



Consiglio Nazionale delle Ricerche



# Preparazione di un database di fattori di emissione di autovetture rappresentative del parco italiano e rispondenti agli standard emissivi Euro 4-5-6

Web Conference ISPRA  
Emissioni da trasporto stradale  
16 APRILE 2021



*A cura di:*

Maria Antonietta Costagliola, Maria Vittoria Prati

*STEMS-CNR*

Simone Casadei, Davide Faedo, Tommaso Rossi e Tommaso Bellin

*Innovhub SSI*

Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili (STEMS) – CNR

# Introduzione

L'Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili del CNR (STEMS-CNR) ed Innovub SSI s.r.l. hanno realizzato per ISPRA un database dei fattori di emissione di autovetture Euro 4, 5 e 6.

**FASE 1:** Raccolta dati già a disposizione dei due Istituti per autovetture Euro 4/5/6 suddivise per anno di immatricolazione, alimentazione e cilindrata

**FASE 2:** Effettuazione di test su n.10 veicoli aggiuntivi al fine di implementare il numero di dati e valutare l'effetto dell'aria condizionata (A/C)

Il database finale raccoglie dati sperimentali di 103 veicoli. Per ognuno dei veicoli, sono disponibili diversi fattori di emissione corrispondenti ai diversi test eseguiti sullo stesso veicolo. Complessivamente, il database contiene 754 dati emissivi.

# Composizione database per classe di omologazione

Omologazione	Immatricolazione	Nr. veicoli
Euro 4	dal 2005 al 2010	30
Euro 5	dal 2010 al 2015	39
Euro 6	dal 2014 al 2019	34

*I veicoli Euro 6 inclusi nel database sono omologati secondo gli standard Euro 6b ed Euro 6c (entrata in vigore dell'Euro 6d-temp dal 2019 per tutti i nuovi veicoli)*

Topic	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Limits	Euro 5b		Euro 6b			Euro 6d-TEMP		Euro 6d		?	? Euro 7			
RDE					Monitor	RDE NOx + PN		RDE CF* NOx 1.43, CF PN 1.5						

## Rappresentatività del database rispetto ai modelli più venduti in Italia negli anni dal 2005 al 2019

Per ciascuna classe di omologazione, la percentuale di veicoli inclusa tra i modelli più venduti risulta:

- 57 % per le autovetture Euro 4
- 38 % per le autovetture Euro 5
- 24 % per le autovetture Euro 6

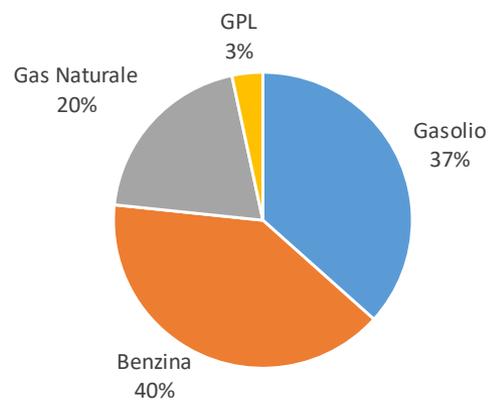
# Composizione database per tipologia di alimentazione

Distribuzione del database rispetto alla distribuzione del parco circolante italiano

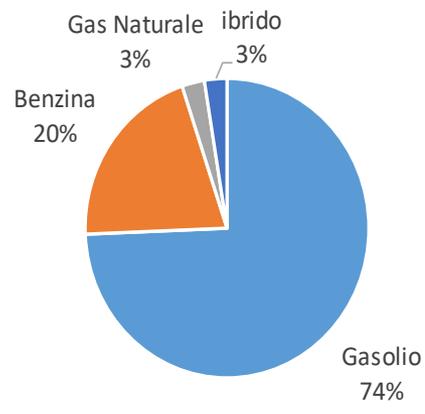
- % maggiore di veicoli Euro 4 ed Euro 6 a GN e GPL rispetto al parco circolante in Italia (su richiesta di ISPRA per ciascun anno di immatricolazione è stato incluso, ove possibile, un numero minimo di veicoli alimentati con combustibili gassosi)
- % maggiore di veicoli Euro 5 diesel

**Database**

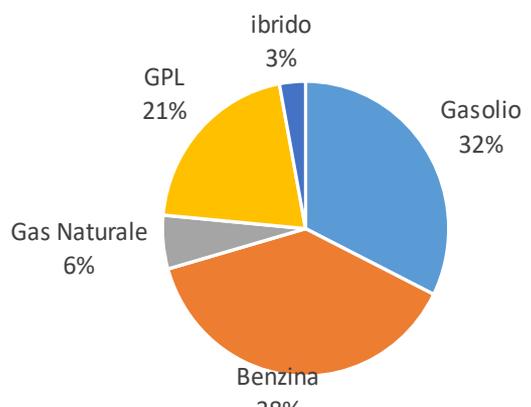
## EURO 4



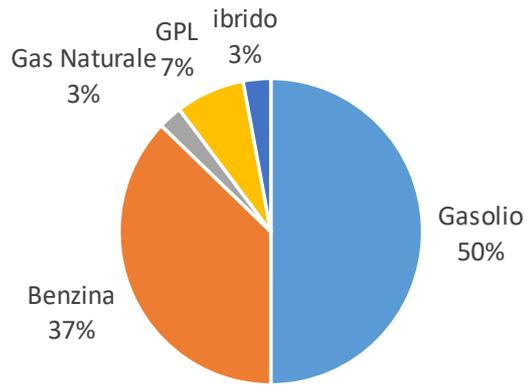
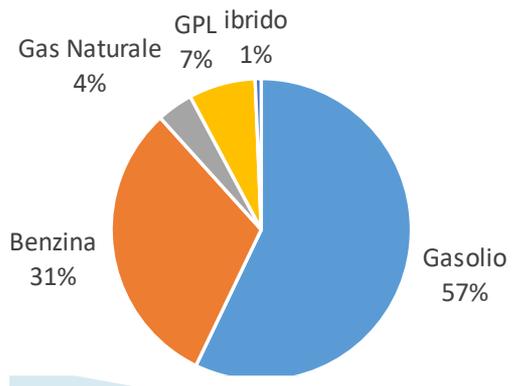
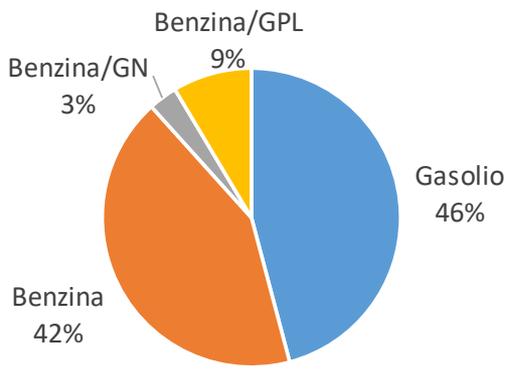
## EURO 5



## EURO 6



**Parco circolante italiano (ACI, 2019)**

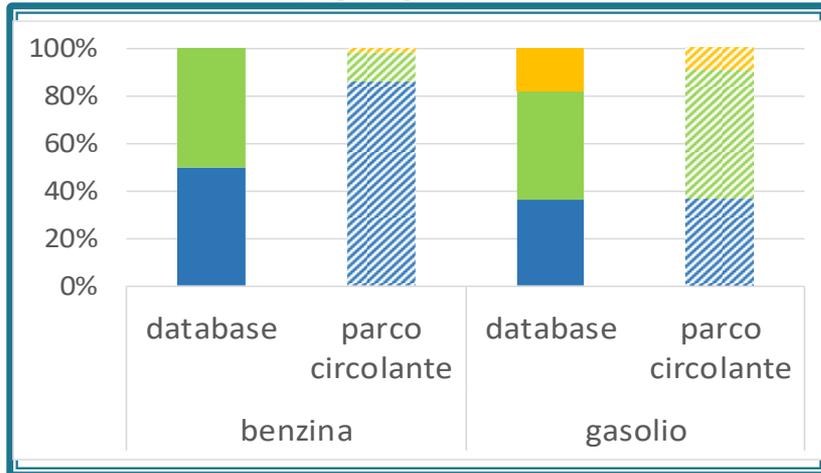


# Composizione database per cilindrata

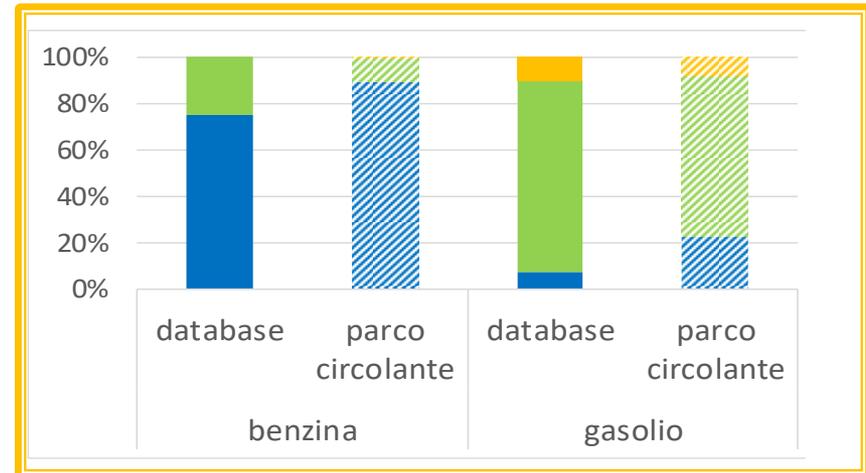
La distribuzione delle cilindrata delle auto diesel ed a benzina è rappresentativa del parco circolante italiano.

- Prevalenza delle motorizzazioni small (cilindrata < 1400 cm<sup>3</sup>) per i veicoli a benzina
- Prevalenza delle motorizzazioni medium (1400 < cilindrata < 2000 cm<sup>3</sup>) per veicoli diesel

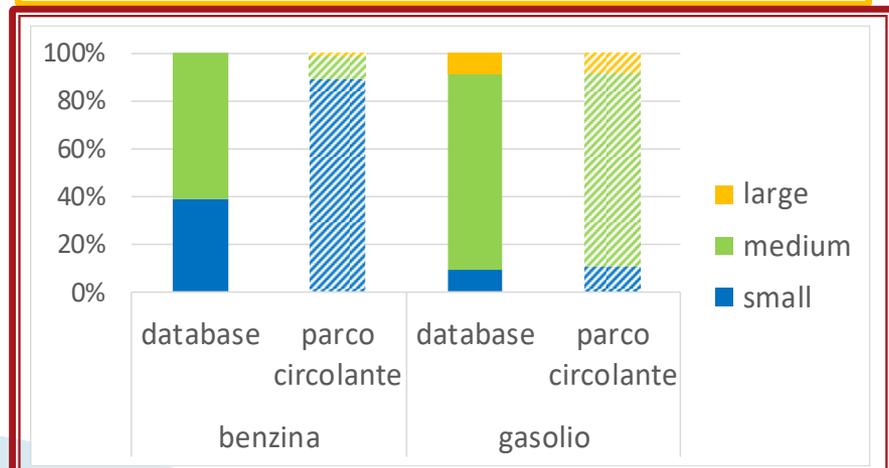
## EURO 4



## EURO 5



## EURO 6



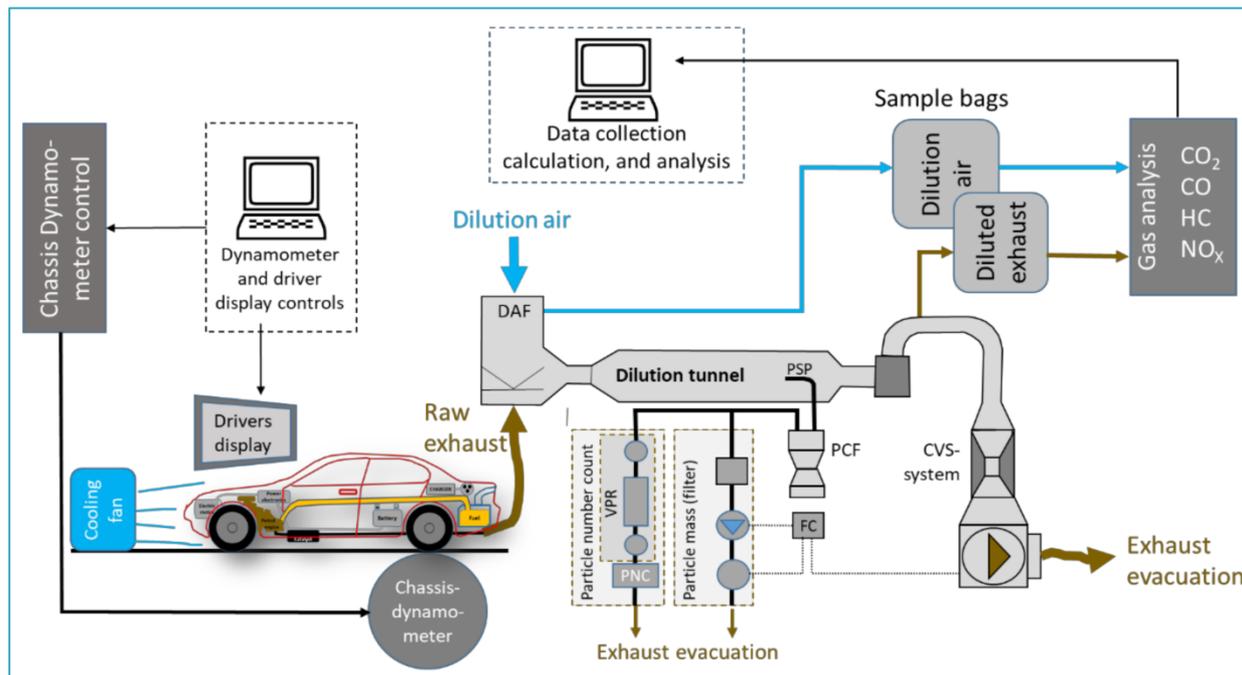
# Misura delle emissioni di autovetture

Il fattore di emissione corrisponde alla quantità di un inquinante emesso da un veicolo per km percorso (espresso in g/km o mg/km).

Metodi di misura delle emissioni degli autoveicoli:

- ❖ Test di laboratorio
- ❖ Test su strada

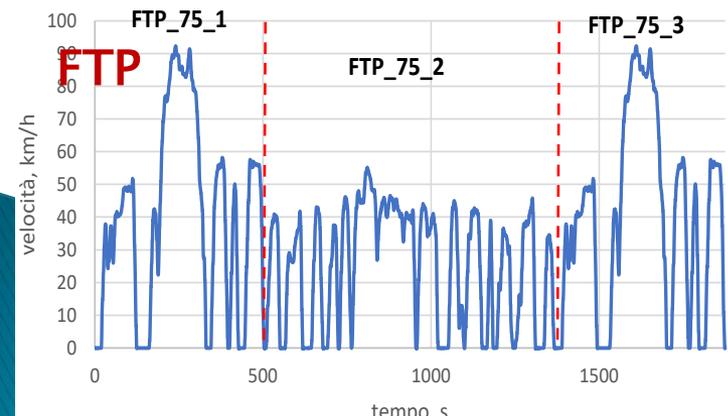
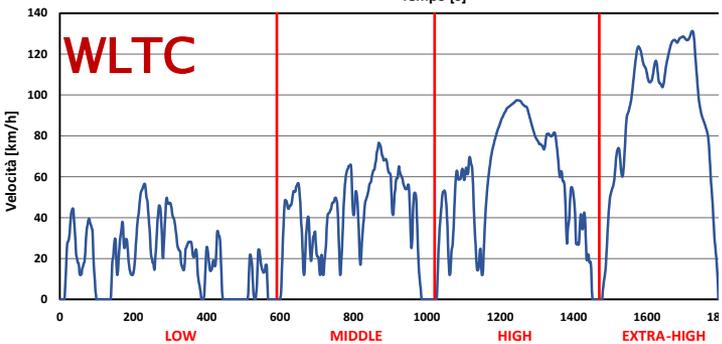
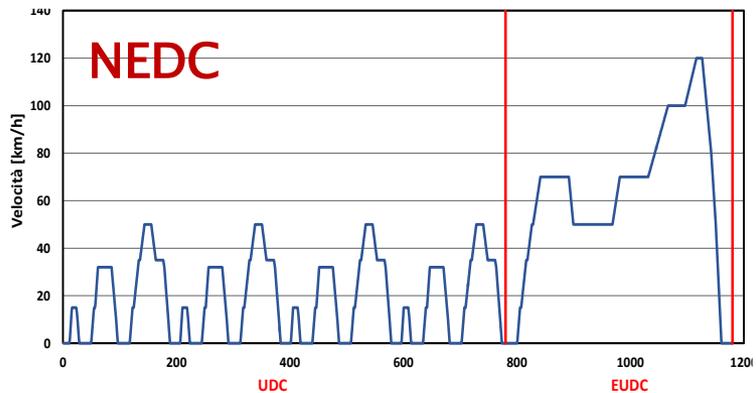
## ▶ Test di laboratorio sul banco a rulli dinamometrico



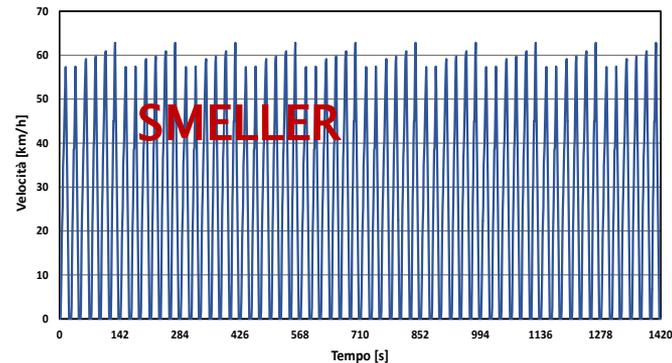
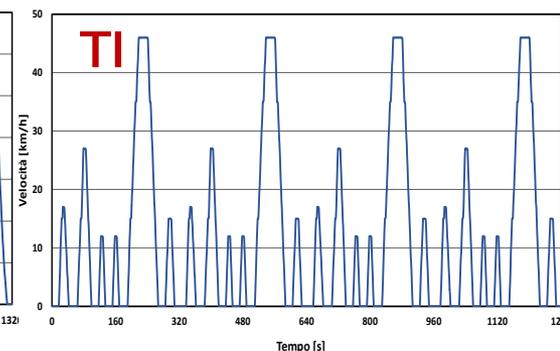
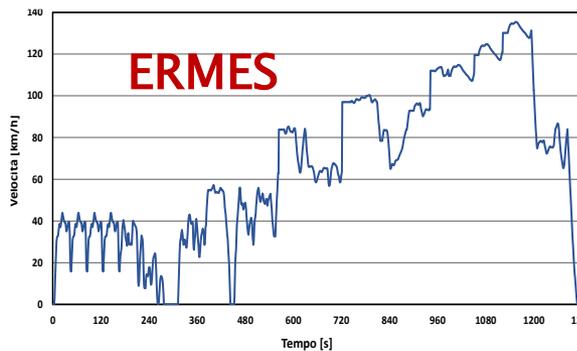
- CO, CO<sub>2</sub> (analizzatore NDIR)
- THC (analizzatore FID)
- NO<sub>x</sub> (analizzatore CLD)
- PM (metodo gravimetrico)
- PN (protocollo EU PMP)
- microinquinanti organici (acetaldeide, formaldeide, IPA)
- gas ad effetto serra (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)
- Ammoniaca
- Stima del consumo di carburante (bilancio del carbonio)
- Acquisizioni parametri motoristici (OBD)

# Cicli di guida (test in laboratorio)

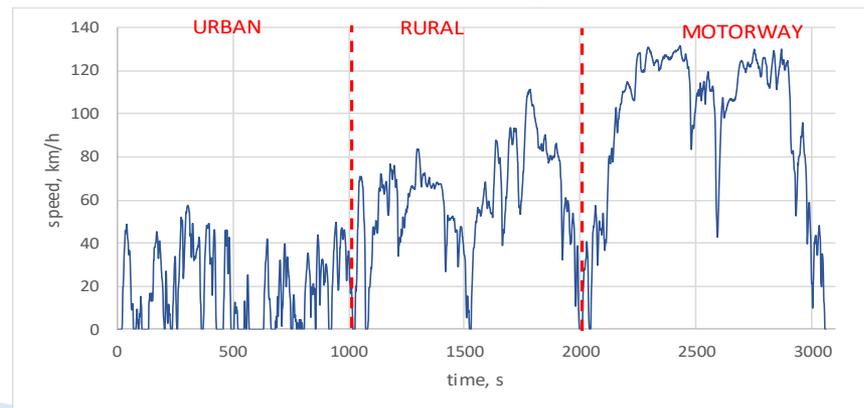
## Cicli di omologazione



## Cicli di ricerca



## ARTEMIS



# Cicli di guida (test in laboratorio)

Ciclo di guida	Velocità media, km/h	Cold/warm
NEDC	33,6	cold
UDC	19,5	cold
EUDC	62,7	cold
WLTC	46,4	cold
LOW	18,8	Cold
MIDDLE	39,7	Cold
HIGH	56,5	Cold
EXTRA-HIGH	92,0	Cold
FTP	33,2	Cold
FTP_1	40,3	Cold
FTP_2	25,3	Cold
FTP_3	40,3	Cold
ERMES	66,2	Warm
TI	11,4	Warm
SMELLER	26,1	Warm
Artemis URBAN	17,5	Warm
Artemis RURAL	60,3	Warm
Artemis Motorway	116,4	Warm

Condizioni di partenza:

**COLD:** veicolo condizionato per almeno 6 ore a temperatura compresa tra 20 e 30°C (a 23°C a partire dalla fase Euro 6);

**WARM:** veicolo non condizionato e con motore a caldo.

## ▶ Test RDE (Real Driving Emissions) su strada



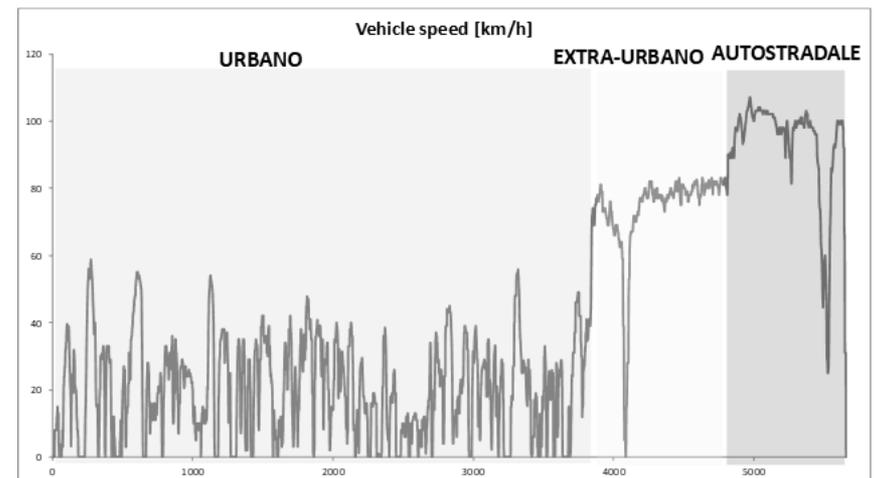
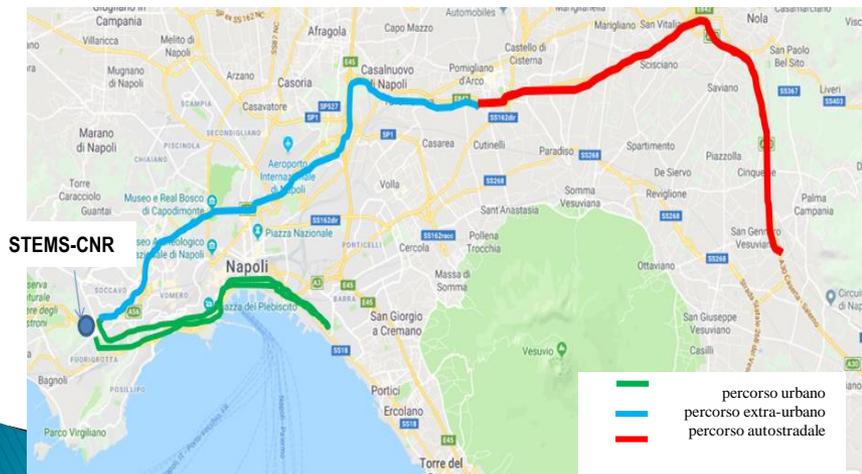
- Analizzatore PEMS (Portable Emission Measurement System) per la misura di CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, THC, PM/PN.
- Misura della portata volumetrica dei gas di scarico.
- Acquisizione coordinate spaziali (GPS)
- Acquisizione condizioni ambientali
- Acquisizione parametri centralina motore (OBD)

PEMS alimentato con batterie ausiliarie

Test RDE con partenza a freddo (veicolo spento per almeno 6 ore prima del test e condizionato a temperatura ambiente)

# Percorso RDE

- ❖ parte urbana (velocità inferiore a 60 km/h, velocità media compresa tra 5 e 40 km/h, il tempo di sosta maggiore del 6% e inferiore al 30%)
- ❖ parte extraurbana (velocità compresa tra 60 e 90 km/h)
- ❖ parte autostradale (velocità compresa tra 90 e 130 km/h con velocità superiore a 100 km/h per almeno 5 minuti)
- ❖ distanza minima da percorrere su ciascun tratto di 16 km
- ❖ percorso equamente distribuito tra le tre fasi in termini di distanza
- ❖ durata del test RDE compresa tra 90 e 120 minuti
- ❖ differenza di altitudine tra il punto di partenza ed il punto di arrivo non superiore 100 m, elevazione positiva cumulativa inferiore a 1200 m/100km



# Struttura Database

## Dati veicolo

Veicolo	Omologazione	Anno immatr.	Alimentazione	Cilindrata, cm <sup>3</sup>	Classe di cilindrata COPERT	Inerzia, kg	km	After-treatment	TAG
Fiat Stilo 1,9 Mjet	Euro 4	2005	Gasolio	1900	Medium	1360	5000	DOC	EU4_2005_G_1

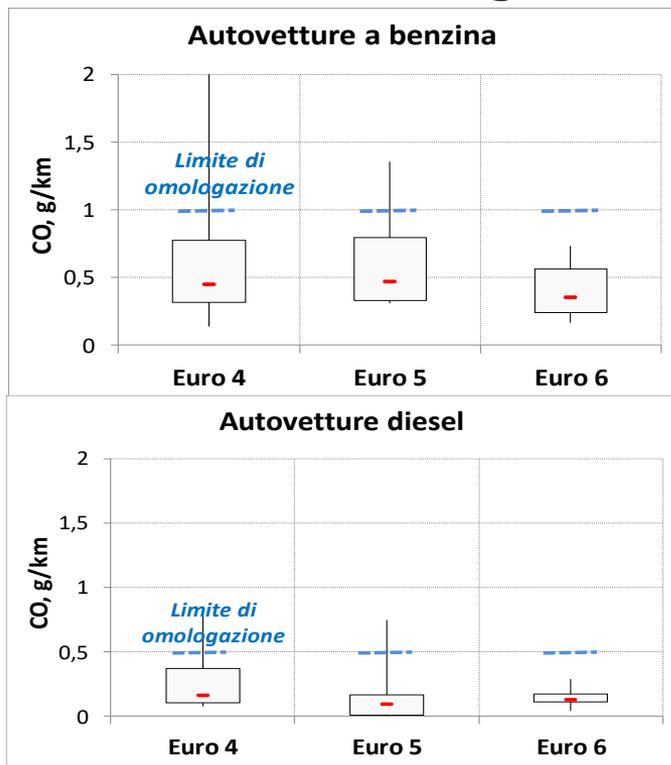
## Fattori di emissione per ciascun veicolo

TAG_veh	Ciclo di guida	Ambiente di prova	n. di ripetizioni	Fase del ciclo di guida	Cold/Warm	Velocità	CO		THC	
						km/h	media, g/km	dev.std, g/km	media, g/km	dev.std, g/km
EU4_2005_G_1	NEDC	Banco a rulli	3	UDC	Cold	18,5	2,262	0,056		
				EUDC	Cold	62,4	0,015	0,001		
				NEDC	Cold	33,4	0,836	0,019		
	FTP-75	Banco a rulli	3	FTP_75_1	Cold	40,7	0,304	0,033		
				FTP_75_2	Cold	25,6	0,026	0,017		
				FTP_75_3	Cold	40,8	0,074	0,024		
				FTP_75	Cold	33,8	0,096	0,005		

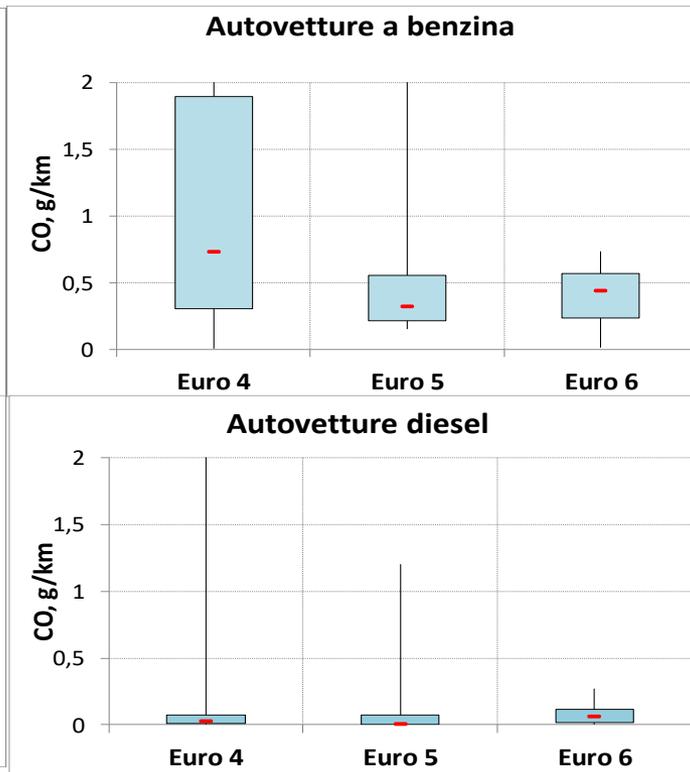
Dati per tutti gli inquinanti disponibili

# Fattori di emissione di CO

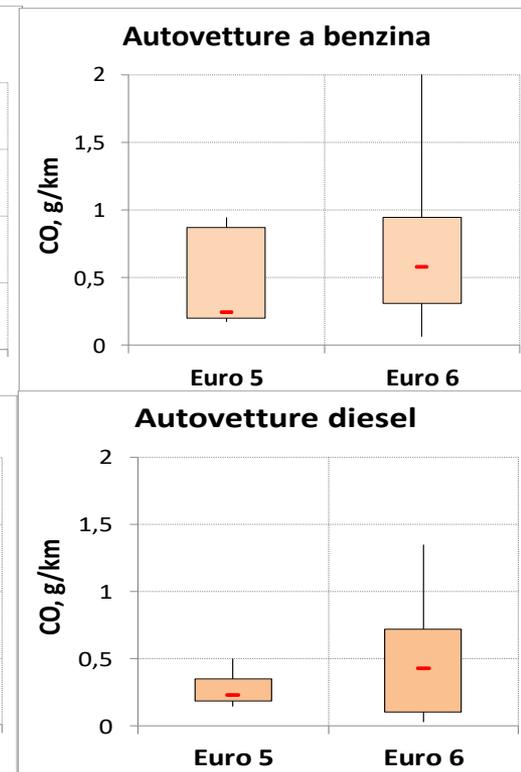
## Cicli di omologazione



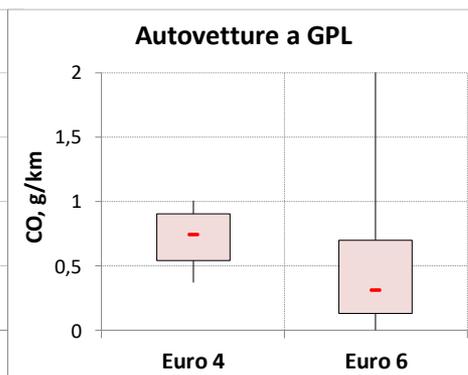
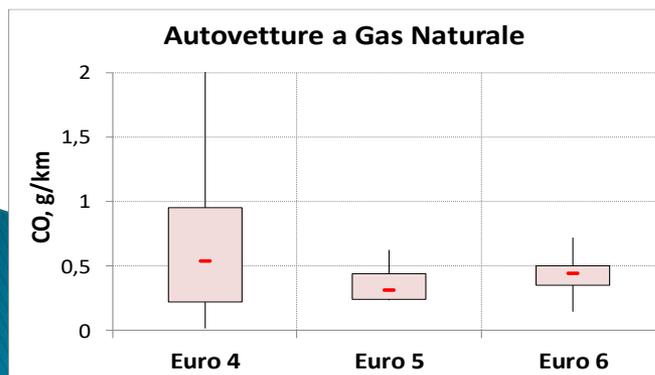
## Altri cicli laboratorio



## RDE



## Tutti i cicli



Inquinante caratteristico dei veicoli ad accensione comandata (a benzina, gas naturale e GPL).

Incremento di CO nei test RDE, maggiormente evidente per i veicoli diesel.

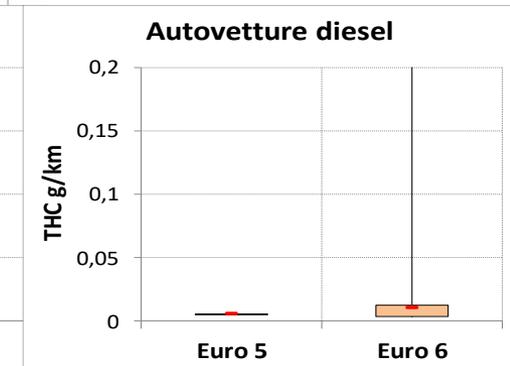
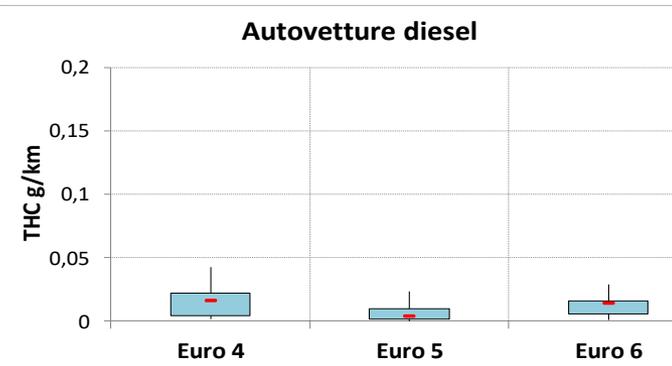
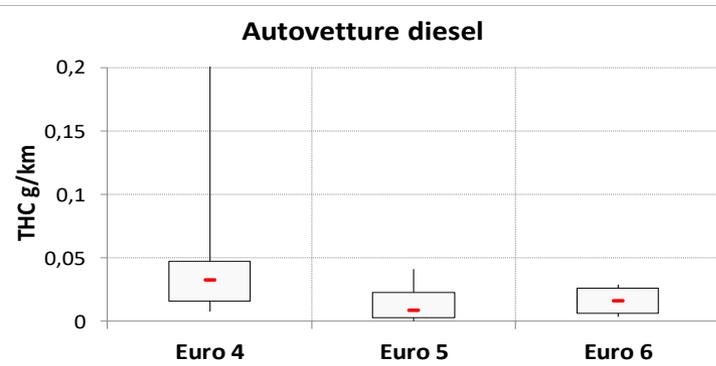
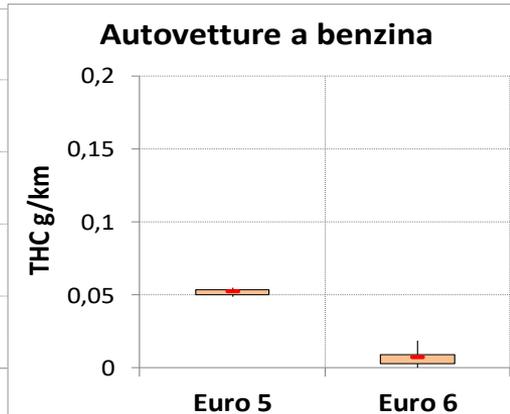
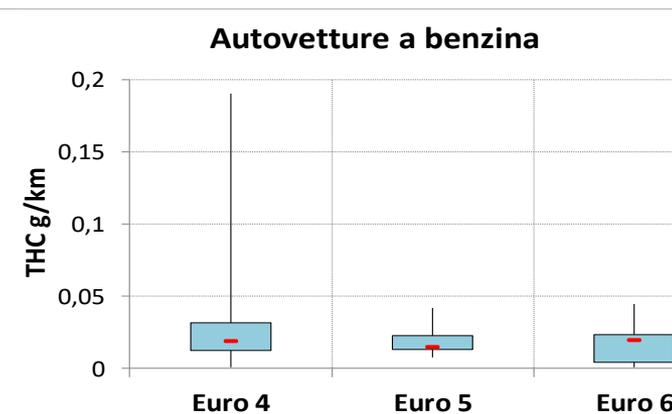
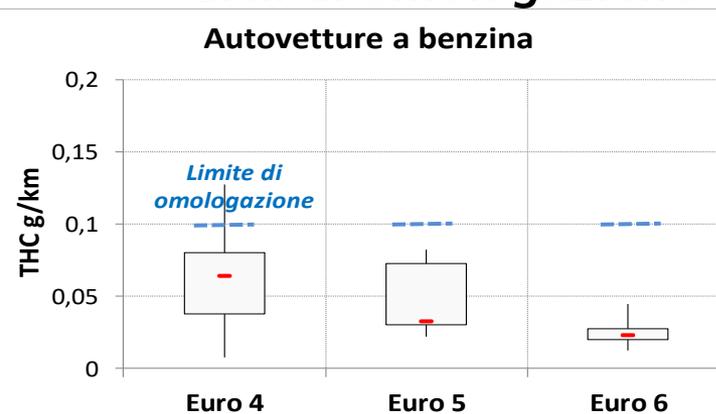
Il CO dei veicoli Euro 6 a benzina e diesel è comparabile in RDE.

# Fattori di emissione di THC

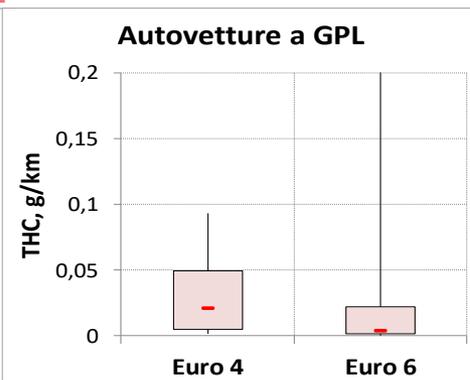
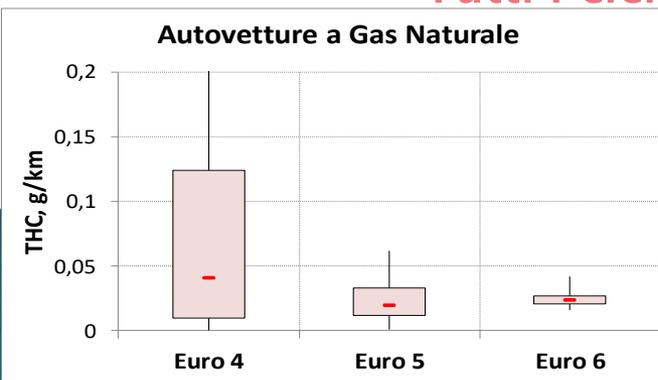
## Cicli di omologazione

## Altri cicli laboratorio

## RDE



## Tutti i cicli



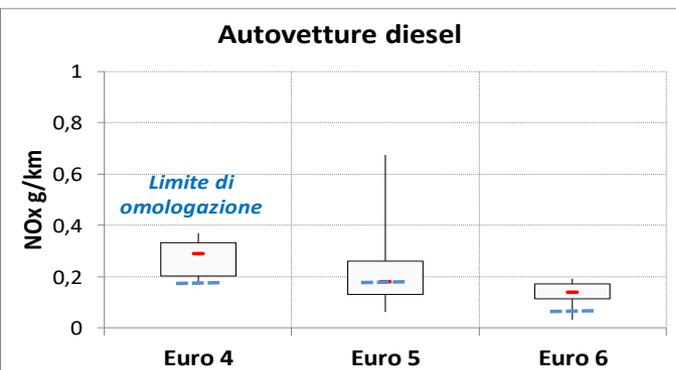
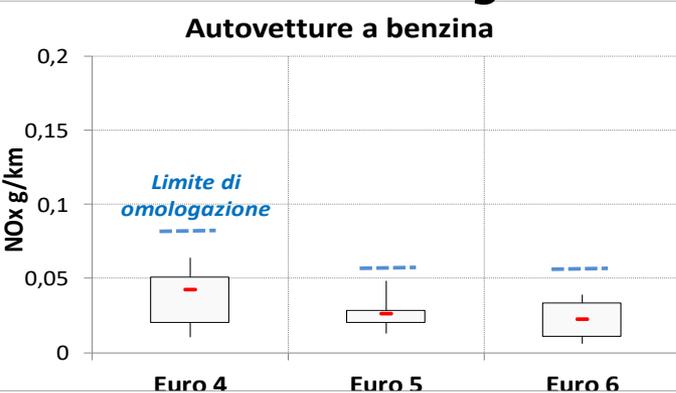
Elevate emissioni di THC per i veicoli Euro 4 a benzina ed a gas naturale.

Emissioni di THC per i veicoli diesel inferiori a 20 mg/km in molte condizioni di prova.

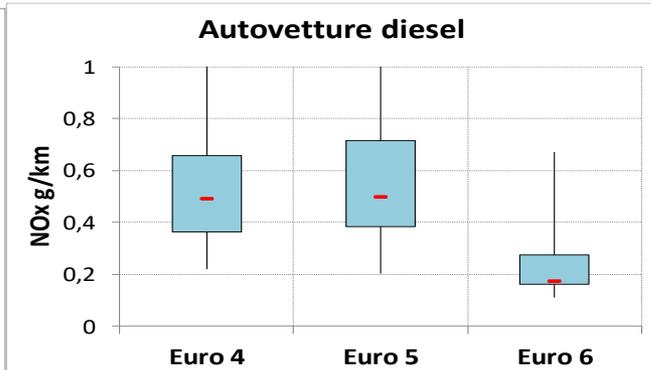
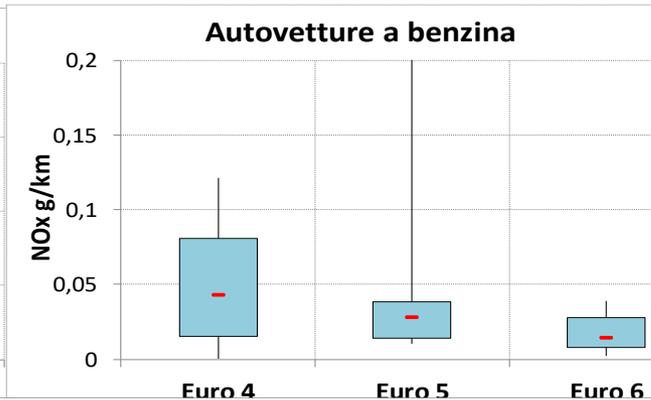
Con i pochi dati a disposizione, non si evidenziano significativi aumenti di THC in RDE.

# Fattori di emissione di NOx

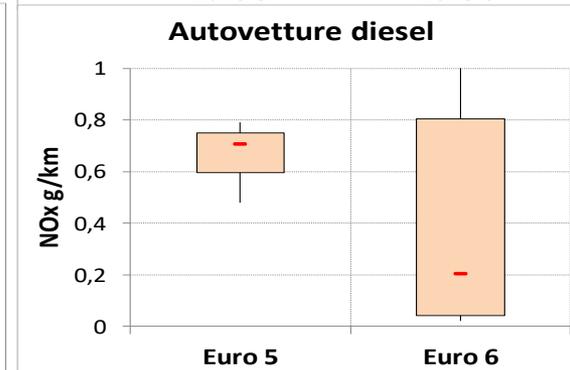
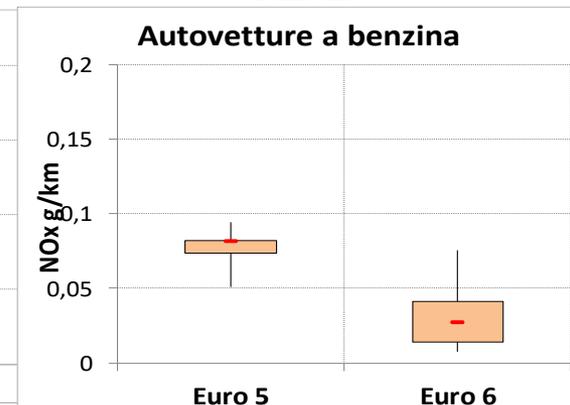
## Cicli di omologazione



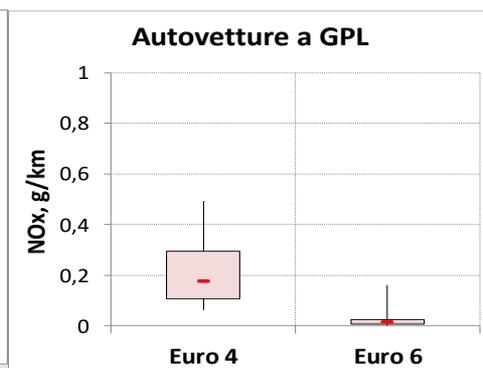
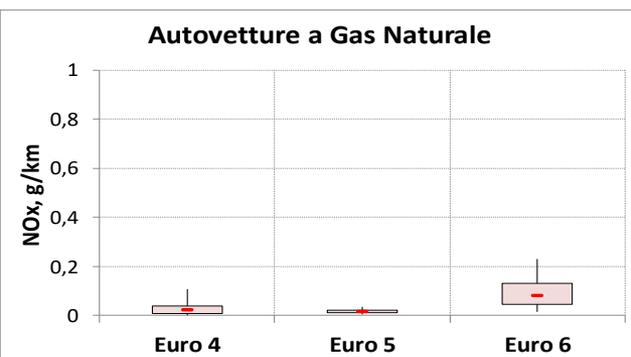
## Altri cicli laboratorio



## RDE



## Tutti i cicli



Emissioni di NOx dei veicoli Euro 4 a GPL confrontabili con i veicoli Euro 4 diesel.

Criticità delle emissioni di NOx per i veicoli diesel rispetto ai cicli di omologazione.

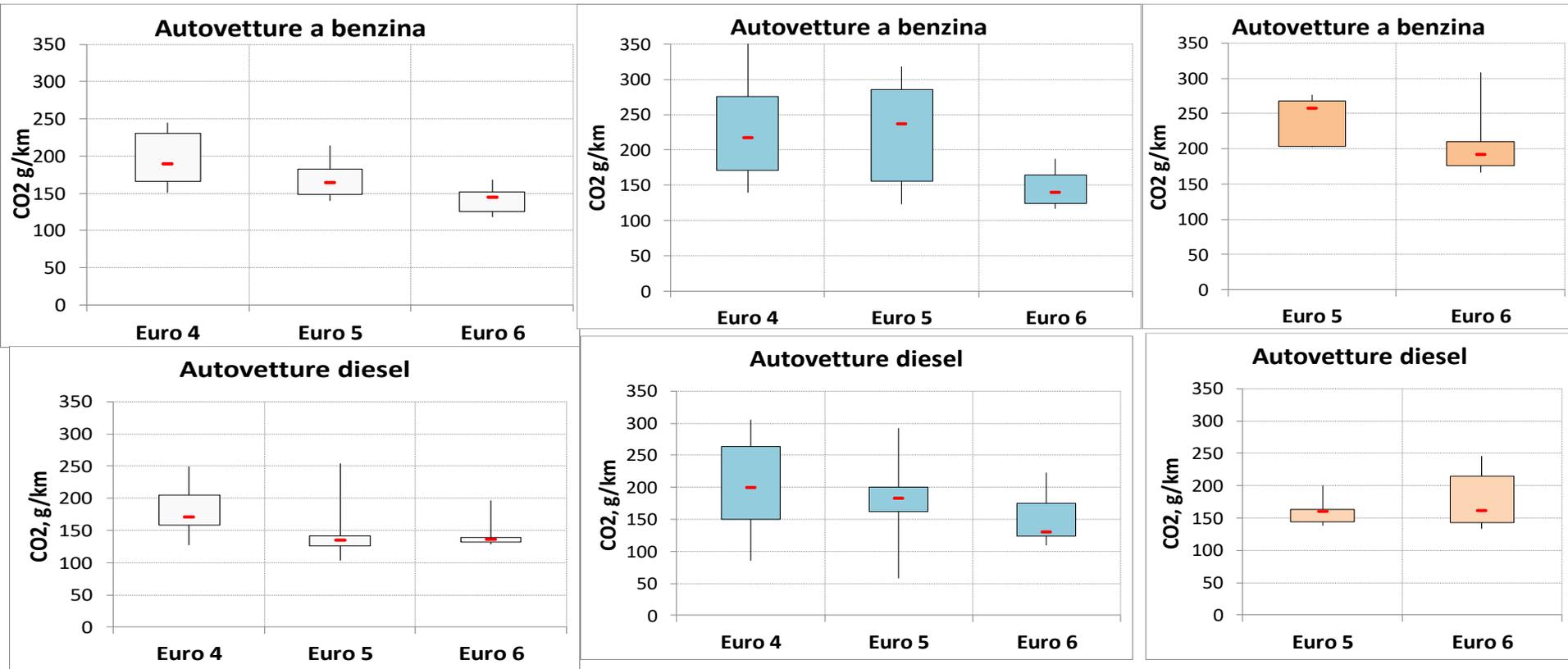
Incremento dei NOx in RDE e su altri cicli di laboratorio

# Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>

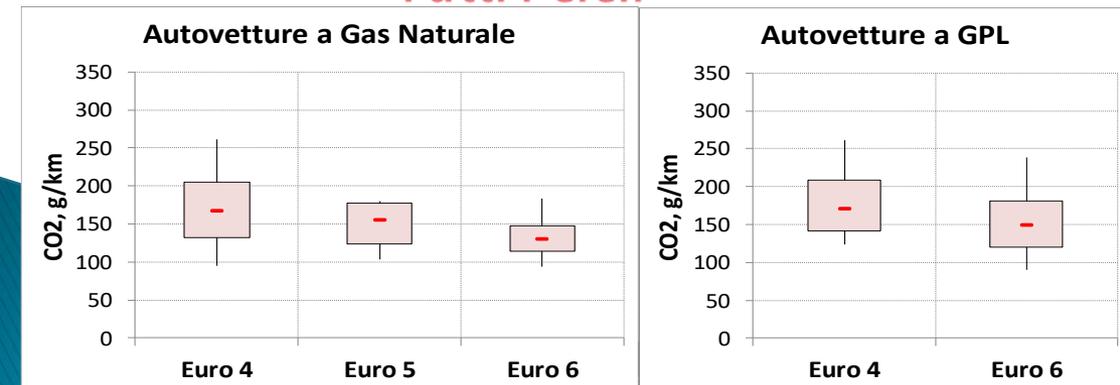
## Cicli di omologazione

## Altri cicli laboratorio

## RDE



## Tutti i cicli



Per i veicoli a benzina e diesel Euro 4 e 5, le condizioni maggiormente dinamiche che caratterizzano i cicli non omologativi comportano maggiori emissioni di CO<sub>2</sub> (maggiori consumi).

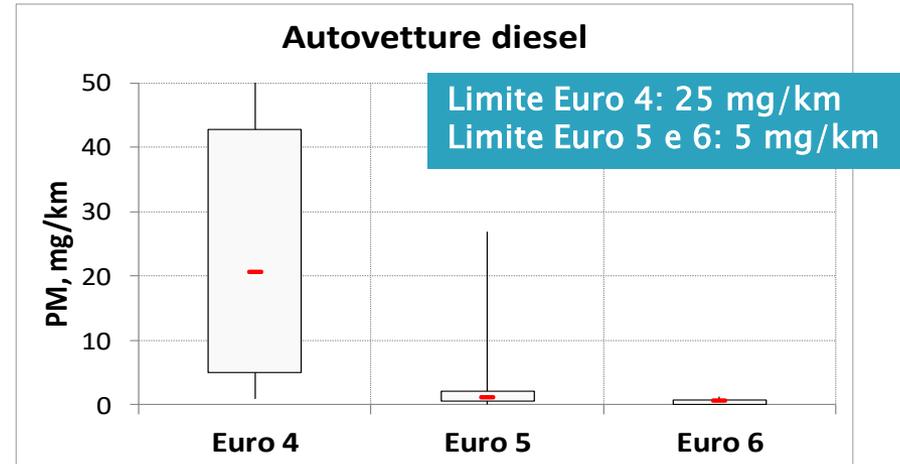
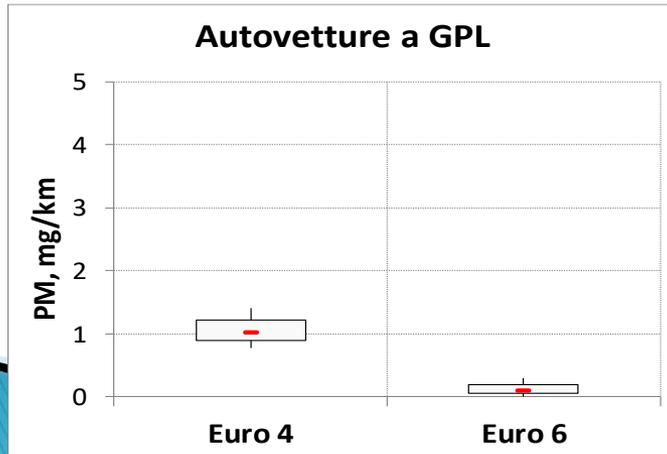
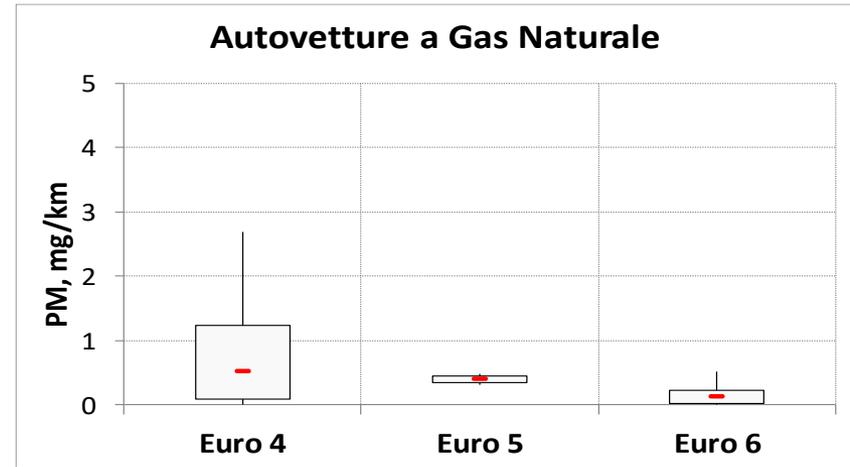
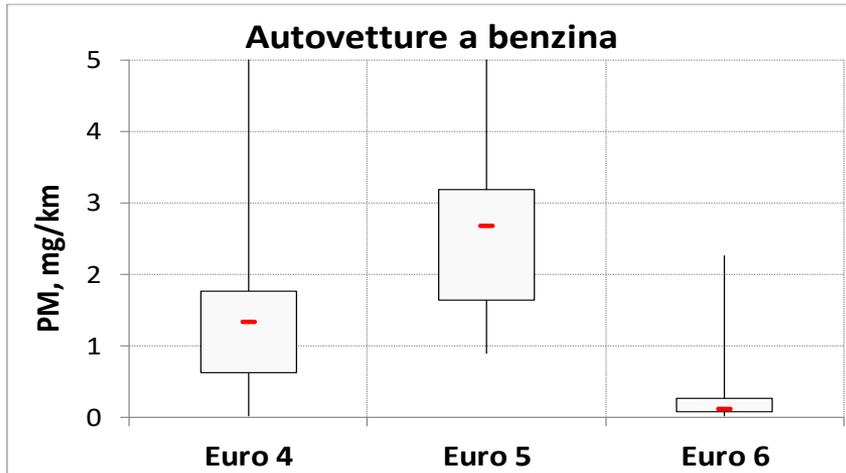
Per i veicoli Euro 6, incremento in RDE delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Beneficio dello S&S sulle emissioni dei veicoli a benzina Euro 6.

# Fattori di emissione di PM

Emissioni di PM e PN aggregate per classe di omologazione a causa del minor numero di dati a disposizione.

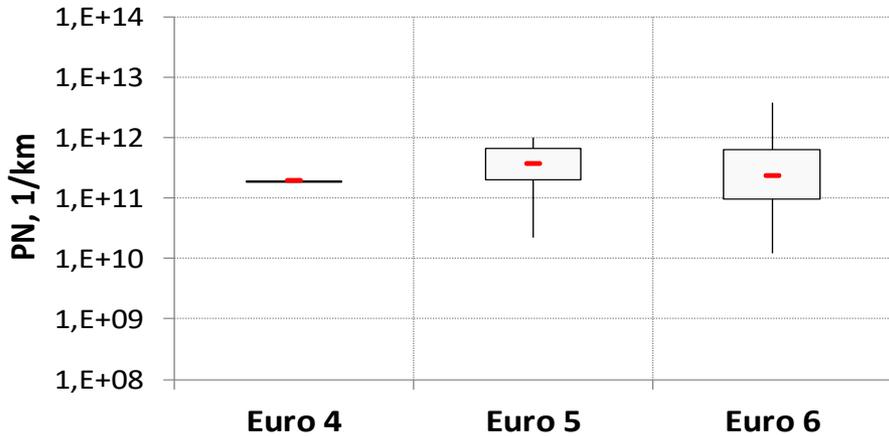
- Emissioni di PM < 5 mg/km per i veicoli a benzina, < 2 mg/km per i veicoli a GN e GPL
- Emissioni di PM veicoli Euro 6 < 1 mg/km
- Molti veicoli diesel Euro 4 superano il limite di 25 mg/km valido per il ciclo NEDC



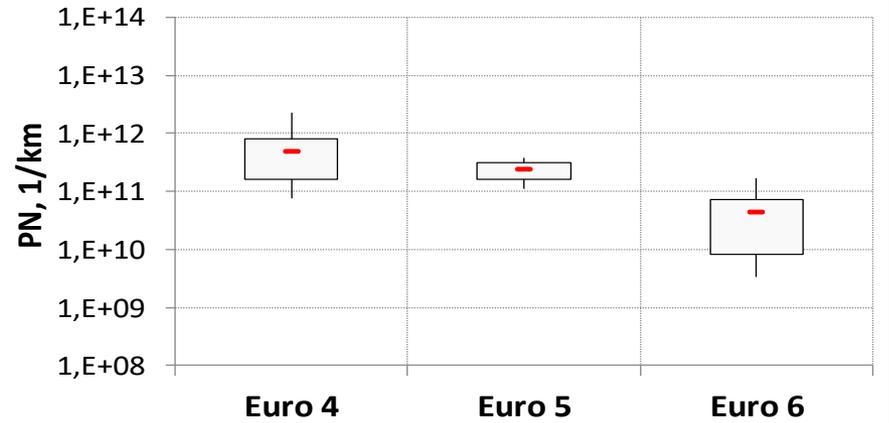
# Fattori di emissione di PN

- Emissioni di PN per i veicoli ad accensione comandata comprese tra  $10^{10}$  e  $10^{12}$  particelle/km
- Riduzione del PN per i veicoli diesel Euro 5 e 6; maggiore variabilità del dato Euro 6 diesel causata dai dati reali in RDE

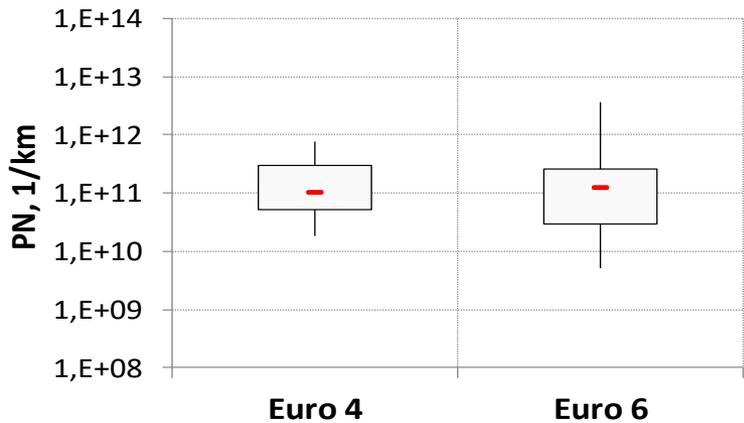
### Autovetture a benzina



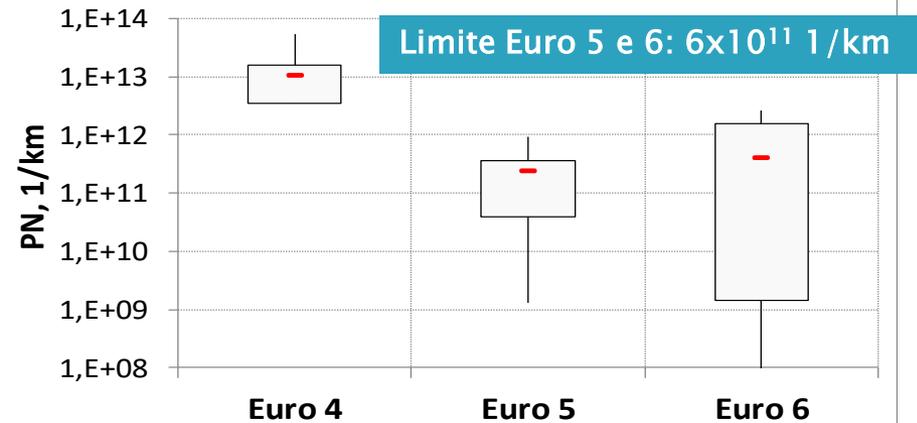
### Autovetture a Gas Naturale



### Autovetture a GPL



### Autovetture diesel



# Influenza dell'A/C

Variazione % con A/C ON su cicli RDE

		CO	THC	NOx	CO <sub>2</sub>
Benzina EU6 (2 veicoli)	U	59,5	-9,2	47,8	20,6
	R	15,1	-15,0	16,5	13,6
	M	36,5	13,9	7,3	5,1
Diesel EU6 (2 veicoli)	U	41,1	8,5	45,2	17,5
	R	22,5	66,8	-14,0	5,0
	M	17,3	-22,9	8,5	6,8
Diesel EU5 (1 veicolo)	U	-21,6	101,3	75,9	36,8
	R	-20,2	-56,0	31,9	17,4
	M	78,6	-11,7	20,3	12,9

# Conclusioni

- ▶ STEMS–CNR ed Innovhub hanno fornito ad ISPRA un database dei fattori di emissione di autovetture Euro 4, 5 e 6 aventi differenti alimentazioni (benzina, gasolio, gas naturale, GPL);
- ▶ La flotta veicolare contenuta nel database risulta rappresentativa del parco circolante italiano in termini di alimentazione e cilindrata;
- ▶ I fattori di emissione misurati in laboratorio sui cicli reali e su strada sono caratterizzati da una maggiore variabilità rispetto ai dati relativi al ciclo di omologazione;
- ▶ Le emissioni reali di CO e NOx dei veicoli diesel risultano maggiori rispetto alle emissioni misurate in laboratorio; per i veicoli Euro 6 a benzina e diesel le emissioni di CO in RDE risultano confrontabili;
- ▶ L'utilizzo dell'aria condizionata comporta un incremento delle emissioni reali di NOx e CO<sub>2</sub> (consumi), in modo particolare nella fase urbana.

*Grazie per l'attenzione*

## CONTATTI

[mariaantoinetta.costagliola@stems.cnr.it](mailto:mariaantoinetta.costagliola@stems.cnr.it)

[mariavittoria.prati@stems.cnr.it](mailto:mariavittoria.prati@stems.cnr.it)

[simone.casadei@mi.camcom.it](mailto:simone.casadei@mi.camcom.it)

[davide.faedo@mi.camcom.it](mailto:davide.faedo@mi.camcom.it)

[tommaso.rossi@mi.camcom.it](mailto:tommaso.rossi@mi.camcom.it)

[tommaso.bellin@mi.camcom.it](mailto:tommaso.bellin@mi.camcom.it)