



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

INCONTRI CON LA CITTÀ

leggere il presente per comprendere il futuro

10 domeniche in Rettorato

Domenica 10 marzo 2019

Benzina, diesel, elettrico...di cosa si nutriranno le nostre auto in futuro?

Relatore

Giovanni Ferrara

Macchine a fluido

Introduce e coordina

Alberto Tonini

con il contributo
incondizionato di

FONDAZIONE
INTERNAZIONALE
MENARINI

con il patrocinio di



in collaborazione con

unicoop
firenze

ottobre 2018 | novembre 2019

Un bombardamento di «parole chiave» ...

*Diesel
gate*

Euro 6

ECObonus

Ibrido



*Ciclo di
omologazione*

*Bio-
combustibile*

*Range
extender*

Elettrico

*NOx
Soot*

Facciamo un passo indietro ...

- Contestualizziamo il problema!



Un percorso da intraprendere



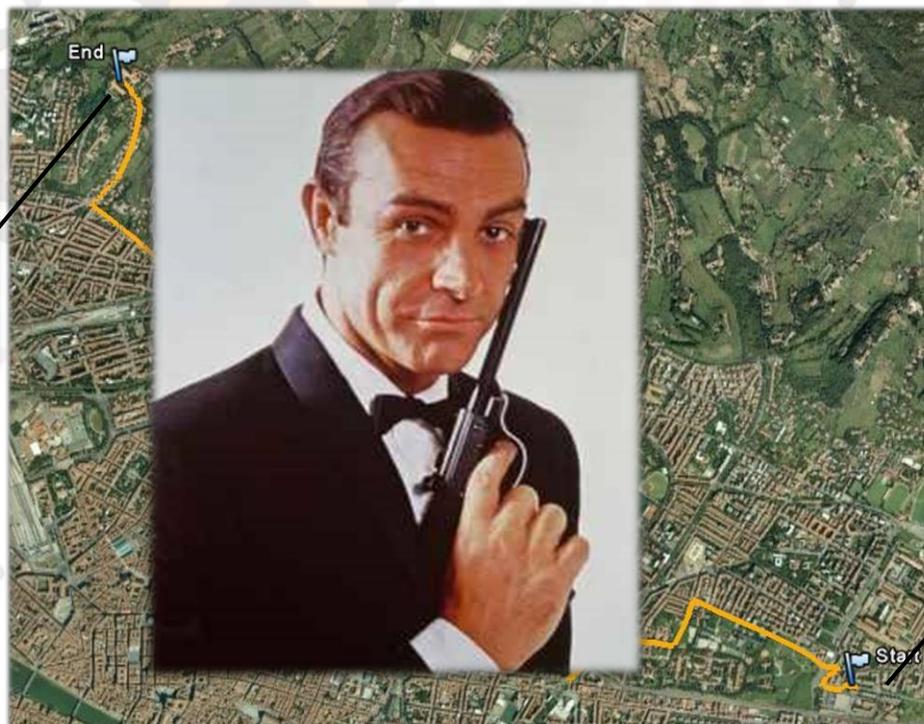
Un mezzo di trasporto



*Qualcosa che lo spinga ...
magari non i nostri piedi!*

La "missione"

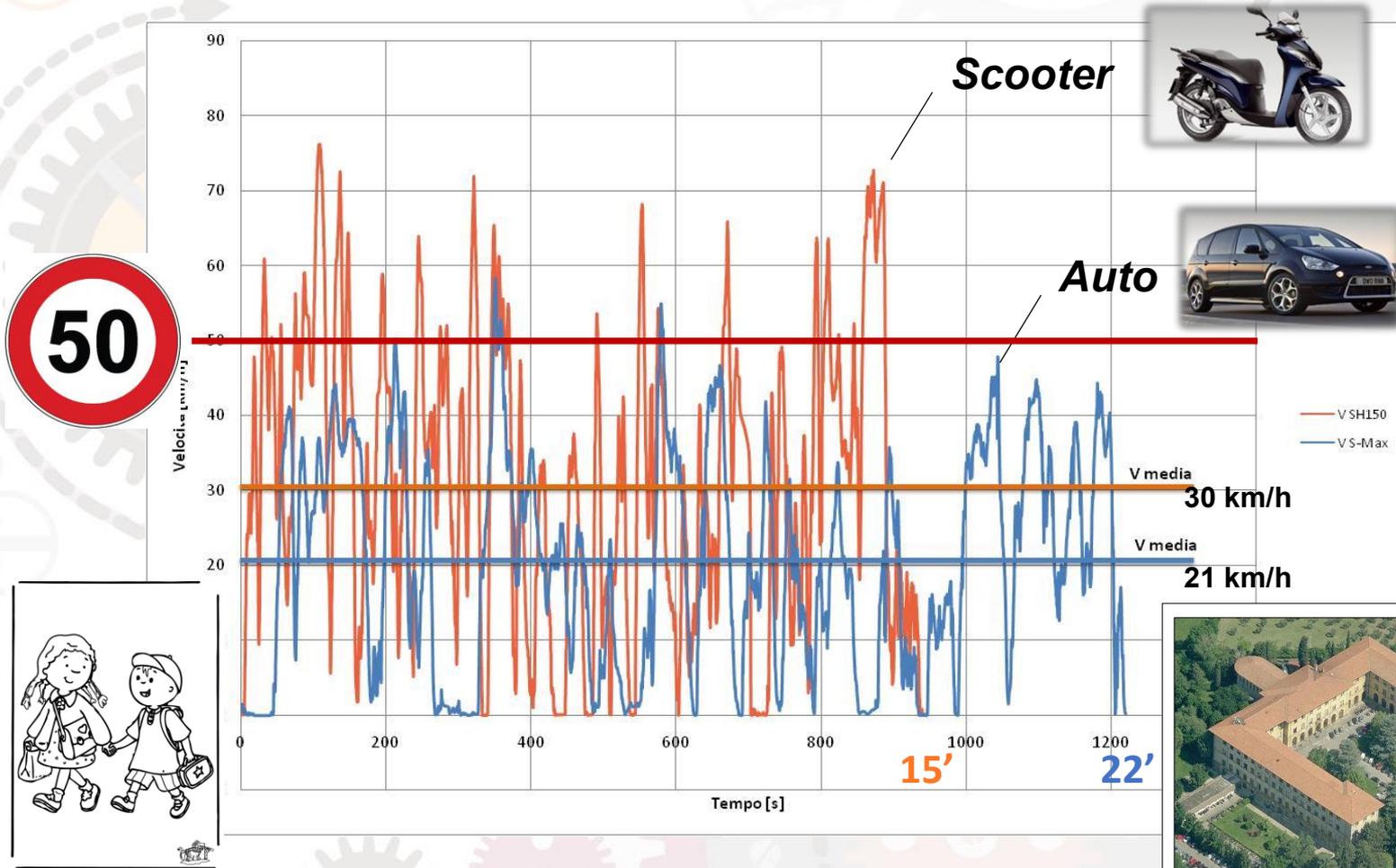
Per spostarsi da un posto all'altro ogni giorno compiamo una ... missione!



L'energia per la missione

- Fissata la distanza da percorrere (missione)
 - Il **profilo di missione** è caratterizzato da
 - **velocità media**
 - **accelerazioni**
 - Positive e negative
 - **profilo altimetrico**
 - L'**energia necessaria** dipende da
 - **profilo** di missione
 - **massa** del veicolo
 - **resistenza** aerodinamica e di rotolamento pneumatici

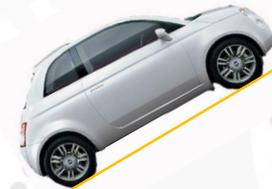
Il «mio» profilo di missione



L'energia necessaria per la missione

- L'energia viene **convertita** per

- Incrementare la quota
- Accelerare il veicolo



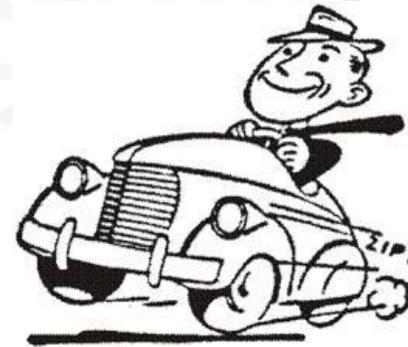
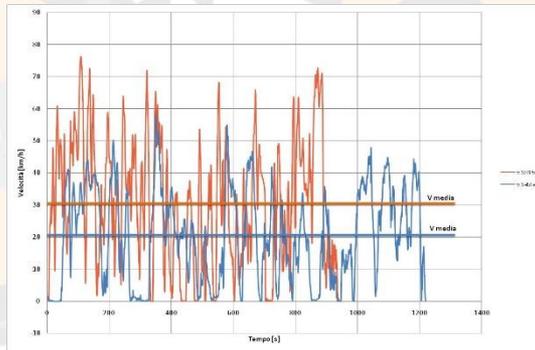
- L'energia viene **dissipata** per

- Mantenere una certa velocità
 - Cresce con l'ingombro
 - Dipende dalla forma
 - Cresce col quadrato della velocità
- Decelerare
 - Cresce con la massa

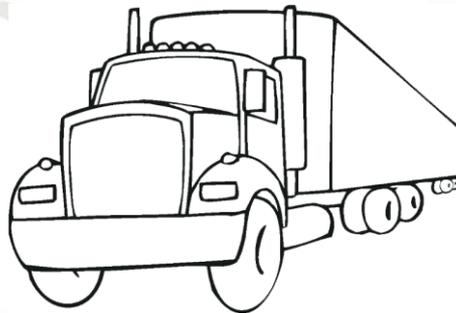


Quindi ...

- ... L'energia per la missione dipende da:
 - Stile di guida (profilo di missione)



- Il mezzo che utilizziamo



Ma quanta energia occorre?



Immagine da Internet

Benzina, diesel, elettrico... di cosa si nutriranno le nostre auto in futuro?



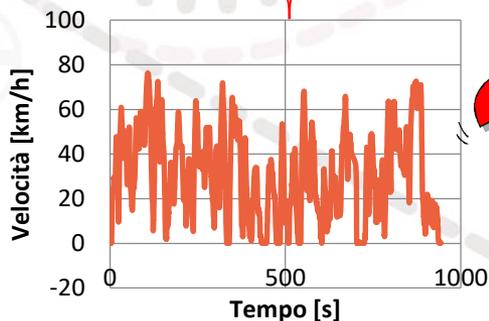
40
Wh/km

46
Wh/km

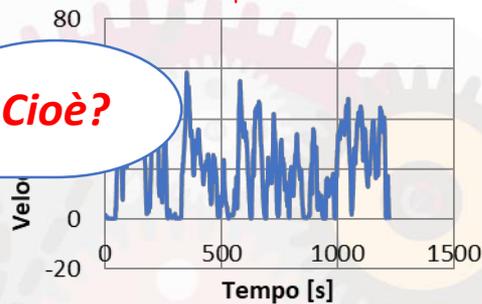
100
Wh/km

130
Wh/km

190
Wh/km



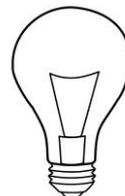
Cioè?



Quantifichiamo l'energia ... 100 Wh



100 W
Potenza
elettrica



1 h



1 km



100 W
Potenza
richiesta

Chi ci procura l'energia a bordo veicolo?



- Benzina
- Gasolio
- GPL
- Metano
- Etanolo
- ...

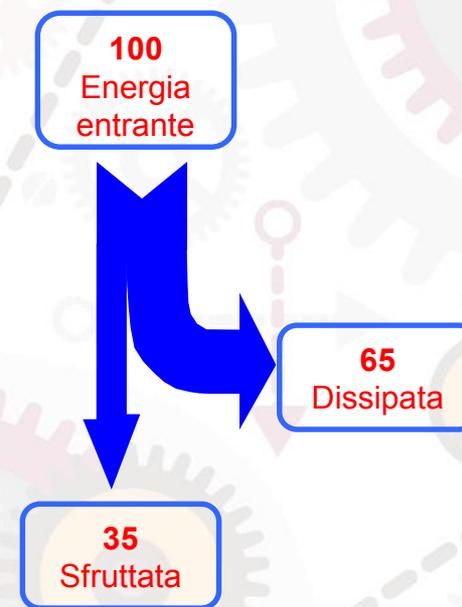
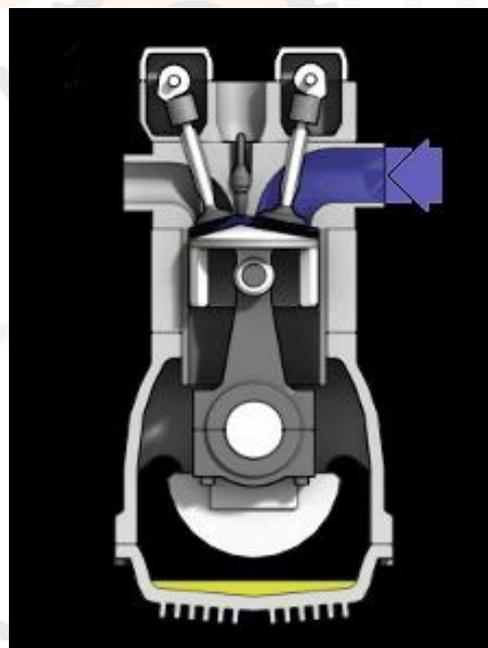
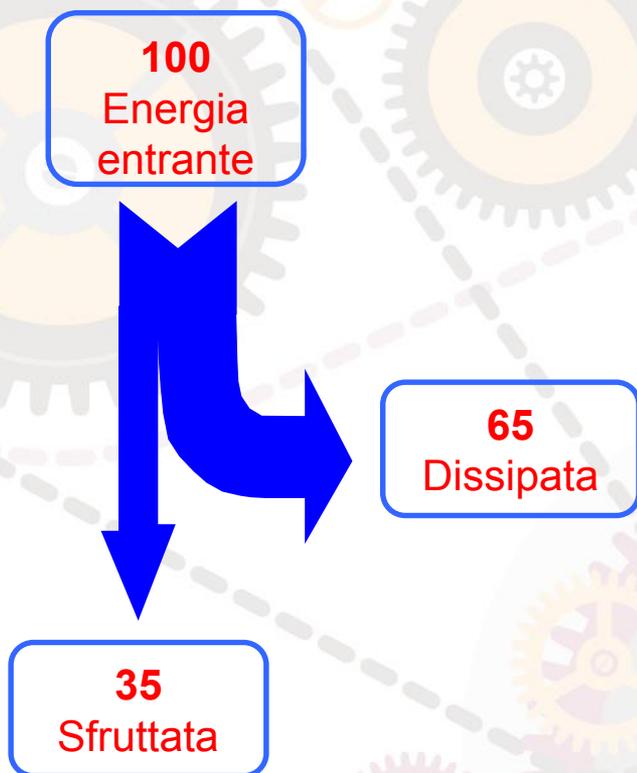


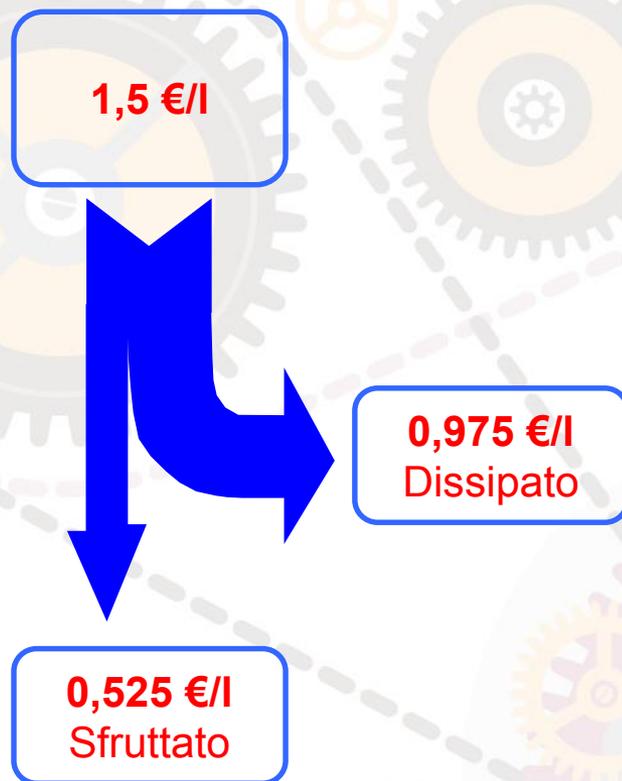
Immagine tratta da <http://tecnologiaduepuntozero.altervista.org/motore-benzina/>

Un problema energetico-ambientale ...



- Emissioni regolamentate
 - NOx, CO, HC, particolato
- CO₂ (effetto serra!)

... ed economico (per le nostre tasche!)



Emissioni regolamentate

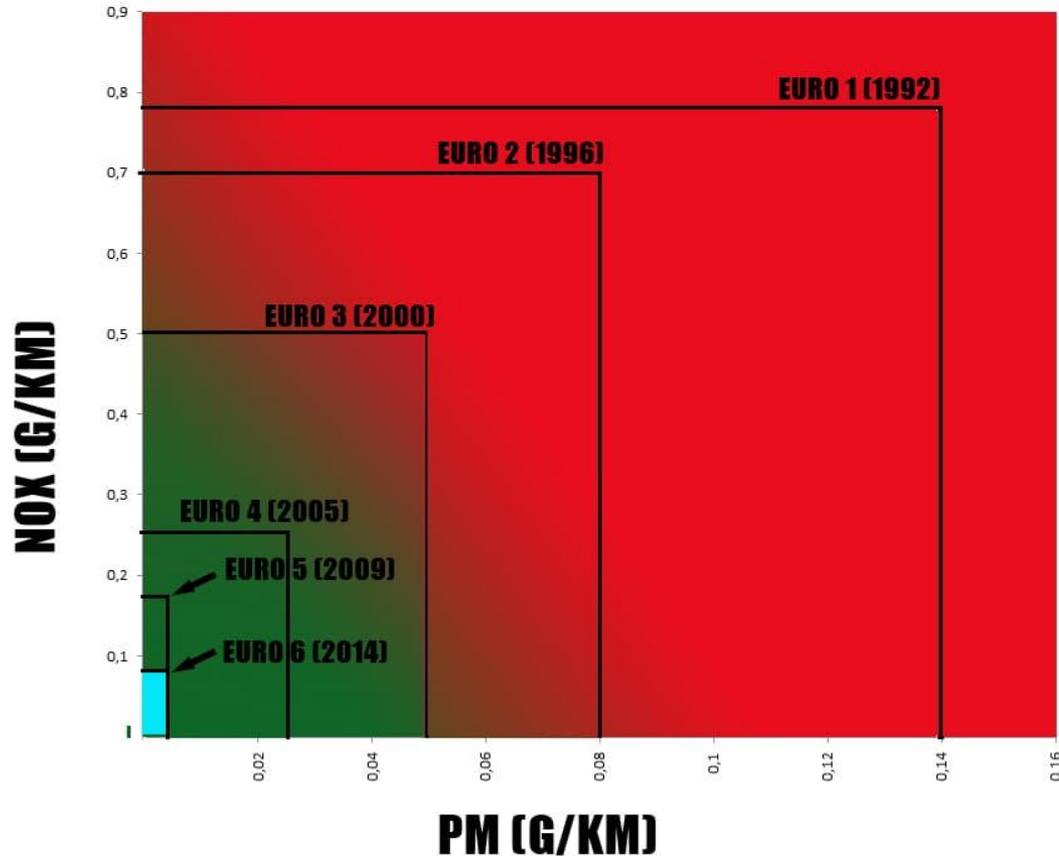


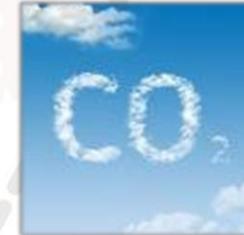
immagine tratta da www.focus.it/

Emissioni «contro-stimolate»

- La combustione di un combustibile fossile libera CO₂ (gas clima alterante)



1 L
benzina



2,3 kg
CO₂



10 km

10 km/l
CO₂ 230 g/km



20 km

20 km/l
CO₂ 115 g/km

• Immagini da cartonionline.com

Benzina, diesel, elettrico... di cosa si nutriranno le nostre auto in futuro?



En. Rich.
42 Wh/km

Consumo
35 km/l

CO₂
66 g/km

Efficienza
16,8%

En. Rich.
46 Wh/km

Consumo
14 km/l

CO₂
165 g/km

Efficienza
7,1%

En. Rich.
100 Wh/km

Consumo
12 km/l

CO₂
192 g/km

Efficienza
13,3%

En. Rich.
130 Wh/km

Consumo
16,5 km/l

CO₂
159 g/km

Efficienza
21,5%

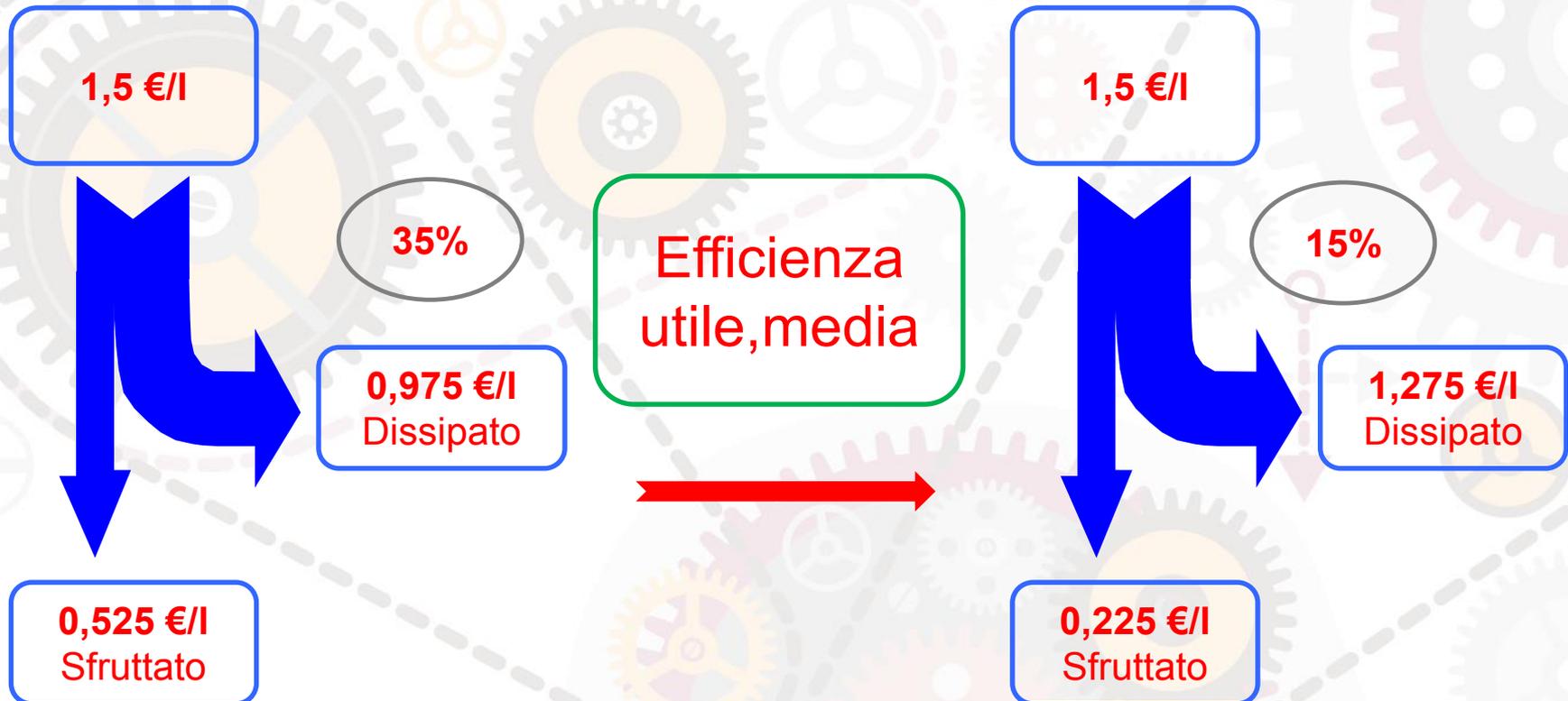
En. Rich.
190 Wh/km

Consumo
11,2 km/l

CO₂
234 g/km

Efficienza
21,3%

Chiariamo meglio ...

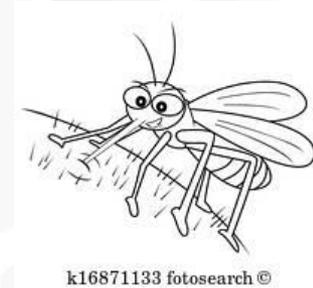


Chiariamo ancora meglio ...

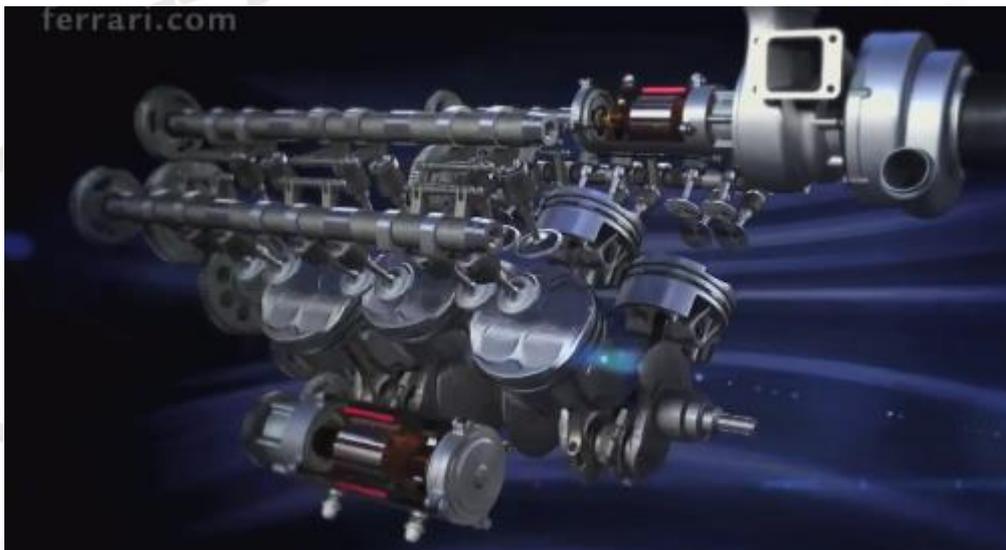


Perché l'efficienza è così bassa?

- **“Utenze parassite” energivore** indipendenti dal livello di carico richiesto e **difficili da rimuovere!**
 - **Motore**
 - Azionamento di ausiliari
 - Sistema di distribuzione (valvole, bilancieri, alberi a camme)
 - Pompe circolazione acqua ed olio
 - Alternatore (carichi elettrici motore: candele, pompa benzina, ecc)
 - Attrito organi (pistone-cilindro; albero motore, cambio, ecc.)
 - Peggioramento delle trasformazioni termodinamiche
 - **Veicolo** (servizi non sempre indispensabili!)
 - Condizionatore
 - Servosterzo, controlli per la sicurezza attiva e passiva (ABS, ESP, ASR, ...)
 - Utenze elettriche (ventilatore abitacolo, luci, radio, caricabatteria del cellulare!)



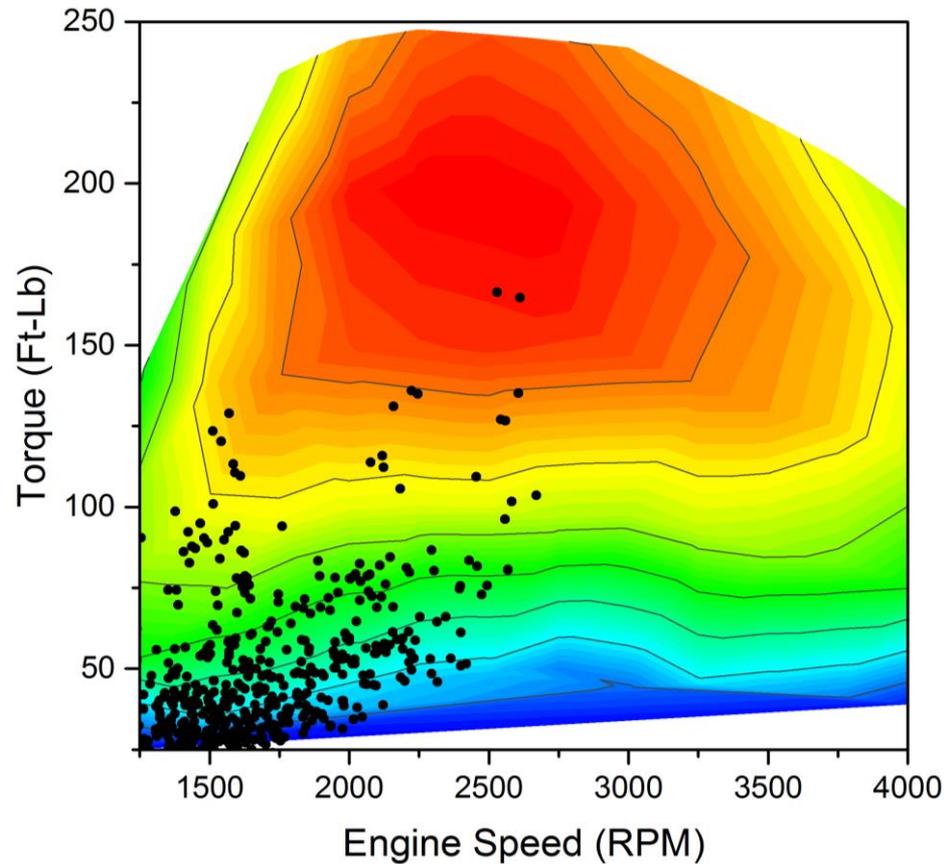
Il problema non è il motore ...



- Efficienza massima $\approx 50\%$



Il problema è «come» usiamo il motore!



Un matrimonio difficile

- Drammatico contrasto tra **due opzioni**
 - A. Missione a **bassa richiesta energetica**
 - Guida rilassata
 - Motore in forte regolazione
 - **Pessima efficienza di conversione energetica**
 - Consumo compromesso dall'efficienza del motore
 - B. Missione ad **alta richiesta energetica**
 - Guida sportiva
 - Alto grado di sfruttamento del motore
 - **Elevata efficienza di conversione energetica**
 - Consumo compromesso dalla tipologia di missione
- Come tenere insieme i due sposi?



Necessità di “taglie motore” variabili

Faccio un salto a prendere il
giornale ...
... meglio togliere due cilindri!



L'opzione i-brido

- L'idea

- Il
 - ca

- Il
 - a



ente dal

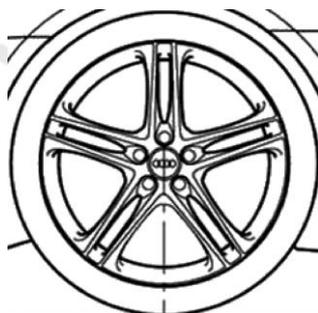
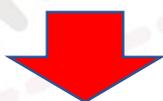
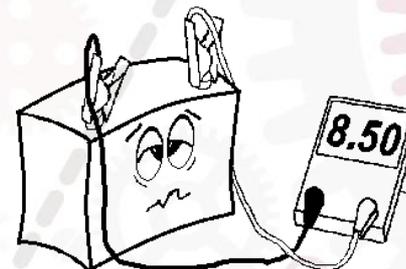
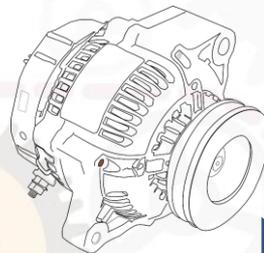
vertita da

lavorano

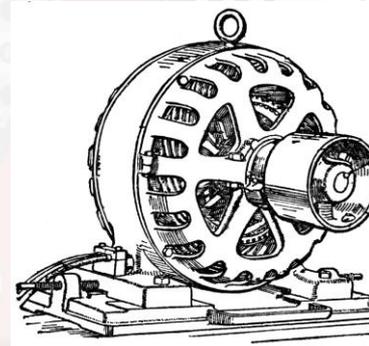
Produciamo ener
e

ico ad alta efficienza
rica!

L'opzione i-brido



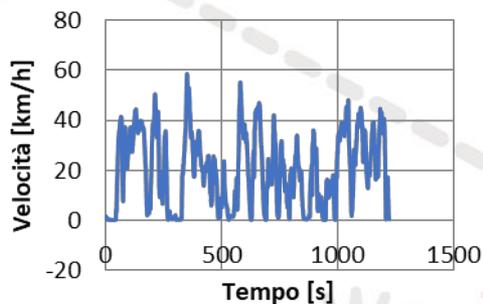
Frenata



Ma funziona?



Massa: 1500 kg
Potenza max: 122 CV
Velocità max: 180 km/h



18 km/l

**Efficienza
31,5 %**

**CO₂
128 g/km**

**costo
8,3 €cent/km**

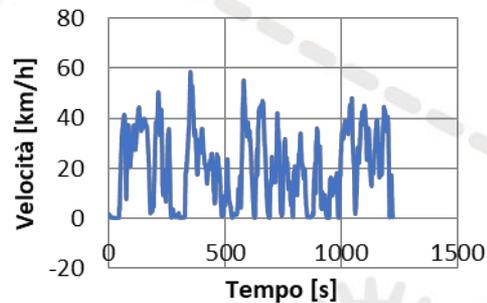


**CO₂
159 g/km**

Si può fare di meglio?



Massa: 1000 kg
Potenza max: 60 CV
Velocità max: 155 km/h

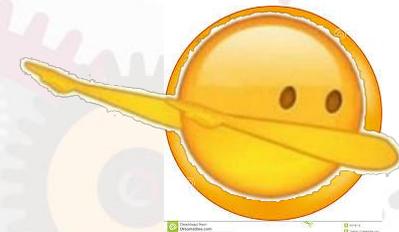


Efficienza
31,5 %

26,5 km/l

CO₂
87 g/km

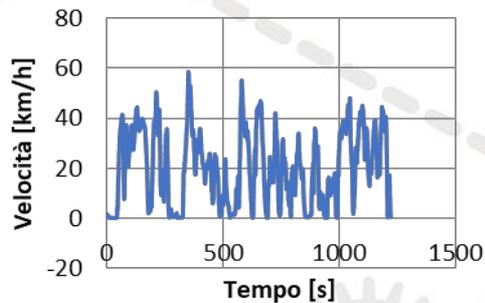
costo
6 €cent/km



E se uso l'elettrico?



Massa: 1550 kg
Potenza max: 150 CV
Velocità max: 144 km/h



Cons. el.
225 Wh/km

Cons. el.
4,4 km/kWh

costo
5,6 €cent/km

CO₂
0 g/km

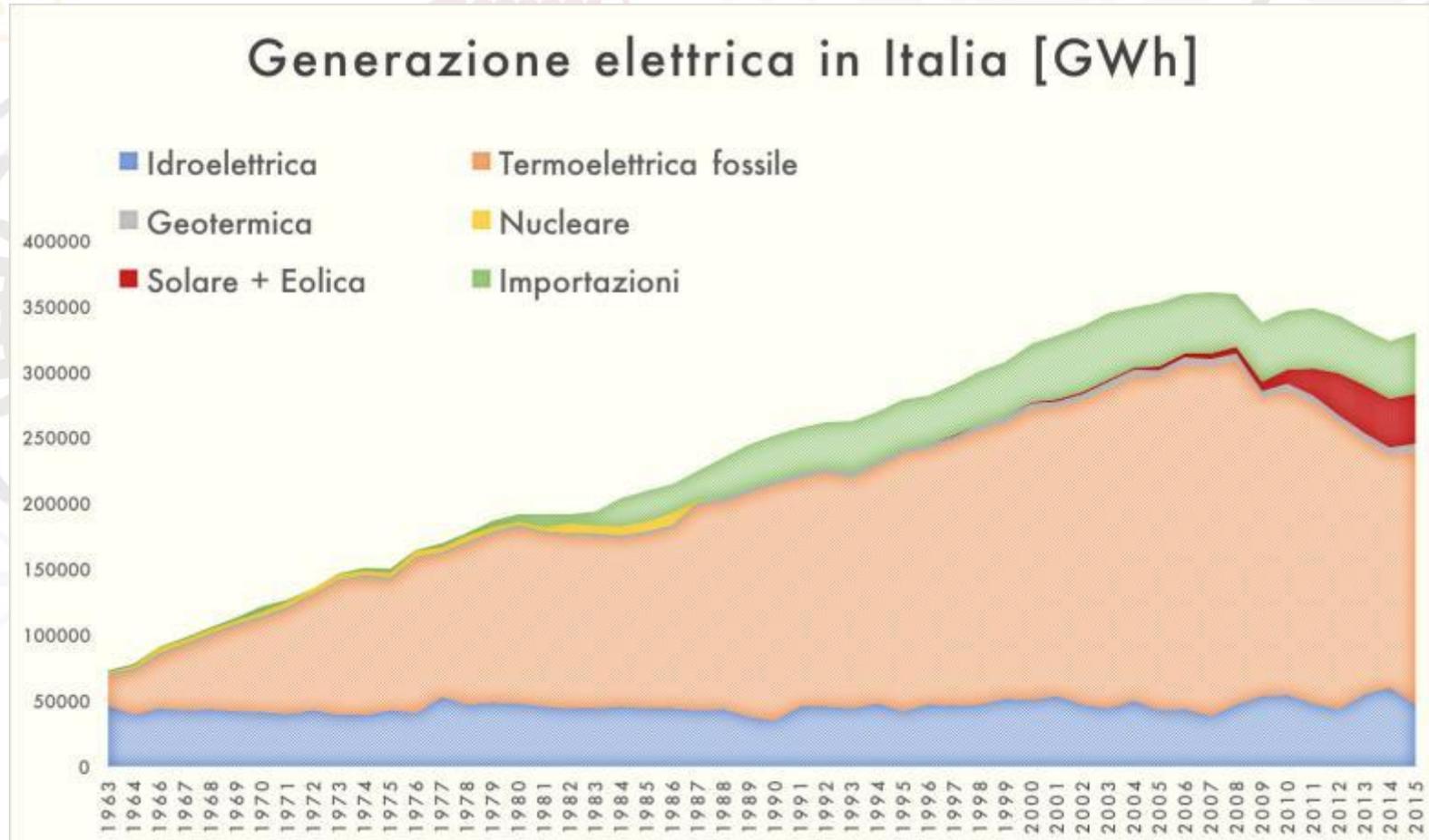




Zero CO2???

Immagine da Internet

Come otteniamo l'energia elettrica



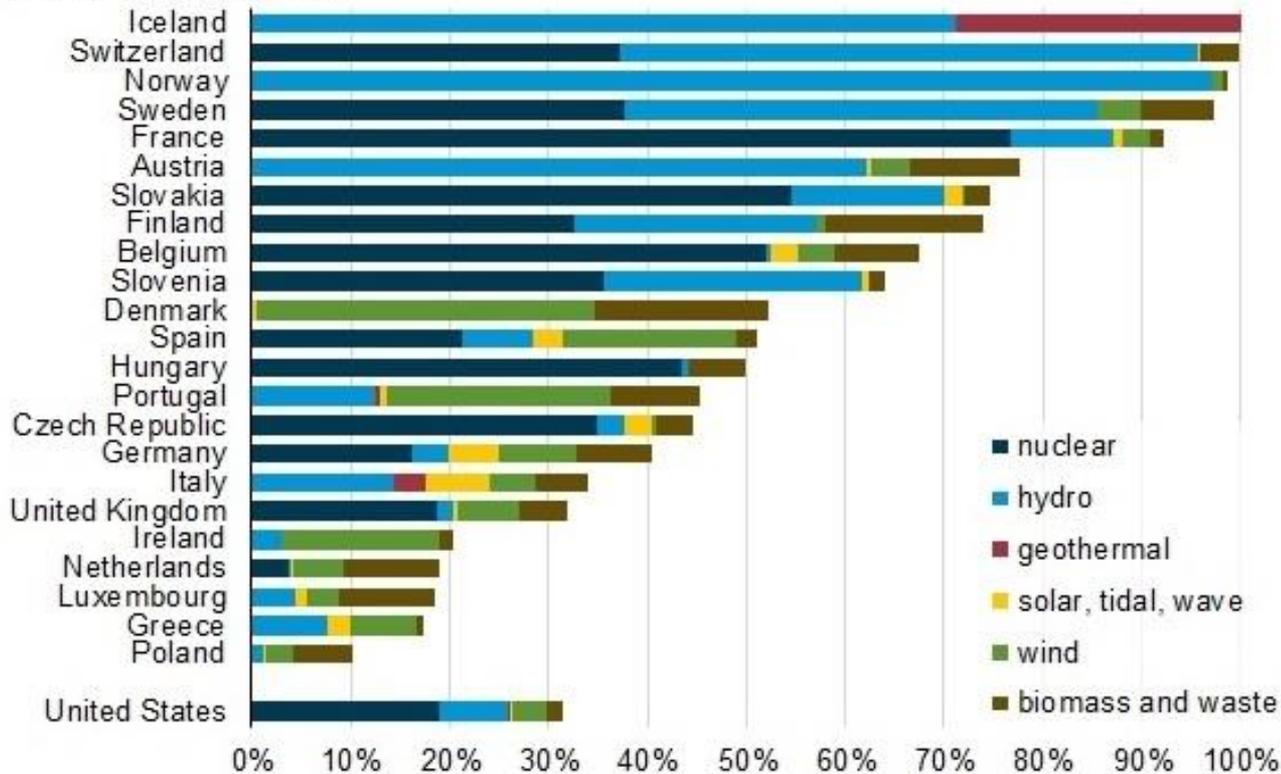
• <https://thesubmarine.it/2017/08/10/italia-rinnovabili/>

E altrove?

2012

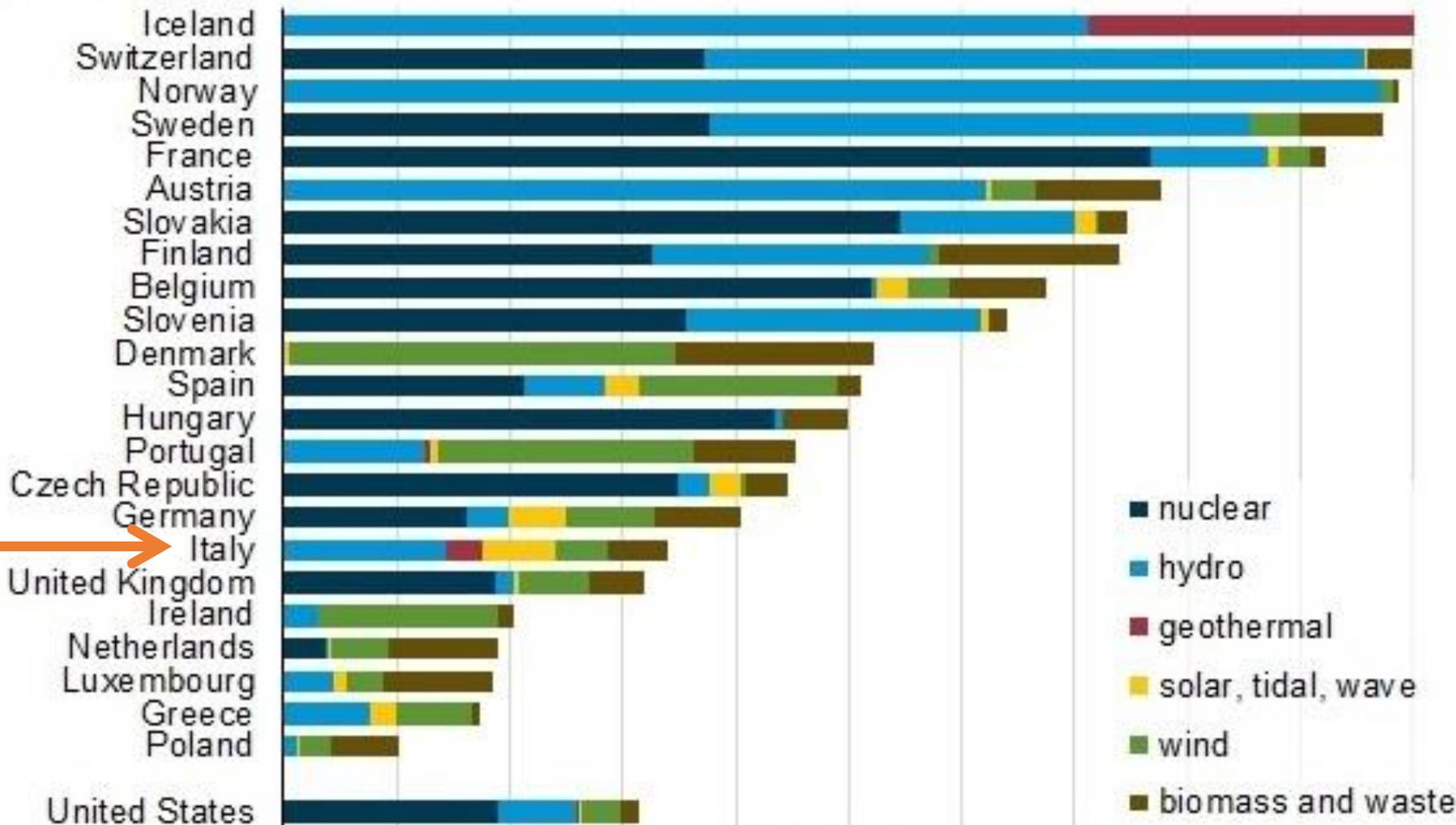
No-carbon electricity generation share in Europe and the United States (2012)

percent of total generation



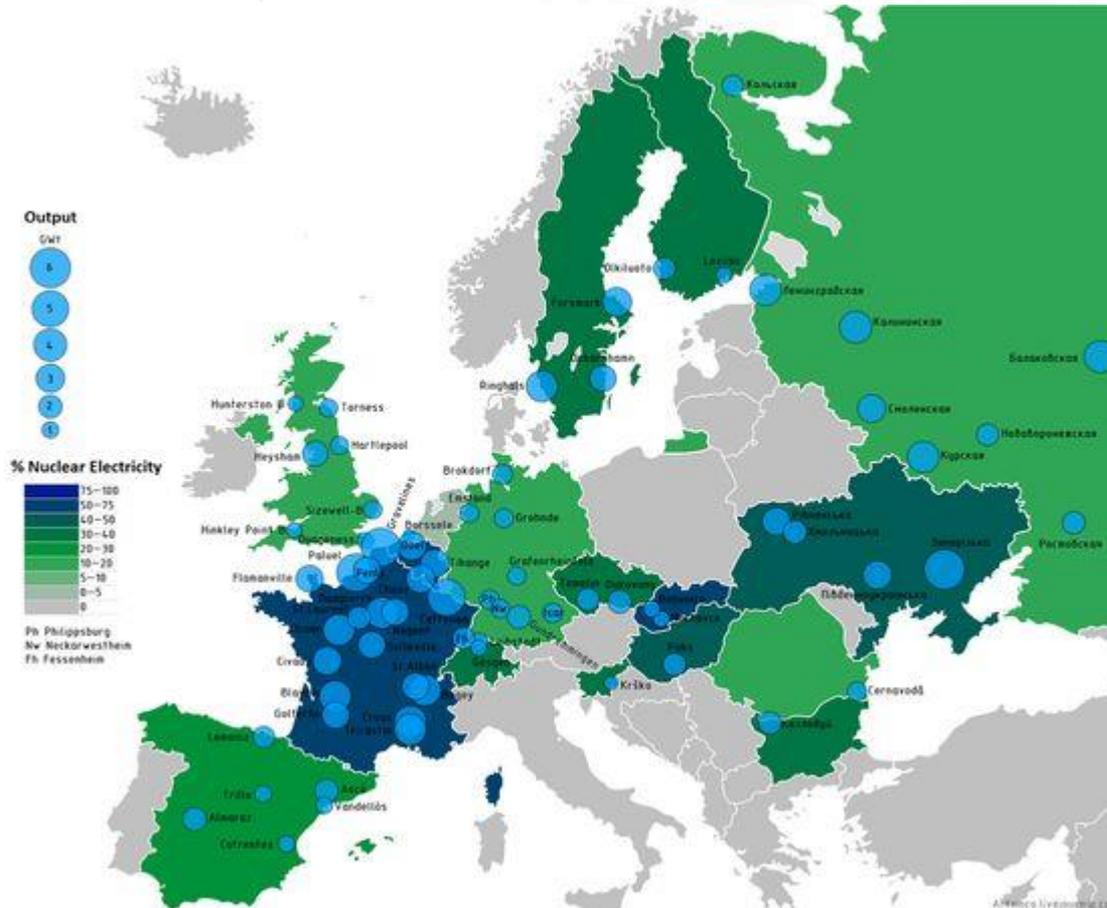
2012

No-carbon electricity generation share in Europe and the United States (2012)
percent of total generation



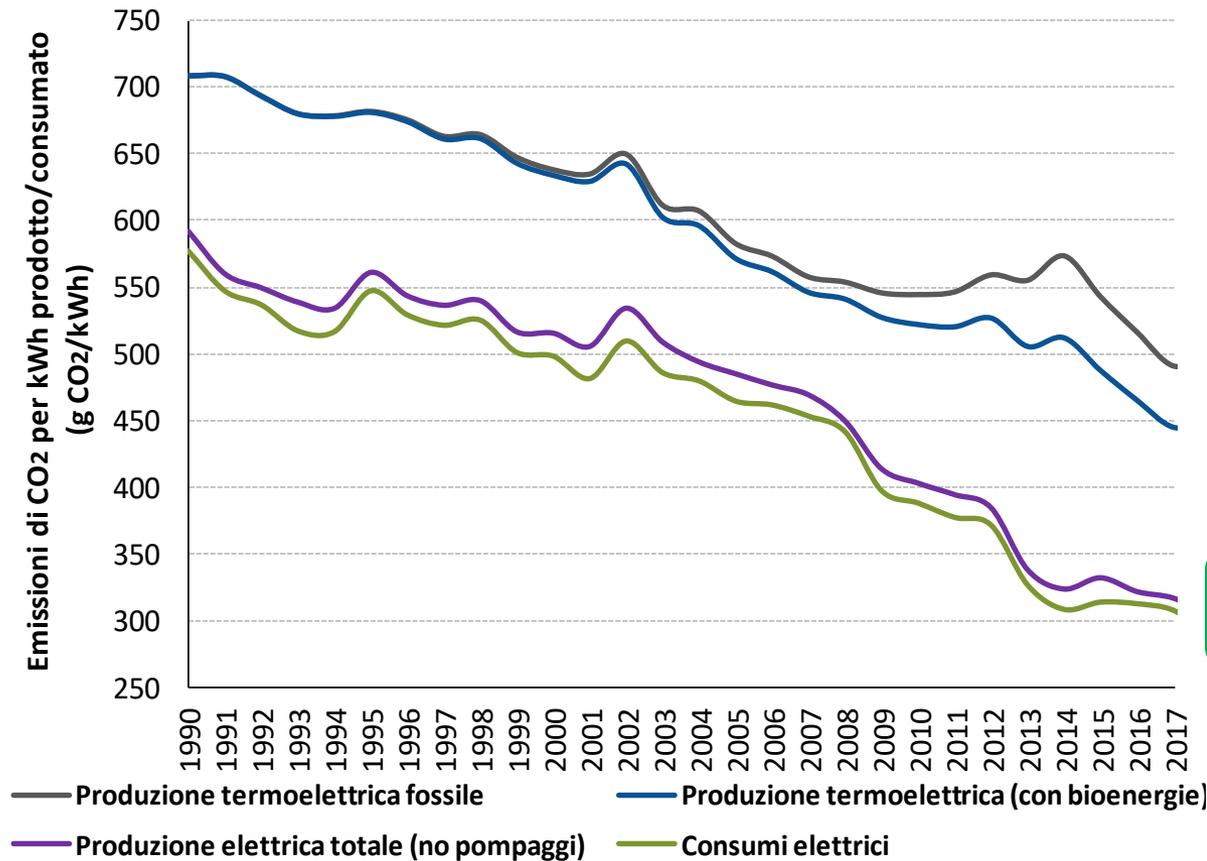
IN

Il nucleare in Europa



• https://www.termometropolitico.it/1252340_mappe-lenergia-nucleare.html

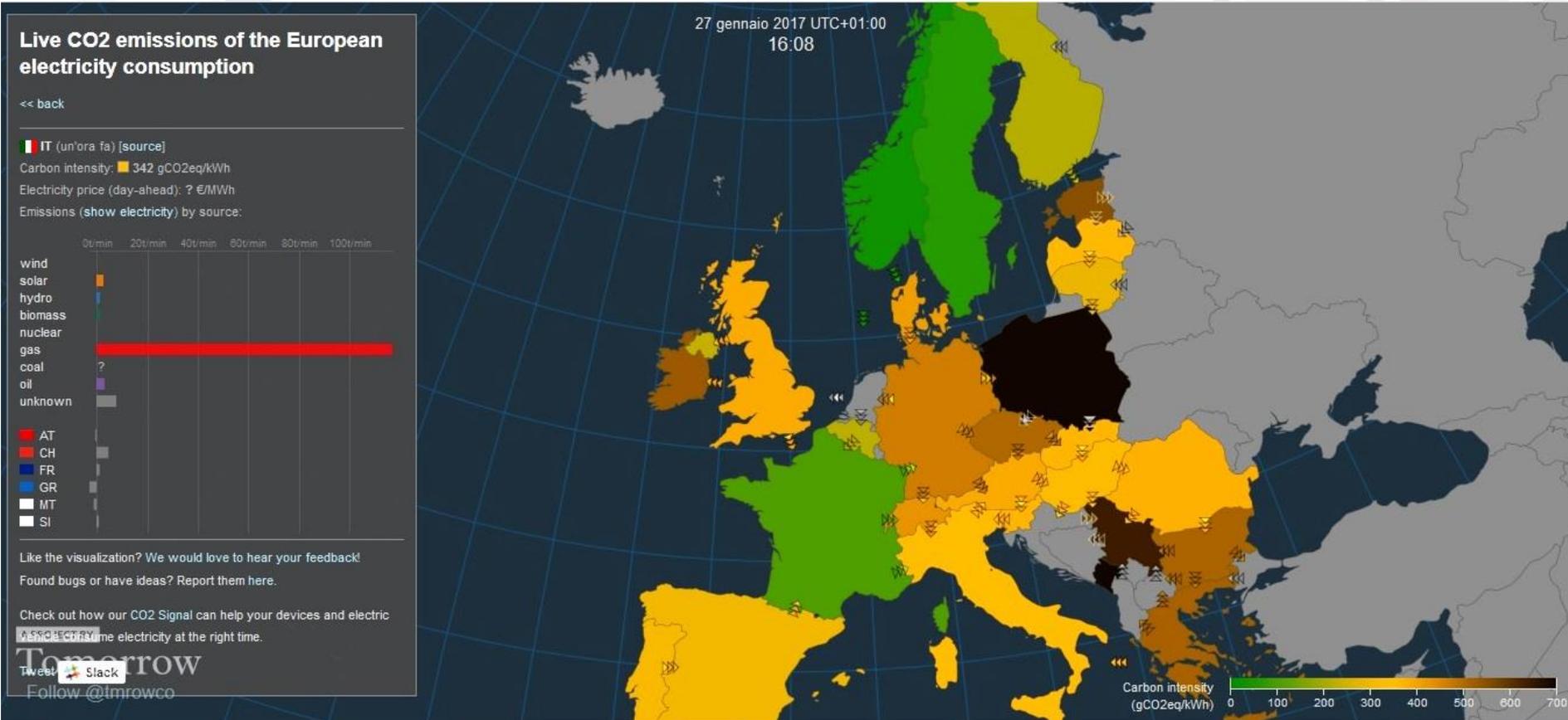
Cosa siamo in grado di fare in Italia ...



**CO₂
316 g/kWh**

• Report Ispra ambiente 2018

... e cosa in Europa



www.qualenergia.it

E se uso l'elettrico?



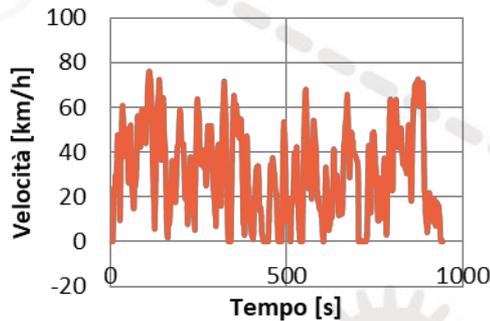
Massa: 1550 kg
Potenza max: 150 CV
Velocità max: 144 km/h

Cons. el.
225 Wh/km

Cons. el.
4,4 km/kWh

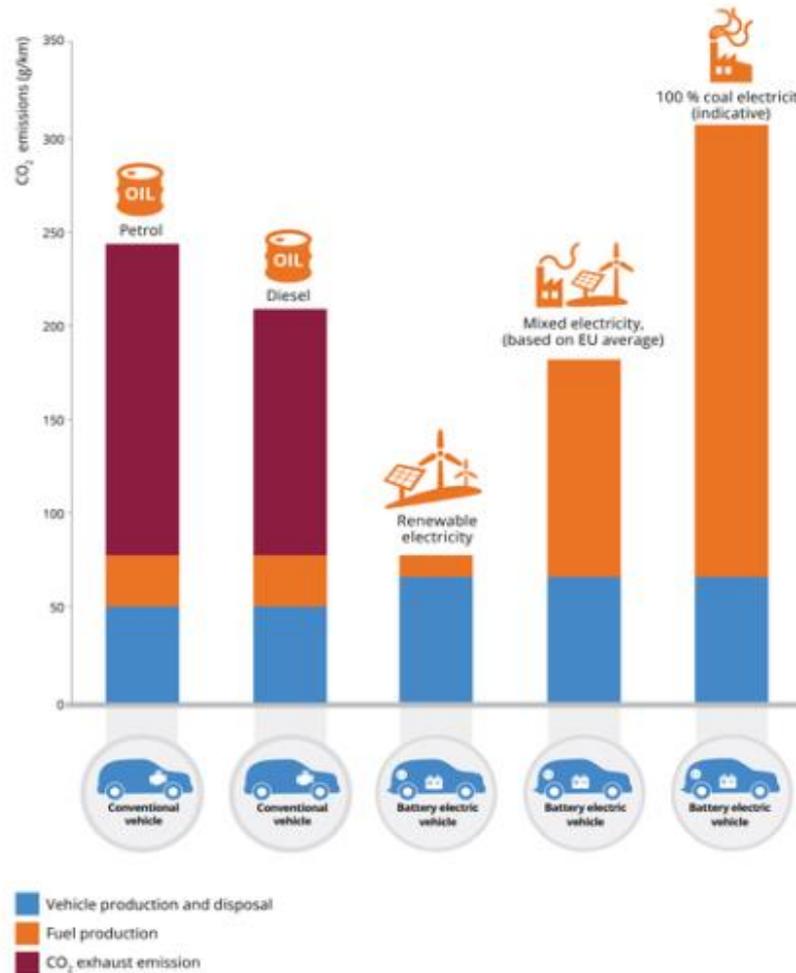
costo
5,6 €cent/km

CO₂
74 g/km



CO2 equivalente a km nel ciclo di vita

Percorrenza
220.000 km

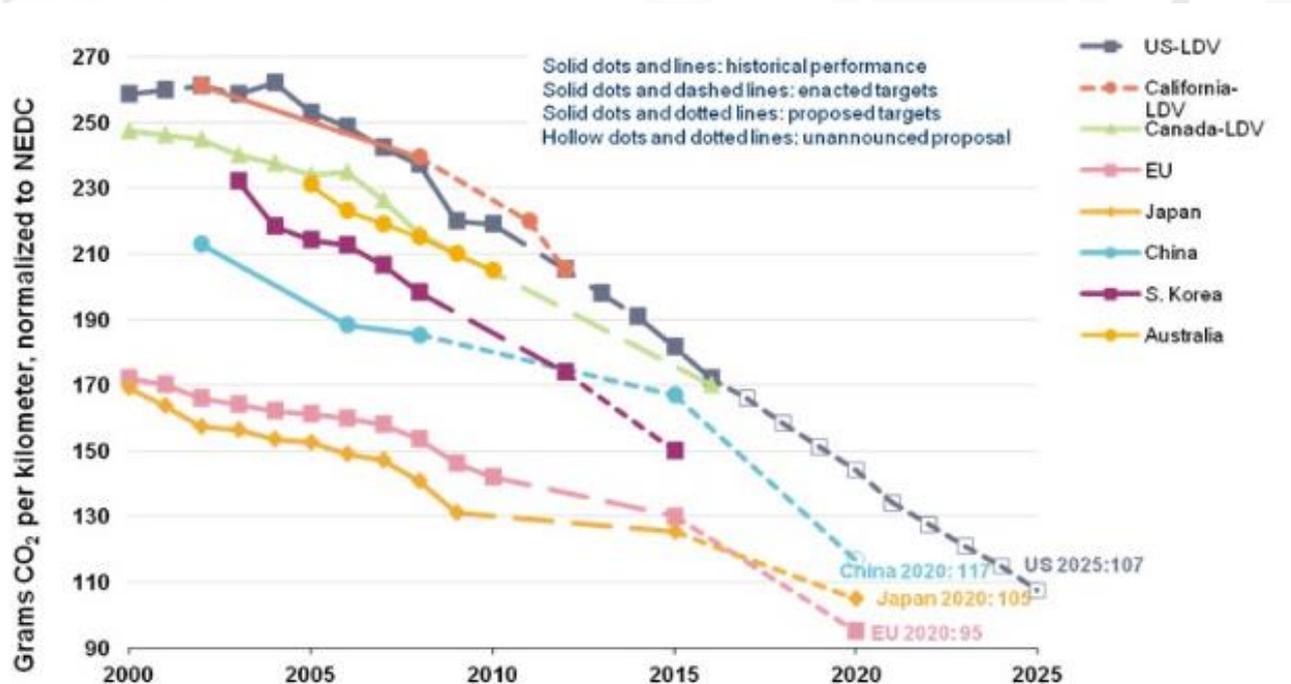


TNO, 2015

Alcune considerazioni sul veicolo elettrico

- **Peso**
 - ✓ Un pacco batterie che assicura 2-300 km (40kWh) di autonomia pesa circa 180 kg
- **Aspetti termici**
 - ✓ La durata delle batterie è fortemente deteriorata dalle basse e dalle alte temperature
 - ✓ I processi di carica e scarica devono essere tenuti sotto controllo (sistema di raffreddamento)
- **Potenza richiesta e rapidità carica**
 - ✓ Elevata rapidità di carica richiede alte potenze
 - 40 kWh immagazzinati => 4 kW per 10 ore, 40 kW per un ora, 480 kW per 5 minuti!
- **Deterioramento delle prestazioni della batteria nel tempo**
 - ✓ Cicli di carica/scarica
- **Costo**
 - ✓ Circa 200-300€/kWh
 - 40 kWh costano 8.000-12.000€ (ma in rapida discesa!)
- **Sicurezza**

In che direzione andare?



[1] China's target reflects gasoline fleet scenario. If including other fuel types, the target will be lower.

[2] US and Canada light-duty vehicles include light-commercial vehicles.

Source: ICCT

Remark: Recalculation in ICCT July 2012 report indicates level of 93g for passenger cars only for the US in 2025. EU's targets are comparatively more stringent. Vehicle definitions are different in the US and EU, and not directly comparable.

Come fare???

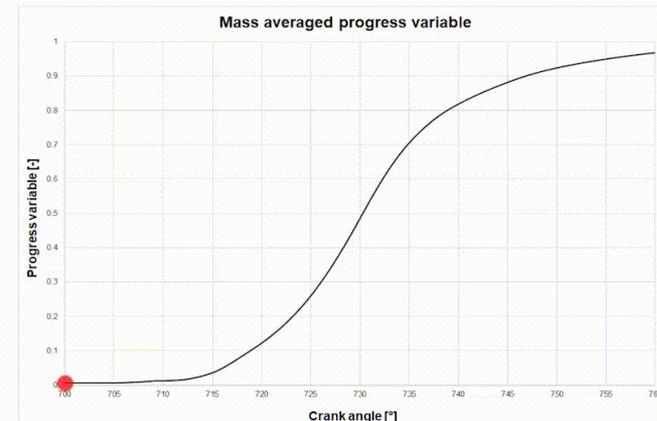
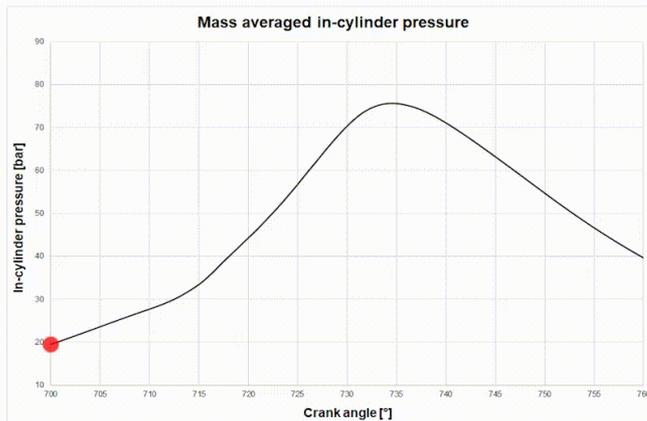
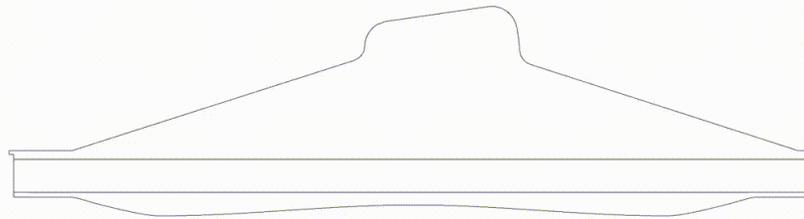
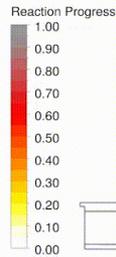


Immagine da Internet

Soluzioni a **medio/breve**-termine

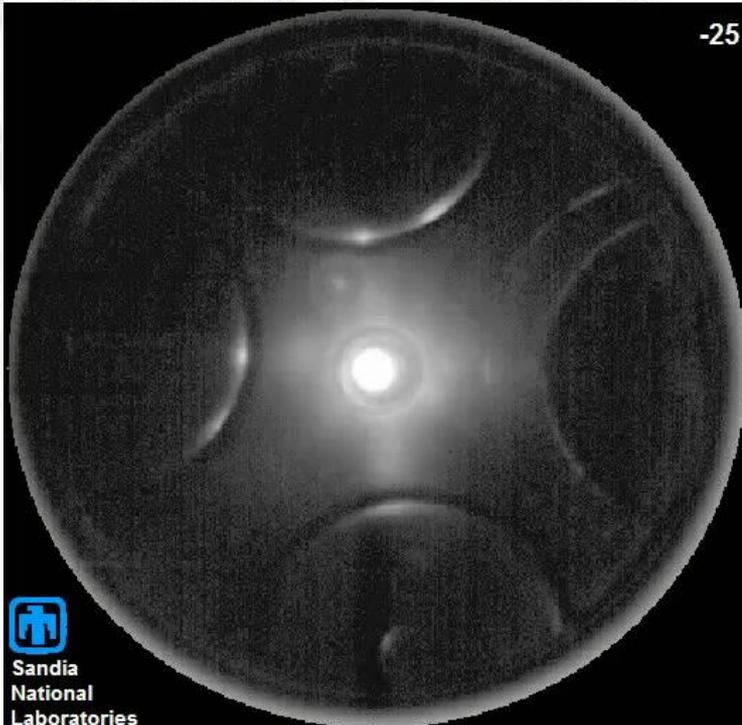
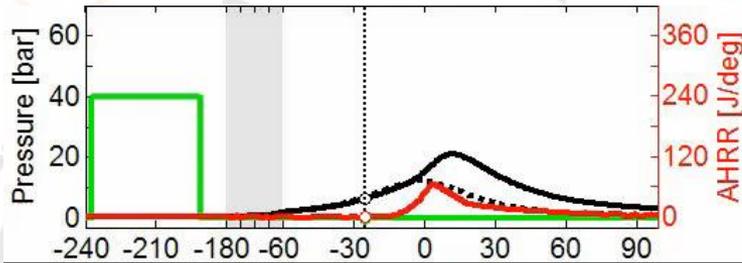
- Migliorare i Motori a Combustione Interna (MCI) in termini di **efficienza ed emissioni inquinanti** da impiegare sulla **trazione ibrida**
 - ✓ Ulteriore messa a punto della calibrazione dei **Motori Diesel e Benzina**
 - Contenimento emissioni prodotte
 - Ulteriore sviluppo dei sistemi di abbattimento
 - ✓ **Impiego di combustibili alternativi con minor impatto (CO₂/km)**
 - Metano
 - Biocombustibili
 - ✓ **Elettrificazione**
 - Maggior integrazione tra motore termico ed elettrico (Full Hybrid, Plug-in FH)
 - Sviluppo di motori benzina con sovralimentazione assistita elettricamente
 - Facilitazioni all'impiego di mezzi urbani elettrici

Soluzioni a medio-termine



Filmato generato da Jacopo Catelani

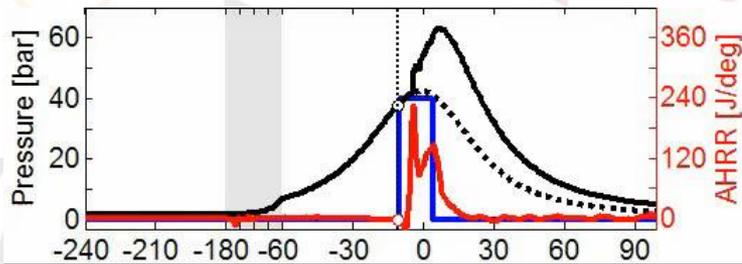
Soluzioni a medio-termine



- Motore ad accensione comandata
 - ✓ Combustione premiscelata con avvio mediante scintilla
- Tipologia di combustibili
 - ✓ Benzina, metano, GPL, Bio-Etanoilo, ecc.
- Problematiche
 - ✓ Combustioni anomale
 - limiti su rapporto di compressione e quindi sull'efficienza
 - ✓ Combustione «lenta»
 - ✓ Efficienza ai carichi parziali
 - Impossibilità di combustione per miscele povere
 - ✓ Produzione di NO_x, CO e HC

Filmato da Sandia National Laboratories

Soluzioni a medio-termine



-11



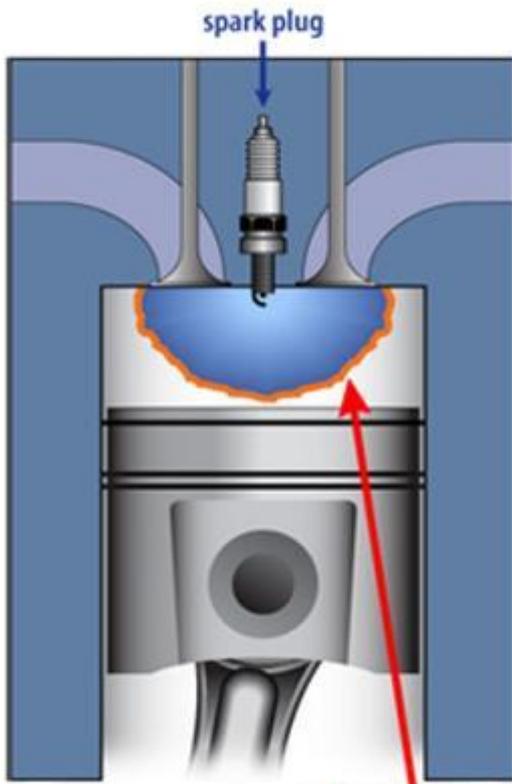
Sandia
National
Laboratories

- Motore ad accensione spontanea
 - ✓ Combustione diffusiva con avvio per autoaccensione
- Tipologia di combustibili
 - ✓ Gasolio
 - ✓ Nafta
 - ✓ Bio-Diesel
- Problematiche
 - ✓ Combustioni ad elevata temperatura
 - Necessità di generare condizioni di autoaccensione
 - ✓ Emissioni NOx e particolato (non solo a pieno carico)
 - Elevate temperature
 - Condizioni locali troppo ricche
 - ✓ Combustione intrinsecamente «lenta»

Filmato da Sandia National Laboratories

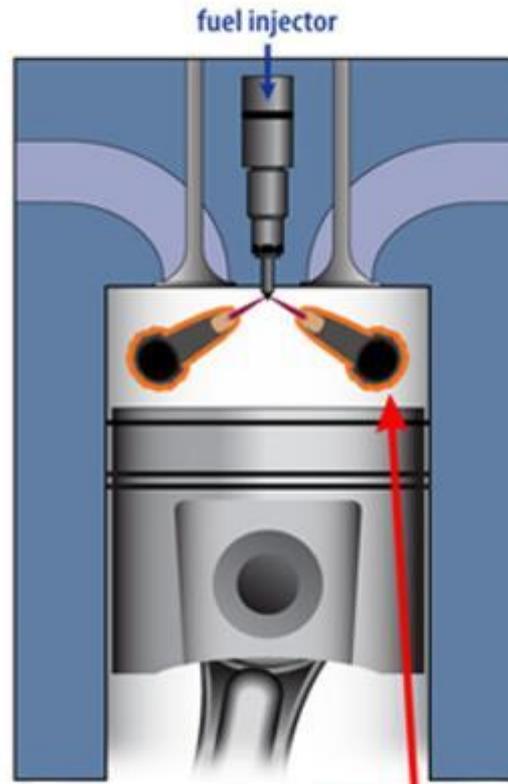
Il motore del futuro ... IBRIDO!

Gasoline Engine
(Spark Ignition)



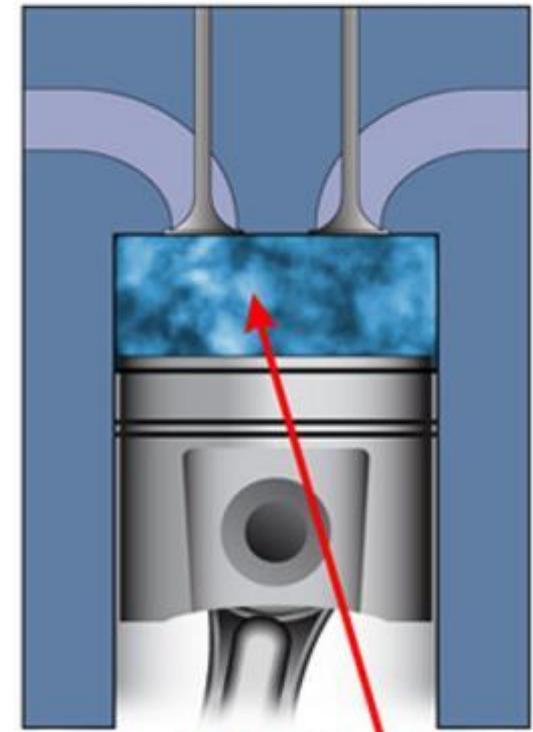
Hot-Flame Region:

Diesel Engine
(Compression Ignition)



Hot-Flame Region:

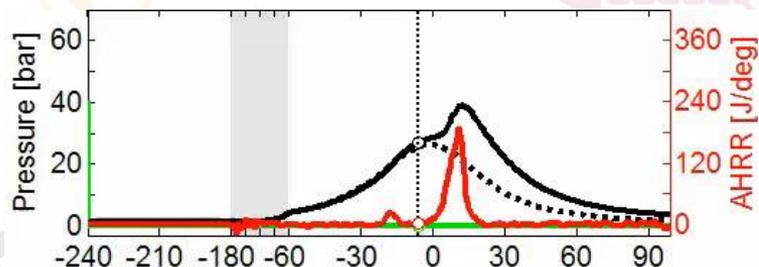
HCCI Engine
(Homogeneous Charge
Compression Ignition)



Low-Temperature Combustion:



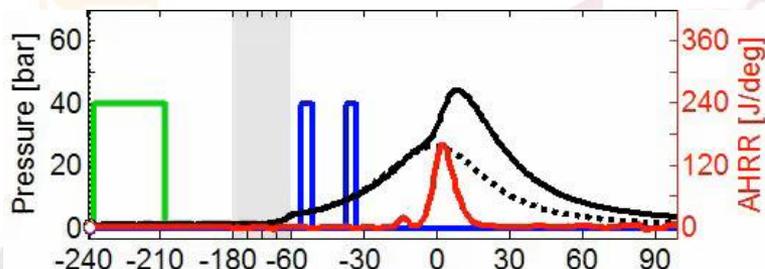
Soluzioni a medio-termine



- Motore HCCI
 - ✓ Combustione premiscelata con avvio per autoaccensione
- Tipologia di combustibili
 - ✓ Teoricamente qualsiasi
- Problematiche
 - ✓ Controllo dell'avvio
 - ✓ Difficoltà di coprire elevati range di utilizzo

Filmato da Sandia National Laboratories

Soluzioni a medio-termine



- Motore RCCI
 - ✓ Combustione premiscelata con avvio per autoaccensione indotta da un combustibile alto-reagente
- Tipologia di combustibili
 - ✓ Teoricamente qualsiasi
- Problematiche
 - ✓ Necessità di impegnare due combustibili
 - ✓ Difficoltà di coprire elevati range di utilizzo

Filmato da Sandia National Laboratories

Siamo lontani?

Non tanto!



Gli scenari del futuro

1979 ... nel pieno della crisi petrolifera!



Gli scenari del futuro

Il futuro che immaginavamo per 20 anni dopo ...



Gli scenari del futuro

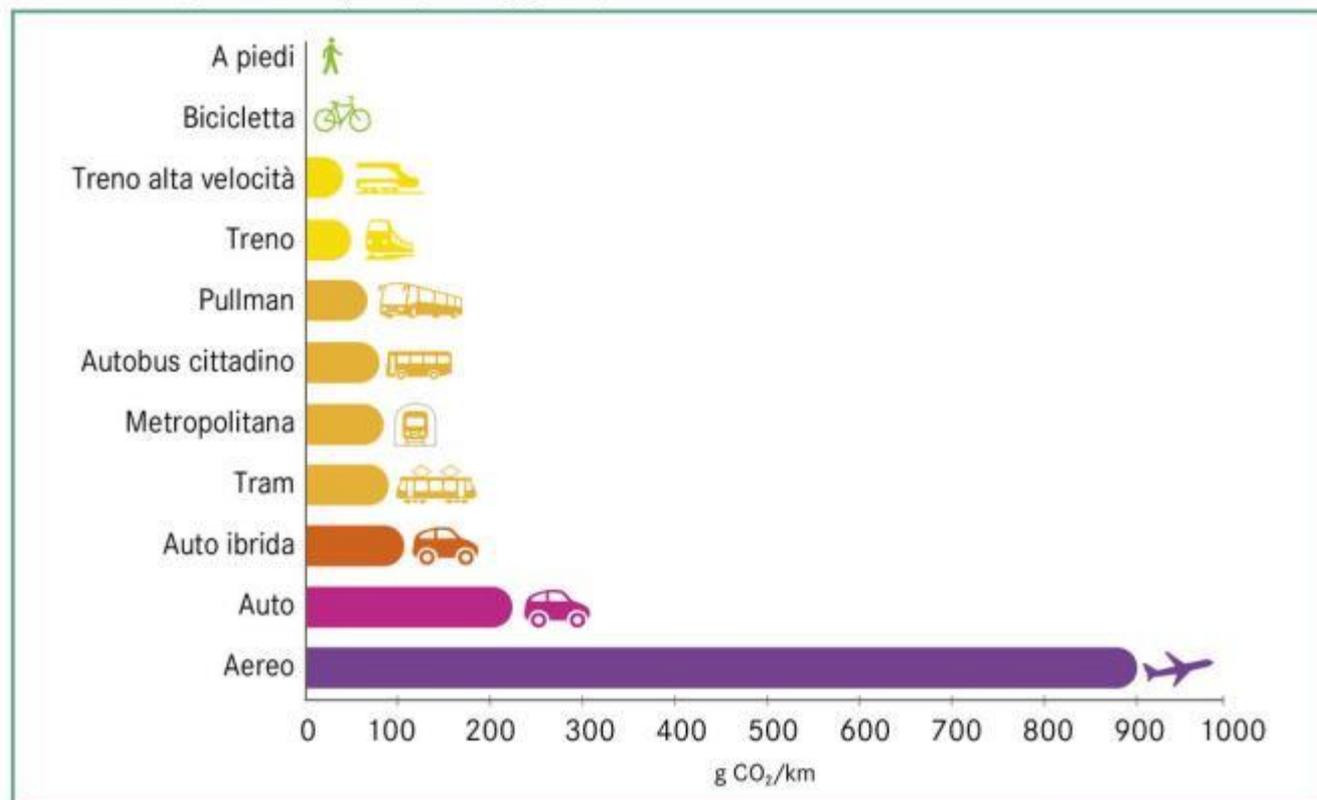
20 anni ancora dopo ... nel 2019 ... ecco il presente!



Gli scenari del futuro

Qual è il modo più ecologico per spostarsi?

(emissioni di CO₂ a chilometro per singolo viaggiatore)

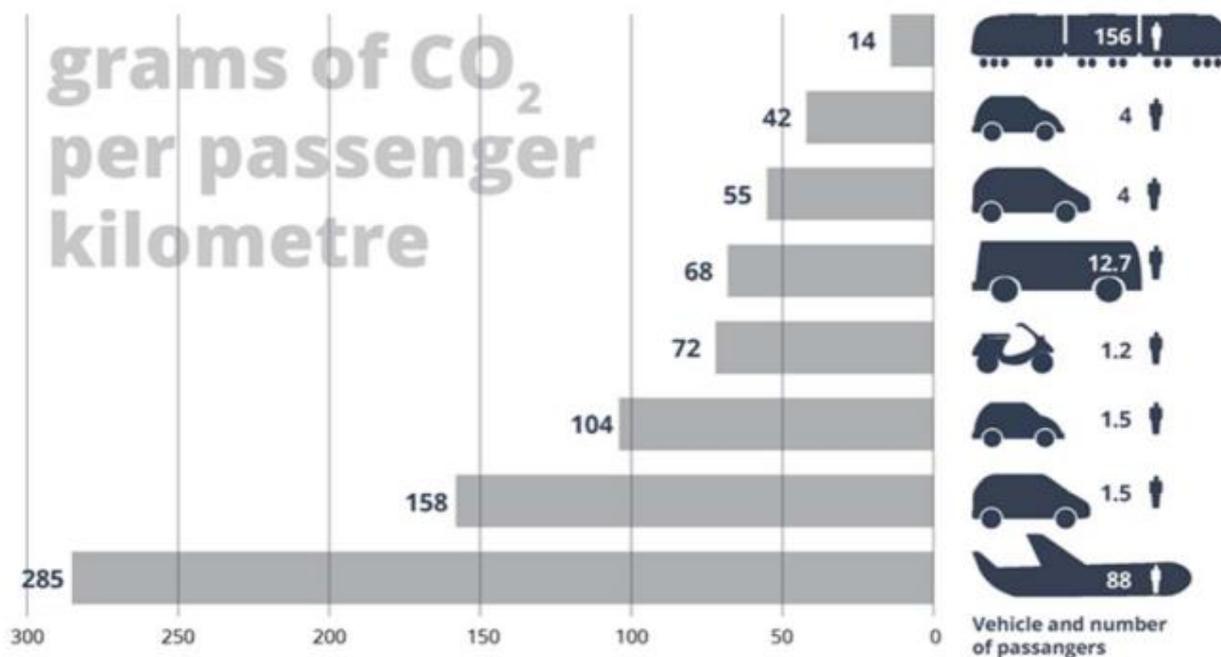


Fonte: Milieu Centraal, fondazione olandese, nata nel 1997, che si occupa di risparmio energetico ed efficienza delle infrastrutture.

Gli scenari del futuro

CO₂ emissions from passenger transport

European Environment Agency



Fonte: European Environment Agency report TERM 2014

Gli scenari del futuro

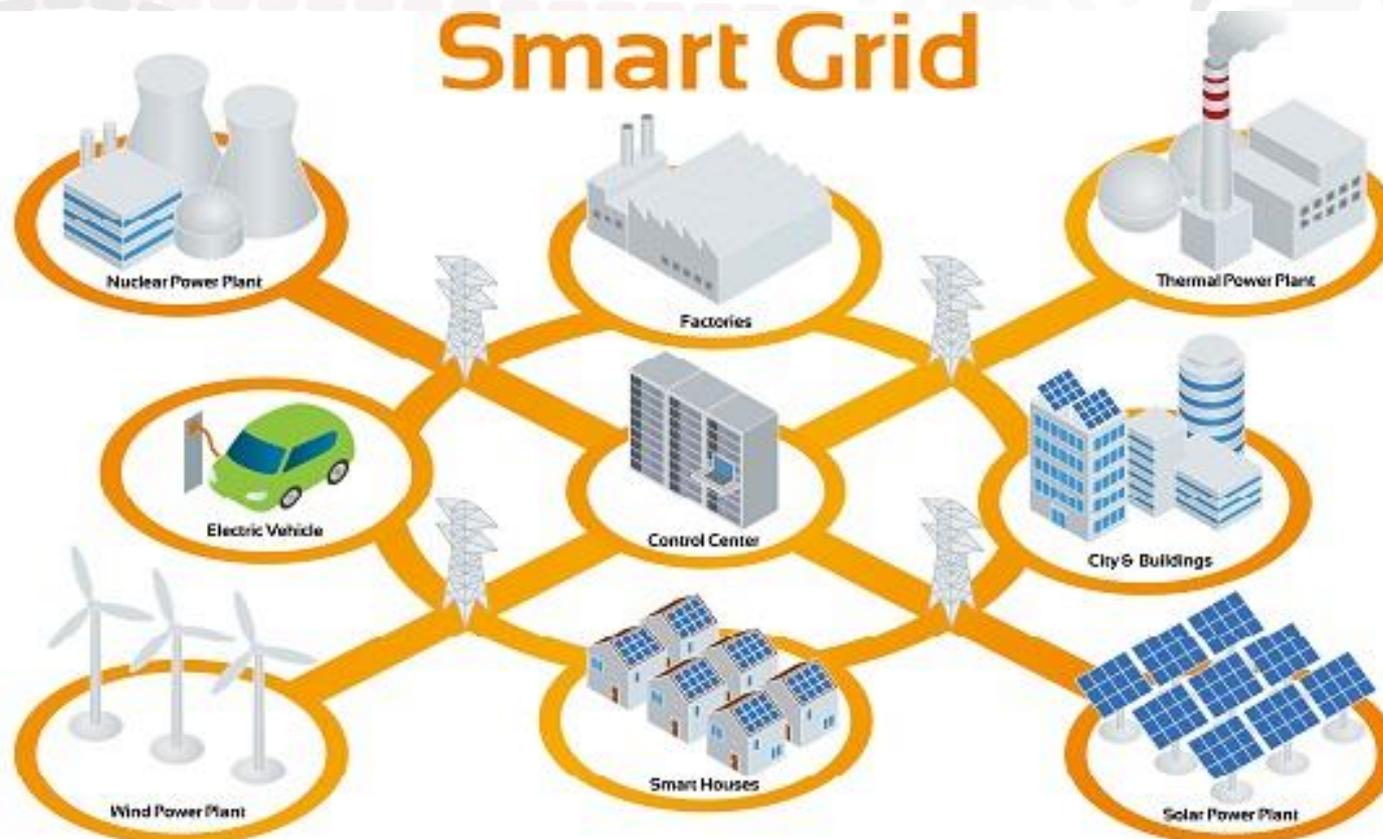


Immagine da Unicusano Master

Il futuro che dovremmo tutelare ...



San Quirico D'Orcia – Roberto Pacciani