



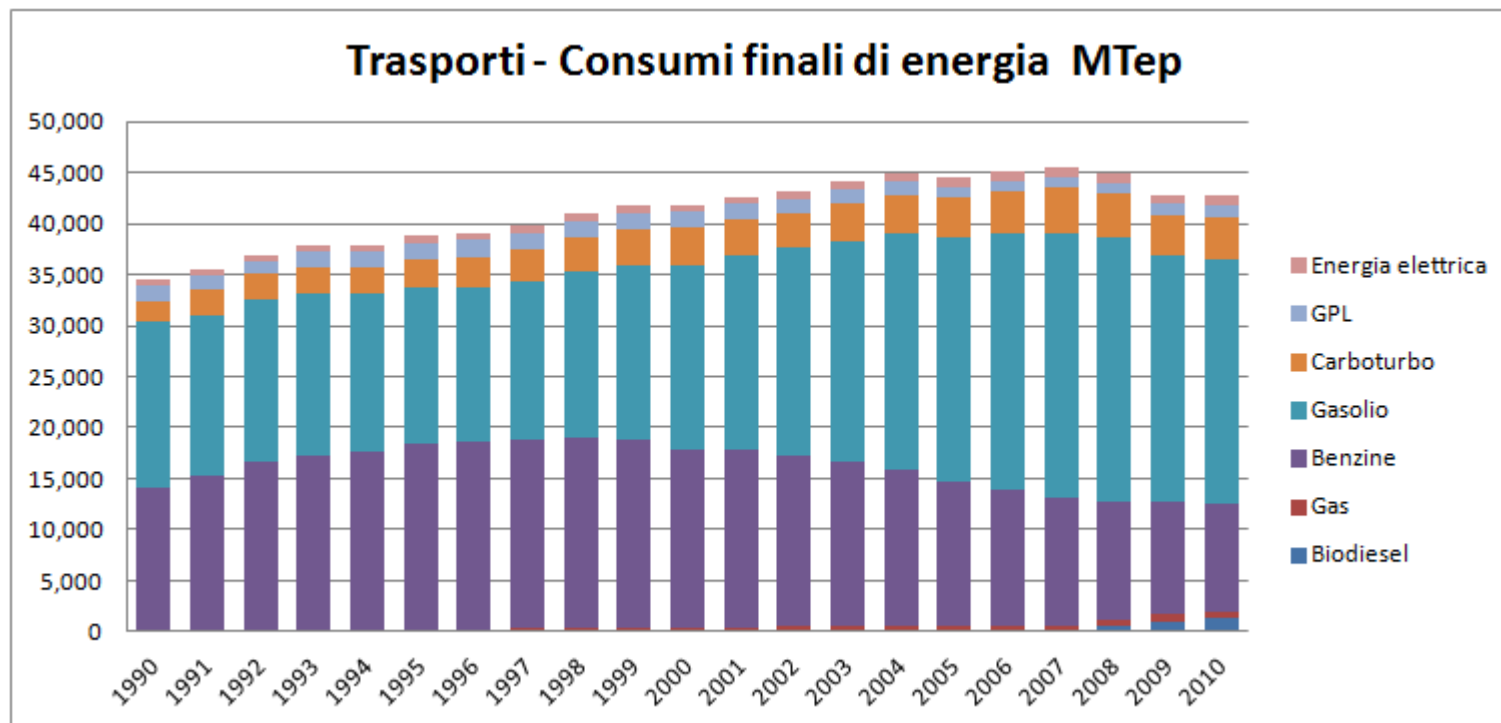
MHYBUS: verso un trasporto pubblico “CO2 free”

Antonino Genovese



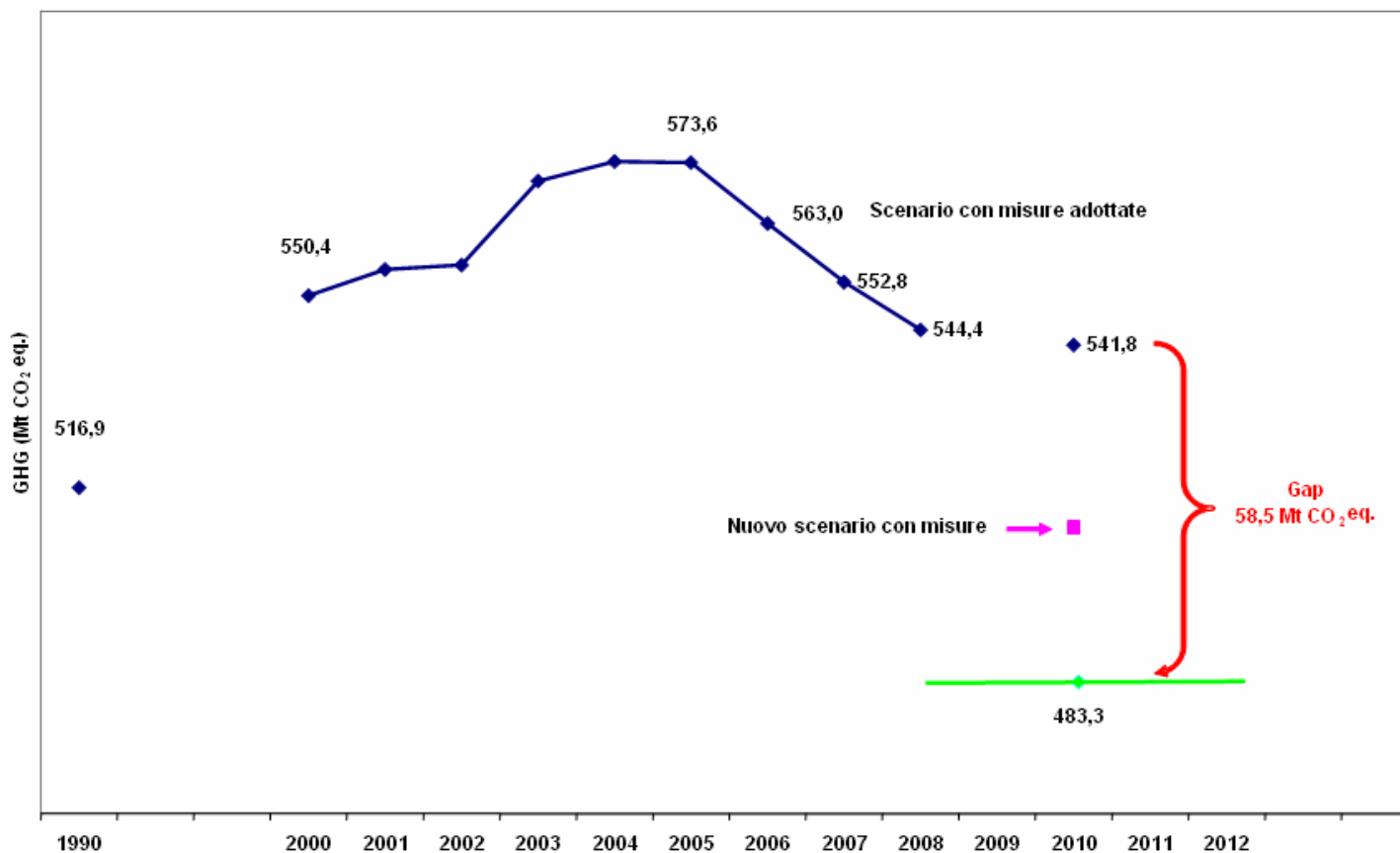
In Italia il consumo energetico per il Sistema Trasporto è progressivamente cresciuto di quasi il 30% dal 1990 al 2006.

(elab ENEA su dati MSE)

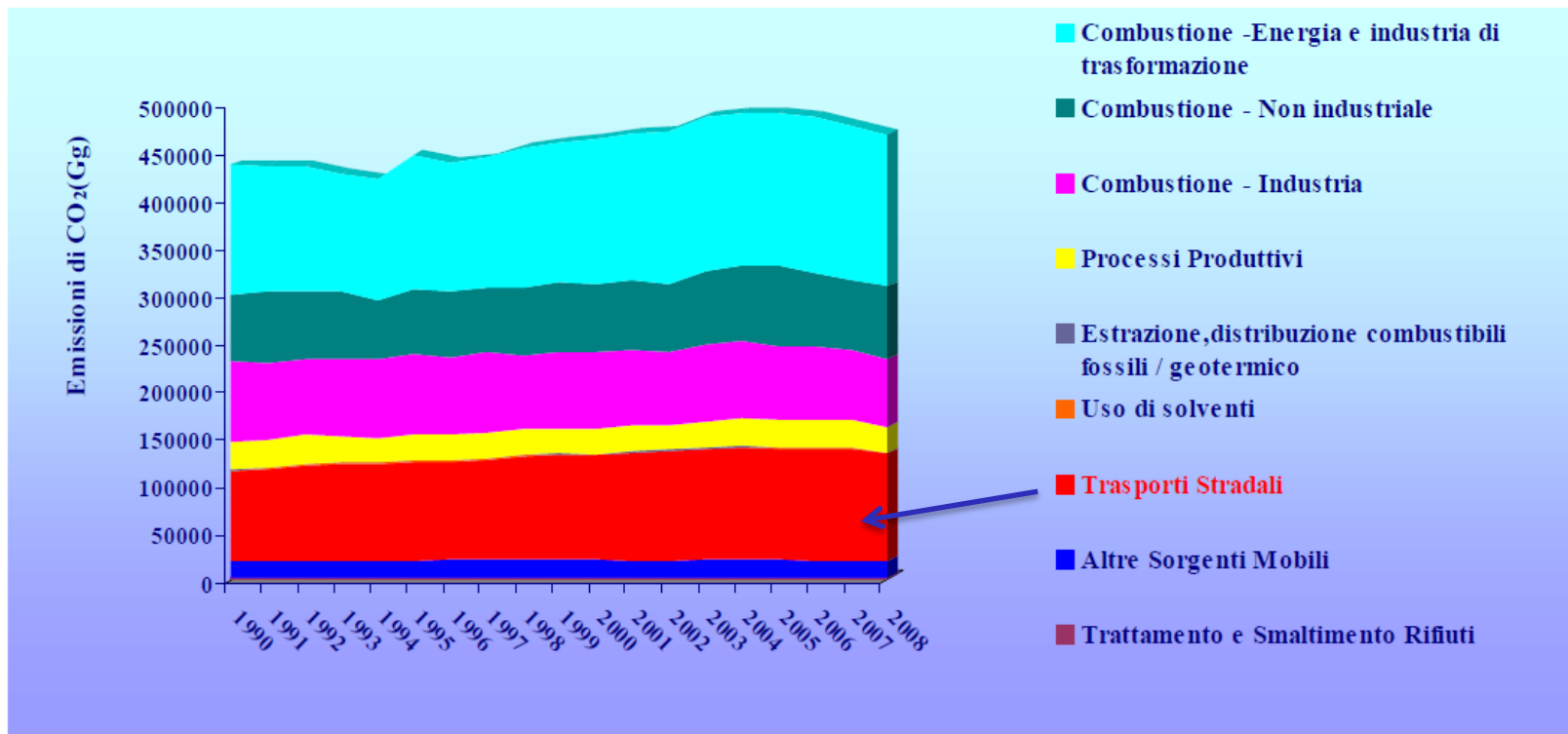


Il 95% dei consumi finali nei trasporti dipende dal trasporto stradale che ne determina l'andamento complessivo

Le emissioni italiane di gas serra, contrariamente all'obiettivo di **-6,5%** fissato al **2012**, rispetto al 1990, segnano al 2007 un **+7,3%**, in base al rapporto ufficialmente consegnato dall'ISPRA all'UNFCCC.

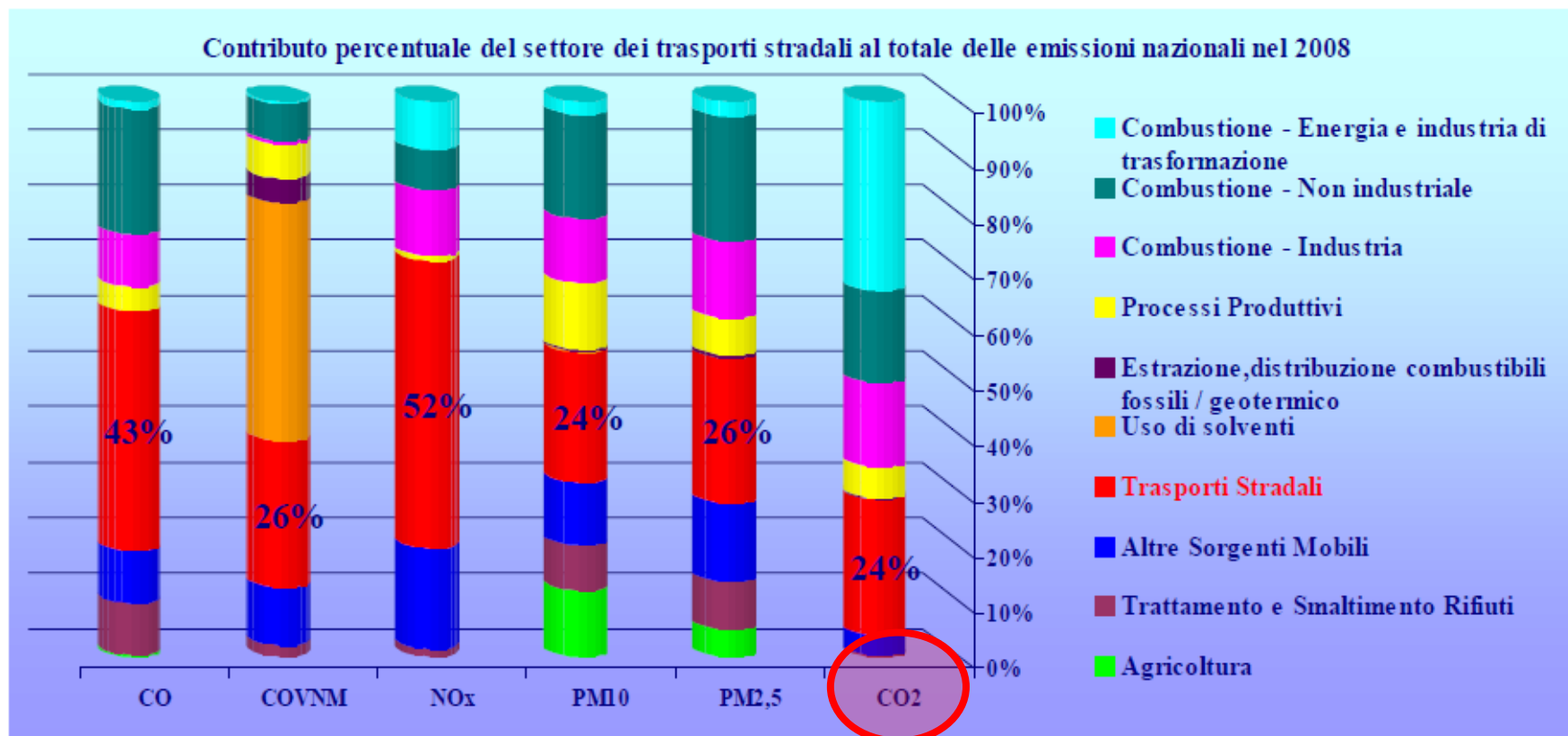


Serie storica delle **emissioni di CO₂** (Gg) per macrosettore di attività dal 1990 al 2008 (ISPRA Trasporto su strada inventario nazionale delle emissioni)



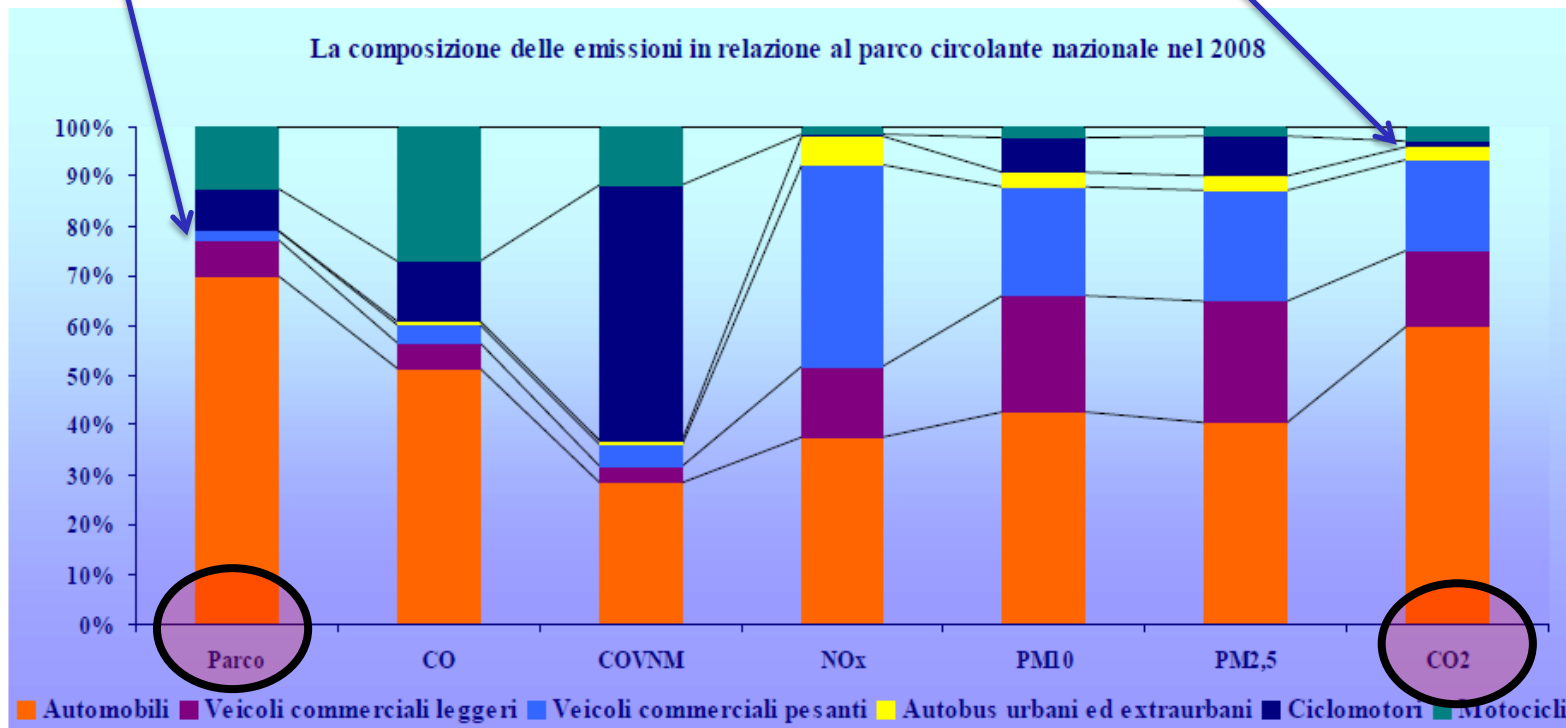
Le emissioni di CO₂ derivanti dal trasporto stradale registrano dal 1990 l'incremento maggiore (+22,0%) confermandosi al 2° posto come sorgente di CO₂.

Contributo percentuale del settore dei trasporti stradali al totale delle emissioni nazionali nel 2008 (ISPRA Trasporto su strada inventario nazionale delle emissioni)



% Bus = 0.2 % sul totale veicoli

% CO₂ Bus = 3 % sul totale emissioni



La composizione delle emissioni in relazione al parco circolante nazionale nel 2008
(ISPRA Trasporto su strada inventario nazionale delle emissioni)



3 Azioni utili per la riduzione delle emissioni di CO2 da trasporto :

- **Spostamento modale da traffico privato a pubblico ossia migliorare l'intensità energetica (energia/pax-km);**

Il traffico privato è penalizzato dalla congestione della rete e dal basso tasso di occupazione (1.3 pax/veicolo).

- **Migliorare le prestazioni in consumo dei mezzi (aumento dell'efficienza del sistema di propulsione);**

Ad esempio utilizzando sistemi di trazione ibrida o migliorando il rendimento dei propulsori termici.

- **Utilizzo di combustibili a basso contenuto di carbonio;**

Ridurre il quantitativo di carbonio ossidabile nella combustione.



Emissioni stechiometriche

Le emissioni stechiometriche di CO₂ dipendono dal contenuto di Carbonio nel combustibile:



$$kg\ CO_2 = kg\ comb * \%C * 44/12$$

	% C in massa	CO ₂		kg/kgcomb
benzina	86	2.38	kg/l	3.216
diesel	86	2.65	kg/l	3.118
gpl	82	1.61	kg/l	3.038
metano	75	2.75	kg/kg	2.750



$$kg\ CO_2 = 0$$

	%C in massa	CO ₂		kg/kgcomb
Idrogeno	0	0	kg/kg	0



Emissioni specifiche

La quantità di CO₂ emessa per produrre una quantità E di energia meccanica da un combustibile avente:

potere calorifico inferiore K_i kJ/kg,

c kg carbonio/kg combustibile frazione ponderale di carbonio ,

rendimento η

vale :

$$M_{CO_2} = c / (\eta * K_i) * (44/12) \quad \text{kg/kJ}$$

M_{CO_2} decresce aumentando il rendimento, aumentando il potere calorifico inferiore e riducendo la frazione ponderale di carbonio



Bus a FC (ibrido serie)

Emissioni CO₂= - 1.1 kg/km

Vehicle	Fuel economy	Consumption kWh/km	Equivalent diesel fuel consumption
Hybrid FC	0.089 kg/km	2.93 kWh/km	0.30 lt _e /km
Diesel	0.4-0.45 lt/km 0.334-0.375 kg/km	3.94-4.42 kWh/km	0.4-0.45 lt _e /km





MHY
BUS



Il futuro è basato sull'utilizzo di H_2 con emissioni nulle di CO_2 se l'idrogeno proviene da fonti rinnovabili.

Riduzione delle emissioni di CO_2 tramite riduzione del contenuto di C nel combustibile.

Il gas naturale è il combustibile fossile con il più alto rapporto H/C .

In attesa che maturino le tecnologie per un uso efficace dell'idrogeno nelle FC una nuova possibilità è offerta dalle **miscele di idrogeno e metano**.

Queste miscele sono state spesso definite come **"il ponte"** grazie al quale sarà fattibile la transizione verso una economia basata sull'idrogeno

L'uso di miscele gassose contenente idrogeno era già pratica comune sul finire del secolo XIX essendo i principi della gassificazione già noti dagli ultimi anni del XVIII secolo .
Le prime applicazioni commerciali di cui si ha notizia risalgono al 1830.

Gas di città (coal gas)	Idrogeno	45 - 50	%
	Metano	20 - 25	%
	CO	15 - 20	%
	CO ₂	1 - 5	%
	Gas inerti	1	%



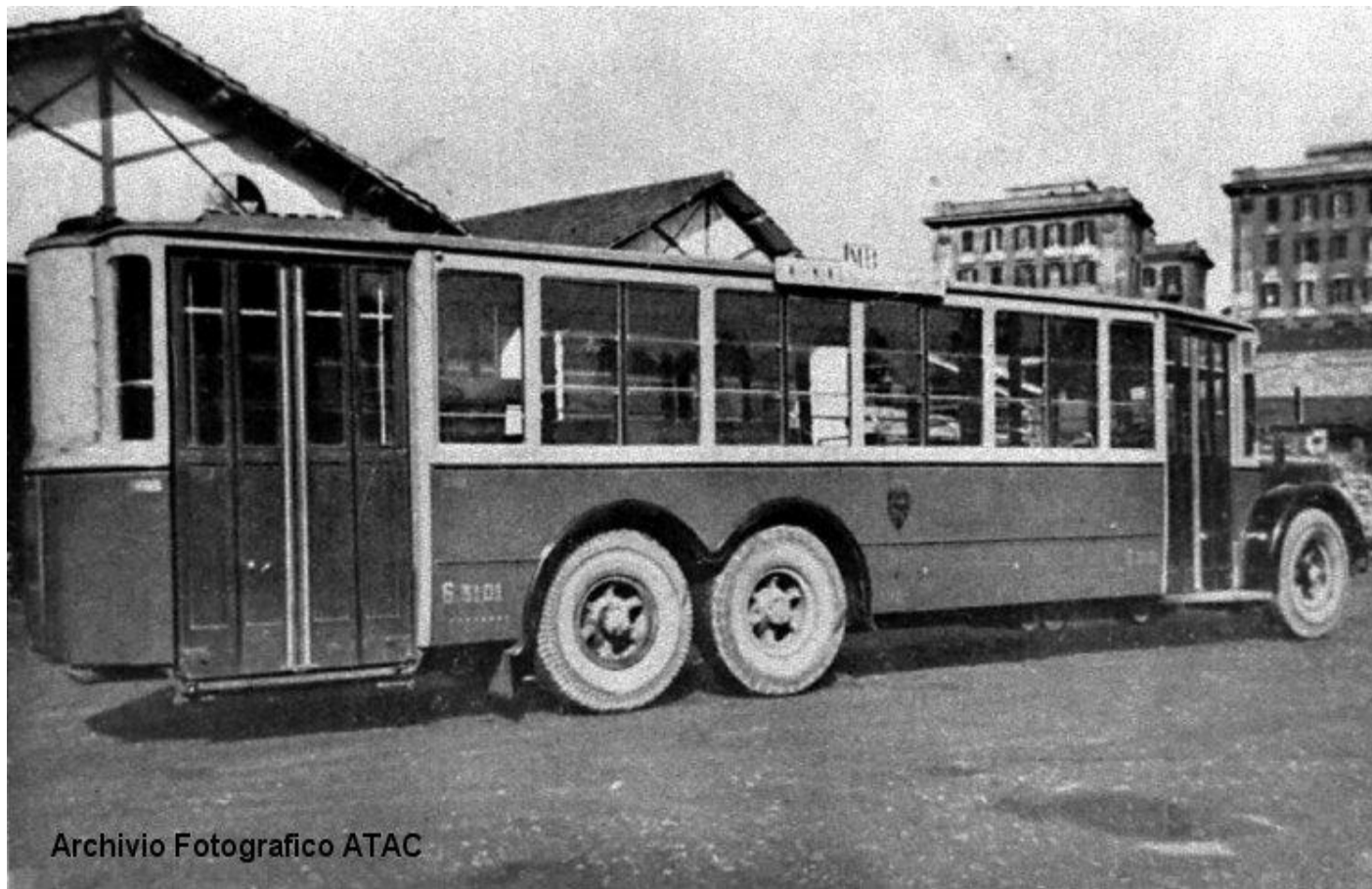
Il gas d'acqua è un gas "povero" che è stato utilizzato in passato per alimentare motori a combustione interna.

Esso è una miscela di CO, CO₂ e H₂ prodotto dalla reazione del vapore acqueo con carbone o legna ad alta temperatura all'interno di dispositivi denominati "gassificatori o gasogeni".

Idrogeno	45 ÷ 55 %
CO	41 ÷ 45 %
CO ₂	5 ÷ 14 %



Veicolo per il trasporto pubblico in Roma alimentato con gas d'acqua (Alfa 80-N convertito a gasogeno 1937)



Archivio Fotografico ATAC

Gasogeno per Lancia Omicron



Rifornimento combustibile



- Frequenti soste per rifornimento (120 kg di legna umida come carica)
- Aumento rapporto compressione
- Residui della combustione (ceneri)
- Pericolo per CO ed H₂

Idrometano : quale formulazione ottimale

Vantaggi dell'idrogeno :

migliore velocità di combustione

migliore efficienza della combustione

riduzione delle emissioni di CO₂

riduzione dei consumi energetici



Svantaggi dell'idrogeno :

aumento della T di combustione

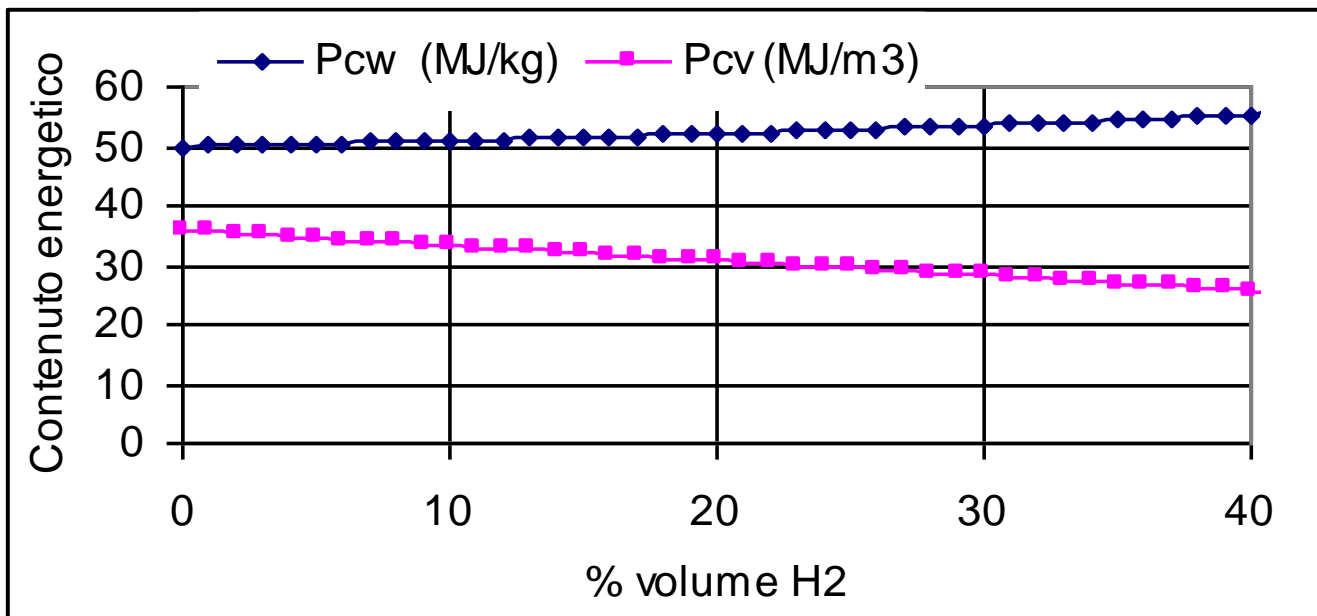
incremento delle emissioni di NO_x

maggiori oneri energetici per produzione H₂

Quale % di H₂ è favorita ?

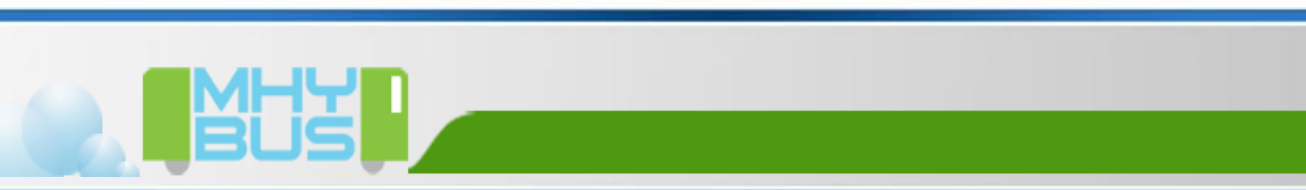
Idrometano : quale formulazione ottimale

All'aumentare dell'idrogeno nella miscela, mentre l'energia per unità di peso cresce, l'energia per unità di volume diminuisce, e quindi si riduce sia potenza massima che autonomia.





- al crescere del quantitativo di idrogeno non si ha un parallelo aumento del rendimento del motore in quanto possono aumentare le perdite per calore;
- le emissioni di NOx crescono sensibilmente al crescere del contenuto di idrogeno ed occorre intervenire pesantemente sull'anticipo o sullo smagrimiento per compensare questo aumento;
- una miscela molto magra può tuttavia ridurre la potenza disponibile e modificare visibilmente le caratteristiche del motore;
- se l'idrogeno viene prodotto da fonti fossili la riduzione di emissione di CO2 risente dell'aumento addizionale di emissione nella fase di produzione di idrogeno, con conseguente riduzione dei benefici offerti dall'utilizzo dell'idrogeno;
- la produzione di idrogeno aggiunge un costo addizionale in termini energetici e questo abbatte le riduzioni dei consumi energetici che saranno tanto più marcate quanto maggiore è il quantitativo di idrogeno utilizzato.
- Il costo per la produzione dell'idrogeno potrebbe superare il vantaggio economico derivato dal risparmio energetico e non essere più competitiva in termini economici la spesa sostenuta.



MHYBUS - I partner del progetto



Regione Emilia-Romagna - D.G. Reti infrastrutturali, logistica e sistemi di mobilità



Consorzio tra RER, Università, Enti di ricerca, Camera di Commercio, Associazioni d'impresa per promuovere azioni per lo sviluppo del sistema produttivo regionale



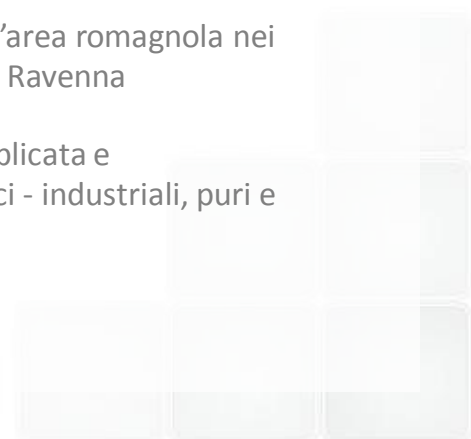
Ente per le nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente - Centro Ricerche Casaccia (Roma)



Società di trasporto pubblico dell'area romagnola nei territori di Cesena, Forli, Rimini e Ravenna



Società di produzione, ricerca applicata e commercializzazione di gas tecnici - industriali, puri e medicinali





SAE J1939 Settings

SAE J1939 Settings

ECU n.: 00 - Engine #1

Home | Diagnostic |

Interface
 CAN-USB
 PCAN RS232
 PCAN-USB

Save Settings
 Connect
 Disconnect

Read
 Read Continuously
 Exit

Parameter Name	Parameter Value	Units
Time:	16:22:26.824	Time
PGN: F004	Electronic Engine Controller 1 (EEC1)	
Engine Torque Mode	0000	bit
Actual Engine - Percent Torque High Resolut...	1.875	%
Driver's Demand Engine - Percent Torque	0	%
Actual Engine - Percent Torque	11	%
Engine Speed	604.625	rpm
Source Address of Controlling Device for Eng...	128	SA
Engine Starter Mode	1110 error	bit
Engine Demand - Percent Torque	NA	%

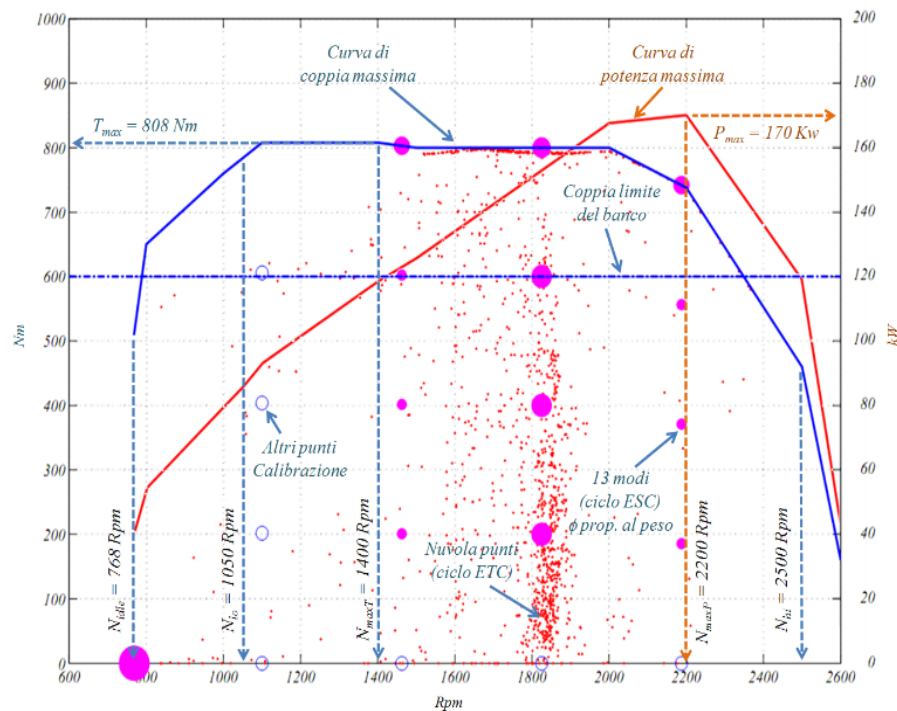
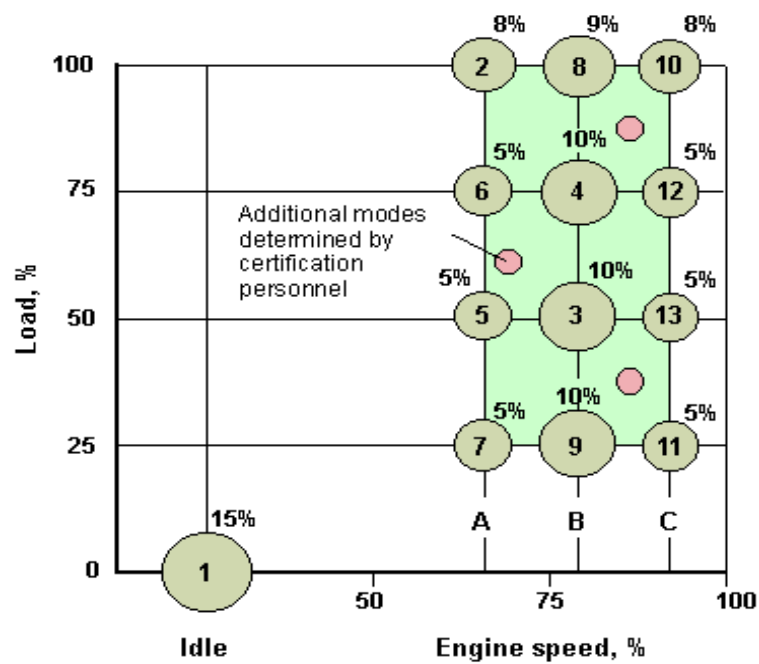
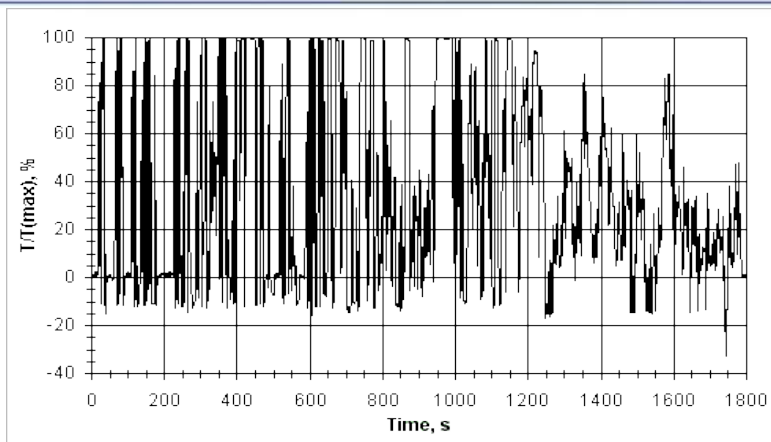
Parameter Name	Parameter Value	Units
Time:	16:22:26.824	Time
PGN: F004	Electronic Engine Controller 1 (EEC1)	
Engine Torque Mode	0000	bit
Actual Engine - Percent Torque High Resolut...	1.875	%
Driver's Demand Engine - Percent Torque	0	%
Actual Engine - Percent Torque	11	%
Engine Speed	604.625	rpm
Source Address of Controlling Device for Eng...	128	SA
Engine Starter Mode	1110 error	bit
Engine Demand - Percent Torque	NA	%

- F003 Electronic Engine Controller 2
- F004 Electronic Engine Controller 1
- FECA Active Diagnostic Trouble Codes
- FEDF Electronic Engine Controller 3
- FEE3 Engine Configuration 1
- FEEE Engine Temperature 1
- FEEF Engine Fluid Level/Pressure 1
- FEF1 Cruise Control/Vehicle Speed
- FEF2 Fuel Economy (Liquid)
- FEF6 Intake/Exhaust Conditions 1

Messaggi CAN bus
del motore

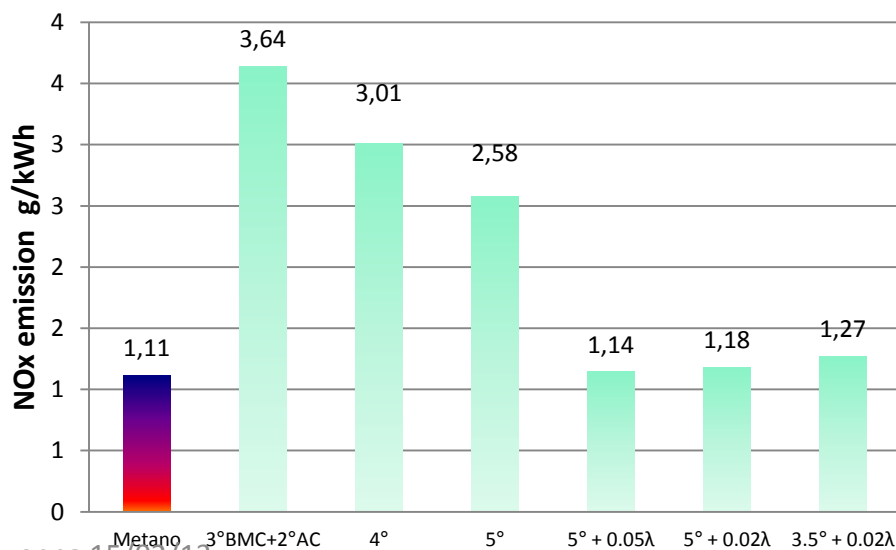
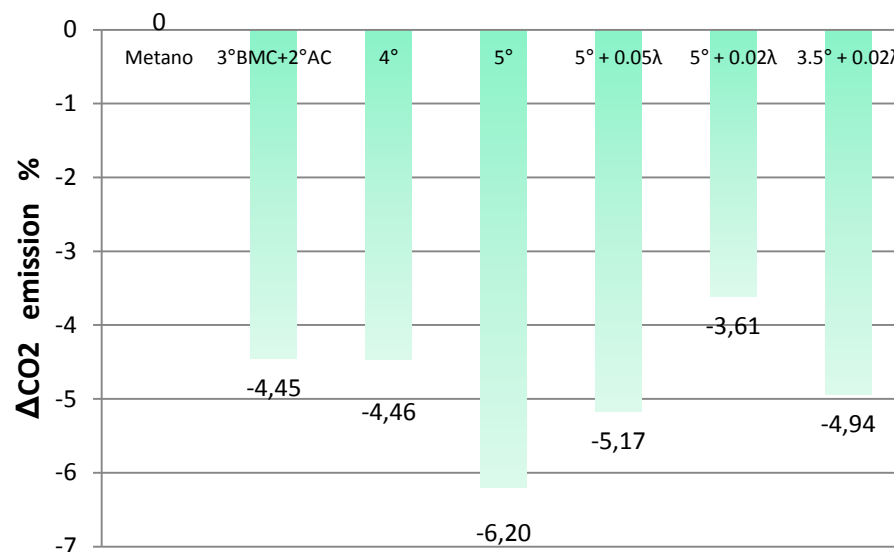
Motore al banco pronto per le prove

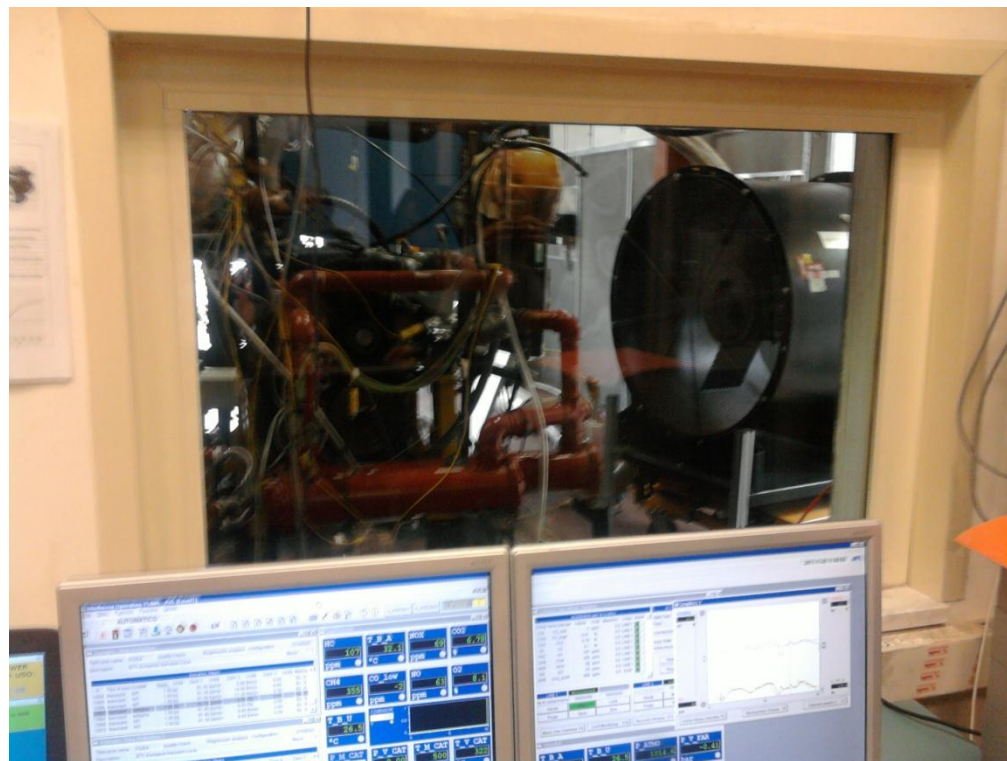
Ravenna 15/02/13





5.03% riduzione teorica con 15% di H2





- Test omologativi per emissione e coppia (11/2011)



CO2 e consumi

Risultati al banco con ciclo ETC

Gas naturale

BSFC	CO2
g/kWh	g/kWh
265	703

Idrometano

BSFC	CO2
g/kWh	g/kWh
244	649

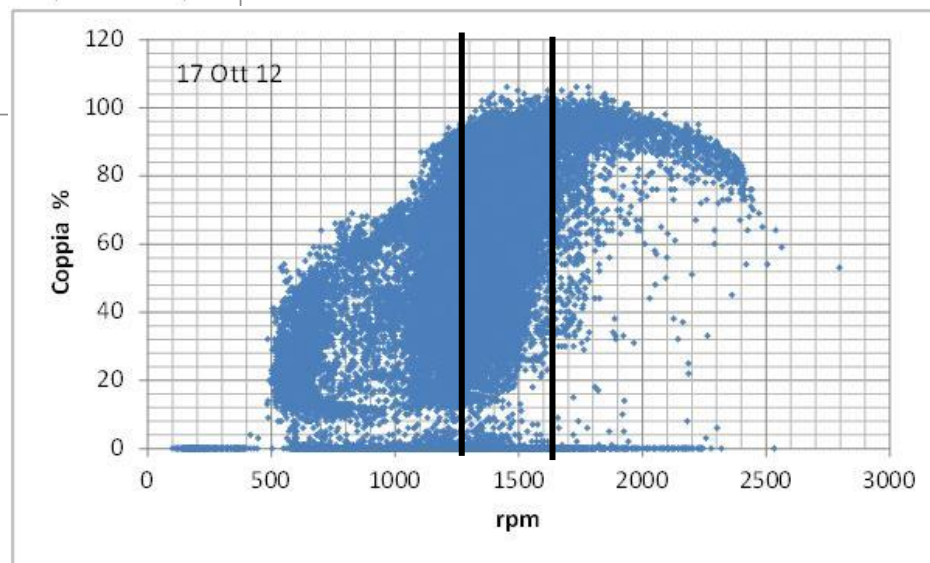
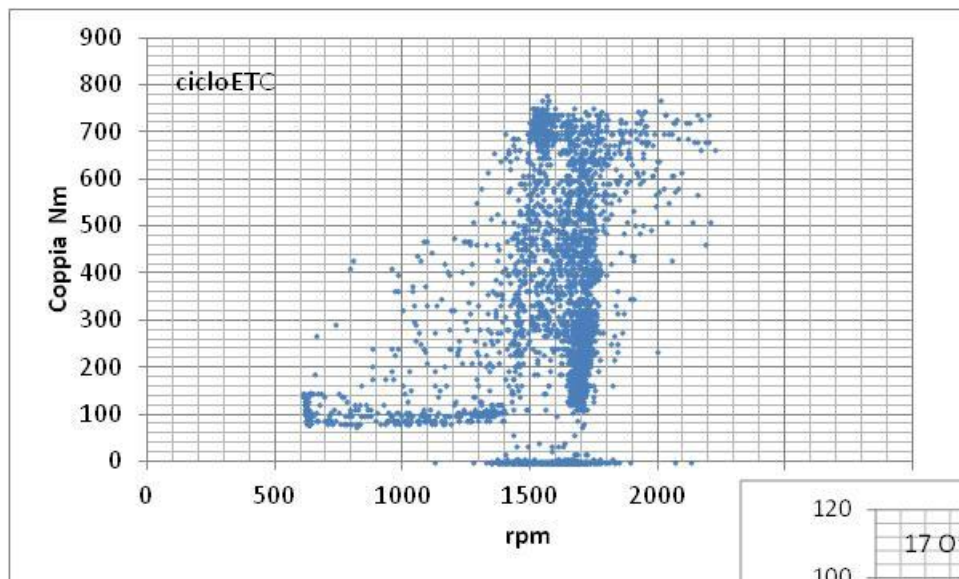
Riduzione %

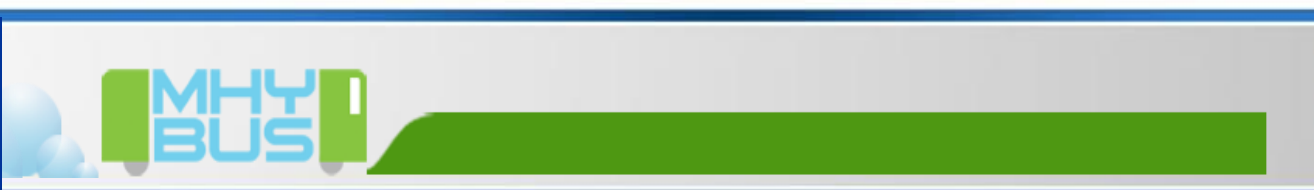
BSFC	CO2
g/kWh	g/kWh
7.9	7.6

Riduzione % consumi

5.03% riduzione teorica con 15% di H2

Punti di lavoro reali ed ETC





CO2 e consumi

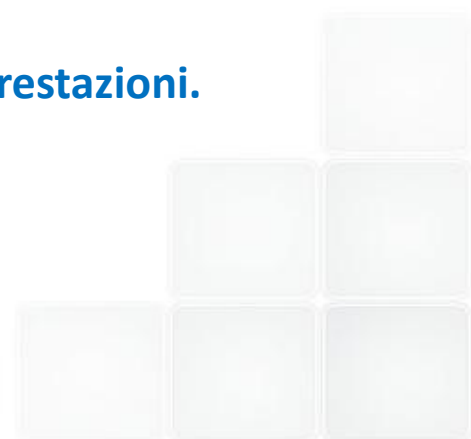
Risultati su strada

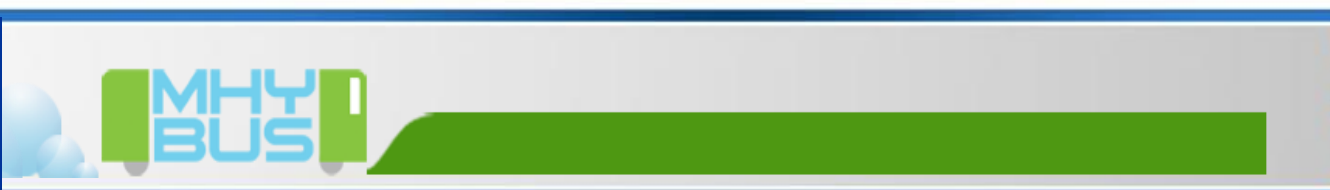
Le prime rilevazioni su strada inducono un moderato ottimismo poiché indicano prestazioni in consumo migliori di quelle al banco.

La metodologia di rilevazione dei consumi eseguita senza un misuratore massico richiede una attenta valutazione dei risultati di misura prima di poter confermare queste prestazioni.

Si sta procedendo al riscontro delle prestazioni dei consumi incrociando i risultati della misura indiretta delle pressioni iniziali e finali con dati dei consumi giornalieri alla stazione di produzione e rifornimento della miscela.

Parallelamente anche le emissioni di CO2 presentano migliori prestazioni.





Grazie per l'attenzione

