



**POLITECNICO  
DI MILANO**



**LEAP**

Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza



## **Misure di esposizione umana lungo percorsi cittadini**

Giovanna Ripamonti<sup>a</sup>, Stefano Signorini<sup>b</sup>

<sup>a</sup> DIIAR, Politecnico di Milano, Milano, Italy

<sup>b</sup> Consorzio LEAP, Politecnico di Milano, Piacenza, Italy



- Valutazione, tramite strumentazione portatile, delle concentrazioni di particolato a cui si è esposti muovendosi nell'area cittadina mediante differenti modalità di trasporto;
- Confronto tra i diversi mezzi di locomozione;
  - Confronto delle diverse tipologie di percorsi ciclabili;
- Valutazione, sempre tramite strumentazione portatile, delle concentrazioni di particolato a cui si è esposti muovendosi a piedi nell'area cittadina lungo percorsi che attraversano diverse tipologie di aree;
  - Valutazione della variabilità spaziale delle concentrazioni di particolato.



Le concentrazioni di particolato (concentrazioni in numero di particelle) sono state rilevate utilizzando strumenti portatili capaci di campionare ad alta risoluzione temporale (1 minuto):

- Optical Particle Counter (Contec Engineering PersonalDustMonit, Italy)
  - **Intervallo dimensionale: 300 nm    10  $\mu$ m (8 classi dimensionali)**
    - Misura del Particolato Fine e Grossolano
- Condensational Particle Counter (TSI P-TRAK Ultrafine Particle Counter 8525, USA)
  - **Intervallo dimensionale 20 nm    1  $\mu$ m (1 classe dimensionale)**
    - Misura del Particolato Ultrafine

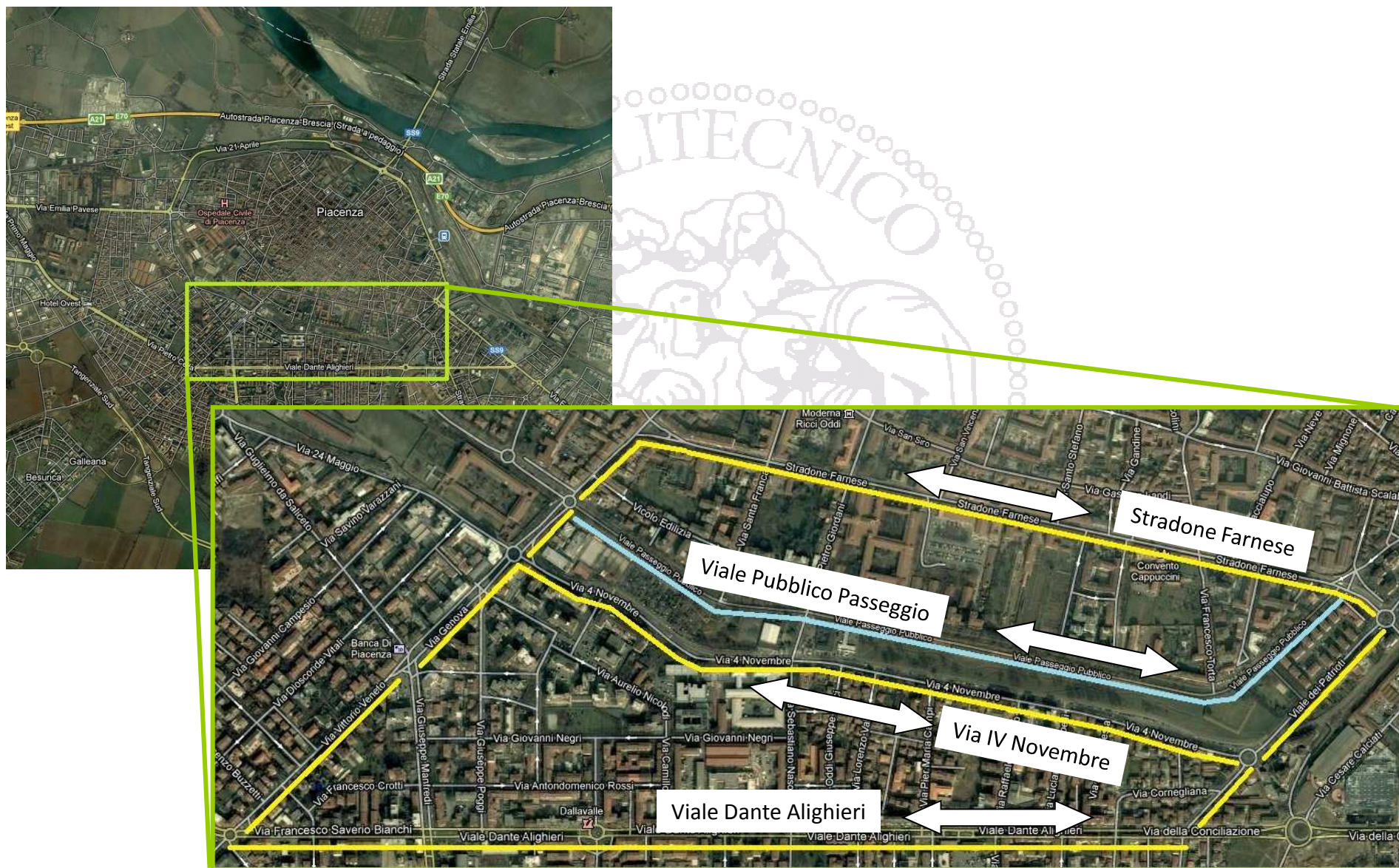


- Periodo: Una settimana a Luglio 2011 ed una settimana a Settembre 2011
- Mezzi di trasporto indagati:
  - Bicicletta;
  - Autobus;
  - Automobile.
- Modalità campionamento:
  - Misure lungo un percorso ripetuto consecutivamente con i tre mezzi di trasporto;
  - Due ripetizioni giornaliere durante le ore di punta del traffico:
    - Mattino: dalle ore 8:00 alle ore 9:30;
    - Sera: dalle ore 17:00 alle ore 18:30.





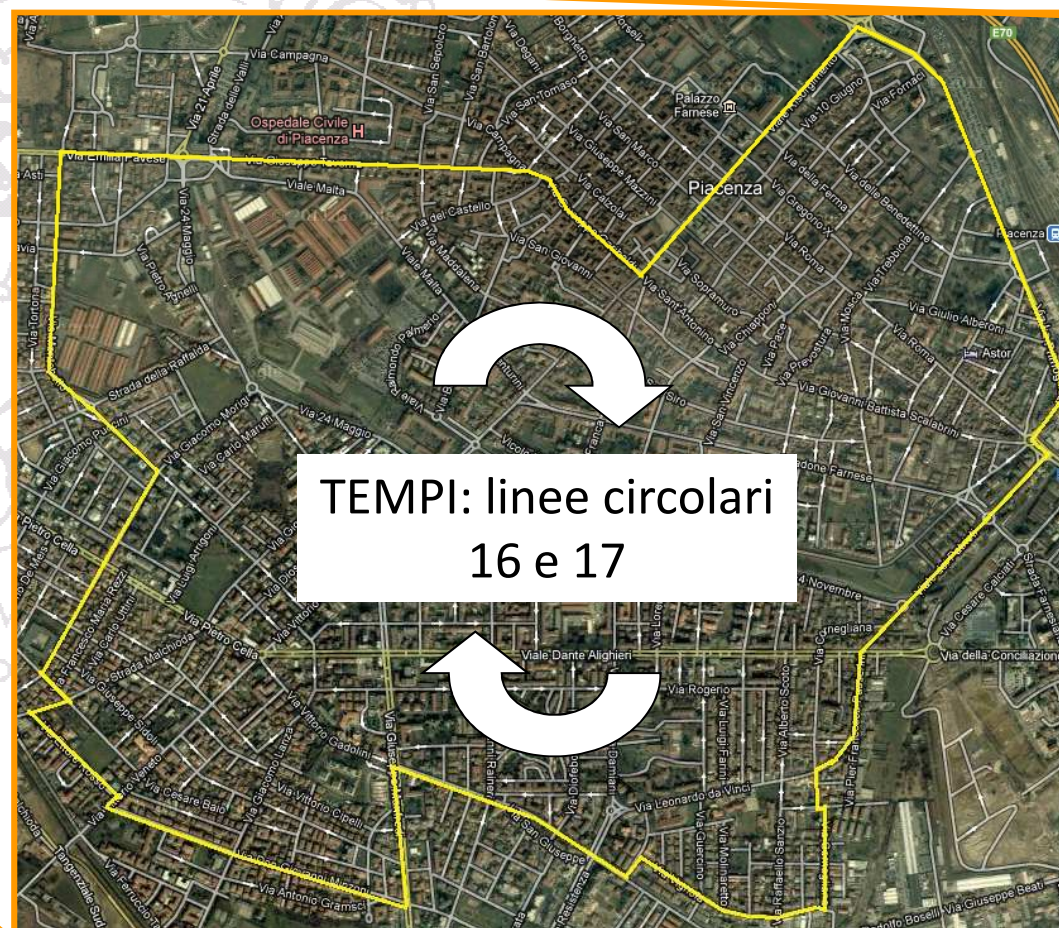
# Metodo: percorso bicicletta ed automobile







## Metodo: percorso autobus







## Metodo: strumentazione





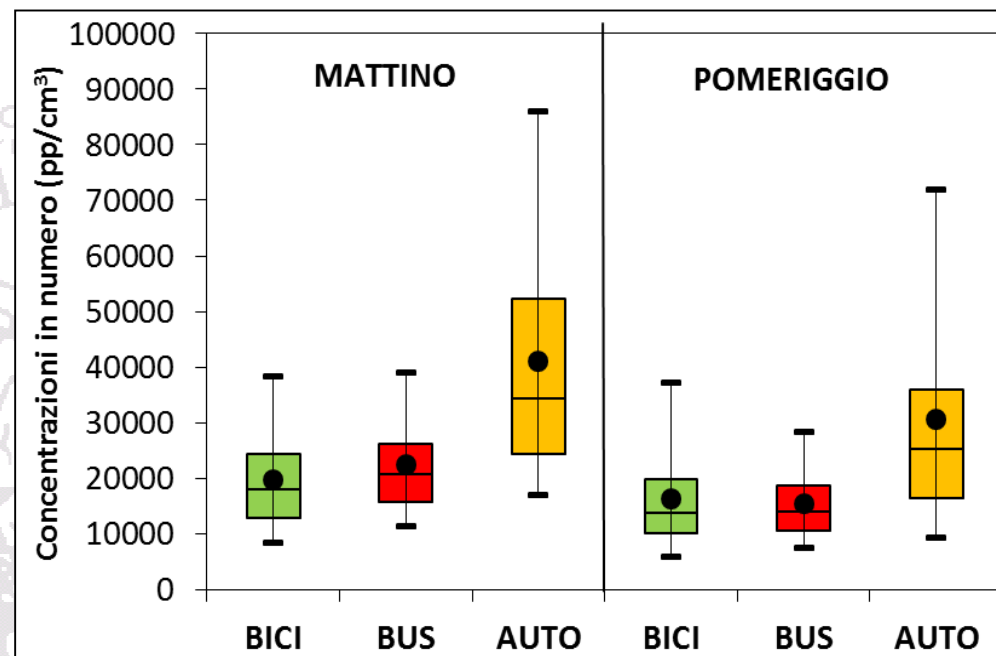
## Risultati: Confronto tra mezzi di trasporto

### PARTICOLATO ULTRAFINE

- Picchi istantanei elevati (40000-90000 pp/cm<sup>3</sup>) caratterizzano tutti i mezzi di trasporto
- Livelli medi simili per percorsi in bicicletta e bus
- Livelli medi più alti (circa 2 volte maggiori) ed elevata variabilità dei valori caratterizzano i percorsi in automobile.



**Infiltrazione ed accumulo  
nell'abitacolo  
dell'automobile di  
emissioni da veicoli**



	Concentrazioni in numero (pp/cm <sup>3</sup> )		
	BICICLETTA	BUS	AUTOMOBILE
MATTINO	19700	22500	41000
POMERIGGIO	16400	15300	30500

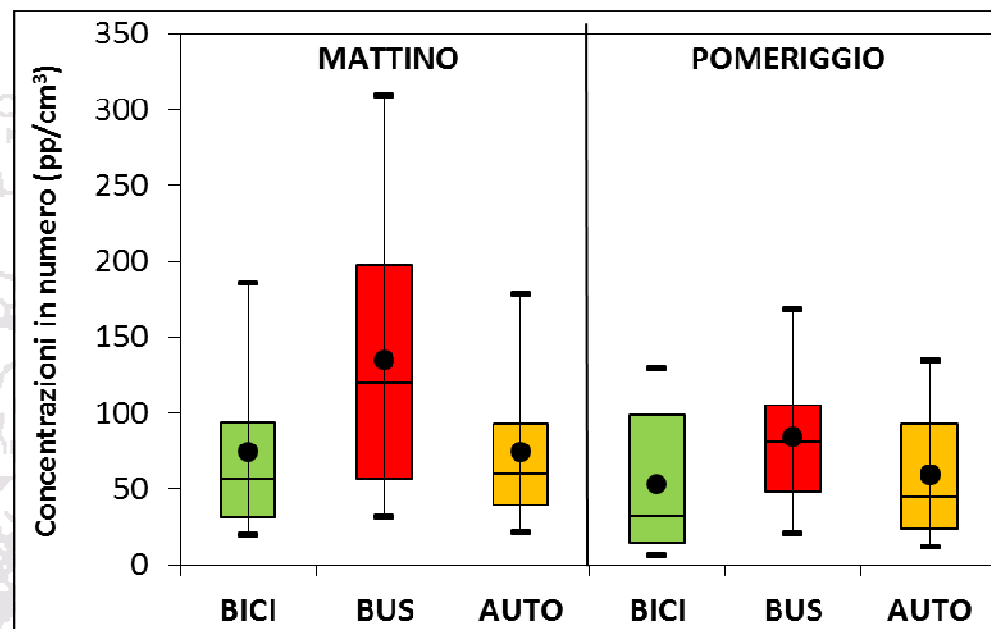




## Risultati: Confronto tra mezzi di trasporto

### PARTICOLATO FINE (0,3-10,0 $\mu\text{m}$ )

- Picchi istantanei elevati (150-300  $\text{pp}/\text{cm}^3$ ) caratterizzano tutti i mezzi di trasporto
- Livelli medi simili per percorsi in bicicletta e automobile
- Livelli medi più alti (circa 2 volte maggiori) ed elevata variabilità dei valori caratterizzano i percorsi in Bus.



	Concentrazioni in numero (pp/cm <sup>3</sup> )		
	BICICLETTA	BUS	AUTOMOBILE
MATTINO	74	135	74
POMERIGGIO	54	84	60



## Risultati: Confronto tra mezzi di trasporto

### PARTICOLATO FINE (0,3-10,0 $\mu\text{m}$ )

#### • BUS

- Maggiori presenze di particelle di dimensioni  $0,5 < dp < 1,5 \mu\text{m}$



**Infiltrazione nella cabina di  
emissione dal motore diesel del bus  
stesso**

+

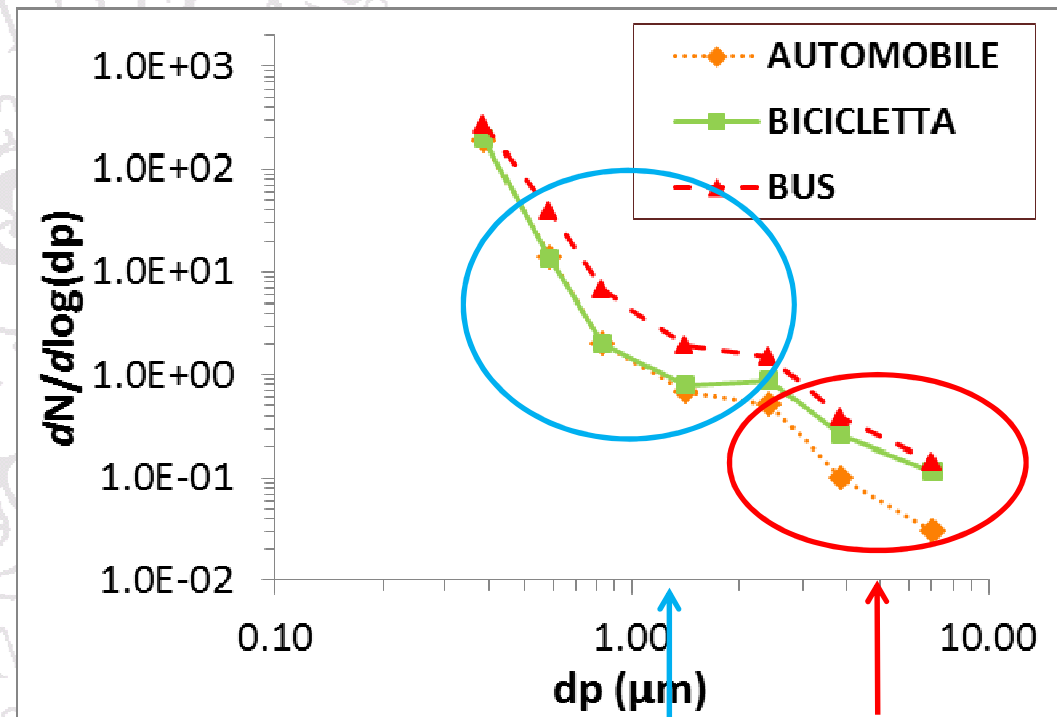
**Particolato trascinato dal movimento  
delle persone nell'autobus**

#### • AUTOMOBILE:

- Minore presenze di particelle grossolane ( $dp > 2,5 \mu\text{m}$ )



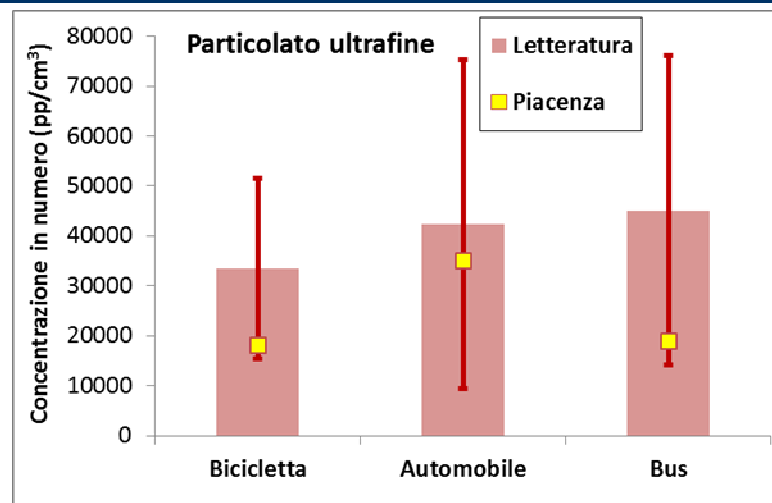
**Rimozione nel sistema di  
ventilazione dell'aria**







## Risultati: Confronto con altri studi



(1)

### Rapporto Automobile/ bicicletta ( R )

Riferimento	R
PIACENZA	2.0
Panis et al. 2010	1.05
Boogaard et al. 2009	1.0
Briggs et al. 2008	1.3

Influenza di alcuni fattori:  
-Tipologia di strade, volume di traffico, meteorologia, modalità di campionamento, **sistema di ventilazione del veicolo.**

Riferimento (1): L.D. Knibbs et al. 2011 'A review of commuter exposure to ultrafine particles and its health effects' Atmospheric Environment 45



## Confronto percorsi in bicicletta

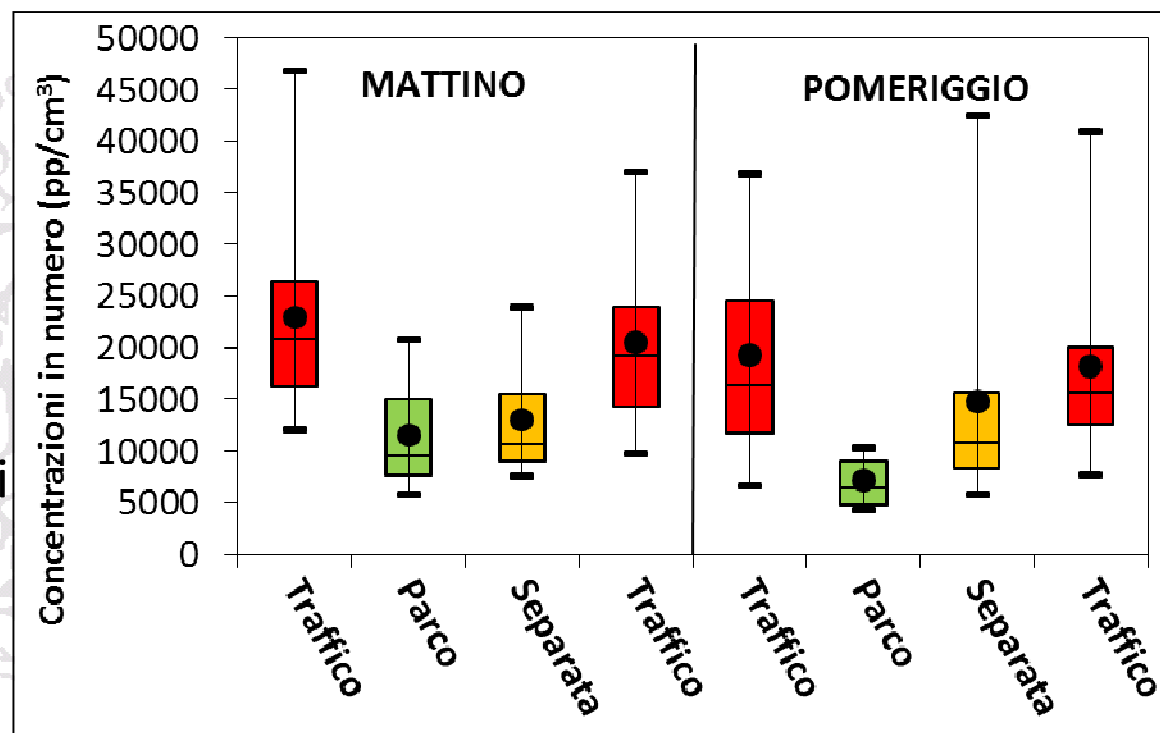






### PARTICOLATO ULTRAFINE

- Concentrazioni medie **2-3 volte inferiori** caratterizzano percorso verde e pista ciclabile separata.
- Minore variabilità dei valori nel percorso verde con picchi massimi 2-3 volte inferiori

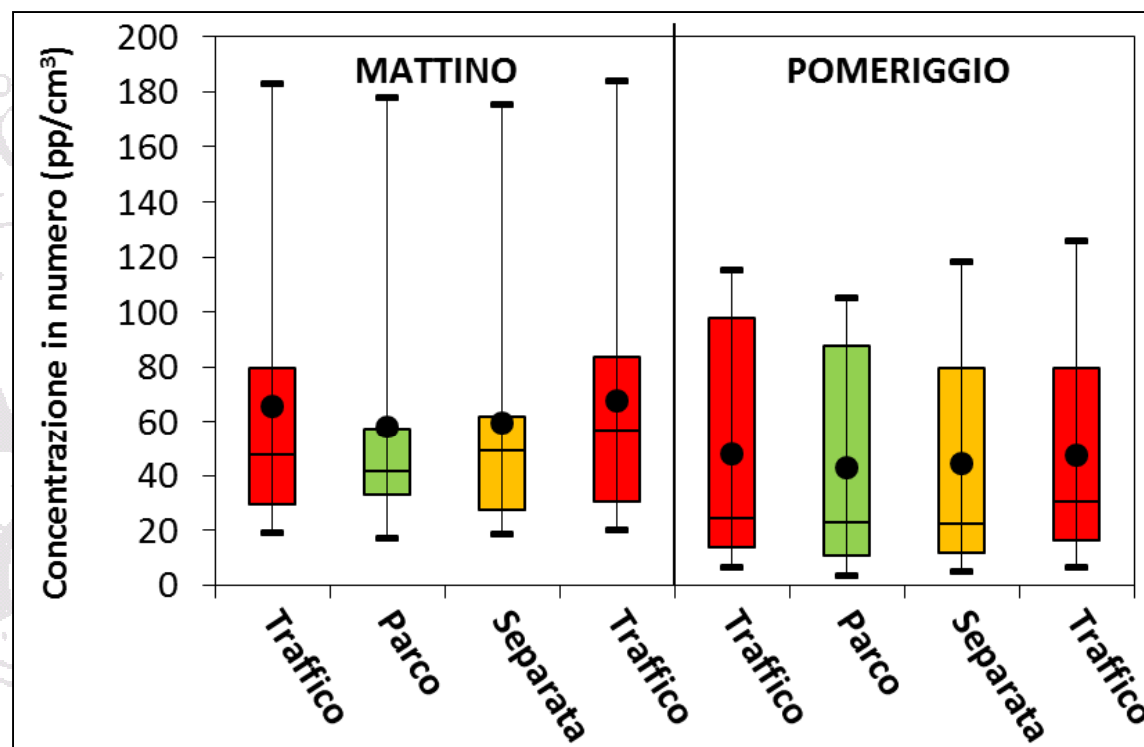


**Possibilità di ridurre l'esposizione a particolato ultrafine scegliendo percorsi separati dal traffico veicolare.**



### PARTICOLATO FINE (0,3-10,0 $\mu\text{m}$ )

- Livelli simili per tutte le tipologie di piste ciclabili
- Maggiore omogeneità spaziale della frazione fine del particolato







# Campagna percorsi pedonali



## ○ Periodo:

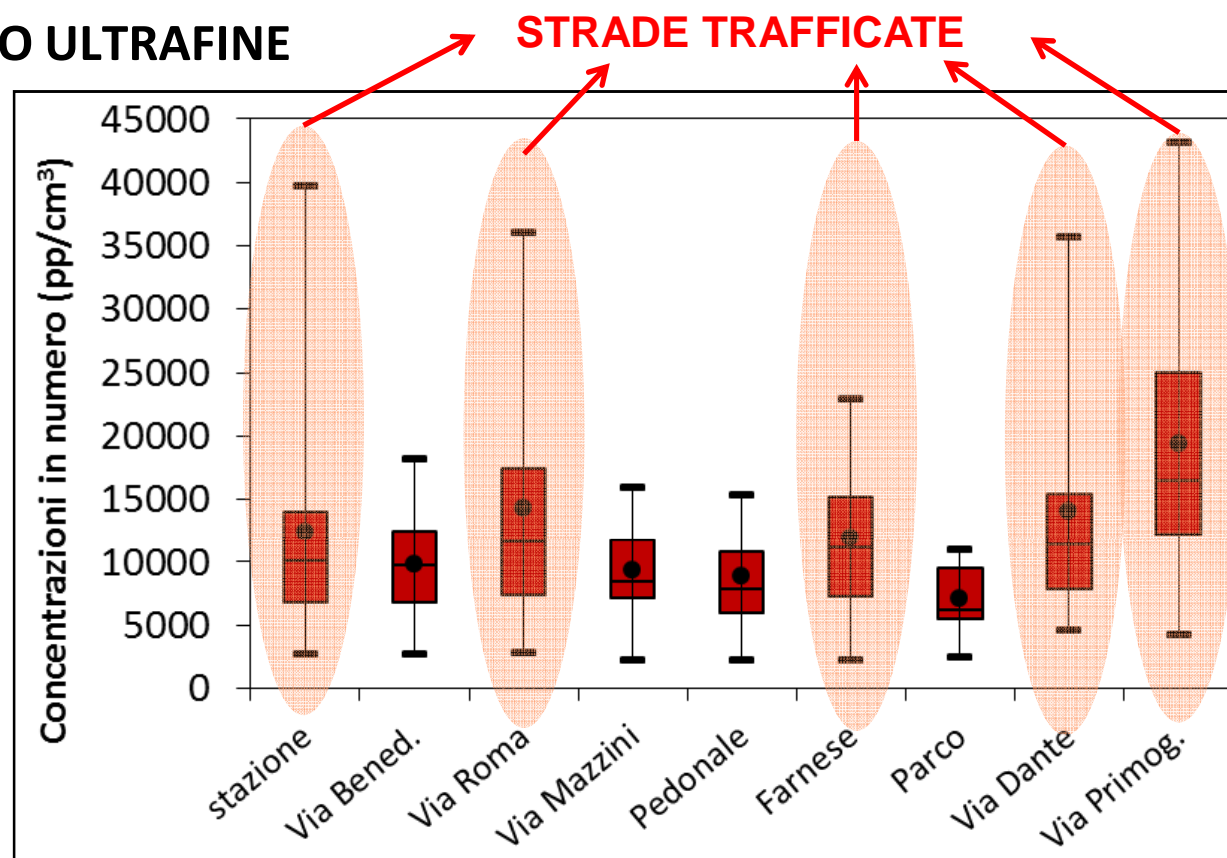
- Luglio e Settembre 2011 (due settimane)
- Una ripetizione giornaliera: Dalle ore 14:30 alle 16:30.

## ○ Percorso:

- Strade trafficate fuori centro storico
- Strade trafficate nel centro storico
- Strade poco trafficate
- Zone traffico limitato
- Zona pedonale
- Parco



### PARTICOLATO ULTRAFINE



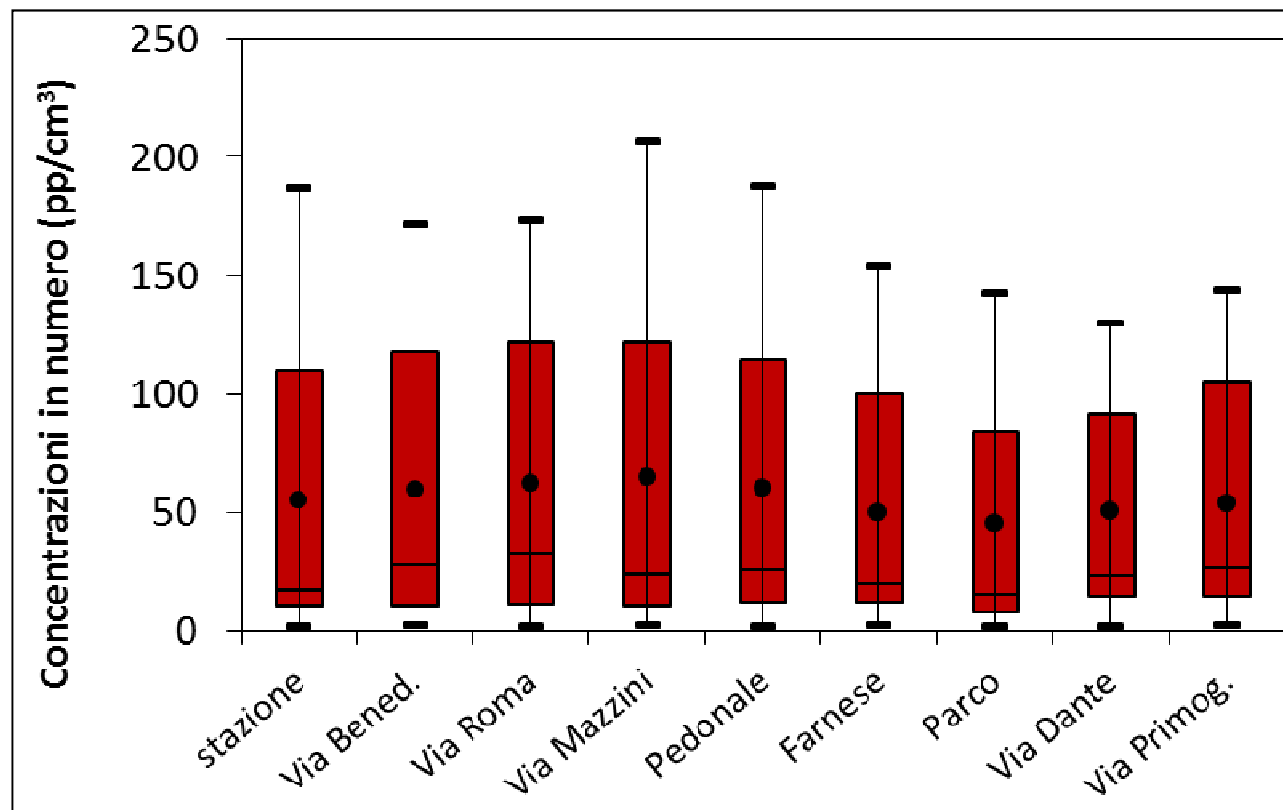
- Concentrazioni medie inferiori (2 volte) e livelli massimi più contenuti nelle aree poco esposte al traffico

**Possibilità di ridurre l'esposizione a particolato ultrafine scegliendo percorsi separati dal traffico veicolare.**





### PARTICOLATO FINE (0,3-10,0 $\mu\text{m}$ )



- Livelli simili per tutte le tipologie di aree percorse -> Maggiore omogeneità spaziale della frazione fine del particolato
- Elevata variabilità temporale



- Confronto tra i diversi mezzi di locomozione:
  - Differenze significative tra concentrazioni di particolato misurate per i tre mezzi;
  - Picchi elevati caratterizzano tutti i mezzi indagati
- Confronto tra tipologie di piste ciclabili ed Esposizione lungo percorsi pedonali
  - Elevata variabilità spaziale della frazione ultrafine del particolato
  - Possibilità di ridurre la propria esposizione al particolato ultrafine scegliendo percorsi lontani dal traffico veicolare

Nuove campagne di monitoraggio verranno condotte con modalità simili per verificare i risultati preliminari ottenuti