



Consiglio Nazionale delle Ricerche

ENERGIA PER IL XXI SECOLO

Nicola Armaroli

Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività (ISOF), Bologna

Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali del CNR

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



Federazione delle associazioni
scientifiche e tecniche
fondata nel 1897

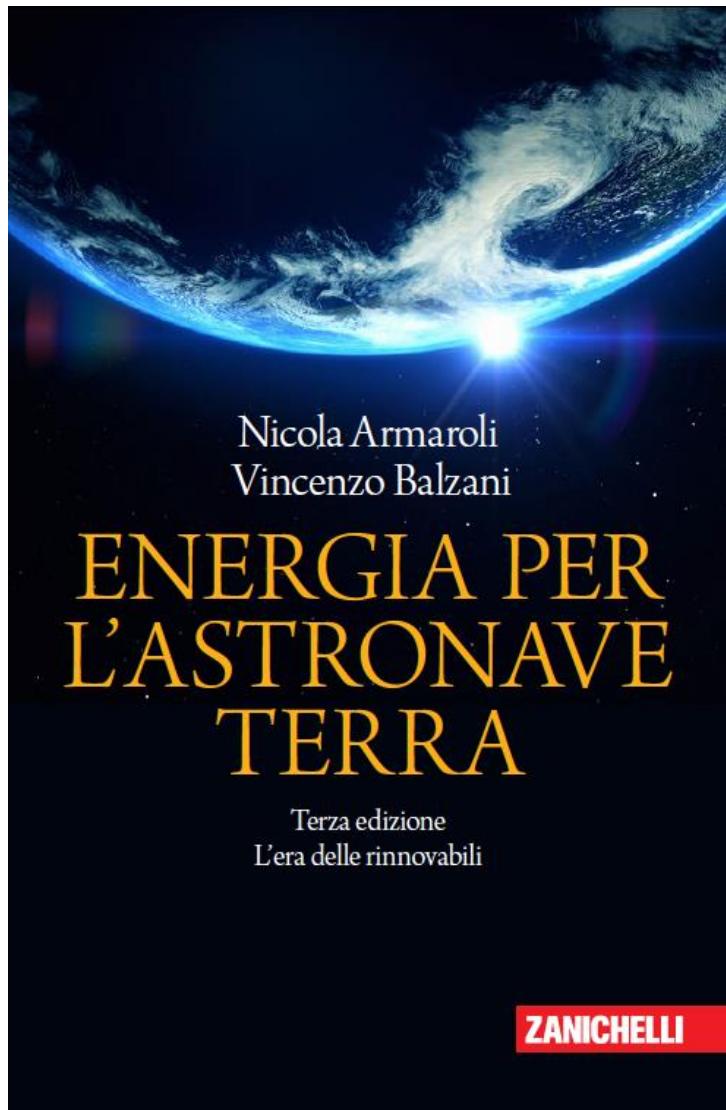


FONDAZIONE
DI PIACENZA E VIGEVANO



Unione
Giornalisti
Italiani
Scientifici

La deontologia nella comunicazione delle innovazioni su energia e salute
Piacenza, 2 Dicembre 2017



Terza Edizione, 2017

bimestrale,
giugno
2017

ISSN 0036-4681 - ISBN 978-88-220-9425-4 - anno 83°, n. 3 / € 7,50

Sapere

idee e progressi della scienza

edizioni Dedalo

SPECIALE ENERGIA

TECNOLOGIA
Le potenzialità di sviluppo dell'auto elettrica

GEOGRAFIA
I nuovi paesaggi delle energie rinnovabili

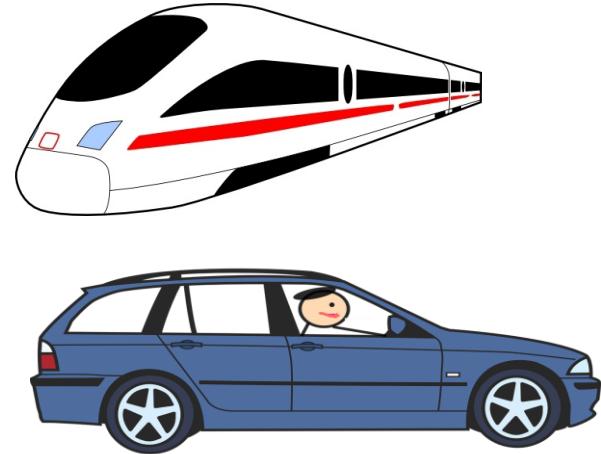
ENERGIA SOLARE
La forza del Sole

A grid of six lightbulbs, each containing a different plant or flower (red poppy, yellow flower, green sprout, orange marigolds, red strawberry, sunflower).

9 788022 059459

Sapere – Numero speciale energia
Giugno-Luglio 2017

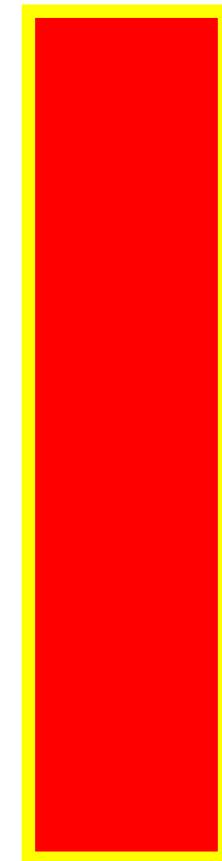
È QUELLA “COSA” CHE CI PERMETTE DI FARE TUTTO, IN OGNI ISTANTE DELLA GIORNATA



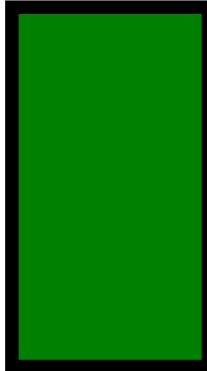
I NOSTRI CONSUMI QUOTIDIANI

Distribuzione dei consumi finali di energia finale nei paesi ricchi

~ 75 %



~ 25 %



ELETTRICITÀ



COMBUSTIBILI
(calore, trasporti)

ENERGIA

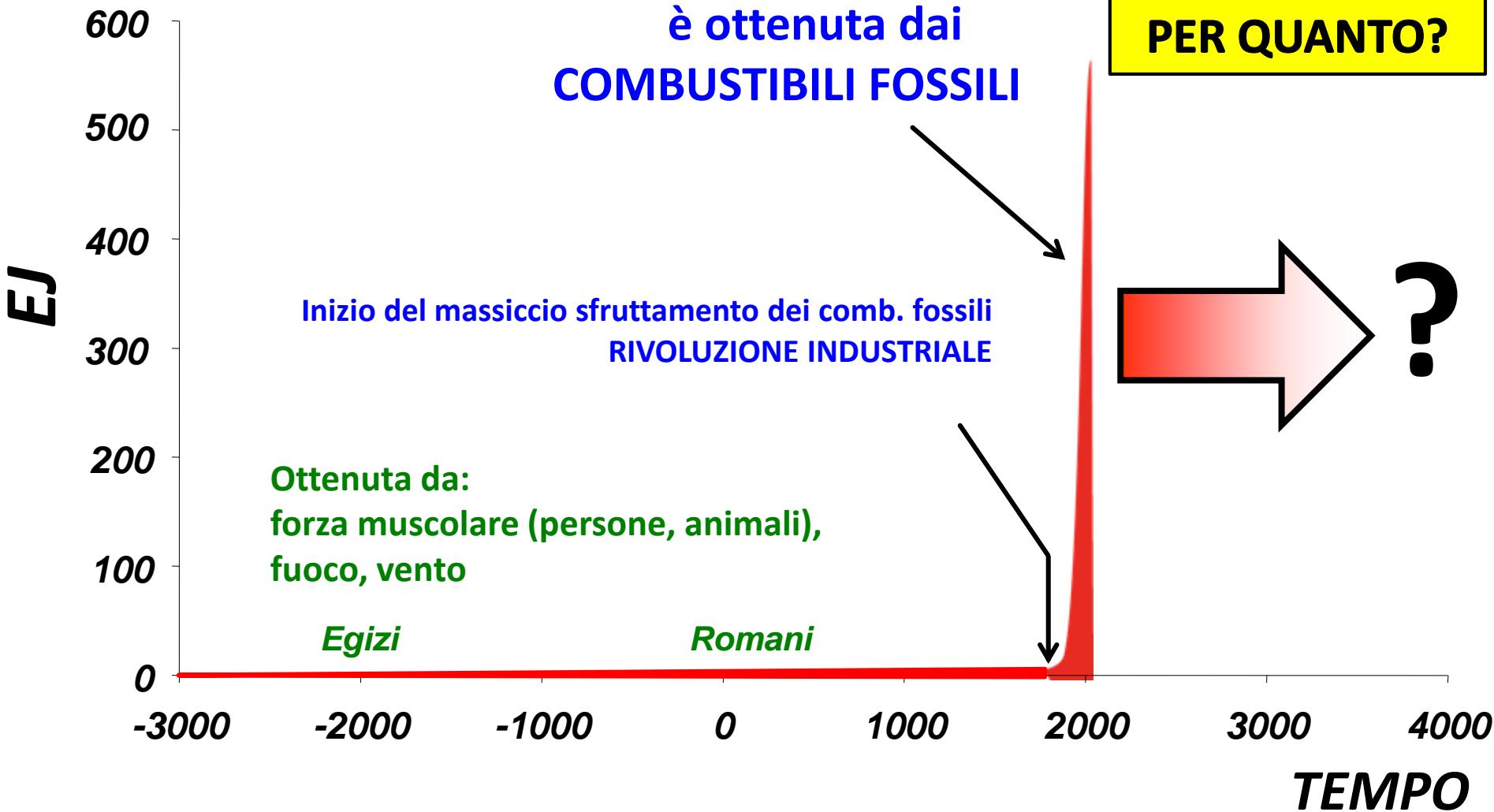
Alcune idee e numeri



ENERGIA NELLA STORIA

➤ 80% di questa energia
è ottenuta dai
COMBUSTIBILI FOSSILI

PER QUANTO?



PROVIAMO AD AVERE PERCEZIONE DELLA NOSTRA “CUCCAGNA ENERGETICA”



UN IPOTETICO “SCHIAVO ENERGETICO” A DISPOSIZIONE (ca. 50 W per 8 ore, costanti)



TV



Lavatrice





Auto da 115 CV, 100 Km/h



1600

Boeing 747-400 al decollo



1.6 MILIONI

L'ENERGIA È COSTOSA?

costo PETROLIO:
58 \$/barile



0.30 €/litro

Meno caro di...



BENZINA: ca. 1.5 €/l
(65 % tasse!!!)



Più economica di ...



UNA IMBARAZZANTE VERITÀ

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



COME È POSSIBILE?

the guardian

Fossil fuel subsidies are a staggering \$5 tn per year

John Abraham • Monday 7 August 2017 11.00 BST



In this photo taken on November 19, 2015, smoke belches from a coal-fired power station near Datong, in China's northern Shanxi province. Photograph: Greg Baker/AFP/Getty Images

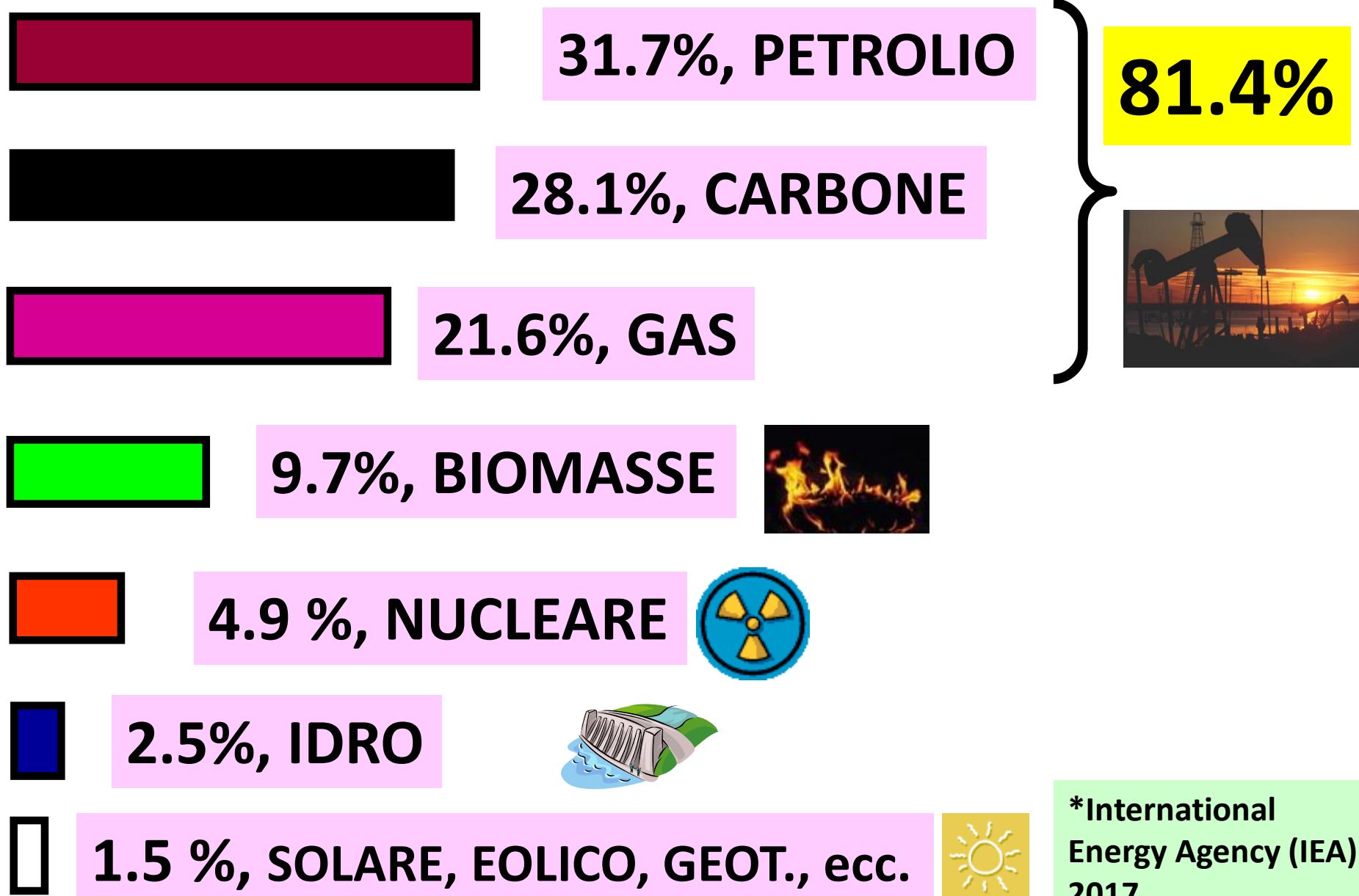
CONSUMI DI ENERGIA

Qualche numero



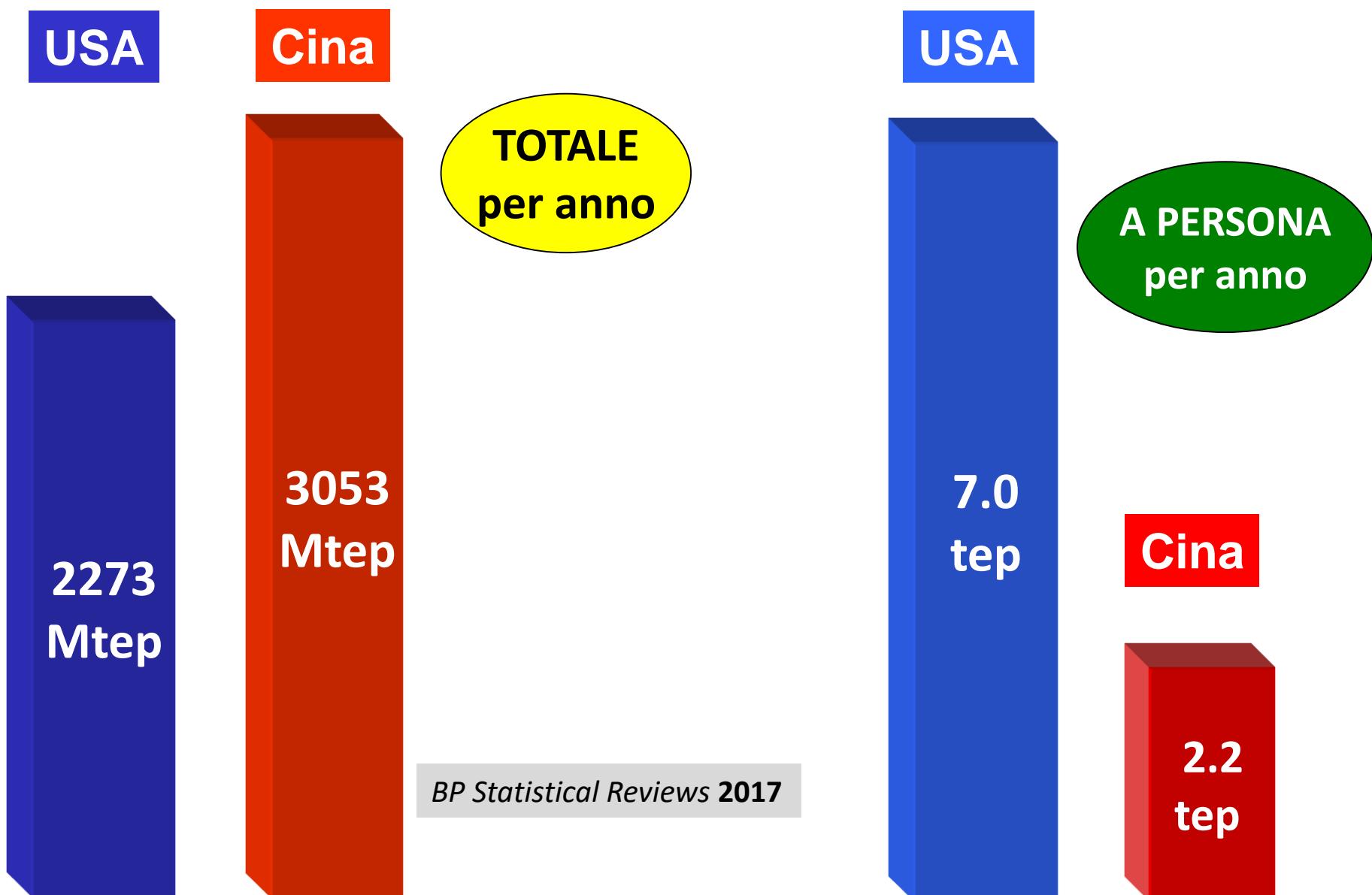
arcadiu@AGILECARTOONS.COM

Consumo mondiale di energia PRIMARIA*



*International
Energy Agency (IEA)
2017

OCCHIO AI NUMERI: USA vs. CINA



IL PETROLIO

**Petrolio Convenzionale
(petrolio facile)**



**Petrolio NON Convenzionale
(petrolio difficile, “estremo”)**



10 principali detentori di riserve di petrolio

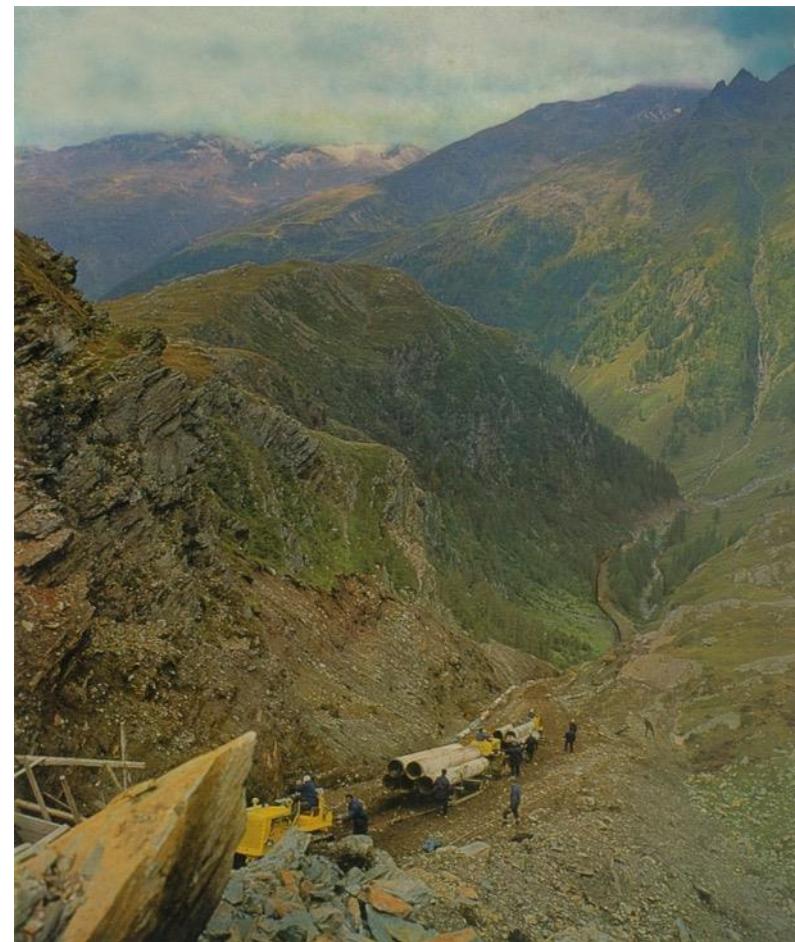
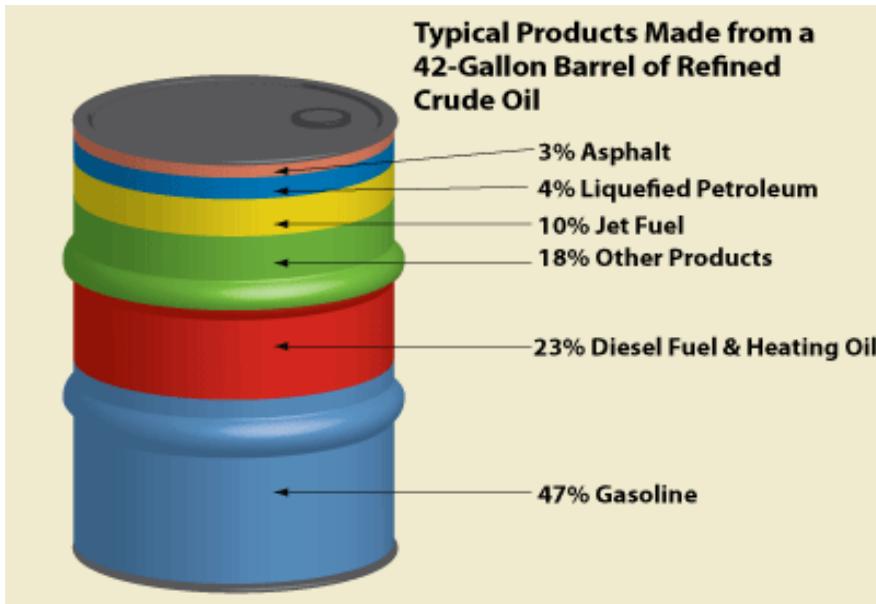
| | Gbbl | % |
|---------------------|-------|-------|
| Venezuela | 300.9 | 17.6 |
| Arabia Saudita | 266.5 | 15.6 |
| Canada | 171.5 | 10.0 |
| Iran | 158.4 | 9.3 |
| Iraq | 153.0 | 9.0 |
| Russia | 109.5 | 6.4 |
| Kuwait | 101.5 | 5.9 |
| Emirati Arabi Uniti | 97.8 | 5.7 |
| Libia | 48.4 | 2.8 |
| USA | 48.0 | 2.8 |
| Italia | 0.5 | <0.05 |

}

61.5%



PETROLIO: UN PRODOTTO ... INSUPERABILE



**Posa Oleodotto Europa Centrale
Passo Spluga 1963-64
(dismesso anni '80)**

PETROLIO E GAS NON CONVENZIONALI



Sabbie bituminose

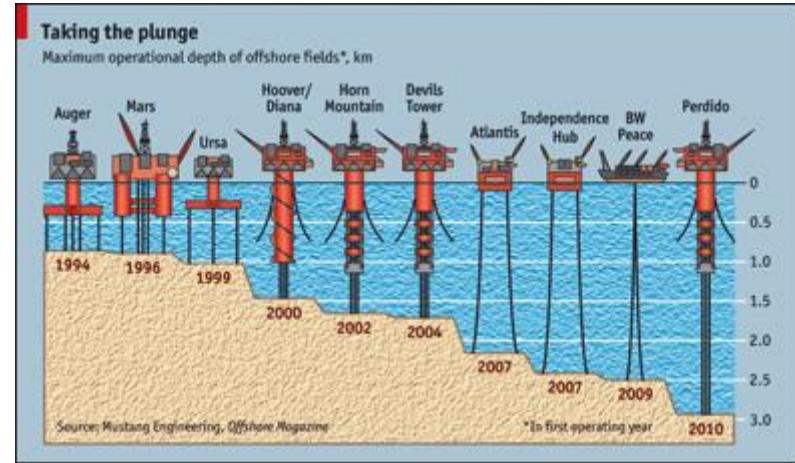


Petrolio/gas di scisto (fracking)

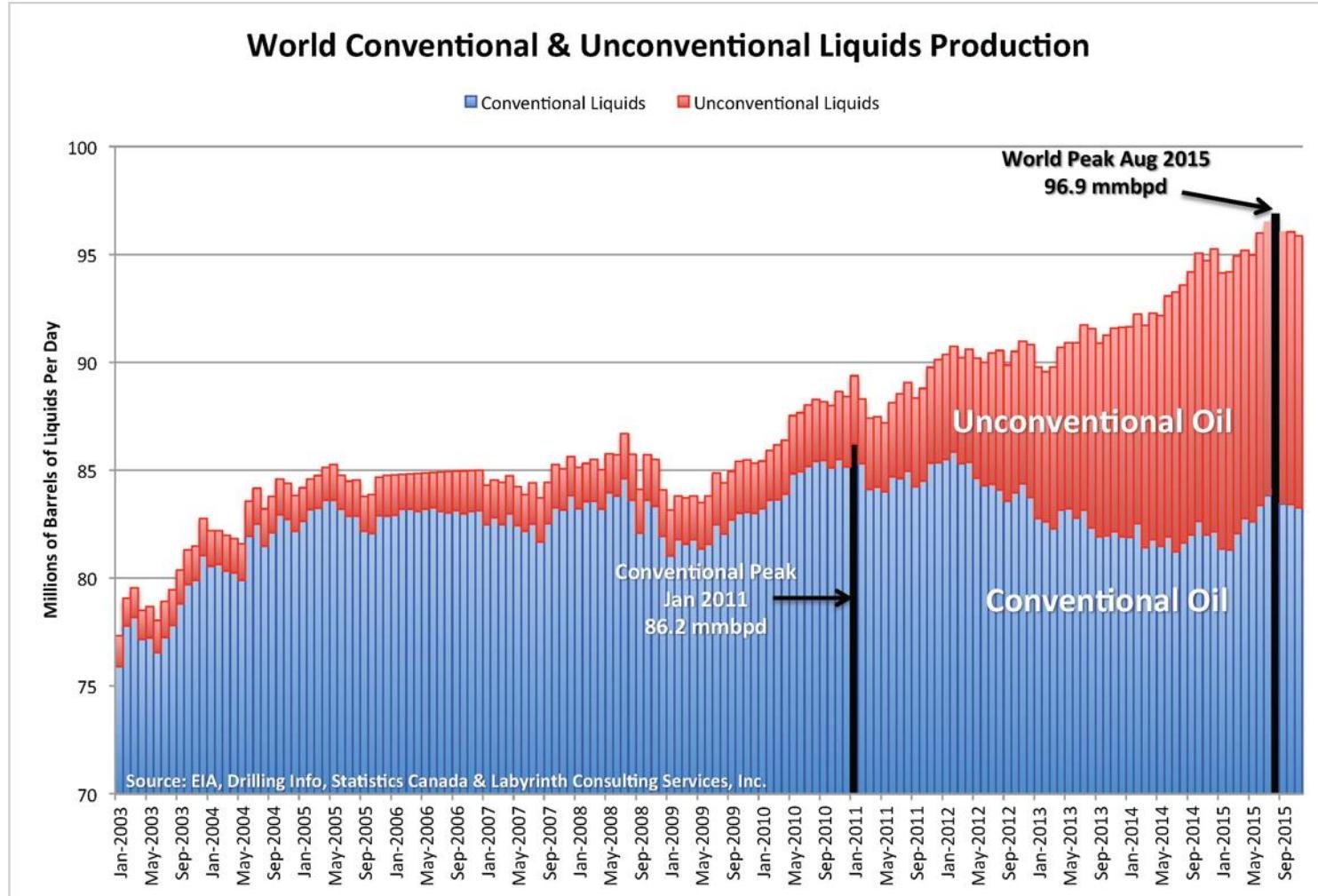


Estrazione in zone remote ...

... o nel mare a profondità crescenti



L'ASCESA DEL PETROLIO NON CONVENZIONALE



GLI ULTIMI 80 ANNI: L'ERA DEI COMBUSTIBILI FOSSILI



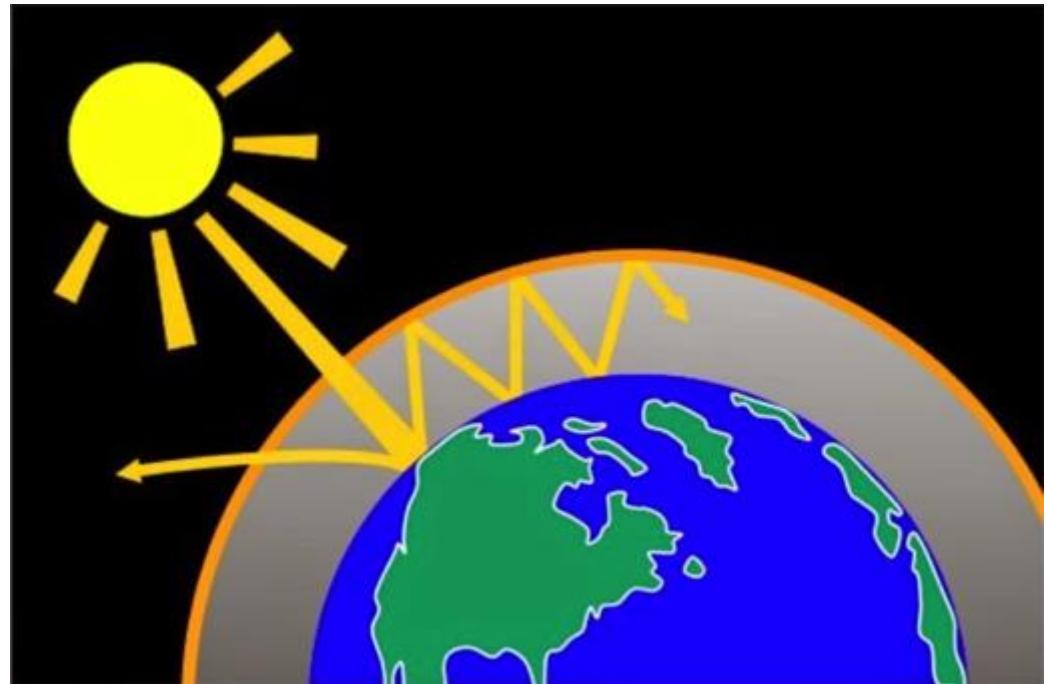
Ma tutto questo ha un prezzo ...

IL ROVESCIO DELLA MEDAGLIA



Tensioni, guerre,
inquinamento, cambiamenti climatici

**L'UMANITÀ IMMETTE IN ATMOSFERA
36 MILIARDI DI TONNELLATE DI CO₂ L'ANNO**



EFFETTO SERRA

CONSEGUENZE DEL RISCALDAMENTO GLOBALE



Distruzione barriera corallina (Australia)



Innalzamento mari (Pacific Islands)



Scioglimento permafrost (Siberia)



**Distruzione foreste boreali
(Canada, USA)**

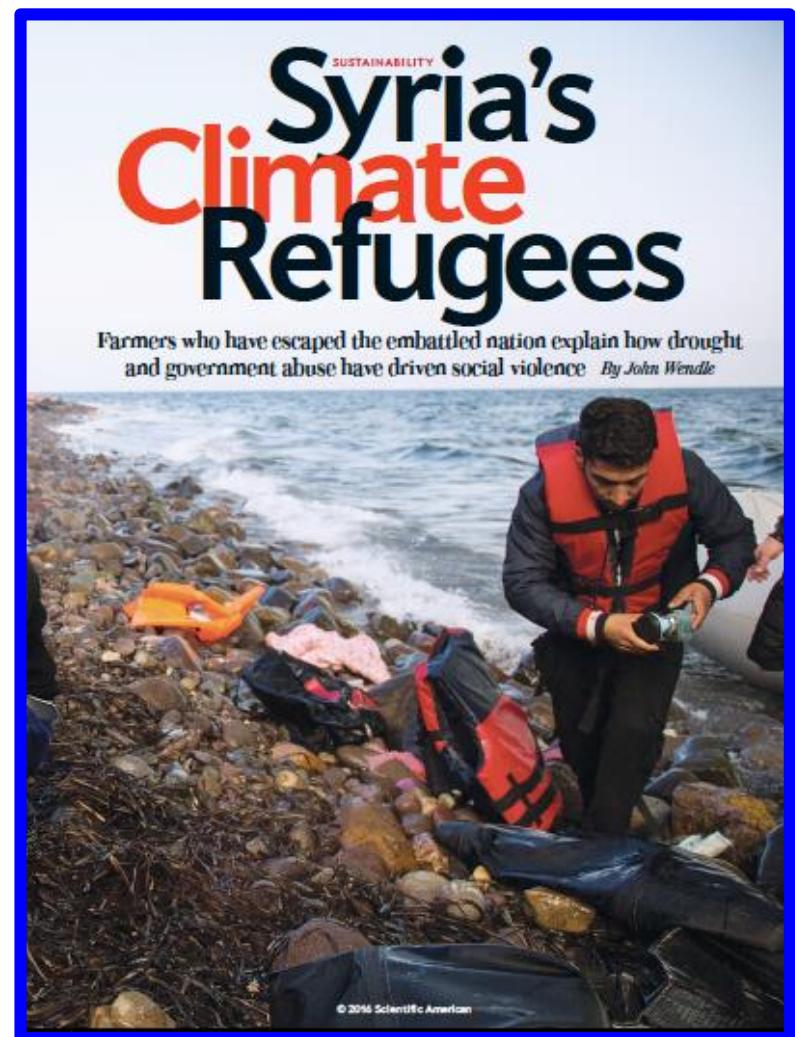
CONSEGUENZE SOCIALI: RIFUGIATI CLIMATICI



Confine Iraq-Siria, 2014

“Ogni anno, a partire dal 2008, una media di 21,5 milioni di persone si è dovuta allontanare a forza dalle proprie case per ragioni climatiche: inondazioni, uragani, incendi, temperature estreme.”

Agenzia ONU per i rifugiati



Sci. Am. 2016, March, 50

L'ACCORDO DI PARIGI, DICEMBRE 2015



OLTRE I COMBUSTIBILI FOSSILI



ALTERNATIVE AI COMBUSTIBILI FOSSILI

SOLE



URANIO



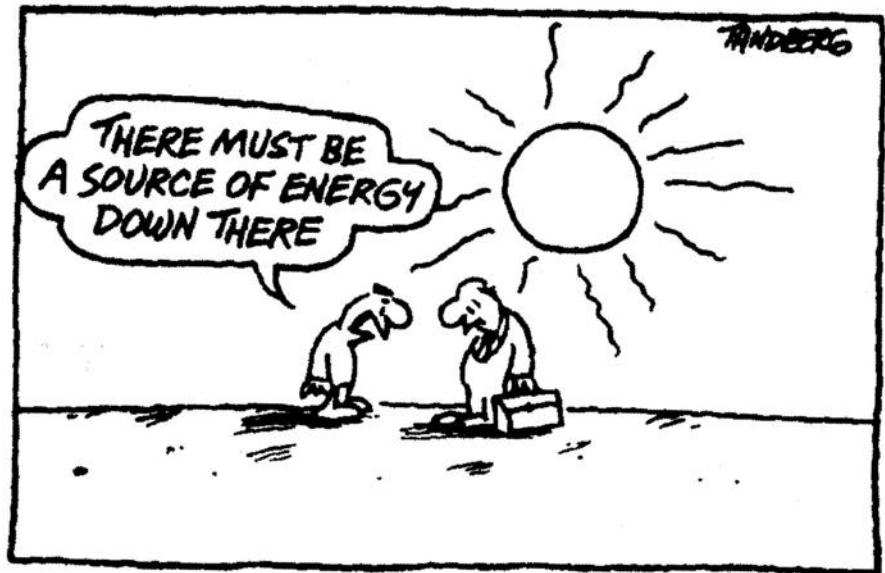
CALORE DEL
SOTTOSUOLO



INTERAZIONE
GRAVITAZIONALE (MAREE)



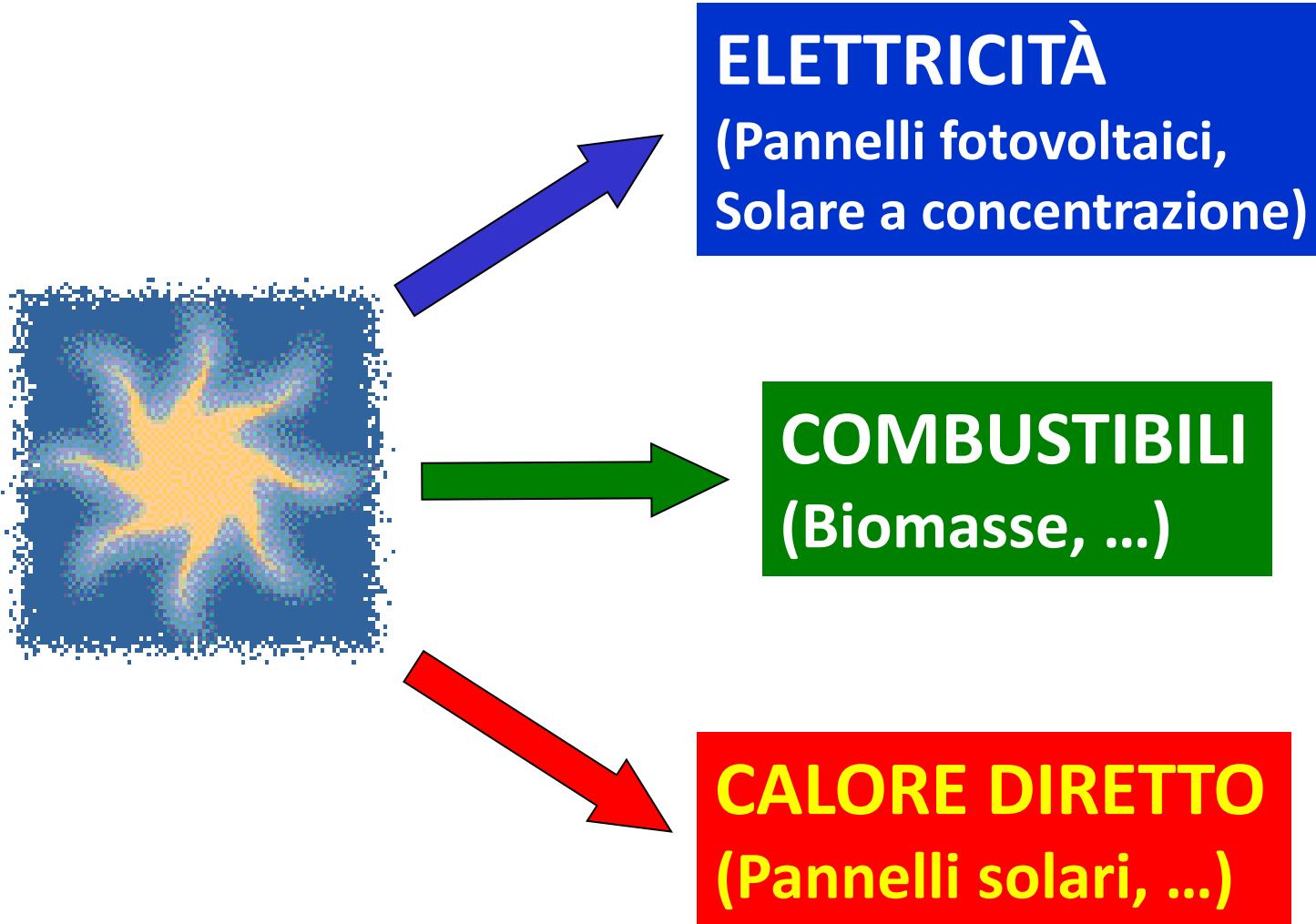
LA SOLUZIONE DEFINITIVA E PERENNE



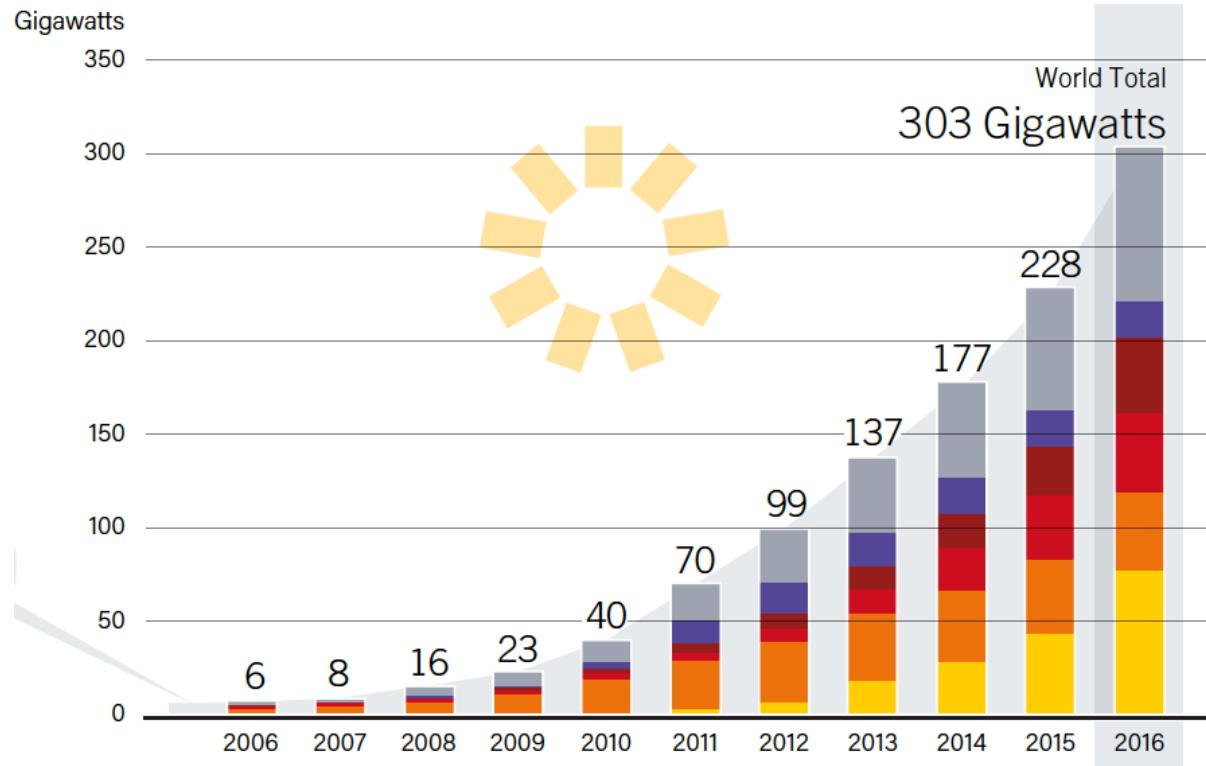
Il sole brillerà per altri **3-4 miliardi di anni**

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

CON IL SOLE (E L'INGEGNO ...) POSSIAMO OTTENERE TUTTO QUEL CHE CI SERVE



SVILUPPO MONDIALE DEL FOTOVOLTAICO 2006-2016



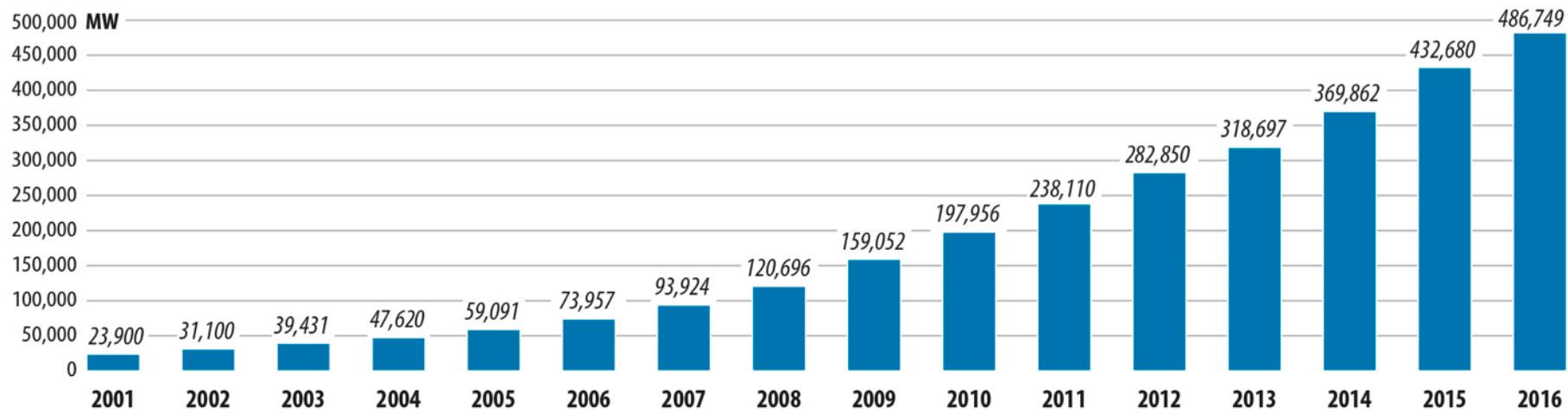
2016
l'equivalente di
50 centrali
nucleari
1,6% consumo
mondiale



Nel 2015, l'ITALIA ha coperto IL 7,3%
dei suoi consumi con il fotovoltaico

REN21 Report, 2017

SVILUPPO MONDIALE DELL'ENERGIA EOLICA, 2001-2016



Source: GWEC

2016: 3.5% della produzione mondiale
≈ 130 centrali nucleari

GWEC – Global Wind Energy Council, 2017

L'ASCESA DI EOLICO E FOTOVOLTAICO: 2016



920 TWh

(130 CENTRALI da 1000 MW)

340 TWh

(50 CENTRALI da 1000 MW)

VENTO + FV 2016: 1250 TWh (stima conservativa)

**5,2 % della produzione elettrica mondiale
(50% della produzione nucleare)**

COMBUSTIBILI DAL SOLE

Biocombustibili

1a GENERAZIONE:
Colture Dedicate



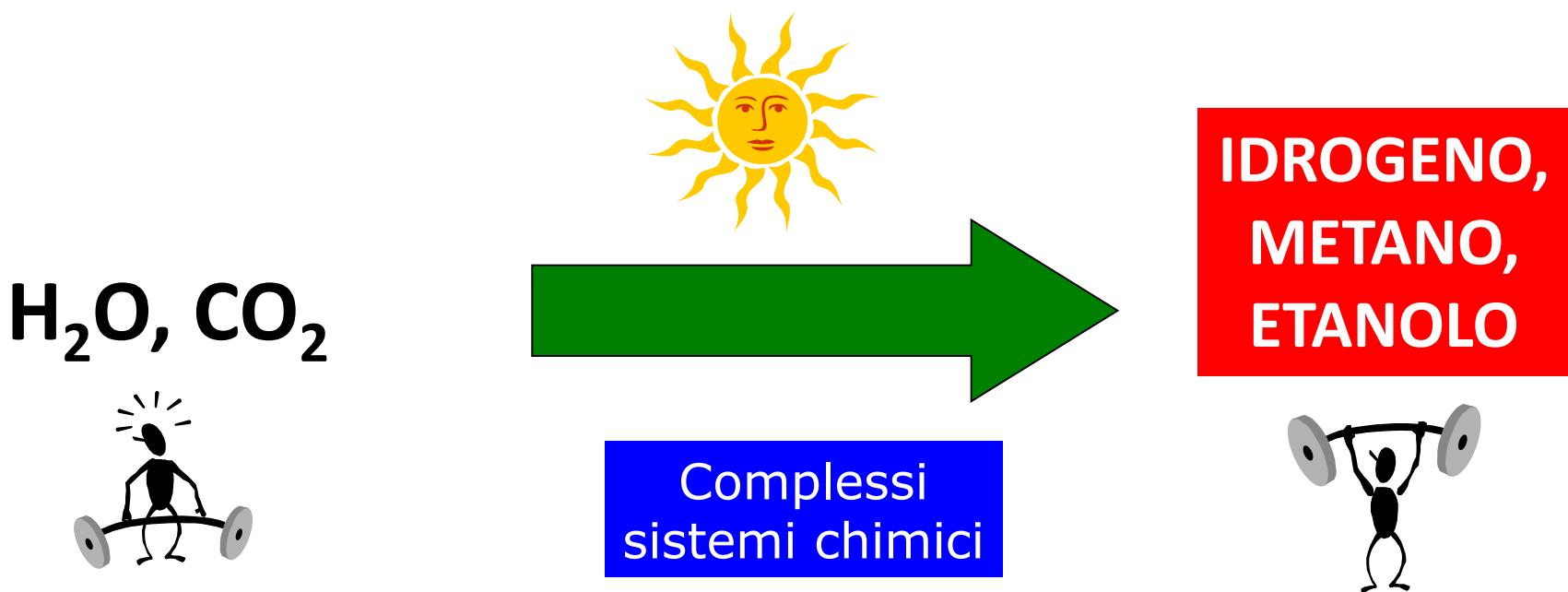
BIOETANOLO per motori **A BENZINA**
(da granoturco, barbabietola, ...)

BIODIESEL per motori **A GASOLIO**
(da olii vegetali: colza, girasole, ...)

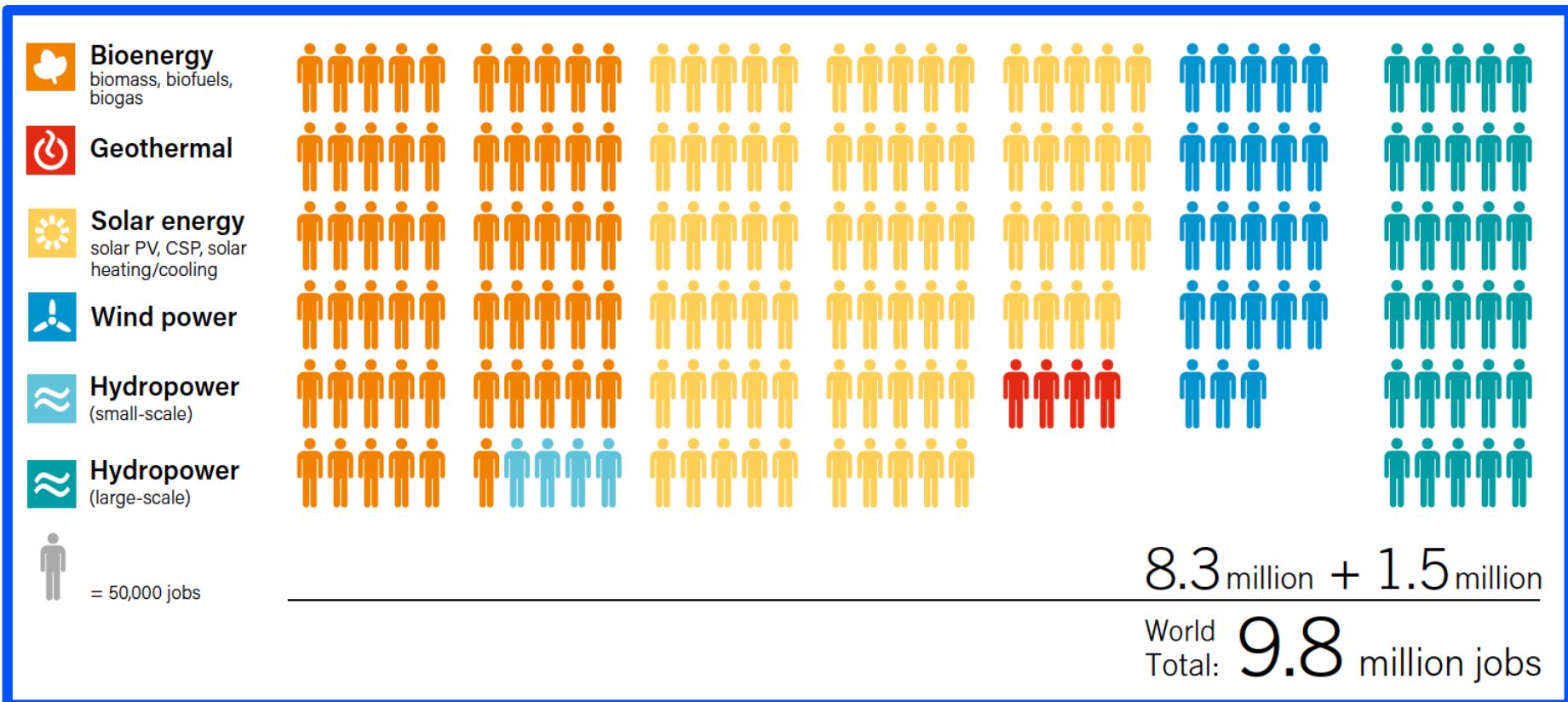
2a GENERAZIONE
Scarti Agricoli



3a GENERAZIONE: FOTOSINTESI ARTIFICIALE



RINNOVABILI = POSTI DI LAVORO



REN21, Renewables 2017, Global Status Report



ALLE RINNOVABILI IN ITALIA



Crollo delle installazioni di solare e eolico

**Come il governo Renzi sta bloccando le energie pulite e le
opportunità di un futuro rinnovabile per l'Italia**



L'ORA DELLE SCELTE (sostenibili)



TRASPORTO: BIOCOMBUSTIBILI O ELETTRICO?



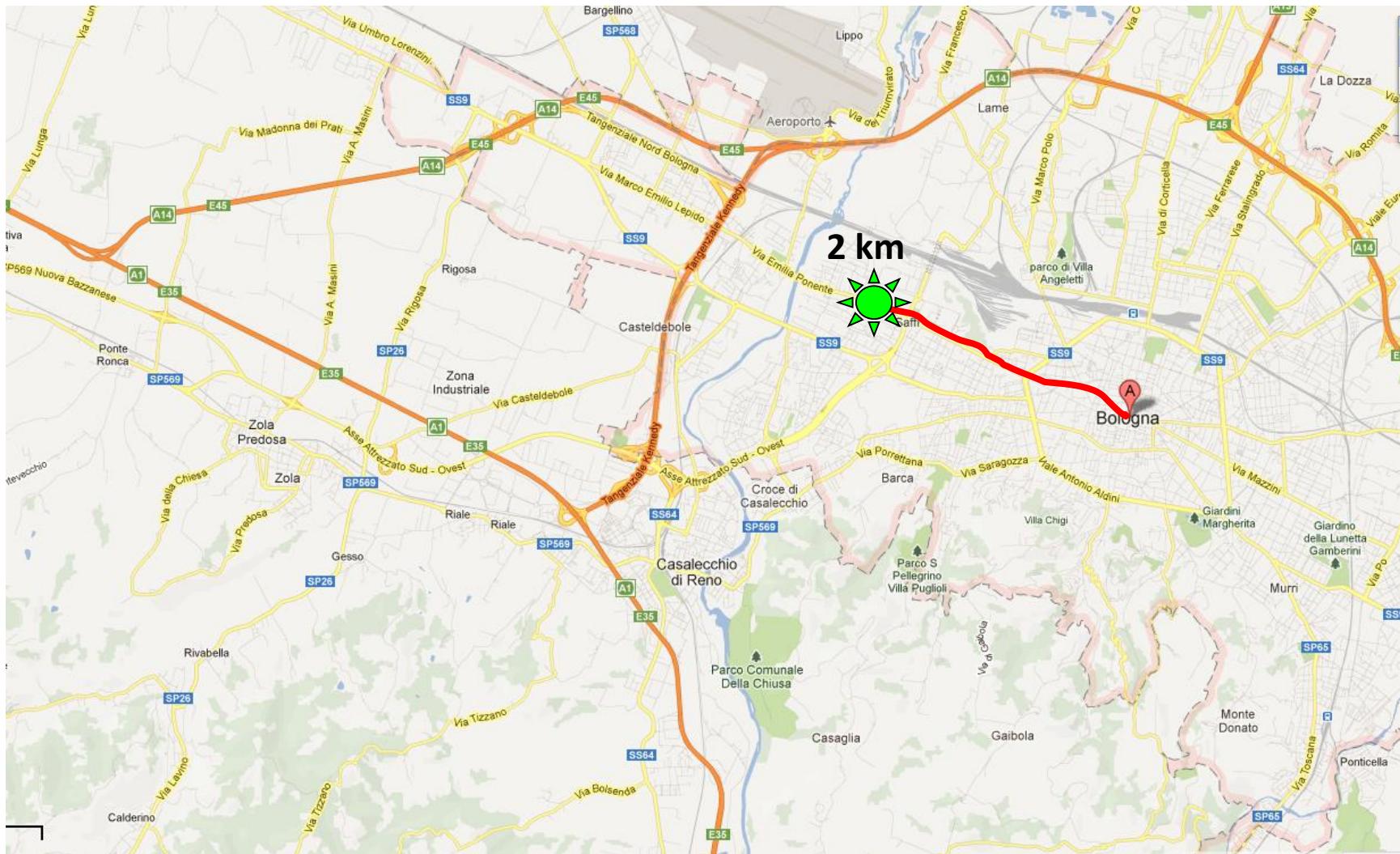
CONFRONTO NEL ... NOSTRO GIARDINO

Biodiesel

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?



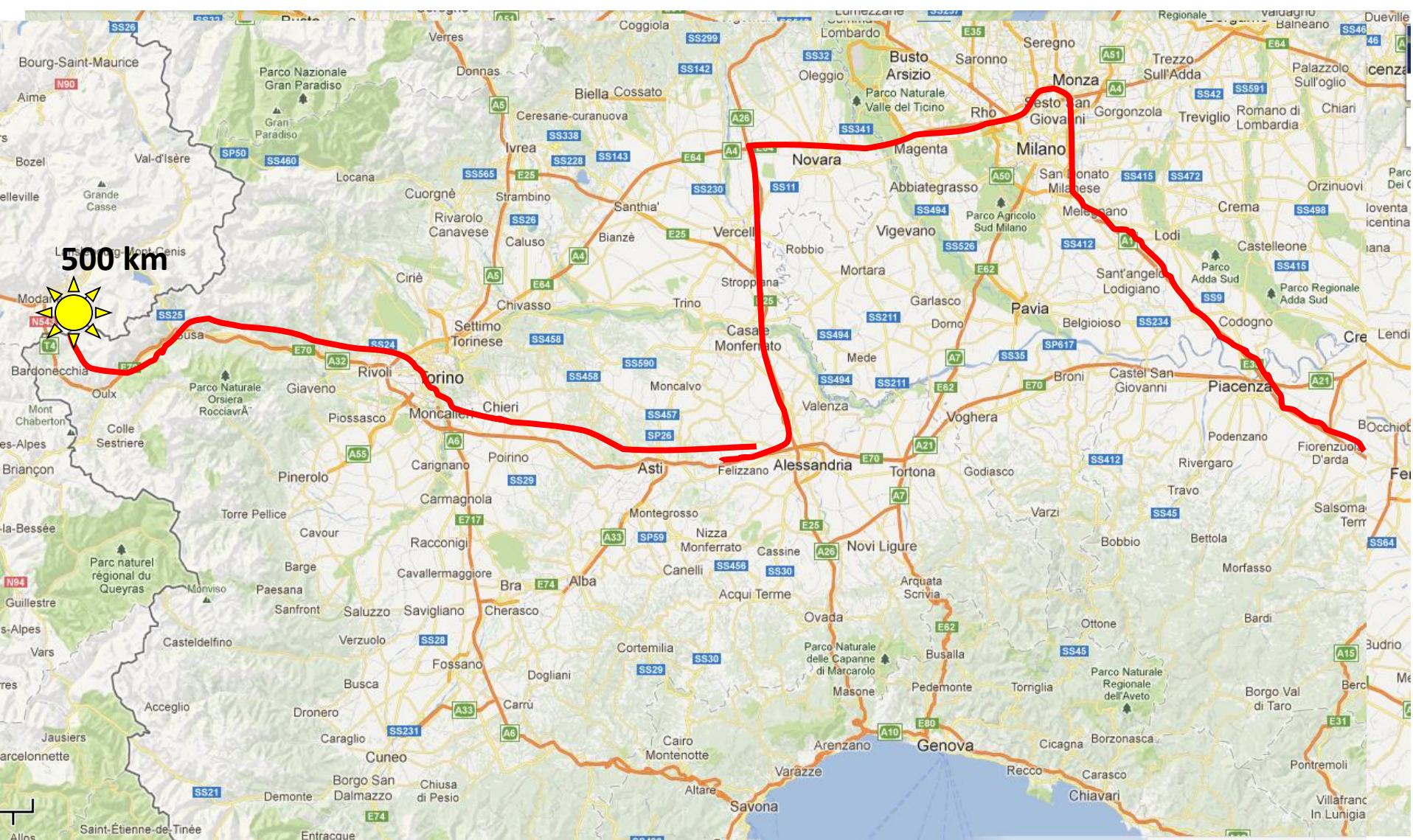
CONFRONTO NEL ... NOSTRO GIARDINO

Elettricità

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

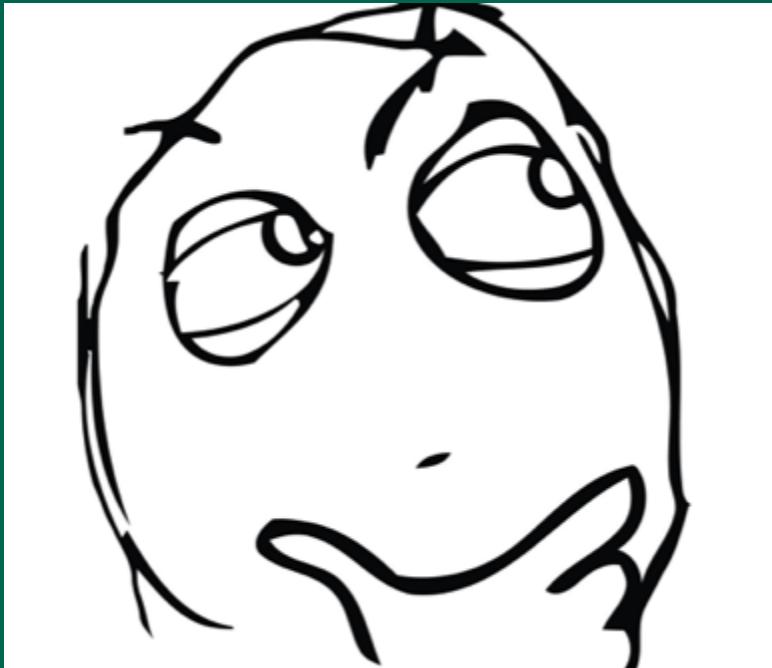


... quanti chilometri faccio?



Nicola Armaroli, ISOF-CNR, BOLOGNA – Piacenza, 2 Dicembre 2017

CE LA POSSIAMO FARE ...?



SAREBBE POSSIBILE ANDARE TUTTI IN AUTO ELETTRICA?



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, 2015: 110 TWh da RINNOVABILI (ca. 35% del consumo totale)



49%



19%



16%

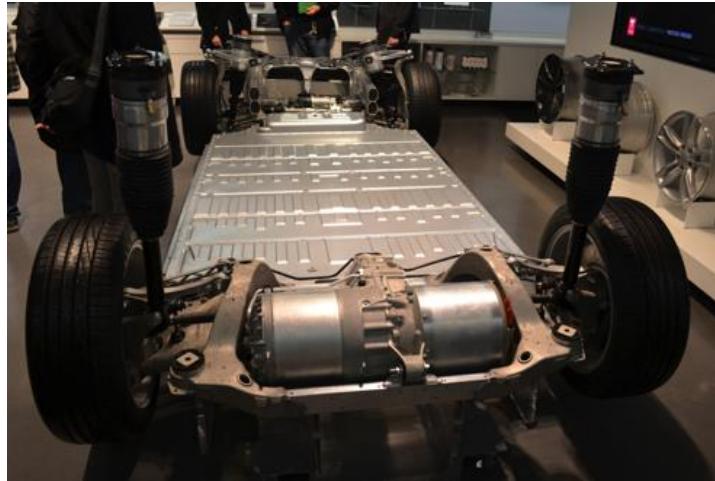
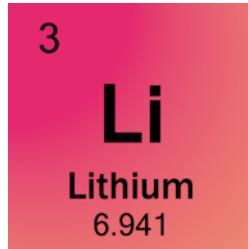


13%



5%

E IL LITIO PER LE BATTERIE?



Auto vendute annualmente nel mondo: **70 milioni**

Se elettriche: **≈ 700 000 ton** di Litio (10 kg/auto)

Attuale produzione mondiale di Litio: **35 000 ton/anno**
(USGS, 2015)

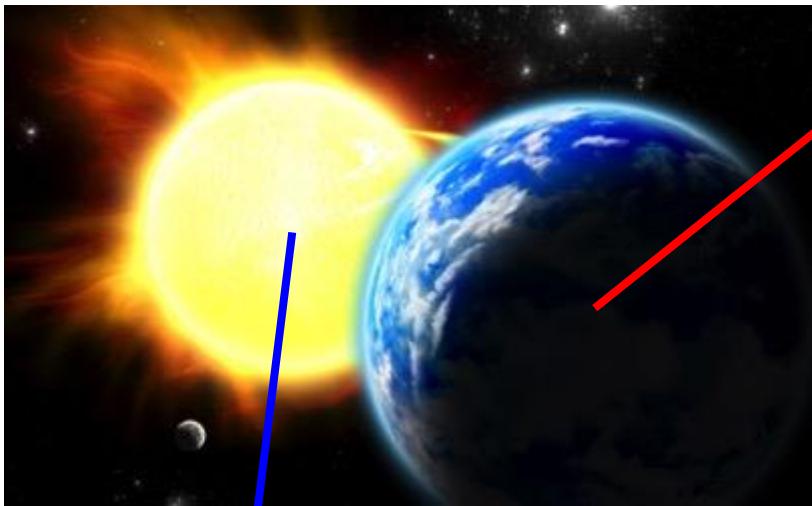


Il litio serve non solo per le batterie auto ...

IL COLLO DI BOTTIGLIA MATERIALE



LA TRANSIZIONE ENERGETICA HA DEI LIMITI



ENERGIA SOLARE
Input “extraterrestre”
largamente superiore
al nostro fabbisogno

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



IL COLLO DI BOTTIGLIA DEL “RITORNO ENERGETICO”



PER OTTENERE ENERGIA UTILE SI SPENDE ENERGIA



INVESTIMENTO ENERGETICO



“EROI”

Rapporto tra energia guadagnata ed
energia spesa per ottenerla: **DEVE ESSERE ALMENO 5**

RECUPERARE 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**



“Se continueremo a consumare il mondo finché non ci sarà nient’altro da consumare arriverà allora un giorno, è assolutamente certo, in cui i nostri figli, o i loro figli, o i figli dei loro figli ripenseranno a noi – a me e a te – e si diranno: *Mio Dio, ma che razza di mostri erano questi?*”

Daniel Quinn

POST SCRIPTUM SULL'INFORMAZIONE

Trento, 3 Ottobre 2017

Marchionne «Auto elettrica, una minaccia»

Marchionne alla lectio per il diploma magistrale: «Prima produrre energia da fonti rinnovabili. Il neodottore in meccatronica crede invece nell'automazione: «Possibile azzerare gli incidenti»

Corriere dell'Alto Adige 3 Oct 2017
altre +3 | Damaggio

ROVERETO Non s'è fatto attendere. Mezz'ora prima della cerimonia, alle undici in punto, la sua Maserati marrone ha varcato i cancelli di Trentino sviluppo. Una visita ai laboratori di Prom Facility scortato dal governatore Ugo Rossi, dal vicepresidente Alessandro Olivi e dal presidente di Fbk, Francesco Profumo. Poi l'avvio della liturgia accademica, sulle note del



Dottore Sergio Marchionne ha ricevuto ieri dall'Università di Trento a laurea ad honorem in meccatronica ➔

Seguici su: [f](#) [t](#) [i](#) [g](#) [w](#)

Cerca... 🔍

Governo Italiano
Presidenza del Consiglio dei Ministri

Il Presidente Il Governo Presidenza del Consiglio dei Ministri

Progetto "Insieme per un futuro low carbon"

Condividi ◀

21 Novembre 2017



A ROMA FURGONI A METANO, A BRUXELLES ...

European battery alliance launched in Brussels

By Frédéric Simon | EURACTIV.com with Reuters

12 ott 2017 (updated: 20 nov 2017)



COMMENTO DA UNA MINUSCOLA TRIBUNA

**Sapere SCIE
NZA**

NEWS RUBRICHE ABOUT

RUBRICA - L'opinione di...

L'auto dei sogni

di Nicola Armaroli

Dimensione Font - +

[Email] [Print]

Trent'anni fa possedevo una Fiat 127 usata, a metano. Motore eccezionale, finiture spartane, carrozzeria penosa. Rappresentava un modello produttivo destinato a scomparire nel giro di pochi anni, sotto i colpi della qualità totale di stampo giapponese. All'epoca sognava che i miei figli avrebbero guidato un'auto "spaziale": sexy come la Batmobile e a inquinamento zero. Non fui un gran profeta: guidano una Fiat Punto usata a benzina, degna nipote della mia 127.



Qualche settimana fa Sergio Marchionne, amministratore delegato di FCA (ex Fiat), ha gettato molti dubbi sulle prospettive dell'**auto elettrica**: la sua azienda punta con decisione sull'**auto a metano**. Ma guarda un po' – ho pensato – negli anni '80 scarrozzavo fidanzata e amici su un'auto fantascientifica, e non lo sapevo. Davvero sorprendente questo filosofo prestato all'industria automobilistica, altro che Batmobile dei miei sogni! Naturalmente sto scherzando, e vorrei usare il poco spazio che mi resta per parlare di cose serie.

Negli stessi giorni in cui le affermazioni di Marchionne riempivano giornali, siti, televisioni e radio, si è tenuto a **Bruxelles** un evento largamente ignorato dai media italiani. Consapevole del rischio di perdere la partita del trasporto elettrico contro i colossi asiatici e nordamericani, la **Commissione Europea** ha convocato governi e aziende per gettare le basi per un grande **consorzio sulle batterie**. L'obiettivo è replicare il successo del consorzio europeo Airbus, un'iniziativa che, cinquant'anni fa, evitò il monopolio degli Stati Uniti nel settore aeronautico. Tutti i colossi dell'auto europei erano presenti all'incontro. Non c'era FCA, che pure ha sede legale in Olanda. Chissà, forse sono concentrati sulla progettazione di un nuovo tipo di bombola a gas?

<http://www.saperescienza.it/rubriche/l-opinione-di/l-auto-dei-sogni>

LA ELLISSE STRATEGICA DELL'ENERGIA



16 nazioni, 70% delle risorse
convenzionali di PETROLIO e GAS
LA REGIONE PIÙ “CALDA” DEL MONDO

IL SOLE: MOLTO VERSATILE

TECNOLOGIE
DIRETTE



Calore



Elettricità

FORME INDIRETTE



Biomasse



Vento



Idro

ELETTRICITÀ DAL SOLE - 1

Sistemi fotovoltaici



TETTI FOTOVOLTAICI

“CENTRALI”
FOTOVOLTAICHE

ELETTRICITÀ (INDIRETTA) DAL SOLE

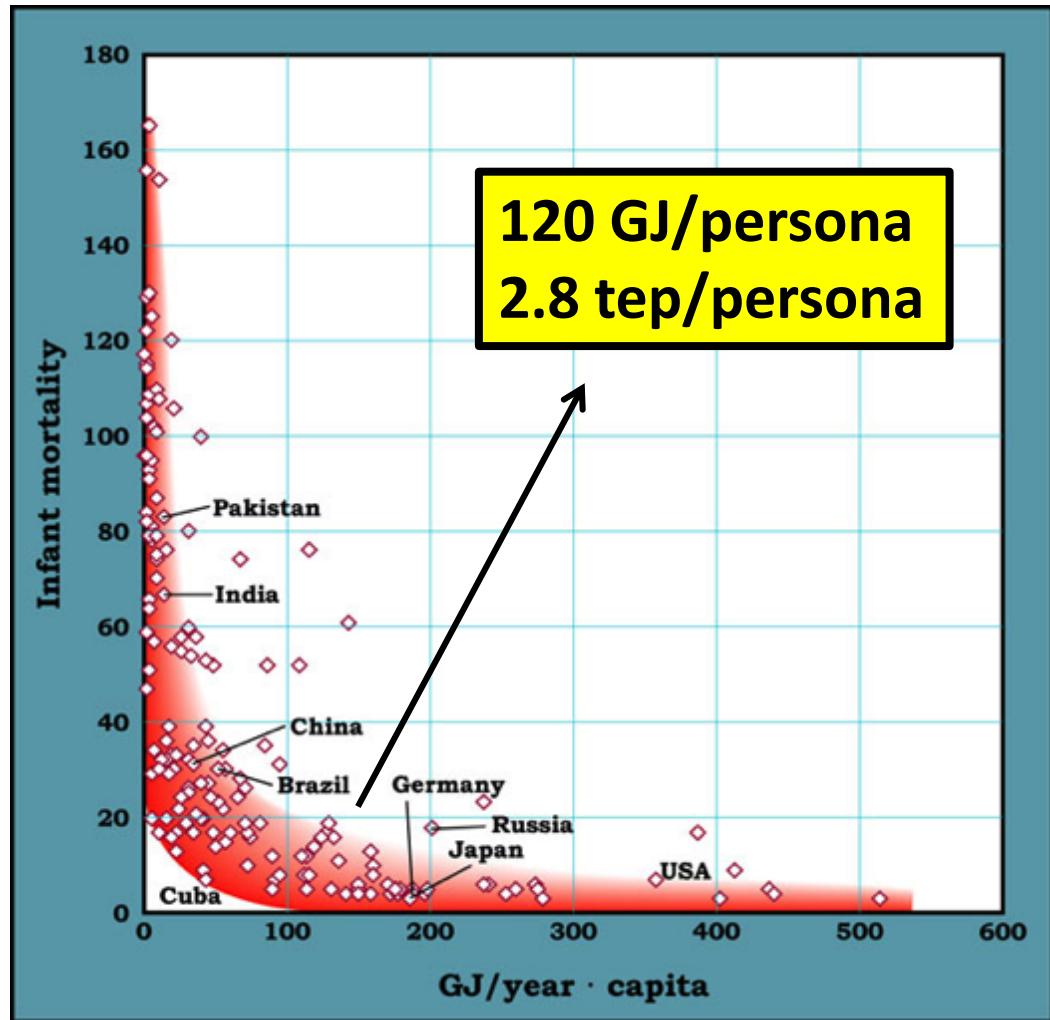
Energia eolica



HA SENSO AUMENTARE SEMPRE I CONSUMI?

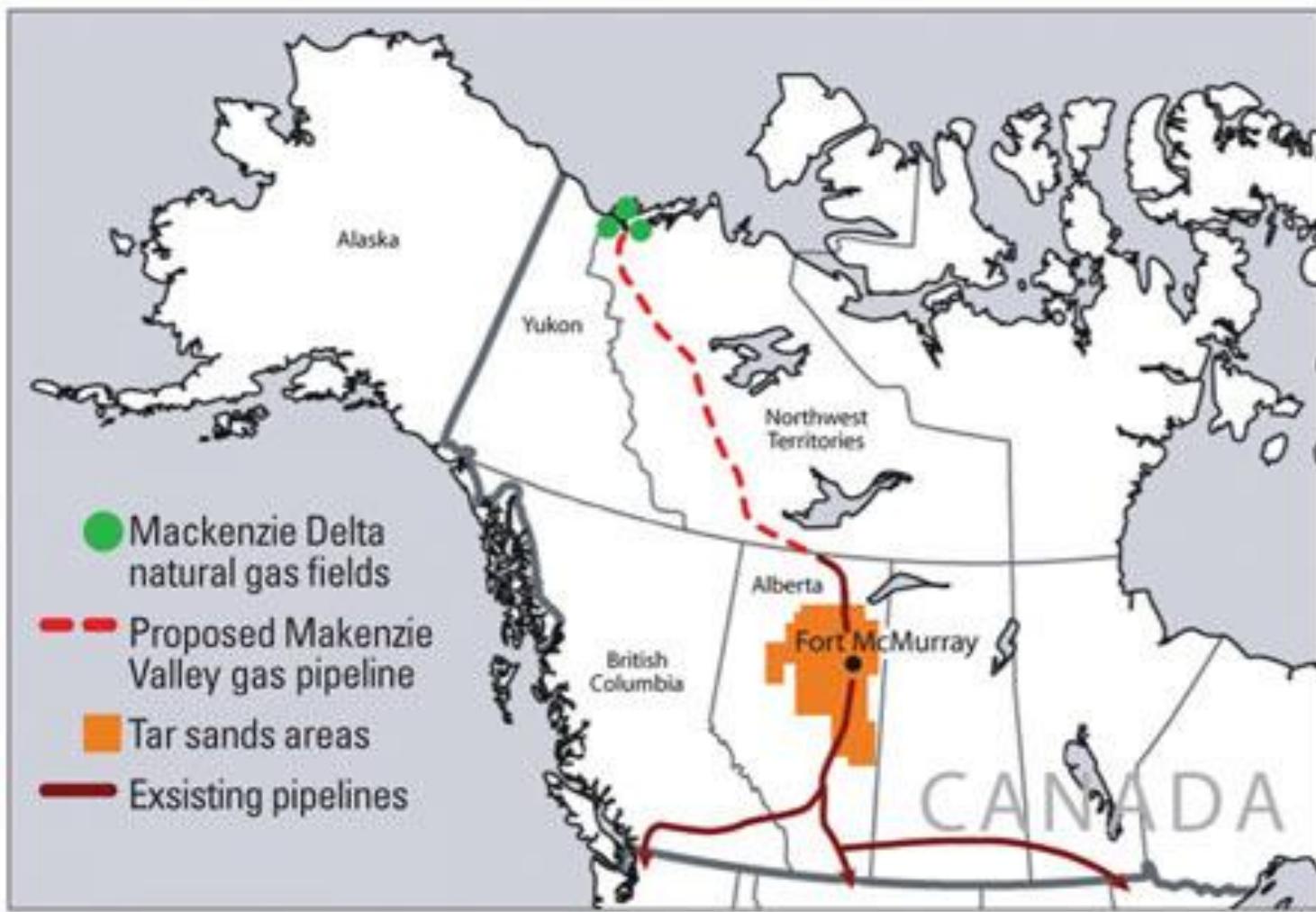
NO!

Un esempio



Credit: Prof. Vaclav Smil, Univ. of Manitoba, CANADA

1 – SABBIE BITUMINOSE, Alberta (Canada)



DISTRUZIONE DELLA FORESTA BOREALE CANADESE





Nicola Armaroli, ISOF-CNR, BOLOGNA – Piacenza, 2 Dicembre 2017



National Geographic Magazine, Marzo 2009

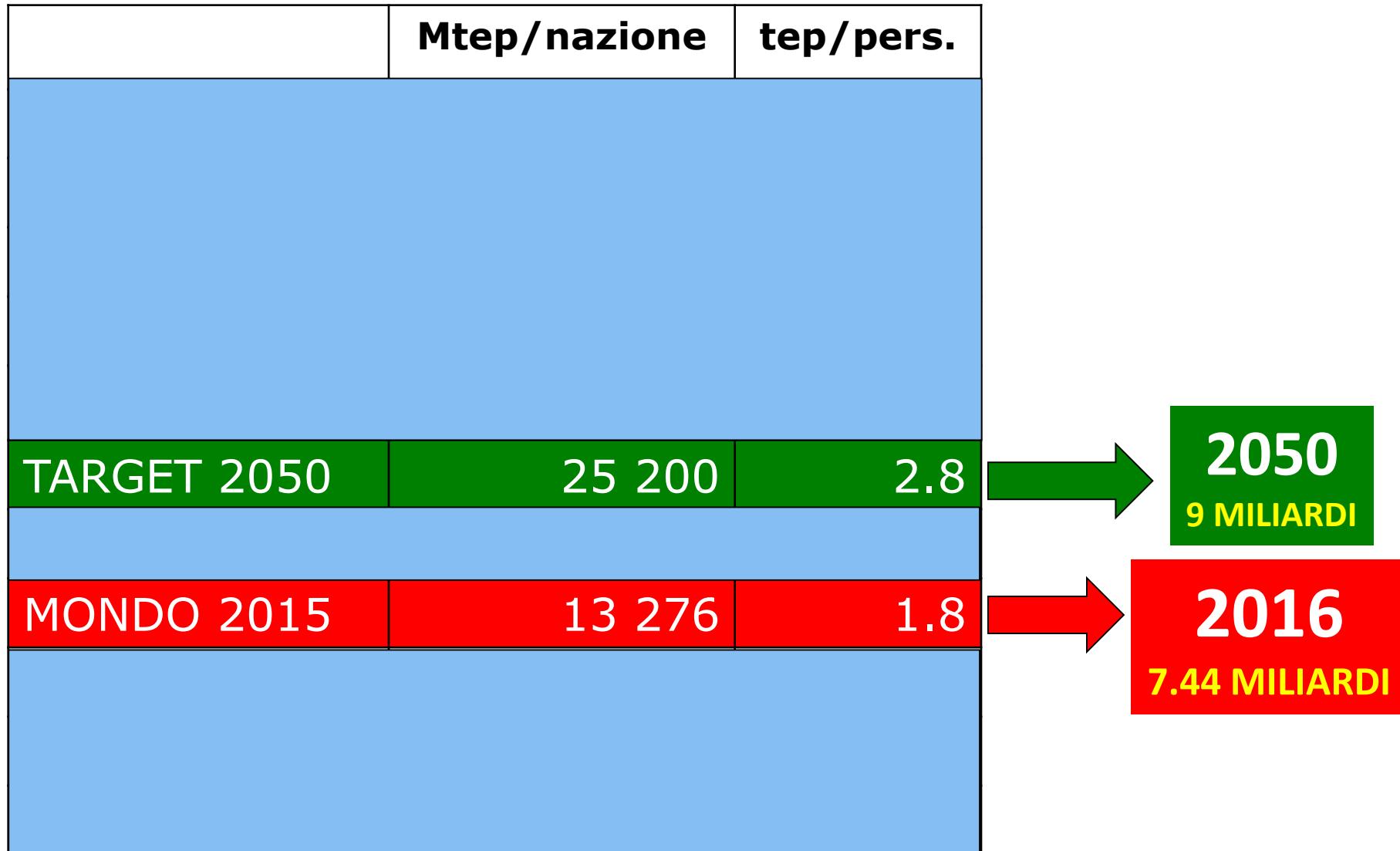
Nicola Armaroli, ISOF-CNR, BOLOGNA – Piacenza, 2 Dicembre 2017

EFFETTI ... INASPETTATI



Nature 2010, 468, 499

UN CAMMINO SOSTENIBILE AL 2050?



Elaborati da *EIA, Eurostat, World Bank and BP Statistical Reviews 2017*

**NB: IN ALCUNI PAESI IL CONSUMO
È 30 VOLTE INFERIORE AL NOSTRO**

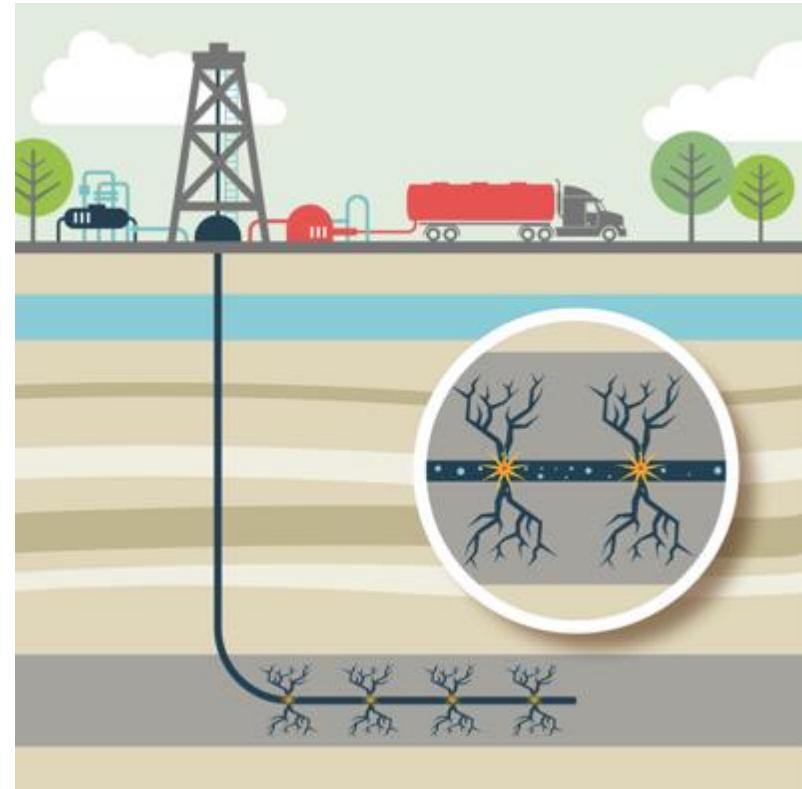


Tu cosa faresti?

2 – IDROCARBURI DA SCISTO (“TIGHT”)

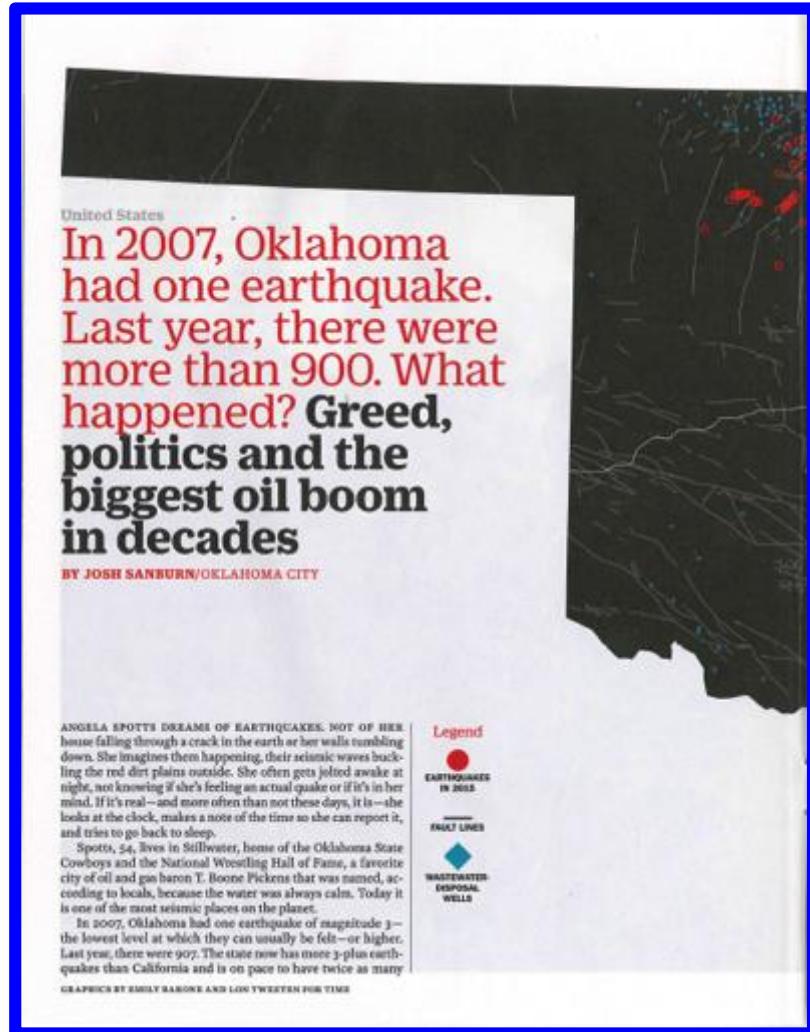


“FRACKING”



Numerosi impatti ambientali ...

TERREMOTI INDOTTI IN USA



TIME, 21 Marzo 2016

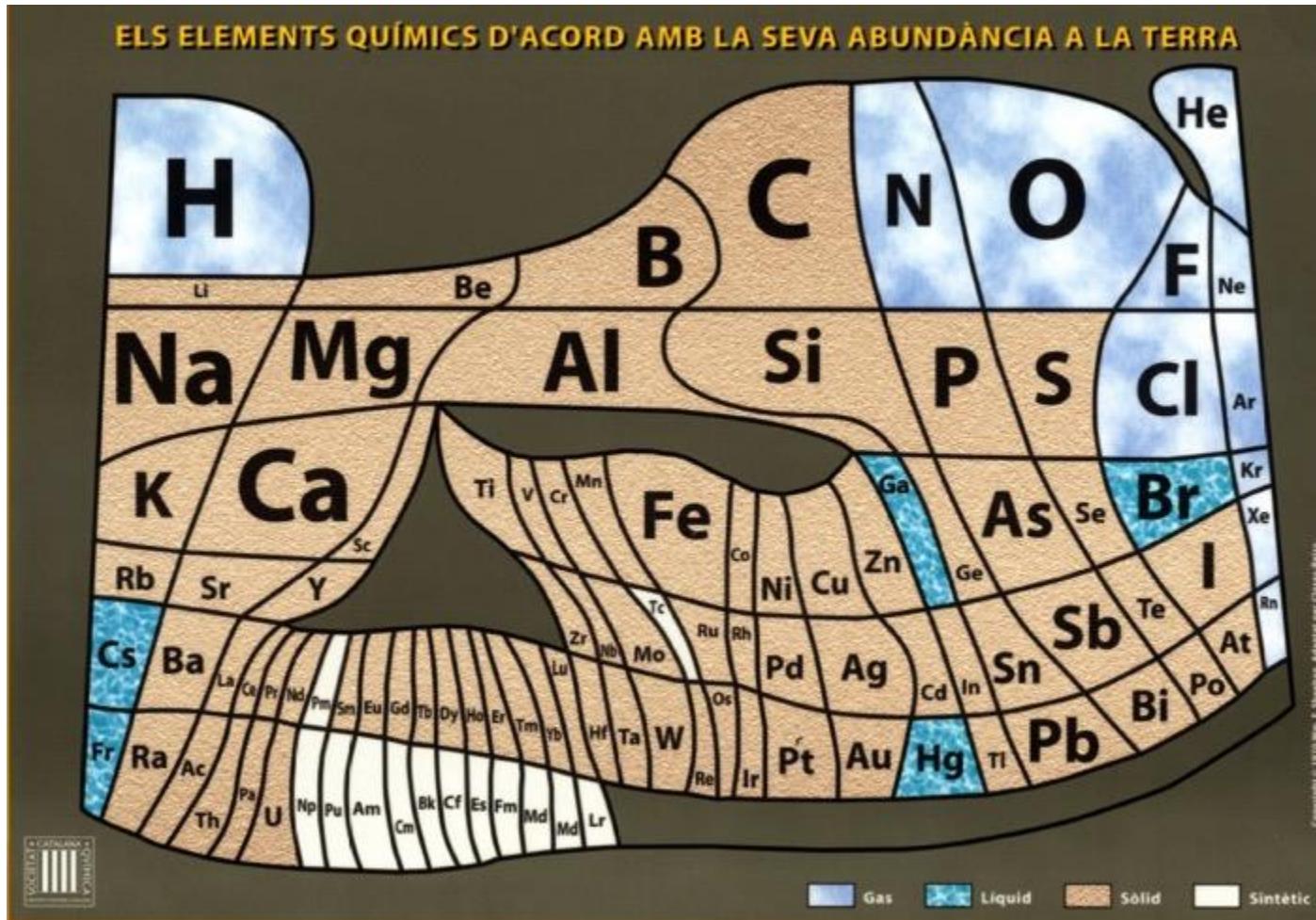


2011



2016

LA TAVOLA PERIODICA “QUANTITATIVA”



Alcuni tipi di atomi sono disponibili in quantità limitate

ELEMENTI RARI nelle tecnologie energetiche: alcuni esempi



**Neodimio
Praseodimio
Disprosio**



- **Neodimio, Praseodimio, Disprosio**
- **Lantanio, Cerio, Litio**



Europio, Terbio, Ittrio, Cerio

SMARTPHONE: oltre 40 elementi

ELEMENTS OF A SMARTPHONE

ELEMENTS COLOUR KEY: ● ALKALI METAL ● ALKALINE EARTH METAL ● TRANSITION METAL ● GROUP 13 ● GROUP 14 ● GROUP 15 ● GROUP 16 ● HALOGEN ● LANTHANIDE

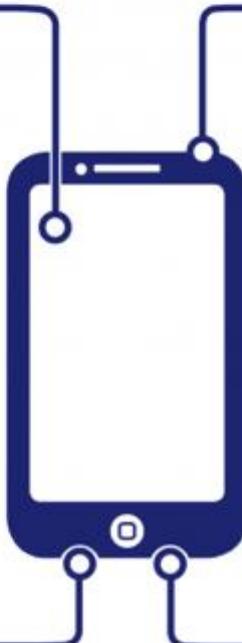
SCREEN

| | |
|-----------------------|---------------------|
| 49 In Indium | 8 O Oxygen |
| 50 Sn Tin | |
| 13 Al Aluminum | 14 Si Silicon |
| 8 O Oxygen | 19 K Potassium |
| 2 Y Lanthanum | 57 La Lanthanum |
| 58 Pr Praseodymium | 63 Eu Europium |
| 64 Gd Gadolinium | 65 Tb Terbium |
| 59 Dy Dysprosium | 66 Dy Dysprosium |

Indium tin oxide is a mixture of indium oxide and tin oxide, used in a transparent film in the screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen.

The glass used on the majority of smartphones is an aluminosilicate glass, composed of a mix of alumina (Al_2O_3) and silica (SiO_2). This glass also contains potassium ions, which help to strengthen it.

A variety of Rare Earth Element compounds are used in small quantities to produce the colours in the smartphone's screen. Some compounds are also used to reduce UV light penetration into the phone.



ELECTRONICS

Copper is used for wiring in the phone, whilst copper, gold and silver are the major metals from which microelectrical components are fashioned. Tantalum is the major component of micro-capacitors.

Nickel is used in the microphone as well as for other electrical connections. Alloys including the elements praseodymium, gadolinium and neodymium are used in the magnets in the speaker and microphone. Neodymium, terbium and dysprosium are used in the vibration unit.

Pure silicon is used to manufacture the chip in the phone. It is oxidised to produce non-conducting regions, then other elements are added in order to allow the chip to conduct electricity.

Tin & lead are used to solder electronics in the phone. Newer lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.

| | |
|-----------------|-------------------|
| 29 Cu Copper | 47 Ag Silver |
| 79 Au Gold | 73 Ta Tantalum |

| | | |
|------------------|---------------------|-----------------------|
| 28 Ni Nickel | 66 Dy Dysprosium | 59 Pr Praseodymium |
| 65 Tb Terbium | 60 Nd Neodymium | 64 Gd Gadolinium |

| | | |
|------------------|--------------------|-------------------|
| 14 Si Silicon | 8 O Oxygen | 51 Sb Antimony |
| 33 As Arsenic | 15 P Phosphorus | 31 Ga Gallium |

| | |
|--------------|---------------|
| 50 Sn Tin | 82 Pb Lead |
|--------------|---------------|

BATTERY

| | | |
|-----------------|-------------------|---------------|
| 3 Li Lithium | 2 Co Cobalt | 8 O Oxygen |
| 6 C Carbon | 13 Al Aluminum | |

The majority of phones use lithium ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Some batteries use other metals, such as manganese, in place of cobalt. The battery's casing is made of aluminium.

Magnesium compounds are alloyed to make some phone cases, whilst many are made of plastics. Plastics will also include flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.

| | |
|------------------|--------------------|
| 6 C Carbon | 12 Mg Magnesium |
| 35 Br Bromine | 28 Ni Nickel |



© COMPOUND INTEREST 2014 - WWW.COMPOUNDCHM.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
Shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.



PRIMA COSA DA FARE: RICICLARE



Science
2012, 337, 690

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| * Lanthanides | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu |
| ** Actinides | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr |

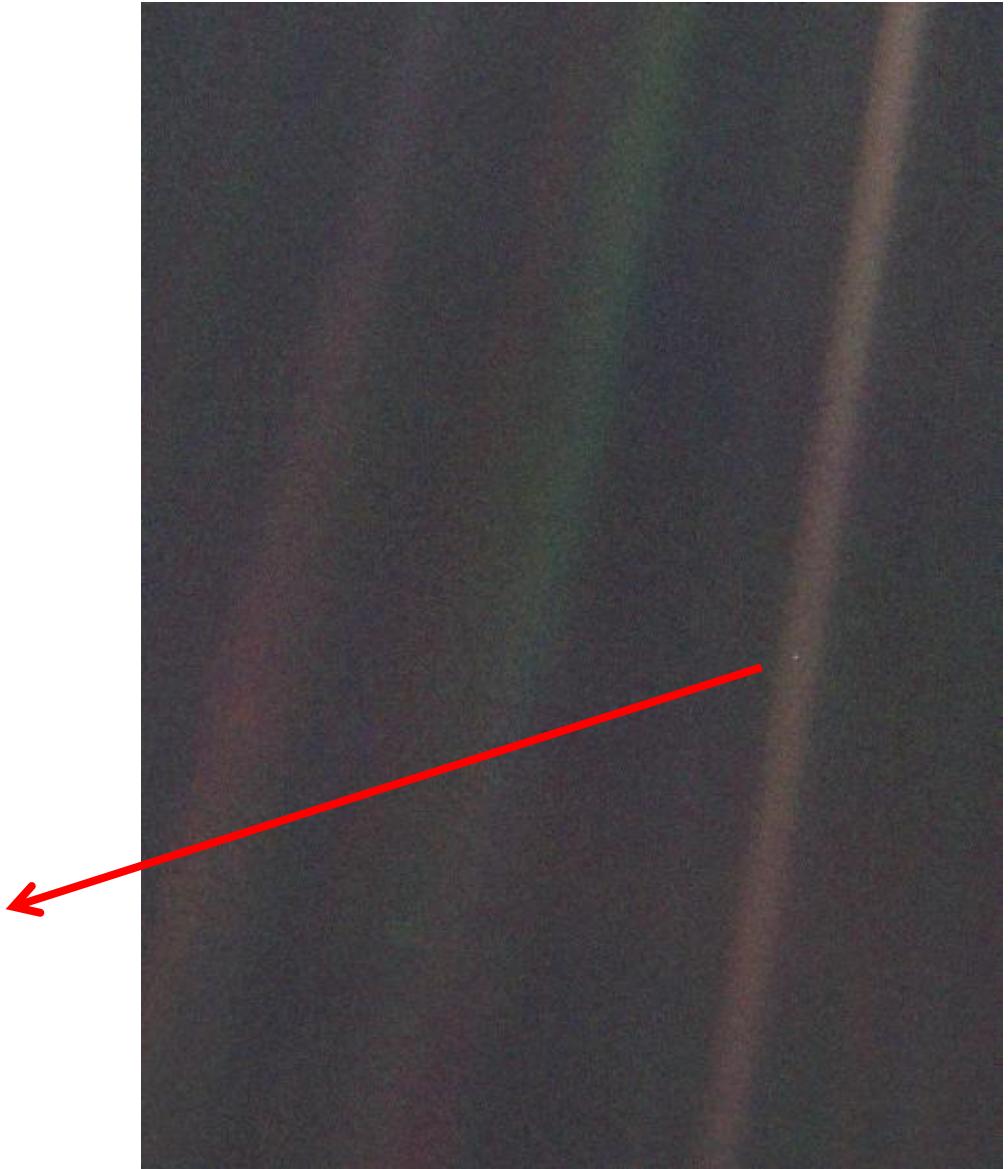
■ <1% ■ 1-10% ■ 10-25% ■ 25-50% ■ >50%

N.B.: RICICLARE COSTA MOLTA ENERGIA

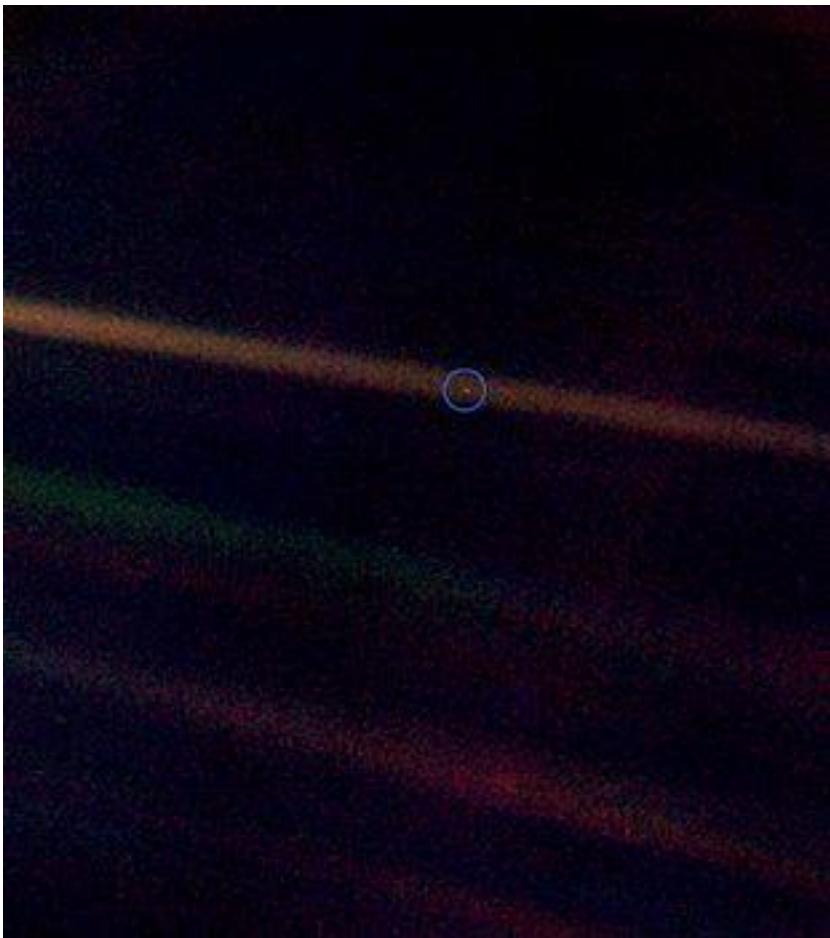
L'ASTRONAVE TERRA

PALE BLUE DOT

La Terra fotografata
da 6 miliardi di km di
distanza: una nicchia di
vita in un'immensità di
materia inanimata



15 Febbraio 1990, VOYAGER 1



“Che ci piaccia o meno, per il momento la Terra è dove ci giochiamo le nostre carte ... Non c'è forse migliore dimostrazione della follia delle vanità umane che questa distante immagine del nostro minuscolo mondo.

Per me, sottolinea la nostra responsabilità di occuparci più gentilmente l'uno dell'altro, e di preservare e proteggere il pallido puntino blu, l'unica casa che abbiamo mai conosciuto.”

Carl Sagan

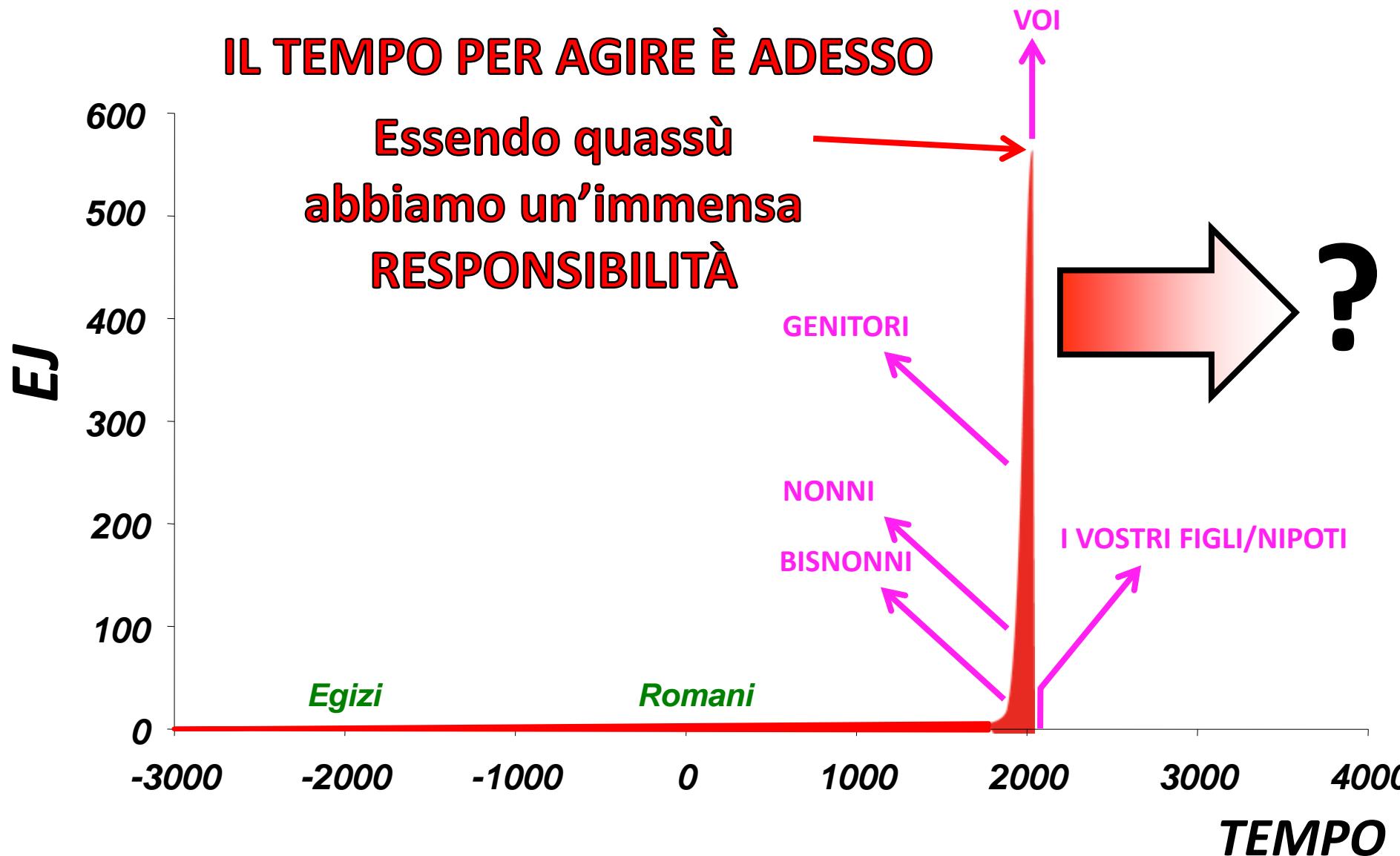
IL SENSO DEL LIMITE

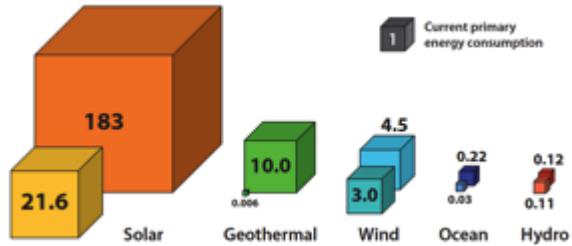


**Operazioni di bonifica
sulle coste
della Louisiana (USA)
dopo la catastrofe della
piattaforma Deepwater Horizon**

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

LA LINEA DEL TEMPO DELL'ENERGIA





La Terra non ci è stata lasciata in eredità dai nostri padri, ma ci è stata data in prestito dai nostri figli

Proverbo Indiano