



Consiglio Nazionale delle Ricerche

LA MOBILITÀ SOSTENIBILE NELLA VISIONE DEL CNR

Paola Belardini

Istituto Motori



Gli sviluppi sostenibili del settore del trasporto auto
Roma, 29 novembre 2011

Sommario



- L'Istituto Motori del CNR;
- Previsioni di scenario
per motori e combustibili;
- Sistemi di trasporto a breve,
a lungo,
a medio termine;
- Conclusioni.

Attività di Ricerca in Istituto Motori

Miglioramento di Efficienza Energetica ed Emissioni



S.I. Engines
C.I. Engines
Hybrid-Fuell Cells

Comb.Fossili
Bio-Fuels
Liquid, gaseous
Fuels

Vehicles:
Performance &
Emissioni
In uso reale

Applicazioni di Trasporto

▪ I.C.E. - Fuel Cells - Turbines

▪ CNG, Biofuels

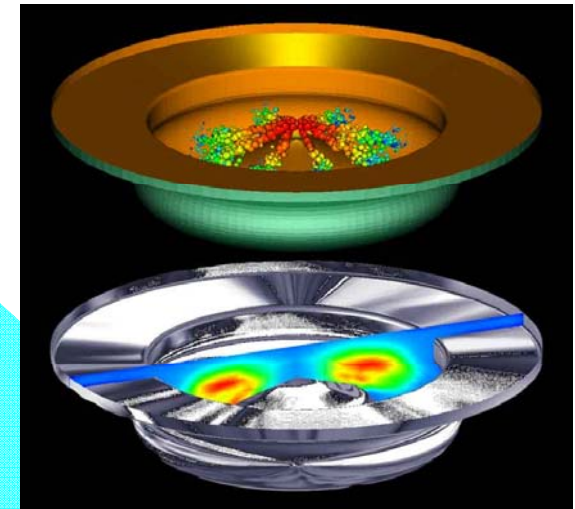
Applicazioni Stazionarie

Tecniche ottiche, Simulazione, Meccatronica, Affidabilità, Nanomateriali

Approccio Metodologico Istituto Motori

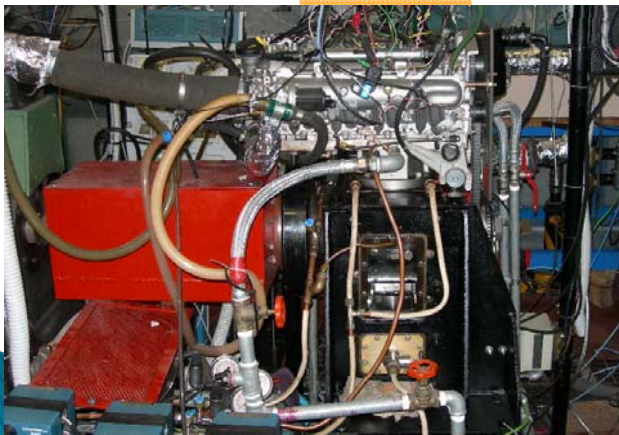


Optical
Measurements
On Transparent
Engine

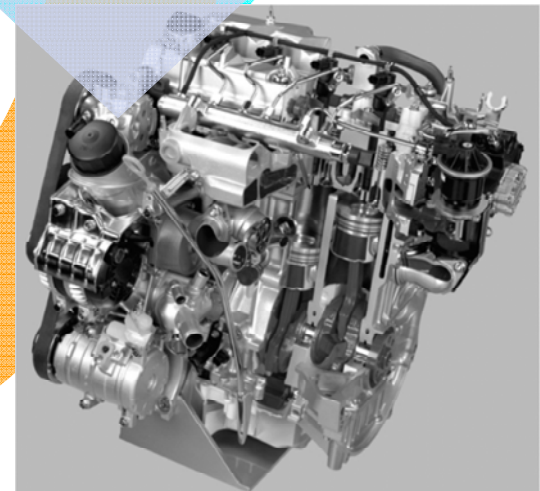


Combustion
Multidimensional
Modelling

SingleCylinder Engine



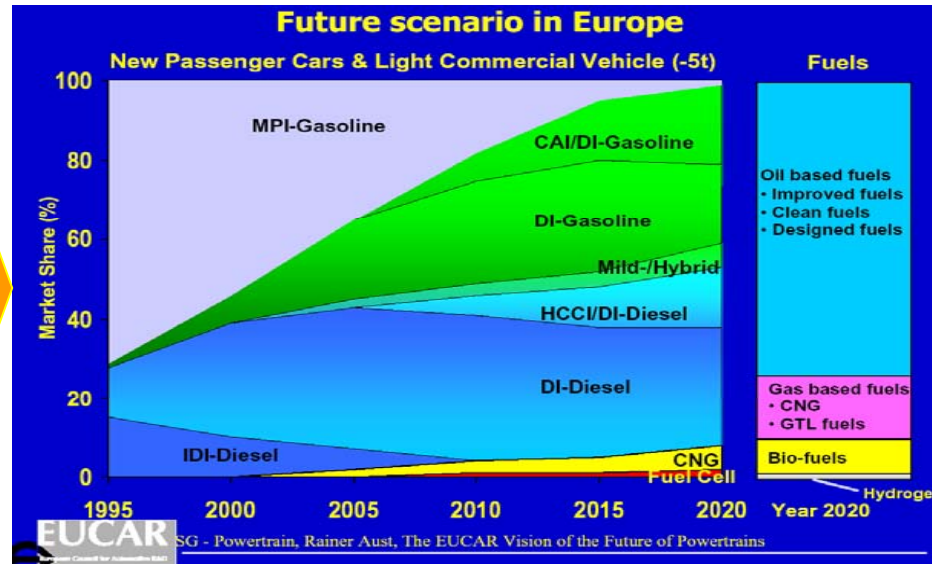
Real Engine



- **COMBUSTION OPTIMIZATION**
- **NEW COMBUSTION SYSTEMS**
- **ENGINE DEVELOPMENT**
- **ENGINE CONTROL**
- **COMBUSTIBILI**

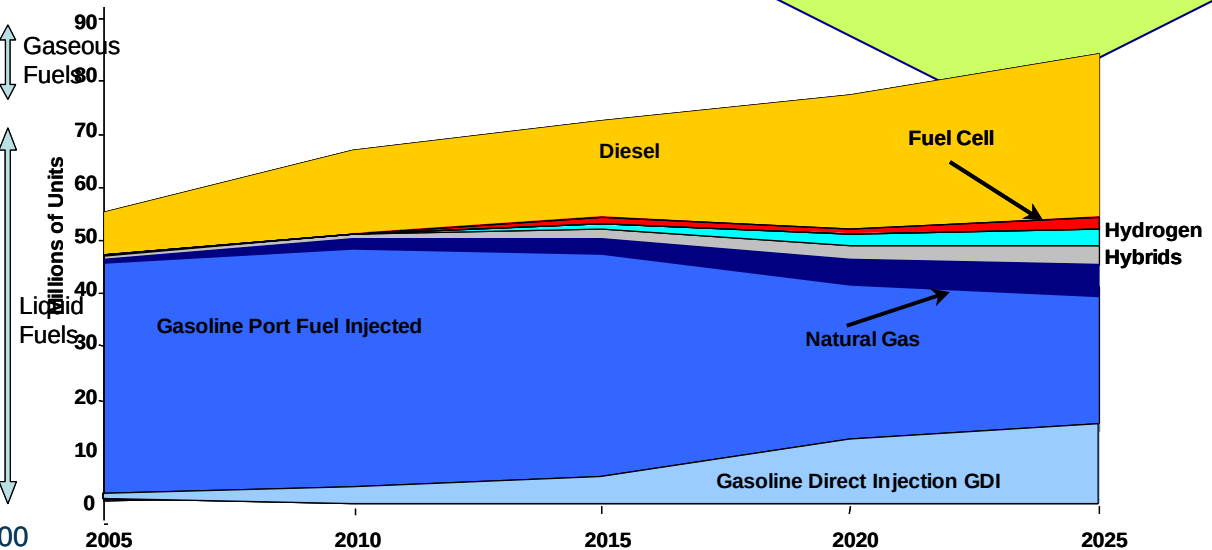
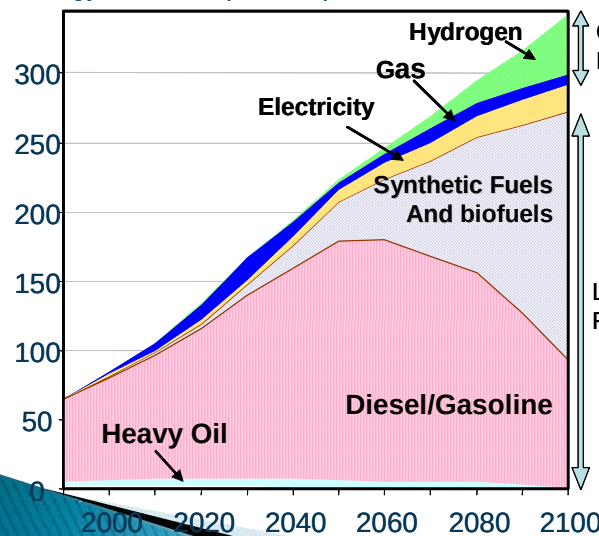
Previsioni di scenario per propulsori e propellenti

Previsione europea
(Eucar)



Previsione
worldwide
(J.D.Power and
Associates, World
Energy Council)

Energy Demand ($\times 10^{18}$ J)



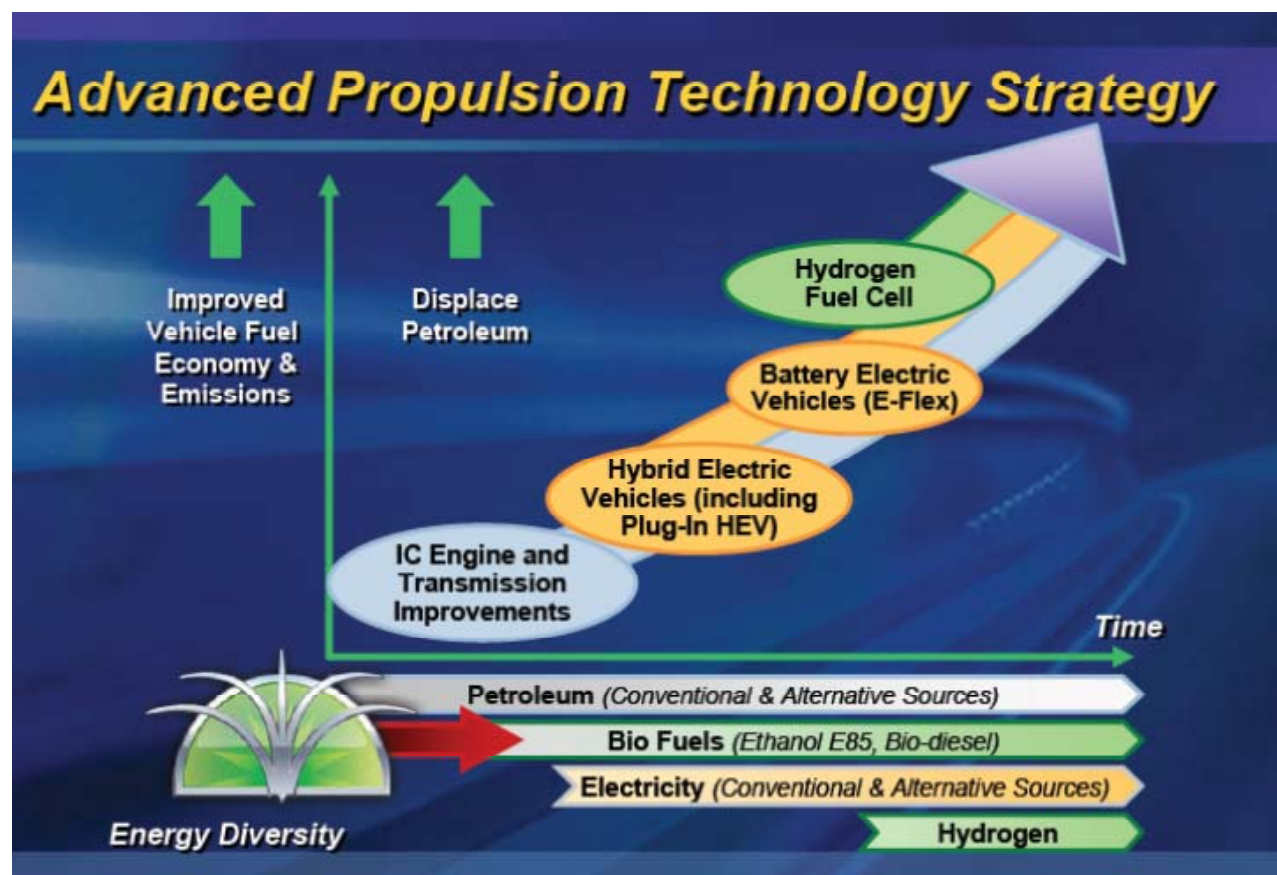
Roma, 29 novembre 2011

Gli sviluppi sostenibili del settore del trasporto auto

Previsione di evoluzione delle tecnologie di trasporto



DIVERSIFICAZIONE } **Motori
Combustibili**



Fonte: General Motors

Iniziative nel breve termine per motori e combustibili

Riduzione delle perdite energetiche:

- miglioramento dell'aereodinamica,
- riduzione di pesi ed attriti,
- Incremento dell'efficienza della combustione.



Combustibili:

- predominanza dei combustibili fossili
- Gas Naturale ↑↑
- Derivati da combustibili gassosi (GTL), biocombustibili ↑
- diffusione limitata dell'idrogeno.

Il Gas Naturale è il candidato più probabile per gestire la transizione verso le applicazioni dell'idrogeno

Gas	Fuels Ex GN NaturalGas	Fuels ex biomass
CNG Compressed Natural Gas	GTL Gas To Liquid	EMHV Ester metilico Olio Vegetale
LPG Liquified Petroleum Gas Propano	DME Dimethylether CH ₃ OCH ₃	EtOH Alcol Etilico Etanolo
LNG Liquified Natural Gas	Me MEOH Methyl Alcohol Metanolo	ETBE Ethyl Tertiary Butyl Ether
	GTL Gas To Liquid	BTL Biomass To Liquid
	H₂	Biogas

Alpha olefins

Urea

Power
Generation

LPG
Substitute

Diesel
Fuel

Polyethylene
Ethylene Glycol
Alpha-olefins

Acrylonitrile

Iniziative nel breve termine: il biometano

Utilizzo di biogas per la propulsione: Biometano



- Pressure Swing Adsorption
- Scrubber technologies
- Chemical absorption
- Membrane separation

Vantaggi/Svantaggi rispetto a propulsione standard:

- COSTO PIU' BASSO DEL COMBUSTIBILE;
- COSTO PIU' ALTO DEL VEICOLO;
- APPROVIGIONAMENTO E STOCCAGGIO DEL COMBUSTIBILE;
- PER QUALUNQUE TIPO DI MOTORIZZAZIONE;
- MOTORE DEDICATO MONO O BI-FUEL (SI);
- MOTORE DUAL FUEL (CI);
- A LIVELLO TECNICO COME CNG.

Iniziative nel breve termine: il biometano

Confronto con benzina

- Riduce CO 90%-97%
- Riduce CO₂ 25%
- Riduce NO_x 35%-60%
- Riduce non-methane HC 50%-75%
- Più basse emissioni tossiche cancerogene
- Poco o niente particolato



Effetto sulle emissioni

Confronto con Diesel

- Valori ridotti di particolato
- Riduce significativamente CO
 - Riduce NO_x
 - Riduce CO₂ 25%
- Riduce significativamente emissioni tossiche cancerogene
- Più alti valori di emissioni di CH₄

Iniziative nel breve termine: il biometano

Emissioni:

Biometano a confronto con Gasolio e Benzina



Table 1.5 Average emission factors for the Swedish passenger car fleet in 2007 (*Vägverket, 2009*).

	CO g/km	CO ₂ emission kg/km	CO ₂ wtw ^b kg/km	HC g/km	NO _x g/km	PM g/km	SO ₂ g/km
Rural driving							
Gasoline	1.7	0.17	0.2	0.31	0.32	0.0012 ^a	0.0011
Diesel	0.17	0.15	0.18	0.03	0.52	0.030 ^a	0.0002
E85	0.55	0.04 ^d	0.06	0.13	0.11	0.0012 ^a	0.00022
CNG	0.56	0.07	0.1	0.04	0.024	0.0012	0.00031
Biogas	-- ^c	0 ^d	0.04 ^c	-- ^c	-- ^c	-- ^c	-- ^c
Urban driving							
Gasoline	4.4	0.23	0.27	0.85	0.45	0.0047*	0.0014
Diesel	0.48	0.2	0.24	0.06	0.64	0.03	0.00026
E85	2.2	0.05	0.07	0.45	0.19	0.0047*	0.00026
CNG	0.99	0.09	0.13	0.1	0.04	0.0047*	0.0004
Biogas	-- ^c	0 ^d	0.05 ^c	-- ^c	-- ^c	-- ^c	-- ^c

^a Emissions factors according to the FMV-model,

^b wtw = well to wheel, i.e. LCI emission factor

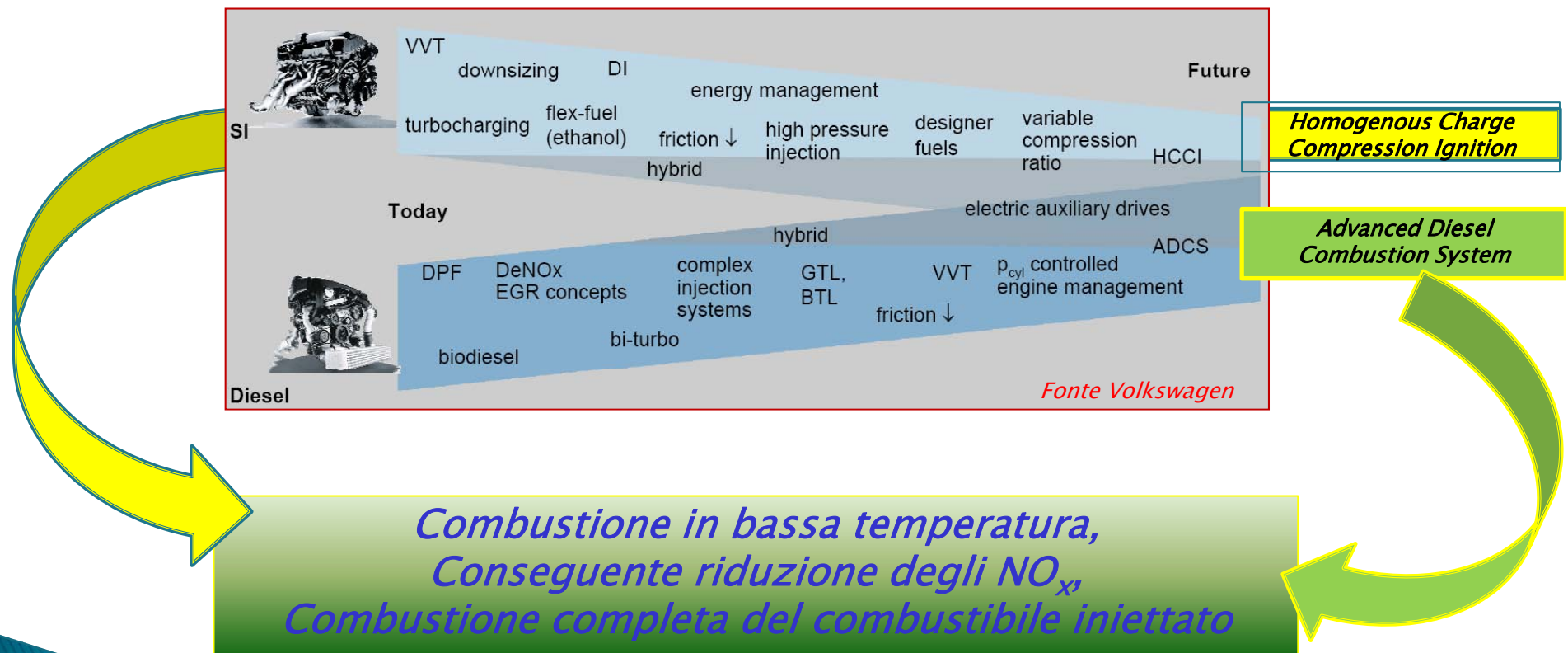
^c no data specifically for biogas; should be very similar to data for CNG. For CO₂ wtw, data for biogas are derived from Directive 2009/28/EC

^d Biomass fuel components are assigned zero CO₂ emissions. For E85, the contribution originates from the fossil part only

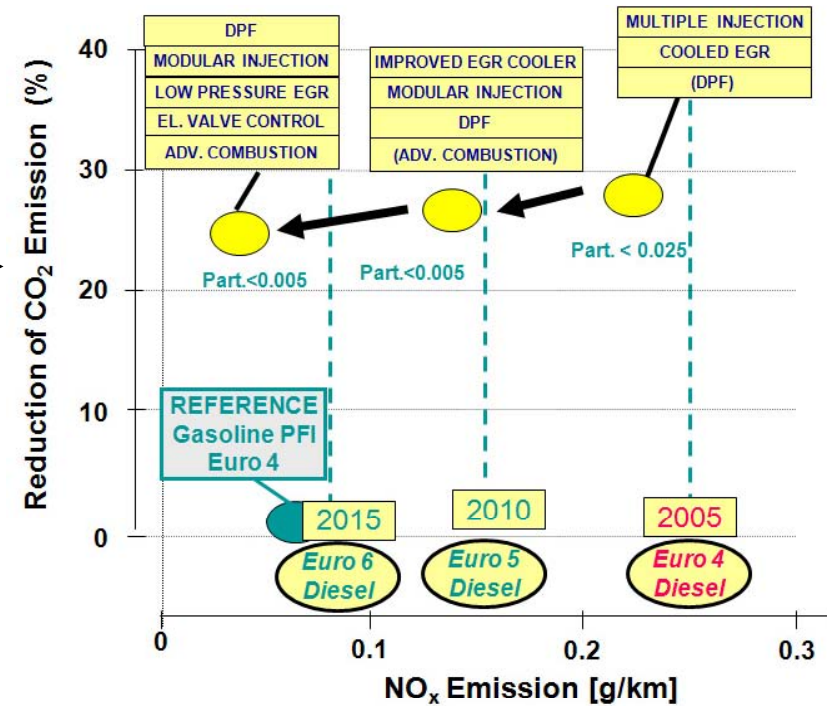
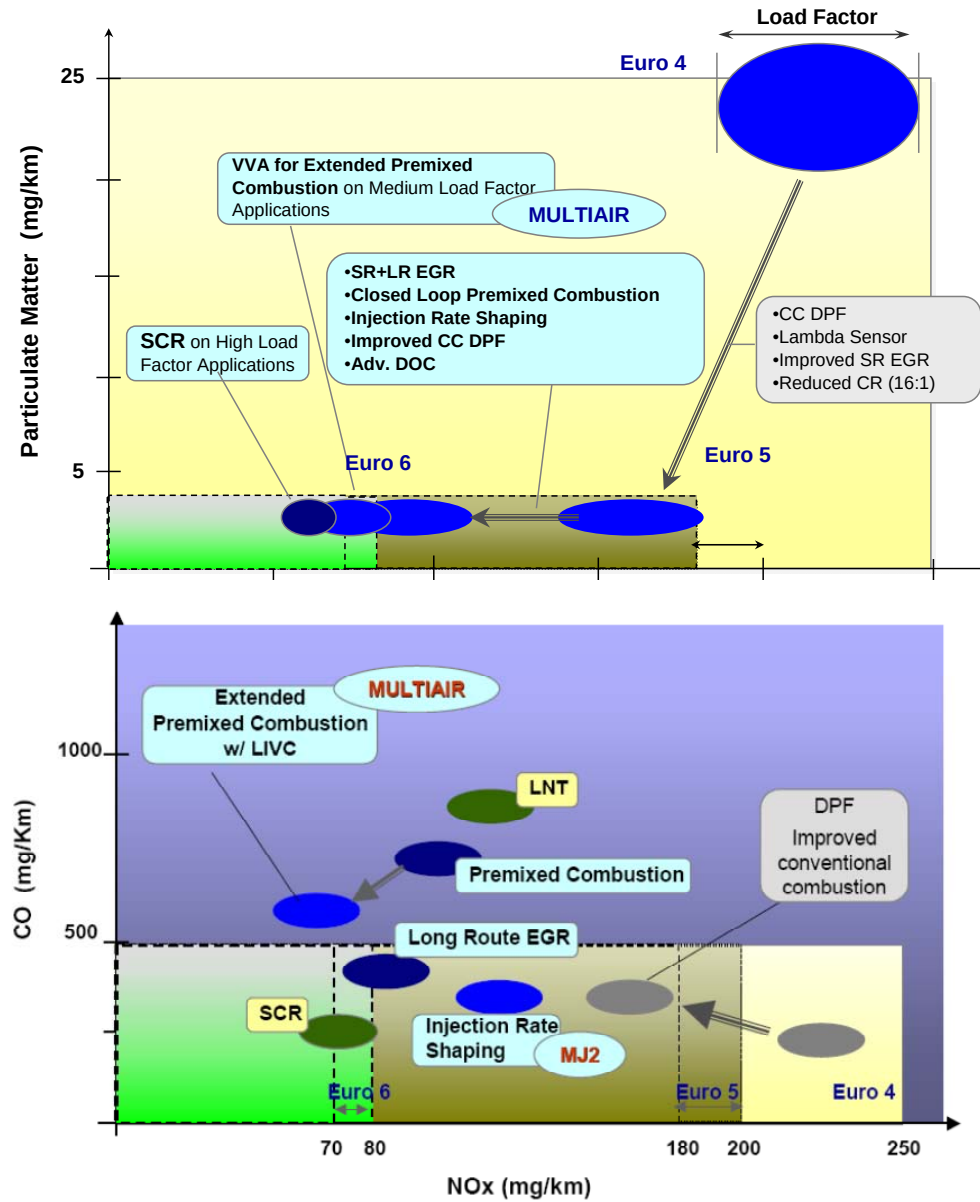
Iniziative nel breve termine: i motori

Motori:

- Sistemi avanzati di iniezione, turbocompressori innovativi;
- Tecniche di downsizing
con turbo charging and Variable Valve Actuation;
- Controllo del ciclo di pressione, tecniche di EGR;
- Sistemi di combustione in bassa temperatura.

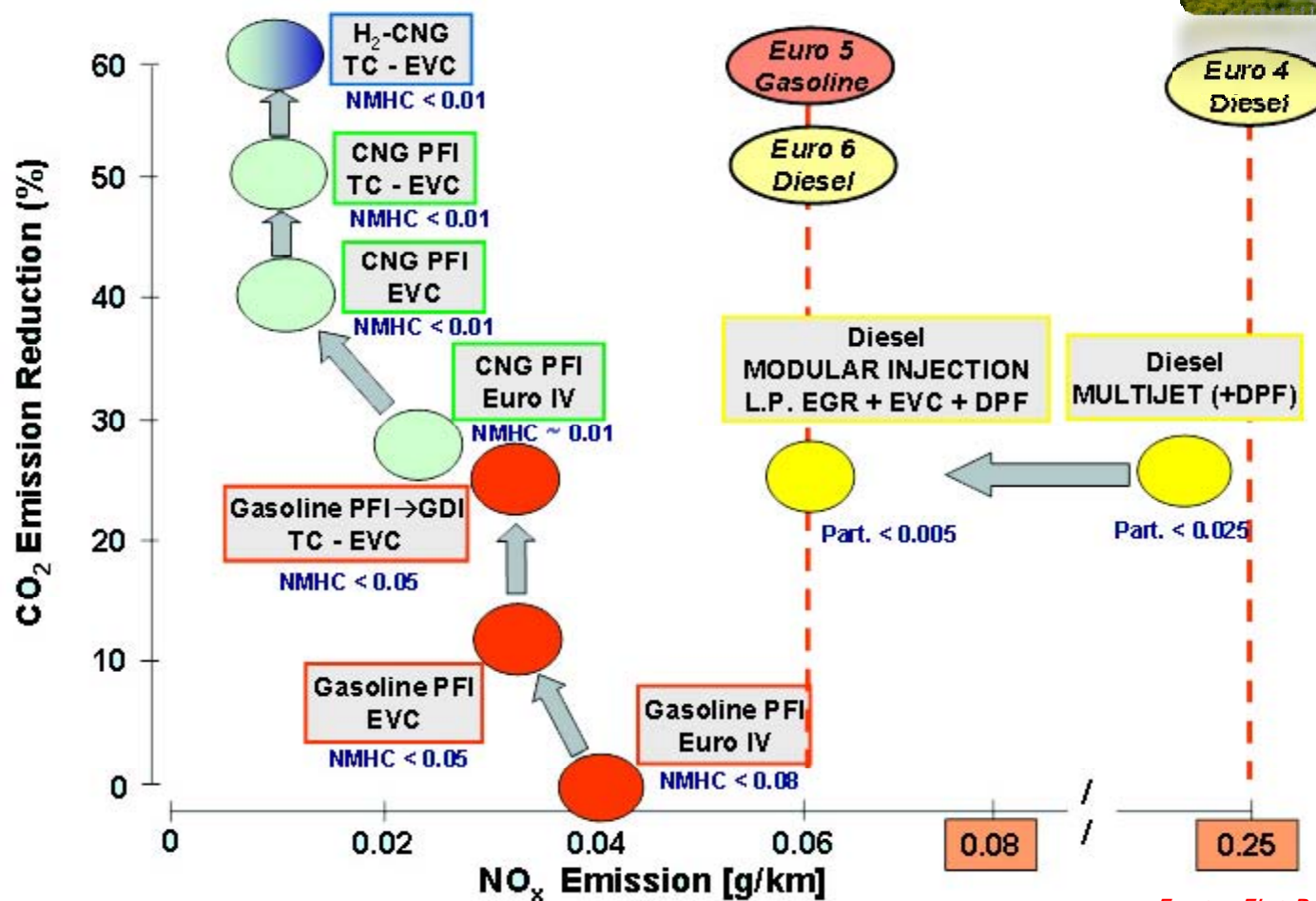


Road Map dell'evoluzione tecnologica dei motori diesel



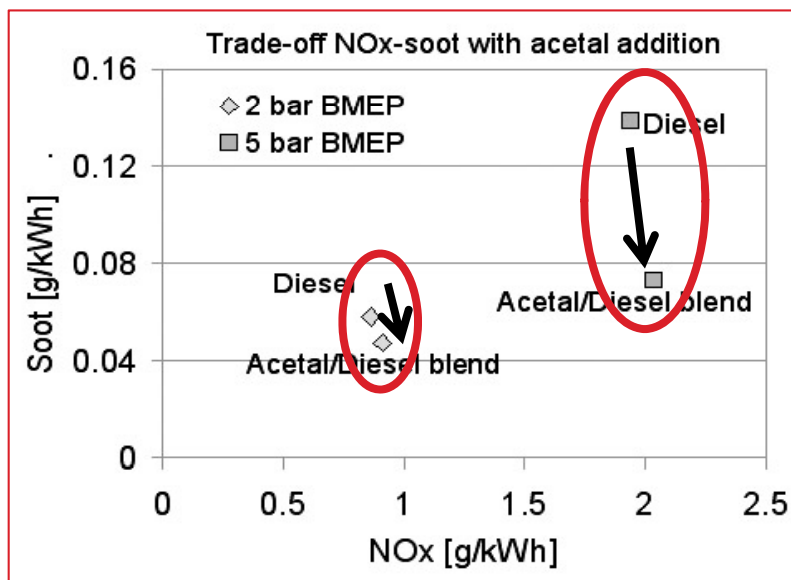
Fonte: Fiat Powertrain

Road Map dell'evoluzione tecnologica dei motori benzina



Fonte: Fiat Powertrain

Iniziative nel breve termine: Uso di Combustibili Alternativi



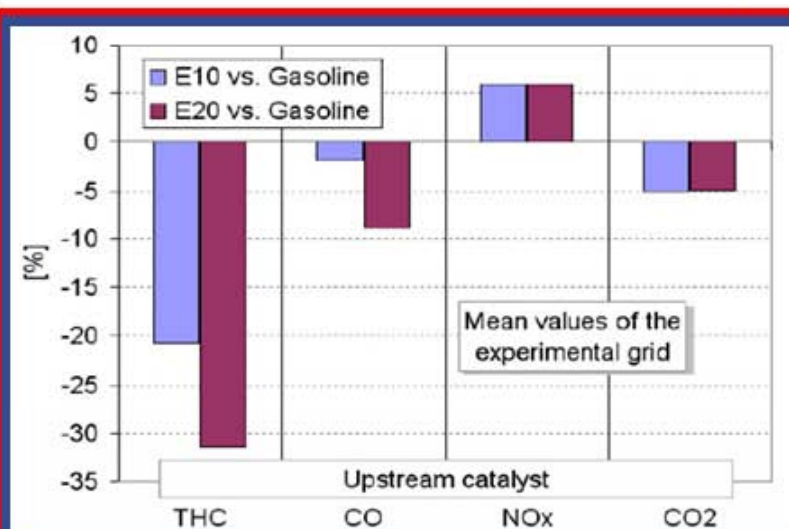
Additivo ossigenato,
ricavato dal bio-etanolo
al 20% con combustibile diesel

Motori Diesel

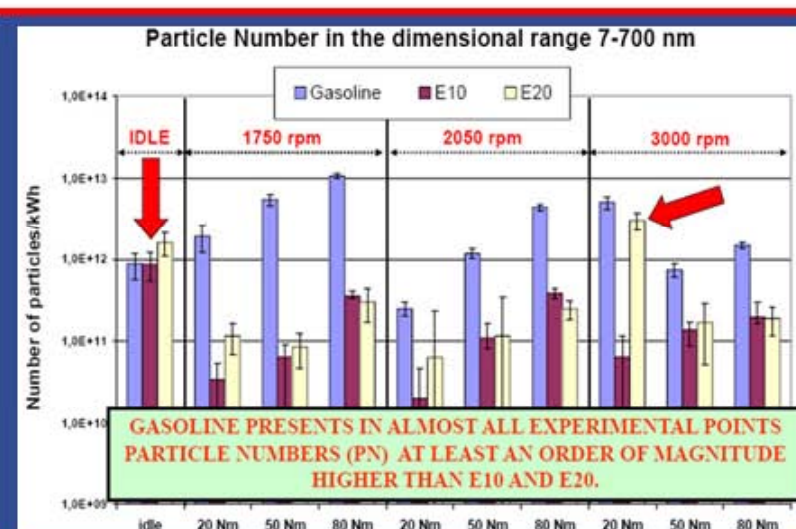


Motori Benzina

Miscele di Benzina
ed Etanolo al 10%, 20%

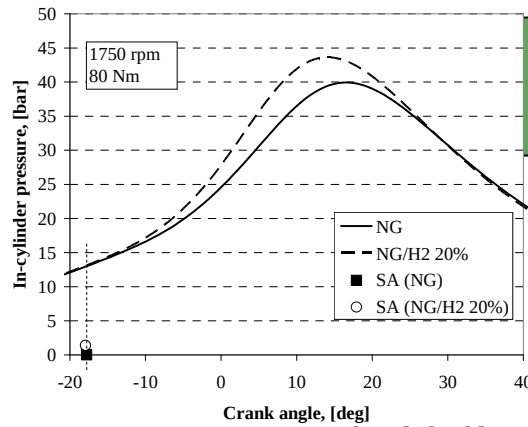


Gasoline-E10-E20 comparison
emission upstream catalyst



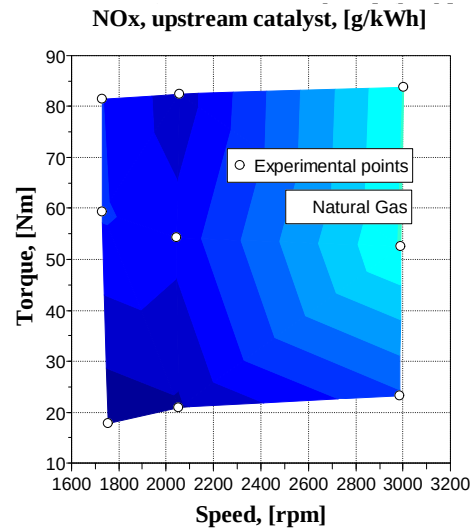
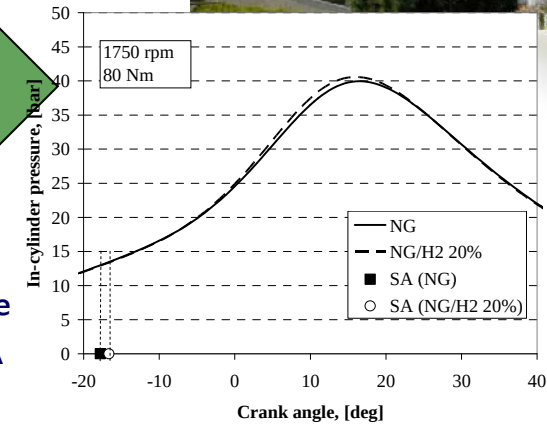
Gasoline-E10-E20 comparison
Particle number

Nel breve termine: Uso di Combustibili Alternativi

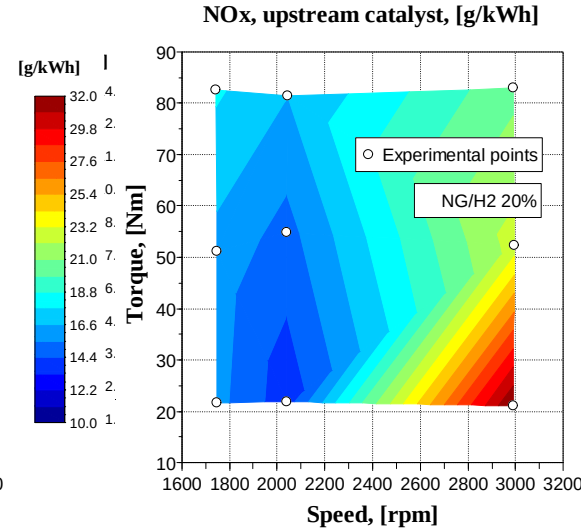


Miscela ng/h2:
Anticipo ritardato a compensazione
della maggiore velocità di reazione di h2

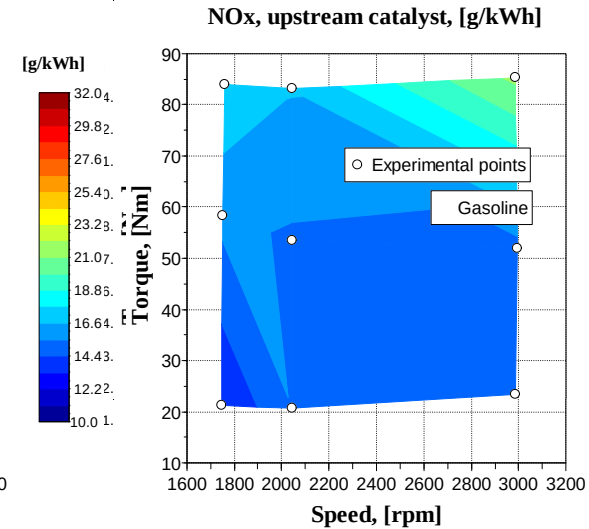
-THC ↓
-CO ↓
-NOx ↑ più rapido processo di accensione
implica più alti NOx a parità di SA



NG

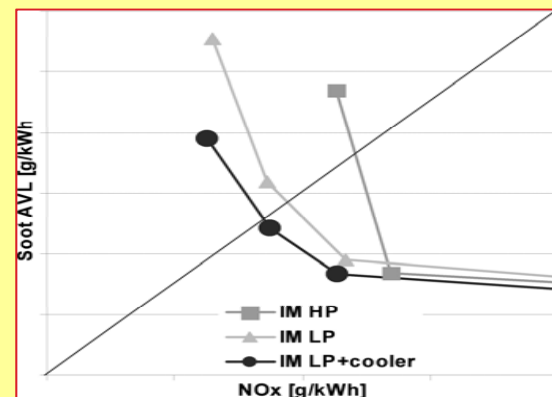
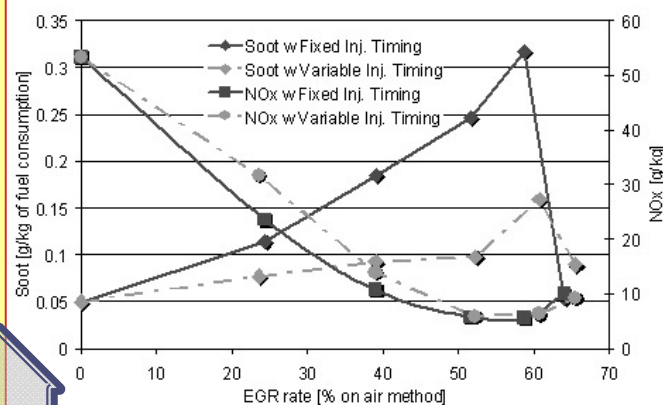


NG/H2 20%



Benzina

Nel breve termine: la tecnologia del motore



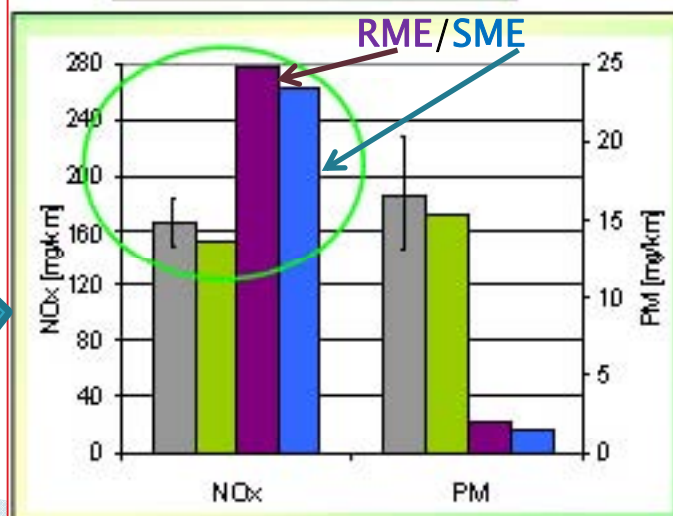
Tecnologia EGR: effetto sul soot

Combustione convenzionale (linee continue)

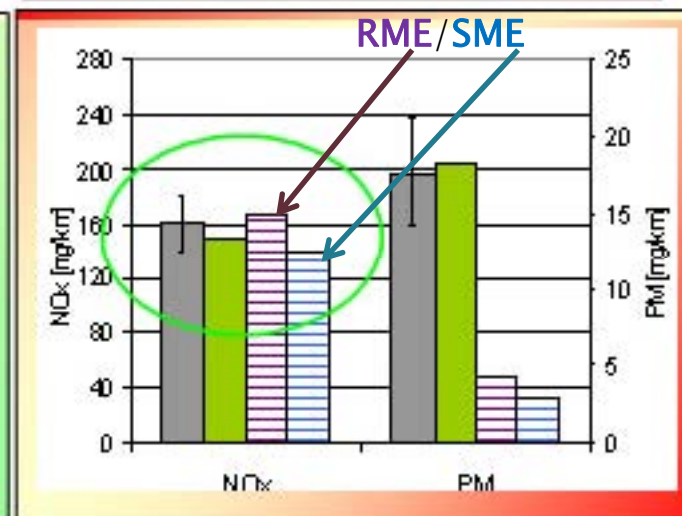
↑ ↑ EGR + injection timing → combustione PCCI → ↓ Nox con simili valori di soot

Effetto sul soot del controllo a ciclo chiuso dell'anticipo

Open loop control



Closed loop control



Previsione di lungo termine: Idrogeno



- ✓ L'Idrogeno come combustibile del futuro.
 - L'utilizzo dell'idrogeno sarà propizio ai fini dell'immissione di CO2 in atmosfera purchè prodotto da fonte rinnovabile.
- ✓ Il passaggio dai combustibili fossili all'idrogeno : perchè?
 - La riduzione delle riserve di combustibili fossili,
 - L'aumento dei costi dei prodotti petroliferi,
 - Considerazioni di difesa ambientale.
- ✓ Il passaggio dai combustibili fossili all'idrogeno : perchè mai?
 - Non esiste rete di distribuzione,
 - Difficoltà di approvvigionamento per l'utente finale,
 - Ingenti investimenti, non motivati in fase iniziale da adeguata utenza.

**Necessità di strategie politiche e sociali
che forzino a sostegno del necessario
sviluppo tecnologico**

Previsione di lungo termine: Idrogeno

Combustione di H_2 per applicazioni motoristiche

Laboratorio DHARMA*

Camera ad alta pressione
per lo studio di H_2 (puro o in miscele)
in condizioni tipiche dei motori a c.i.

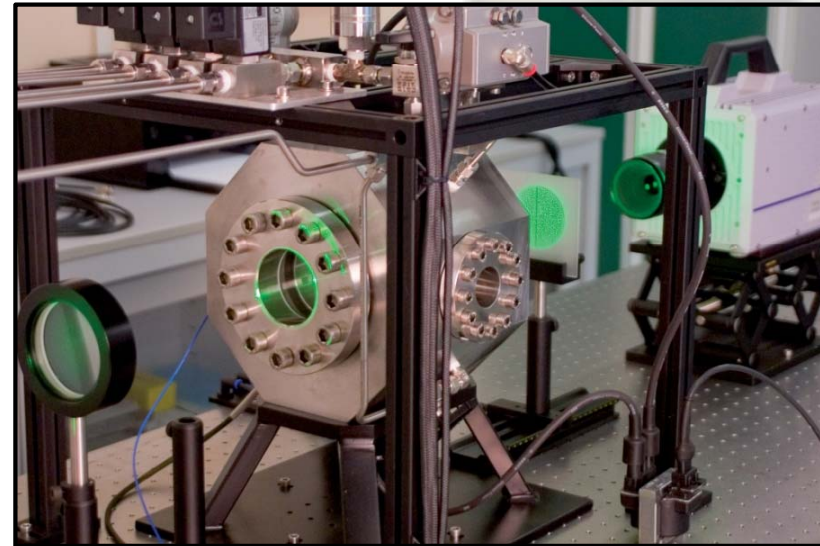


Caratteristiche di combustione
di H_2



Sviluppo di propulsori dedicati

- Riduzione emissioni
- Aumento efficienza



* Device for Hydrogen-Air Reaction Mode Analysis

Risultati illustrati

Propagazione di fiamma di H_2

- Pressione 3 e 6 bar
- $\lambda = 1$ (motori con catalizzatore)

Previsione di lungo termine: Idrogeno

Combustione di H_2 per applicazioni motoristiche



Esempio #1

Condizioni di

$$P = 3 \text{ bar}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$\lambda = 1.0$$

Ripresa:

$$v = 7000 \text{ fr}$$

$$t_{\text{exp}} = 10^{-6} \text{ s}$$



Previsione di lungo termine: Idrogeno

Combustione di H_2 per applicazioni motoristiche



Esempio #2

Condizioni di

$$P = 6 \text{ bar}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$\lambda = 1.0$$

Ripresa:

$$v = 7000 \text{ fr}$$

$$t_{\text{exp}} = 10^{-6} \text{ s}$$

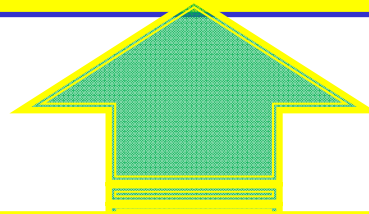


Previsione di medio termine: Ibrido → Auto elettrica



- ✓ Il veicolo ibrido:
 - Ibrido termico,
 - Ibrido a fuel cell,
 - Range Extender Auto Elettrica
- ✓ Configurazioni diverse in funzione di:
 - Autonomia di percorrenza,
 - Localizzazione dell'utilizzo,
 - Tipologia d'utenza.

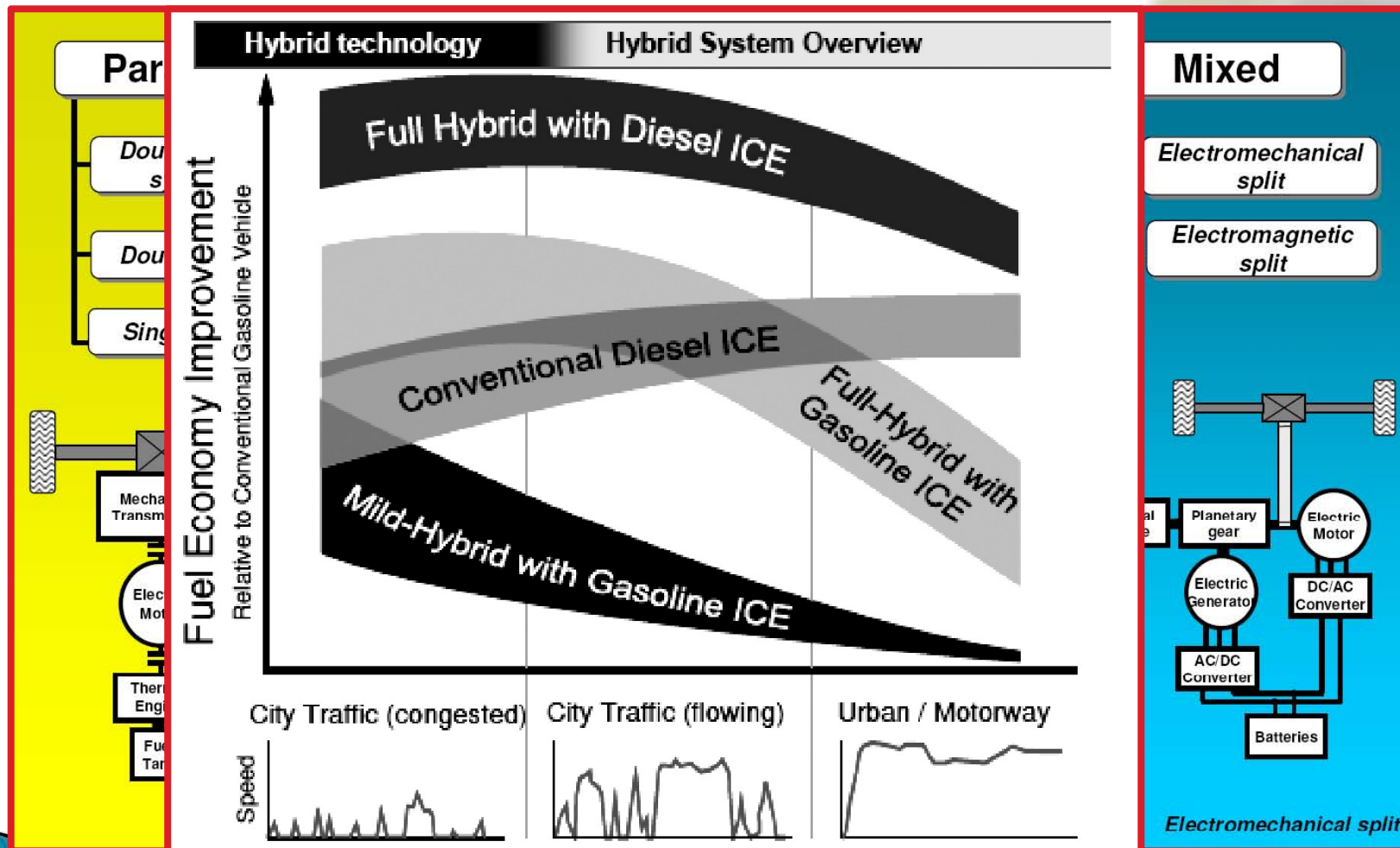
Il veicolo ibrido può gestire i tempi della transizione a tecnologie alternative di trasporto per raggiungere bassi valori di consumi e tipologie di veicolo EZEV (Equivalent Zero Emission Vehicle).



Necessità di strategie politiche e sociali per sostenere il costo della transizione e per convogliare gli investimenti industriali finalizzati all' "electrificazione del motore".

Previsione di medio termine: Ibrido → Auto elettrica

Configurazione in funzione della specifica applicazione:
non esiste una scelta jolly



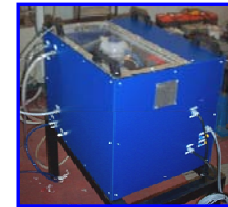
(Source: Ricardo and Daimler)

Previsione di medio termine: Ibrido → Auto elettrica

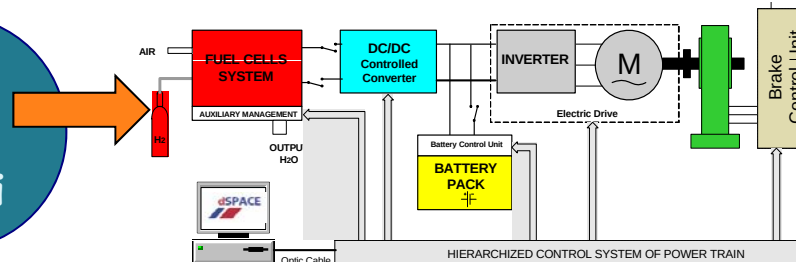
Ibrido a Fuel Cell ad idrogeno (PEM)
Alta Densità di Potenza - Alta efficienza



Progetto e realizz. Di sistemi di fuel cells basati su stacks di fuel cell ad idrogeno



Attività sperimentale su fuel cell power trains per ottimizzare efficienza e prestazioni



Test benches per sistemi a fuel cells ad H2 fino a 30kW e sist di propulsione fino a 120kW

Realizzazione di prototipi in cooperation con produttori di veicoli elettrici, di fuel cells, di componenti elettronici e di hydrogen suppliers



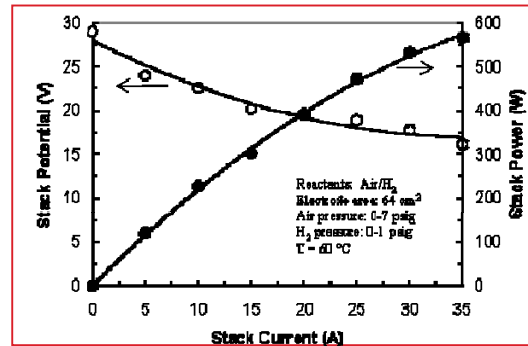
Previsione di medio termine: Ibrido → Auto elettrica

Sistema Fuel-Cell e Batterie per l' H₂ Scooter

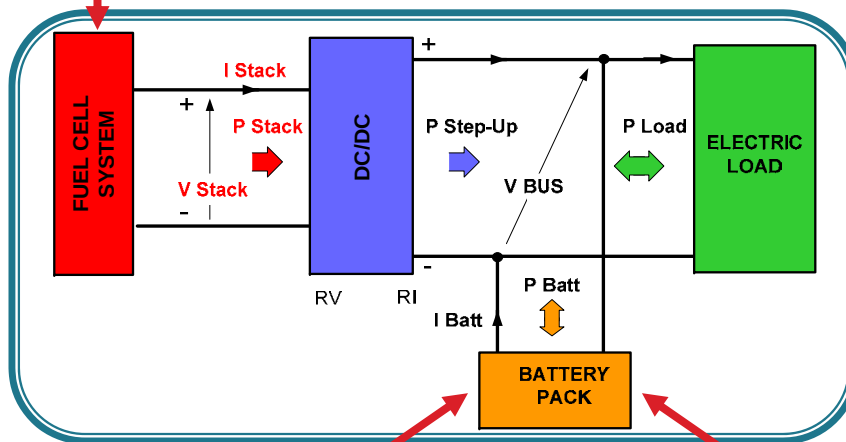


Sistema Fuel Cell PEM

Potenza Stack = 600 W
Tensione = 17 - 27 V DC
Pressione Aria ≤ 0.5 bar (rel)
Numero Celle = 22
Temp. di Lavoro = 0 - 63 °C
Raffreddamento ad aria forzata
Compressore a canali laterali



Caratteristiche della tensione e potenza di stack riferite alla corrente



Propulsore a Fuel Cell	
con Batterie al Pb (236 kg)	con Batterie al Li (208 kg)
[km]	[km]
106	115

Confronto Autonomie Scooter a fuel cell con differenti batterie

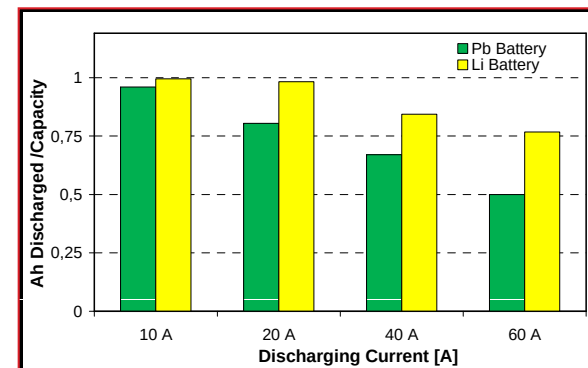
Pacco Batterie al Piombo

Tensione = 4 x 12 V
Tensione di Cella = 2.0 V
Capacità (C₁₀) = 20 Ah
Energia Specifica = 25 Wh/kg
Densità Energia = 67 Wh/l
Temp. di lavoro = -20 +50°C
Cicli di Vita= 500 cicli
Peso= 38 kg



Pacco Batterie Ioni di Litio

Tensione = 46.8 V
Tensione di Cella = 3.6 V
Capacità (C₁₀) = 20 Ah
Energia Specifica = 105 Wh/kg
Densità Energia = 130Wh/l
Temp. di Lavoro = -30 +50°C
Cicli di Vita = 1500 Cicli
Peso = 8.9kg



Confronto delle Capacità reali delle batterie al Pb e Li in rapporto alla capacità nominale per diversi valori di corrente di scarica

Previsione di medio termine: Ibrido → Auto elettrica

Sistemi innovativi di automotive powertrain

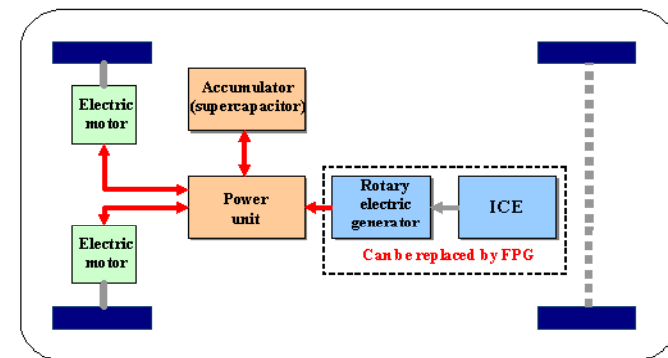
10 Kwe Ra-Ex (Range Extender)

Applicazioni

City car ibride serie e vetture Plug-in elettriche

Risultati conseguibili

- Riduzione significativa delle dimensioni e dei relativi costi del pacco batterie
- Conferimento al veicolo di una autonomia dipendente solo dalla capacità del serbatoio (@ 90 km/h constant speed)
- Elevata efficienza complessiva (motore monocilindrico ottimizzato, con $\eta_{el} > 25\%$ netto disponibile per lo storage)
- Elevata compattezza e agevole inseribilità all'interno di un moderno veicolo
- Immediata fattibilità industriale e ridotti costi di produzione.



Conclusioni



- ✓ Il trasporto su strada è stato dominato dal motore a combustione interna. Tale tecnologia, pur matura, per qualche decennio rimarrà predominante utilizzando:

*Tecniche ottimizzate di combustione, Componentistica avanzata,
Combustibili sia alternativi che convenzionali Sistemi di after-treatment*

- ✓ **Diversificazione delle soluzioni in termini di motore e di combustibile ed in funzione dell'applicazione:**
 - o *Auto per uso privato*
 - o *Flotte di veicoli in ambito municipale,*
 - o *Flotte di veicoli per car sharing,*
 - o *Veicoli per accesso a città d'arte.*
- ✓ L'attuale sistema di trasporto è il risultato di un'evoluzione spontanea sull'arco di un secolo.
- ✓ **L'entità e la rapidità del cambiamento richiesto impone pianificazione e strategie politiche ad indirizzamento degli investimenti industriali.**

Ricerca ---- Soggetti Politici ---- Industria
Esperimenti su scala reale per
Sviluppo di prototipi sperimentali per applicazioni di nicchia