

*Immissioni da traffico
nelle aree metropolitane*

Milano-Palazzo Turati, 14 dicembre 2006

***IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI
DEGLI AUTOVEICOLI***

Francesco Avella, Antonio Rolla



Stazione Sperimentale per i Combustibili

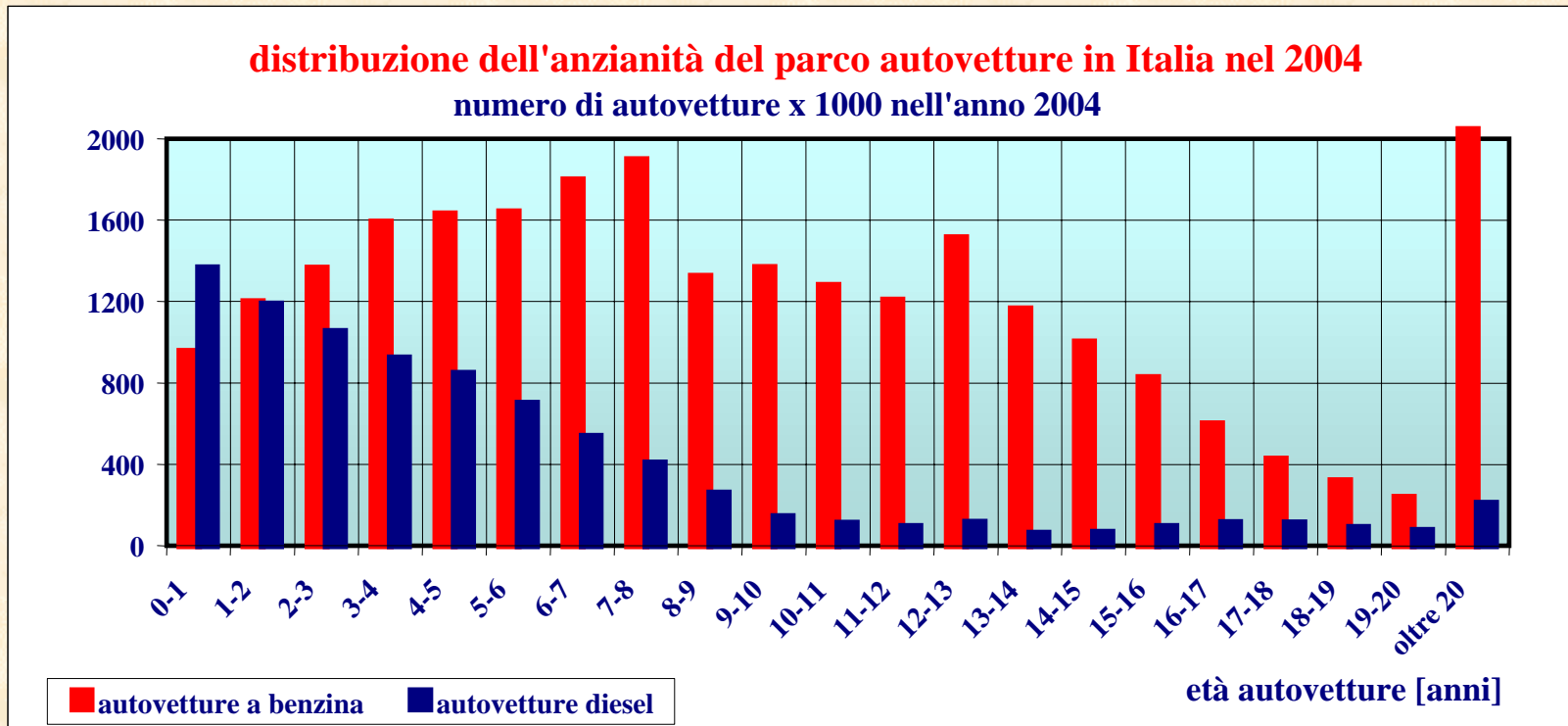
www.ssc.it

INTRODUZIONE

- **Le emissioni autoveicolari sono una fonte sostanziale di inquinanti generati dalla combustione di carburanti nei motori, i cui effetti incidono particolarmente nelle aree urbane**
- **Norme legislative nei Paesi della Comunità Europea, come anche in diversi altri Paesi, stabiliscono limiti alle emissioni degli autoveicoli dagli anni '70**
- **Negli ultimi venti anni è migliorata la qualità dei carburanti, si sono raggiunti notevoli progressi nel campo delle tecnologie motoristiche, sono stati installati sistemi di depurazione dei gas di scarico (marmitte catalitiche, filtri antiparticolato)**
- **I livelli di emissione dei modelli più recenti di autoveicoli sono drasticamente diminuiti rispetto ai modelli precedenti**



ANZIANITÀ DEL PARCO CIRCOLANTE IN ITALIA



FONTE DATI: ACI - Annuario statistico 2005

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006

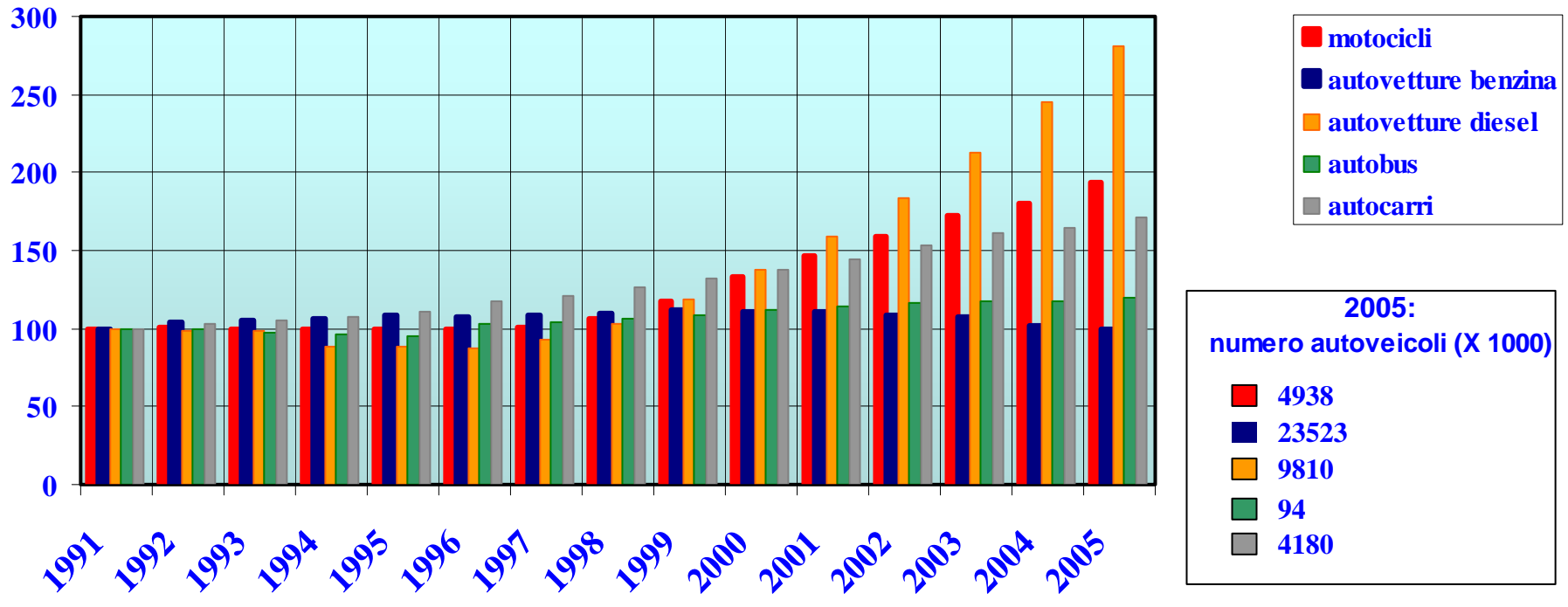


Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

Crescita del parco autoveicolare nazionale

consistenza del parco automobilistico circolante nazionale

numero riferito all'anno 1991



Fonte: annuario statistico ACI 2003

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

INTERAZIONE MOTORE/COMBUSTIBILE

- Nel corso dell'ultimo ventennio è stato evidenziato sperimentalmente come la qualità dei combustibili influenzi direttamente e indirettamente, in modo statisticamente significativo, le emissioni inquinanti, seppure in modo meno incisivo rispetto alle tecnologie motoristiche
- Questa evidenza è stata confermata dai grandi programmi sperimentali svolti negli USA (**AQIRP**) e in Europa (**EPEFE in Auto/Oil I**), i cui risultati hanno rilevato l'esistenza di una notevole interazione tra tecnologia motoristica e qualità del combustibile con riguardo alle emissioni inquinanti
- A partire dalla fine degli anni '90 le strategie messe in campo per ridurre in modo efficace l'impatto degli autoveicoli sull'ambiente hanno riguardato azioni normative congiunte per regolamentare le emissioni inquinanti nei gas di scarico e la qualità dei combustibili



DIRETTIVE EUROPEE

Le più recenti Direttive UE in tema di protezione ambientale riguardanti gli autoveicoli sono state basate sui risultati conseguiti nel programma europeo EPEFE

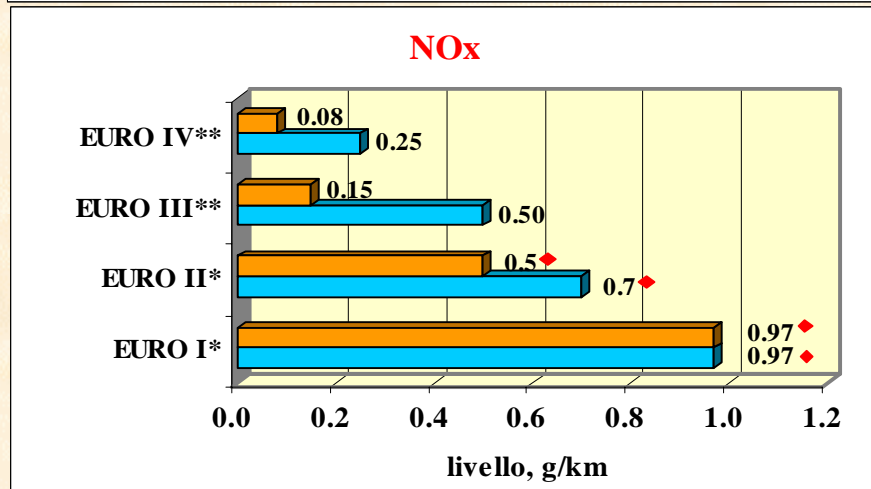
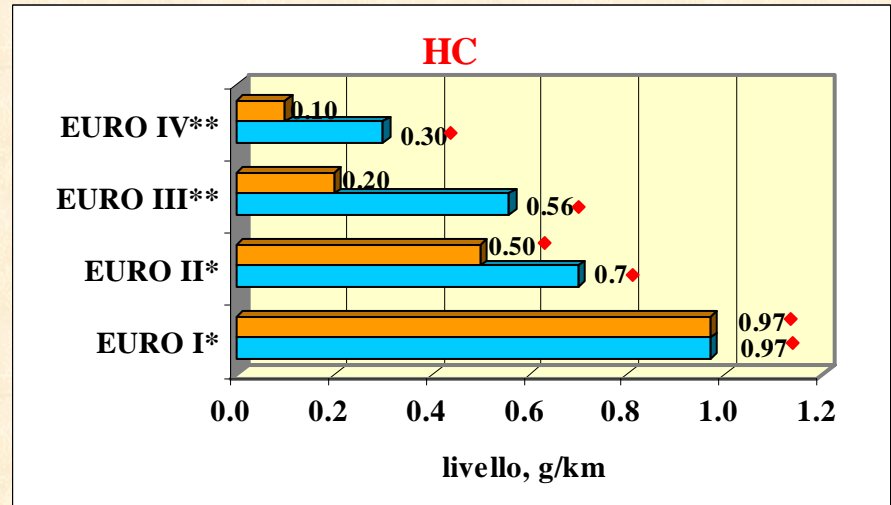
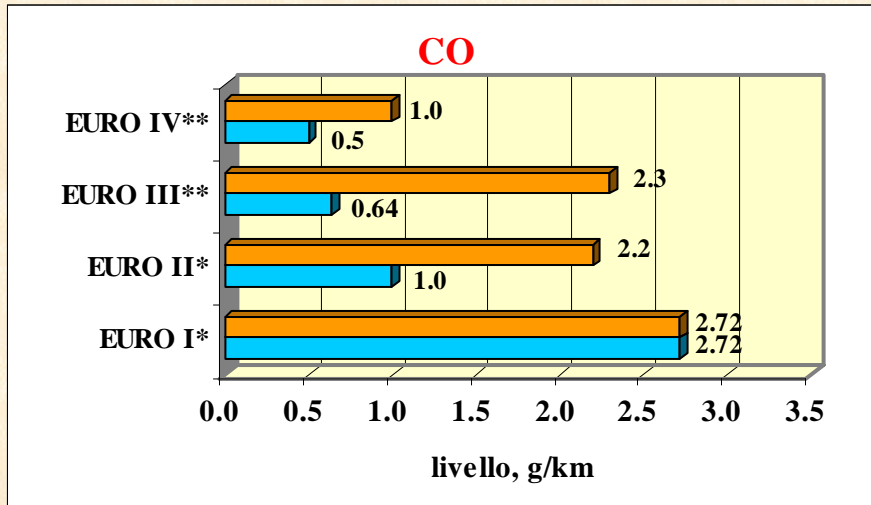
EMISSIONI



- **Direttiva 98/69/CE**
sul livello massimo delle emissioni regolamentate ammesso per gli autoveicoli a benzina e diesel leggeri (Euro 3, 4)
- **Direttiva 1999/96/CE**
sul livello massimo delle emissioni regolamentate ammesso per i motori diesel pesanti (Euro 3, 4, 5)

COMBUSTIBILI

- **Direttiva 98/70/CE**
sui limiti alle caratteristiche chimico-fisiche della benzina e del gasolio che influenzano le emissioni inquinanti nello scarico degli autoveicoli
- **Direttiva 2003/17/CE**
sul tenore massimo di zolfo nella benzina e nel gasolio

LIMITI ALLE EMISSIONI



 autovetture a benzina
 autovetture diesel

* ciclo di guida standard europeo ECE 15 + EUDC

** nuovo ciclo di guida standard europeo (NEDC)

♦ HC +NOx

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

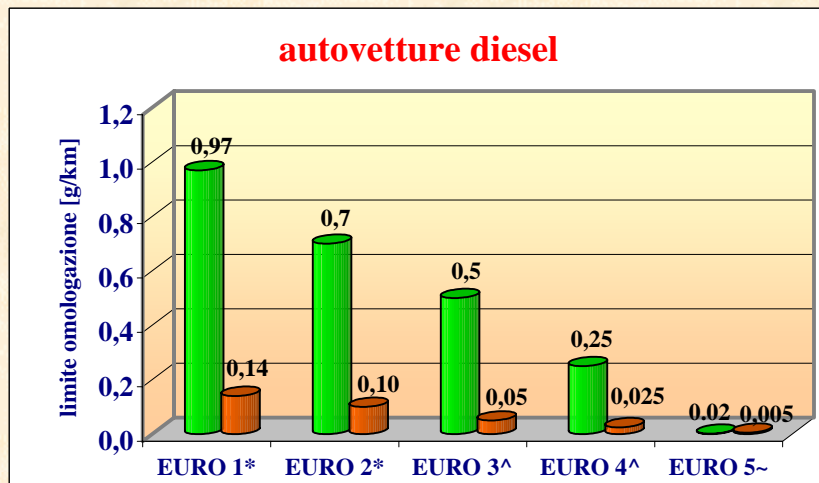
Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

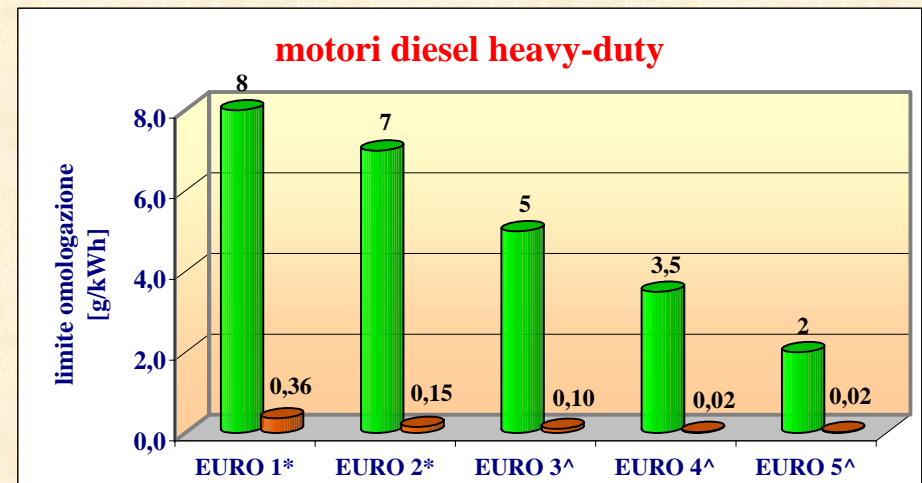
LIMITI ALLE EMISSIONI DEL PARTICOLATO E DEGLI OSSIDI DI AZOTO

LIMITI UE DI EMISSIONE DEGLI NO_x E DEL PARTICOLATO PER I VEICOLI/MOTORI DIESEL



* ciclo di guida ECE 15 [^] ciclo di guida NEDC ~ proposta UE

■ NO_x



* ciclo di prova ECE R49 [^] ciclo di prova ESC

■ PM

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

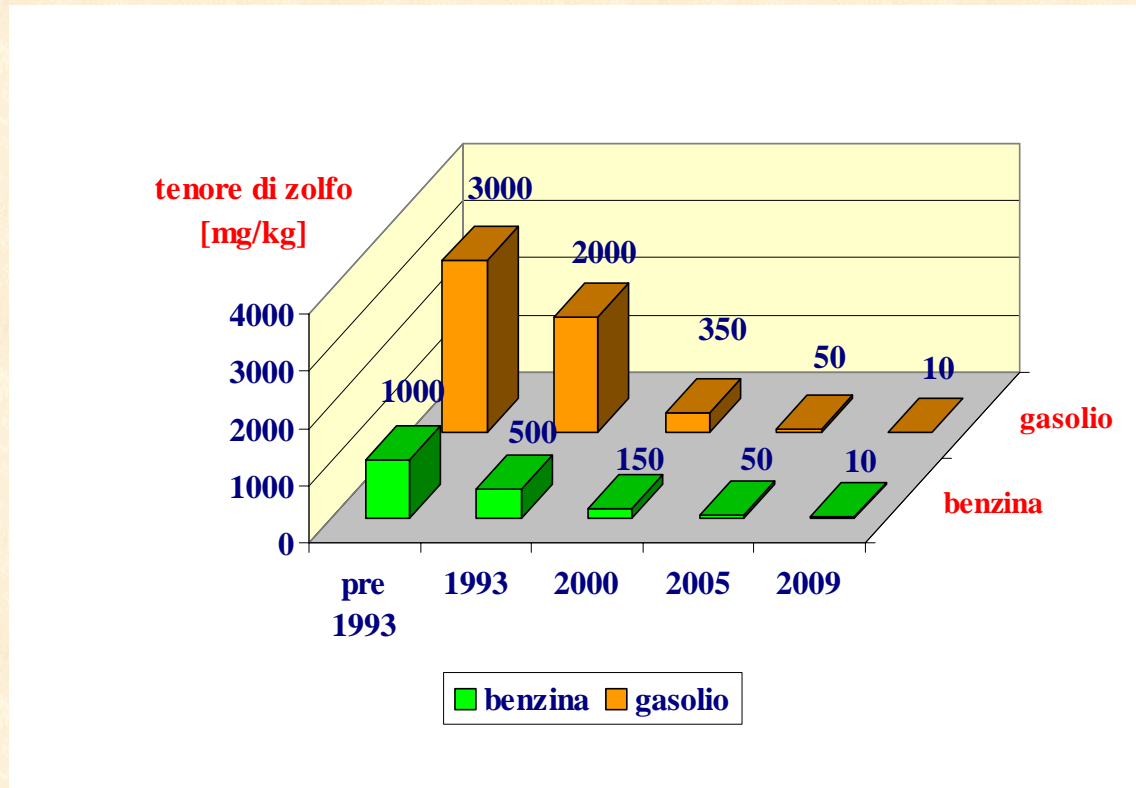
Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

LA QUALITÀ DEI COMBUSTIBILI

Limiti della concentrazione dello zolfo nei carburanti (Direttiva 2003/17/CE)



Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

Livello medio delle emissioni degli autoveicoli

VALORI INDICATIVI DEL LIVELLO MEDIO DI EMISSIONE DEGLI AUTOVEICOLI

DIPENDONO SENSIBILMENTE DAL TIPO DI PROVA IMPIEGATO PER LE MISURE

	CO g/km	THC g/km	NOx g/km	PM mg/km	CO ₂ g/km	NOTE
Autovetture benzina non cat	6,5 - 35	2,8 - 18	2,3 - 18	~ 30	160 - 220	valori dipendenti dal livello di manutenzione, cilindrata e anzianità modello
Autovetture benzina cat Euro II	1,00	0,1	0,06	1 - 5	230	valori dipendenti anche dal grado di efficienza del TWC
Autovetture benzina cat Euro III	0,4	0,1	0,08	1 - 3	200	
Autovetture benzina cat Euro IV	0,3	0,05	0,05	-	160	
Autovetture diesel Euro II	0,8	0,1	0,6	37 - 100	260	senza catalizzatore ossidante
Autovetture diesel Euro III	0,4	0,05	0,6	25 - 50	150	con catalizzatore ossidante
Autovetture diesel Euro IV	0,1	0,02	0,2	~ 2	170	con DPF
Autovetture a GNC non cat	3,0	4	0,4	trascurabile	130	HC quasi esclusivamente CH ₄
Autovetture a GNC cat	0,5	0,15	0,06	trascurabile	150 - 200	HC quasi esclusivamente CH ₄
Autobus urbano Euro II	3 - 6	1,5	20	700	1500	
Autobus urbano Euro III	3 - 5	0,8 - 1,5	18	300 - 500	1500	
Ciclomotori non cat (2T)	7 - 15	6 - 8	0,03 - 0,05	50 - 60	28 - 30	
Ciclomotori cat (2T)	2,3	2,0	0,05	15 - 40	50 - 60	
Motocicli non cat (4T)	8,5	1,4	0,3	3	85	ciclo UDC, 125 cc
Motocicli cat (4T)	2,1	0,8	0,3	8	85	ciclo UDC, 125 cc

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



**Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it**

PROBLEMATICHE ATTUALI NELLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEGLI AUTOVEICOLI

- Il principale obiettivo che il costruttore si propone per porre sul mercato autoveicoli conformi agli standard Euro 4 (dal 2006) ed Euro 5 (dal 2008) riguarda la riduzione degli NO_x emessi dai motori a benzina G-DI *lean-burn* e del particolato e degli NO_x emessi dai motori diesel
- Particolarmente difficile è la riduzione contemporanea delle emissioni di queste due specie inquinanti dei motori diesel perché ostacolata dalla ben nota relazione di *trade-off* NO_x - PM
- Un altro obiettivo riguarda il 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
- Questi obiettivi non possono essere raggiunti soltanto attraverso l'applicazione delle nuove tecnologie motoristiche, ma occorre ricorrere anche all'introduzione di dispositivi catalitici di post-trattamento dei gas di scarico, sensibili alla qualità dei combustibili (*World-Wide Fuel Charter*)

STRATEGIE PER RIDURRE LE EMISSIONI INQUINANTI

Riduzione delle emissioni
attraverso il
**perfezionamento del
propulsore**

- *nuovo disegno della camera di combustione (motori ID e lean-burn)*
- *impiego di sistemi di iniezione a elevata pressione (common rail, pompa iniettore)*
- *elettronica per il controllo di:
EGR, fasatura di accensione e di iniezione,
fasatura valvole*

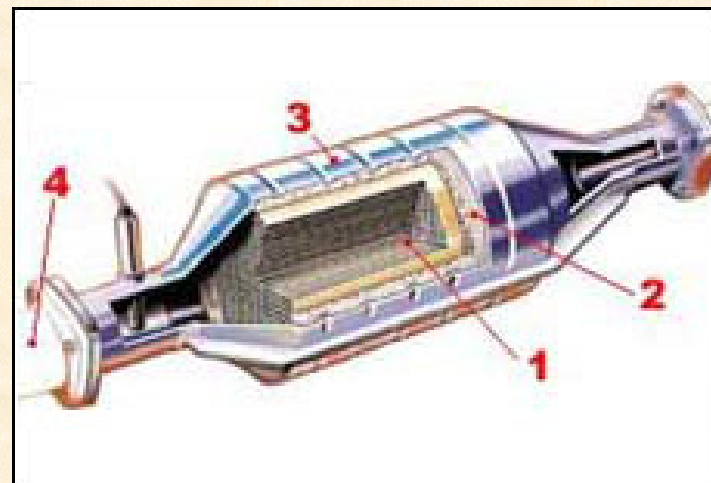
Applicazione di
**dispositivi di post-
trattamento dei gas di
scarico**

- *catalizzatori TWC di nuova generazione per auto a benzina e a gas*
- *catalizzatori ossidanti per motori diesel*
- *catalizzatori de-NOx → SCR e NSC*
- *filtri per particolato → C-DPF e CR-DPF*

CONVERTITORE CATALITICO TRIFUNZIONALE (Three-Way Catalyst - TWC)

- In grado di ridurre contemporaneamente le tre emissioni inquinanti monossido di carbonio, idrocarburi non metanici, ossidi di azoto
- Sostituzione del Pt col Pd nei sistemi più avanzati per aumentare la stabilità termica e permettere di avvicinare il TWC al collettore di scarico del motore
- A differenza del Pt, il Pd è più sensibile all'avvelenamento da parte dello zolfo nella benzina. L'avvelenamento è solo parzialmente reversibile: recupero di efficienza mai completo con benzina ULS

Metalli attivi: Pt / Pd / Rh

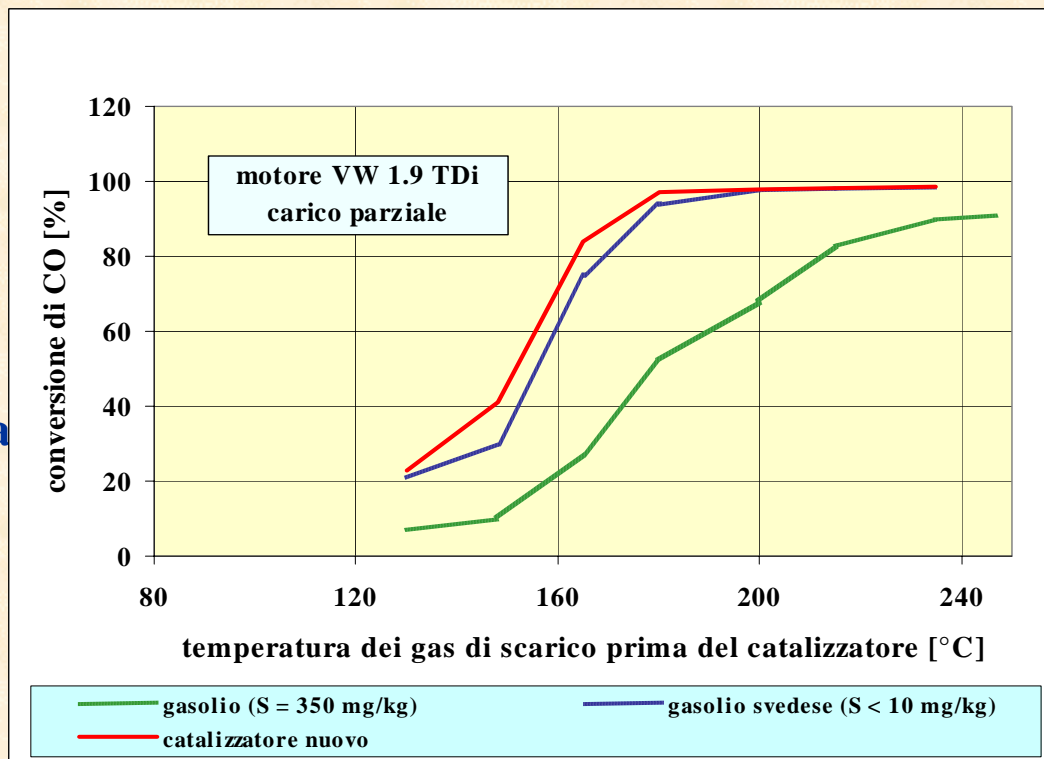


1. monolito a nido d'ape
2. isolante termico
3. involucro
4. collettore ingresso gas

CATALIZZATORE OSSIDANTE PER MOTORI DIESEL (Oxy Cat)

Metalli attivi: Pt / Pd

- **Struttura a nido d'ape simile a quella del TWC**
- **In grado di ridurre con elevata efficienza soltanto le emissioni di CO e di HC e, in parte, del particolato (SOF)**
- **Particolarmente sensibile alla presenza di zolfo nel gasolio: si riduce col tempo l'efficienza di conversione**



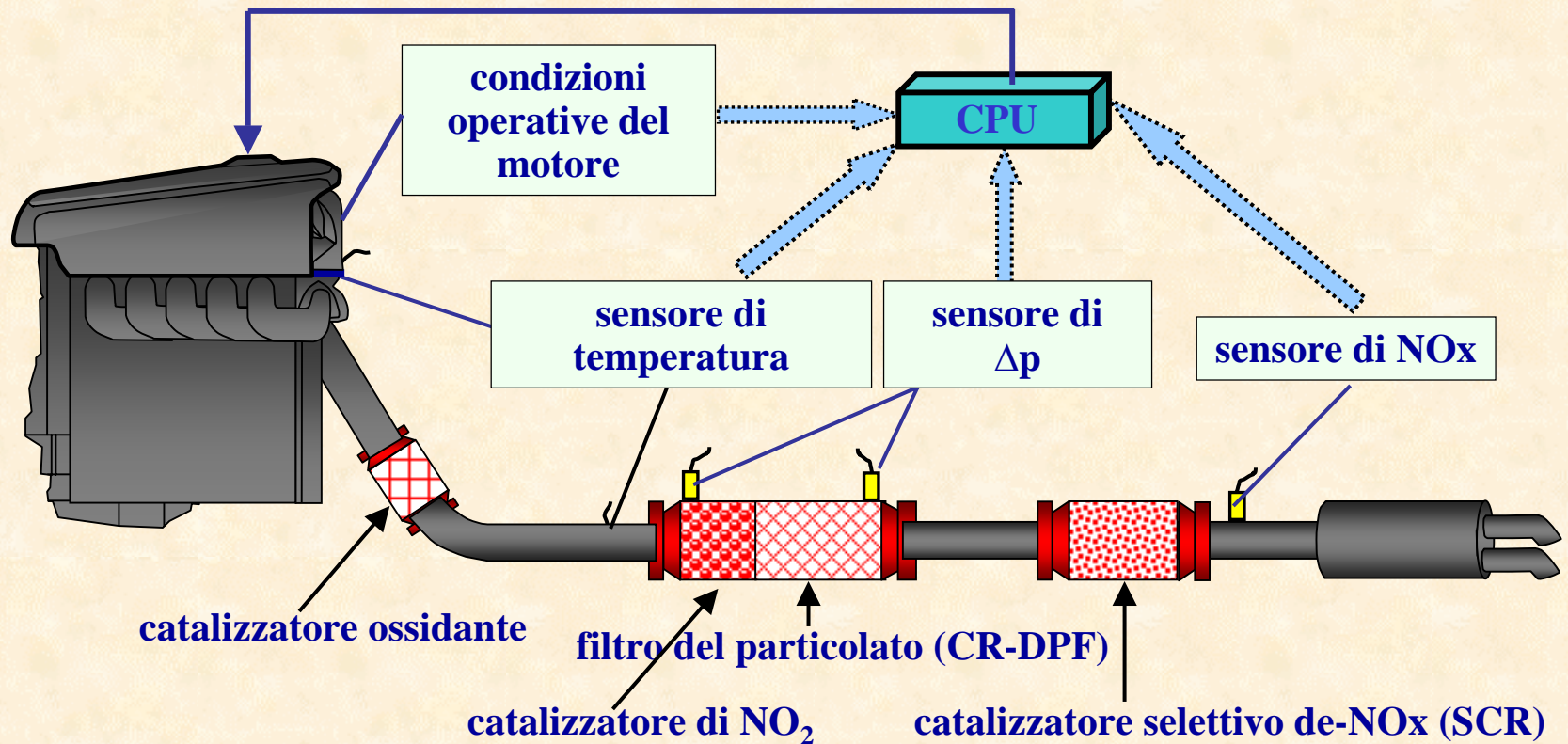
Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



**Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it**

SCHEMA DI UN CONDOTTO DI SCARICO AVANZATO PER MOTORE DIESEL A BASSO IMPATTO AMBIENTALE



Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

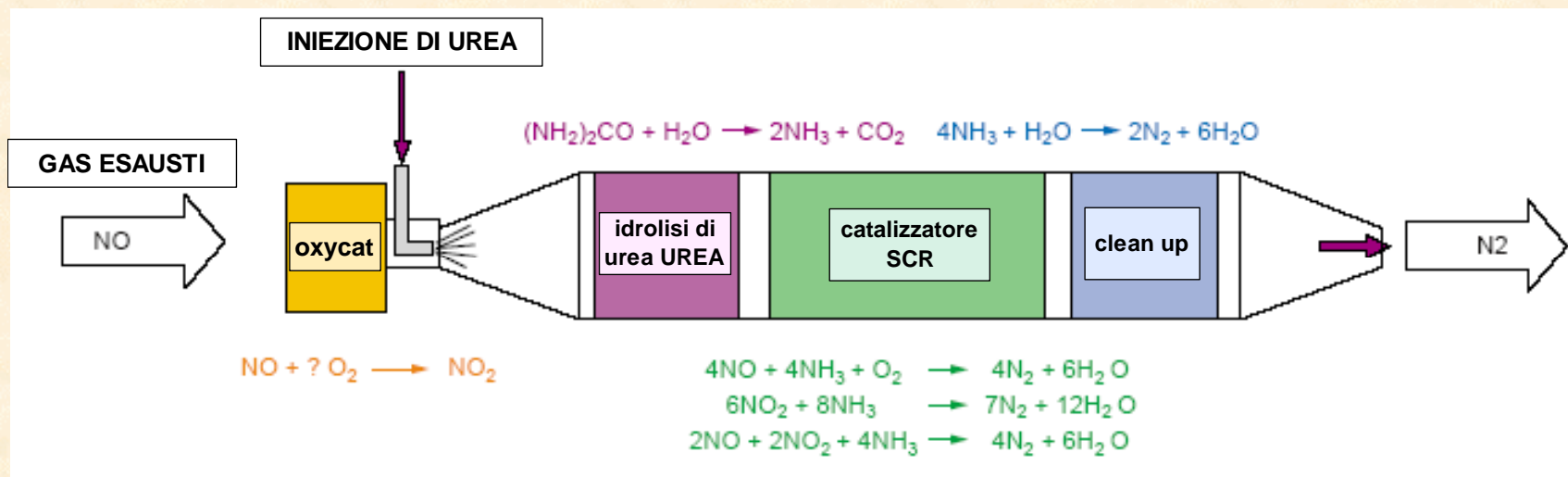
Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

CATALIZZATORE SELETTIVO DI RIDUZIONE DEGLI NO_x (Selective Catalyst Reduction System - SCR)

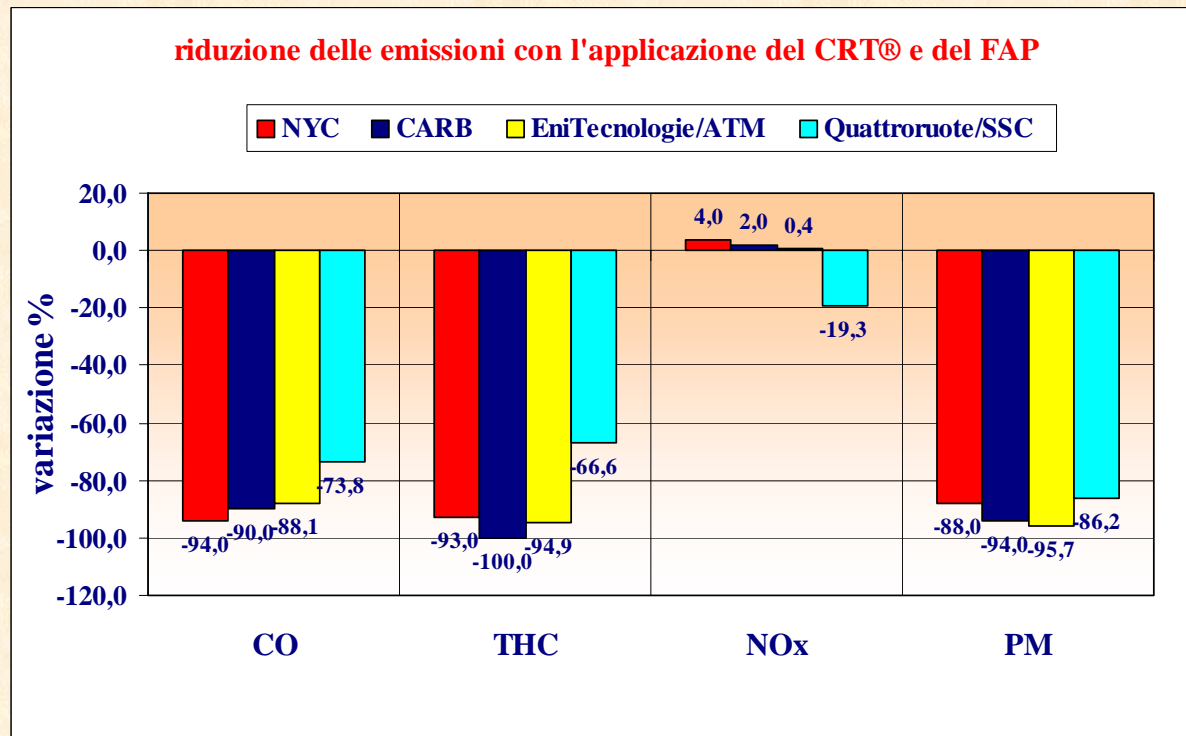
- Principio di funzionamento basato sulle proprietà riducenti dell'ammoniaca (generata da urea in soluzione acquosa) per formare azoto e acqua



Metalli attivi:
V / W / Ti

EFFETTO DEL FILTRO ANTIPARTICOLATO SULLE EMISSIONI INQUINANTI

Confronto del livello di emissione degli inquinanti di autoveicoli dotati di filtro antiparticolato con quello di autoveicoli convenzionali dello stesso modello a parità di condizioni sperimentali di prova



Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

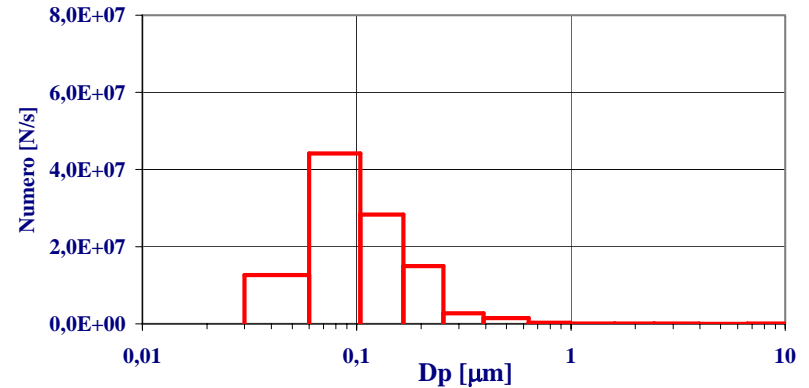
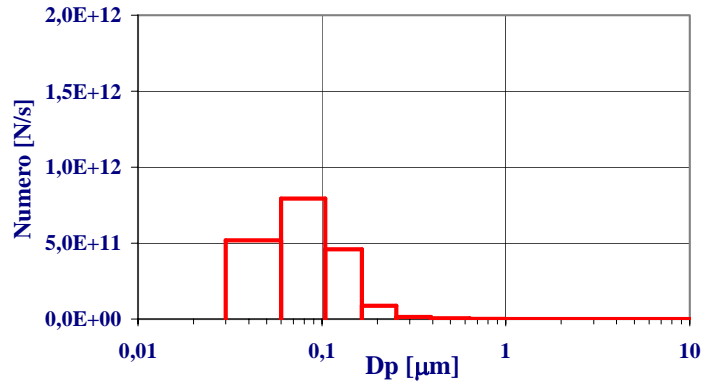
Prove Quattroruote / SSC

Distribuzione dimensionale del particolato in numero - gasolio ULS

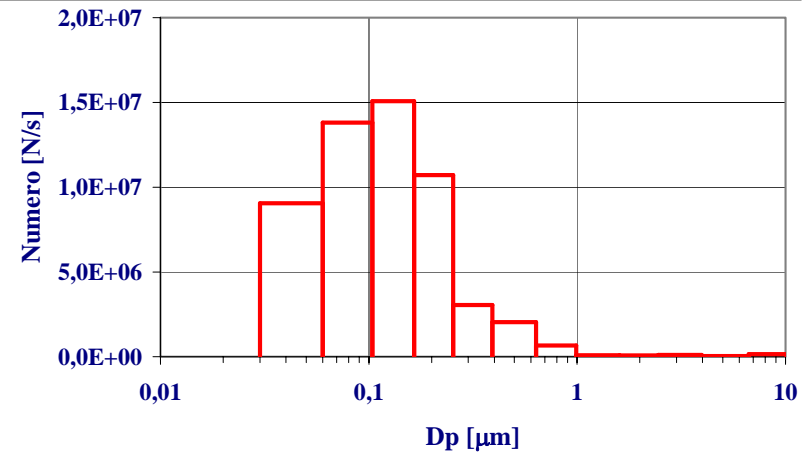
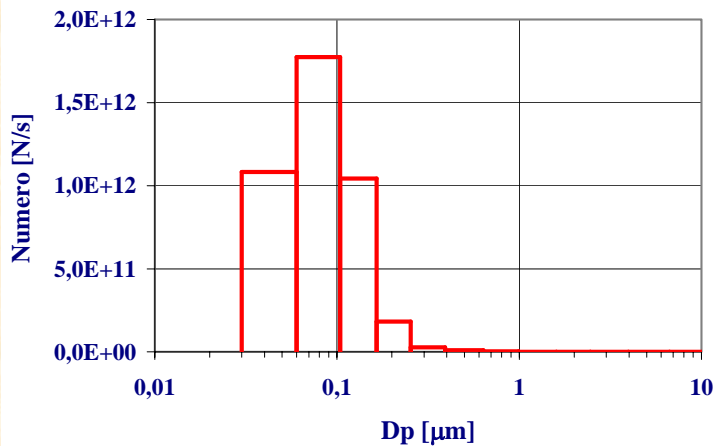
PEUGEOT 406

PEUGEOT 307 FAP

ciclo di guida urbano



ciclo di guida extraurbano



Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006

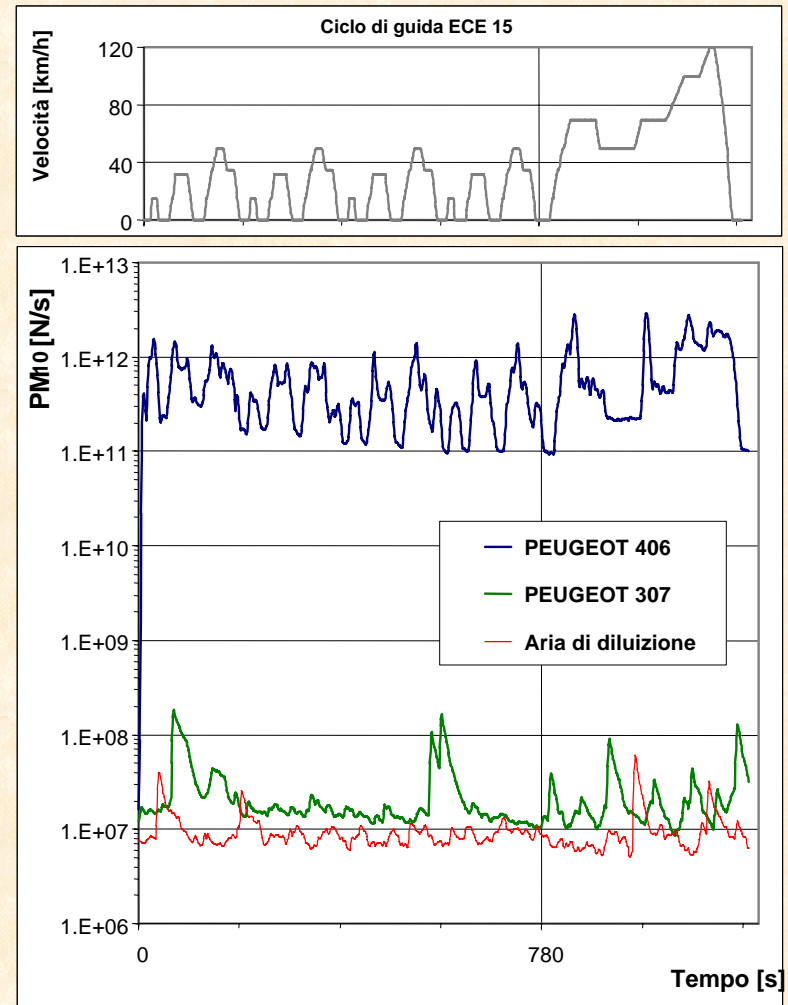


Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

Effetto del FAP sull'emissione di PM_{10}

EFFETTO SULL'EMISSIONE DI PARTICOLATO FINE ($< 10 \mu m$) DETERMINATO DALLA APPLICAZIONE DI UN FILTRO CDPF (FAP) SUL CONDOTTO DI SCARICO DI UNA VETTURA DIESEL

MISURE DI EMISSIONE ISTANTANEA DEL NUMERO DI PARTICELLE ESEGUITE ALLA STAZIONE SPERIMENTALE PER I COMBUSTIBILI (SSC) PER CONTO DELLA RIVISTA "QUATTORRUOTE" SU UNA AUTOVETTURA PEUGEOT 307 FAP A CONFRONTO CON QUELLE DI UNA AUTOVETTURA PEUGEOT 406



Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



**Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it**

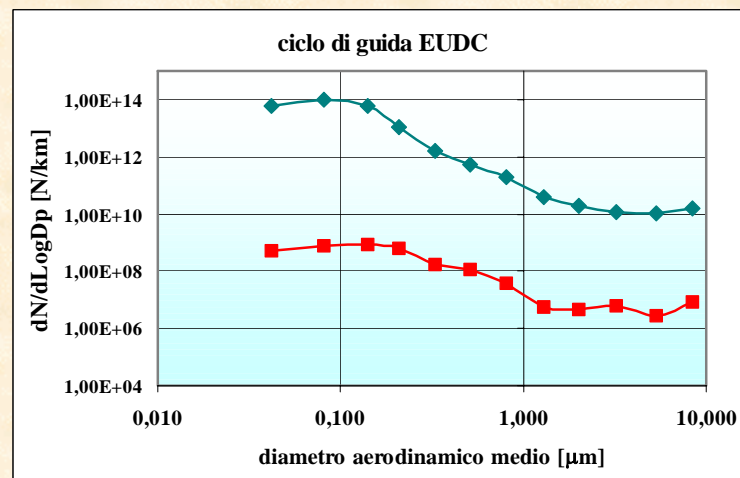
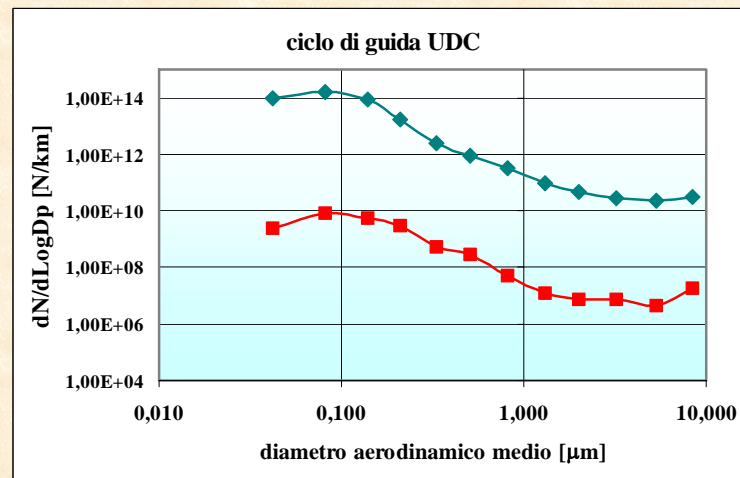
CAPACITÀ FILTRANTE DEL DPF

Autovettura a gasolio

NUMERO DI PARTICELLE / KM

- Sistemi filtranti presentati in grado di abbattere particelle comprese in tutto lo spettro dimensionale misurabile
- Grado di efficienza elevato sia per le particelle in modo accumulazione ($D_p > 50$ nm) che per quelle in modo nucleazione ($D_p < 50$ nm)

- Nell'esempio riportato:
il livello di emissione in numero del particolato fine di un'autovettura dotata di FAP è circa 10.000 volte inferiore a quello di un'autovettura convenzionale



Fonte dati: SSC

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it

CONCLUSIONI

- Negli ultimi quindici anni il problema dell'inquinamento dell'aria provocato dai mezzi di trasporto a motore a ciclo "Otto" e Diesel è stato affrontato mediante la emanazione di Direttive Europee che riguardano sia il controllo delle emissioni inquinanti scaricate dagli autoveicoli sia la qualità dei carburanti. A seguito di questo sono stati raggiunti significativi risultati attraverso:
 - ❑ sviluppo di propulsori tecnologicamente avanzati con elevati rendimenti
 - ❑ sistemi di trattamento dei gas di scarico ad alta efficienza che hanno consentito di ridurre ai livelli di emissione dei composti più importanti (ossidi di azoto, monossido di carbonio, sostanze organiche, particolato) per soddisfare gli standard europei via via sempre più restrittivi
 - ❑ produzione di benzina e gasolio a bassissimo tenore di zolfo, già disponibili sul mercato, e maggiore attenzione verso l'impiego di combustibili alternativi a basso impatto ambientale, sia di origine fossile (GN, GPL) che da fonti rinnovabili

In ogni caso il rinnovo rapido del parco circolante con autovetture di ultima generazione ad alto contenuto tecnologico produrrà un grande beneficio per la qualità dell'aria

***IMMISSIONI DA TRAFFICO
NELLE AREE METROPOLITANE***

Milano-Palazzo Turati, 14 dicembre 2006

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

FRANCESCO AVELLA, ANTONIO ROLLA

Immissioni da traffico nelle aree metropolitane

Milano, 14 dicembre 2006



**Stazione Sperimentale
per i Combustibili
www.ssc.it**