

**EXPERT PANEL FOR POLLUTING EMISSIONS REDUCTION
EXPAPER 2026**

**Microplastiche e composti pericolosi emessi
dall'usura degli pneumatici**

Antonio Mariani, Maria Antonietta Costagliola

Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili,
STEMS-CNR

Cosa sono le microplastiche e da dove provengono?



- ▶ Le microplastiche sono dei minuscoli pezzi di materiale plastico, solitamente inferiori ai 5 millimetri
- ▶ Possono indurre risposte biologiche nel biota in cui vengono immesse
- ▶ Tuttavia, nonostante l'importanza del fenomeno, l'impatto sull'ambiente e sulla salute di questo tipo di inquinamento sono poco compresi

Cosa sono le microplastiche e da dove provengono?



In base alla loro origine, possono essere suddivise in due categorie principali

Microplastiche primarie

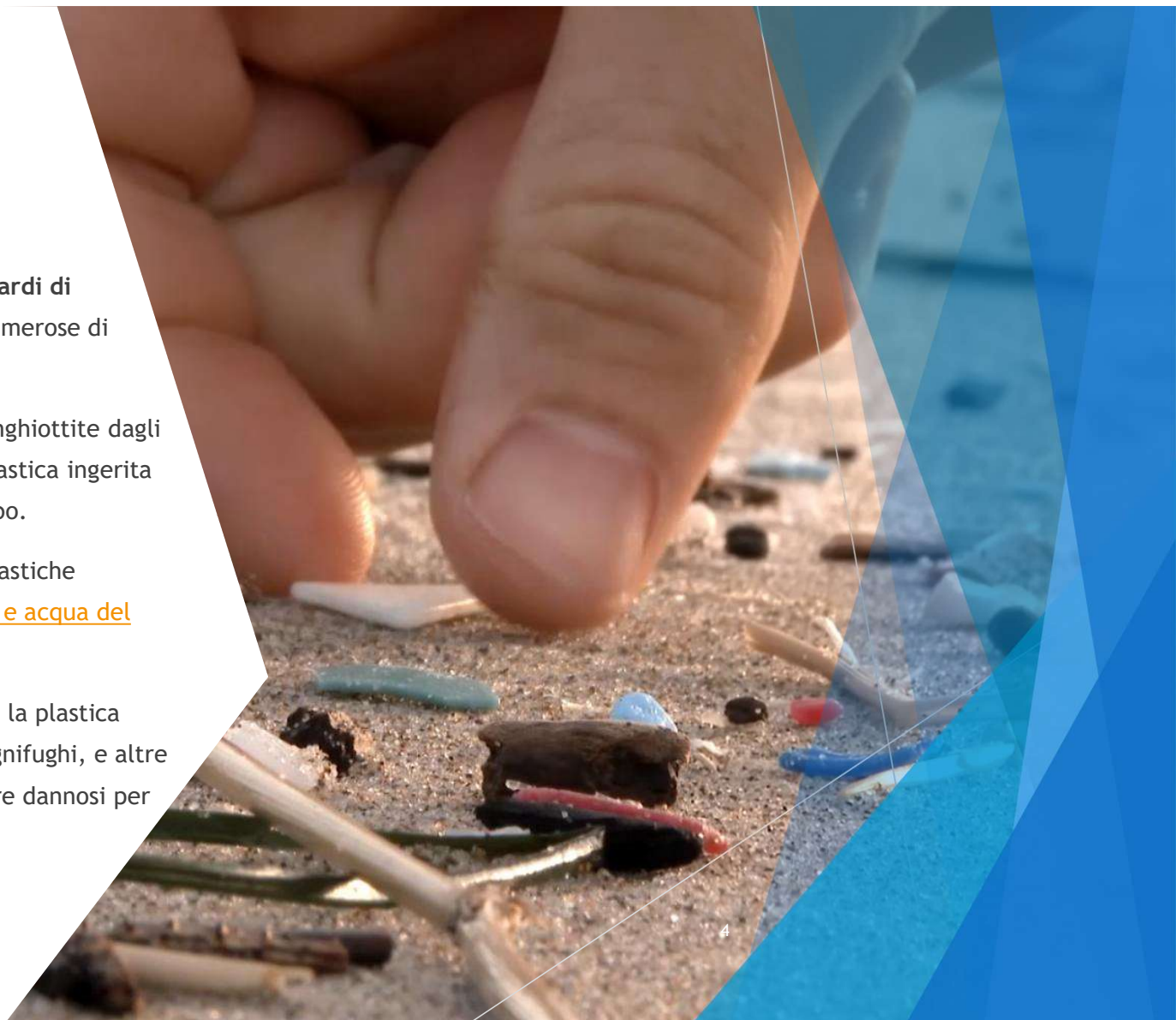
- ▶ Rilasciate direttamente nell'ambiente. Si stima che questa categoria di microplastiche rappresenti il 15-31% delle microplastiche presenti nell'oceano
- ▶ lavaggio di abbigliamento sintetico (35% delle microplastiche primarie)
- ▶ **abrasione degli pneumatici durante la guida (28%);**
- ▶ microplastiche aggiunte intenzionalmente nei prodotti per la cura del corpo (per esempio, le micro-particelle dello scrub facciale) 2%

Microplastiche secondarie:

- ▶ Originano dalla degradazione di grandi rifiuti plastici, come buste di plastica, bottiglie o reti da pesca
- ▶ Rappresentano circa il 68-81% delle microplastiche presenti nell'oceano

Dimensioni del fenomeno inquinamento da microplastiche

- ▶ Microplastiche negli oceani in aumento: **51 mila miliardi di particelle di microplastica nei mari**, 500 volte più numerose di tutte le stelle della nostra galassia (stima ONU 2017)
- ▶ Le microplastiche presenti in mare possono essere inghiottite dagli animali marini. Attraverso la catena alimentare, la plastica ingerita dai pesci può così arrivare direttamente nel nostro cibo.
- ▶ La contaminazione non riguarda solo i mari: microplastiche presenti in alimenti e bevande, compresi [birra, miele e acqua del rubinetto](#)
- ▶ Gli effetti sulla salute sono ancora ignoti, ma spesso la plastica contiene degli additivi, come agenti stabilizzatori o ignifughi, e altre possibili sostanze chimiche tossiche che possono essere dannosi per gli animali o gli umani che li ingeriscono



Tire Wear Particle Emissions (TWP)

L'attrito degli pneumatici sulle superfici stradali genera particelle di usura degli pneumatici (TWP)

► Fattori che influenzano l'abrasione degli pneumatici:

- composizione e design pneumatici
- peso del veicolo
- superficie stradale
- comportamento di guida



298 980



Passenger cars



108 848



Lorries >3.5t



29 935



Light duty vehicles



7 875



Buses



4 270



Motorcycles

Annual estimated
Tyre Wear Particle emissions
for the EU27

(2020 - in tonnes)

Calculations by Technische Universität Berlin

motorway
rural
urban

Tire Wear Particle Emissions (TWP): contributo alle emissioni TPM e caratteristiche

- ▶ L'abrasione degli pneumatici contribuisce fino al **30%** delle emissioni di **particolato (PM)** nel trasporto stradale
- ▶ Questo corrisponde a circa il **5%** delle emissioni totali di PM
- ▶ Abrasione media (usura): 110 mg/km per veicolo
- ▶ TWP aerodisperso:
tipica distribuzione bimodale massa delle particelle ha il picco tra 15-80 nm

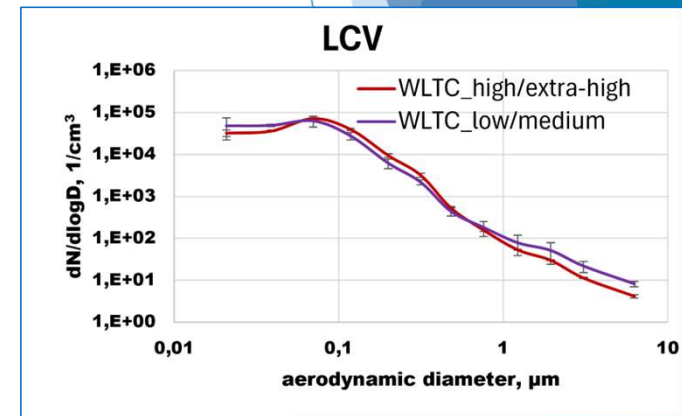
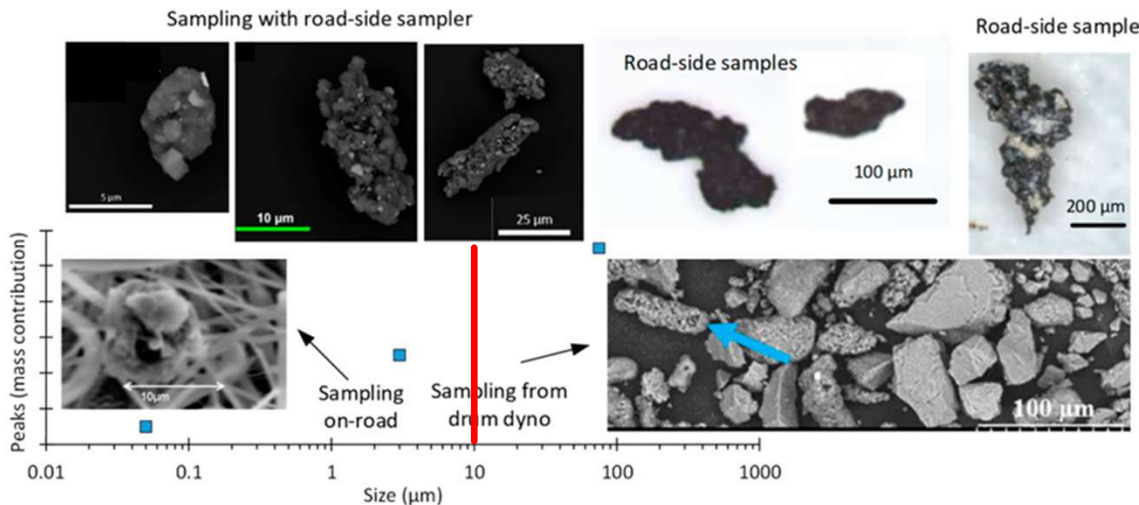


Figure 3. Typical images of tyre wear particles collected on the road, from the roadside with sampler, from a drum dyno, or from roadside dust. Blue squares indicate typical mass size distribution peaks and their relative contributions to the total mass. Sources from smaller to larger particles (all open access articles) are [77,102,107,144,152,153]. The blue arrow indicates a tyre wear particle to distinguish it from the stone particles in the same figure.

Composizione tipica di pneumatico

- ▶ **Gomma naturale** (NR—poliisoprene $[C_5H_8]_n$) e **gomma sintetica** (stirene butadiene SBR e butadiene BR), **40-60%** della massa dello pneumatico
- ▶ **Agenti rinforzanti e riempitivi:** carbon black e silicio (20-35%)
- ▶ **Ammorbidenti:** olio e resina (15%)
- ▶ **Fibre tessili**
- ▶ **Agenti vulcanizzanti:** Ossido di zinco, zolfo, ossidi di calcio, piombo o magnesio
- ▶ **Zn:** comunemente usato come tracciante delle emissioni di usura degli pneumatici negli studi di ripartizione della sorgente di PM ambientale
- ▶ **Vari additivi:** plastificanti, antiossidanti, conservanti e essicanti (5-10%)

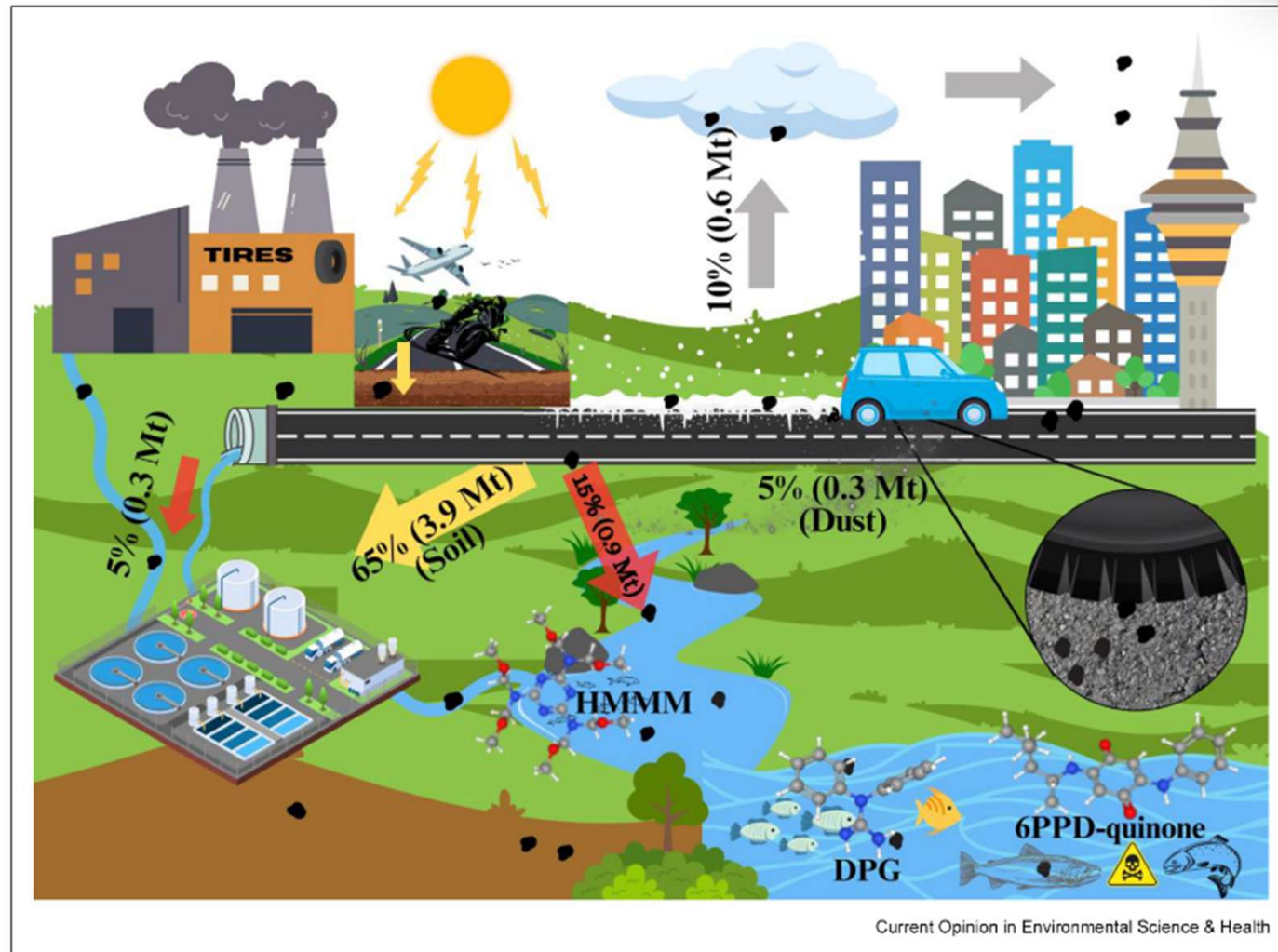
Additivi

- ▶ Gli pneumatici possono contenere fino a **200 diversi additivi**
- ▶ Gli additivi vanno a formare, a seguito del processo di abrasione, quelli che vengono definiti **TREC: Tire-related Emerging Contaminants**, tra i quali:
- ▶ Esa Metossimetil Melamina (**HMMM**): agente reticolante
- ▶ Difenilguanidina (**DPG**): composto organico utilizzato principalmente come accelerante per la **vulcanizzazione** di gomme naturali e sintetiche
- ▶ **6PPD chinone: antiossidante** usato negli pneumatici **per prevenirne l'usura**. Quando il 6PPD reagisce con l'ozono, forma il 6PPD-q, che viene dilavato dalle strade negli ecosistemi acquatici durante la pioggia. È noto per causare mortalità nei pesci.

Pathways di dispersione e accumulo in aria, polvere suolo e acqua

6Mt di TWP nel 2025

Oltre il 90% dei TWP si depositano sulla superficie delle strade, ai bordi stradali o sul terreno vicino, e possono essere trasportati agli impianti di trattamento delle acque reflue o anche raggiungere corsi d'acqua attraverso il deflusso superficiale



TWP: Tire Wear Particle
TREC: Tire-related Emerging Contaminants

Mahyar Ghanadi, Lou Caubrière, Melanie Kah, Lokesh P. Padhye,
Tire-wear particles and tire-related emerging contaminants: Characteristics, occurrence, and toxicity in the environment,
Current Opinion in Environmental Science & Health,
Volume 48, 2025, 100666, ISSN 2468-5844, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2025.100666>.

6PPD-Q: impatto ambientale e rischi per la salute

- Dal suolo entrano nella catena alimentare compromettendo la dinamica dei nutrienti (**distruzione microbica**)
- Nell'acqua, si accumulano in sedimenti e minacciano varie specie ittiche
- Causano **problemi respiratori** se inalati
- Presenza di 6PPD e 6PPD-quinone in campioni di urina umana
- Stabili nell'ambiente e rappresentano quindi rischi significativi per la salute degli ecosistemi e dell'uomo

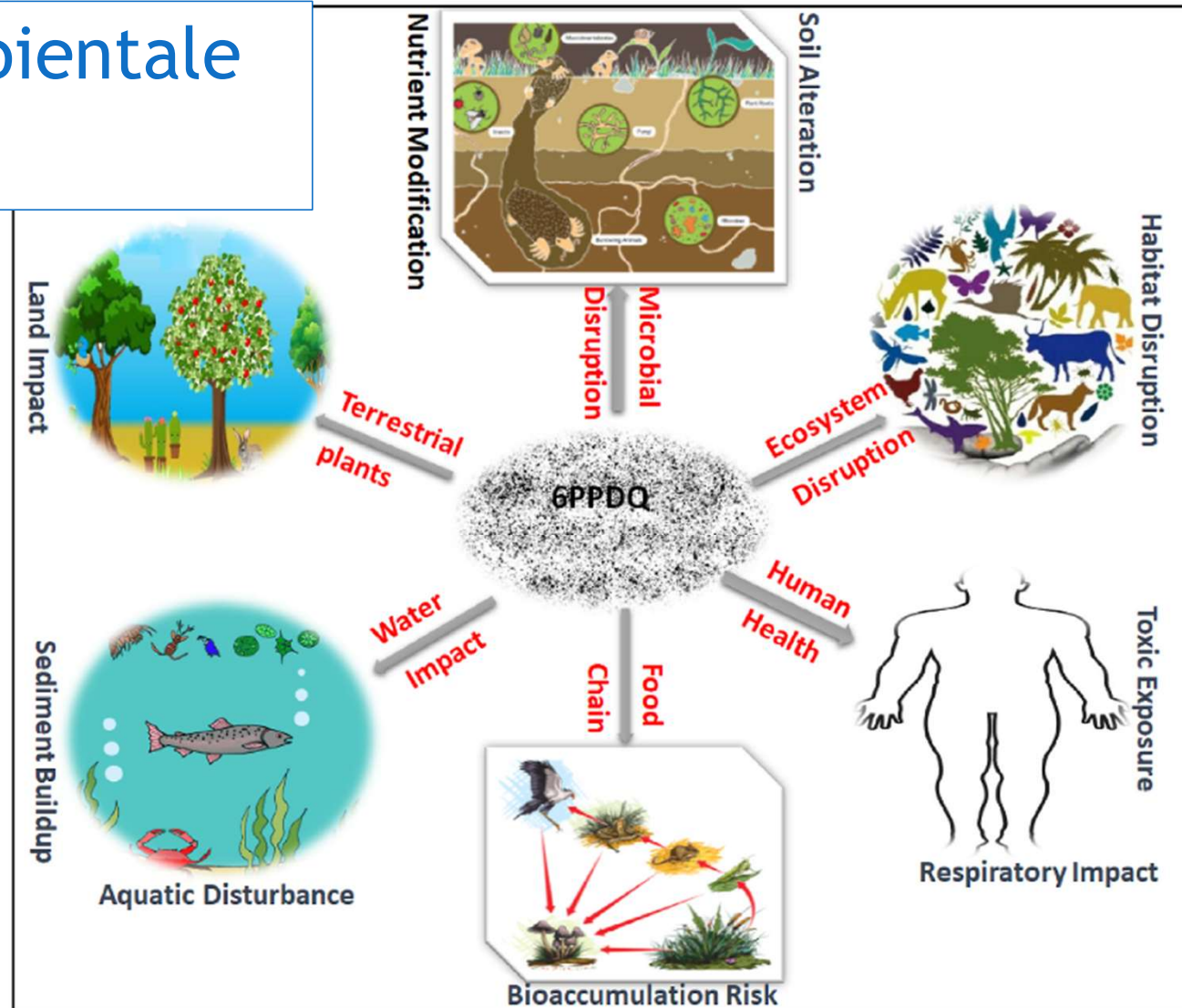


Fig. 5. Environmental impact pathways and human health risks.

Metodologie di laboratorio per la misura di TWP

Road simulator (carosello)

Atmospheric Environment 182 (2018) 200–212

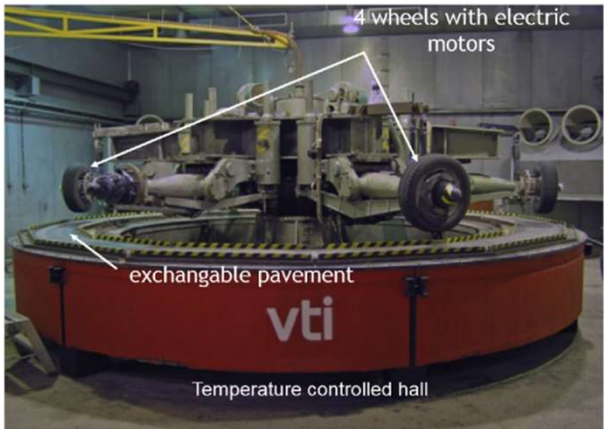
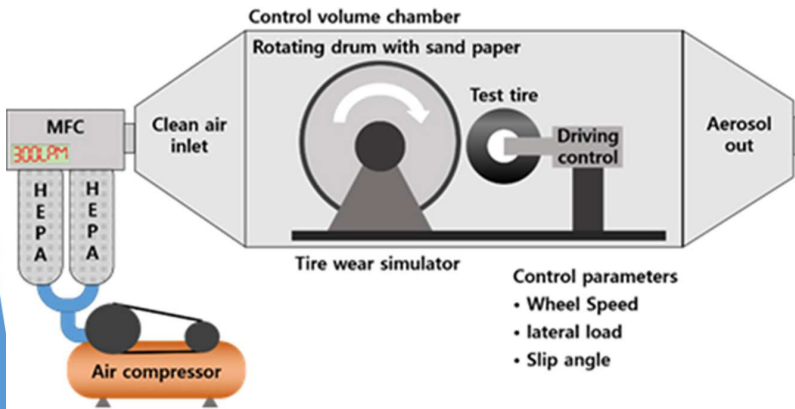
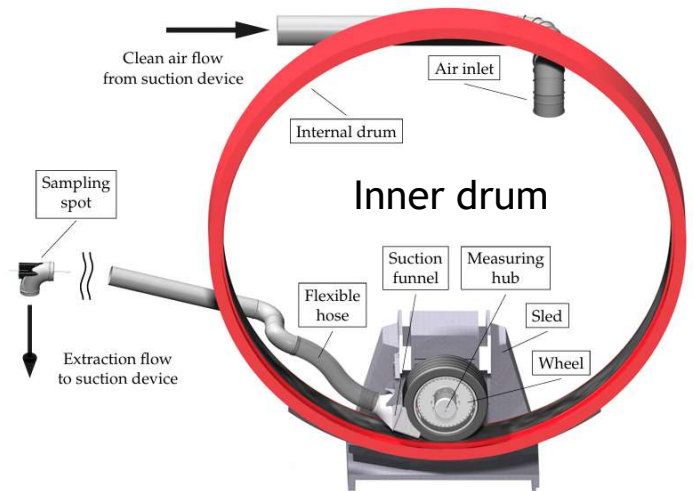


Fig. 1. The VTI road simulator.

materiale reale di
pavimentazione



Sand paper
(gommatura)

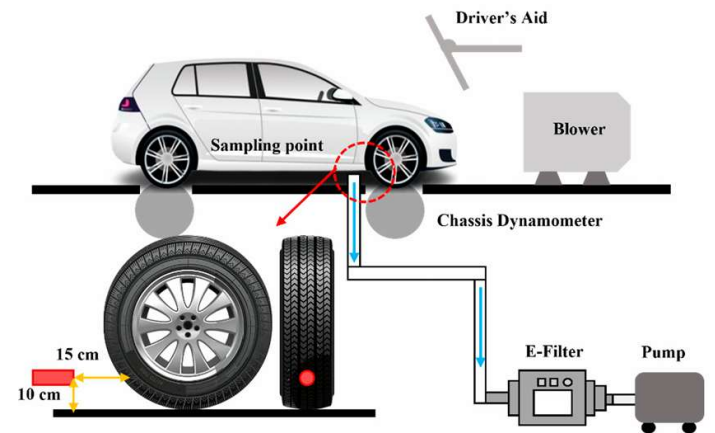
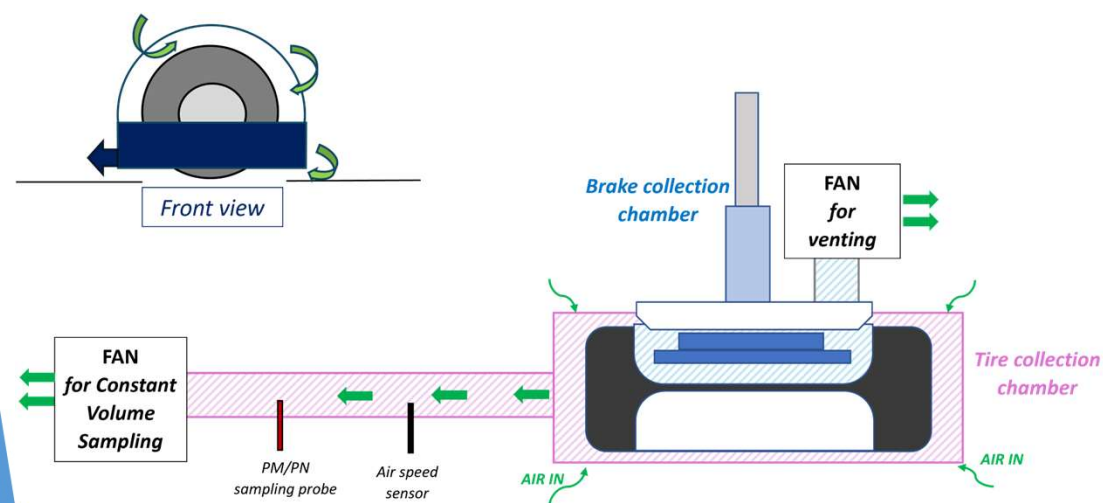


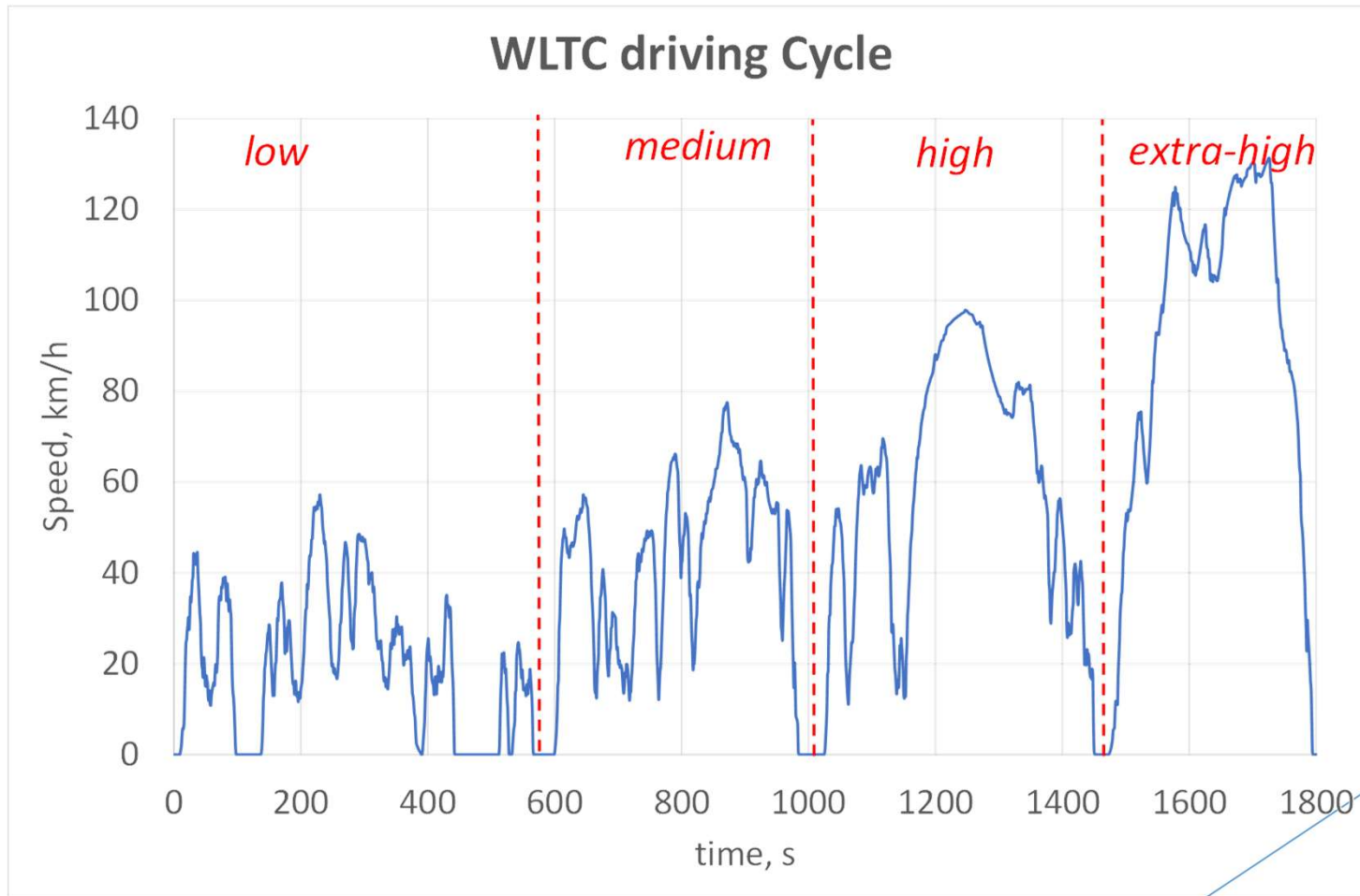
Figure 1. Schematic diagram of the experimental setup.

Camera di raccolta particelle da pneumatico



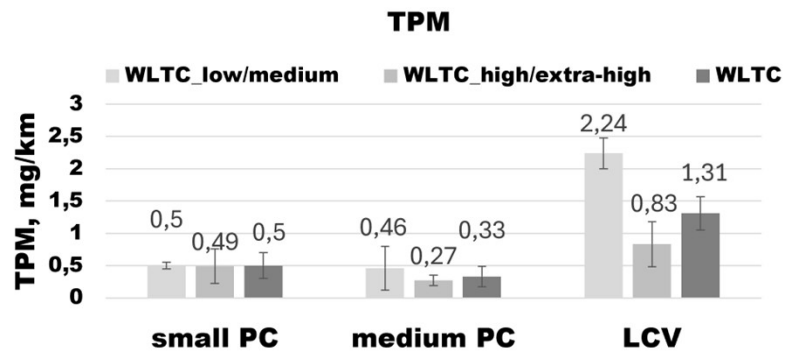
Rullo ricoperto con carta abrasiva

Ciclo di guida

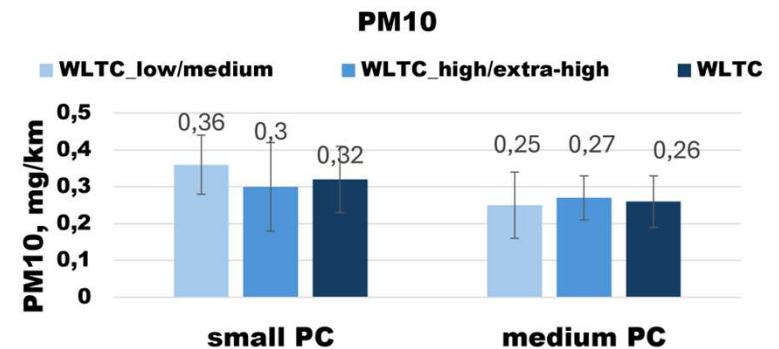


Emissioni PM in mg/km

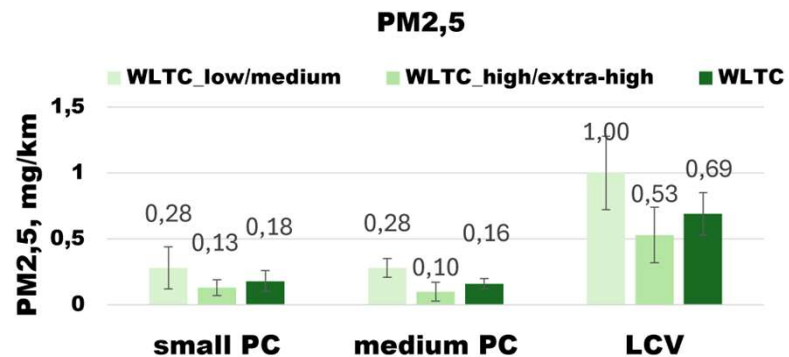
TPM: Total Particulate Matter



PM10: Particulate Matter < 10 μm

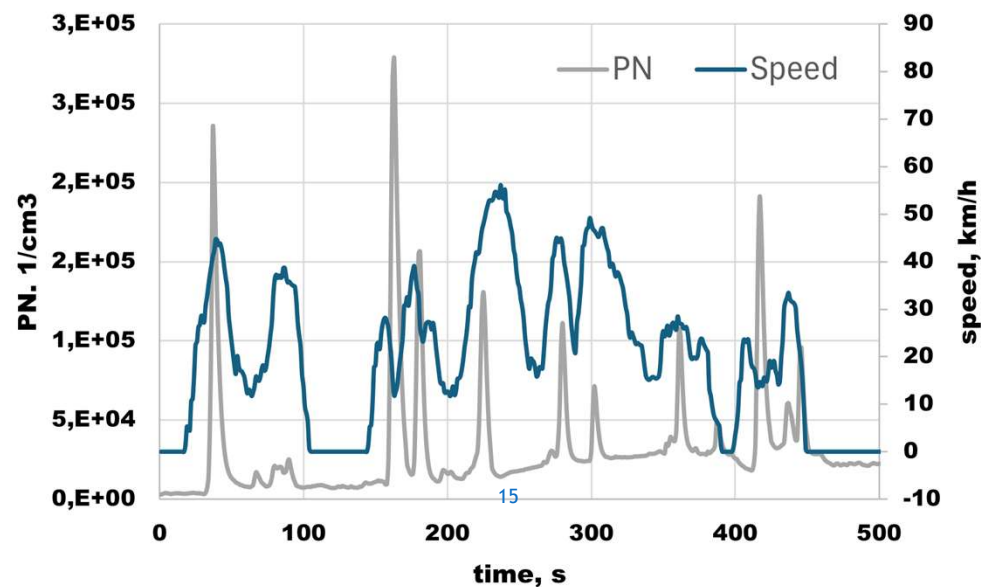
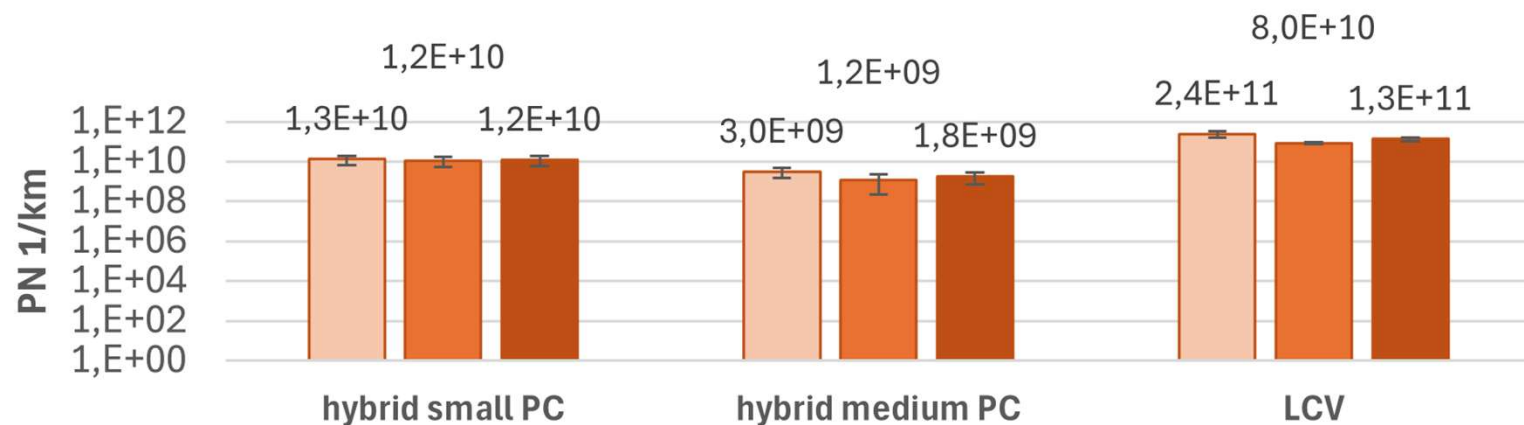


PM2.5: Particulate Matter < 2.5 μm



Emissioni PN da in #/km

■ WLTC_low/medium
■ WLTC_high/extra-high
■ WLTC





Soluzioni: interventi dell'UE per ridurre le microplastiche

- ▶ **Riduzione delle microplastiche nei prodotti:** misure per ridurre al minimo il rilascio di microplastiche da tessuti, pneumatici, cosmetici, vernici e mozziconi di sigarette
- ▶ **Limitare la plastica monouso e altri rifiuti di plastica:** bottiglie di plastica, tappi, filtri di sigarette, bastoncini di cotone, posate, palloncini, sacchetti di plastica leggeri
- ▶ **Nuove norme UE sui granuli di plastica:** materie prime industriali utilizzate per fabbricare prodotti di plastica (norma sulla manipolazione, trasporto e stoccaggio dei pellet)

UNECE: metodologia per misurare le emissioni di particelle dagli pneumatici

- ▶ La normativa EURO 7 recepisce quella UNECE
- ▶ Metodi di misurazione dell'abrasione
- ▶ Test di una flotta di veicoli su strada su percorso definito per percorrenza complessiva di 8000 km
- ▶ In laboratorio, drum test, per 5000 km
- ▶ Determinazione delle perdita di peso degli pneumatici dovuta all'abrasione, mg/km/t
- ▶ Confronto con abrasione di uno pneumatico di riferimento (Standard Reference Test Tire - SRTT)
- ▶ Limiti stabiliti in funzione della tipologia di pneumatico

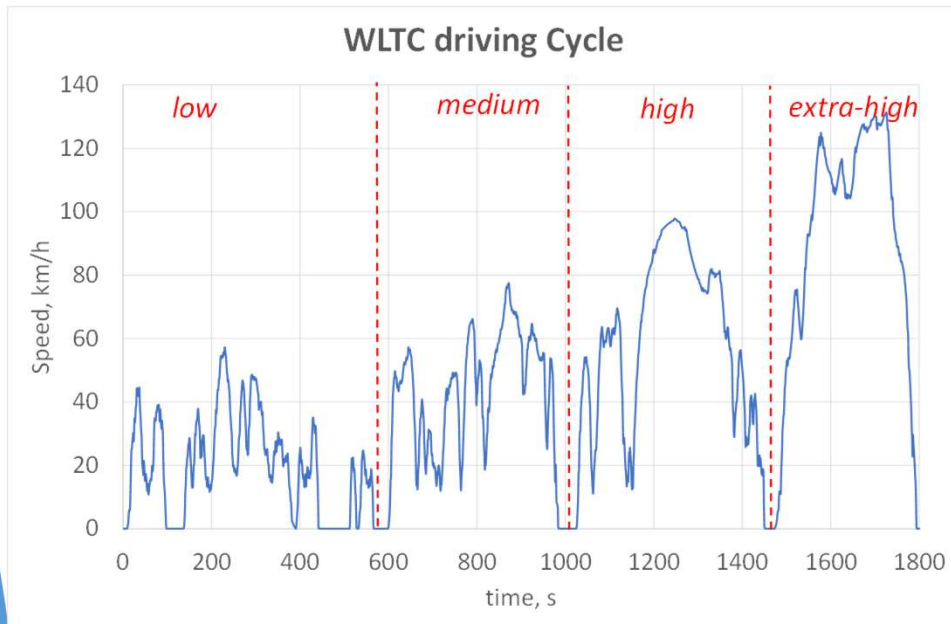
Grazie per l'attenzione!

antonio.mariani@stems.cnr.it

Conclusioni

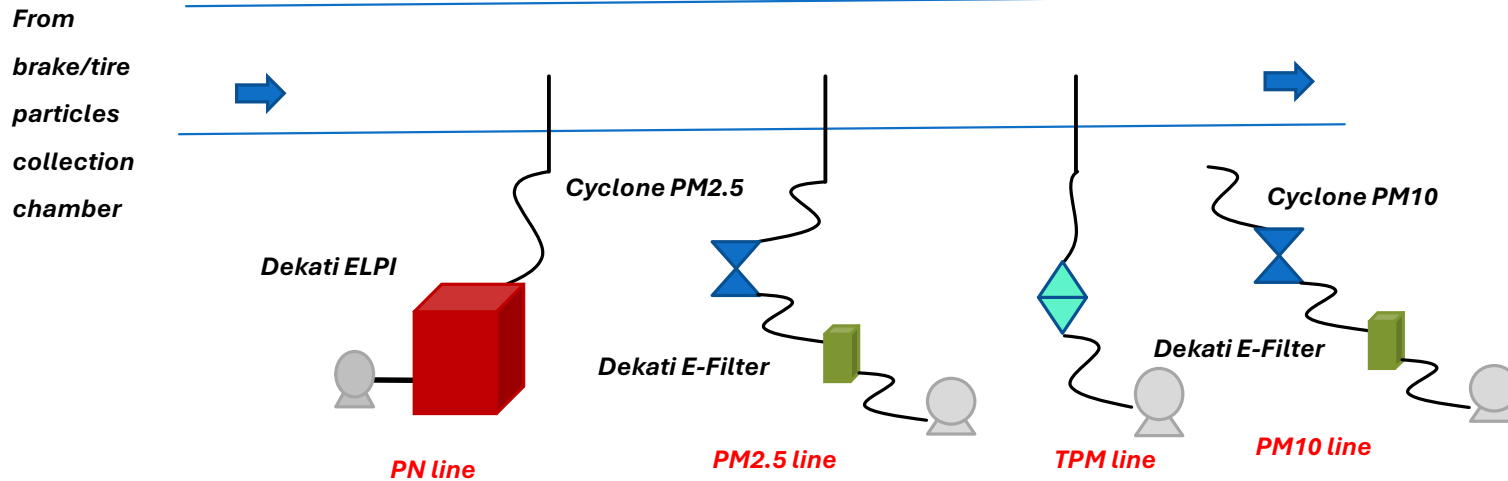
- **6 milioni di tonnellate di TWP emesse a livello globale**
- Alta variabilità dei fattori di emissione: dipendenza da molti parametri, dall'ambiente, dalla metodologia di misura (ad esempio impatto della risospensione e contributo dei freni per test su strada)
- Mitigazione:
 - Ridurre la formazione di particelle
 - Raccolta a valle del meccanismo di formazione
 - Ridurre l'esposizione

Ciclo di guida



- Prova sul banco a rulli dinamometrico
- Ciclo di guida WLTC
- WLTC guidato senza frenata attiva
- Tra 2 WLTC, raffreddamento dello pneumatico a temperatura ambiente (23°C)
- Usura degli pneumatici (precisione della scala +/- 1g) ogni 2 x WLTC (48 km)
- Pulizia della carta vetrata con gomma naturale ogni 2 x WLTC (48 km)
- Stesso autista per tutti i test

CNR STEMS: setup sperimentale



- PM1, PM10 da analisi gravimetrica (raccolta su filtro da 47 mm a valle di un ciclone, portata di campionamento di 10 l/min)
- A causa della bassa concentrazione di PM, la durata del campionamento dovrebbe essere elevata (230 km percorsi)
- PN da ELPI
- Le particelle fini sono molto variabili; I valori misurati sono vicini al segnale di rumore
- ELPI necessita di un riscaldamento del caricatore per evitare una deriva del segnale; Questo influisce sul processo post-processo dei filtri campione (analisi chimica)
- Gli elettrometri sono sensibili alle vibrazioni

Confronto con «emission inventories»

