



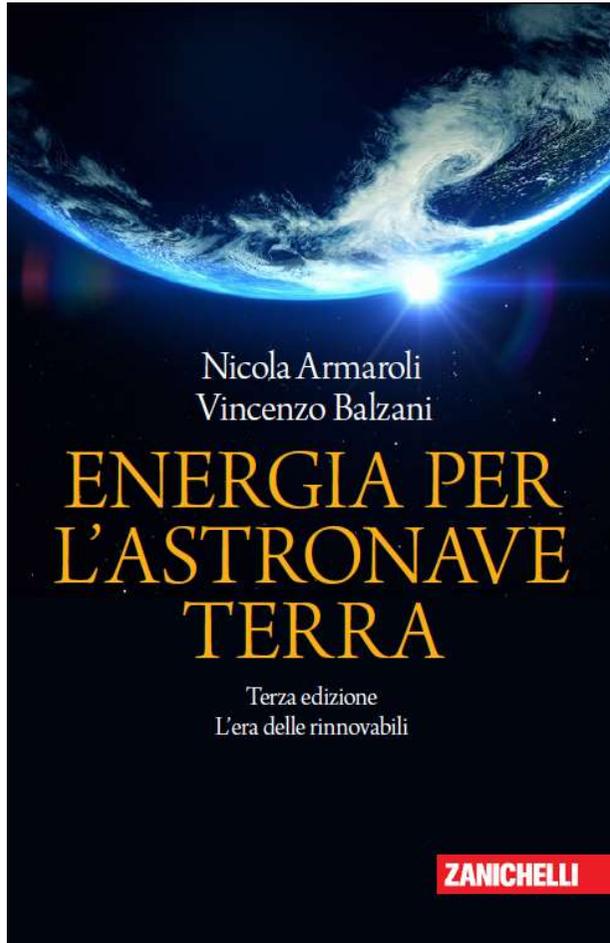
Consiglio Nazionale delle Ricerche

LA RIVOLUZIONE ELETTRICA PUÒ FAR BENE AI NOSTRI POLMONI? DA DOVE PRENDEREMO L'ENERGIA?

Nicola Armaroli

*CNR – Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività
nicola.armaroli@cnr.it — www.isof.cnr.it/armaroli-nicola*

Torino, 26 Novembre 2018



nicola.armaroli@cnr.it
www.isof.cnr.it/armaroli-nicola

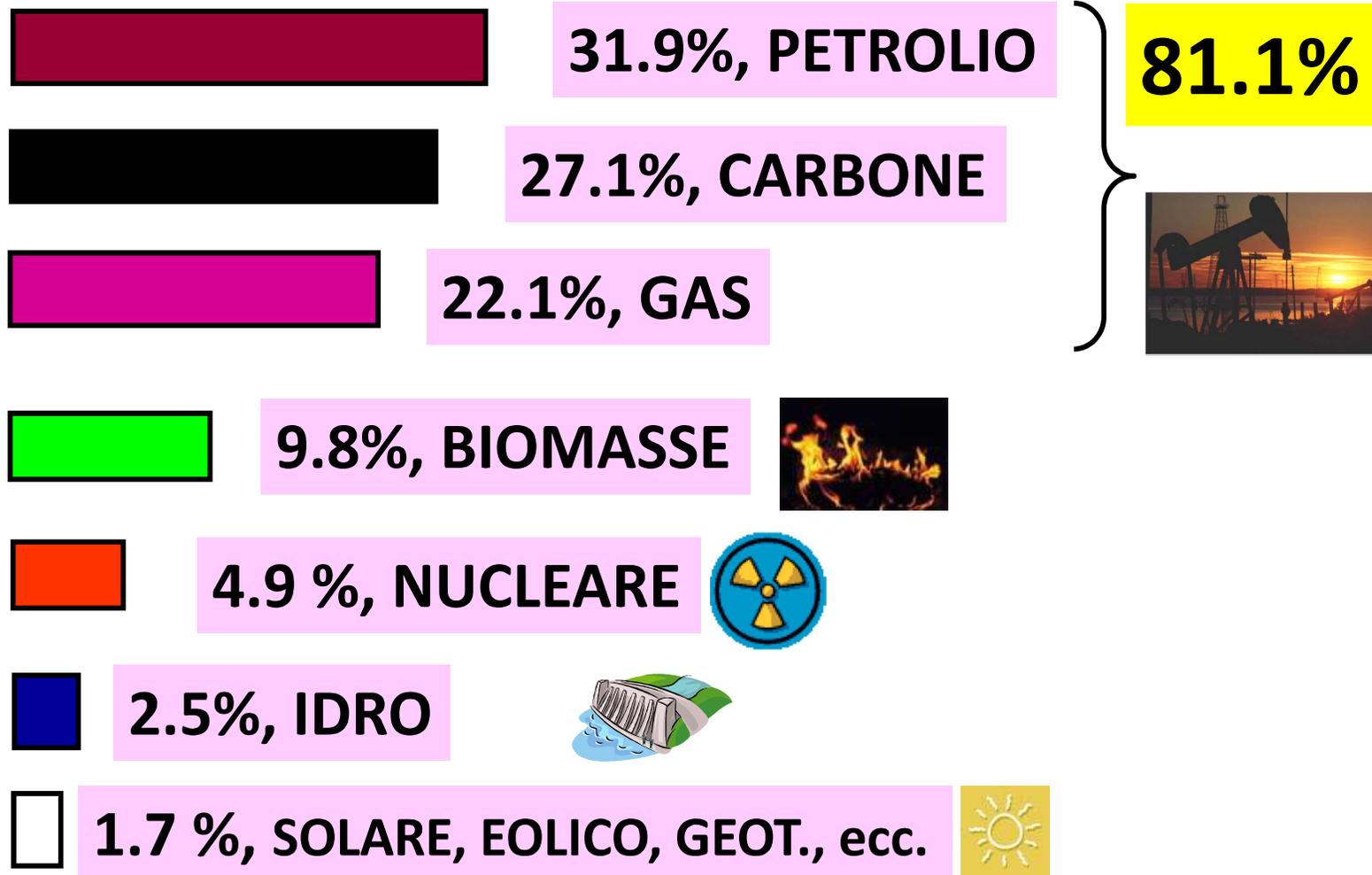
www.saperescienza.it

Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

ENERGIA OGGI: UN SISTEMA INSOSTENIBILE



CONSUMO MONDIALE DI ENERGIA PRIMARIA*



CONSUMO MONDIALE ANNUALE DI COMBUSTIBILI FOSSILI

PETROLIO



4.4 Gt



Uso principale:
Trasporti

CARBONE



7,6 Gt



Uso principale:
Elettricità

GAS



2.5 Gt



Vari usi

33.4 Gton
CO₂

LA NOSTRA "ETÀ DELL'ORO ENERGETICA"



Unità di misura ...
non convenzionale



"SCHIAVO ENERGETICO"
50 W per 8 ore

FRECCIAROSSA 1000



9.8 MW



196 000

**430 schiavi
per passeggero**

L'ENERGIA È COSTOSA! O NO ...?

costo PETROLIO:
50 \$/barile



0.28 €/litro

Meno caro di...



BENZINA: ca. 1.5 €/l
(65 % tasse!!!)



Più economica di ...



UNA SCOMODA VERITÀ

La benzina costa meno dell'acqua minerale al bar, nonostante un carico fiscale enormemente maggiore



IL PETROLIO



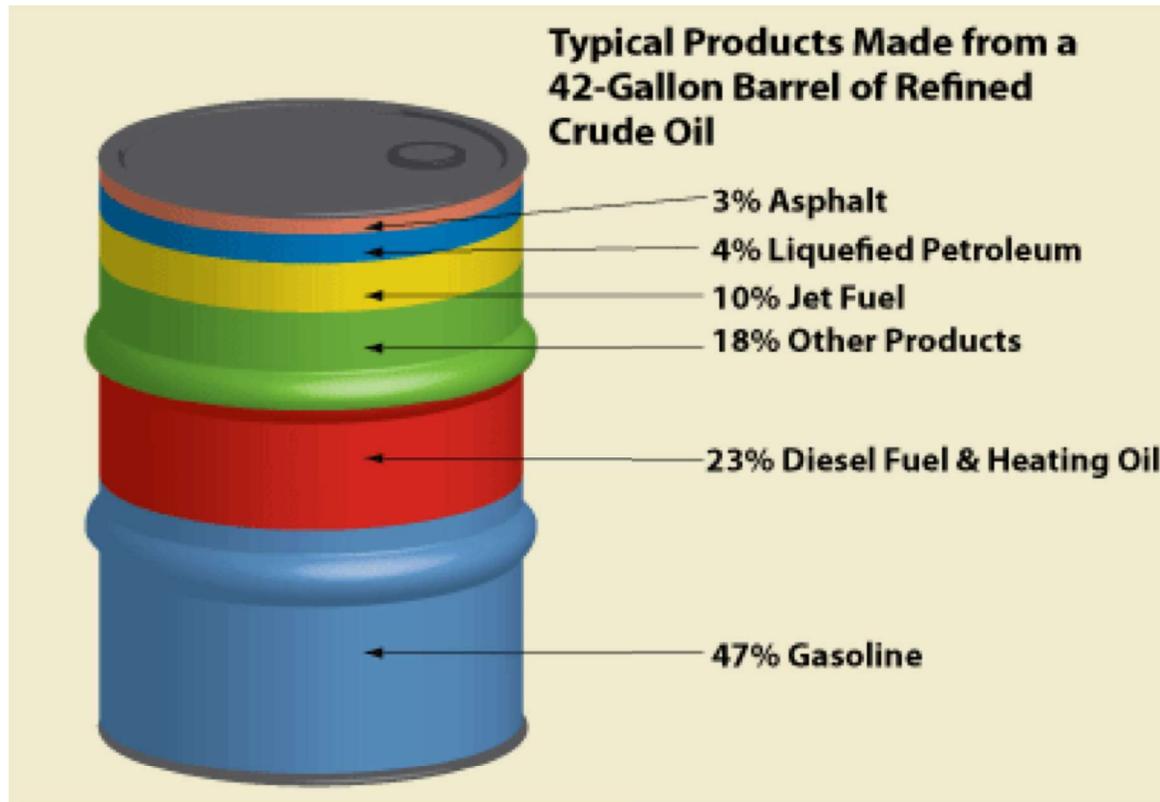
**Petrolio Convenzionale
(petrolio facile)**



**Petrolio NON Convenzionale
(petrolio difficile, "estremo")**



PETROLIO: UN PRODOTTO ... INSUPERABILE



**NON SI BUTTA
NULLA!**

PETROLIO E GAS "NON CONVENZIONALI" (=DIFFICILI)



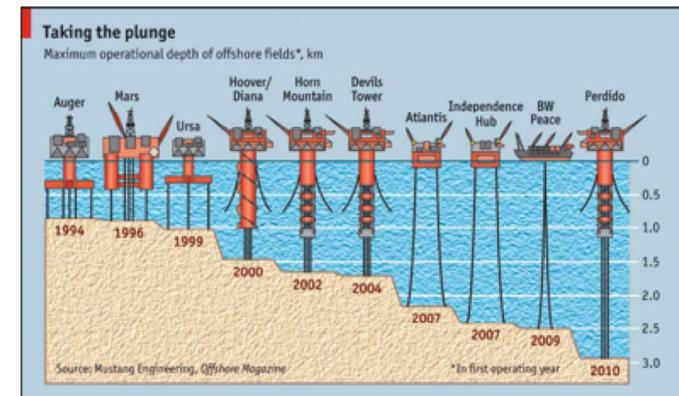
Sabbie bituminose



Petrolio/gas di scisto (fracking)

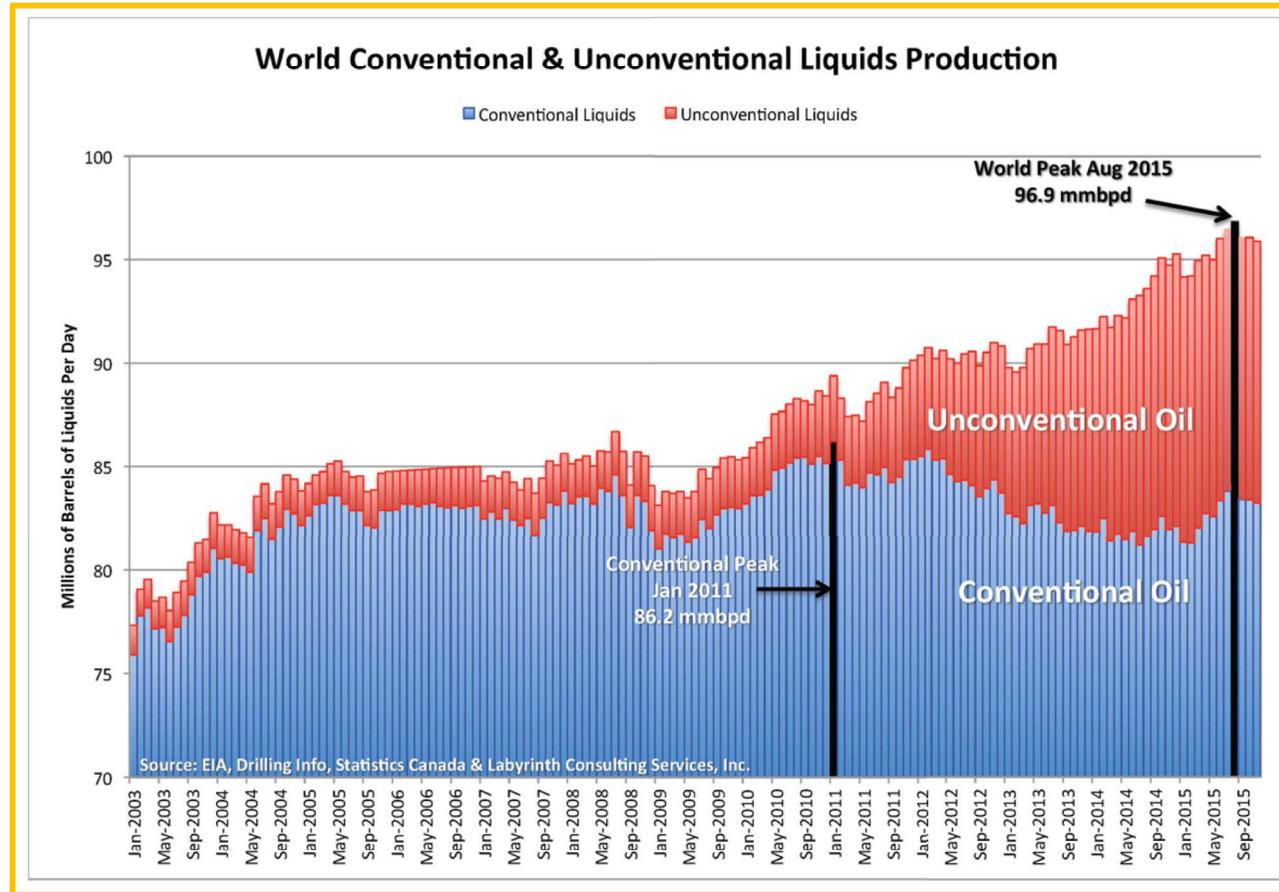


Estrazione in zone remote ...

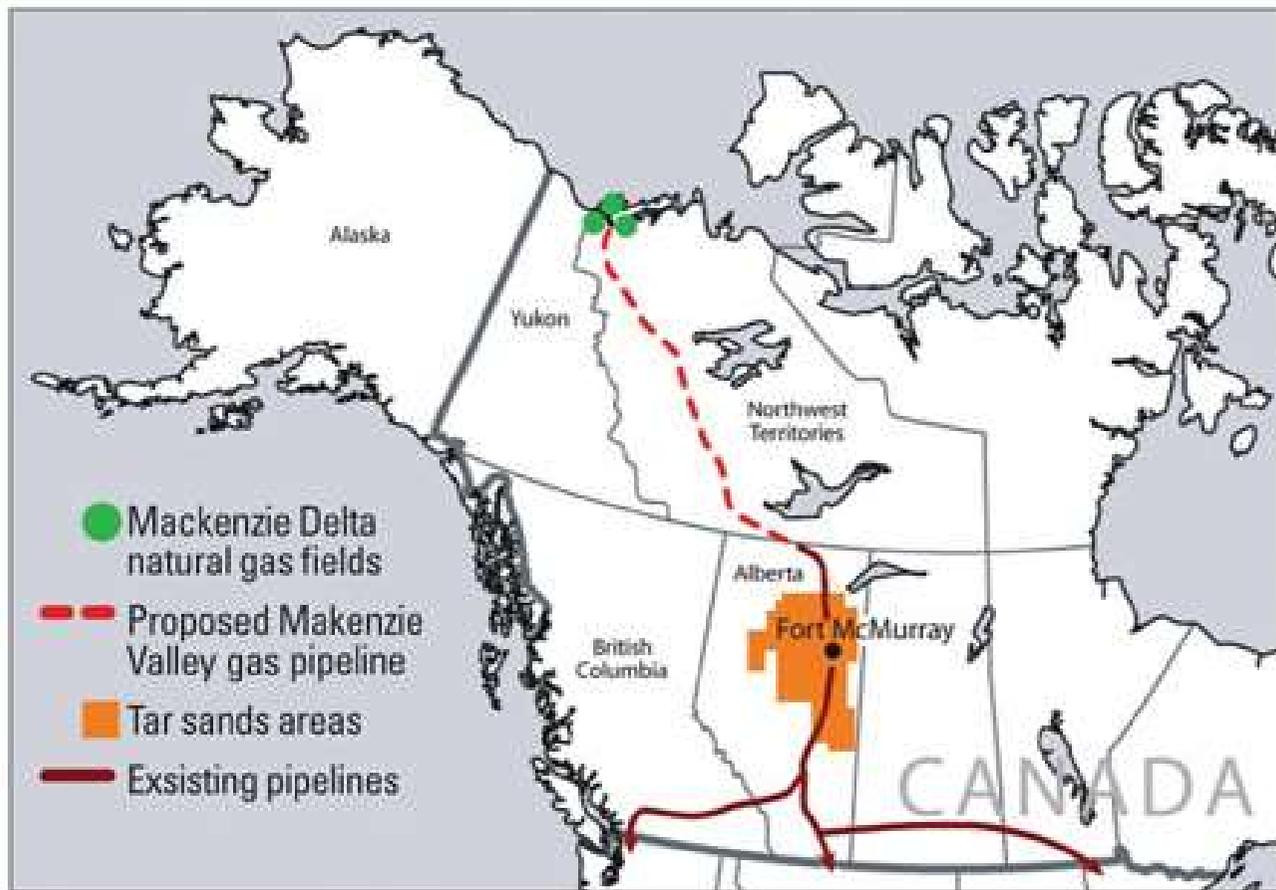


... o nel mare a profondità crescenti

L'ASCESA DEL PETROLIO NON CONVENZIONALE



SABBIE BITUMINOSE, Alberta (Canada)



DISTRUZIONE DELLA FORESTA BOREALE



Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

*“Solo quando avrai abbattuto l’ultimo albero,
quando avrai avvelenato l’ultimo fiume e
quando avrai pescato l’ultimo pesce,
capirai che il denaro non lo puoi mangiare”.*

Proverbio dei Nativi Americani

GLI ULTIMI 80 ANNI: L'ERA DEI COMBUSTIBILI FOSSILI



Ma tutto questo ha un prezzo ...

IL ROVESCIO DELLA MEDAGLIA



**Tensioni, guerre,
inquinamento, cambiamenti climatici**

CO₂: IL NEMICO INVISIBILE

SIAMO TUTTI COLPEVOLI:
LA MIA VECCHIA AUTO (dismessa nel 2018)



**2004, Diesel Euro 3
203 000 km**

Gasolio bruciato:
13 067 litri, 11.1 ton
(7.1 volte il suo peso)

**CO₂ emessa
33.5 ton
(21.3 volte il suo peso)**

UN VELOCE RISCALDAMENTO INDOTTO DALLE ATTIVITÀ UMANE È UN FATTO

Ghiacciai nel mondo



<http://climate.nasa.gov/sof/>

Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

CALOTTA ARTICA



DAL 1979 AD OGGI (mese di Agosto)

-35% IN SUPERFICIE

-65% IN VOLUME

www.nsidc.org

'Climate change moving faster than we are,' says UN Secretary General

By Matt McGrath
Environment correspondent

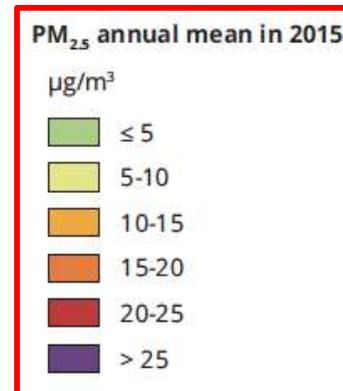
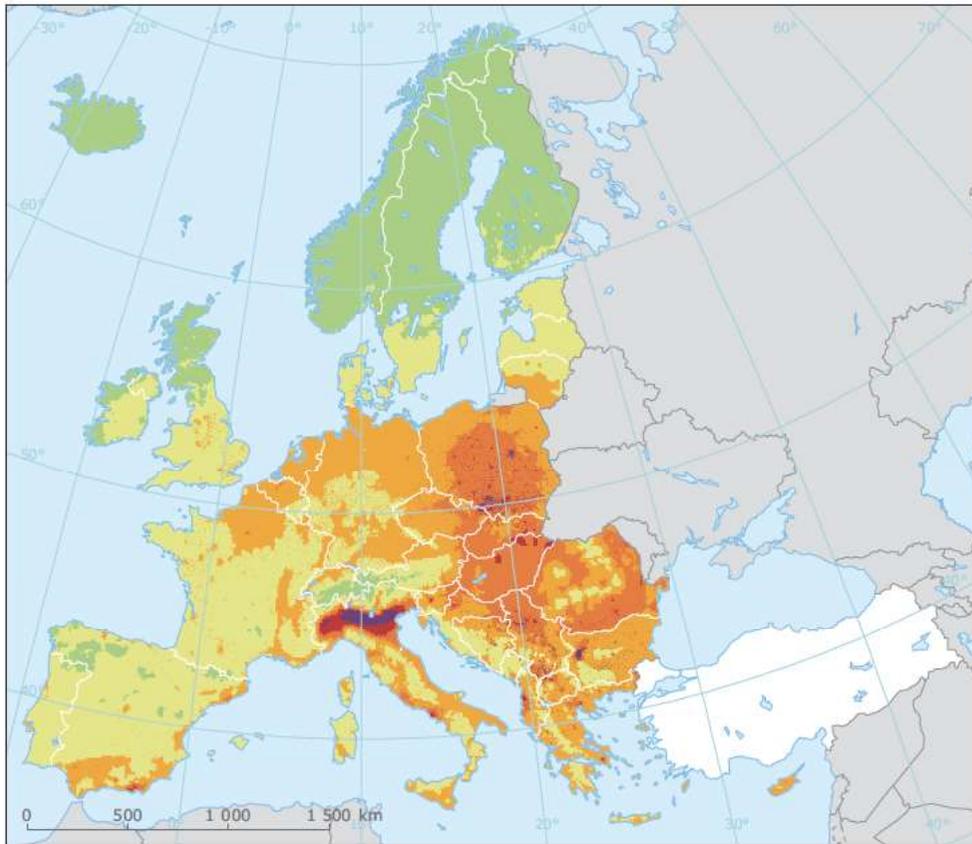
🕒 10 September 2018

[f](#) [m](#) [t](#) [e](#) [Share](#)



"We are careering towards the edge of the abyss,"
Mr. Guterres said.
"Our fate is in our own hands."

INQUINAMENTO ATMOSFERICO IN EUROPA



NUMERO DI MORTI PREMATURE IN ITALIA

PM 2,5: 60 600
NO₂: 20 500
OZONO: 3 200

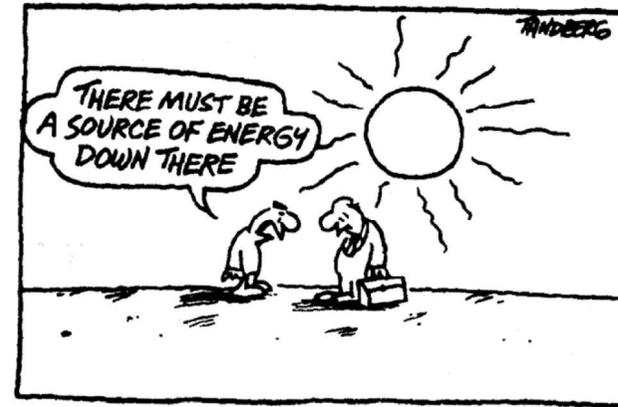


Air Quality in Europe 2018
European Environment Agency

DAI FOSSILI ALLE RINNOVABILI



LA SOLUZIONE DEFINITIVA E PERENNE



Il sole brillerà per altri **3-4 miliardi di anni**

Il sole invia sulla Terra **in un'ora** una quantità di energia pari a quella che l'umanità consuma **in un anno**

NB: L'energia solare è presente in forma DIRETTA e INDIRECTA

SIAMO PRATICI: COSA CI SERVE?

DISTRIBUZIONE DEI CONSUMI FINALI IN EUROPA

ELETTRICITÀ
25%



COMBUSTIBILI 75%



ELETTRICITÀ RINNOVABILE: WATER, WIND, SOLAR (WWS), + altre ...

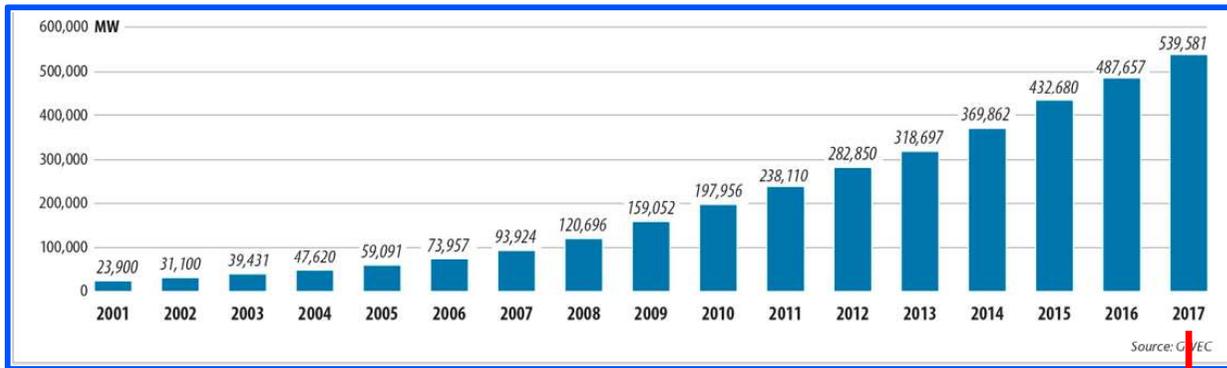


27% della produzione elettrica mondiale è GIÀ rinnovabile!

REN 21, Global Status Report, 2018

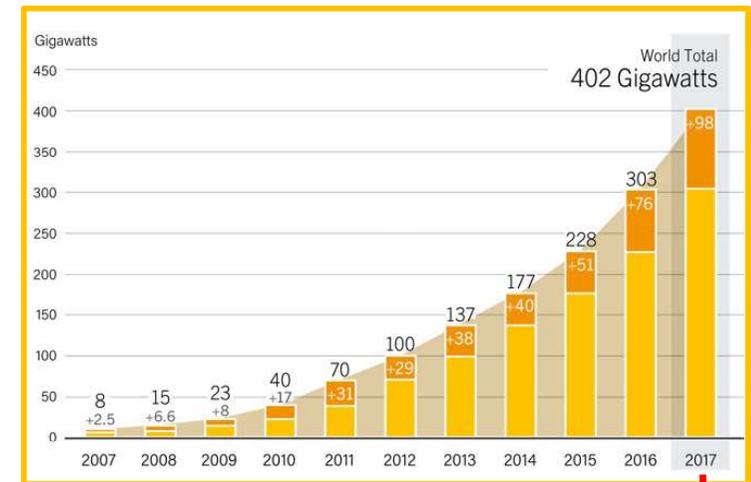
LA CRESCITA IMPETUOSA DI EOLICO FOTOVOLTAICO NEL MONDO

EOLICO, 2001-2017



Global Wind Energy Council, 2018

FOTOVOLTAICO, 2007-2017



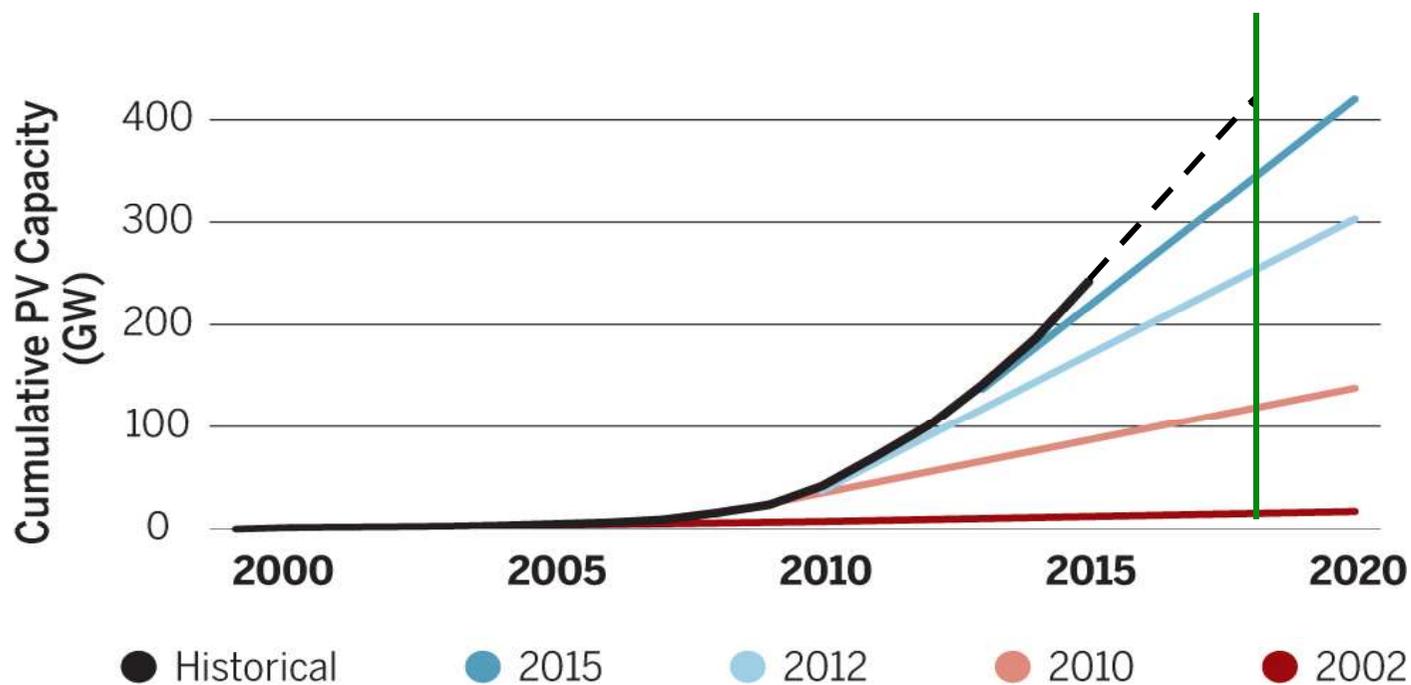
REN 21, Global Status Report, 2018

2017: produzione equivalente a 220 CENTRALI NUCLEARI

540 GW

402 GW

CHI LO AVEVA PREVISTO? NESSUNO ...



WARNING
MOLTO
RISCHIOSO
FARE PREVISIONI
IN CAMPO
ENERGETICO!

**PREVISIONI PUBBLICATE DALLA IEA,
NEL TEMPO**

Science **2017**, 356, 141

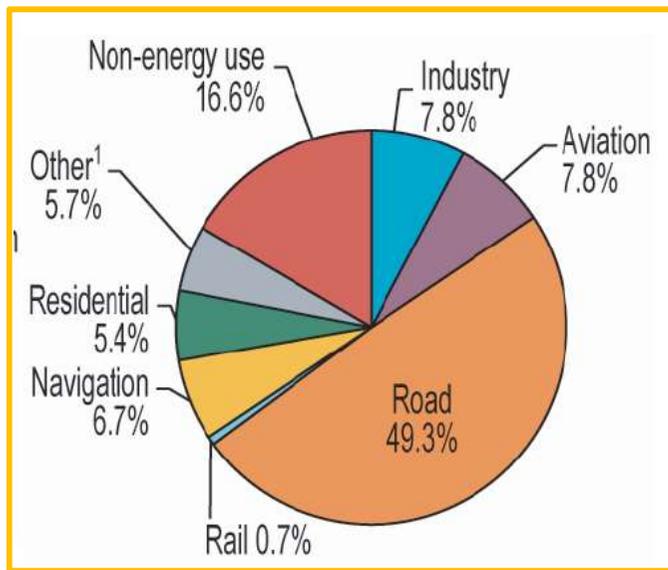
LO SNODO DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA: I TRASPORTI



IL PETROLIO E I TRASPORTI

Produzione mondiale petrolio 2017: **92.6 Mbl/g, 33.8 Gbl/a**

Valore di mercato 2017: **1.8 trilioni di dollari (54 \$/bl)**



IEA, 2018

TRASPORTI
64,5%

FATTURATO MONDIALE
SETTORE AUTO
2,8 TRILIONI DI DOLLARI
4% DEL PIL MONDIALE



IL PETROLIO: GLI ALTRI COSTI

Emissioni CO₂: **11.1 Gton/a** (34.6 %)

Inquin. Atmosferico: **400.000** morti premature l'anno in EU



INQUINAMENTO
DEI MARI



GUERRE



CAMBIAMENTO
CLIMATICO

ALTERNATIVE NEL TRASPORTO SU STRADA: BIOCOMBUSTIBILI O ELETTRICO?



CONFRONTO NEL ... NOSTRO GIARDINO

BIODIESEL, da colza

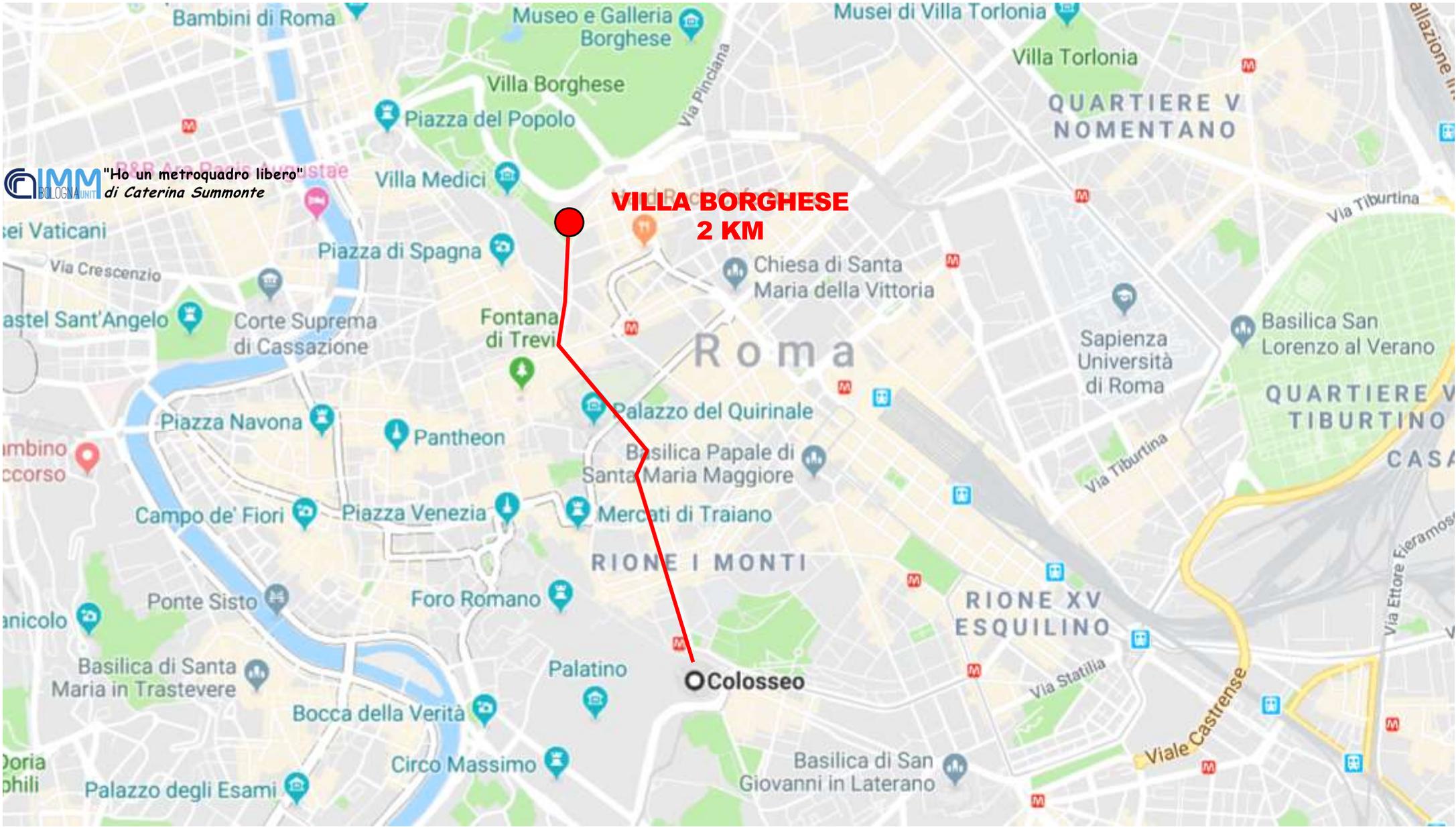
su 1 m² di terreno coltivo **COLZA** e produco biodiesel. Quello che ottengo in un anno lo metto nel serbatoio di un'auto diesel...



... quanti chilometri faccio?



"Ho un metroquadro libero"
di Caterina Summonte



CONFRONTO NEL ... NOSTRO GIARDINO

ELETTRICITÀ

su 1 m² installo un pannello fotovoltaico. Con l'elettricità ottenuta in un anno, carico una batteria di un'auto elettrica...

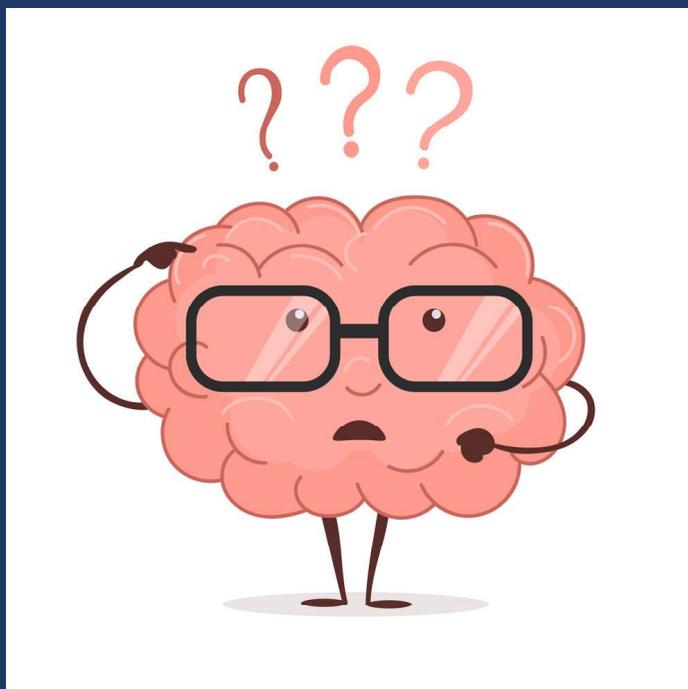


... quanti chilometri faccio?



 "Ho un metroquadro libero"
di Caterina Summonte

AUTO ELETTRICA vs. TRADIZIONALE E I COSTI (NON SOLO ECONOMICI!)



MIA VECCHIA AUTO (2004)



A/R dal lavoro: **50 km**

Energia bruciata: **32 kWh**
(3.2 l gasolio)

Alle ruote: **7.0 kWh (22%)**

CO₂ emessa: 8,3 Kg

Spesa gasolio: 4.8 €

MIA NUOVA AUTO (2018)



A/R dal lavoro: **50 km**

Energia usata: **6.5 kWh**

Alle ruote: **5.5 kWh (85%)**

CO₂ emessa: 0 g

Spesa elettricità: 1.3 € (-73%)

**IL SISTEMA DEI
TRASPORTI
ATTUALE:
INSENSATO**

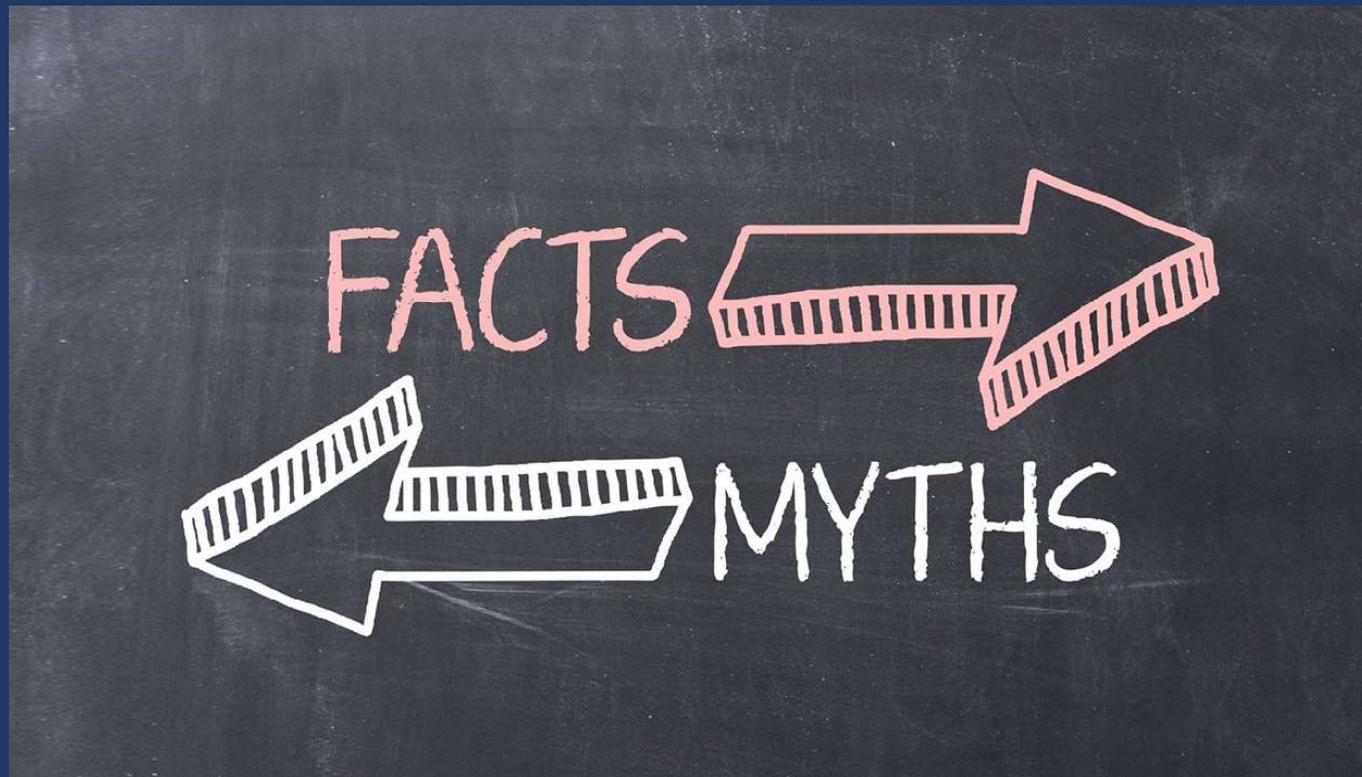
DI COSA STIAMO PARLANDO (NISSAN LEAF 2018)

PDM
INVERTER
MOTORE
RED. DRIVE



BATTERIA

I MITI SULL'AUTO ELETTRICA



MITO 1: L'AUTONOMIA È BASSA

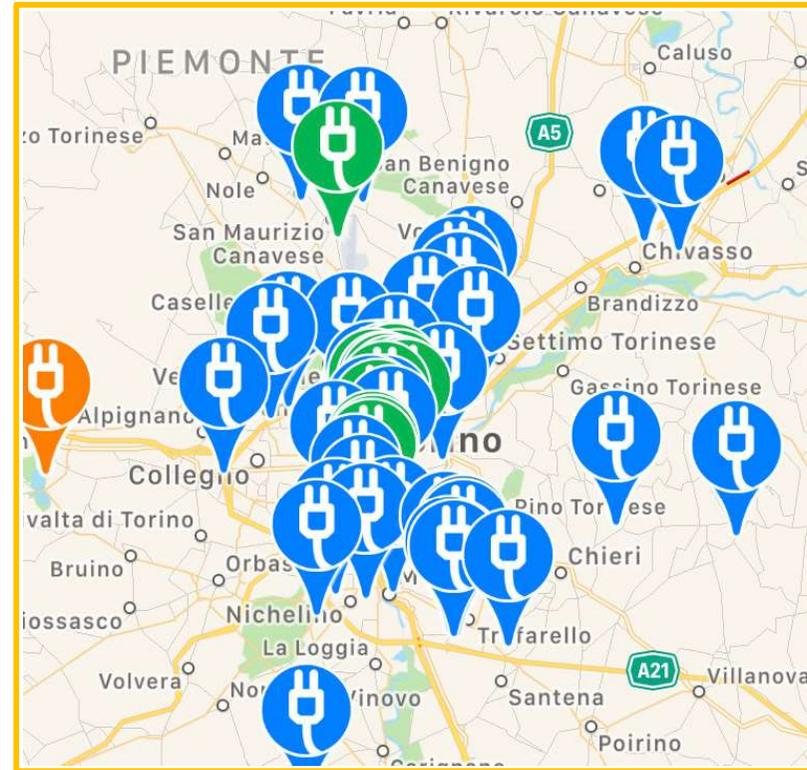
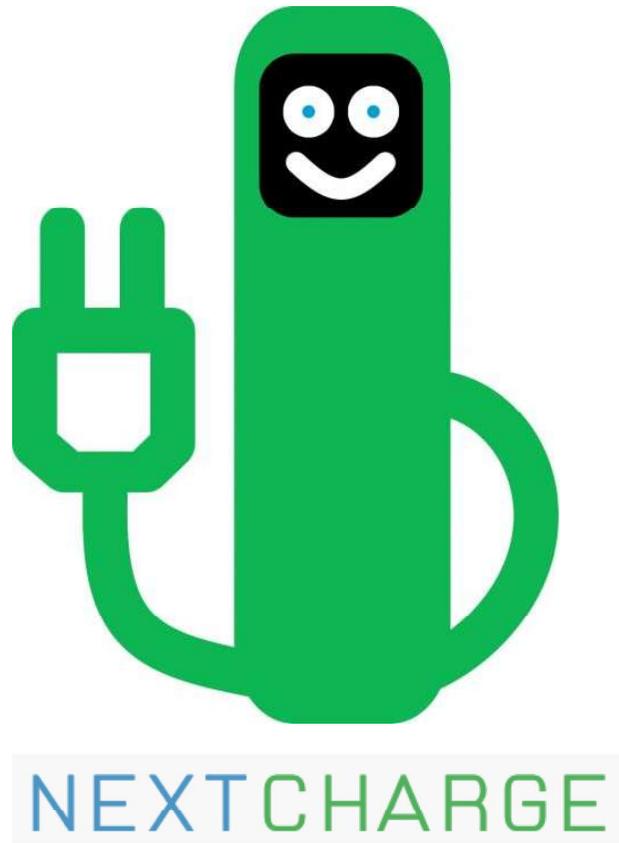


PASSO GARDENA, LUGLIO 2018



AFFI, LAGO DI GARDA, LUGLIO 2018

MITO 2: NON CI SONO STAZIONI DI RICARICA



MITO 3: INQUINA PIÙ DI UN'AUTO DIESEL, PERCHÉ L'ELETTRICITÀ SI PRODUCE COL CARBONE

In Italia le fonti **rinnovabili** coprono già **il 30-40%** della produzione nazionale

Il **carbone** incide per **meno del 10%**, **petrolio zero**, **gas 30-40%**

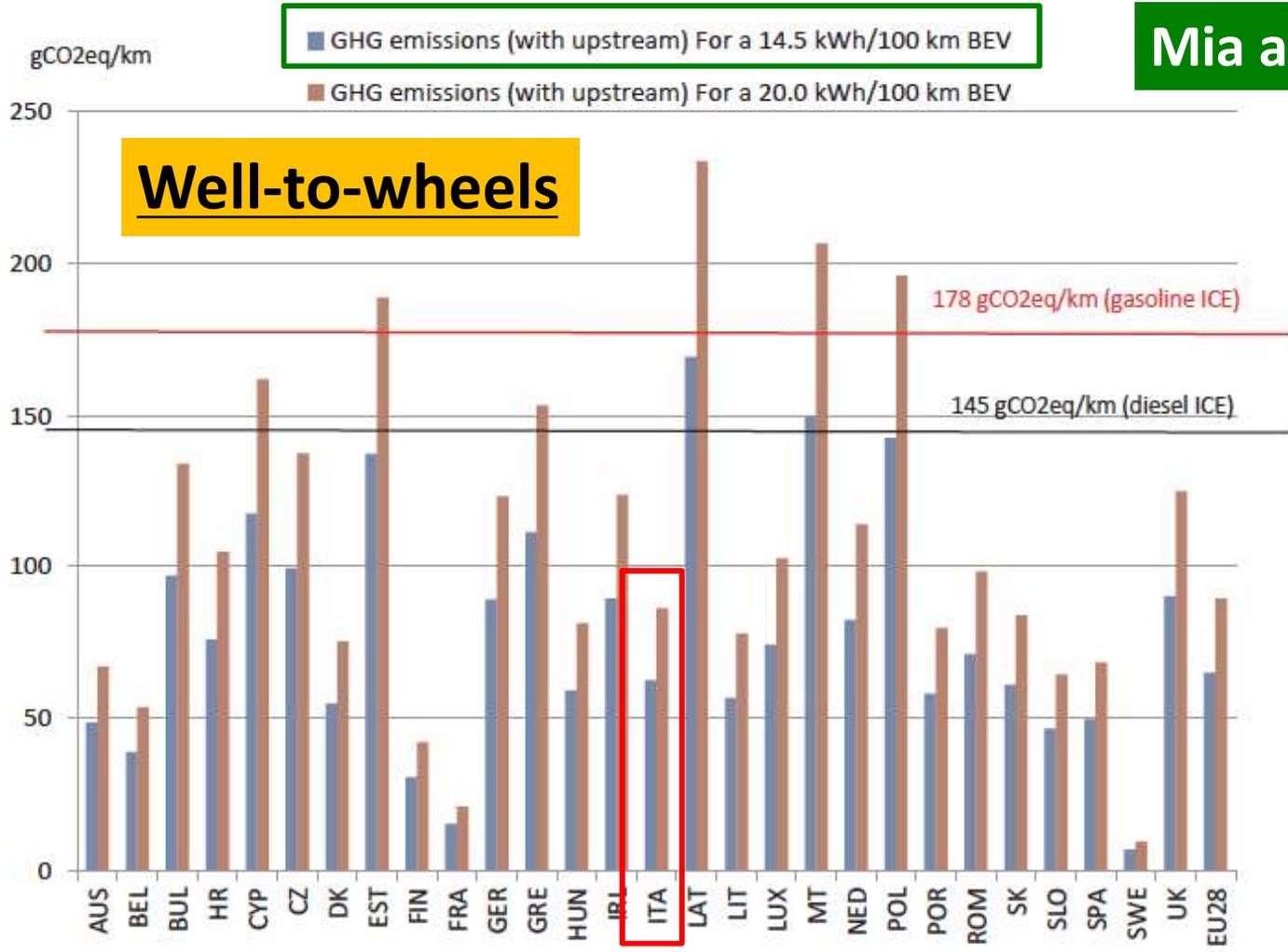
Rinnovabili EU: 30%. Nel 2000 era il 12% e **nel 2030 sarà il 50%**

**E COMUNQUE
DECIDI TU CHI È
IL TUO FORNITORE!**



Mia auto: - 65% CO₂

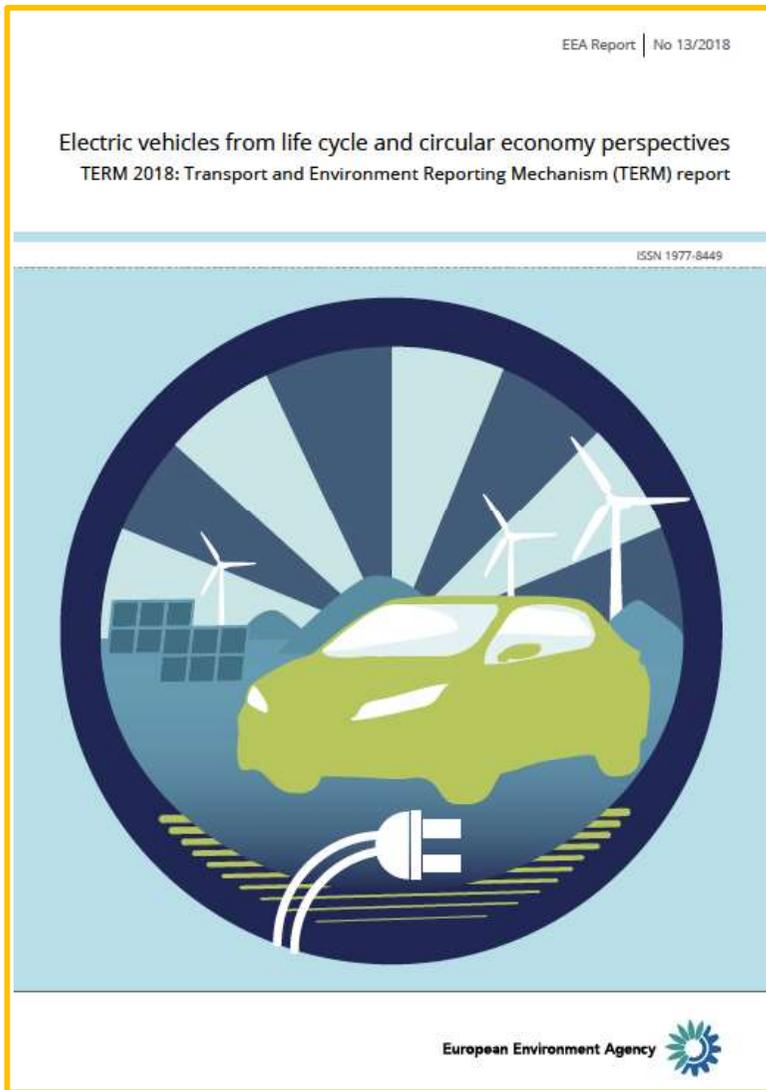
Well-to-wheels



--- ➔ **Auto a benzina**
--- ➔ **Auto diesel**

A. Moro, L. Lonza,
Transp. Res. D, **2018**, 64, 5
JRC, Joint Research Centre
of the EU Commission

Fig. 3. GHG emissions due to the use of electric vehicles in the European Union.



**AGGIORNAMENTI
CONTINUI ...**

Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

LA SUPERBUFALA DELL'ANNO SULL'AUTO ELETTRICA



Diesel, CNR: "Con gli Euro 6 meno CO2 dei benzina, e sono più puliti delle elettriche"



Secondo un report del Consiglio Nazionale delle Ricerche, i motori a gasolio di ultima generazione emetterebbero meno anidride carbonica di quelli a benzina. E considerando l'intero ciclo di prodotto, ovvero dalla fabbricazione alla dismissione, anche delle auto a batteria

di F. Q. | 29 maggio 2018

valori Notizie di finanza etica ed economia sostenibile

«Il diesel inquina meno dell'elettrico». Una sorprendente analisi del CNR spiega perché

L'Istituto Motori CNR: considerando l'intero ciclo di vita, le emissioni dei veicoli elettrici sono simili ai diesel. Cruciale l'origine dell'energia usata

Di Andrea Barolini

Le auto elettriche inquinano più dei diesel, il CNR difende i moderni Euro 6

Il dibattito sull'ecologia dei moderni motori Euro 6 a gasolio si gioca sulla CO2 e secondo il CNR inquinano meno anche delle auto elettriche



Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

MITO 3: SE TUTTI AVESSERO UNA E-CAR I CONSUMI ELETTRICI SALIREBBERO ALLE STELLE



CONSUMO: **0.18 kWh/km**

In Italia: **37 milioni di auto**

Chilometraggio medio: **12000 km/anno**

Se Tesla S, consumerebbero: **80 TWh**
(tutti gli italiani in auto extra lusso!)

Italia, 2016: **110 TWh da RINNOVABILI** (ca. 35% del consumo totale)



49%



19%



16%



13%



5%

IL PROBLEMA DELLA RICARICA C'È, MA È DIVERSO



Stazione di ricarica veloce da 95 kW

Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

1 milione di auto collegate in contemporaneamente a 500 mila stazioni come questa:

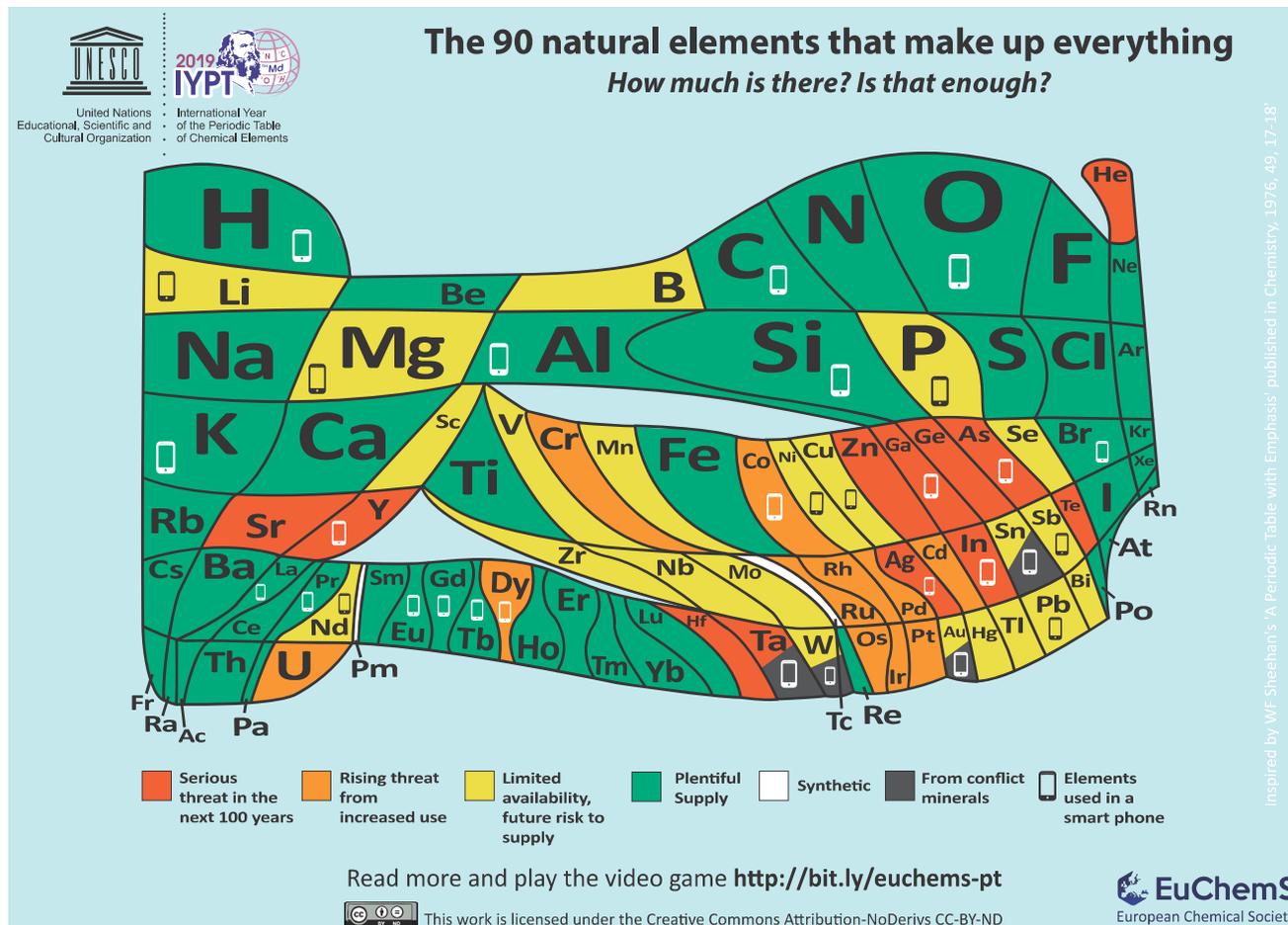
48 GW di domanda elettrica
Pari alla domanda di punta giornaliera media nazionale

LA DIFFUSIONE DEL TRASPORTO ELETTRICO RICHIEDERÀ UNA RETE ELETTRICA SEMPRE PIÙ INTELLIGENTE

NON SARÀ UNA PASSEGGIATA: I COLLI DI BOTTIGLIA DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA

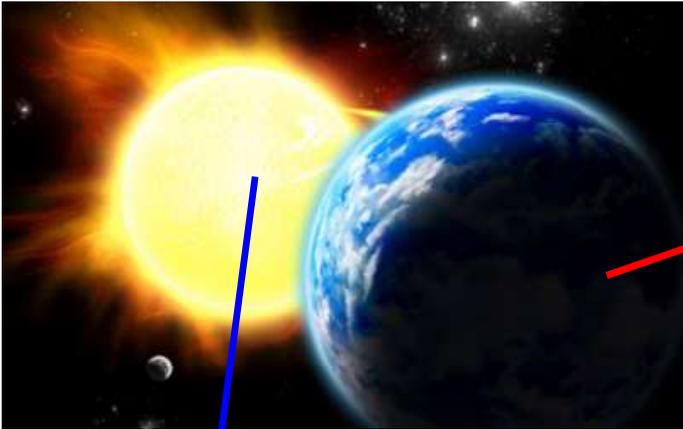


IL COLLO DI BOTTIGLIA MATERIALE



IYPT 2019
The EuChemS
Periodic Table

LE TECNOLOGIE ELETTRICHE RINNOVABILI SONO AD ELEVATA "INTENSITÀ MATERIALE"



Occorrono CONVERTITORI E ACCUMULATORI DI ENERGIA SOLARE: fatti di materiali "terrestri", quindi disponibili in modo limitato

ENERGIA SOLARE
Input "extraterrestre"
largamente superiore
al nostro fabbisogno



ELEMENTI RARI NELLE TECNOLOGIE ENERGETICHE, EFFICIENTI E DIGITALI



Nd, Pr, Dy



Nd, Pr, Dy, La, Ce; Li, Co



**Oltre 40
elementi!**

L'AUTO ELETTRICA (BATTERIA)



**Il COBALTO
è ancora più
critico**

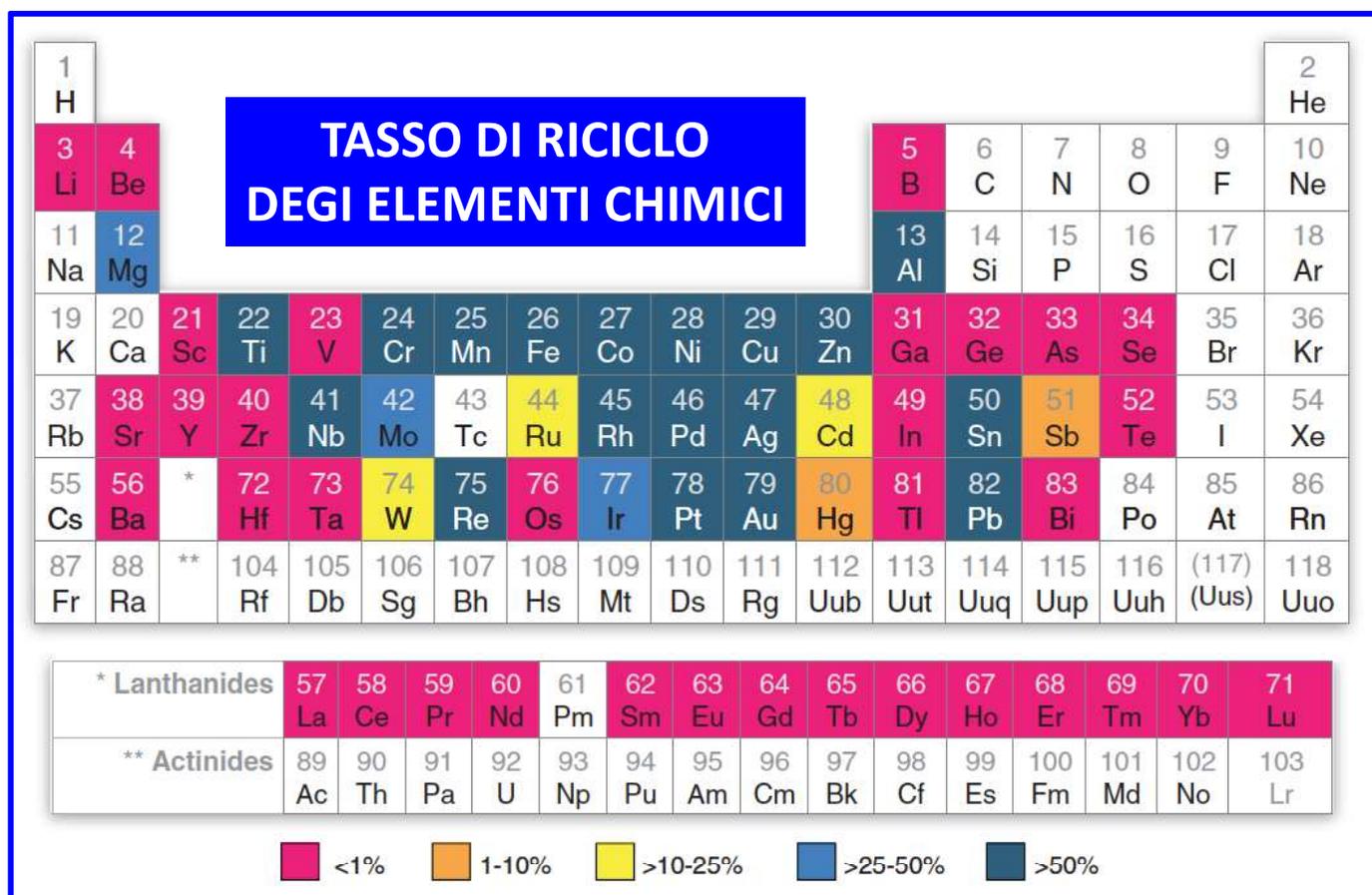
Auto vendute annualmente nel mondo: **80 milioni**

Se elettriche: **≈ 800 000 ton/a** di Litio (10 kg/auto)

Attuale produzione mondiale di Litio: **43 000 ton/anno** (USGS, 2017)

Il litio non serve solo per le batterie delle auto ...

LA STRADA OBBLIGATA: RICICLARE



Science
2012, 337, 690

SI PUÒ RICICLARE UNA BATTERIA AL LITIO?



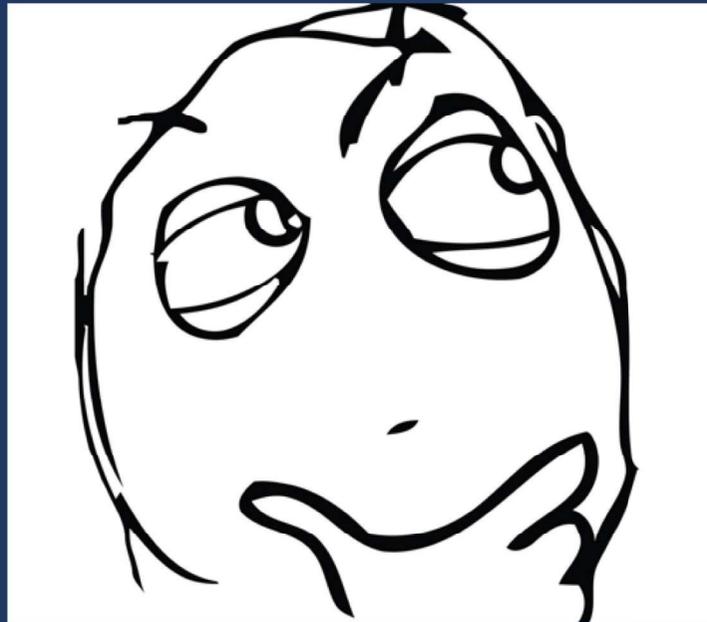
Peso: 208 kg

**24 MODULI DA 8 CELLE:
296 CELLE**

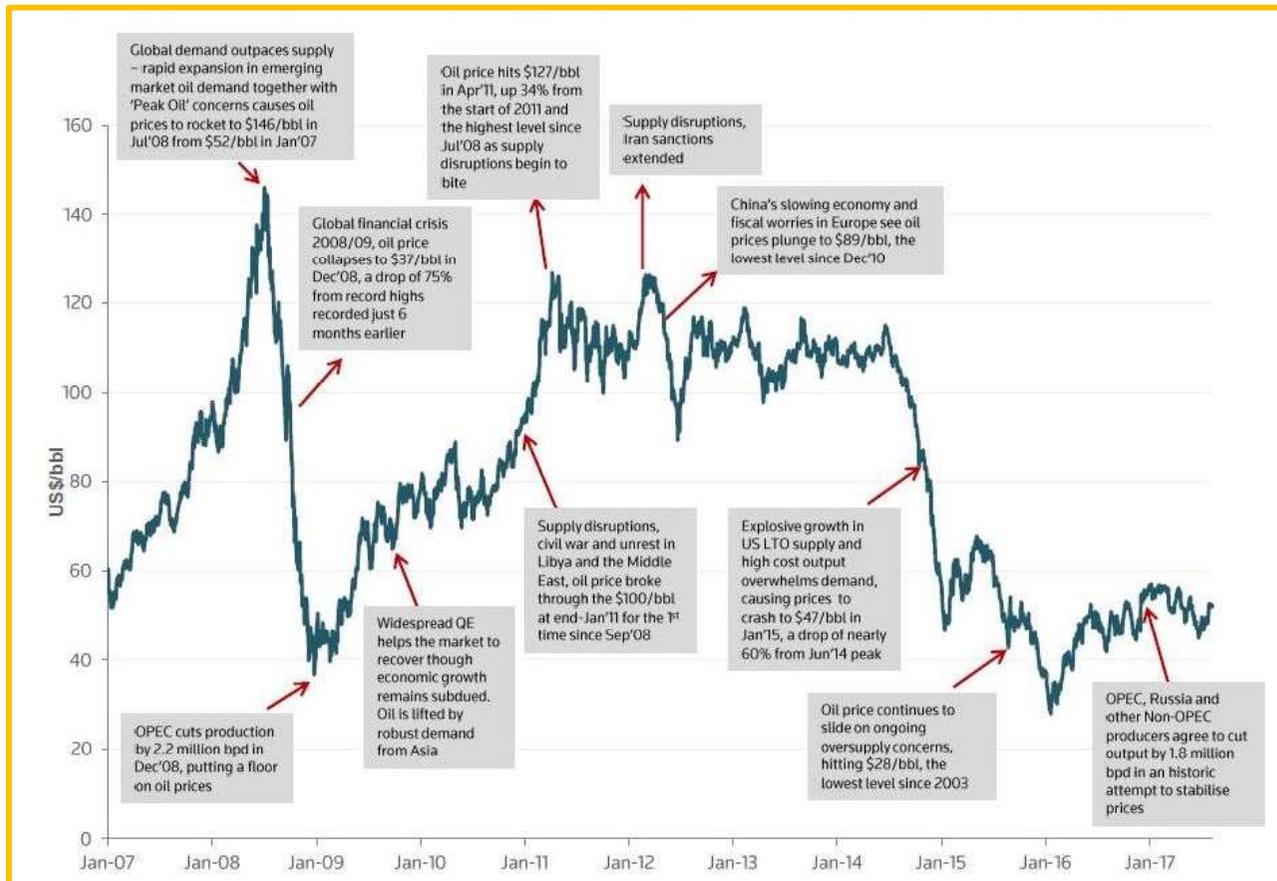
BATTERIA NISSAN LEAF 2018, 40 kWh



RIFLESSIONE FINALE



PREZZO DEL PETROLIO: 10 ANNI DI MONTAGNE RUSSE



Thompson Reuters, 16 August 2017

Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

11 Luglio 2008: **147 \$/barile**

26 Novembre 2018: **50 \$/barile**

Timori sul "picco del petrolio"

Crisi finanziaria del 2008

Aumento della domanda in Cina e India

Primavera arabe

Speculazioni finanziarie

Decisioni del cartello dei produttori OPEC

Boom del petrolio da fracking in USA

Calo della domanda in EU/USA

Guerre e tensioni: Libia, Iran, Russia, ...

DOPO 45 ANNI, SIAMO ANCORA LÌ ...



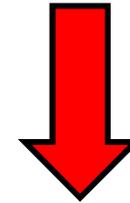
Milano, Corso Buenos Aires, Autunno 1973





BATTERIA CARICA AL 100%

40 kWh



Equivalenti a

4 LITRI DI BENZINA

Autonomia : 300 km

"L'AUTO DA 75 km/l" ESISTE GIÀ ...



MA ... È QUESTO IL FUTURO CHE VOGLIAMO?



Nicola Armaroli, CNR Bologna – Torino, 26 Novembre 2018

NO! LA RIVOLUZIONE DEVE ESSERE TOTALE

TRASPORTO PUBBLICO



FERROVIE



CAR SHARING



GUIDA AUTONOMA



IL SENSO DEL LIMITE



**Operazioni di bonifica
sulle coste della Louisiana (USA)
dopo la catastrofe della
piattaforma Deepwater Horizon**

**La scienza e la tecnologia
NON sono la soluzione a tutti i nostri problemi**



***Il nostro compito non è prevedere il futuro,
ma renderlo possibile***

Antoine de Saint Exupéry