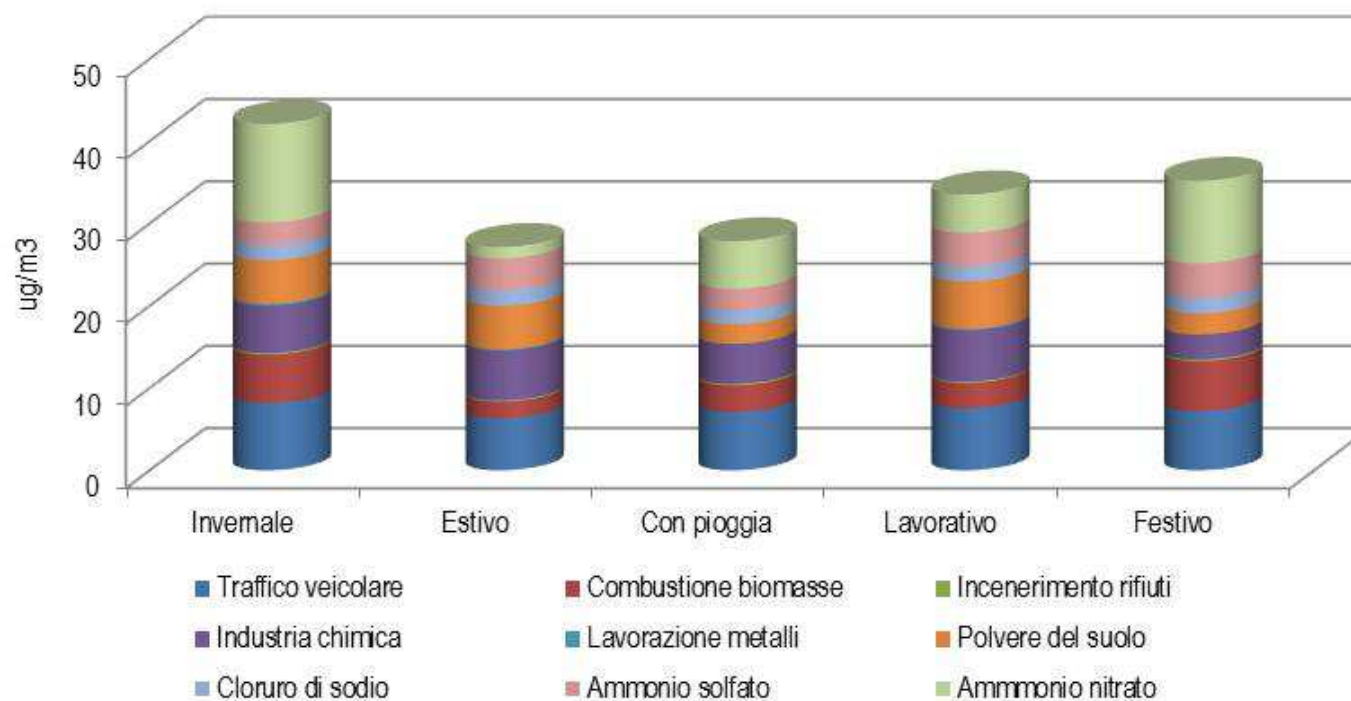
Sorgente	Masssa ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Incertezza ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Traffico veicolare	7.47	0.96
Combustione biomasse	3.48	1.69
Incenerimento rifiuti	0.20	0.06
Industria chimica	5.99	1.61
Lavorazione metalli	0.14	0.07
Polvere del suolo	5.24	1.14
Cloruro di sodio	1.92	0.10
Ammonio solfato	4.07	0.43
Ammmonio nitrato	5.42	0.60
Parametri statistici	$R^2$	0.99
	$\chi^2$	0.98
	% massa	100.8



- |  |  |   |
|--|--|---|
|  Traffico veicolare |  Combustione biomasse |  Incenerimento rifiuti |
|  Industria chimica  |  Lavorazione metalli  |  Polvere del suolo     |
|  Cloruro di sodio   |  Ammonio solfato      |  Ammonio nitrato       |



## Source apportionment - risultati CMB dettaglio

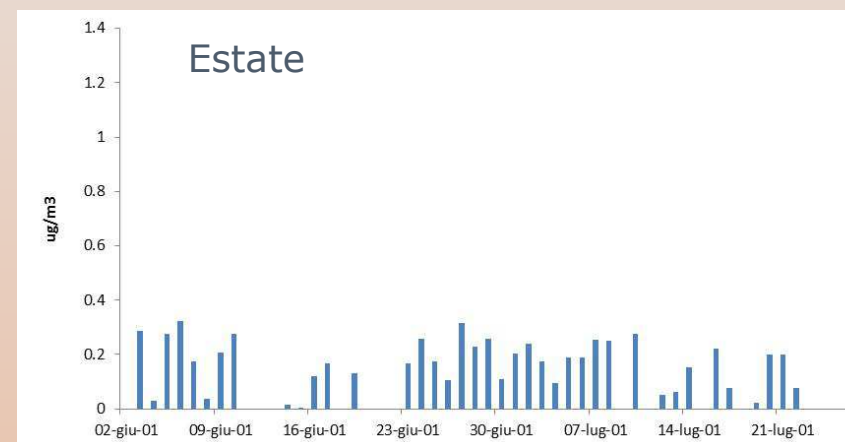
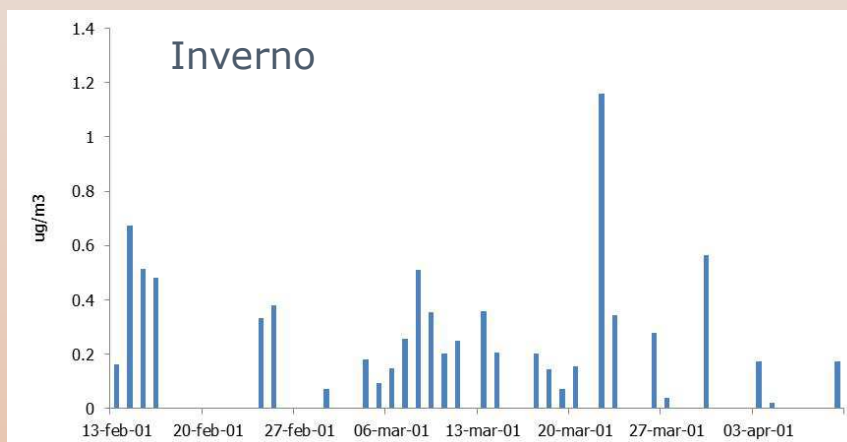


	Inverno	Estate	Lavorativo	Festivo	Pioggia
Traffico	=	=	=	=	=
Combustione biomasse	++	--	=	++	=
Incenerimento rifiuti	=	=	=	=	=
Industria chimica	=	=	=	--	=
Lavorazione metalli	=	=	=	--	-
Polvere del suolo	=	=	=	-	--
Cloruro di sodio	=	=	=	=	=
Ammonio Solfato	-	+	=	=	-
Ammonio Nitrato	++	--	=	++	=

## Source apportionment - risultati CMB dettaglio

Sorgente	Concentrazione minima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentrazione massima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Deviazione standard ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Traffico veicolare	0.12	10.16	2.26
Combustione delle biomasse	0.66	19.08	4.41
Polveri del suolo	0.05	18.53	3.55
Incenerimento rifiuti	0.01	1.16	0.18
Industria chimica	0.20	11.63	2.71
Lavorazione dei metalli	0.04	0.88	0.17
Cloruro di sodio	0.85	2.59	0.44
Ammonio solfato	0.16	13.14	2.66
Ammonio nitrato	0.50	46.04	10.15

### Incenerimento rifiuti

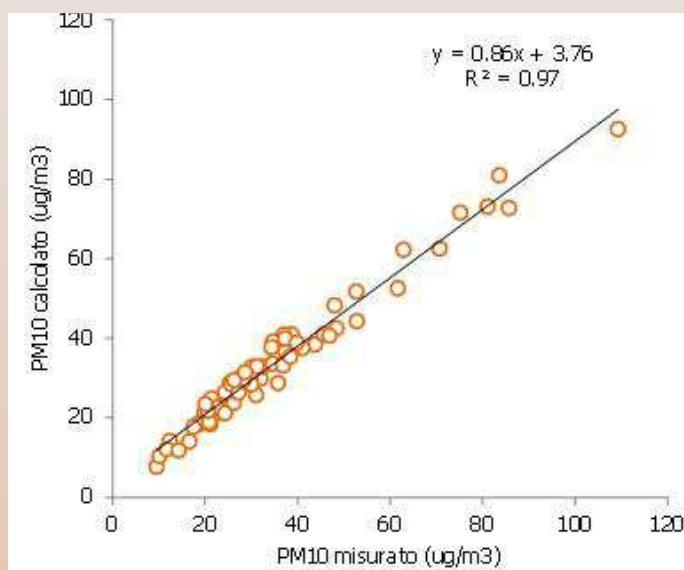


## Source apportionment: validazione dei risultati

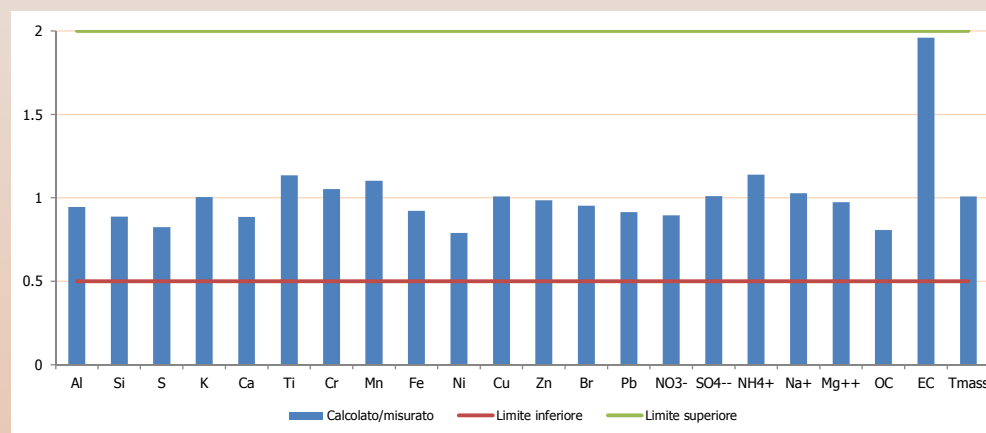
### CMB: parametri statistici di validazione

	$R^2$ ( <b>&gt; 0.8</b> )	$\chi^2$ ( <b>&lt; 4</b> )	% massa ( <b>80 – 120%</b> )
Giorno medio	0.99	0.98	100.8%
Giorno medio "invernale"	0.99	0.89	98.9%
Giorno medio "estivo"	0.99	1.45	102.3%
Giorno medio "lavorativo"	0.99	1.08	100.5%
Giorno medio "festivo"	0.97	2.94	102.8%
Giorno medio "pioggia"	0.98	1.98	96.2%

#### Rapporto PM10 calcolato/misurato



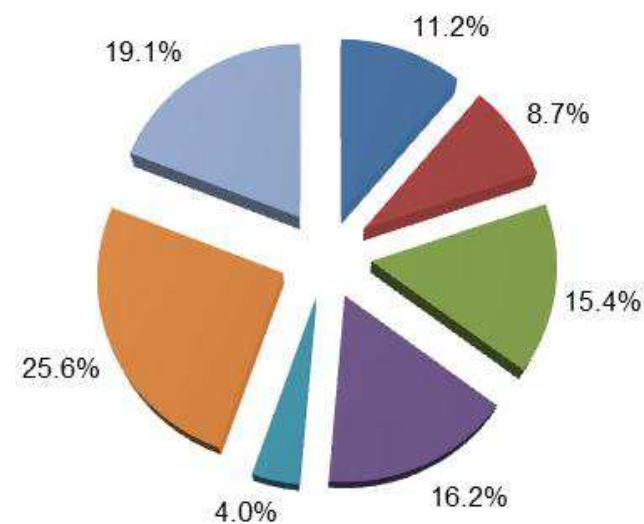
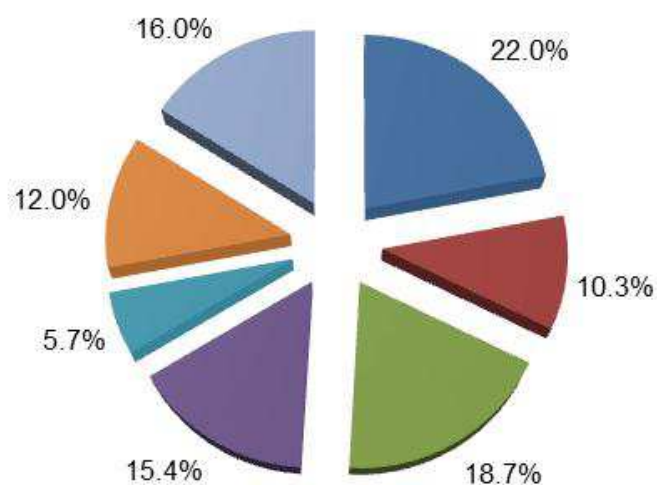
#### Rapporto calcolato misurato delle specie considerate (0.5-2)





## Source apportionment: validazione dei risultati

### Confronto tra i risultati di **CMB** e di **PMF**



- |   |                        |
|---|------------------------|
| ■ Traffico veicolare                        | ■ Combustione biomasse |
| ■ Processi prodotti e incenerimento rifiuti | ■ Polvere del suolo    |
| ■ Cloruro di sodio                          | ■ Ammonio nitrato      |
| ■ Ammonio solfato                           |                        |

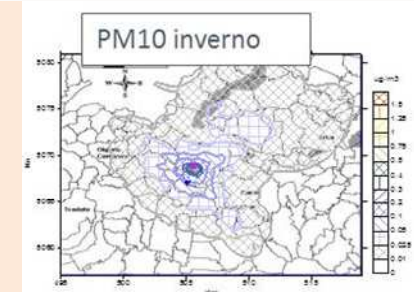
## Sintesi dei risultati

Tecnica	Sorgenti	Inverno	Estate
Valore misurato	Tutte	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Modello dispersione (CALPUFF)	Termovalorizzatore	0.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Altre sorgenti	---	---
Source Apportionment (CMB)	Termovalorizzatore	0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Altre industrie	5.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Altro	35.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

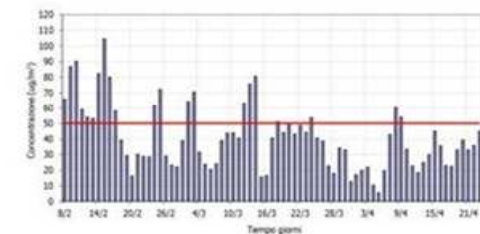


# Conclusioni

1. Sono state prodotte le mappe di dispersione di vari inquinanti:  
è stato individuato il "*punto significativo*"  
per valutare l'impatto del Termovalorizzatore



2. Il monitoraggio della qualità dell'aria:
  - conferma i valori Provinciali di criticità su PM10 e O<sub>3</sub>
  - indica valori sotto i limiti per microinquinanti (BaP e Metalli)

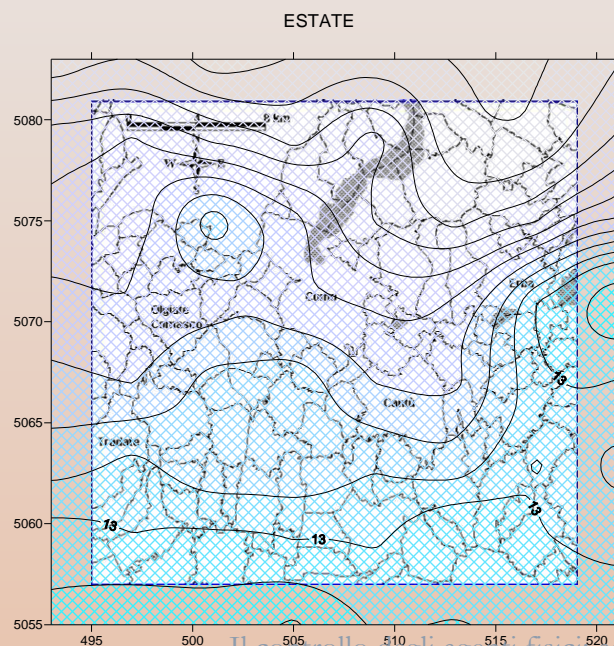
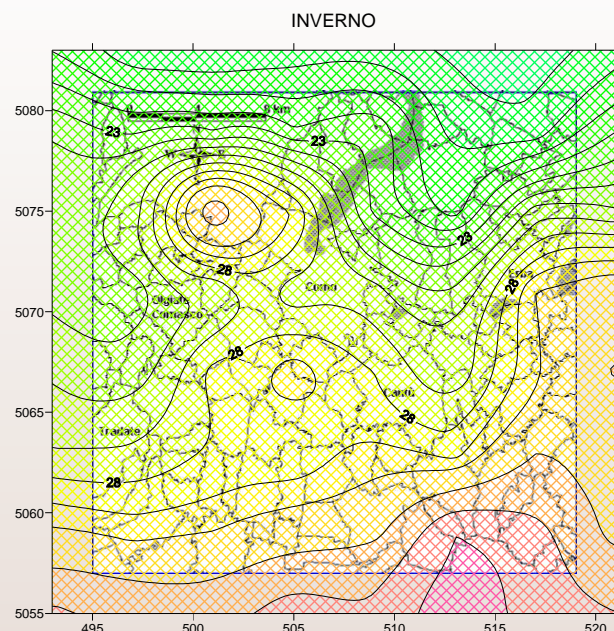


3. Con tecniche di «Source Apportionment» E' stato stimato il contributo del Termovalorizzatore alle concentrazioni di PM10 che si misurano in atmosfera



L'integrazione tra monitoraggio e tecniche modellistiche diverse ha permesso di:

- Sfruttare informazioni, mezzi e competenze presenti in Agenzia
- Ottenere risultati tra loro congruenti e complementari
- Fornire una risposta con un elevato grado di affidabilità
- Mettere a punto una metodologia replicabile



Concentrazione del PM<sub>10</sub> calcolata con il modello chimico dispersivo **FARM** con passo di 4x4 km sulla Regione Lombardia (ritaglio sul dominio di calcolo)

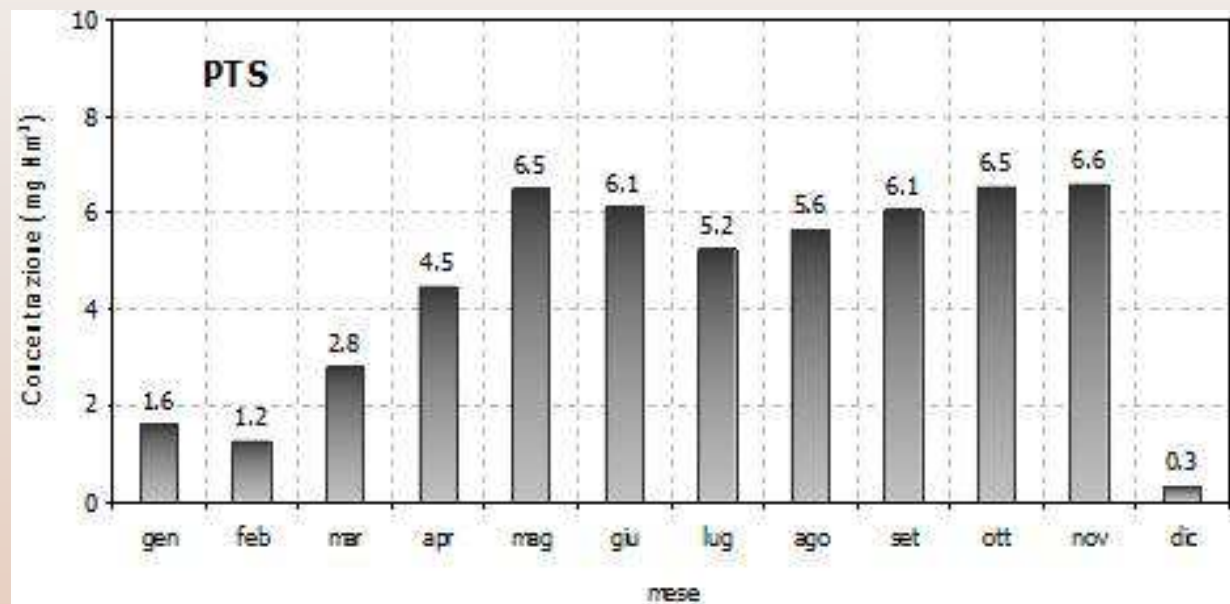


Parametro	Confronto		Parametri Statistici		
	Valore misurato (µg/m <sup>3</sup> )	Valore calcolato (µg/m <sup>3</sup> )	R	FB	NMSE
PM <sub>10</sub>	33.1	22.6	0.74	-0.38	0.15
TC	9.4	5.7	0.63	-0.49	0.25
EC	1.6	1.2	0.64	-0.30	0.09
Ioni totali	10.1	13.4	0.69	0.28	0.08
SO <sub>4</sub> --	3.0	2.2	0.51	-0.28	0.08
NO <sub>3</sub> -	5.2	8.1	0.64	0.42	0.19
NH <sub>4</sub> +	1.9	3.2	0.69	0.48	0.25
Terrigeni e Sali marini	7.6	0.2	0.18	-1.92	48.15



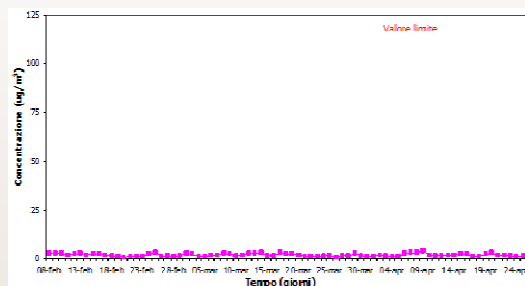


**Sistema di Monitoraggio in continuo delle  
Emissioni (SME):  
Concentrazione media mensile di PTS  
(Anno 2008)**

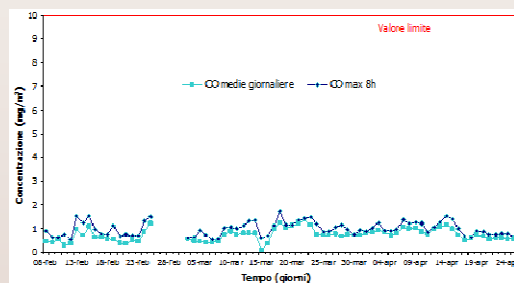


# Monitoraggio ambientale Risultati

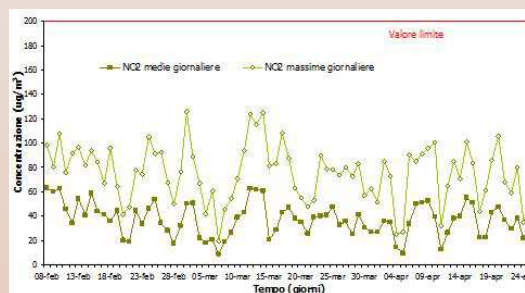
Inverno



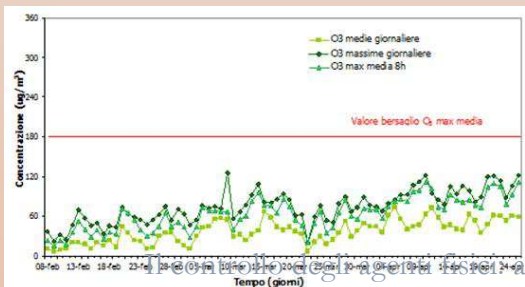
SO<sub>2</sub>



CO



NO<sub>2</sub>



O<sub>3</sub>

Estate

