

EXPERT PANEL FOR POLLUTING EMISSIONS REDUCTION EXPAPER

Horizon 2020 CARES a Milano: dal remote sensing per le emissioni allo scarico al PM non-exhaust, il caso della risospensione

M. Bedogni, S. Casadei, S. Moroni, T. Rossi

AMAT, Innovhub SSI

Horizon 2020 CARES a Milano: dal remote sensing per le emissioni allo scarico al PM non-exhaust, il caso della risospensione

M. Bedogni, [S. Casadei](#), S. Moroni, T. Rossi - AMAT, Innovhub SSI

Many thanks to Ake Sjodin – IVL (CARES coordinator), Kaylin Lee & Yoann Bernard - ICCT (WP3 Demonstration leader) and all Milan campaign partners for sharing slides presented in Municipality of Milan Air Quality Conference (September 29th, 2022)



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

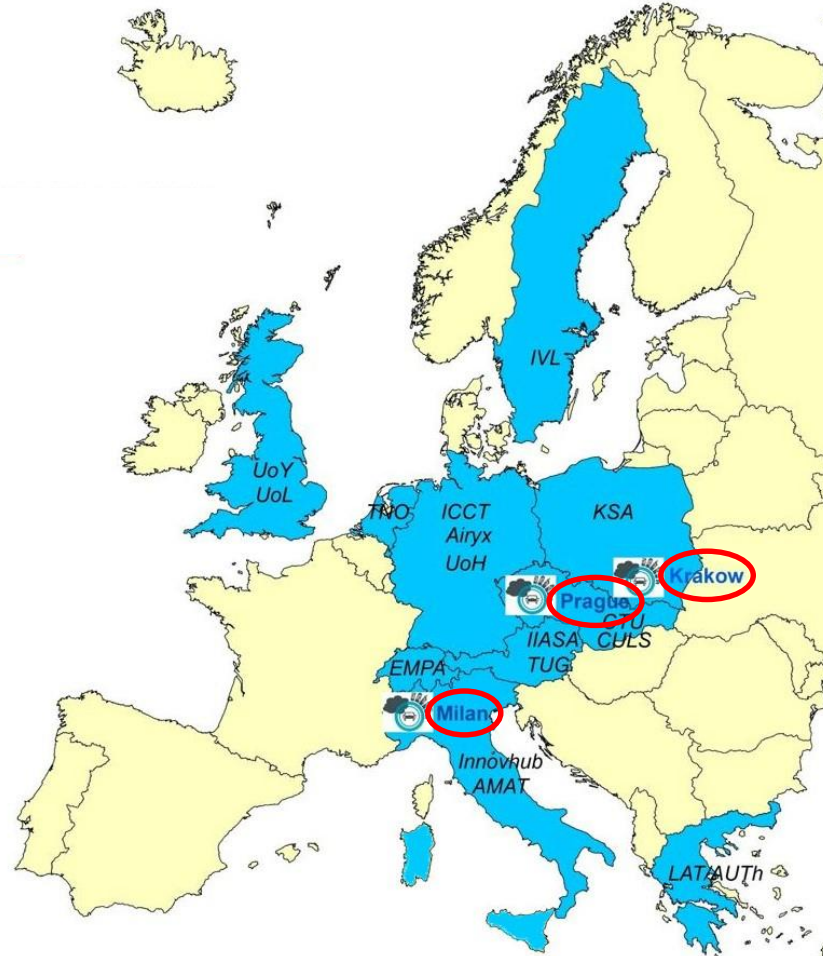
innovazione e ricerca



AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO



CARES – a H2020 InCo flagship project bringing together worldwide RES/RDE expertise



Commercial
remote sensing
service
providers:

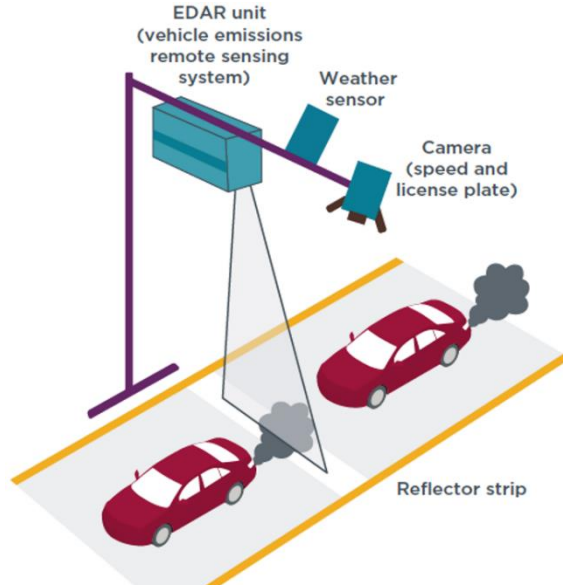
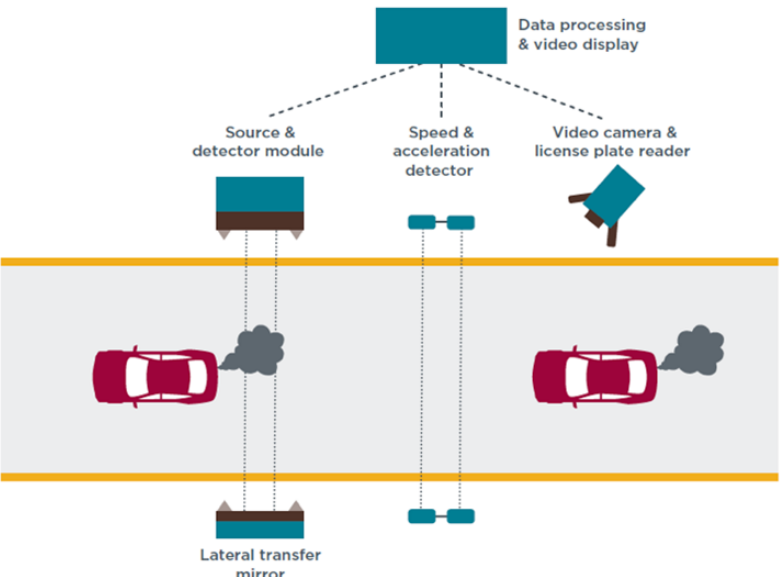


CARES overall objectives

“... reduce the hurdles for applications of **remote emission sensing (RES)** to make it a **widespread** means of both **monitoring and enforcement of vehicle emissions**.”



Conventional/commercial remote emission sensing

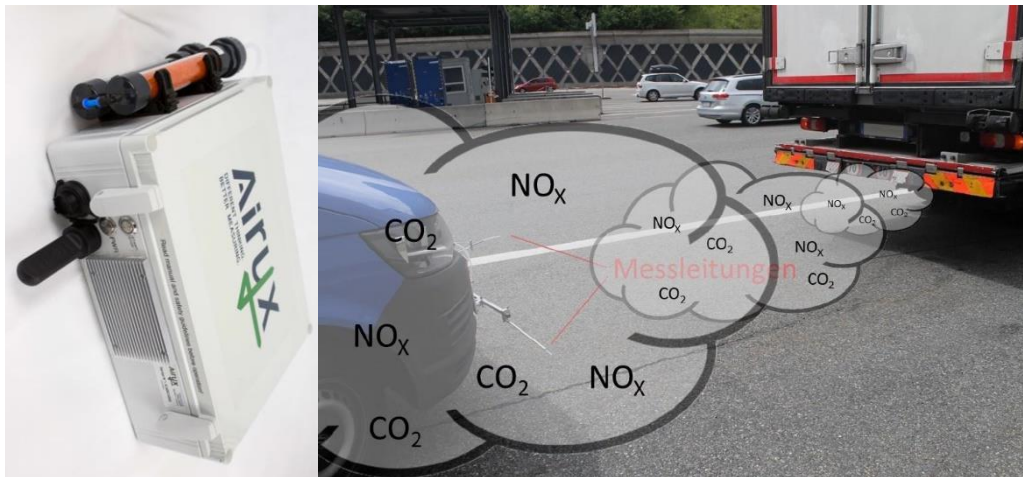


CARES is further developing RES techniques

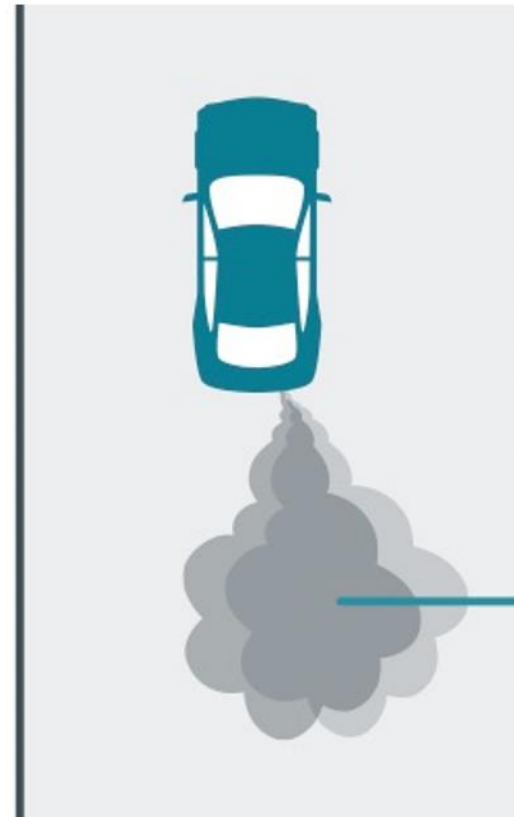
Plume chasing



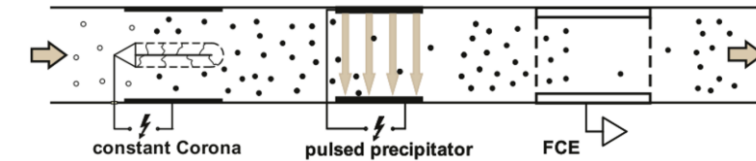
NO_x and PN are measured



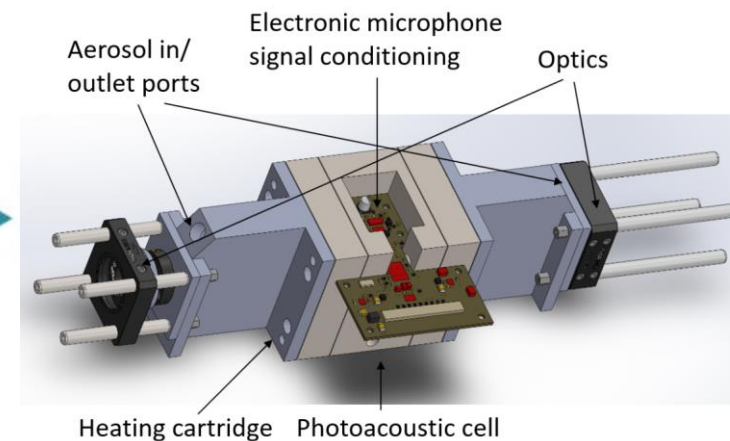
Point sampling



Particle number (PN) sensor



Black Carbon (BC) sensor



Il testing delle emissioni veicolari tramite RES a Milano



- L'obiettivo dimostrativo della campagna di Milano era quello di **tracciare l'efficacia delle politiche** sulla riduzione dell'impatto del traffico sulla qualità dell'aria.
- Periodo di test: Settembre – Ottobre 2021 (pre-accensione riscaldamenti). Regole di circolazione durante i test:
 - **LEZ 'AREA C'** (centro storico): 8 km², 43 varchi elettronici; accesso vietato ad autoveicoli benzina Euro 0-1, autoveicoli diesel Euro 0-4 senza DPF, motoveicoli 2 tempi e gasolio Euro 0-1; gli altri pagano (se non HEV / BEV)
 - **LEZ 'AREA B'** (70% del territorio comunale): 128 km², oltre 180 varchi elettronici; accesso vietato ad autoveicoli benzina Euro 0-1, autoveicoli diesel Euro 0-3 senza DPF, motoveicoli 2 tempi e gasolio Euro 0-1
- Sistema commerciale RES di **HEAT** (EDAR) installati in Via Cilea e Via Madre Cabrini (condizioni di guida in accelerazione) > 35,000 rilevamenti di emissioni di NO, NO₂, HC, CH₄, CO, CO₂, PM
- Sistemi Point sampling sviluppati in ambito CARES in Via Madre Cabrini e Via Bazzoni, utili a sviluppare sistemi di misura "real world" delle emissioni di particelle (particulate number - PN) e black carbon (**TU Graz**), NO_x / NO₂ / CO₂ tramite analizzatore ICAD (**Airyx**) e SIFT-MS con focus sui THC (**University of York**)
- Test PEMS su un Euro 4 diesel con DPF "tamperato", un Euro 6b high emitter, un Euro 4 bi-fuel benzina/GNC (**Innovhub SSI**) con verifica di due low emitters Euro 6d (**JRC**, invitato)
- Monitoraggio della qualità dell'aria con strumenti normati vs sensori avanzati (**AMAT e Innovhub SSI**)
- Misura delle concentrazioni di NH₃ e del particolato risospeso (**AMAT e Innovhub SSI**)



Siti selezionati per i test

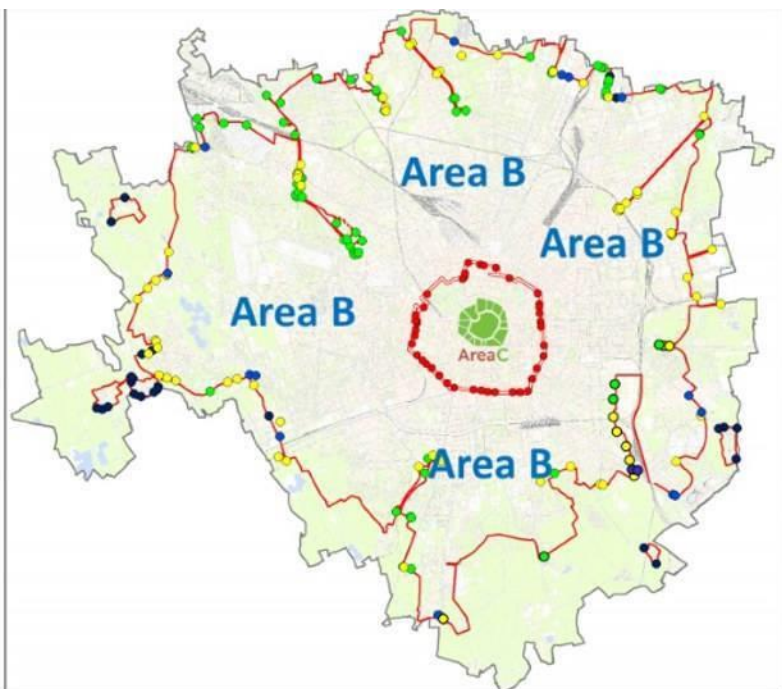


INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



- 3x point sampling + 1x open path in Area C (Via Madre Cabrini)
- 2x point sampling in Area C (Via Bazzoni)
- 1x open path in Area B per massimizzare il campionamento dati e rilevare ev. differenze (Via Cilea)



Testing location: via Madre Cabrini (1/2)

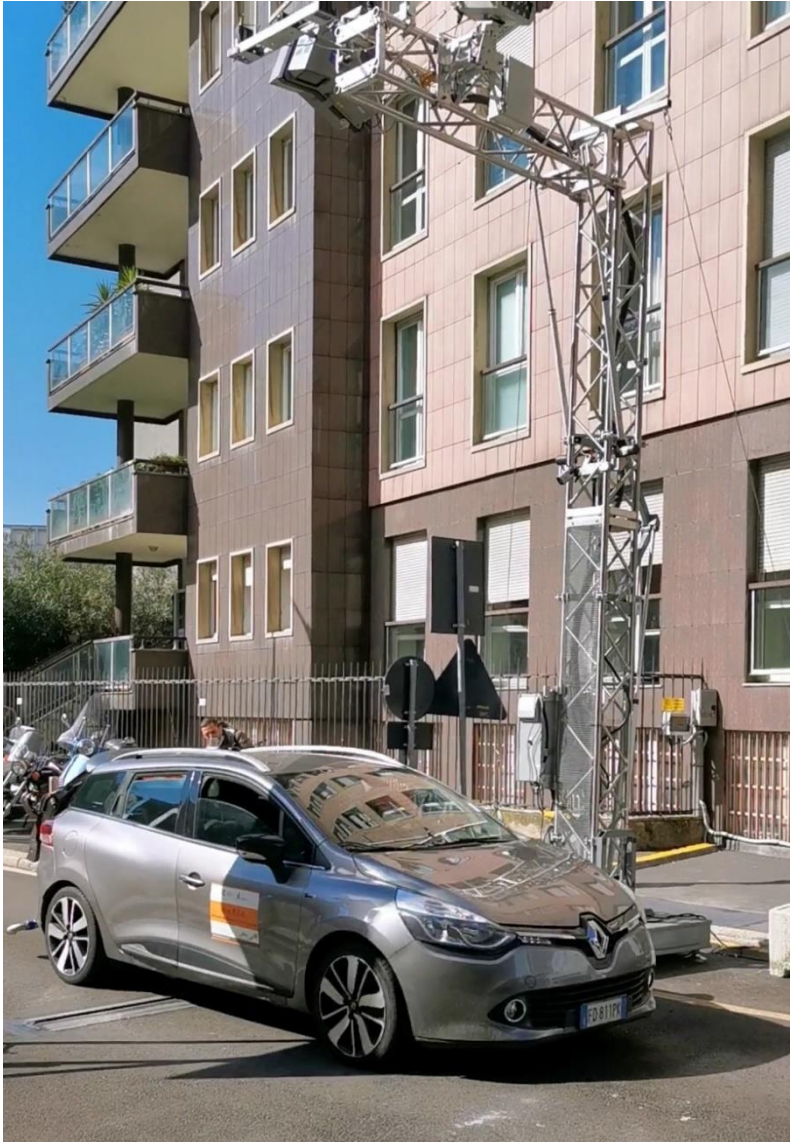
Point sampling, EDAR e PEMS



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



innovazione e ricerca



Testing location: via Madre Cabrini (2/2)

Qualità dell'aria vs emissioni



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



Airborne concentrations & meteo measurements



Reference instruments
and

Advanced Sensors



Testing location: via Cilea



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



Testing location: via Bazzoni



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO



Lessons learnt

Organizzazione della campagna di Milano



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca

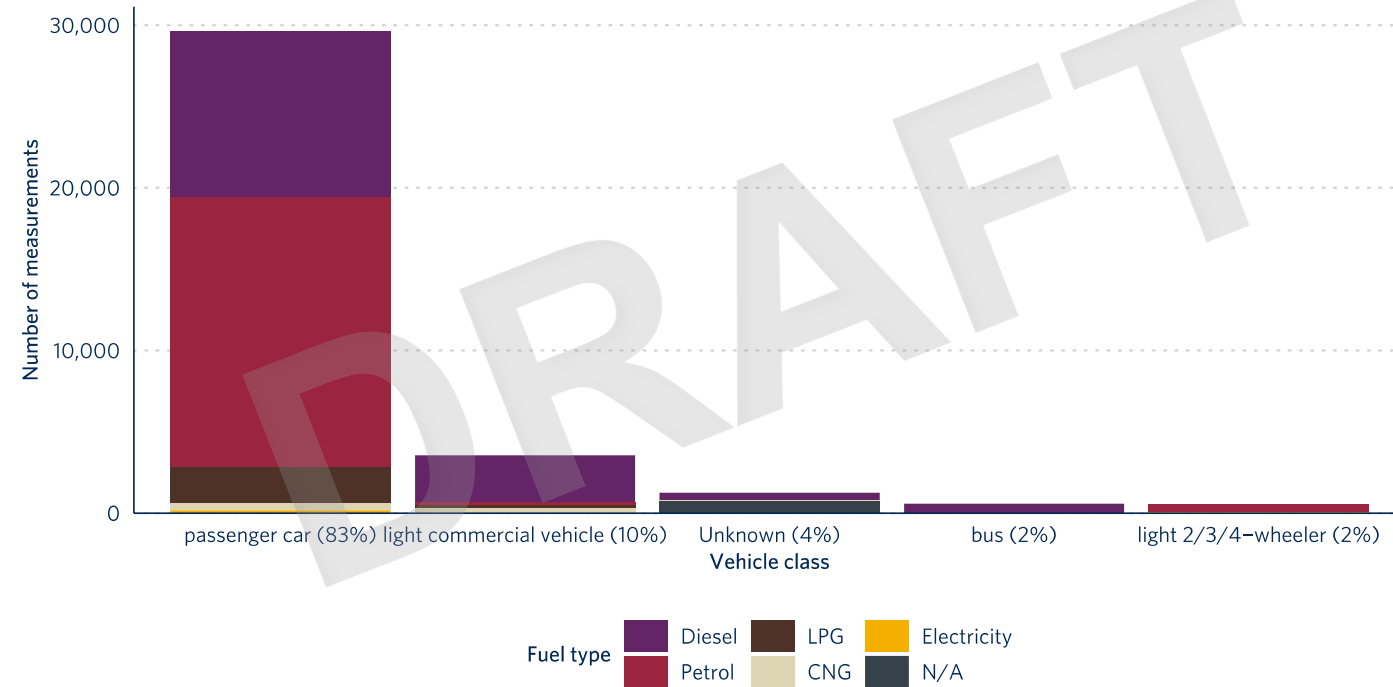


- L'organizzazione e la gestione della campagna ha richiesto significativi sforzi da parte dei ricercatori, tecnici e funzionari del Comune coinvolti: potrebbe essere una criticità per l'uso massivo dei RES per le autorità locali.



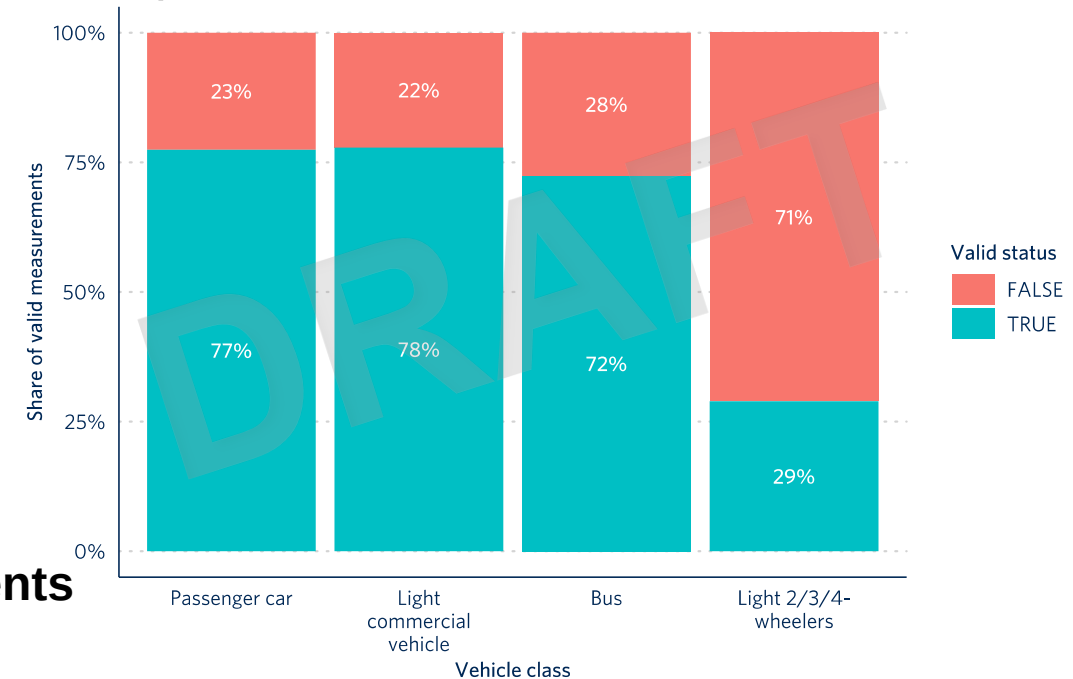
Milan's RS measurements from commercial systems

Fleet measurements

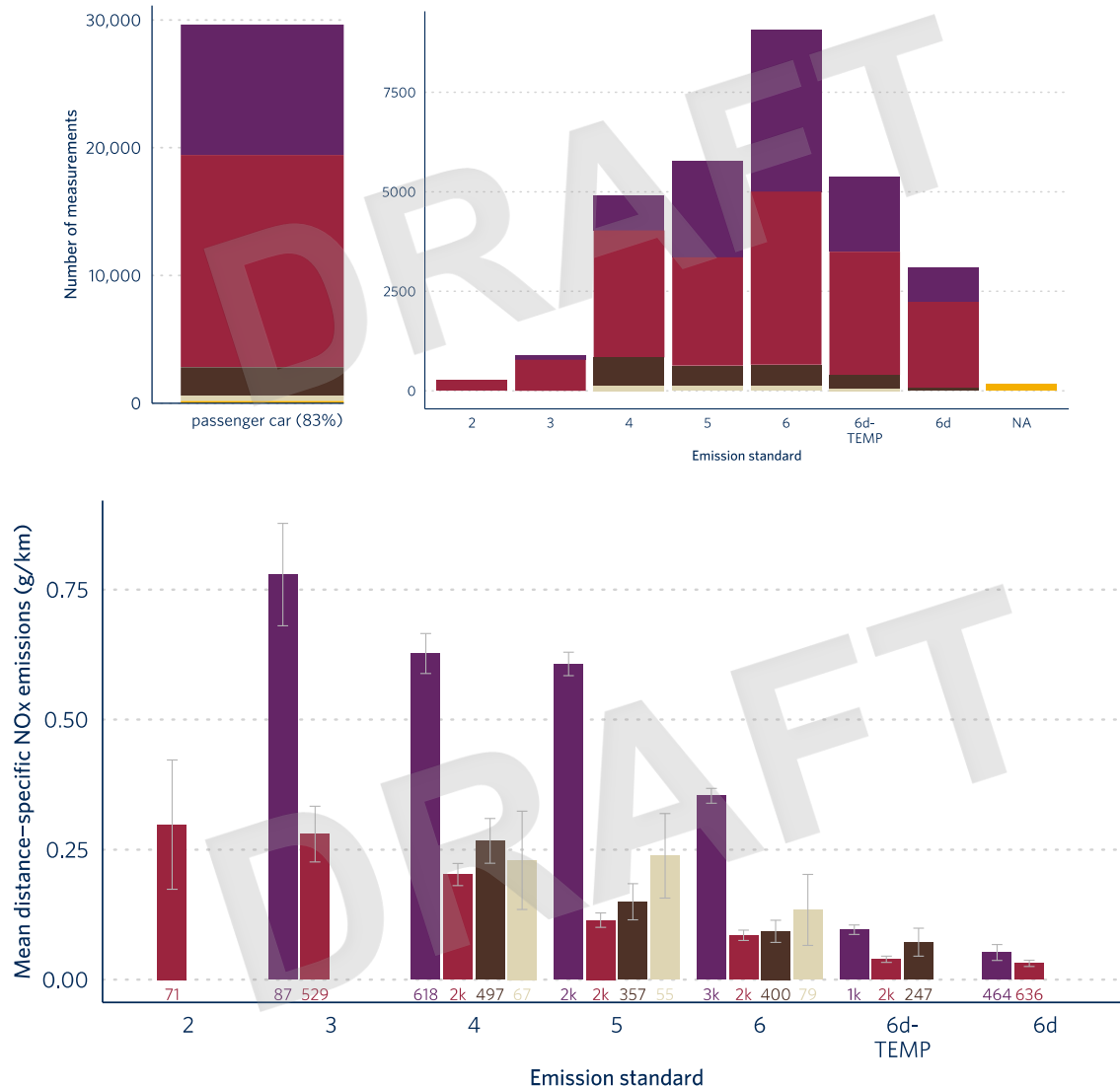


- Passenger car most commonly found
- Significant shares of LPG/CNG vehicles relative to other cities
- Lower share of valid emission measurements of scooters and motorcycles due to driving pattern and small plumes

Emissions measurements



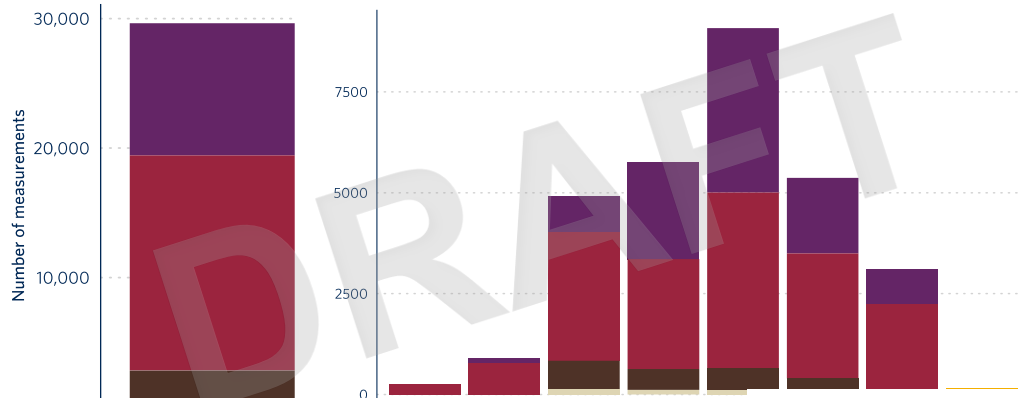
Milan's passenger car emissions



- Fair share of old diesel vehicles (< Euro 6), whose NO_x emissions
 - Multiple times higher than emissions from petrol, LPG, or CNG
 - Do not improve significantly until Euro 6d-TEMP (manufactured after 2019)
- Presence of LPG & CNG vehicles
 - Whose NO_x emissions higher than petrol counterparts
 - Responsible for high CO emissions (LPG) and high HC and CH₄ emissions (CNG)
 - Point sampling results point to the same direction for black carbon and NO_x

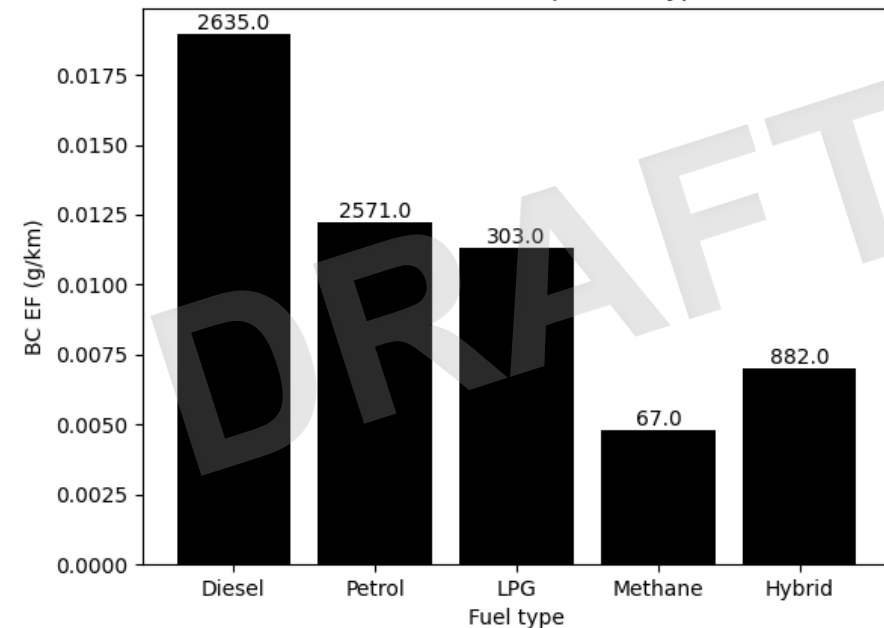


Milan's passenger car emissions

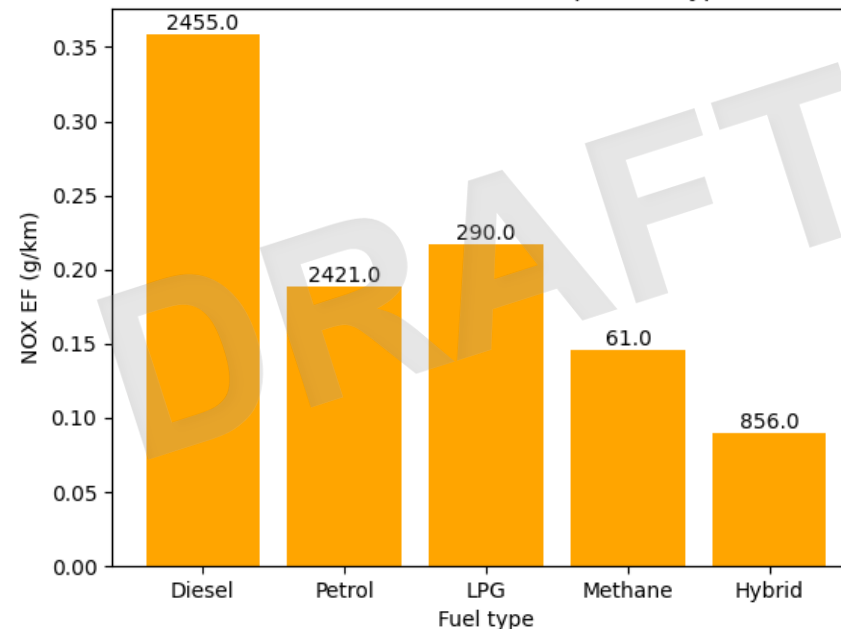


- Fair share of old diesel vehicles (< Euro 6), whose NO_x emissions
 - Multiple times higher than emissions from petrol, LPG, or CNG
 - Do not improve significantly until Euro 6d-TEMP (manufactured after 2019)

Milan, Madre Cabrini, emissions per fuel type, black carbon



Milan, Madre Cabrini, emissions per fuel type, NO_x



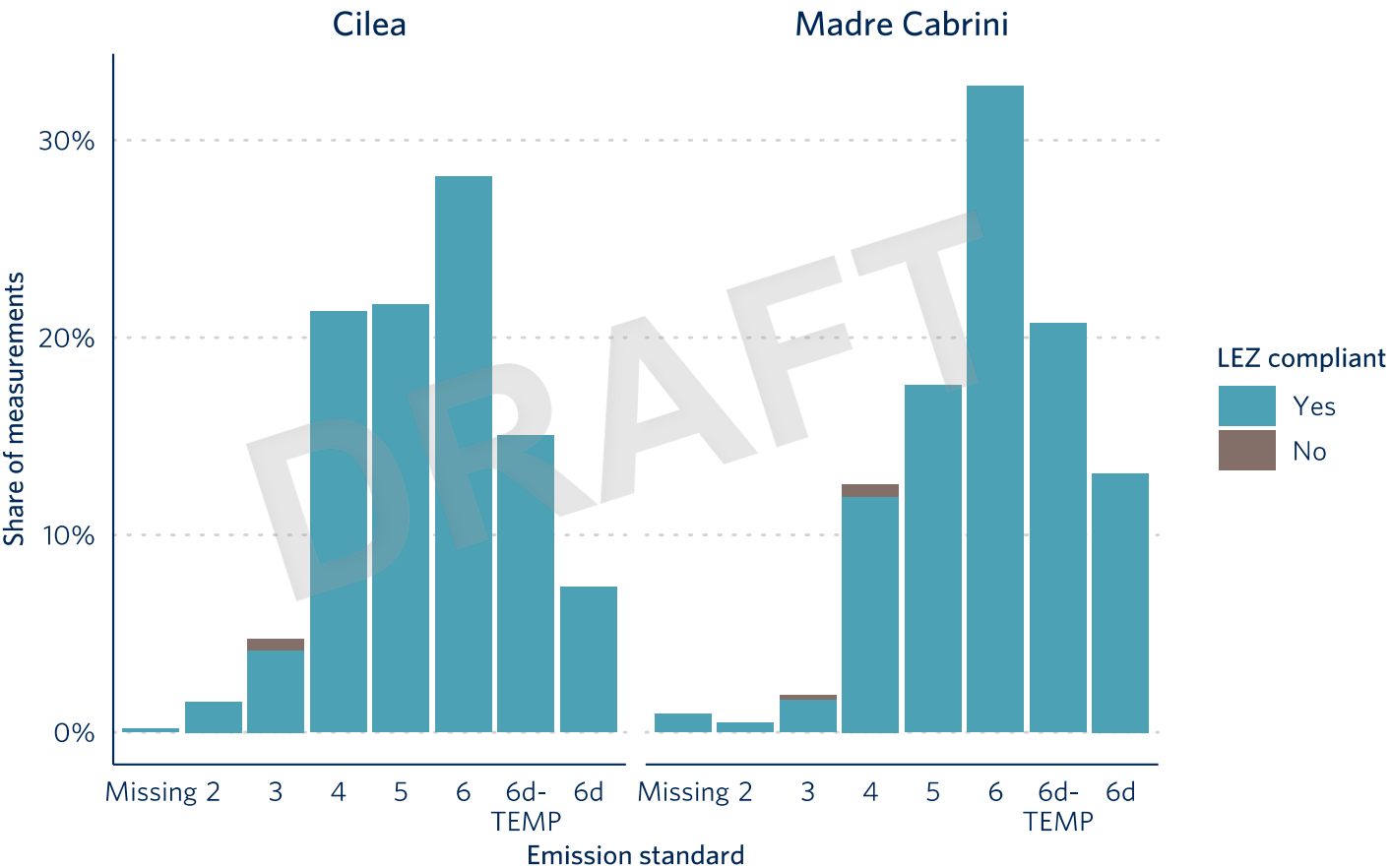
CNG vehicles

emissions higher than petrols

high CO emissions
H₂C and CH₄ emissions

results point to the same
black carbon and NO_x

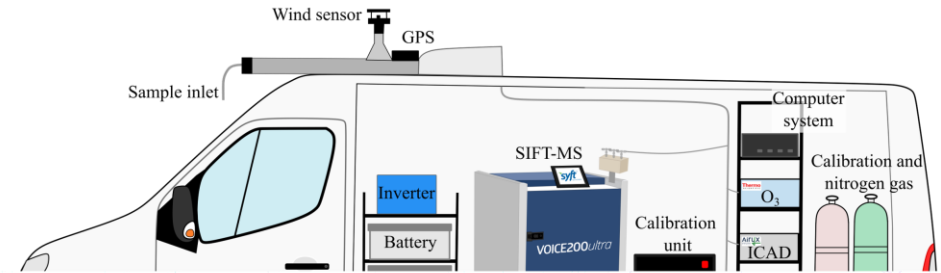
Impact of Milan's low-emission zone (LEZ)



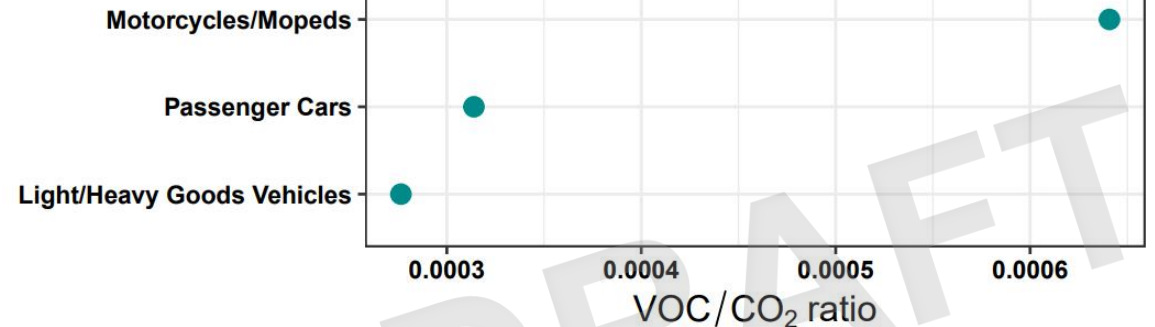
- Restrictions in Area B (Via Cileia)
 - 0.6% vehicles (mostly diesel) detected were not meeting LEZ requirements
- Restrictions in Area C (Via Madre Cabrini)
 - Stricter restrictions of diesel vehicles
 - 2.6% vehicles (mostly diesel) detected were not meeting LEZ requirements
 - 77% Euro 4 equipped with diesel particulate filters
- Milan could benefit from:
 - Further restrictions of successive standards (e.g., diesel Euro 6) or other fuels (e.g., LPG/CNG)
 - Expanding hours and days of low-emission zone

Volatile Organic Compound (VOC) point sampling & mobile measurements

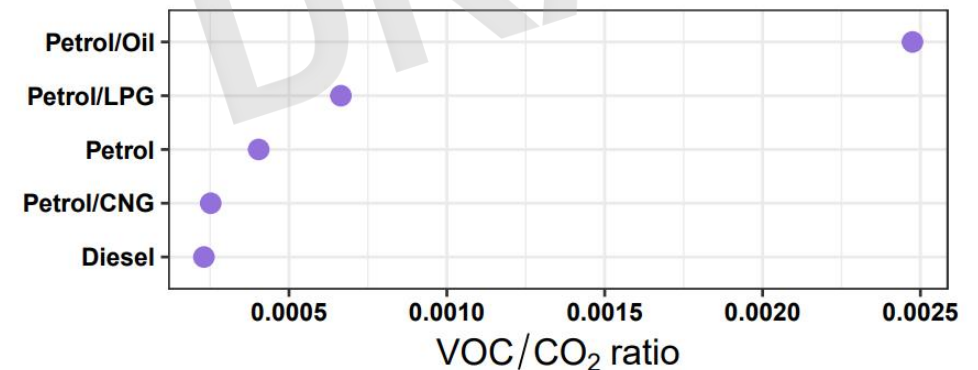
- Mobile laboratory equipped with a Selected-Ion Flow-Tube Mass Spectrometer (SIFT-MS) for sampling of speciated VOCs and other trace gases
- Motorcycles/mopeds and petrol/oil (2 stroke engines) fuel types as important VOC sources in Milan
 - Highest average VOC/CO₂ ratios
 - Motorcycles/mopeds not currently regulated by many LEZs
 - LPG and CNG increasingly popular as we try to reduce our carbon emissions
- Mobile measurements to be followed



Vehicle type



Fuel type



Al fine di determinare numericamente la rilevanza della componente "resuspension", a Milano negli scorsi anni sono state condotte svariate campagne di misura adottando diverse metodiche, da quella EPA ai "vertical profiles" dello CSIC di Barcellona.



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



Risospensione – Via Madre Cabrini

Lavaggio stradale intensivo



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



Oltre 2 l/m² utilizzati
per il lavaggio della
strada

Periodo di lavaggio
intensivo 4÷15/10/2021



Risospensione: siti di rilevamento



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



Indicatore rosso: sito di misura con lavaggio intensivo

Indicatore nero: sito di controllo senza lavaggio intensivo





INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca

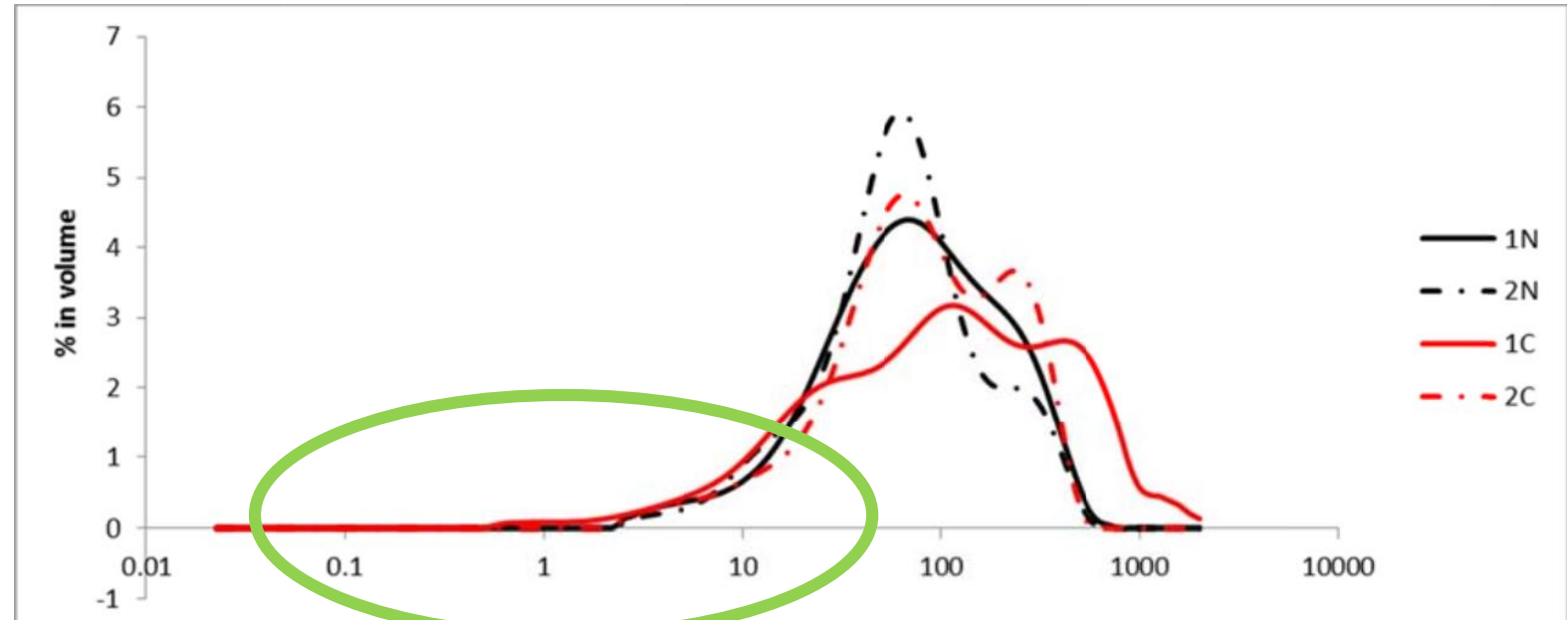


AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO

Risospensione – via Madre Cabrini

Variazioni delle emissioni – Lavaggio intensivo stradale

1) Distribuzione granulometrica:
particolato fine PM10 -34%



2) Composizione chimica: -25% in
massa degli elementi tipicamente
legati alla risospensione e
all'abrasione del manto stradale

- Al, Ca, Ti and Sr as tracers for road dust resuspension and road wear (Masotti Rienda and Alves, 2021).
- Cu, Fe, Sb, Ba and Sn as tracers for brake wear (Grigoratos and Martini, 2015)
- Zn as tracer for tyre wear (Amato et al. 2009)
- OC and EC as tracers for exhaust emissions (Querol et al., 2013)



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca

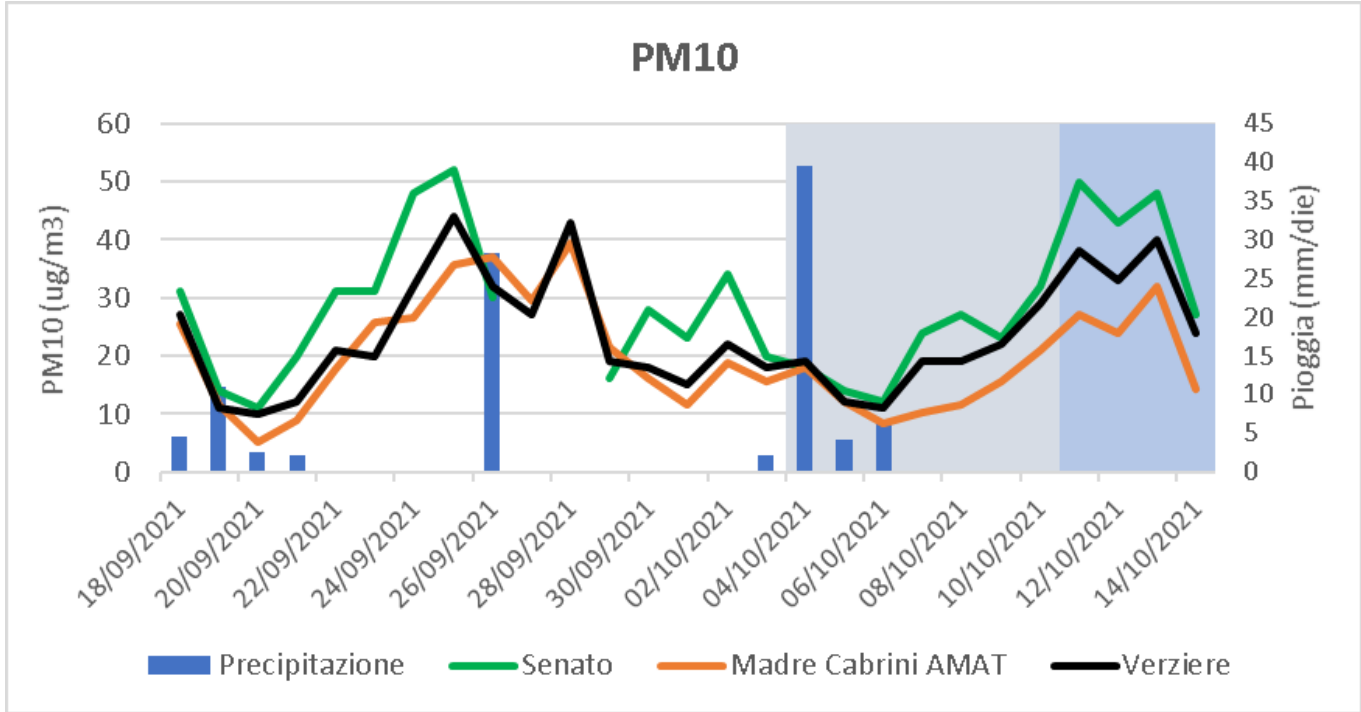


AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO

Risospensione – via Madre Cabrini

Variazioni delle concentrazioni – Lavaggio intensivo stradale

3) Concentrazioni locali di PM10:
-22% rispetto all'analoga stazione
ARPA Lombardia di via Verziere



4) Rapporto concentrazioni
PM10/NOx: riduzione relativa -25% in
Madre Cabrini, nessuna variazione
nelle altre stazioni di Area C

			Senato	Verziere	Madre Cabrini	
			PM10/NO	PM10/NO	PM10/NO	PM2.5/NC
22-25/09 & 27/09-02,	pre		54%	51%	48%	36%
07-14/10	lavaggio		52%	55%	36%	24%
11-14/10	solo lavag		52%	50%	34%	24%

ES



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO

Risospensione – via Madre Cabrini

Variazioni delle concentrazioni – Lavaggio intensivo stradale

Sul luogo di misura si stima che i fattori di emissione delle componenti non-exhaust fossero:

- brake wear ~ 0 (veicoli in accelerazione)
- tyre wear $\sim 8 \div 9$ mg/km (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019)
- road wear ~ 7 mg/km (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019)
- resuspension ~ 15 mg/km (sulla base di precedenti misure effettuate localmente)

Aerosol and Air Quality Research, 17: 2438–2449, 2017
Copyright © Taiwan Association for Aerosol Research
ISSN: 1680-8584 print / 2071-1409 online
doi: 10.4209/aaqr.2017.01.0017



Characterization of Road Dust Emissions in Milan: Impact of Vehicle Fleet Speed

Fulvio Amato^{1*}, Marco Bedogni², Elio Padoan^{1,3}, Xavier Querol¹, Marina Ealo¹, Ioar Rivas¹

¹ *Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDÆA), Spanish National Research Council (CSIC), 08034 Barcelona, Spain*

² *Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio s.r.l. (AMAT), 20134 Milan, Italy*

³ *Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino, 10124 Turin, Italy*



Sintesi e Conclusioni

- **Il remote sensing delle emissioni autoveicolari (RES) è una tecnologia già disponibile a livello commerciale, molto efficace ma costosa, su cui è opportuno proseguire la ricerca e il Progetto Horizon 2020 CARES (apr. 2019-apr.2023) ha lo scopo di implementarne al massimo le potenzialità**
- **E' stata effettuata una campagna dimostrativa a Milano con RES complementari tra loro su tre siti (presso 2 varchi di Area C, 1 varco di Area B) in settembre-ottobre 2021, che ha richiesto significativi sforzi organizzativi e gestionali (accentuati dalla pandemia), criticità da considerare da parte delle autorità locali per un potenziale uso massivo del RES**
- **Dalle prime analisi dei dati risulta confermato che i veicoli diesel Euro 4 e 5 danno un contributo prevalente sia alle emissioni di NOx che di PM, dunque le recenti implementazioni di Area B e C potranno dare un contributo significativo al miglioramento della qualità dell'aria locale**
- **I veicoli alimentati a GPL e metano, esentati dalle attuali restrizioni delle LEZ, i ciclomotori e i motocicli emettono anch'essi significativi livelli di emissioni di altri inquinanti, quali black carbon, CO e THC**
- **Le attività di lavaggio stradale intensivo hanno ridotto le emissioni di PM10 da risospensione di almeno il 25-35% e le concentrazioni locali di PM10 del 20%**
- **Il campionamento ha dimostrato che il contributo della risospensione in via Madre Cabrini, durante la campagna sperimentale, ha avuto un ruolo importante influenzando le concentrazioni di PM10 misurate localmente**

Grazie per l'attenzione!

Per ulteriori informazioni:

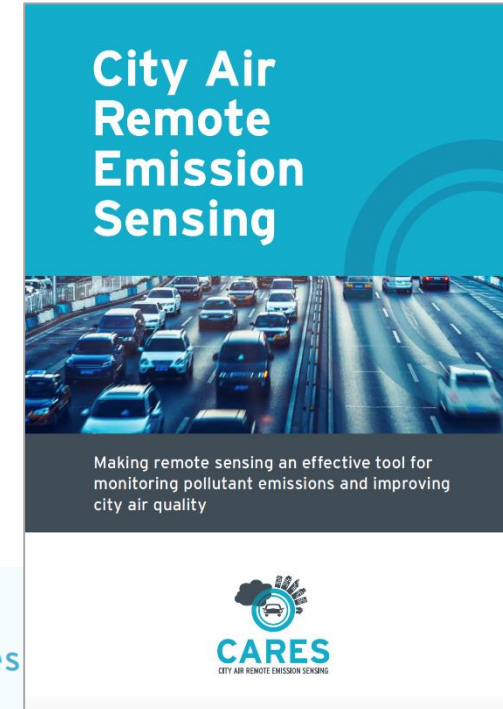
- Sito web: <https://cares-project.eu>
- Disponibile sul sito la brochure anche in italiano →
- E-mail del coordinatore: ake.sjodin@ivl.se
- Contatti social media:



@cares_project



<https://www.linkedin.com/company/city-air-remote-emission-sensing-cares>



CARES

CITY AIR REMOTE EMISSION SENSING



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement No 814966

CONSORTIUM PARTNERS



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386