



IAS - Società Italiana di Aerosol  
PM2024 – Torino, 28 – 31 maggio

## **DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE DI METALLI IN TRACCE NELL'AEROSOL DELLA CITTÀ DI ANCONA**

Silvia Illuminati, Sebastiano D'Angelo, Matteo  
Fanelli, Federico Girolametti, Lorenzo  
Massi, Behixhe Ajdini, Annamaria Falgiani,  
Cristina Truzzi, Anna Annibaldi.

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente  
Università Politecnica delle Marche (AN)



# Introduzione

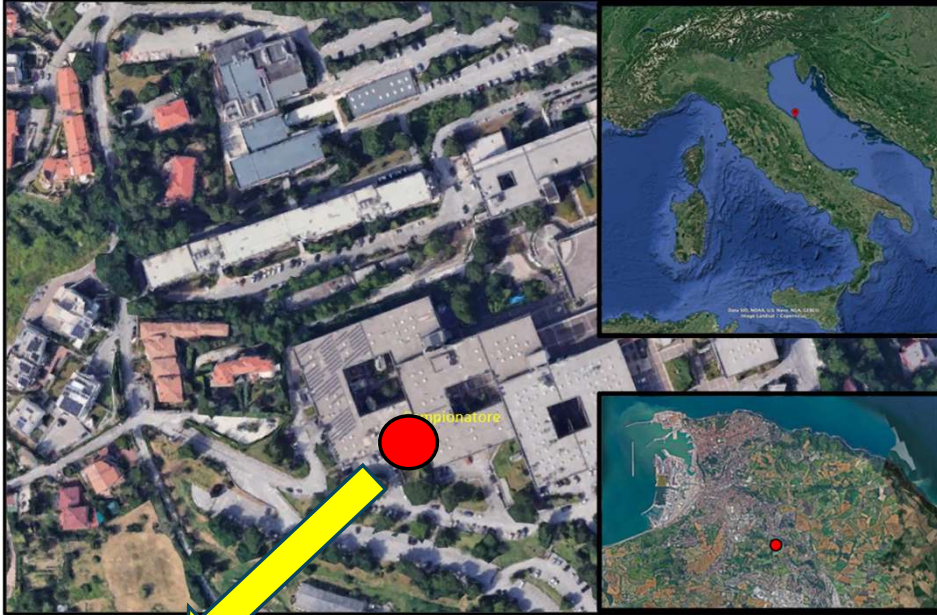


## Scopo del lavoro

- Valutare il contenuto di metalli pesanti nel particolato atmosferico
- Studiare la distribuzione dimensionale dei metalli nel  $PM_{10}$
- Valutare le possibili sorgenti delle varie frazioni investigate

# Materiali e Metodi

## Strategia di campionamento



Impattore alto volume a cascata:

- $D_p < 0.49 \mu\text{m}$
- $0.49 < D_p < 0.95 \mu\text{m}$
- $0.95 < D_p < 1.5 \mu\text{m}$
- $1.5 < D_p < 3.0 \mu\text{m}$
- $3.0 < D_p < 7.2 \mu\text{m}$
- $7.2 < D_p < 10 \mu\text{m}$

Flusso di aspirazione:  $1.13 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$

Periodo di campionamento:

21 giugno 2022 – 29 settembre 2022

Sequenza di 3 campionamenti per 3 giorni ciascuno compreso il weekend

Giugno 2022  
Lu Ma Me Gi Ve Sa Do  
1 2 3 4 5  
6 7 8 9 10 11 12  
13 14 15 16 17 18 19  
20 21 22 23 24 25 26  
27 28 29 30

Agosto 2022  
Lu Ma Me Gi Ve Sa Do  
1 2 3 4 5 6 7  
8 9 10 11 12 13 14  
15 16 17 18 19 20 21  
22 23 24 25 26 27 28  
29 30 31

## LUGLIO 2022

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13 F19 14		15	16	17 F20
18	19	20 F21 21		22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

7ealendar.com/it/

Totale campionamenti: 14

Prelevati anche bianchi di campo: n. 3



# Materiali e Metodi

## Pretrattamento



## Analisi



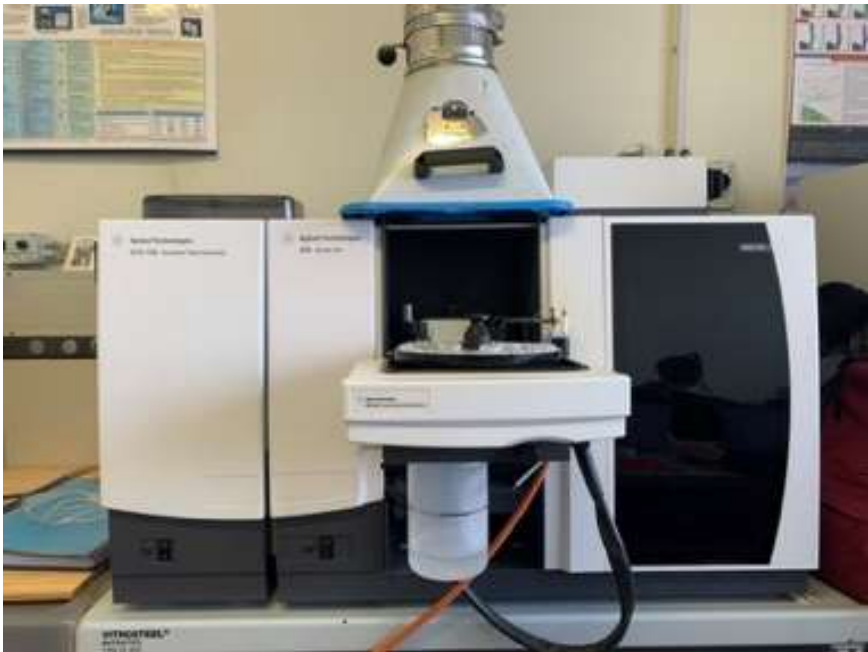
Filtro fibra di quarzo



DIGESTIONE ACIDA AL MW



### GF-AAS



V	Cr	Cu
Fe	As	Cd
Ni	Al	Mn

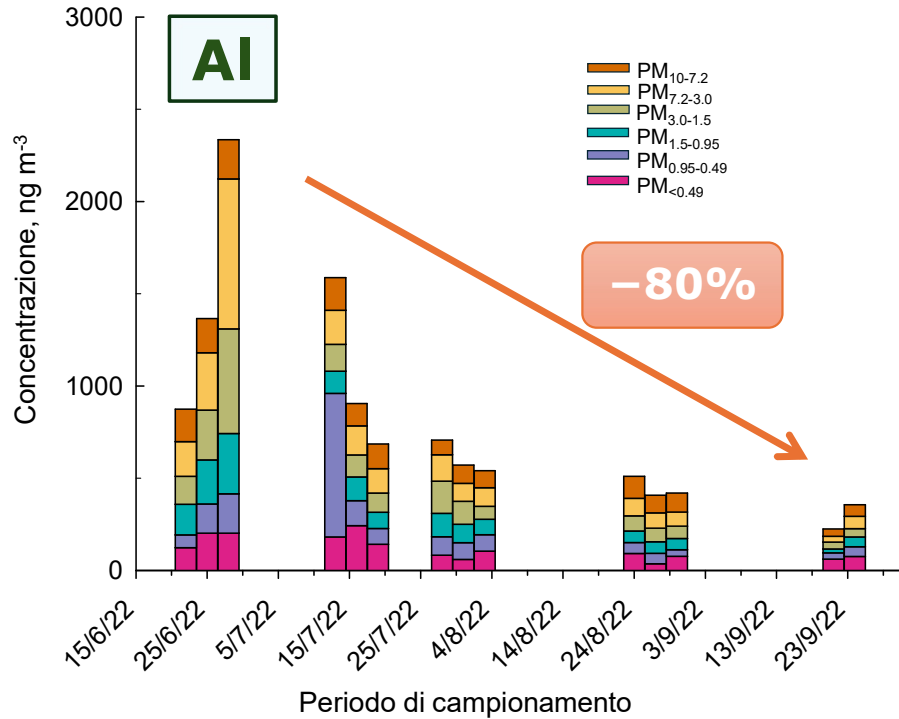
Pb

**Precisione:** 3 repliche ± SD (<10%)

**Accuratezza:**  
CRM per particolato urbano: NIST 1648a  
(Recupero 90–110% per ogni elemento)

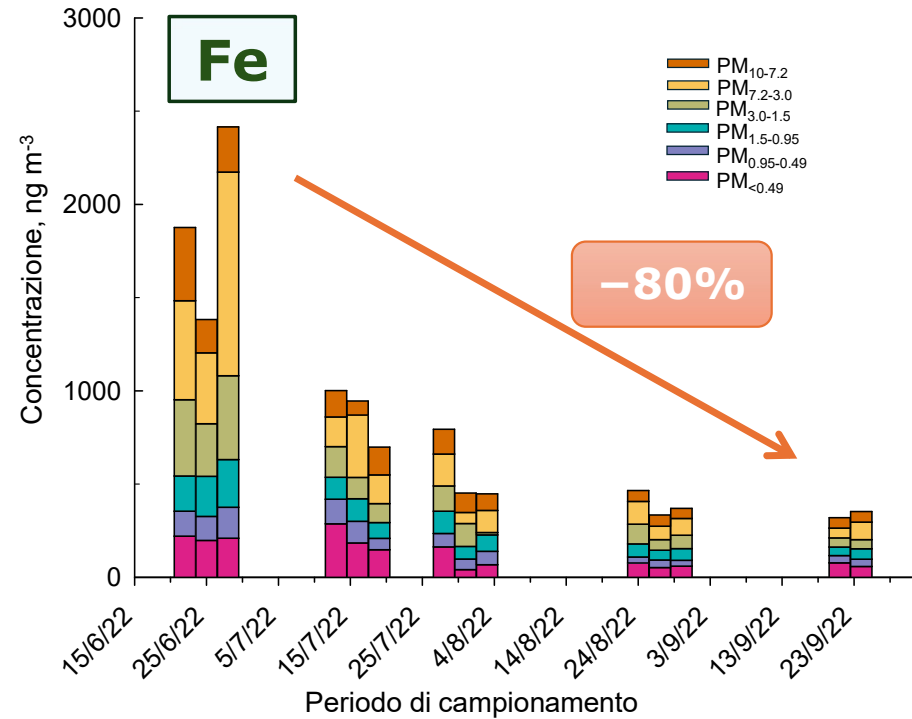
# Risultati e Discussione

## Evoluzione stagionale



$Al_{PM_{10}}: 821 \pm 579 \text{ ng m}^{-3}$

Massimo a fine giugno ( $\sim 2300 \text{ ng m}^{-3}$ )



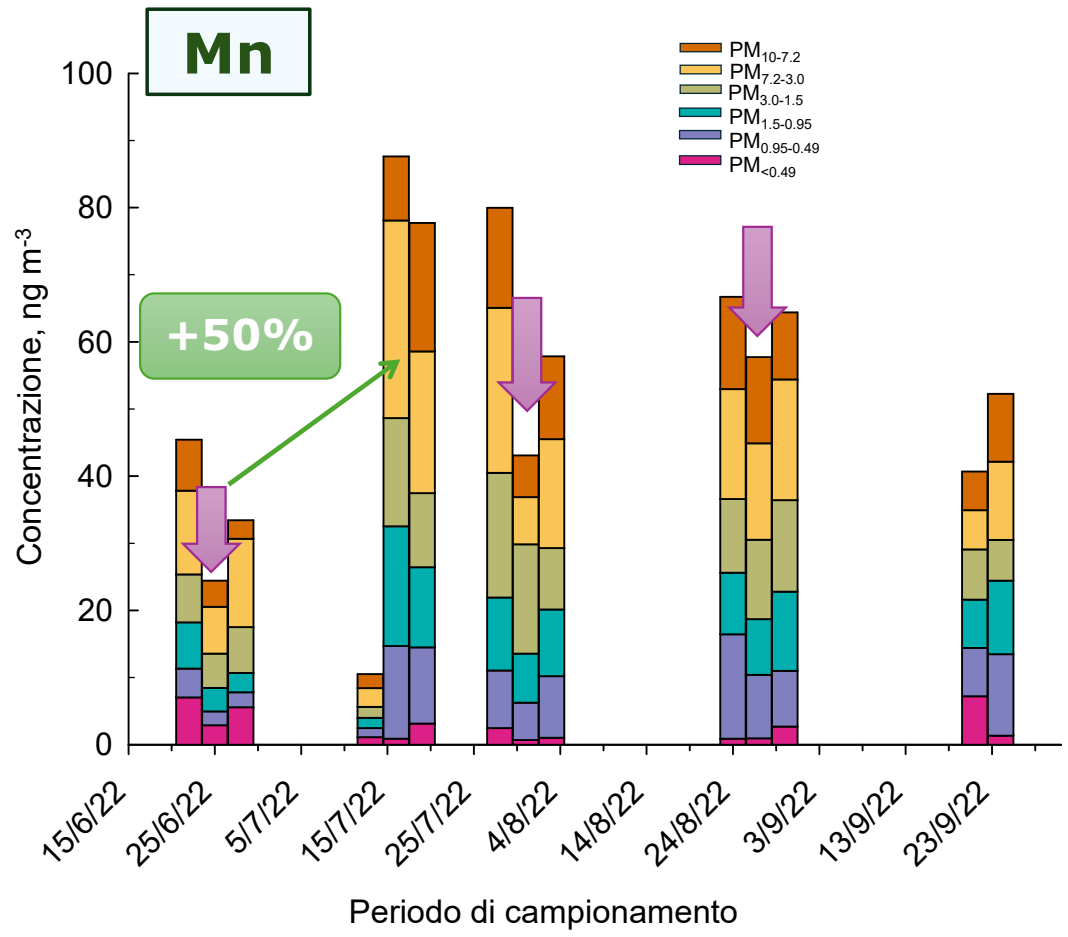
$Fe_{PM_{10}}: 847 \pm 641 \text{ ng m}^{-3}$

Massimo a fine giugno ( $\sim 2400 \text{ ng m}^{-3}$ )

Andamento decrescente

# Risultati e Discussione

## Evoluzione stagionale



$Mn_{PM_{10}}: 55 \pm 22 \text{ ng m}^{-3}$

Aumento da metà luglio

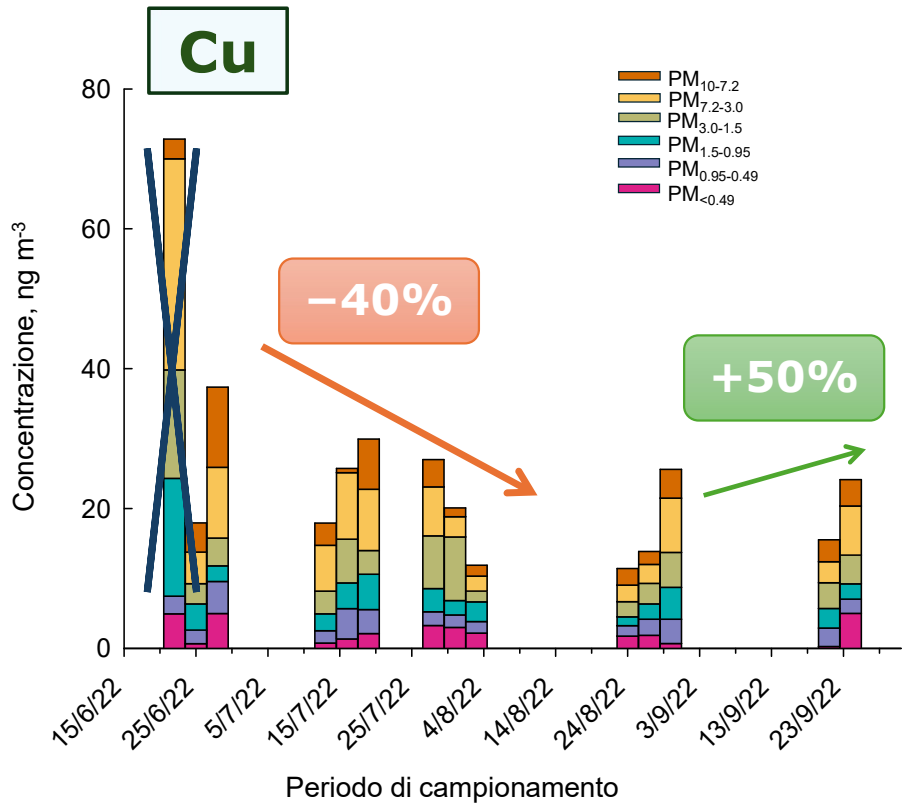
Diminuzione di ~40% nel fine settimana



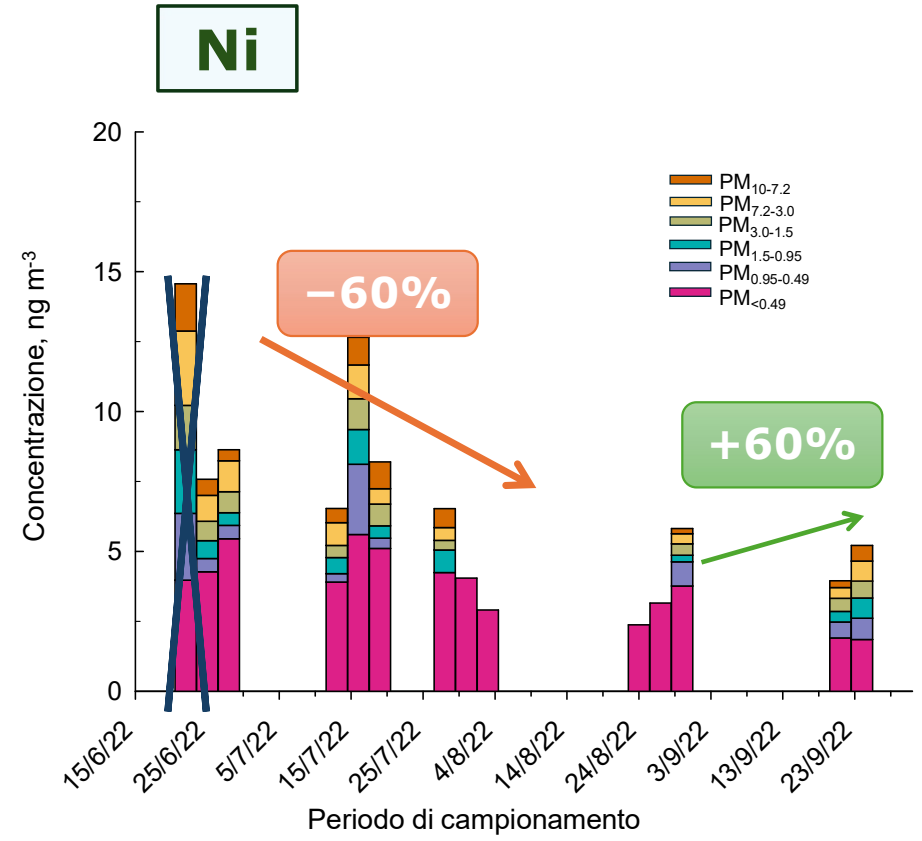
TRAFFICO URBANO?

# Risultati e Discussione

## Evoluzione stagionale



$Cu_{PM_{10}}: 25 \pm 15 \text{ ng m}^{-3}$



$Ni_{PM_{10}}: 6.6 \pm 3.6 \text{ ng m}^{-3}$

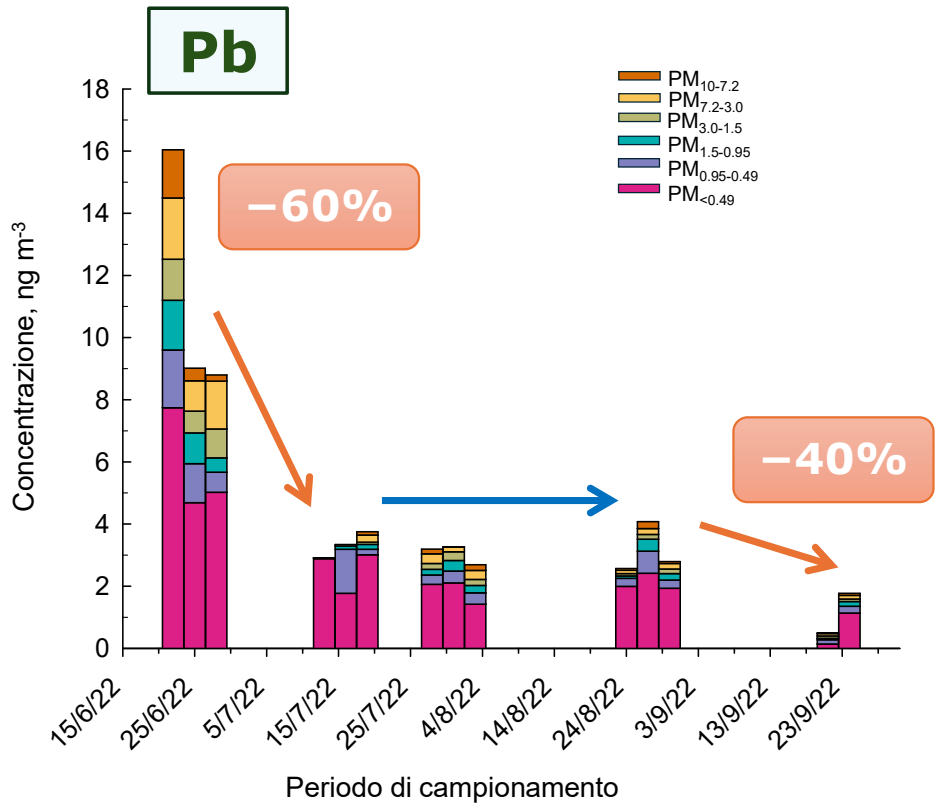
Diminuzione di ~40-60% a fine luglio/agosto



Ferie estive

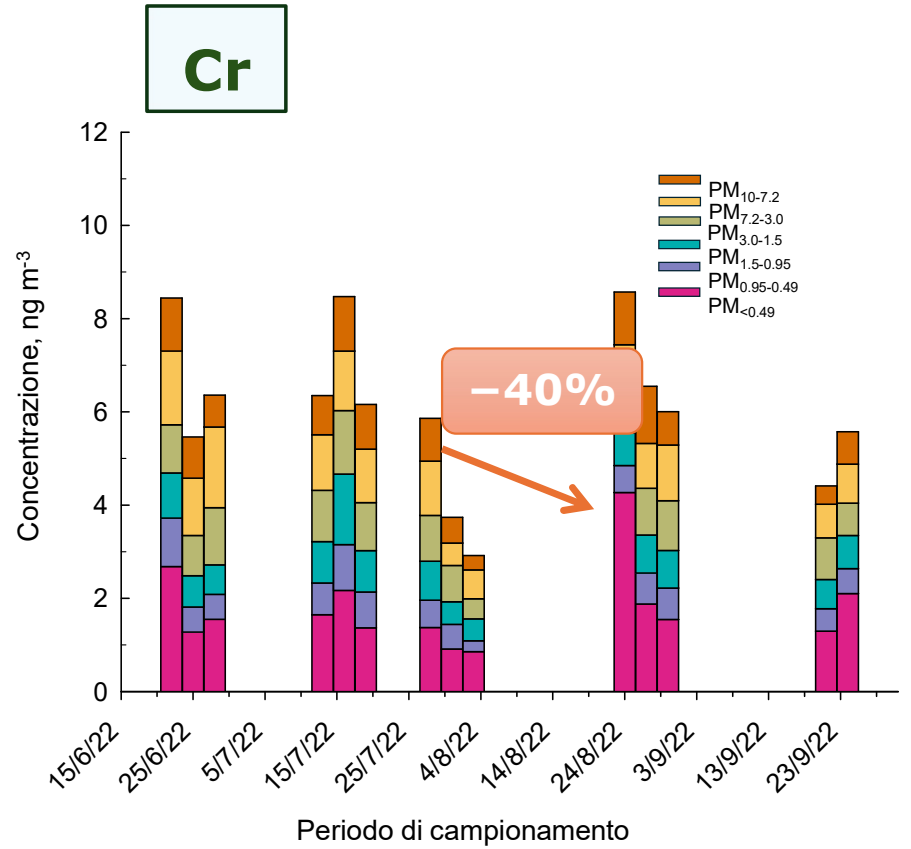
# Risultati e Discussione

## Evoluzione stagionale



Pb<sub>PM10</sub>: 4.6 ± 4.1 ngm<sup>-3</sup>

Diminuzione generale di ~80%



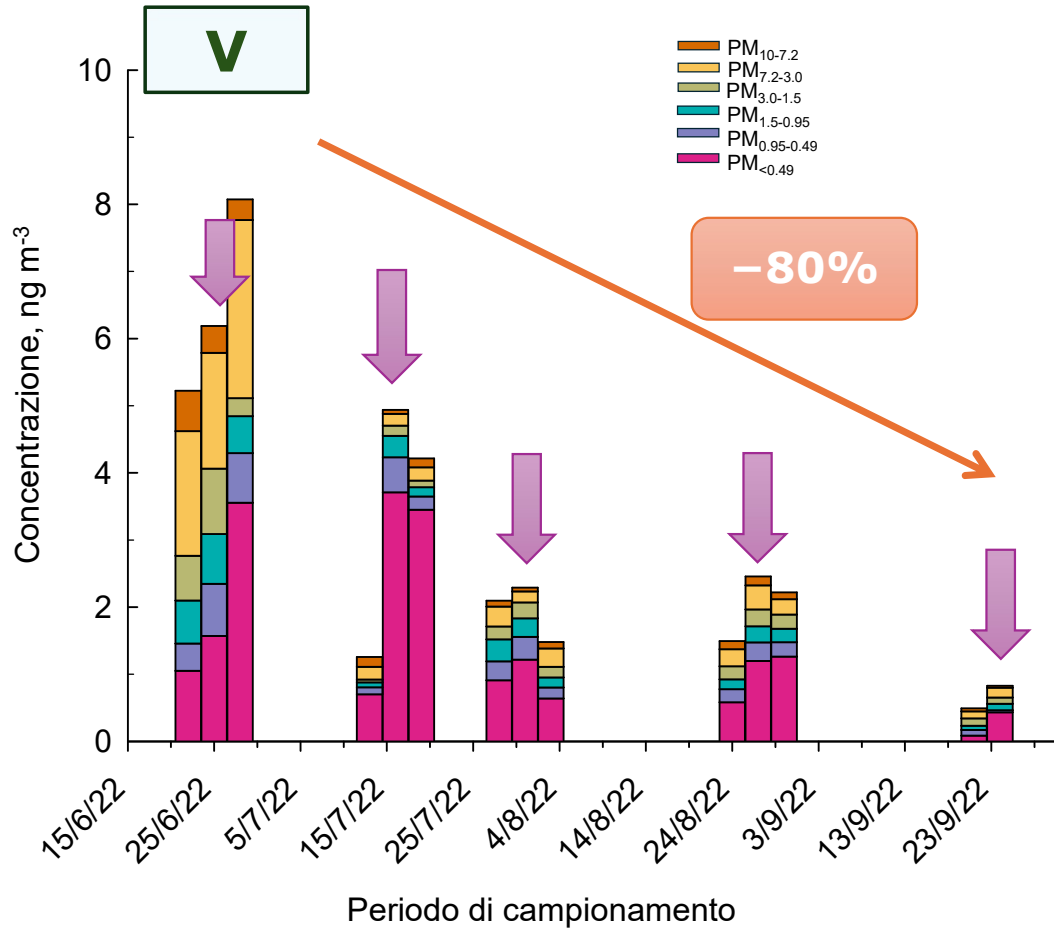
Cr<sub>PM10</sub>: 6.1 ± 1.7 ngm<sup>-3</sup>

Andamento costante



# Risultati e Discussione

## Evoluzione stagionale



$$V_{PM_{10}}: 3.9 \pm 2.3 \text{ ng m}^{-3}$$

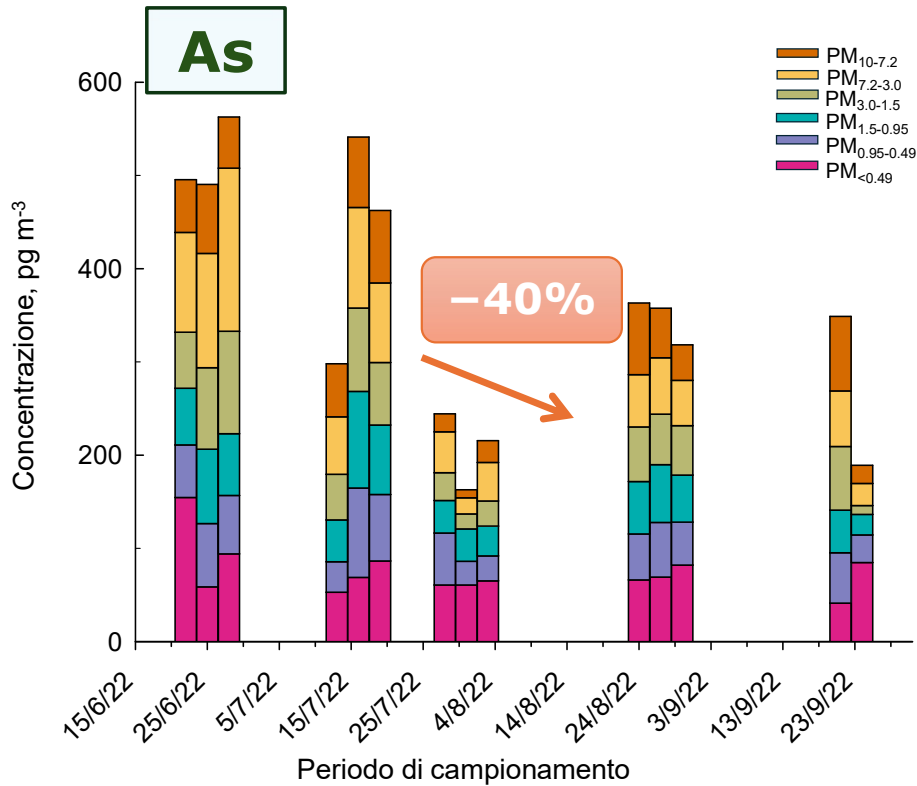
Diminuzione durante la stagione estiva

Aumento di ~30% nel fine settimana

TRAFFICO MARITTIMO?

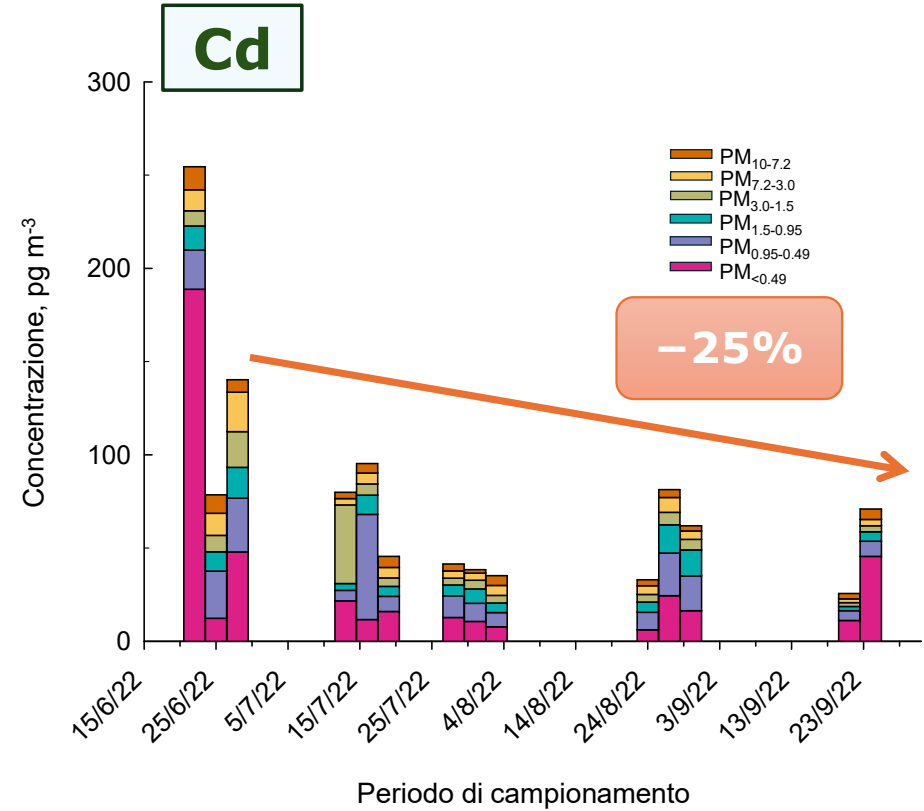
# Risultati e Discussione

## Evoluzione stagionale



$\text{As}_{\text{PM}_{10}}: 361 \pm 132 \text{ pg m}^{-3}$

Andamento costante



$\text{Cd}_{\text{PM}_{10}}: 77 \pm 60 \text{ pg m}^{-3}$

Andamento pressoché costante

Diminuzione a Agosto come per As

# Risultati e Discussione

## Distribuzione dimensionale

ACM → 0.1 < Dp < 1.0 μm  
 CM1 → 1.0 < Dp < 3.0 μm  
 CM2 → 3.0 < Dp < 10 μm

**BIMODALE**

**TRIMODALE**

GRUPPO 1

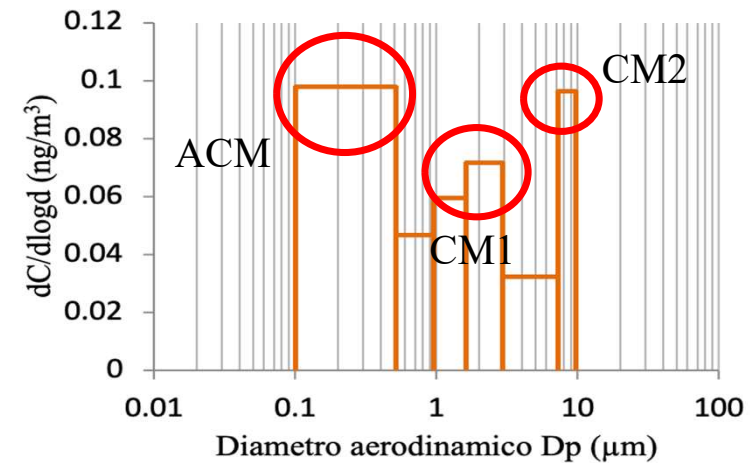
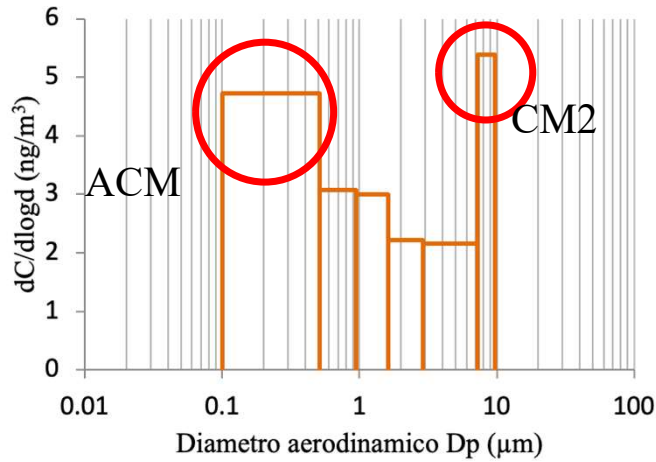
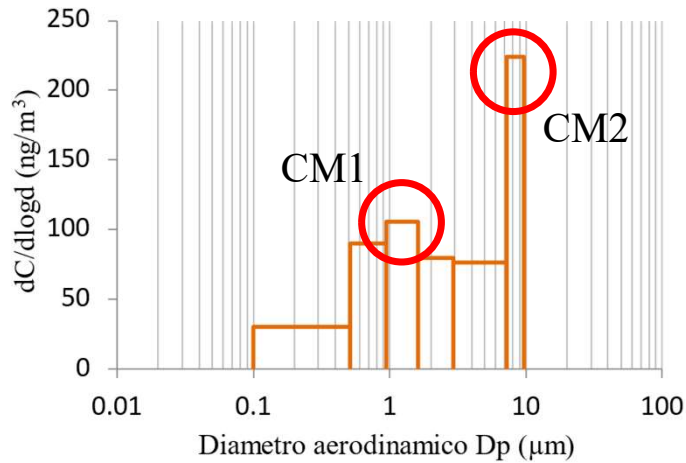
GRUPPO 2

GRUPPO 3

Al Fe Mn  
 Cr Cu As  
 Moda CM1 e CM2

Cd Pb  
 Moda ACM e CM2

Ni V  
 Moda ACM CM1 CM2



# Risultati e Discussione

## Distribuzione dimensionale

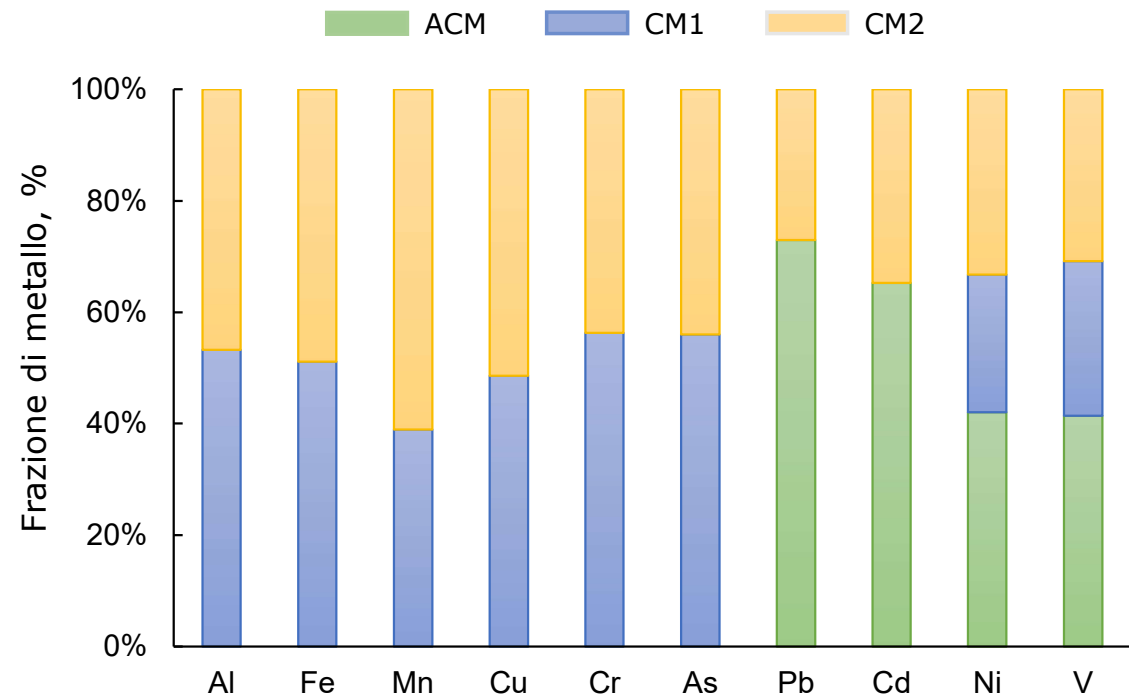
### GRUPPO 1

- Al e Fe equamente distribuiti (CM1 = CM2 = ~50% del PM<sub>10</sub>)
- Cr e As maggiormente presenti in CM1 (~60% del PM<sub>10</sub>)
- Cu sembra equidistribuito (CM1 = CM2 = ~50% del PM<sub>10</sub>)
- Mn maggiormente presente in CM2 (~60% del PM<sub>10</sub>)

ACM → 0.1 < D<sub>p</sub> < 1.0 μm

CM1 → 1.0 < D<sub>p</sub> < 3.0 μm

CM2 → 3.0 < D<sub>p</sub> < 10 μm



# Risultati e Discussione

## Distribuzione dimensionale

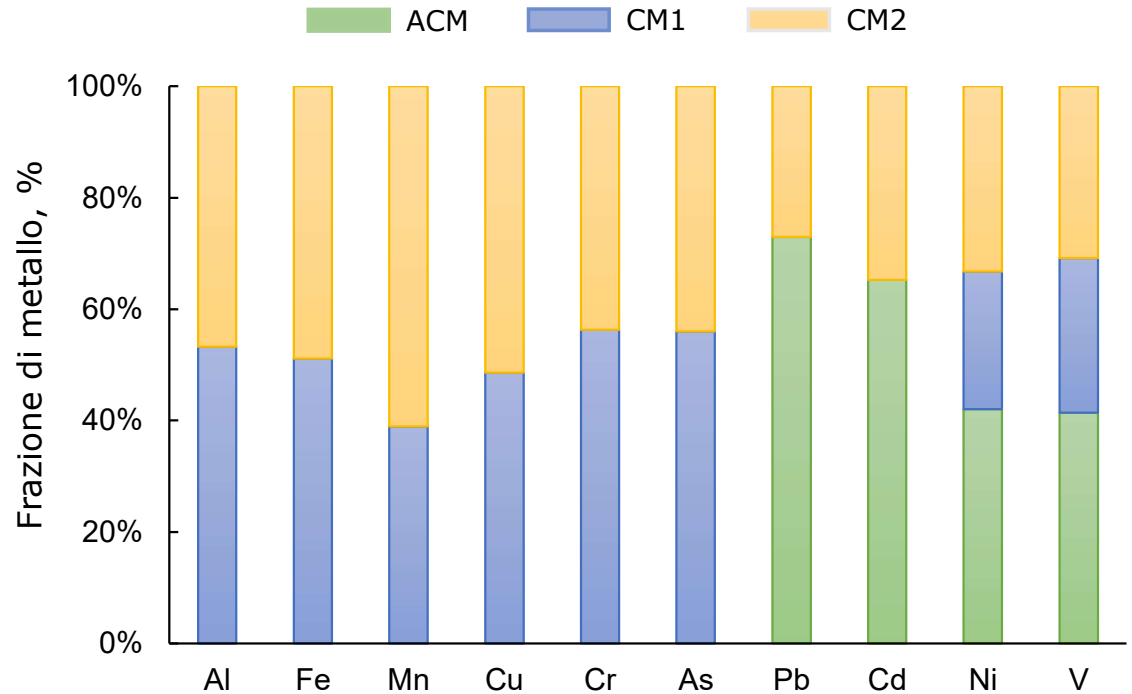
ACM →  $0.1 < D_p < 1.0 \mu\text{m}$   
 CM1 →  $1.0 < D_p < 3.0 \mu\text{m}$   
 CM2 →  $3.0 < D_p < 10 \mu\text{m}$

### GRUPPO 2

- Cd e Pb maggiormente presenti in ACM (~70% del PM<sub>10</sub>)

### GRUPPO 3

- Ni e V maggiormente presenti nella frazione grossolana (ACM ~40% del PM<sub>10</sub>)



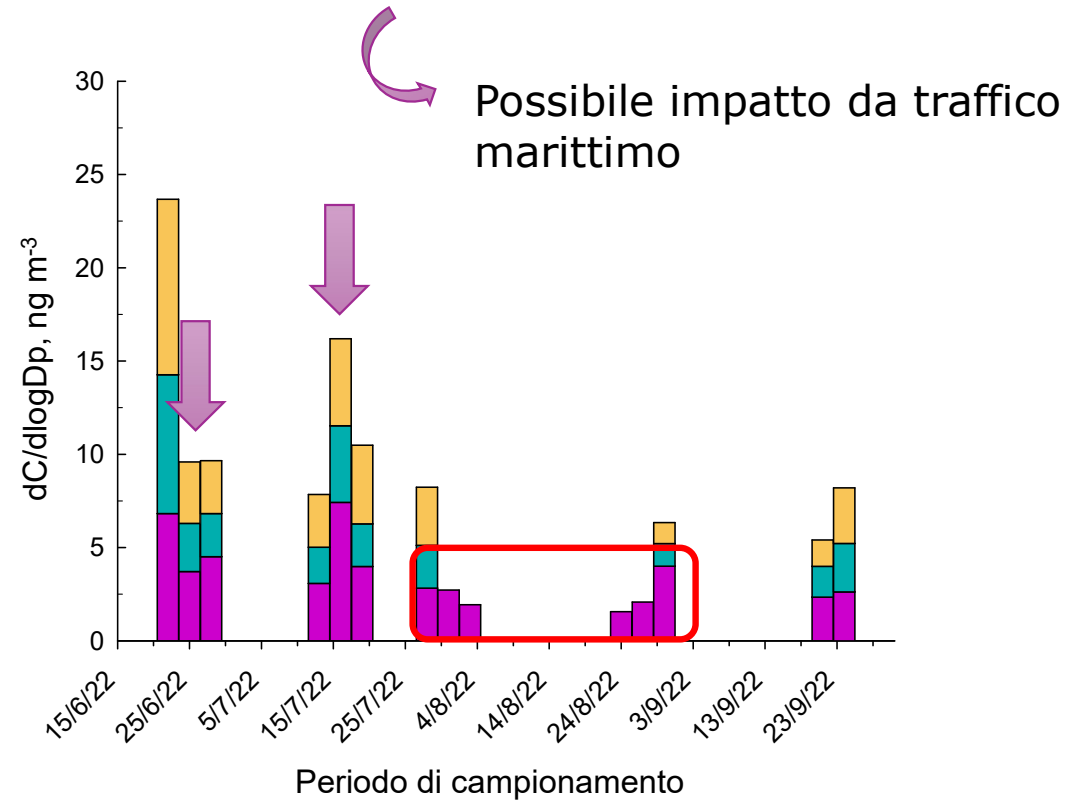
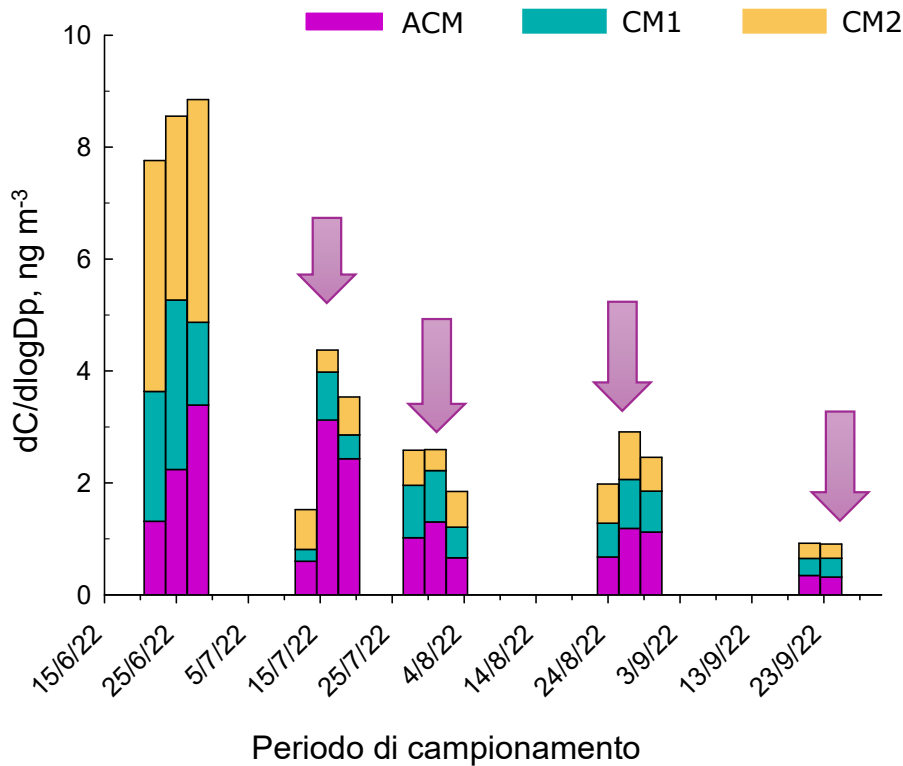
# Risultati e Discussione

## Distribuzione dimensionale

### GRUPPO 3

ACM →  $0.1 < D_p < 1.0 \mu\text{m}$   
 CM1 →  $1.0 < D_p < 3.0 \mu\text{m}$   
 CM2 →  $3.0 < D_p < 10 \mu\text{m}$

- Ni e V: frazione fine aumenta nel fine settimana (V, ~40 %; Ni, ~25-30 %)



# Risultati e Discussione

## Fattori di arricchimento

$$EF_m = \frac{(C_m/C_{Al})_{PM}}{(C_m/C_{Al})_{UCC}}$$

$EF < 10$  No o lievemente arricchito  
 $10 < EF < 100$  moderatamente arricchito  
 $EF > 100$  Fortemente arricchito

GRUPPO 1:  $1 < EF < 5$

**Fe** → NON ARRICCHITO

GRUPPO 2:  $5 < EF < 10$

**Mn**

**As**

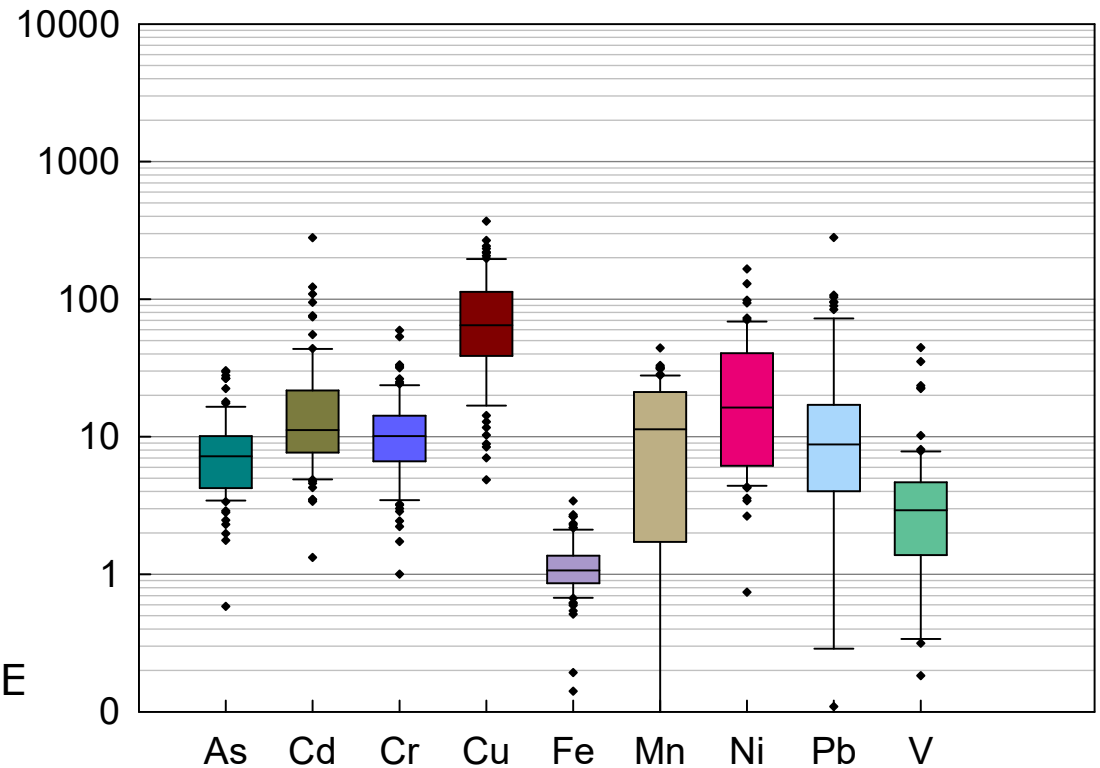
**Pb**

**V**

**Cr**

**Cd**

→ DUPLICE ORIGINE (NATURALE E ANTROPICA)



# Risultati e Discussione

## Fattori di arricchimento

$$EF_m = \frac{\left(\frac{C_m}{C_{Al}}\right)_{PM}}{\left(\frac{C_m}{C_{Al}}\right)_{UCC}}$$

$EF < 10$  origine geogenica  
 $10 < EF < 100$  moderatamente arricchito  
 $EF > 100$  Fortemente arricchito

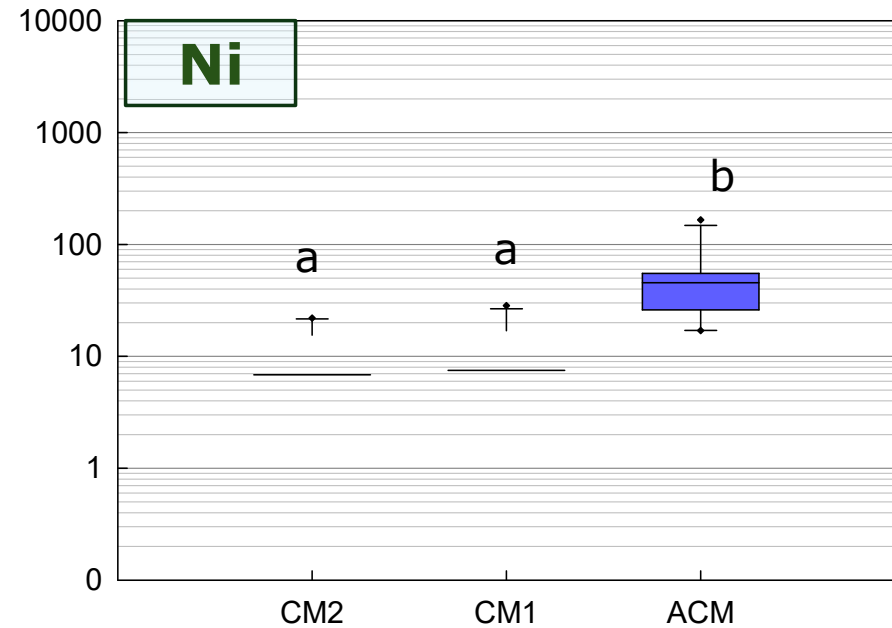
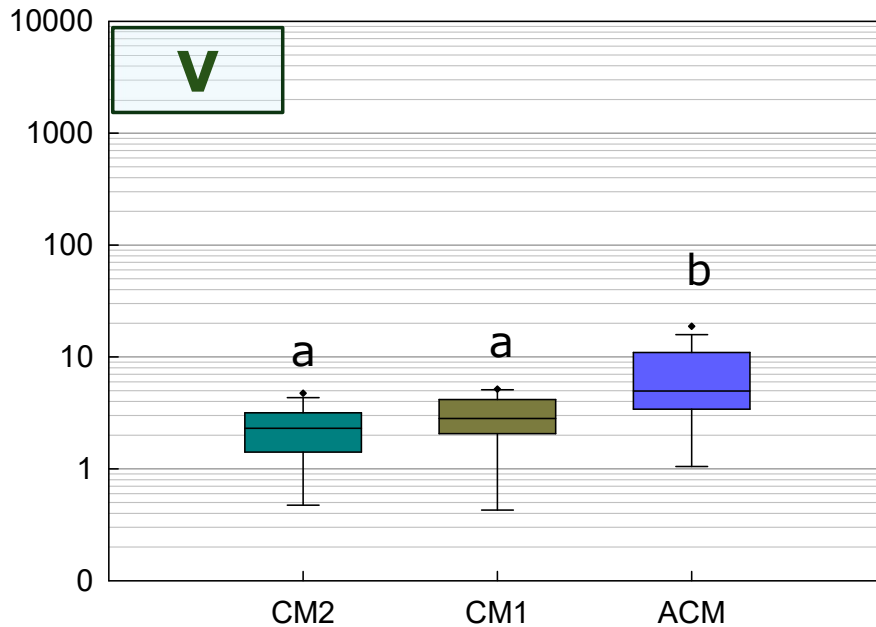
GRUPPO 2:  $5 < EF < 10$

- V e Ni: alti valori di EF per la frazione più fine

- V:  $1 < EF_{ACM} < 10$
- Ni:  $10 < EF_{ACM} < 100$



Sorgenti: Combustione di oli pesanti (mezzi navali)



a,b statisticamente significativo ( $p < 0.05$ )



# Risultati e Discussione

## Fattori di arricchimento

GRUPPO 2:  $5 < EF < 10$

$$EF_m = \frac{\left(\frac{C_m}{C_{Al}}\right)_{PM}}{\left(\frac{C_m}{C_{Al}}\right)_{UCC}}$$

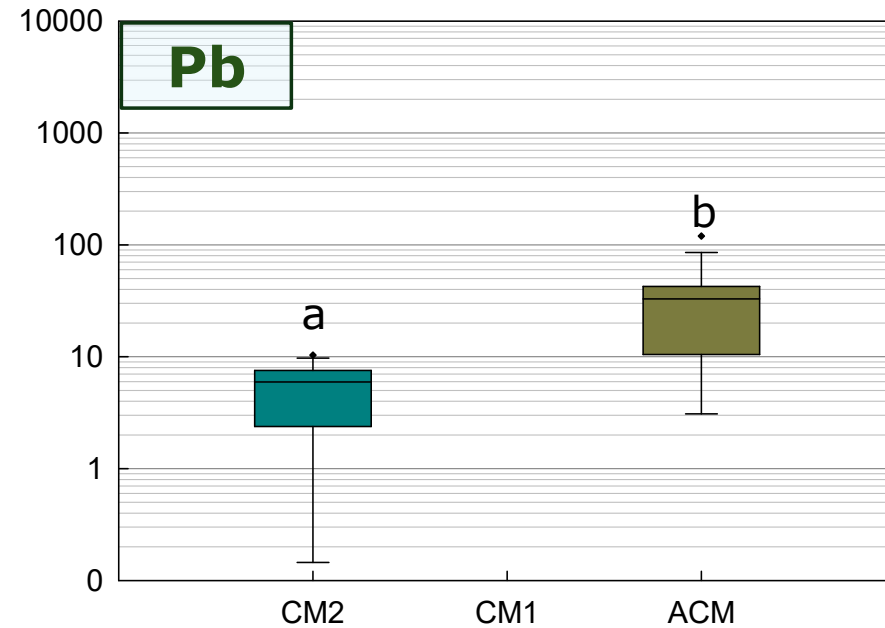
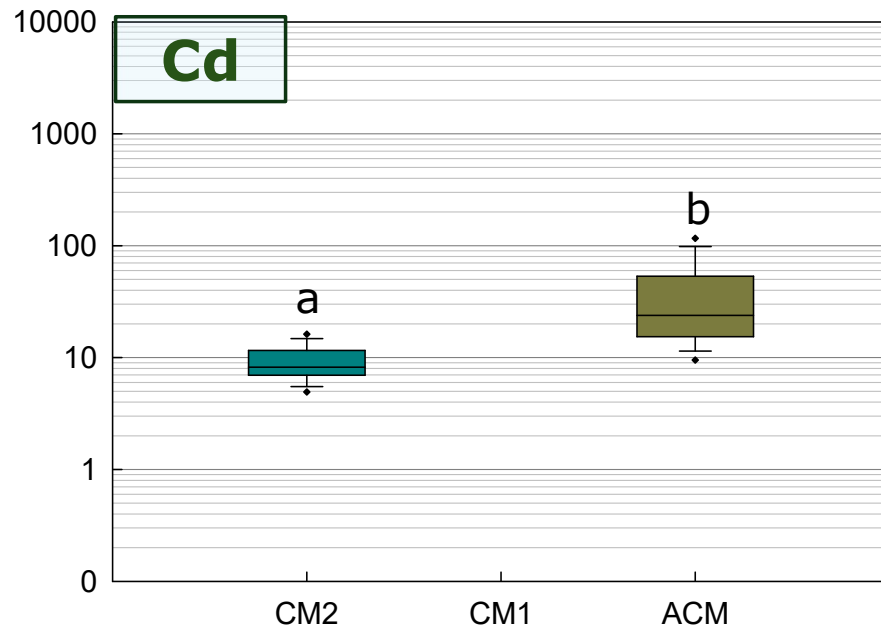
$EF < 10$  origine geogenica  
 $10 < EF < 100$  moderatamente arricchito  
 $EF > 100$  Fortemente arricchito

- Cd e Pb: alti valori di EF per la frazione più fine

- Cd:  $10 < EF_{ACM} < 100$
- Pb:  $10 < EF_{ACM} < 100$



Sorgenti: traffico veicolare, combustione di biomassa



a,b statisticamente significativo ( $p < 0.05$ )

# Risultati e Discussione

## Fattori di arricchimento

$$EF_m = \frac{\left(\frac{C_m}{C_{Al}}\right)_{PM}}{\left(\frac{C_m}{C_{Al}}\right)_{UCC}}$$

EF < 10 origine geogenica  
 10 < EF < 100 moderatamente arricchito  
 EF > 100 Fortemente arricchito

GRUPPO 3: 10 < EF < 100

Cu

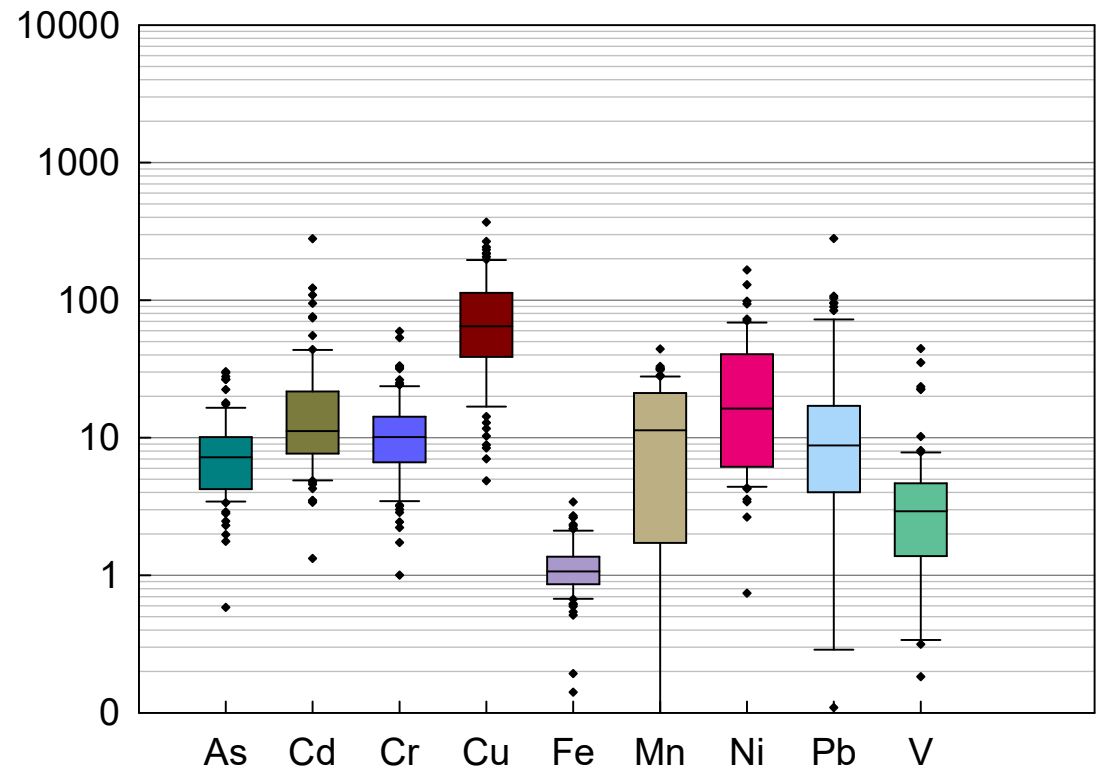
Ni



ORIGINE  
ANTROPICA

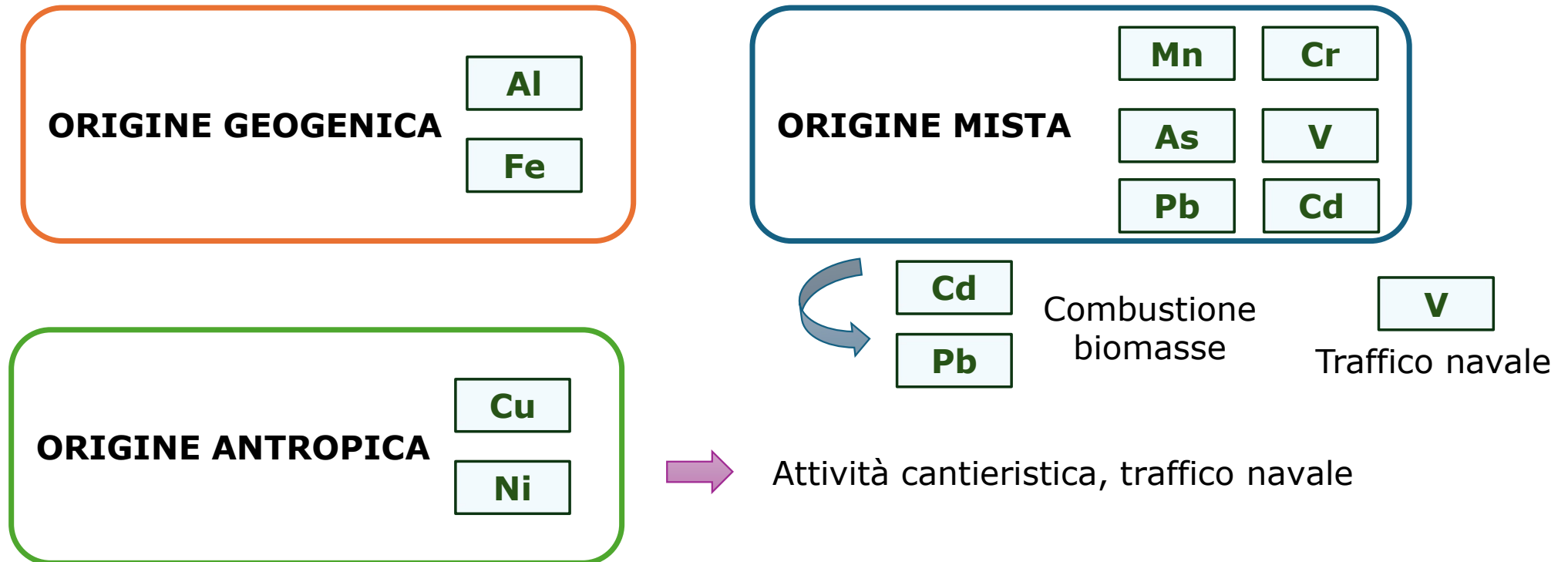


ATTIVITÀ PORTUALE  
TRAFFICO VEICOLARE



# Conclusioni

- Risultati preliminari di un primo studio sulla distribuzione dimensionale di alcuni elementi in tracce nel particolato atmosferico dell'area di Ancona
- L'analisi della distribuzione dimensionale e dei fattori di arricchimento ha evidenziato:





Grazie per l'attenzione