

Convegno Aria Nuova

ENERGIA E MOBILITÀ

Monza, 12 giugno 2009

I COMBUSTIBILI NEI TRASPORTI compatibilità (e limiti) con l'ambiente

FRANCESCO AVELLA



Stazione Sperimentale per i Combustibili

CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

➤ **Propulsione autoveicoli**

Il motore C.I. rimarrà il propulsore più diffuso nei prossimi decenni per azionare gli autoveicoli

➤ **Impatto ambientale dei trasporti**

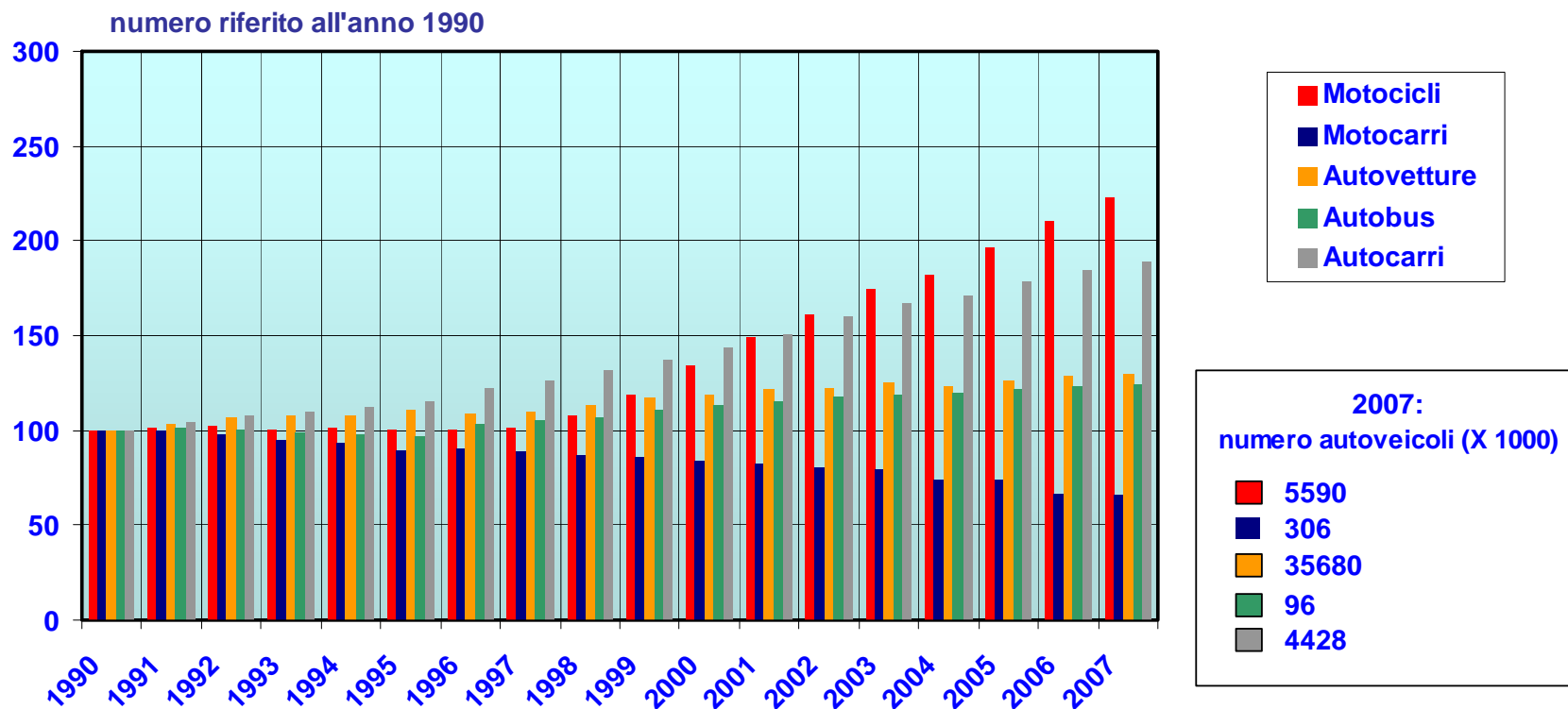
La riduzione dell'impatto ambientale determinato dai trasporti è uno dei principali obiettivi delle istituzioni coinvolte nella salvaguardia dell'ambiente

➤ **Azioni in campo**

Azioni congiunte tra Costruttori e Produttori di combustibili hanno consentito di mettere a punto tecnologie particolarmente efficaci per produrre autoveicoli e combustibili con minore impatto ambientale - esse sono fondamentali per uno sviluppo sostenibile dei trasporti

CRESCITA DEL PARCO AUTOVEICOLARE IN ITALIA

consistenza del parco automobilistico circolante nazionale

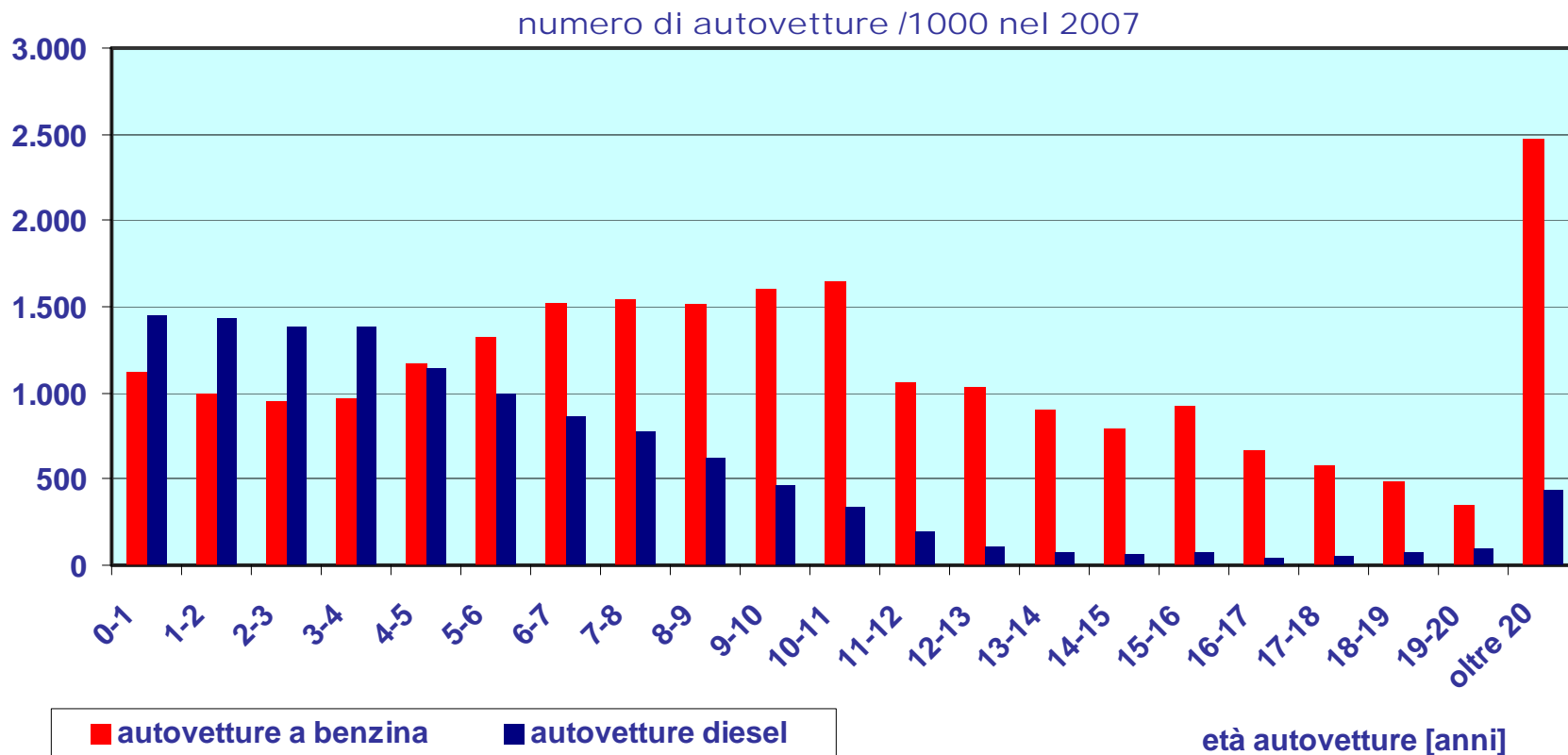


Fonte: *annuario statistico ACI 2008*



ANZIANITÀ DEL PARCO AUTOVEICOLARE IN ITALIA

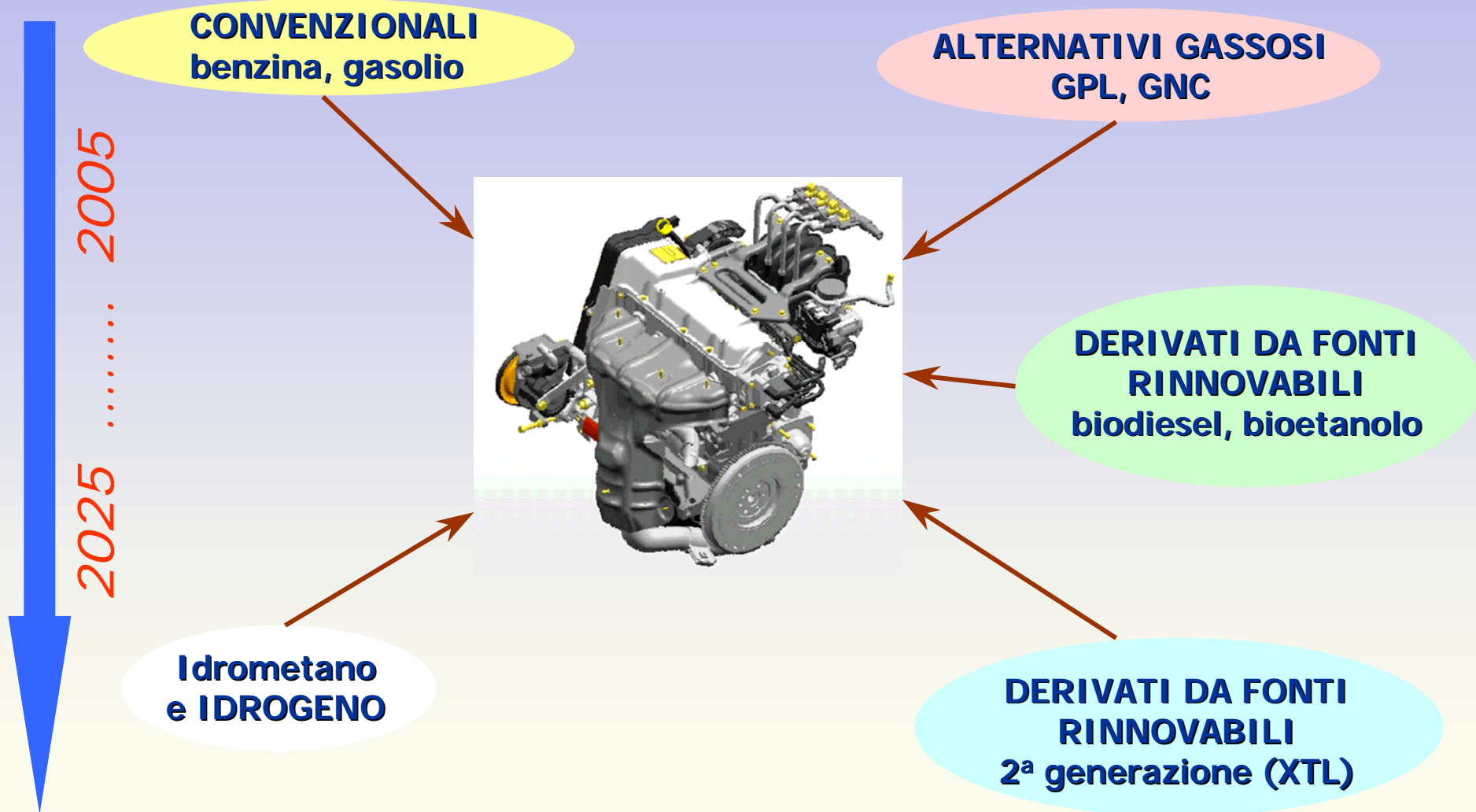
distribuzione dell'anzianità del parco autovetture in Italia nel 2007



Fonte: *annuario statistico ACI 2008*



I COMBUSTIBILI PER L'AUTOTRAZIONE NEGLI ANNI 2000



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) negli anni '90 hanno rilevato l'esistenza di una notevole interazione tra tecnologia motoristica e qualità del combustibile con riguardo alle emissioni inquinanti.

Regolamentazione delle emissioni inquinanti e dei combustibili

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



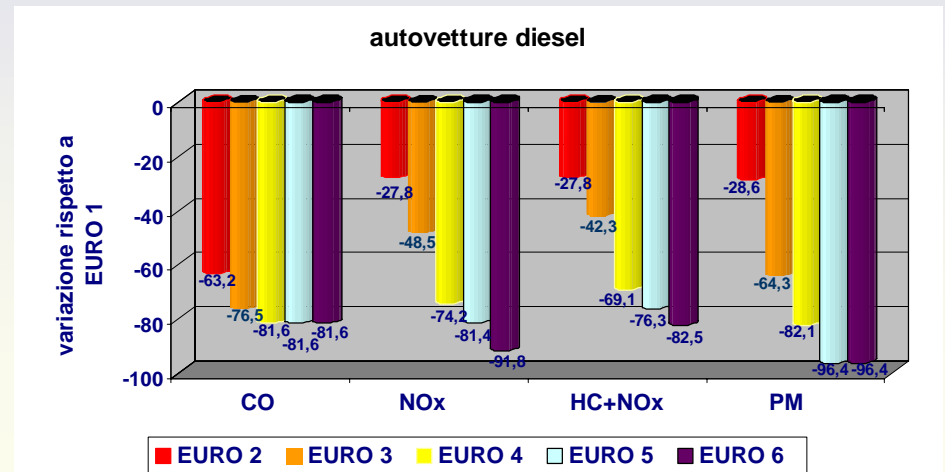
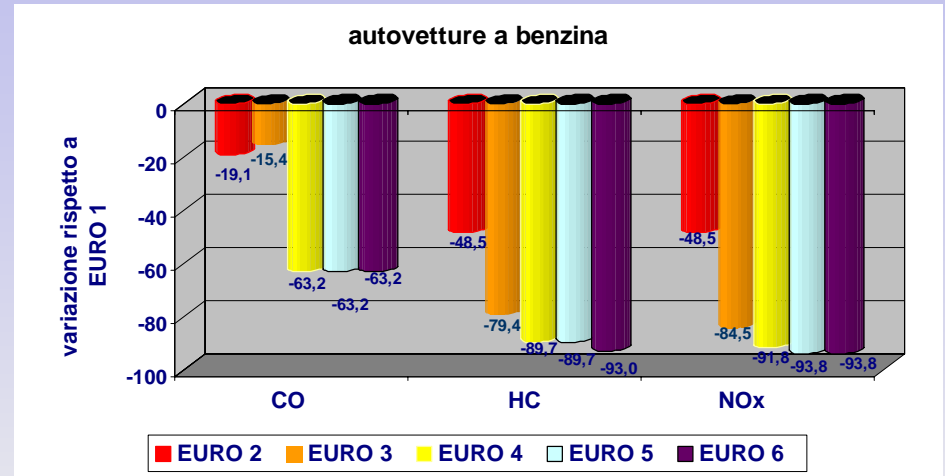
EMISSIONI INQUINANTI

EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA EUROPEA

Rispetto al passato le ultime direttive europee hanno imposto limiti alle emissioni inquinanti più severi per l'omologazione, dando particolare enfasi a quelle del particolato e degli ossidi di azoto degli autoveicoli diesel.

RIDUZIONE RISPETTO A EURO 1

<u>Autoveicoli Leggeri</u>	<u>Motori Autocarri</u>
EURO 4 → 2005	EURO 4 → 2005
EURO 5 → 2009	EURO 5 → 2008
EURO 6 → 2014	



LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEGLI AUTOVEICOLI

Principali problemi dei Costruttori per produrre autoveicoli conformi agli standard Euro 5 (2009) ed Euro 6 (2014)

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 previsto di 120 g_{CO2}/km entro il 2012

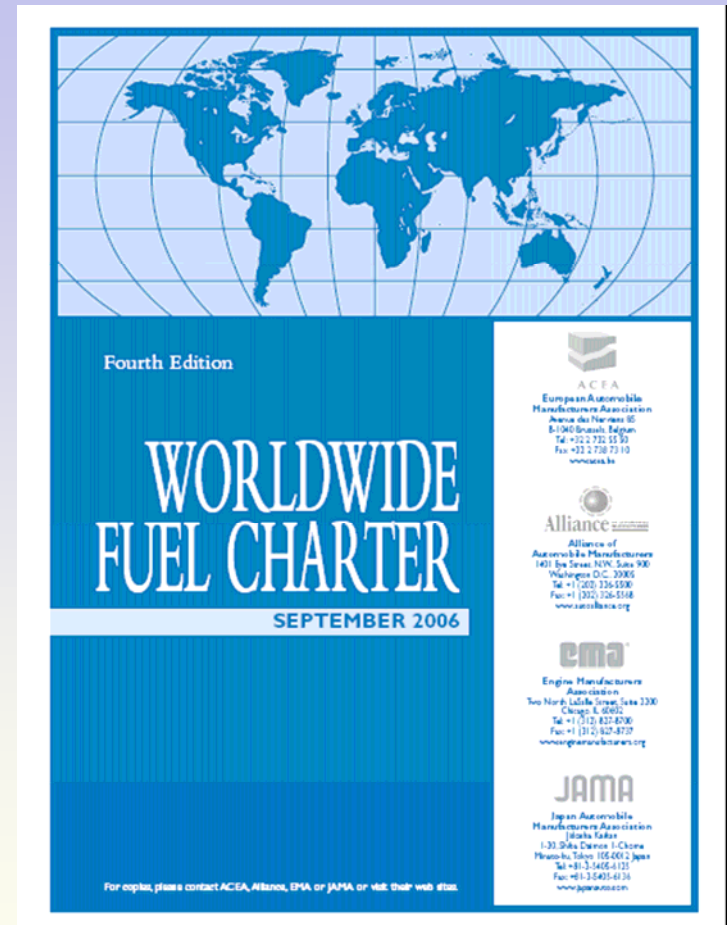
Entrambi questi obiettivi possono essere raggiunti soltanto se le nuove tecnologie adottate per la costruzione dei motori sono combinate con l'applicazione di dispositivi catalitici di nuova generazione per il post-trattamento dei gas di scarico.

MOTORI E QUALITÀ DEI COMBUSTIBILI

I Costruttori hanno previsto un massiccio impiego dispositivi di post-trattamento dei gas di scarico sui nuovi modelli per ridurre l'emissione degli ossidi di azoto e del particolato.

Questi dispositivi richiedono l'uso di combustibili con caratteristiche ulteriormente migliorate affinché la loro efficienza e la durata nel tempo sia elevata.

Il documento **World-Wide Fuel Charter** (4^a edizione -2006), preparato dalle Associazioni mondiali di Costruttori di autoveicoli, ha messo in evidenza questi problemi esponendo i requisiti richiesti per i combustibili del prossimo futuro.



NORMATIVA DELLA COMMISSIONE EUROPEA

Nell'ambito del pacchetto Clima-Energia: 2 volte 20 al 2020, varato dalla CE nel mese di dicembre 2008, è inclusa la

Direttiva 2009/30/CE

che regolamenta la qualità dei combustibili per autotrazione, includendo quelli tradizionali e i combustibili derivati da fonti rinnovabili (biocombustibili) da immettere sul mercato europeo nei prossimi anni.

Essa estende i requisiti ambientali anche ai combustibili destinati all'alimentazione di veicoli off-road (macchine per agricoltura, macchine semoventi, navi adibite alla navigazione interna).

Questa direttiva, appena pubblicata (23 aprile 2009), è la revisione delle precedenti direttive comunitarie emesse per la prima volta a partire dal 1998 per regolamentare alcune proprietà dei combustibili convenzionali con valenza ambientale (Direttive 98/70/CE e 2003/17/CE) e per promuovere l'uso dei biocombustibili (2003/30/CE).



ATTUAZIONE DELLE DIRETTIVE EUROPEE

➤ **Norme europee**

Si esplica attraverso l'introduzione dei parametri di valenza ambientale dei combustibili nelle relative norme tecniche che ne prescrivono i requisiti minimi di qualità

➤ **Organizzazione normativa europea (CEN)**

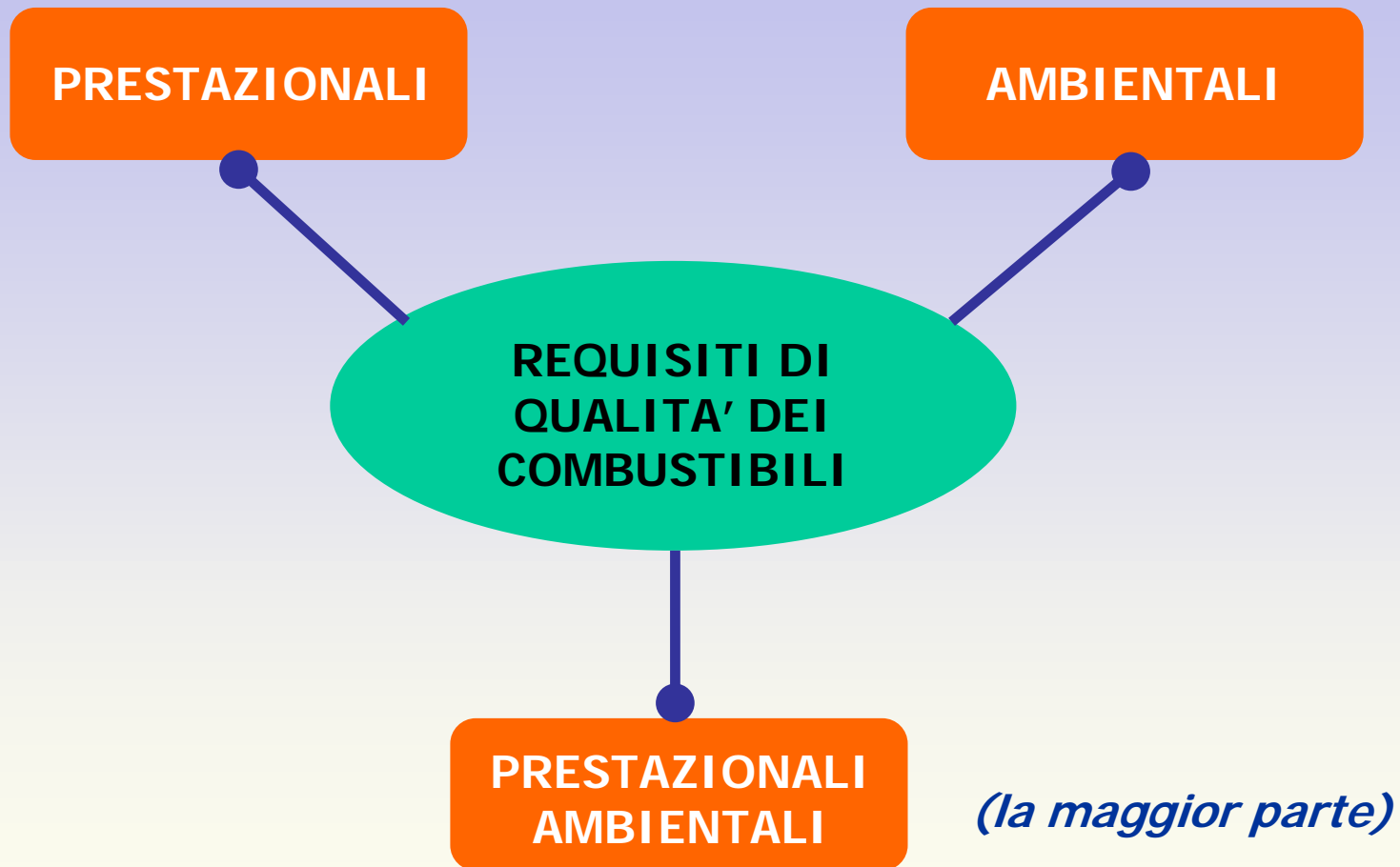
Le norme tecniche, emanate dall'**Ente Normativo Europeo (CEN)**, prescrivono i limiti dei parametri di qualità dei combustibili, i relativi metodi di prova (per la caratterizzazione in laboratorio) e i limiti di precisione delle misure

➤ **Tutti i combustibili sono soggetti a norme di qualità**

Attualmente tutti i combustibili, siano essi convenzionali che alternativi, sono obbligatoriamente soggetti a norme tecniche di qualità, valide in ambito internazionale, essendo queste un requisito essenziale per assicurare il loro corretto uso nei motori



LE CARATTERISTICHE DEI COMBUSTIBILI



EVOLUZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI RILEVANZA AMBIENTALE DEL GASOLIO

proprietà		livello	EN 590			
			2000 (*)	2004 (*)	2009 (**)	2013 (°)
numero di cetano		min	51,0	51,0	51,0	51,0
densità	kg/m ³	min - max	820 - 845	820 - 845	820 - 845	? - 845
poliaromatici	% m	max	11	11	11	8
T95	°C	max	360	360	360	360
biodiesel	% vol	max	5 [^]	5	7	10
zolfo	mg/kg	max	350	50	10	10

(*) Direttiva 98/70/CE

(**) Direttiva 2003/17/CE

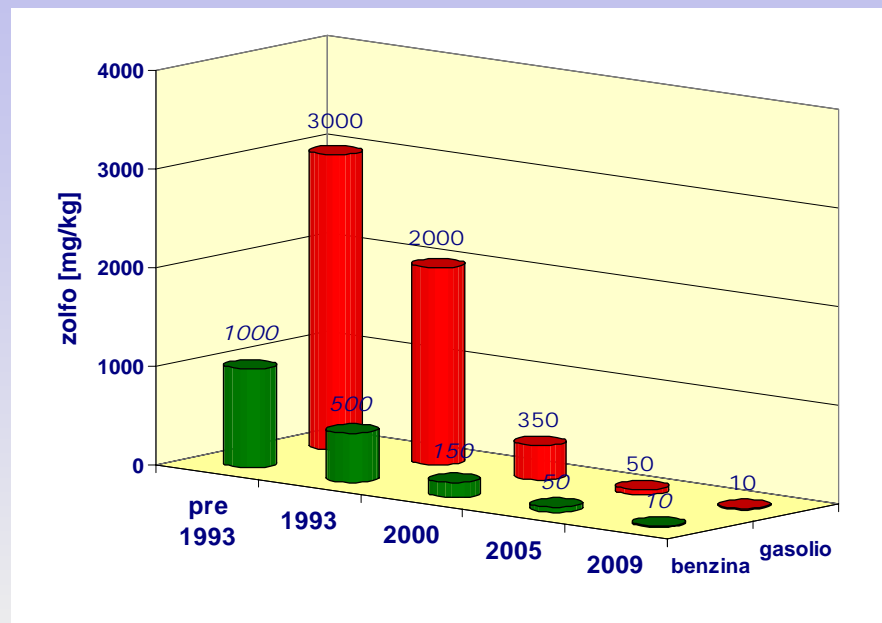
([^]) dal 2002

(°) Direttiva 2009/30/CE



TENORE DI ZOLFO NEI COMBUSTIBILI

Per la sua forte incidenza diretta e indiretta (durata dei dispositivi catalitici) sulle emissioni inquinanti il **tenore di zolfo** nella benzina e nel gasolio è stato il parametro che ha subito la riduzione maggiore, portandolo al valore massimo attualmente imposto di 10 mg/kg.



Direttiva 2003/17/CE

prima del 1.01.2005

1.01.2005 → 31.12.2008

dopo il 1.01.2009

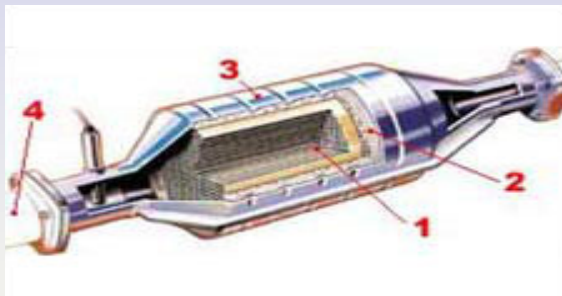
$S > 50 \text{ mg/kg}$

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

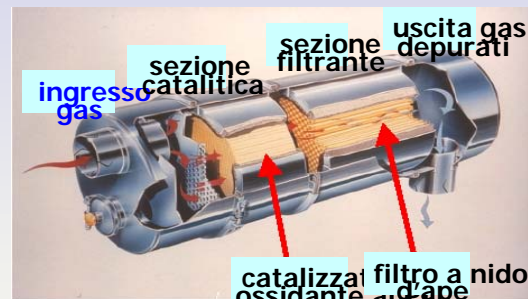
$S < 10 \text{ mg/kg}$

MOTIVAZIONI DELLA RIDUZIONE SPINTA DEL TENORE DI ZOLFO NEI COMBUSTIBILI

La definizione di un limite massimo molto restrittivo del tenore di zolfo nella benzina e nel gasolio ($S < 10 \text{ mg/kg}$) è stata necessaria per consentire l'introduzione di nuovi dispositivi per il controllo delle emissioni inquinanti (NO_x e PM) sugli autoveicoli di modello attuale e di prossima generazione in conformità con gli standard Euro 5 ed Euro 6.



Three-Way Catalyst



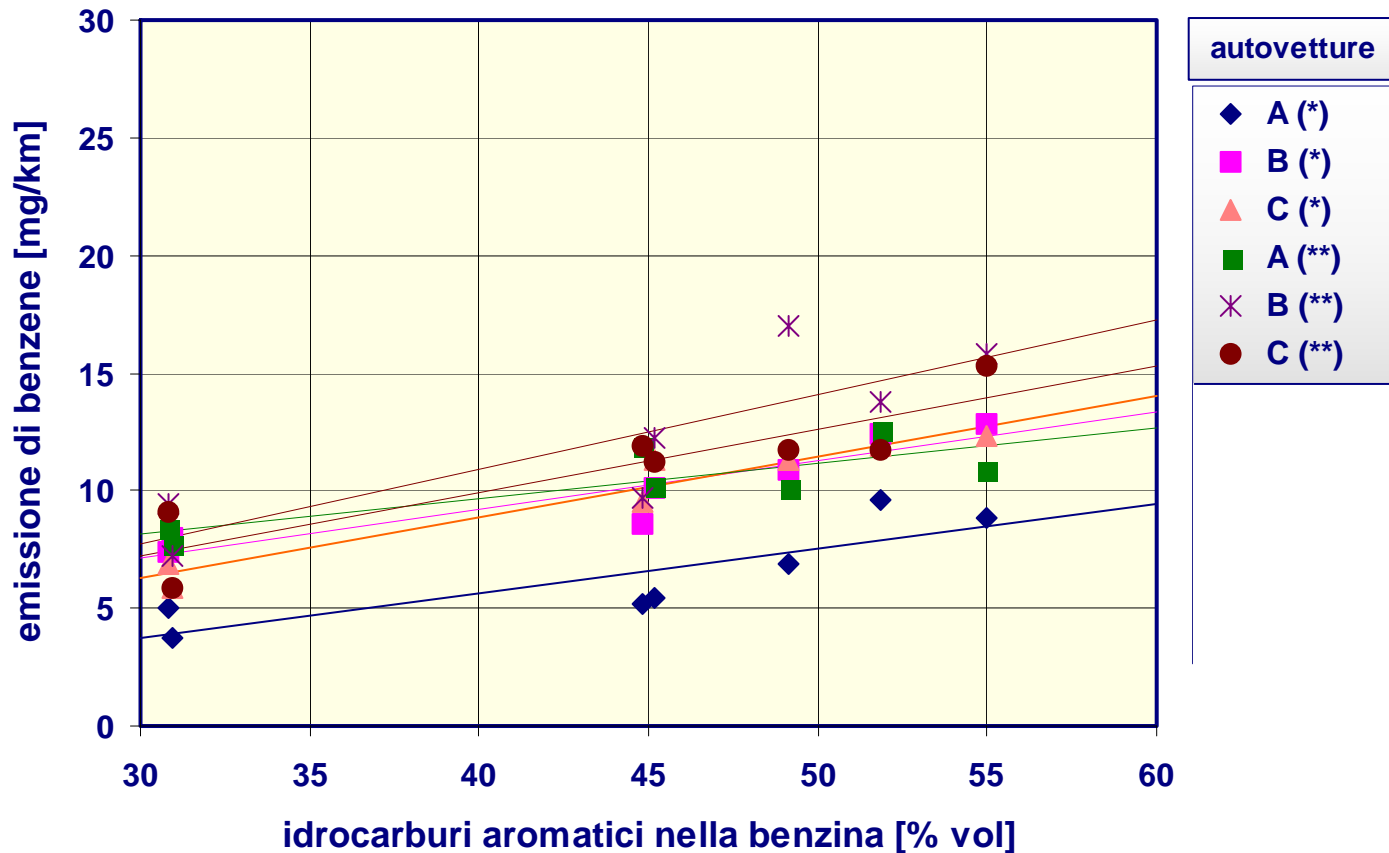
CRT® (J&M)



SCR NO_x catalyst (J&M)

Questi dispositivi, infatti, presentano una sensibilità più o meno elevata verso una rapida e irreversibile disattivazione in presenza di composti solforati nei combustibili.

EFFETTO DEL TENORE DI IDROCARBURI AROMATICI NELLA BENZINA



(*) percorrenza km 5000 (**) percorrenza km 40000

Fonte: dati SSC



EFFETTO DEL TENORE DI ZOLFO NEL GASOLIO

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

GASOLIO G1

240 mg/kg S

T95 = 362°C

GASOLIO G2

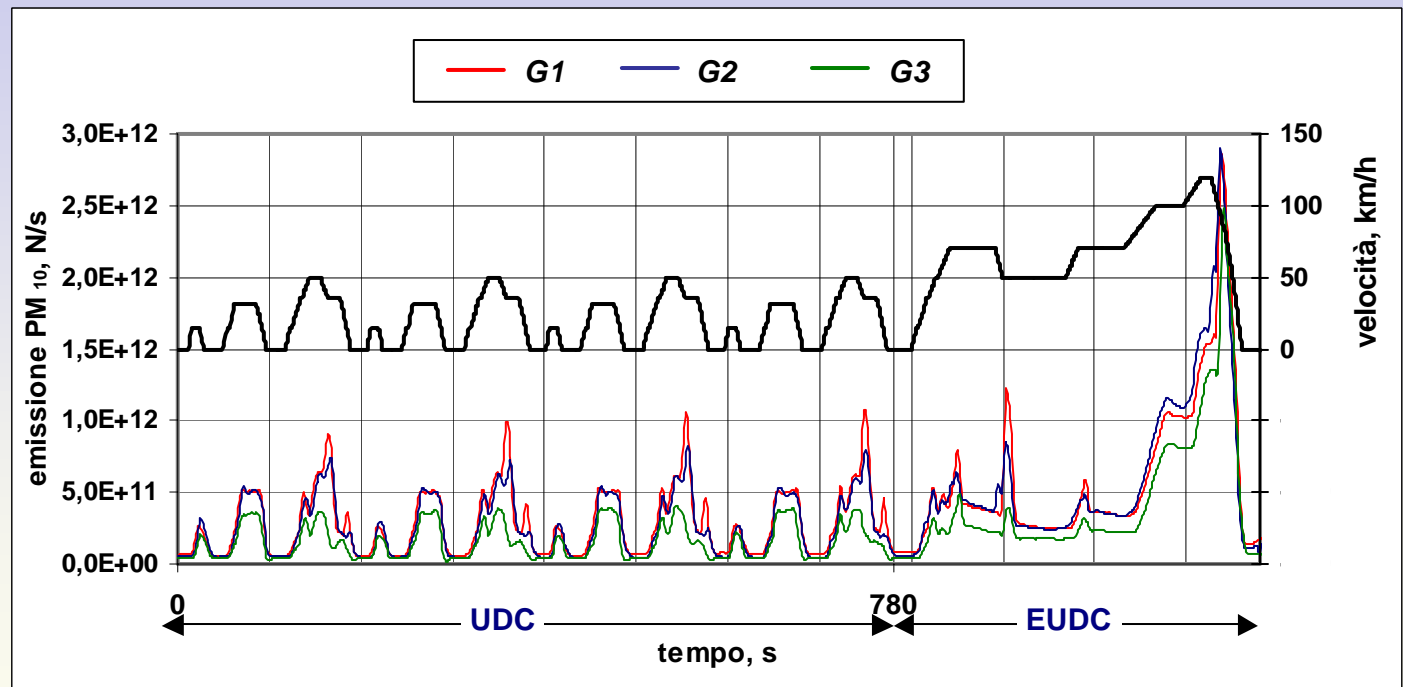
40 mg/kg S

T95 = 357°C

GASOLIO G3

14 mg/kg S

T95 = 304°C



Fonte: Progetto PUMI – dati SSC

COMBUSTIBILI DA FONTI RINNOVABILI

➤ *Well-to-wheels analysis*

Nel computo globale dell'impatto sull'emissione di gas a effetto serra la produzione e l'impiego nei trasporti di combustibili di origine petrolifera migliorati determina da un lato la riduzione diretta e indiretta delle emissioni inquinanti degli autoveicoli, dall'altro un incremento dell'emissione di CO₂

➤ **Motivazioni dell'impiego dei biocombustibili**

L'impiego dei biocombustibili nei trasporti è determinato dalla strategie da mettere in atto in modo immediato per ridurre l'emissione dei gas serra nell'atmosfera, piuttosto che per abbassare le emissioni inquinanti, e per diminuire la dipendenza energetica dalle fonti fossili

ASPETTI CRITICI NELL'IMPIEGO DEI BIOCOMBUSTIBILI DI 1^a GENERAZIONE

- Negli ultimi anni in Europa si è fatto ricorso all'uso di biodiesel e bioetanolo, come componenti di sostituzione degli idrocarburi, in miscela col gasolio e con la benzina solo in concentrazioni limitate, senza necessità di apportare modifiche alla rete di distribuzione e ai motori degli autoveicoli, anche di modello recente
- Nel corso degli anni sono stati evidenziati alcuni problemi di carattere prestazionale dei motori convenzionali alimentati con gasolio contenente biodiesel e con benzina addizionata con bioetanolo, che possono influenzare anche le emissioni inquinanti
 - fenomeni di corrosione
 - formazione depositi sugli iniettori
 - disattivazione dispositivi antinquinamento
 - degradazione del lubrificante

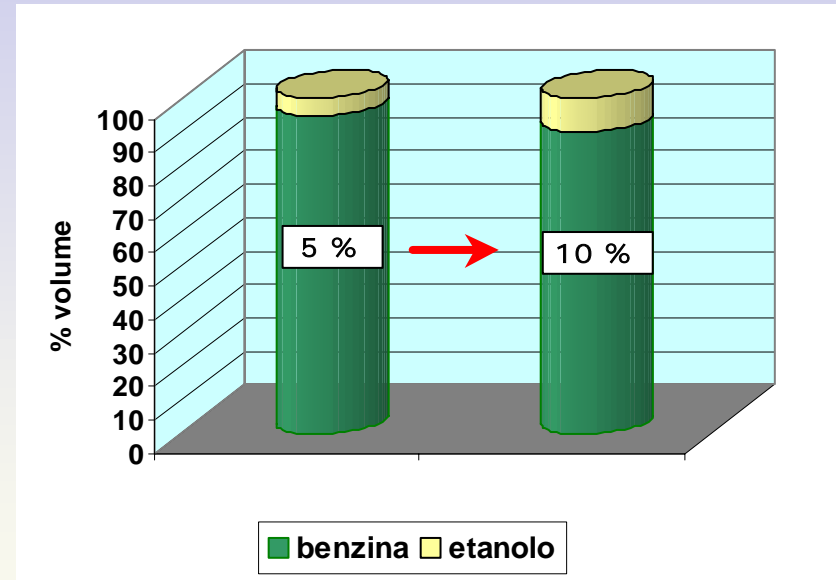
ASPETTI CRITICI NELL'IMPIEGO DEI BIOCOMBUSTIBILI DI 1^a GENERAZIONE

- I problemi segnalati potranno essere maggiori con l'attuazione della nuova direttiva Combustibili che impone l'impiego nei trasporti del 10 % in energia derivata da fonti rinnovabili entro il 2020. Infatti sarà necessario aumentare la concentrazione dei biocombustibili nella benzina e nel gasolio a valori più elevati del 10 % in volume
- Per regolamentare l'idoneità dei biocombustibili in miscela con i combustibili convenzionali all'impiego nei motori (mantenimento delle prestazioni e compatibilità con i dispositivi di riduzione delle emissioni) sono state sviluppate dal CEN norme tecniche di qualità del bioetanolo e del biodiesel

IL BIOETANOLO PER I MOTORI AD ACCENSIONE COMANDATA

Il bioetanolo anidro destinato alla miscelazione con la benzina deve essere conforme alla norma tecnica di qualità **EN 15376** recentemente emessa dal CEN (giugno 2008)

- La benzina attualmente prodotta secondo la norma EN 228 può contenere al massimo il 5% in volume di etanolo (E5)
- La E5 sarà disponibile sul mercato europeo fino al 2013 per la protezione dei numerosi modelli di autoveicoli in circolazione non compatibili
- Dal 2013 tutta la benzina prodotta dovrà contenere una percentuale massima di bioetanolo pari al 10% in volume (E10)



Concentrazione massima del bioetanolo nella benzina europea fino al 2013

MISCELE AD ELEVATO CONTENUTO DI ETANOLO

- In linea teorica è possibile impiegare miscele etanolo/benzina con qualsiasi concentrazione. Nella pratica soltanto miscele dal 75 % (E75) all'85 % (E85) in volume di etanolo sono già disponibili sul mercato di alcuni paesi europei. Il CEN ha in via di sviluppo una norma tecnica (**prEN 15293**) per la miscela E85
- Queste miscele potranno alimentare soltanto autoveicoli dedicati (**FFV = Flexible Fuel Vehicles**), costruiti con materiali compatibili con l'etanolo e dotati di sistemi di controllo specifici della composizione del combustibile per ottimizzare automaticamente l'iniezione e l'accensione

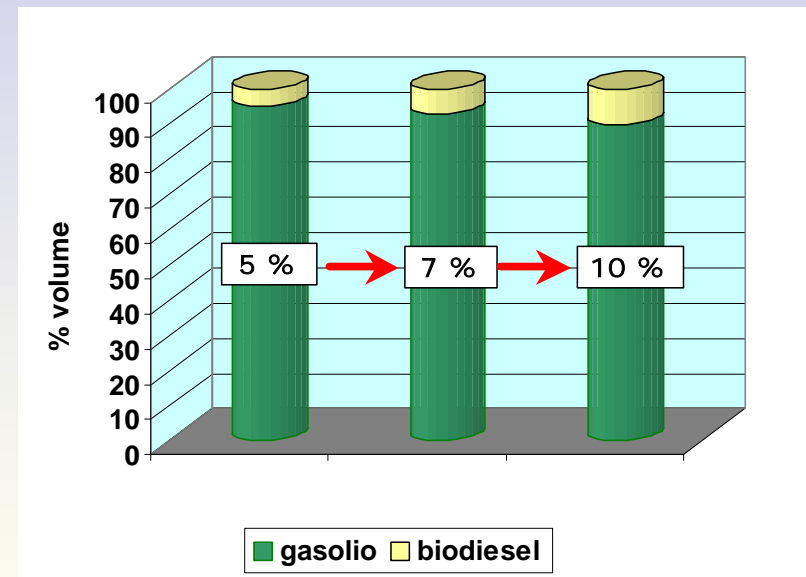


Numerose Case automobilistiche europee annoverano già nei loro listini modelli FFV. La diffusione di questi autoveicoli si prevede in crescita nei prossimi dieci – quindici anni, specialmente in Svezia, Germania e Francia

IL BIODIESEL PER I MOTORI AD ACCENSIONE SPONTANEA

Il biodiesel (esteri metilici di oli di vegetali - FAME) impiegato per la miscelazione col gasolio minerale deve essere conforme alla norma europea **EN 14214**, recentemente revisionata dal CEN (2008)

- Dal 2009 il biodiesel potrà essere impiegato in miscela col gasolio fino a una concentrazione massima del 7% vol, come previsto dalla norma EN 590 (2009)
- Il limite fissato del 7% vol è determinato dall'evidenza di alcuni problemi tecnici connessi con l'impiego del biodiesel della produzione corrente
- Il CEN sta provvedendo a revisionare la norma EN 590 per soddisfare la richiesta della direttiva UE di una concentrazione massima del 10% vol



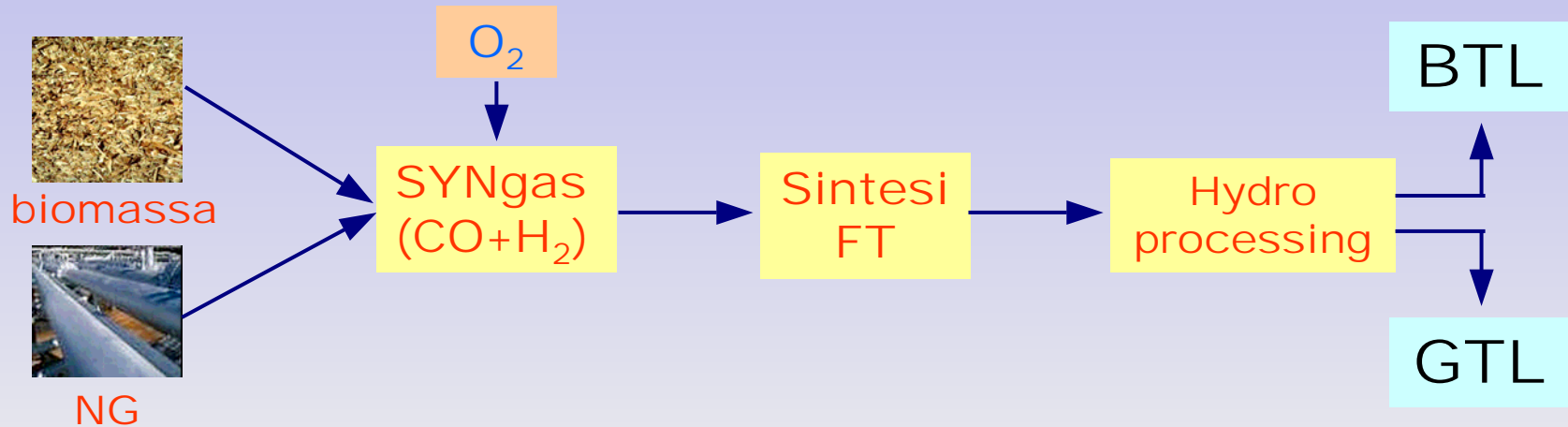
EFFETTI INDICATIVI DIRETTI SULLE EMISSIONI DEI BIOCOMBUSTIBILI

emissioni	bioetanolo	biodiesel
emissioni evaporative		-
CO		
HC	=	=
NOx	=	
particolato totale		
SOF		
benzene		-
formaldeide	=	
acetaldeide		
IPA		=

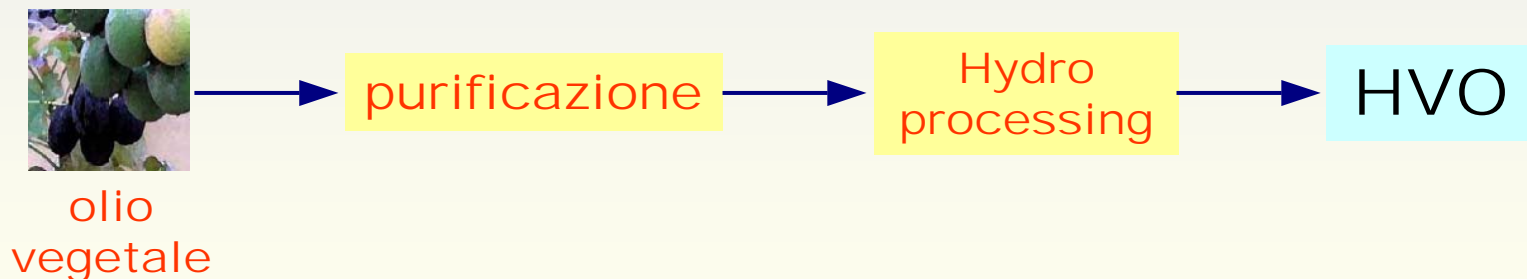
- Sebbene l'impiego dei biocombustibili sia motivato da altre ragioni, esso può determinare anche alcuni benefici di natura ambientale, come dimostrato con numerose esperienze sperimentali
- Il quadro riportato accanto dà un'indicazione di massima dell'influenza dei biocombustibili sulle emissioni inquinanti, poiché gli effetti prodotti dipendono anche dalle caratteristiche tecnologiche dei propulsori e dalle condizioni di prova

PRODUZIONE DEI BIOCOMBUSTIBILI DI 2^a GENERAZIONE (XTL)

Sono tenuti per sintesi a partire da biomasse e gas naturale



e per idrogenazione da oli vegetali



CONSIDERAZIONI SUI BIOCOMBUSTIBILI DI 2^a GENERAZIONE

- I biocombustibili di 2^a generazione devono considerarsi prodotti sintetici paraffinici simili tra loro adattabili in miscela col gasolio minerale ai motori diesel attuali e di modello meno recente e agli impianti di distribuzione esistenti
- Vantaggi dal punto di vista ambientale: migliore combustione, assenza o quasi di zolfo e di idrocarburi aromatici, bassa densità ed elevato numero di cetano
- Per le loro caratteristiche peculiari i biocombustibili di 2^a generazione costituiscono attualmente la migliore alternativa ai combustibili tradizionali
- I biocombustibili di 2^a generazione sono già prodotti in alcuni paesi extraeuropei (Qatar, Malesia, Nigeria), mentre in Europa sono in corso progetti dimostrativi con impianti pilota promossi da alcune Compagnie petrolifere
- Nel 2009 è stato adottato dal CEN l'accordo europeo **N. 15940** per predisporre lo sviluppo di una norma di qualità degli XTL e degli HVO



COMBUSTIBILI GASSOSI PER MOTORI AD ACCENSIONE COMANDATA



GAS NATURALE

- la composizione è determinata dal luogo di origine CH_4
min 80% vol (gas L) - max 100 % vol (gas H)
- norma internazionale regola le caratteristiche del gas naturale per uso autotrazione: **ISO 15403** "*Natural gas quality designation for use as compressed fuel for vehicles*"



GAS DI PETROLIO LIQUEFATTI (GPL)

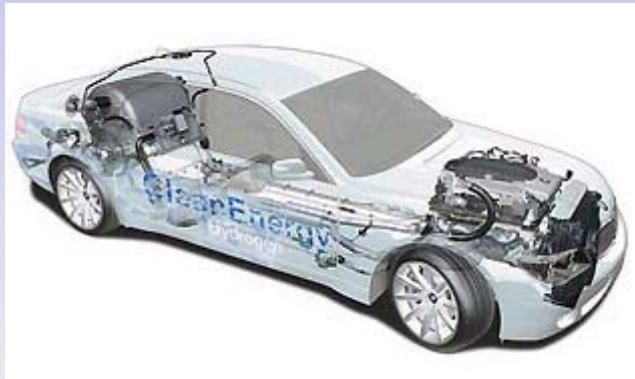
i requisiti minimi di qualità sono regolamentati attraverso la norma europea **EN 589** recentemente revisionata

Le tecnologie motoristiche attuali, e anche quelle di più vecchia concezione, sono in grado di adattarsi adeguatamente senza penalizzare le prestazioni e le emissioni inquinanti in tutte le condizioni di funzionamento dell'autoveicolo

L'IDROGENO – COMBUSTIBILE DEL FUTURO?

VANTAGGI →

L'idrogeno è un vettore energetico prodotto sia da fonti sia fossili che rinnovabili, la cui combustione non genera inquinanti a parte gli ossidi di azoto, eliminabili con un comune catalizzatore



È utilizzabile per alimentare direttamente i motori C.I. dedicati, come quelli messi a punto dalla BMW e da altre Case automobilistiche in progetti dimostrativi, o per alimentare le Fuel Cell di autoveicoli con motore elettrico

SVANTAGGI →

Avendo un contenuto energetico minore di quello della benzina e del gas naturale, l'autonomia dell'autoveicolo è relativamente bassa

Dal punto di vista ambientale è estremamente interessante, ma le difficoltà tecniche e i costi di produzione e di distribuzione ecocompatibili sono ancora molto elevati

CONCLUSIONI

Nel panorama attuale le prospettive di sviluppo dei combustibili per autotrazione nei prossimi venti anni indicano che:

- ❖ **si farà ricorso a quantità sempre più elevate dei biocombustibili in miscela con la benzina e con il gasolio di origine petrolifera le cui proprietà a carattere ambientale sono state notevolmente migliorate**
- ❖ **i combustibili gassosi tradizionali (GNC, GPL) rimarranno ancora combustibili di nicchia, anche se si intravede la tendenza verso una crescita della richiesta di mercato di autoveicoli bi-fuel**
- ❖ **ci sarà un forte sviluppo dei biocombustibili di 2^a generazione (XTL) che presentano caratteristiche prestazionali e ambientali nettamente migliori dei biocombustibili di 1^a generazione e di quelli di origine petrolifera**
- ❖ **anche se i progetti dimostrativi messi in campo hanno indicato la fattibilità tecnologica dei propulsori a idrogeno, questo vettore energetico potrà avere una diffusione tra non meno di 15 – 20 anni qualora risultasse competitivo con gli altri combustibili**



Convegno Aria Nuova

ENERGIA E MOBILITÀ

Monza, 12 giugno 2009

GRAZIE PER L'ATTENZIONE !

FRANCESCO AVELLA



Stazione Sperimentale per i Combustibili