

Giornata di Studio

***EMISSIONI AUTOVEICOLARI
QUALITA' DELL'ARIA E SALUTE***

Pavia, 26 ottobre 2007

***QUALITA' DEI COMBUSTIBILI
E
TECNOLOGIE MOTORISTICHE***

FRANCESCO AVELLA



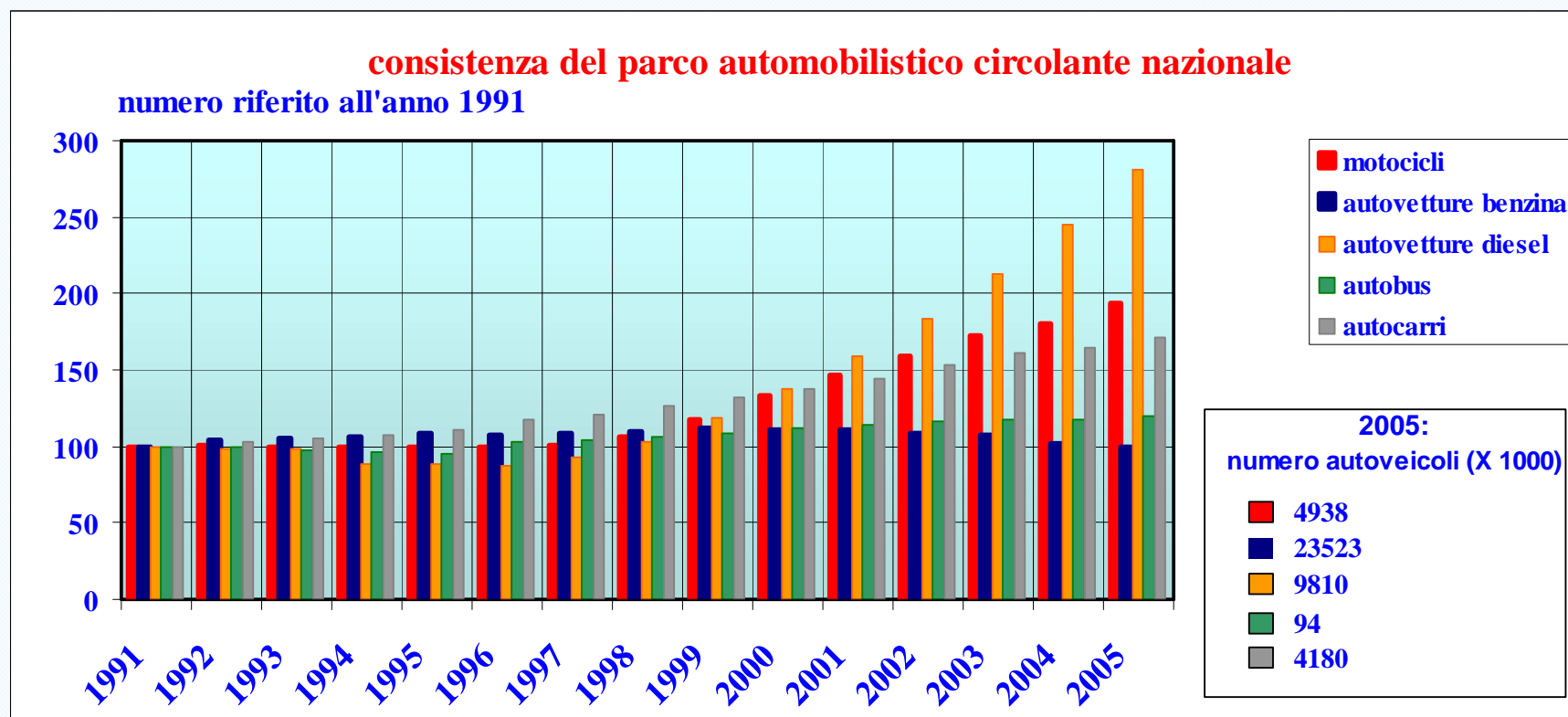
Stazione Sperimentale per i Combustibili

SOMMARIO

- **Introduzione**
- **La qualità dei combustibili e la normativa**
- **La normativa sul controllo delle emissioni**
- **Strategie per l'abbattimento delle emissioni**
- **Principali dispositivi per la ridurre le emissioni inquinanti**
- **Conclusioni**



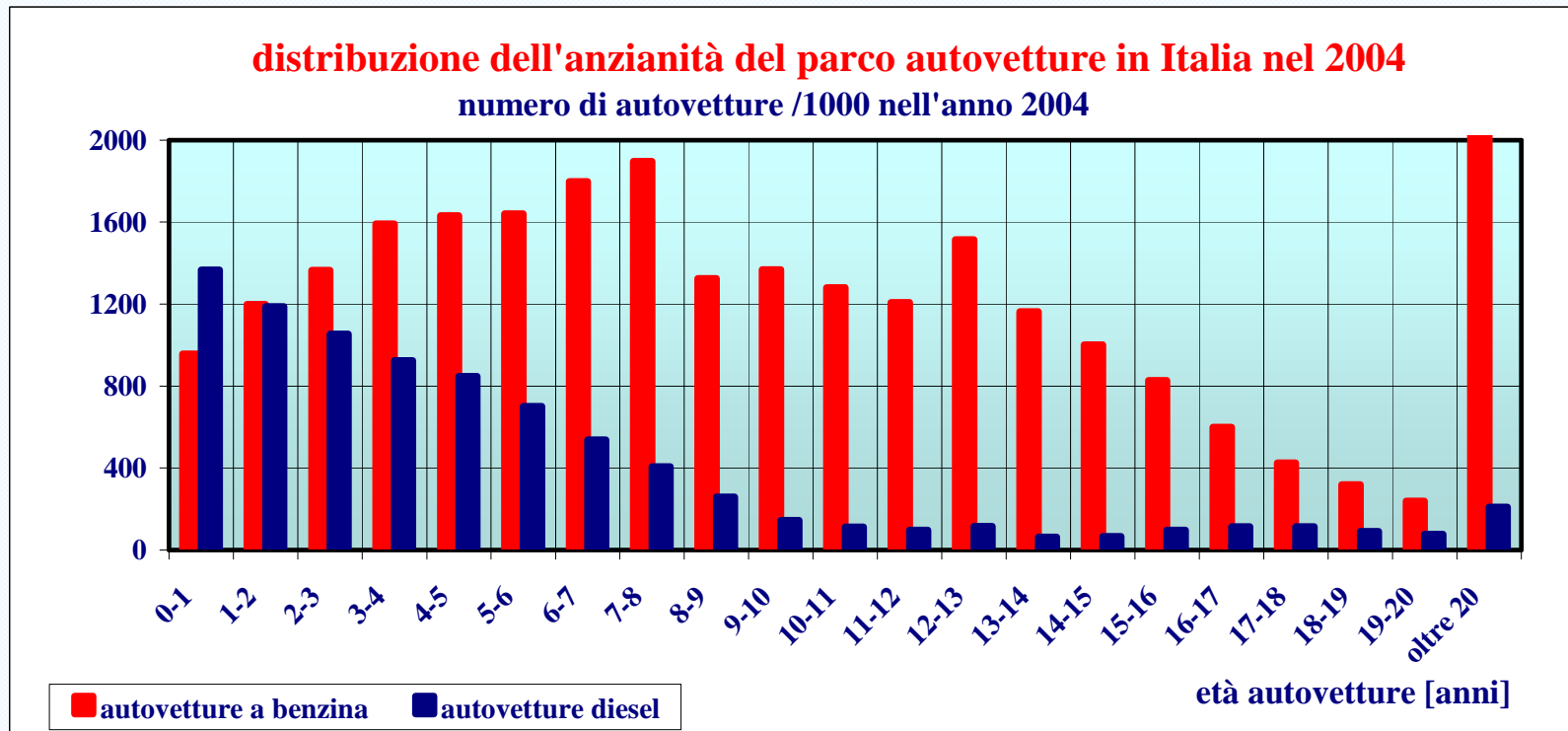
CRESCITA DEL PARCO AUTOVEICOLARE IN ITALIA



Fonte: annuario statistico ACI 2005



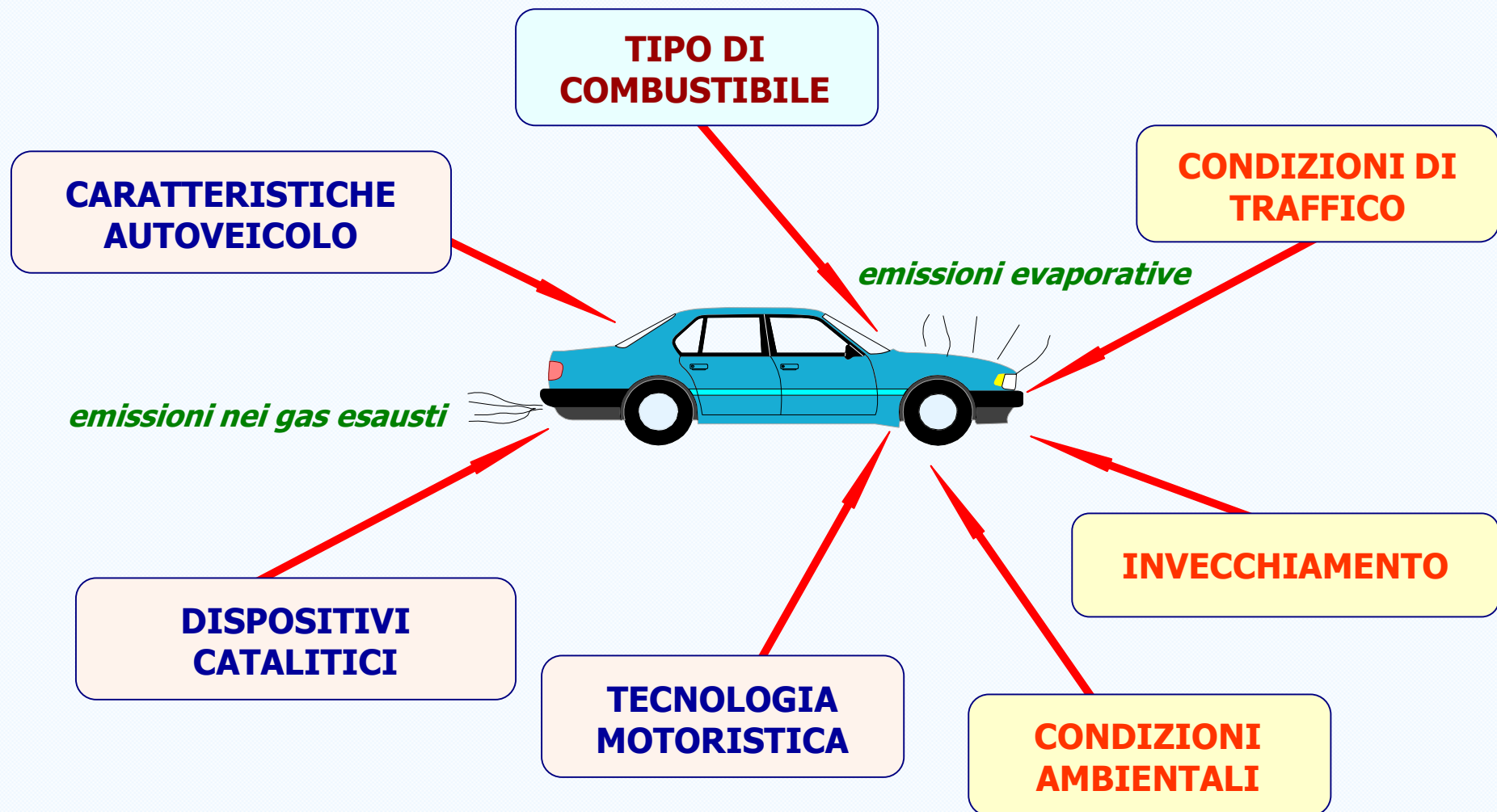
ANZIANITÀ DEL PARCO AUTOVEICOLARE IN ITALIA



Fonte: annuario statistico ACI 2005



FATTORI CHE INFLUENZANO LE EMISSIONI



INTERAZIONE MOTORE/COMBUSTIBILE

➤ **La qualità dei combustibili influenza le emissioni inquinanti**

Negli ultimi venti anni è stato messo in evidenza che la qualità dei combustibili influenza le emissioni inquinanti degli autoveicoli, sia in modo diretto che indiretto. Gli effetti risultano, comunque, meno incisivi rispetto a quelli provocati dalle tecnologie motoristiche

➤ **Interazione tra tecnologia motoristica e qualità combustibili**

I risultati di grandi programmi sperimentali svolti negli USA (**AQIRP**) e in Europa (**EPEFE**) hanno rilevato l'esistenza di una notevole interazione tra tecnologia motoristica e qualità del combustibile con riguardo alle emissioni inquinanti

➤ **Regolamentazione delle emissioni inquinanti**

A partire dalla fine del secolo scorso le strategie messe in campo per ridurre in modo efficace l'impatto degli autoveicoli sull'ambiente hanno riguardato azioni normative congiunte per regolamentare sia le emissioni inquinanti nei gas di scarico che la qualità dei combustibili



LA QUALITÀ DEI COMBUSTIBILI IN EUROPA

➤ **Direttiva 98/70/CE**

A partire dall'anno 2000 è stato imposto alle Compagnie Petrolifere di immettere sul mercato benzina e gasolio aventi proprietà a valenza ambientale sensibilmente migliori rispetto al passato

➤ **Direttiva 2003/17/CE**

Si è stabilita una maggiore restrizione al tenore di zolfo nei combustibili per tenere conto della forte incidenza di questa proprietà sulle emissioni inquinanti.

La direttiva ha regolamentato anche il limite massimo ammesso per il contenuto di composti ossigenati nella benzina e nel gasolio

➤ **Direttiva 2003/30/CE**

Per promuovere e regolamentare l'uso dei biocombustibili (bioetanolo, biodiesel), originati da fonti rinnovabili, per diminuire il contributo dato dai trasporti all'effetto serra



LE NORME DI QUALITÀ DEI COMBUSTIBILI

➤ **Norme europee**

La regolamentazione dei combustibili si estrinseca attraverso la definizione dei requisiti minimi di qualità riportati in norme emanate dall'**Ente Normativo Europeo (CEN)** per armonizzare al meglio le loro caratteristiche chimico-fisiche con le prestazioni del motore:

❖ benzina → **NORMA EN 228 (15 parametri)**

❖ gasolio → **NORMA EN 590 (17 parametri)**

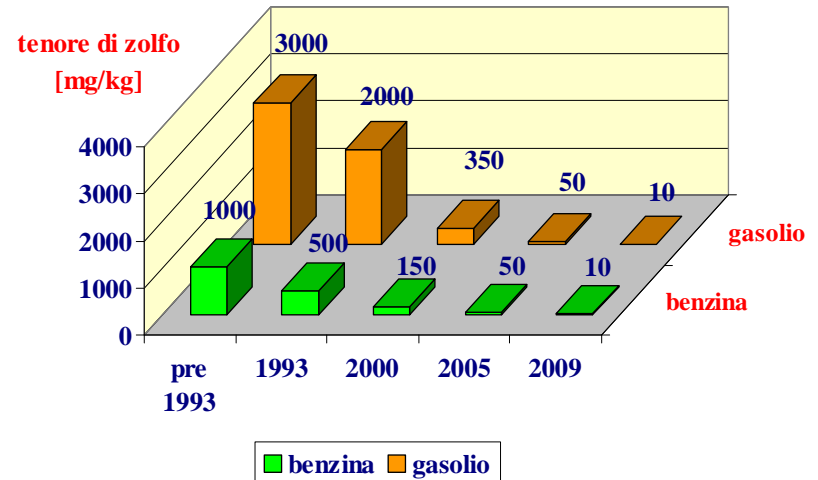
➤ **Parametri a valenza ambientale (Dir. 98/70/CE – Dir 2003/17/CE)**

- **composizionali**: benzene (B), aromatici (B), olefine (B), IPA (G), zolfo (B, G)
- **fisici**: volatilità (B, G), densità (G), caratteristiche di accensione (G)



TENORE DI ZOLFO NEI COMBUSTIBILI

Tra i parametri chimici della benzina e del gasolio che hanno un effetto sulle emissioni inquinanti, diretto o indiretto (durata dei dispositivi catalitici), il **tenore di zolfo** è stato quello che ha subito la riduzione maggiore, raggiungendo attualmente valori molto bassi (< 10 mg/kg)



Direttiva 2003/17/CE

prima del 1.01.2005

1.01.2005 → 31.12.2008

dopo il 1.01.2009

$S > 50 \text{ mg/kg}$

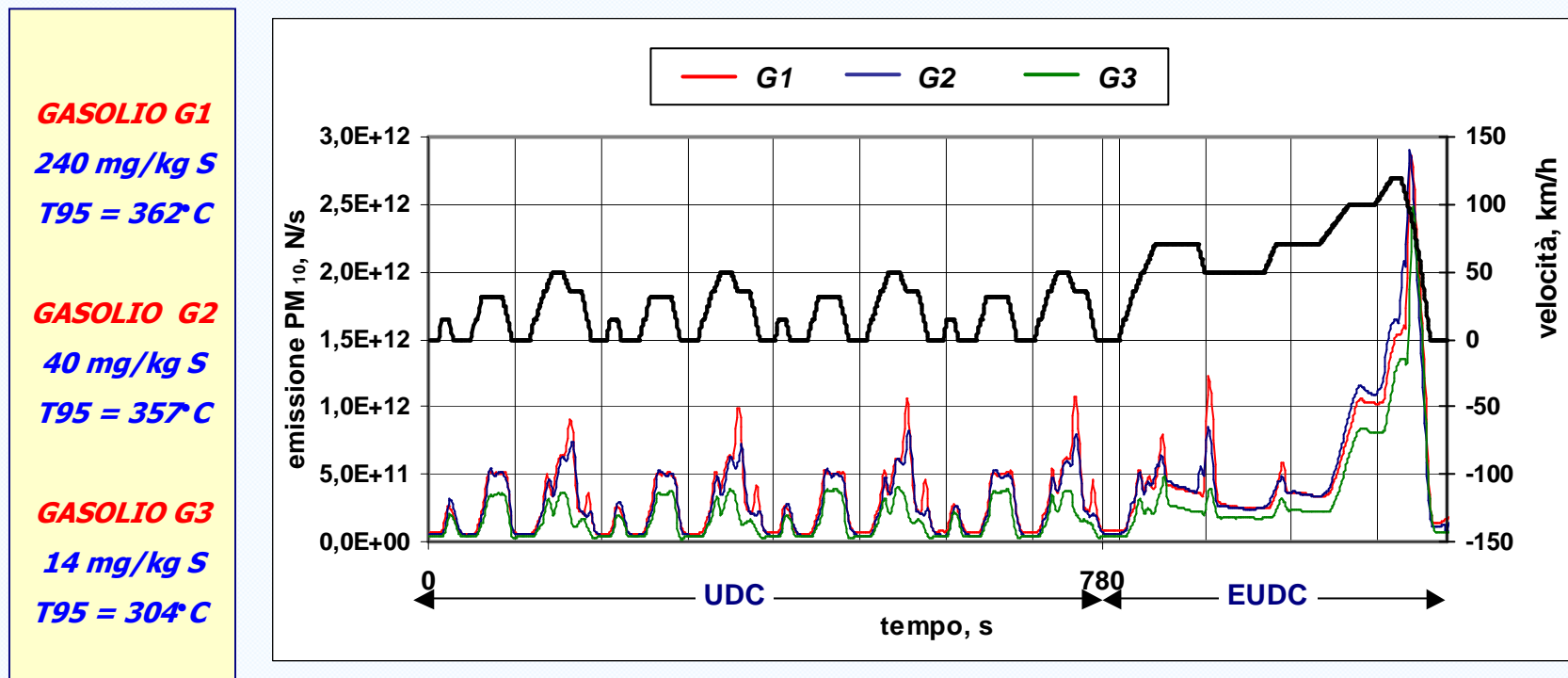
$S < 50 \text{ mg/kg} +$
 $+ S < 10 \text{ mg/kg}$

$S < 10 \text{ mg/kg}$



EFFETTO DELLE PROPRIETÀ DEL GASOLIO

LIVELLO DI EMISSIONE DEL PARTICOLATO FINE (PM₁₀) AUTOVETTURA TD 1.9 (Euro 2)



Fonte: Progetto PUMI – dati SSC



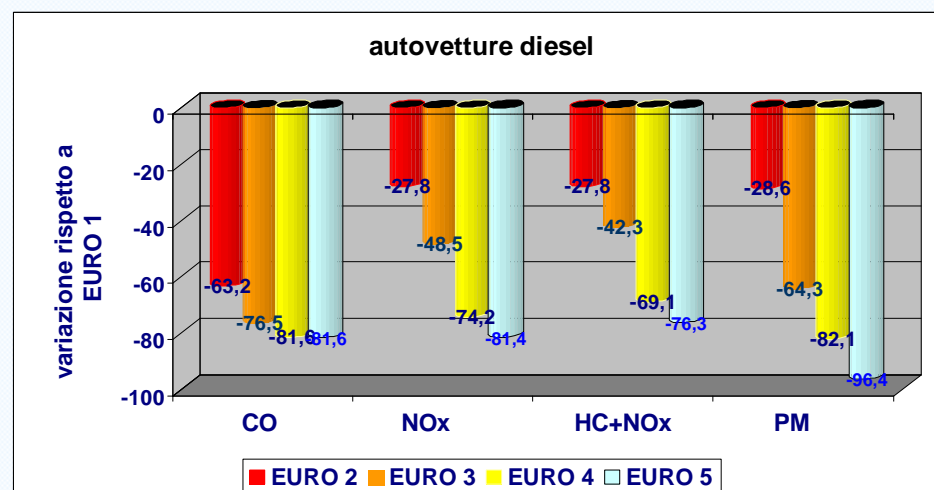
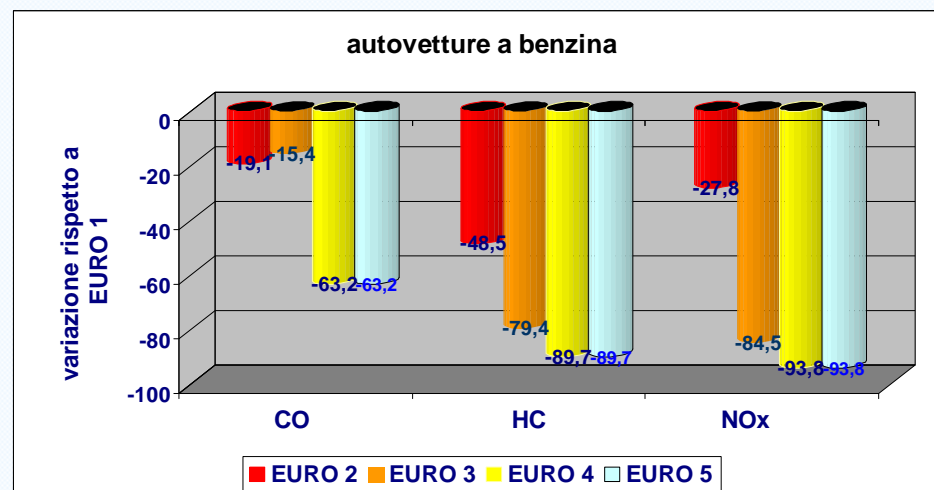
EMISSIONI INQUINANTI

EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA EUROPEA

- Rispetto al passato le ultime direttive europee hanno imposto limiti alle emissioni inquinanti più severi per l'omologazione

Autoveicoli LD	Motori HD
EURO 4 → 2005	EURO 4 → 2005
EURO 5 → 2009	EURO 5 → 2008

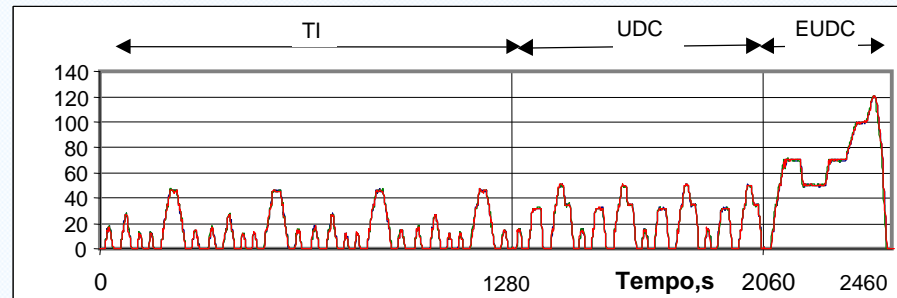
- In particolare, è stata data maggiore importanza alla riduzione delle emissioni del particolato e degli ossidi di azoto degli autoveicoli diesel, che costituiscono tuttora il maggior problema per l'industria motoristica



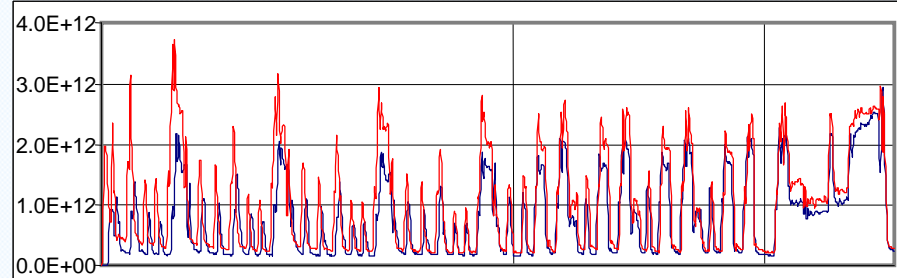
EFFETTO DELLA TECNOLOGIA MOTORISTICA

LIVELLO DI EMISSIONE DEL PARTICOLATO FINE (PM₁₀) CONFRONTO AUTOVETTURE DIESEL Euro 1 – Euro 4

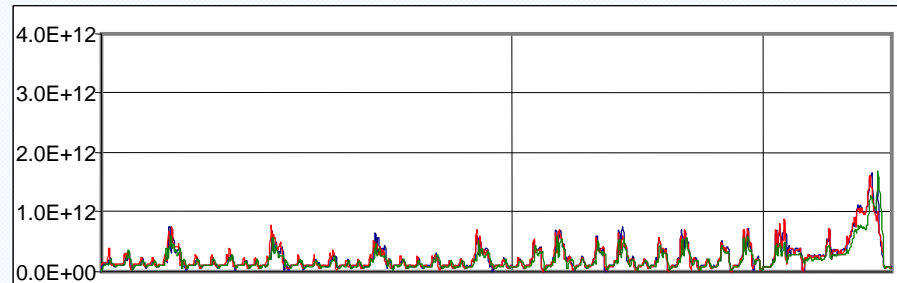
VELOCITÀ
[km/h]



PM₁₀ [N/s]
Autovettura EURO 1



PM₁₀ [N/s]
Autovettura EURO 4



Fonte: Progetto PUMI – dati SSC



LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEGLI AUTOVEICOLI

Principali problemi dei Costruttori per produrre autoveicoli conformi agli standard Euro 5 (2009)

- riduzione contemporanea dell'emissione degli ossidi di azoto e del particolato dei motori diesel, contrastata dalla ben nota relazione di *trade-off* NO_x – PM
- contenimento dei consumi di combustibile al fine di limitare l'emissione dell'anidride carbonica, in ottemperanza al Protocollo di Kyoto, al valore auspicato di 140 g/km entro il 2008 e 120 g/km entro il 2012

Entrambi questi obiettivi possono essere raggiunti soltanto se le nuove tecnologie adottate per la costruzione dei motori sono combinate con l'applicazione di dispositivi catalitici di nuova generazione per il post-trattamento dei gas di scarico. Questi sono sensibili alla presenza di zolfo nei combustibili.



STRATEGIE PER RIDURRE LE EMISSIONI INQUINANTI

PERFEZIONAMENTO DEL PROPULSORE

- *geometria della camera di combustione (motori ID e lean-burn)*
- *sistemi di iniezione multipla avanzati (common rail, pompa iniettore)*
- *controllo elettronico dei parametri motoristici*

APPLICAZIONE DISPOSITIVI DI POST-TRATTAMENTO GAS DI SCARICO

- *catalizzatori TWC di nuova generazione*
- *catalizzatori ossidanti per motori diesel*
- *catalizzatori de-NOx*
- *filtri per particolato*

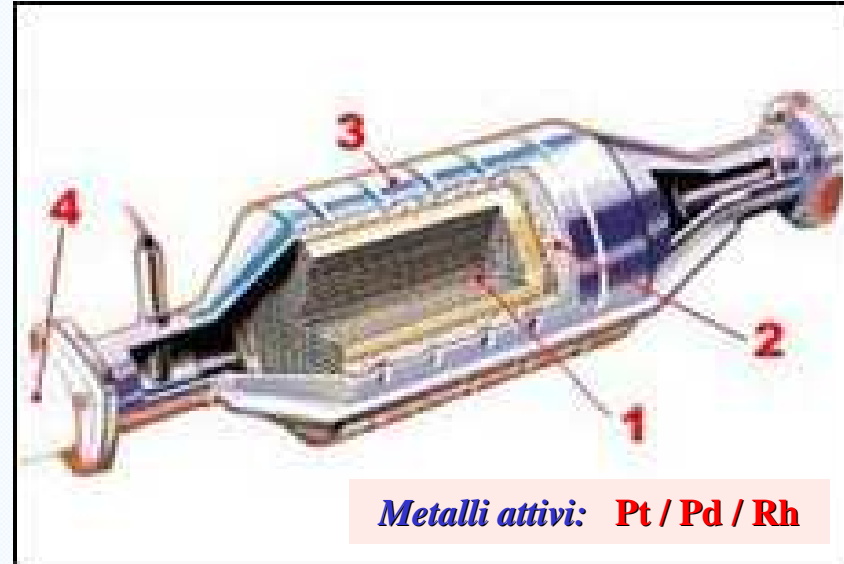


CONVERTITORE CATALITICO TRIFUNZIONALE

Three-Way Catalyst - TWC

1. monolito a nido d'ape
2. isolante termico
3. involucro
4. collettore ingresso gas

- Il sistema è caratterizzato da un'elevata efficienza (>90 %) nella riduzione delle tre specie inquinanti regolamentate (CO, HC, NOx)
- La sostituzione del Pt col Pd consente di avere dispositivi termicamente più stabili e permette di avvicinare il TWC al collettore di scarico del motore per ridurre il tempo di attivazione

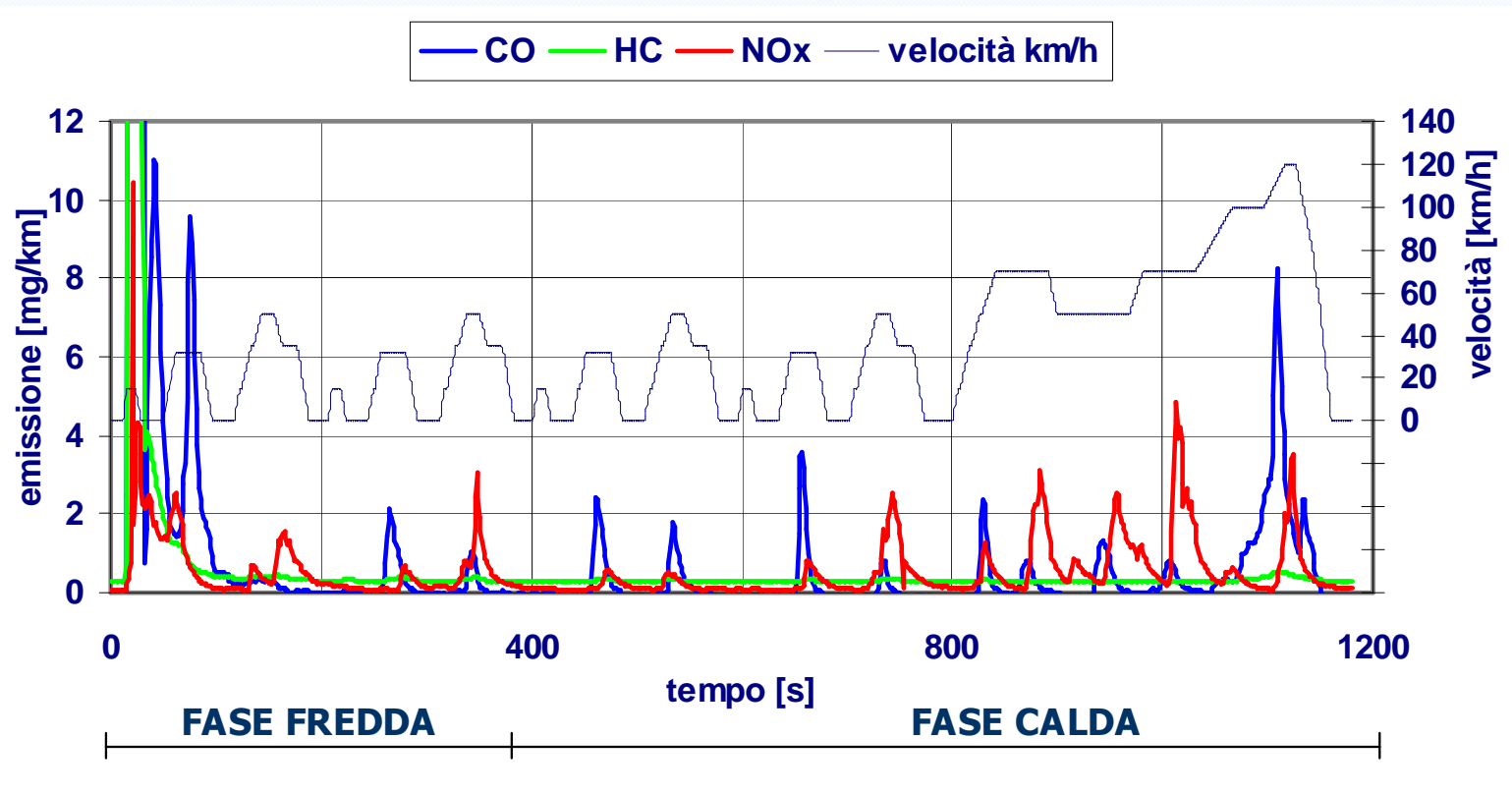


- Rispetto al Pt, il Pd è più sensibile all'avvelenamento da parte dello zolfo nella benzina
- Il recupero di efficienza con benzina a bassissimo tenore di zolfo non è mai completo



EFFETTO DEL CONVERTITORE CATALITICO

LIVELLO DI EMISSIONE DEGLI INQUINANTI REGOLAMENTATI
dopo un avviamento freddo del motore
AUTOVETTURA A.R. 147 a benzina (Euro 4)



Fonte dati: SSC



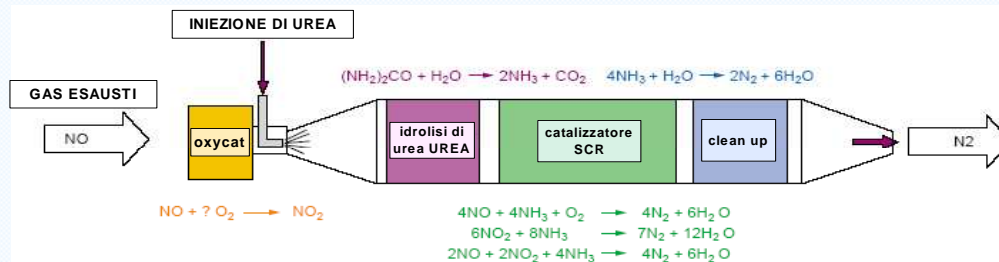
SISTEMI CATALITICI PER I MOTORI DIESEL

➤ Catalizzatore ossidante

Struttura simile a quella del TWC, ma il catalizzatore contiene soltanto Pt e/o Pd. E' in grado di ridurre con elevata efficienza soltanto le emissioni di CO e di HC e, in parte, del particolato (SOF). Sensibile alla presenza di zolfo nel gasolio

➤ Catalizzatore selettivo per gli NOx (catalizzatore de-NOx)

E' un sistema innovativo complesso in grado di ridurre in modo efficace (>70 %) l'emissione degli NOx dei motori diesel HD, basato sulle proprietà riducenti dell'ammoniaca generata da urea in soluzione acquosa iniettata nel condotto di scarico



già applicato sui modelli più recenti di autoveicoli pesanti (autoveicoli commerciali, bus)

Metalli attivi: V / W / Ti



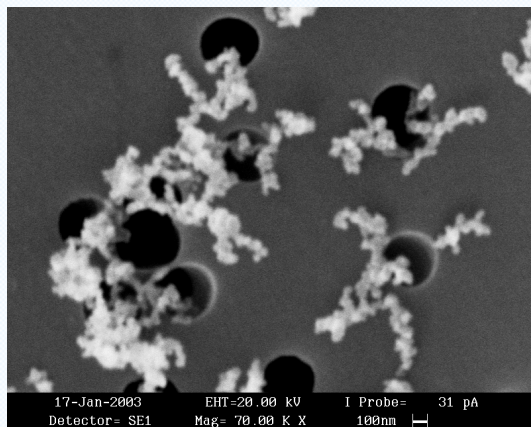
CARATTERISTICHE DEL PARTICOLATO DIESEL

➤ CHIMICA

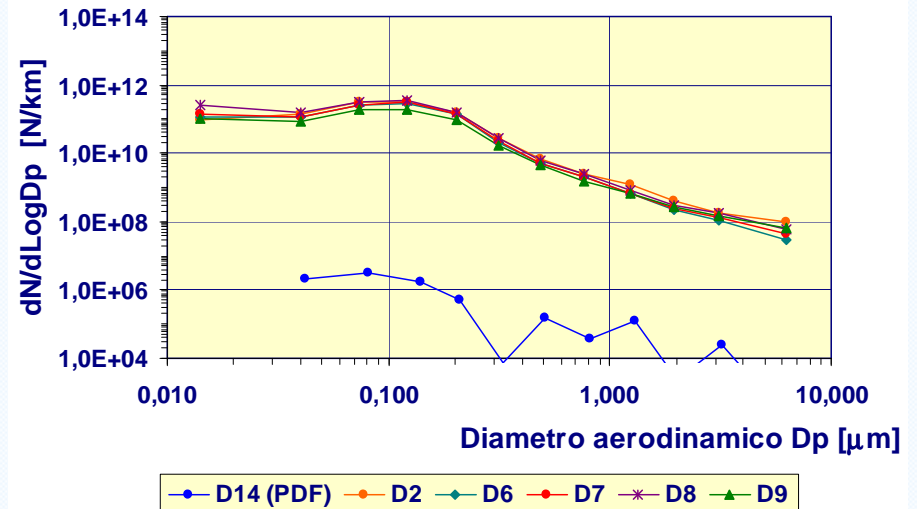
frazione carboniosa associata con sostanze organiche condensabili, tra cui gli IPA e i nitro-IPA, solfati ed acqua

➤ DIMENSIONALE

le particelle emesse dai motori diesel sono assimilabili al PM_{10} , piuttosto che al PM_{10} – più del 99 % è costituito da particelle ultrafini ($D_p < 0,1 \mu m$)



Distribuzione dimensionale del PM_{10} in accelerazione da 0 a 50 km/h - EURO 3



Fonte dati: SSC

➤ MORFOLOGICA

il particolato è costituito da aggregati di nanoparticelle ($D_p < 5 \text{ nm}$) in strutture articolate a catena con geometria complessa

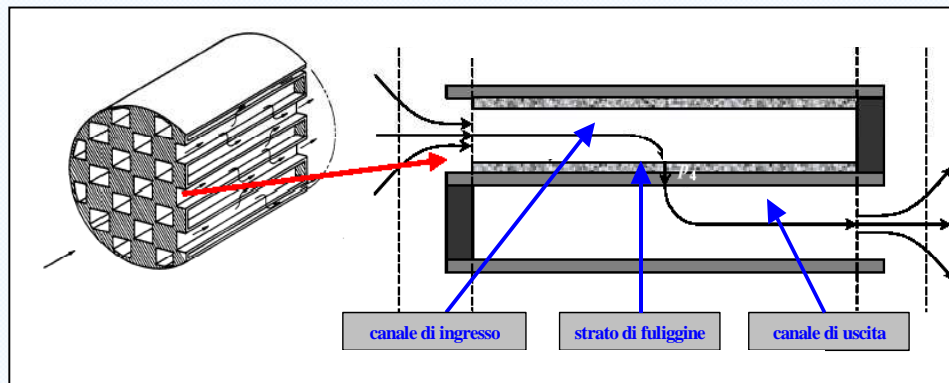
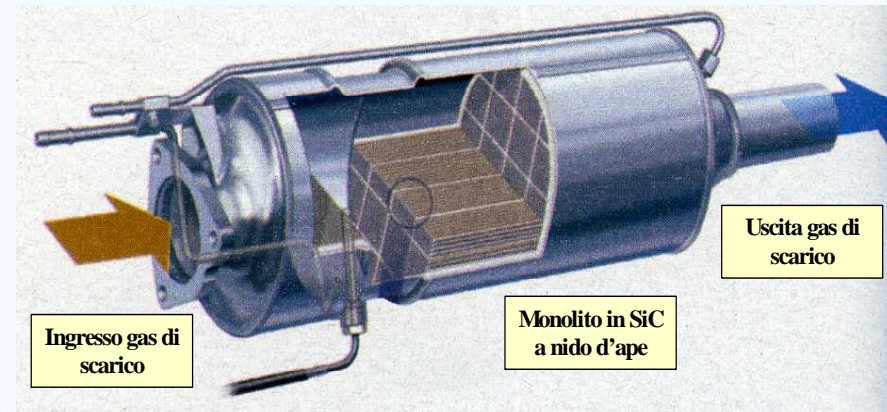
Fonte dati: SSC / ARPAL



FILTRO ANTIPARTICOLATO PER AUTOVETTURE DIESEL

Il DPF è una struttura monolitica a nido d'ape di cordierite, carburo di silicio (SiC) o metallo sinterizzato, in cui le celle sono chiuse alternativamente da un lato e dall'altro in modo da filtrare in continuo i gas di scarico per trattenere le particelle sospese in essi.

Diesel Particulate Filter - DPF



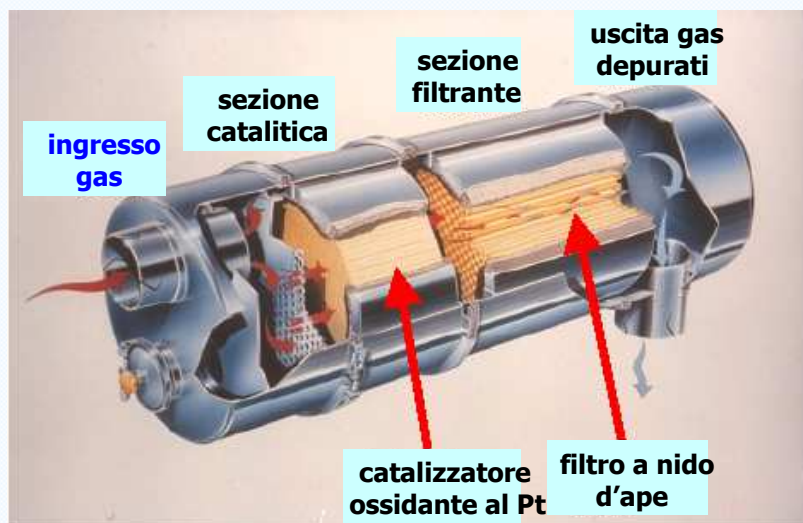
Processo di "rigenerazione"

innalzamento della temperatura dei gas di scarico ($T > 600 \text{ }^\circ\text{C}$) attraverso l'arricchimento momentaneo della miscela combustibile /aria realizzato attraverso la modifica della regolazione del motore con o senza l'ausilio di un catalizzatore nel gasolio



TRAPPOLA A RIGENERAZIONE CONTINUA

Continuous Regenerating Diesel Particulate Filter - CR-DPF



CRT® (Johnson Matthey)

Il sistema è applicabile anche come retrofit per gli autoveicoli diesel pesanti (bus, autoveicoli commerciali)

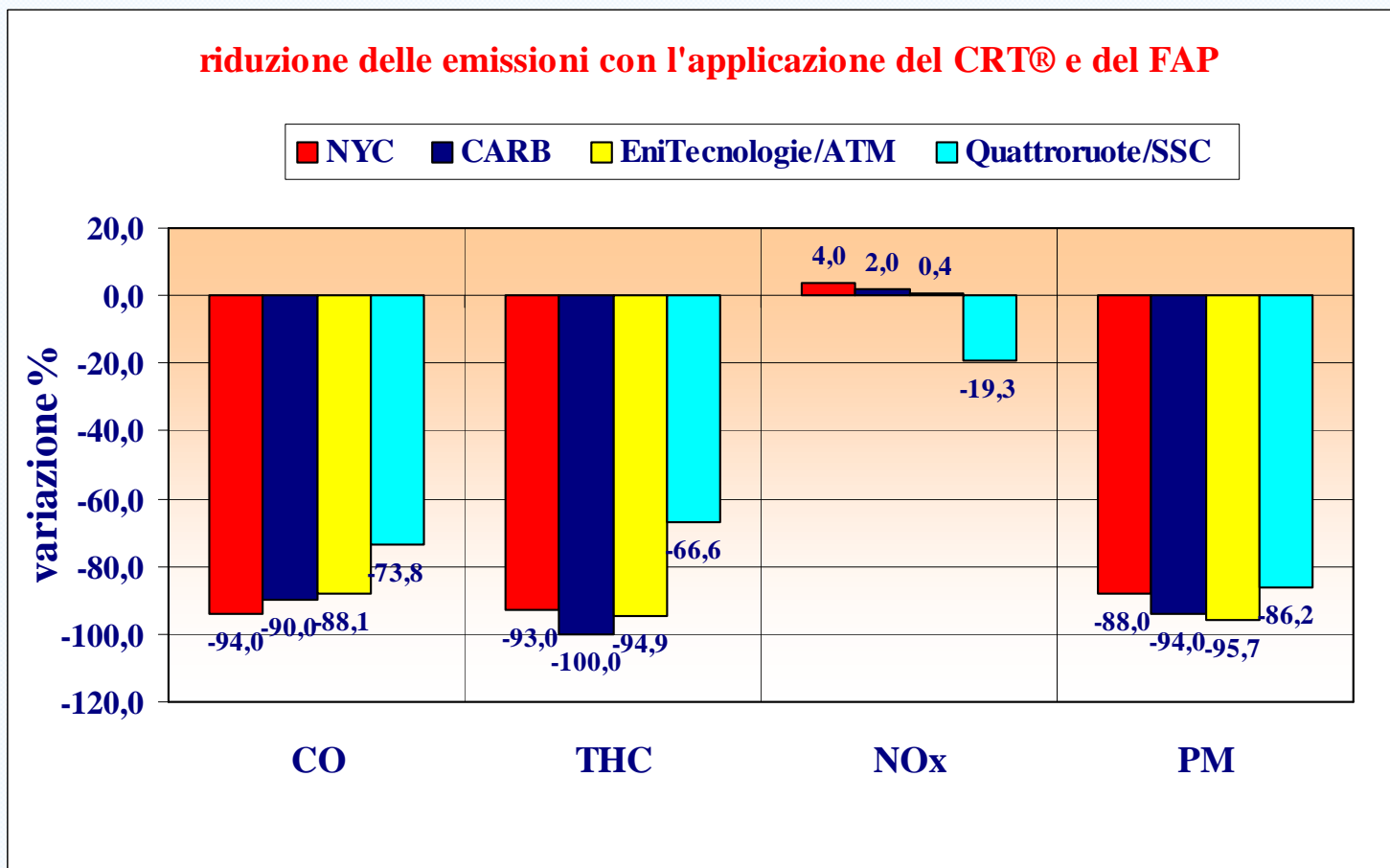
Il dispositivo filtrante, noto anche come CRT®, brucia in continuo il particolato trattenuto sulla sua superficie impiegando come comburente NO₂ generato dall'ossidazione catalitica di una parte del NO presente nei gas di scarico.

Perdita di efficienza

Causata dalla presenza di zolfo nel gasolio per l'accumulo progressivo di ceneri che tendono a intasare i pori del sistema filtrante: aumento della frequenza di rigenerazione e incremento del consumo di combustibile



EFFETTO DEL DPF/CRT SULLE EMISSIONI INQUINANTI



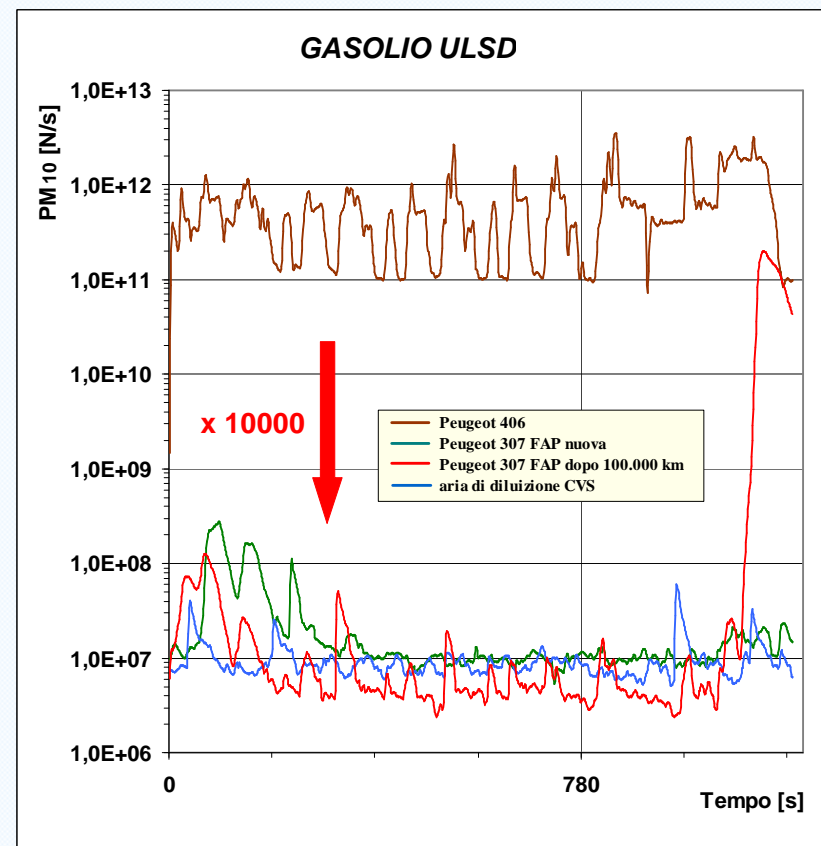
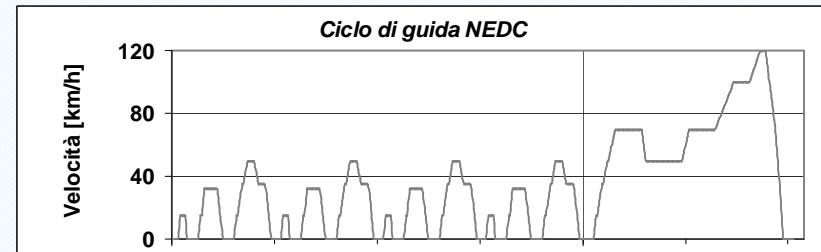
EFFICIENZA DI RIDUZIONE DELL'EMISSIONE DEL PM₁₀

LIVELLO DI EMISSIONE DEL PARTICOLATO FINE (PM₁₀)

AUTOVETTURA CON FAP A CONFRONTO CON UNA CONVENZIONALE

- Il livello di emissione del particolato fine ($< 10 \mu\text{m}$) di un'automobile diesel dotata di filtro antiparticolato (DPF) risulta generalmente circa 10.000 volte inferiore a quello di un'automobile convenzionale dello stesso segmento
- L'efficienza di filtrazione si mantiene ancora elevata dopo una lunga percorrenza (diverse migliaia di km)

Fonte dati: SSC / QUATTORRUOTE



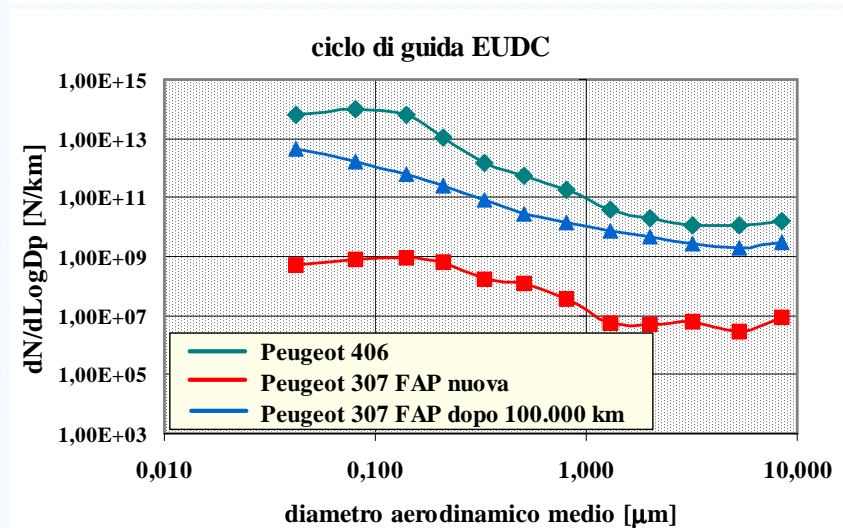
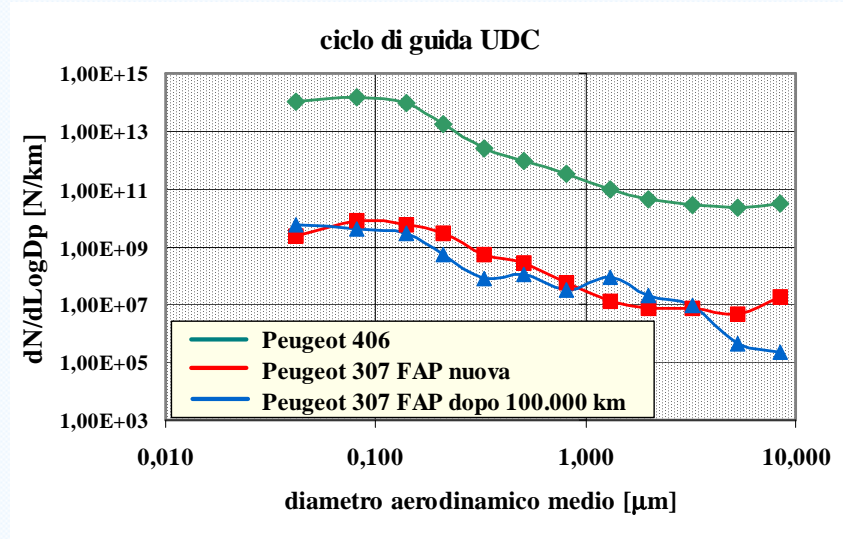
CAPACITÀ DI FILTRAZIONE DEL DPF

- L'efficienza di abbattimento del particolato è elevata in tutto lo spettro dimensionale misurabile delle particelle (da pochi nm ad alcuni μm)
- Anche particelle in modo nucleazione ($D_p < 50 \text{ nm}$) rimangono intrappolate
- L'efficienza di trattenimento delle particelle ultrafini può risultare ancora elevata dopo una lunga percorrenza



Fonte dati: SSC / QUATTORRUOTE

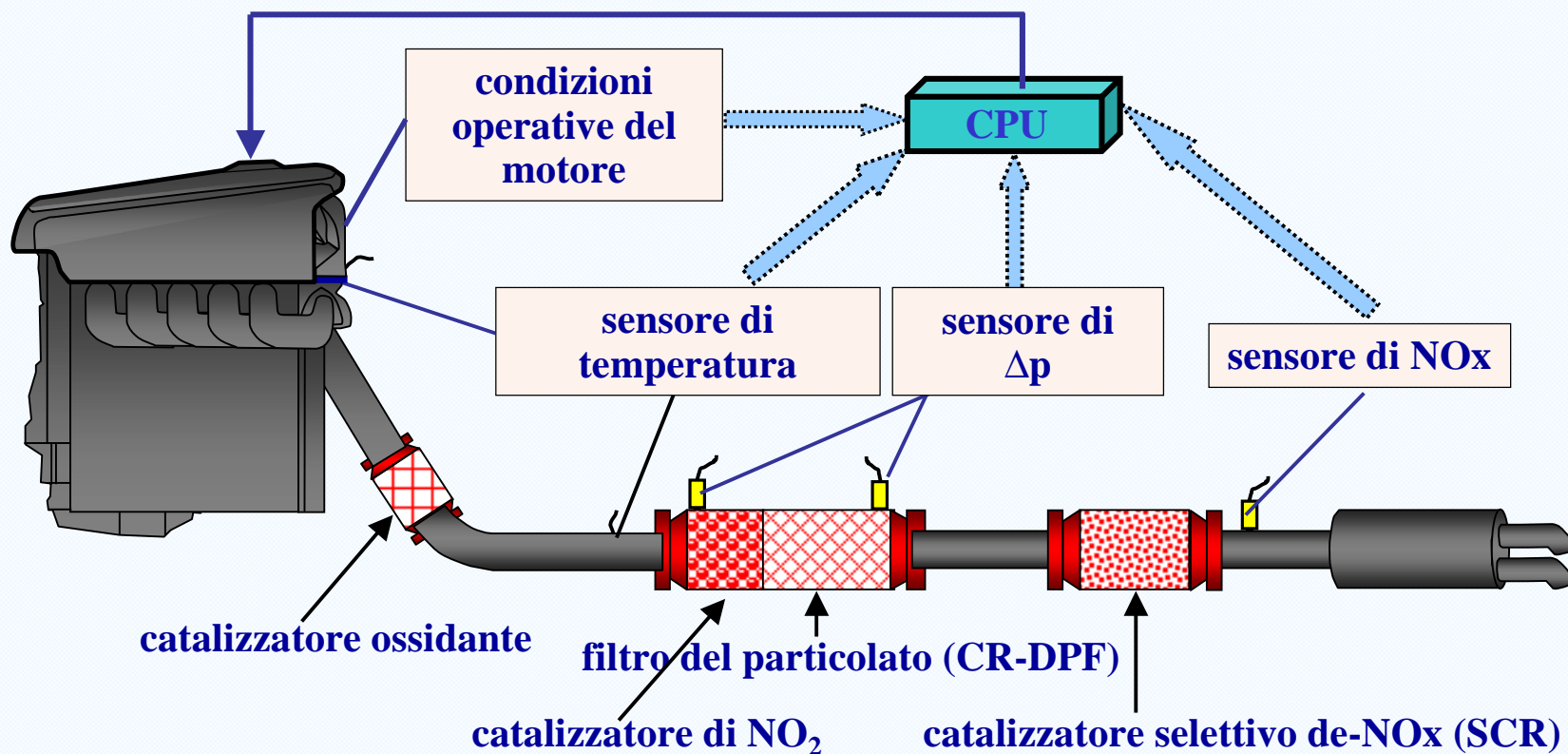
NUMERO DI PARTICELLE / KM



SCHEMA DI UN CONDOTTO DI SCARICO AVANZATO

MOTORE DIESEL

combinazione di uno o più dispositivi catalitici in dipendenza della configurazione/regolazione del propulsore



CONCLUSIONI

Negli ultimi quindici anni la lotta all'inquinamento atmosferico causato dai trasporti ha visto l'attuazione di direttive europee sulla qualità dei combustibili e sul controllo delle emissioni inquinanti degli autoveicoli.

Su entrambi i fronti (combustibili/motori) sono stati fatti sinora notevoli progressi. Abbiamo assistito a:

- ❑ un notevole miglioramento delle caratteristiche fisiche e composizionali della benzina e del gasolio**
- ❑ a un forte impulso verso l'impiego di combustibili cosiddetti "alternativi" a basso impatto ambientale, quali quelli gassosi (GNC, GPL) e quelli originati da fonti rinnovabili (biodiesel, bioetanolo e derivati)**
- ❑ a un progressivo perfezionamento dei propulsori grazie all'impiego massiccio di tecnologie chimiche ed elettroniche per il controllo delle emissioni inquinanti**



Giornata di Studio

***EMISSIONI AUTOVEICOLARI
QUALITA' DELL'ARIA E SALUTE***

Pavia, 26 ottobre 2007

Grazie per l'attenzione

FRANCESCO AVELLA

avella@ssc.it



Stazione Sperimentale per i Combustibili