



## Test biologici di effetto e *Source Apportionment*: nuove metriche per il monitoraggio del PM<sub>10</sub>

Secondo Barbero<sup>1</sup>, Luisella Bardi<sup>1</sup>, Manuela Bernardi<sup>1</sup>, Sara Bonetta<sup>2</sup>, Enrico Brizio<sup>1</sup>, Giovanni D'Amore<sup>1</sup>, Marco Fontana<sup>1</sup>, Marta Gea<sup>1</sup>, Daniele Marangon<sup>1</sup>, Francesco Antonio Pitasi<sup>1</sup>, Milena Sacco<sup>1</sup>, Tiziana Schilirò<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ARPA Piemonte

<sup>2</sup>DSSPP, Università degli Studi di Torino

# EFFETTI SULLA SALUTE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO (PM)

Inquinamento atmosferico (PM)

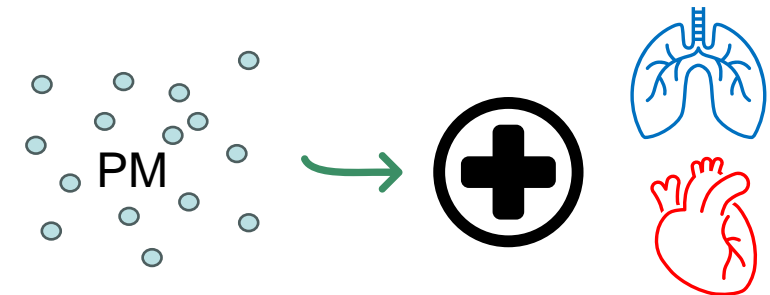


cruciale fattore di rischio ambientale per la salute in Europa



Esposizione al PM causa effetti sulla salute dell'uomo:

- provoca e aggrava le malattie respiratorie e cardiovascolari (es. malattie cardiache, ictus, cancro ai polmoni);
- cancerogeno per l'uomo (gruppo 1 IARC).

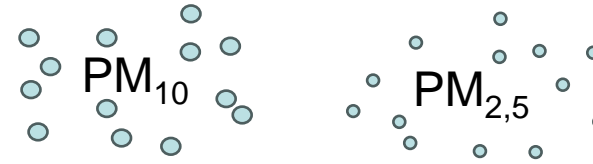


Monitoraggio del PM → strumento a supporto di politiche di contenimento e di mitigazione degli impatti sulla salute dovuti al PM.

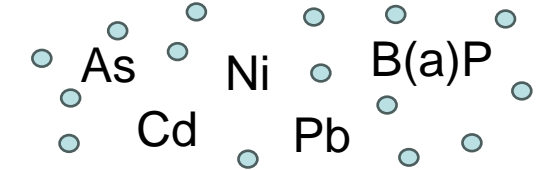
# MONITORAGGIO DEL PM: METODICHE TRADIZIONALI E NUOVE NECESSITA'

Monitoraggio tradizionale (D. Lgs.155/2010):

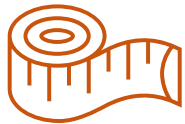
Massa ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



specifici inquinanti adsorbiti sul PM<sub>10</sub> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )



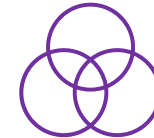
**Tossicità PM** → **variabile** in funzione della composizione **complessiva** del PM



→ necessità di **nuove metriche di monitoraggio** maggiormente indicative dei potenziali effetti sulla salute



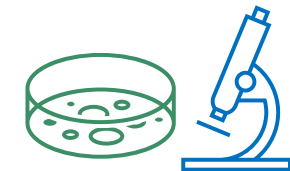
→ necessità di **conoscere la tossicità** delle particelle prodotte da varie **fonti**



→ disporre di **fattori di tossicità differenziali** (in base alla composizione attesa) del PM

Utilizzo di **test biologici di effetto**

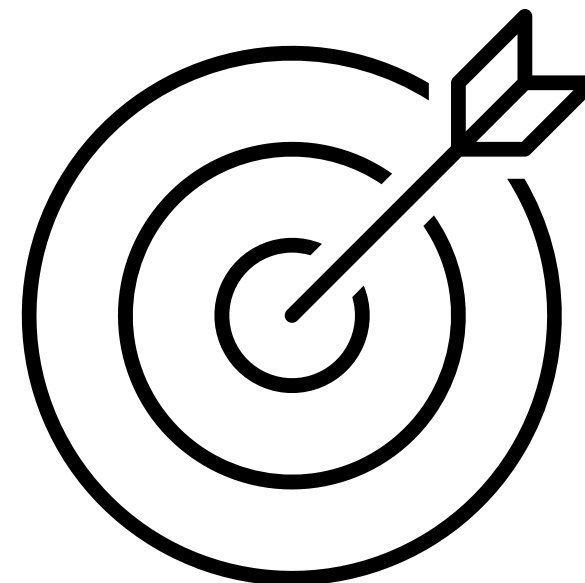
→ Effetto biologico **complessivo** su cellule di mammifero o batteri





## OBIETTIVI DELLO STUDIO

- utilizzare una **batteria di test biologici** per monitorare la qualità del  $PM_{10}$ 
  - porre le basi scientifiche per identificare **nuove metriche di valutazione** basate sull'effetto biologico del PM e non solo sulla sua composizione chimica e di massa (indice di tossicità)
- valutare gli **effetti biologici del  $PM_{10}$  caratterizzato** attraverso la **speciazione chimica**
  - individuare i contributi delle diverse **componenti del PM**



# MATERIALI E METODI



Il PM<sub>10</sub> è stato campionato (24 h)  
in due siti in sincrono (progetto *Prepair*)

Torino (TO)  
urbano di *background*

Cavallermaggiore (CN)  
suburbano di *background*

in due periodi:



giugno 2023  
(6 giorni)



gennaio 2024  
(6 giorni)



Sui campioni è stata effettuata:



## Speciazione chimica

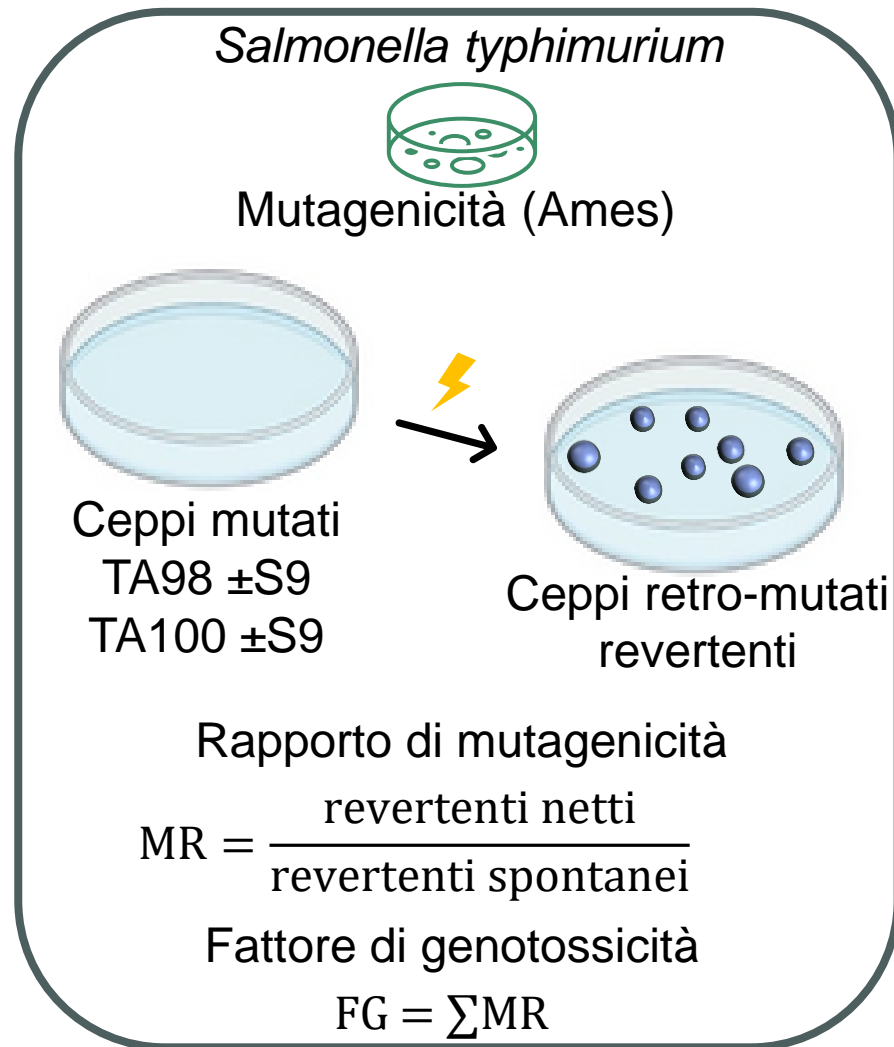
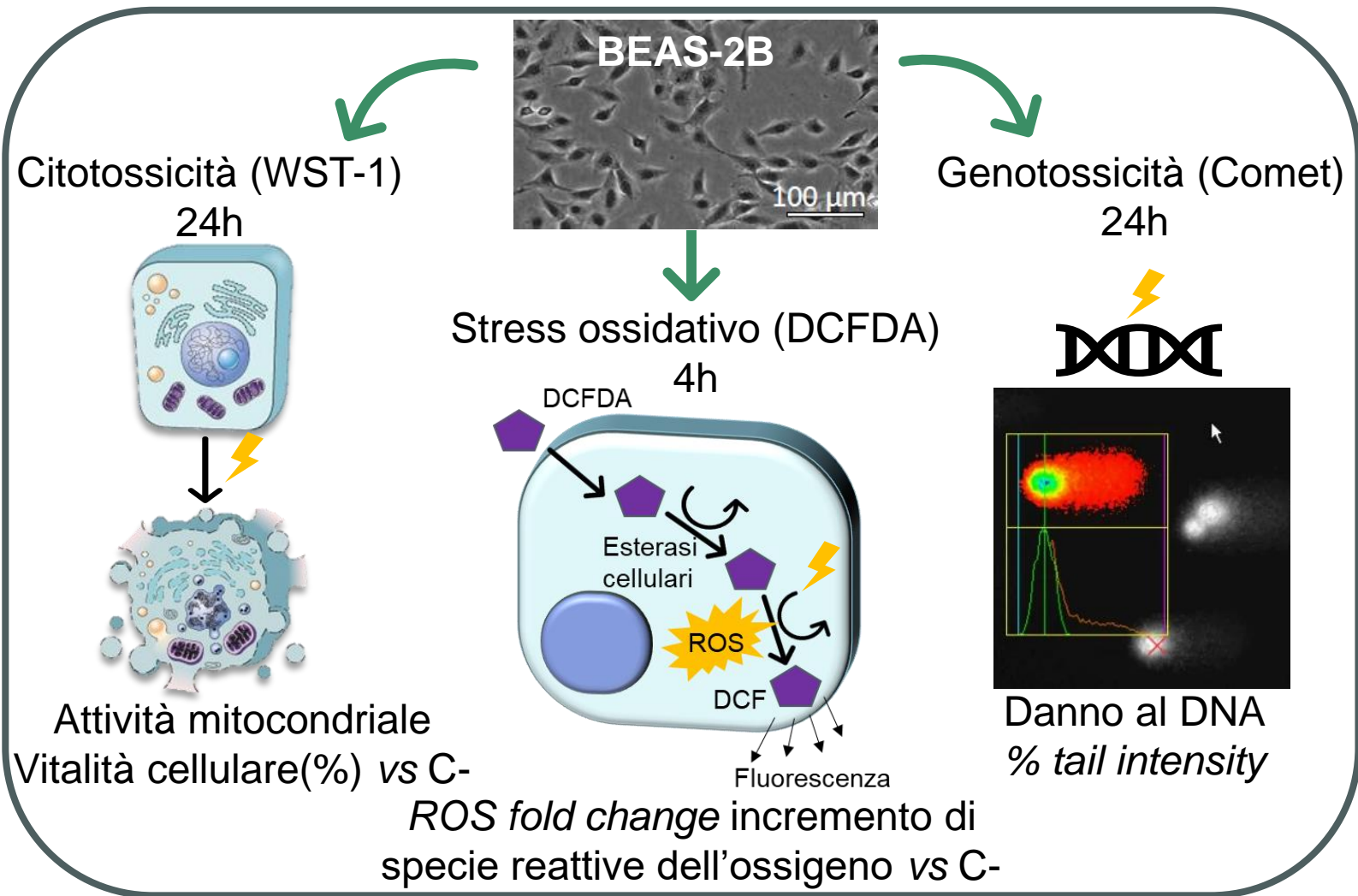
- Elementi: Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb e Pb
- Cationi: Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>
- Anioni: Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>
- IPA: BaA, Chry, BbF+BjF+BkF, BaP, IcdP, BghiP
- Zucchero: Levoglucosano
- Composto carbonioso: OC (carbonio organico) e EC (carbonio elementare)



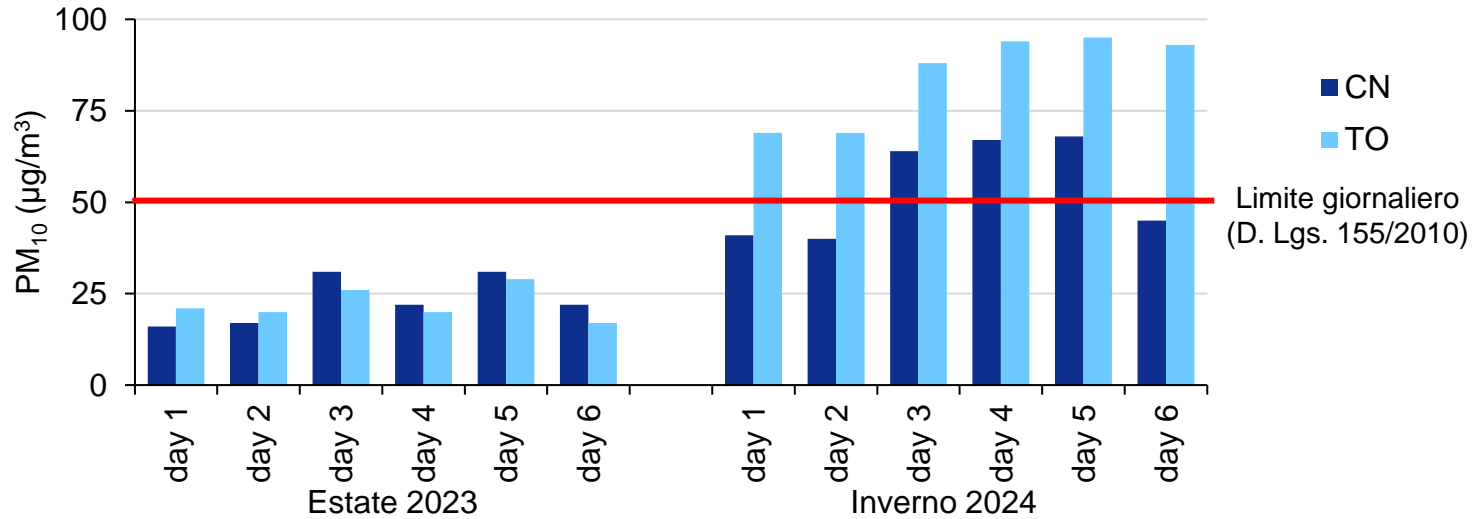
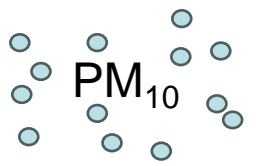
Estrazione organica  
(acetone-cicloesano 1:1)

# MATERIALI E METODI

L'estratto organico è stato analizzato attraverso una batteria di test biologici di effetto:

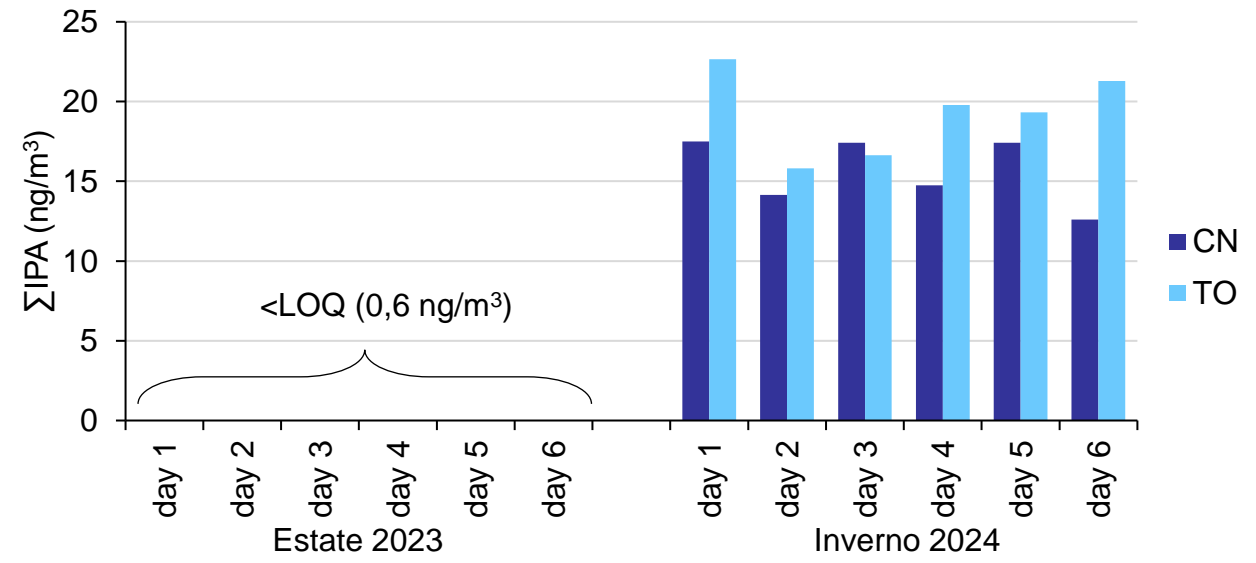


# RISULTATI – concentrazioni di PM e di IPA

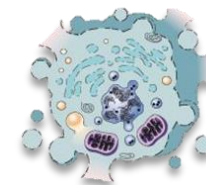


- Concentrazioni PM al m<sup>3</sup> di aria:
- inferiori in estate vs inverno
  - simili nei due siti in estate
  - maggiori a TO in inverno
  - Numerosi superamenti in inverno

- Concentrazioni IPA (ΣIPA) al m<sup>3</sup> di aria:
- inferiori in estate vs inverno
  - generalmente maggiori a TO in inverno



# RISULTATI – citotossicità (WST-1)

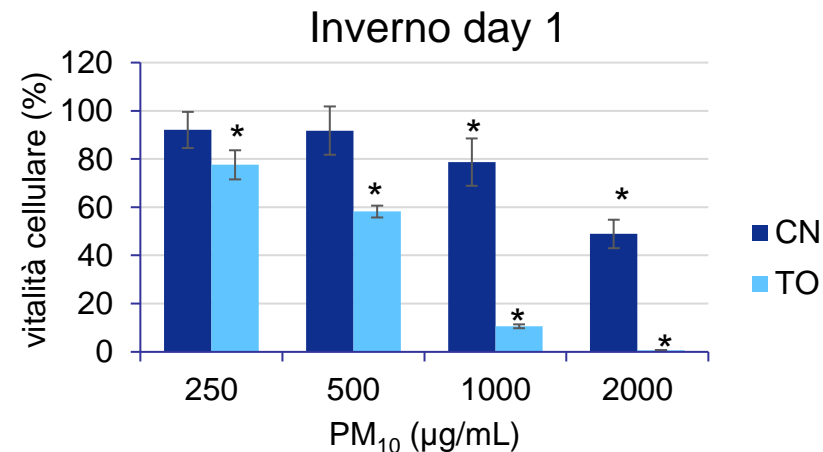


L'estratto organico è stato analizzato a parità di massa di PM (dosi 250 - 2000 µg/mL)  
 → **Citotossicità specifica** del particolato  
 → NON considerata la concentrazione in aria

Prima dose con effetto significativo\* (µg/mL)

	CN	TO
Estate	day 1	500
	day 2	1000
	day 3	1000
	day 4	1000
	day 5	1000
	day 6	ns
Inverno	day 1	250
	day 2	1000
	day 3	500
	day 4	1000
	day 5	2000
	day 6	2000

- Inverno più citossico dell'estate
- Citotossicità variabile nello stesso sito in funzione del giorno di campionamento (es. TO in inverno)
- Citotossicità variabile nello stesso giorno in funzione del sito di campionamento (es. day 1 inverno)



ns = effetto non significativo  
 \*Kruskal-Wallis – pairwise comparisons



# RISULTATI – stress ossidativo (DCFDA)



L'estratto organico è stato analizzato a parità di massa di PM (dosi 250 - 2000 µg/mL)  
 → Livello di **stress ossidativo specifico** del PM  
 → NON considerata la concentrazione in aria

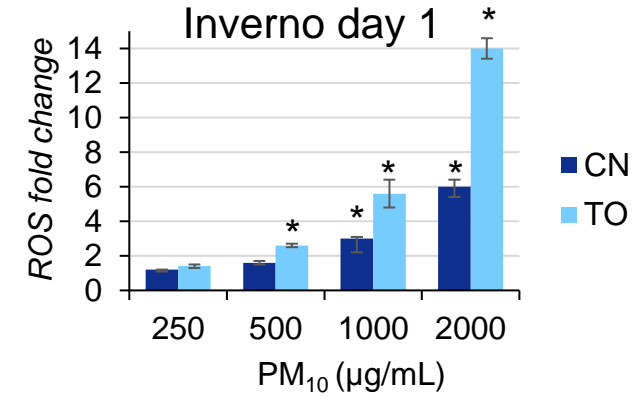
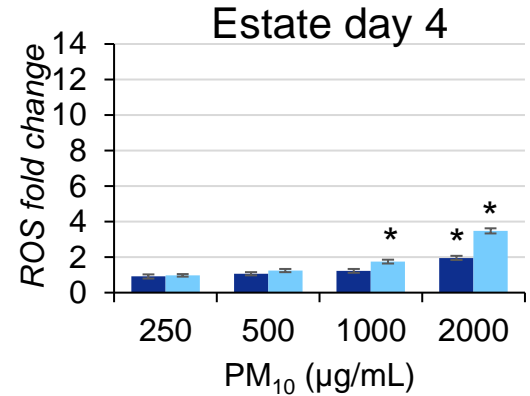
Prima dose con effetto significativo\* (µg/mL)

Estate

	CN	TO
day 1	2000	ns
day 2	2000	2000
day 3	2000	1000
day 4	2000	1000
day 5	2000	1000
day 6	ns	ns

Inverno

day 1	1000	500
day 2	2000	1000
day 3	500	1000
day 4	1000	1000
day 5	2000	2000
day 6	1000	1000



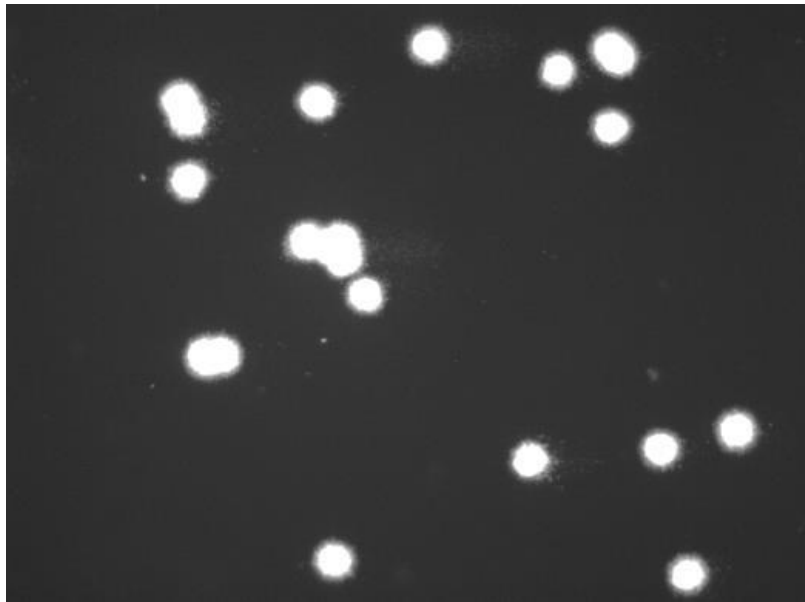
- Estate max ROS fold change = 3,5
- Inverno max ROS fold change = 14
- Stress ossidativo variabile nello stesso sito in funzione del giorno di campionamento (es. TO in inverno)
- Stress ossidativo variabile nello stesso giorno in funzione del sito di campionamento (es. day 1 inverno)

## RISULTATI - genotossicità (Comet test)

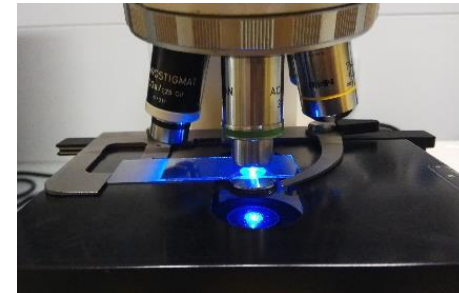
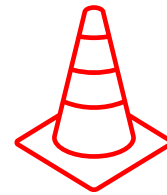
L'estratto organico è stato analizzato a parità di massa di PM (dosi 250 - 2000 µg/mL)

→ **Genotossicità specifica** del PM

→ NON considerata la concentrazione in aria



- Estratti estivi = nessun effetto genotossico significativo
- Analisi degli estratti invernali ancora in corso...



## RISULTATI – mutagenicità del PM (Ames)

L'estratto organico è stato analizzato a parità di massa di PM (dosi 100 - 1800 µg/piastra)

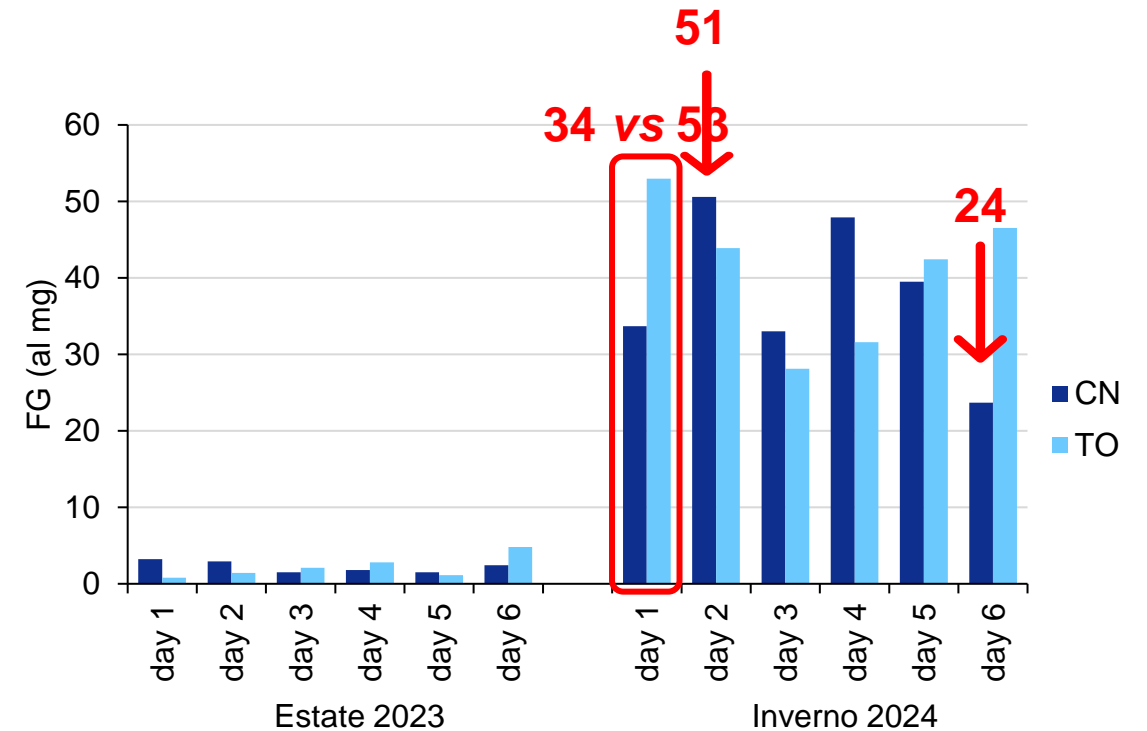
→ **Mutagenicità specifica** del PM

→ NON considerata la concentrazione in aria



Fattore di Genotossicità (FG) relativo ad 1000 µg di PM:

- inferiore in estate vs inverno
- in inverno variabile nello stesso sito in funzione del giorno di campionamento
- in inverno variabile nello stesso giorno in funzione del sito di campionamento.



# RISULTATI – confronto tra effetto biologico e speciazione chimica

## Mutagenicità (Ames)

Campioni invernali, sito di TO:

- incremento dell'effetto biologico al crescere del contenuto di Carbonio Organico (OC%), Levoglucosano (%),  $\Sigma$ IPA(%), B(a)P(%).

Campioni invernali, sito di CN:

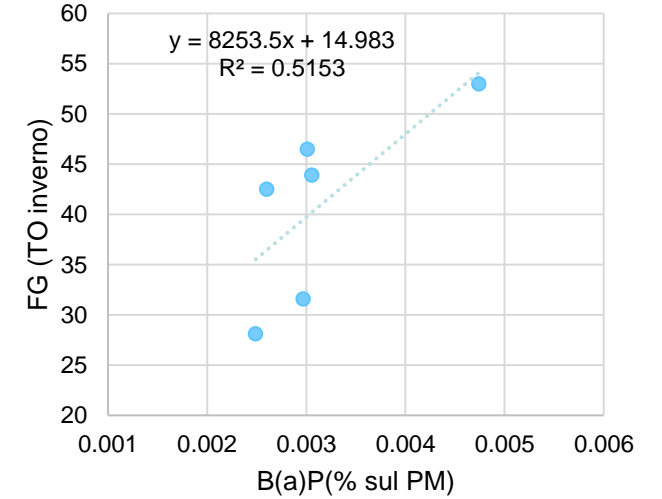
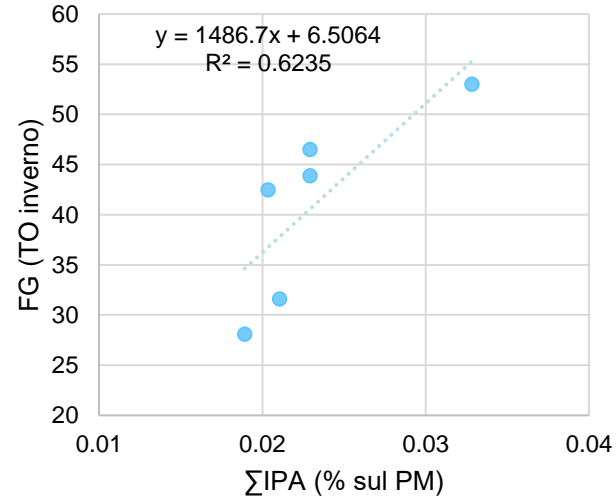
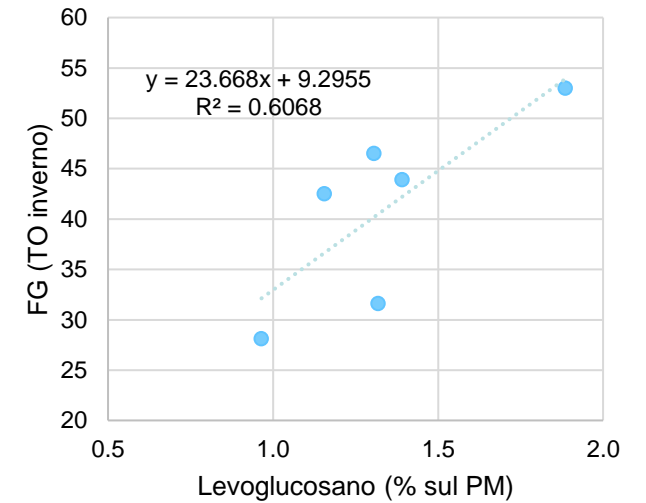
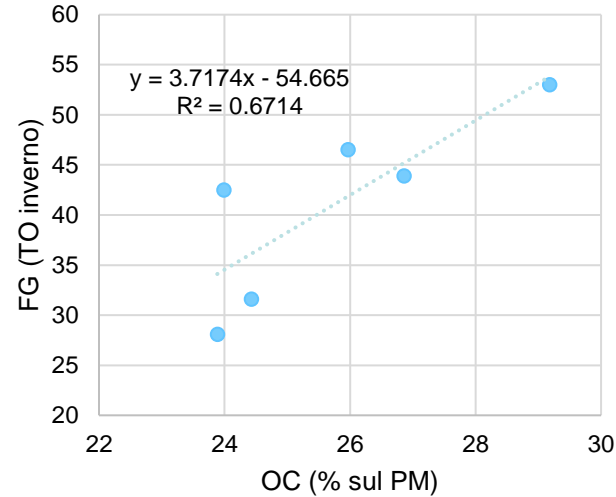
- andamento non evidente

- ➔ Importanza della composizione chimica nel determinare gli effetti biologici.
- ➔ Complessità della relazione tra composizione chimica ed effetto biologico

Dati preliminari

Numerosità limitata

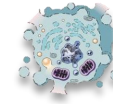
Fattori non ancora considerati (es. fonti di emissione)



## CONCLUSIONI – parte I

= massa PM<sub>10</sub> ≠ effetto biologico

Citotossicità



Stress ossidativo ROS



Mutagenicità

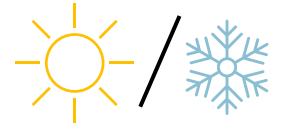


Effetto biologico variabile in funzione di

Sito (non sempre peggiore a TO)



Stagione (generalmente peggiore in inverno)



Giorno di campionamento (principalmente in inverno)



Capacità dei test di misurare diversi livelli di tossicità a parità di massa

→ **Idoneità** dei test per definire la tossicità specifica del PM e quindi per costruire **nuove metriche** di monitoraggio.

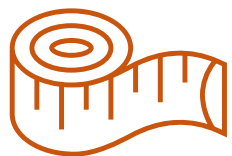
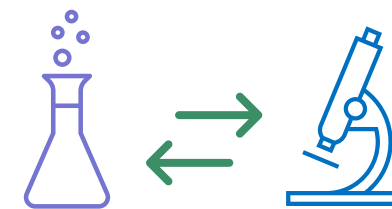
La tossicità variabile in funzione dei test applicati (diversi *endpoint*)

→ **Necessità** di costruire metriche/indici basati su una **batteria di test**

## CONCLUSIONI – parte II

Confronto tra speciazione chimica ed effetto (dati preliminari):

- ➔ Importanza della composizione chimica per definire la tossicità del PM
- ➔ Complessità della relazione tra composizione ed effetto



Lo studio fornisce informazioni utili per **costruire un indice di tossicità** del PM che possa essere impiegato come **metrica evoluta** rispetto all'attuale standard gravimetrico.

Evidenza la **necessità di costruire una metrica adeguata** di valutazione che possa **indirizzare politiche di contenimento** efficaci per **ridurre l'impatto** del PM sull'ambiente e sulla salute dell'uomo.





***Grazie per l'attenzione!***

