



# Il problema climatico

## Soluzioni per la transizione energetica

---

Stefano Re Fiorentin  
Consigliere Delegato Asja Ambiente  
[s.refiorentin@asja.energy](mailto:s.refiorentin@asja.energy)





## ■ LA NOSTRA ATMOSFERA UN SISTEMA DAVVERO IMPONENTE?



Ma le cose di lì a poco sarebbero cambiate.  
La Terra sarebbe presto apparsa piccola.

Fino a metà degli anni '50 si era propensi a considerare l’atmosfera immune dall’azione umana semplicemente perché era un sistema imponente.

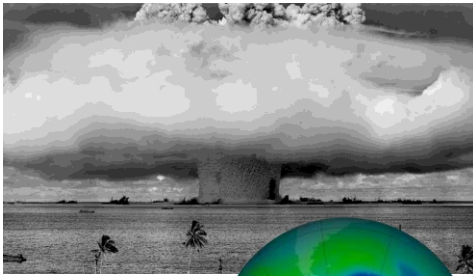
A quei tempi nell’atmosfera:

- c’era **più di un milione di tonnellate di aria** per ogni persona (oggi un po’ meno a causa dell’aumento demografico);
- c’erano **centinaia di tonnellate di anidride carbonica** pro capite;
- lo **strato di ozono** ammontava a **più di una tonnellata** a persona.

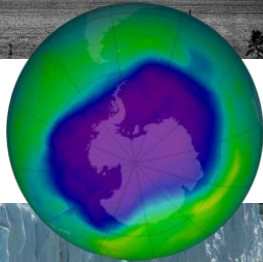
Numeri simili sembravano rendere praticamente inattaccabile il sistema Terra, che appariva semplicemente troppo grande per essere modificato.



## ■ SIAMO AL TERZO PROBLEMA AMBIENTALE GLOBALE CE NE SARANNO ALTRI?...



23 test nucleari condotti a Bikini tra il 1946 e il 1958



buco nell'ozono sopra l'Antartico  
Foto NASA



lo scioglimento dei ghiacci polari

### 1. Metà anni '50 - metà anni '60

**Fallout nucleare** conseguente ai test delle bombe atomiche.

### 2. Metà anni '70

**Incremento degli UV-C e degli UV-B** a seguito della riduzione dell'ozonosfera.

### 3. Da fine anni '80

**Alterazione del bilancio energetico del Pianeta** causato dai gas ad effetto serra.



## ■ LE QUATTRO LEGGI DELL'ECOLOGIA SONO DEL 1971

In un testo autorevole\*, pubblicato nel 1971, Barry Commoner enunciò le quattro leggi dell'ecologia.

1. Ogni cosa è connessa con qualsiasi altra  
C'è un'unica ecosfera per tutti gli organismi viventi e ciò che colpisce uno, colpisce tutti.
2. Ogni cosa deve finire da qualche parte  
Non esiste un posto lontano in cui buttare le cose.
3. La natura sa il fatto suo  
L'umanità ha sviluppato tecnologie per migliorare la natura, ma i cambiamenti in un sistema naturale possono essere dannosi per quel sistema.
4. Non si distribuiscono pasti gratuiti  
In ecologia, come in economia, non c'è guadagno che possa essere ottenuto senza un certo costo.



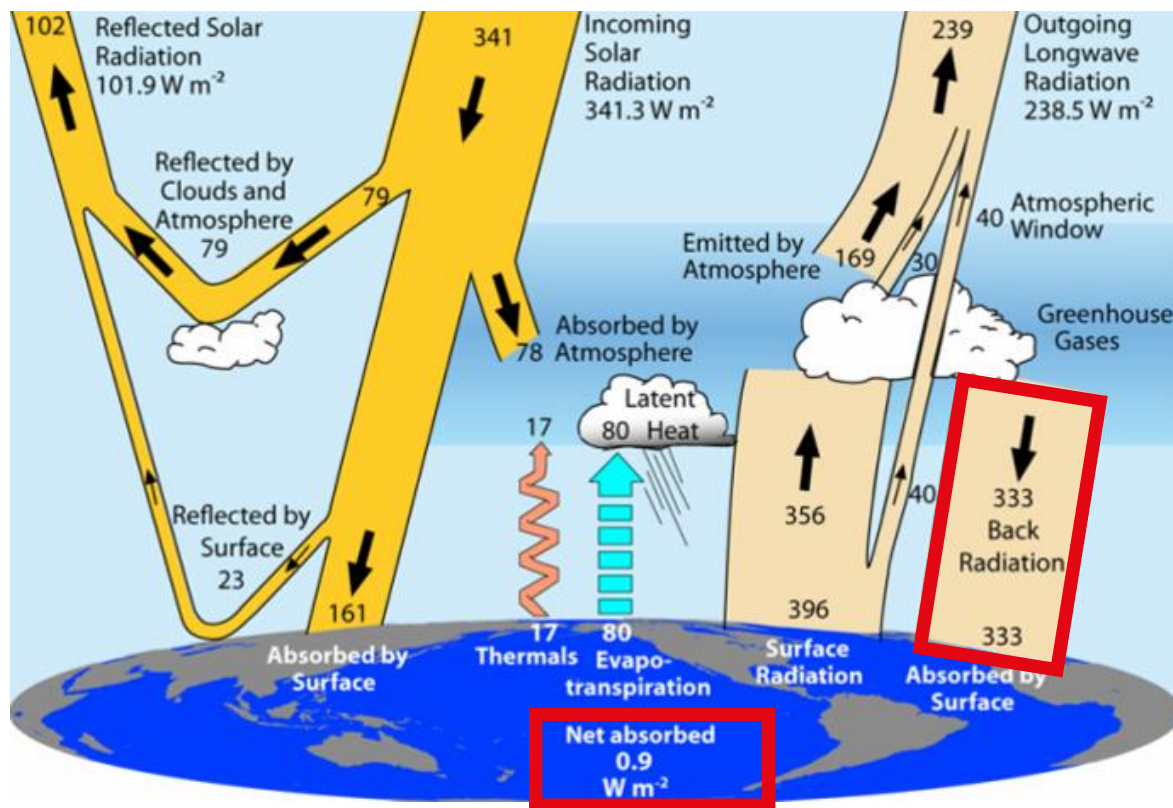
Le reti interconnesse del cibo portavano il DDT dai campi di granoturco del Minnesota alle carni delle mucche nostrane



La stratosfera trasportava il *fallout* sollevatosi dall'atollo di Bikini nello smalto dentale dei bambini cinesi

\* The Closing Circle

■ IL DIAGRAMMA DI TRENBERTH DEL 2009  
LE RADIAZIONI *IN-OUT* SONO SEMPRE STATE IN "MIRACOLOSO" PERFETTO EQUILIBRIO



Global Energy Flows W m<sup>-2</sup>  
Sulla Terra arrivano in media **341,3 W/m<sup>2</sup>** da considerarsi sulle 24 ore in quanto il flusso di potenza solare intercettato dalla Terra è di 1.366 W/m<sup>2</sup>.



## ■ UN PICCOLO SQUILIBRIO DEI FLUSSI ENERGETICI È IL RESPONSABILE DELL'AUMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA DELLA TERRA

La temperatura della Terra è modificata da due effetti:

### 1. La variazione della "albedo"

L'albedo della Terra è data soprattutto dalle nuvole, ma anche la superficie fa la sua parte, e così i cambiamenti che gli esseri umani vi apportano. Coltivando aree in precedenza boschive, gli esseri umani hanno apportato una piccola variazione all'albedo globale, e così pure ricoprendo le città di asfalto.

### 2. Le "forzanti radiative"

Sono determinate dai cosiddetti GHG ("Green House Gases"). La CO<sub>2</sub> è il gas serra responsabile sul lungo periodo di gran parte dell'effetto serra dovuto all'attività umana. Attualmente esso provoca un aumento del flusso di infrarossi verso la Terra di poco inferiore ai **due watt per metro quadro**.

Ma anche le emissioni di metano (CH<sub>4</sub>), di protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O), i CFC e gli HCFC (idroclorofluorocarburi, gas innocui per l'ozono, che hanno rimpiazzato i CFC) aggiungono in tutto **un altro watt di infrarossi per metro quadro**.



## ■ I GLOBAL WARMING POTENTIALS DELLE EMISSIONI GASSOSE

Il **Global Warming Potential** (GWP) è stato sviluppato per consentire i confronti dell'impatto sul riscaldamento globale dei diversi gas. In particolare, è una misura di quanta energia una tonnellata di gas assorbe in un determinato periodo di tempo, rispetto ad una tonnellata di CO<sub>2</sub>.

**Il periodo di tempo generalmente utilizzato per il GWP è 100 anni.**

Il **GWP di un gas** è determinato da due effetti:

- la capacità di assorbire le radiazioni (**radiative efficiency**);
- quanto tempo rimane nell'atmosfera (**lifetime**).

**La CO<sub>2</sub>, per definizione, ha un GWP di 1** indipendentemente dal periodo di tempo utilizzato, perché è il gas di riferimento.

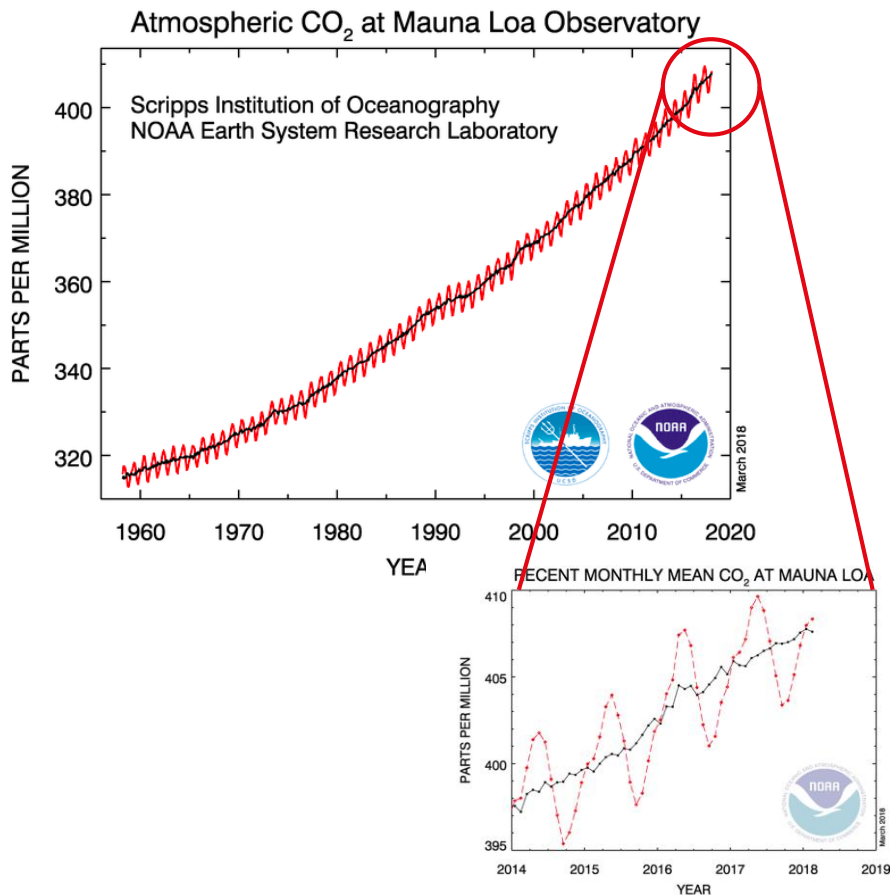
**La CO<sub>2</sub> rimane nel sistema climatico per migliaia di anni.**

Il **GWP del metano** è stato rivisto nel 2014 dall'IPCC ("Intergovernmental Panel on Climate Change") dal precedente 22 a 28÷34<sup>1</sup>. IL CH<sub>4</sub> dura circa un decennio, assorbe molta più energia della CO<sub>2</sub> ed è un precursore dell'ozono.

(1) Fonte, IPCC Climate Change 2013. Il primo valore non include l'effetto dei cicli di retroazione (climate-carbon feedbacks)



■ L'INCREMENTO DELLA CO<sub>2</sub>  
LA CAUSA PRINCIPALE DELL'AUMENTO DI TEMPERATURA



La concentrazione media della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera dal 2016 è **sopra le 400 parti per milione (ppm)**.

Prima dell'era industriale era stabile a **280 ppm**.

Una ppm di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera corrisponde a **2,1 miliardi di tonnellate di carbonio equivalente**.

L'uomo ha quindi immesso nell'atmosfera **270 miliardi di tonnellate di carbonio equivalente**.

Un mucchio di carbone avente lo stesso contenuto di carbonio avrebbe un volume **pari a quello del monte Everest**.





## ■ LA TEMPERATURA MEDIA DELLA TERRA UNA MISURA DIFFICILE

La temperatura media della Terra è di circa **14°C**.

Potrebbe sembrare di facile misurazione. In realtà calcolarla è un vero incubo, perché dipende da osservazioni compiute in migliaia di siti con attrezzature diverse e diversi livelli di accuratezza.

**Il lavoro non è ancora svolto da grandi squadre ben finanziate e coordinate da un unico centro, ma è frammentato tra varie istituzioni (WMO, NASA, NOAA, UK Met Office, Japan Meteorological Agency).**

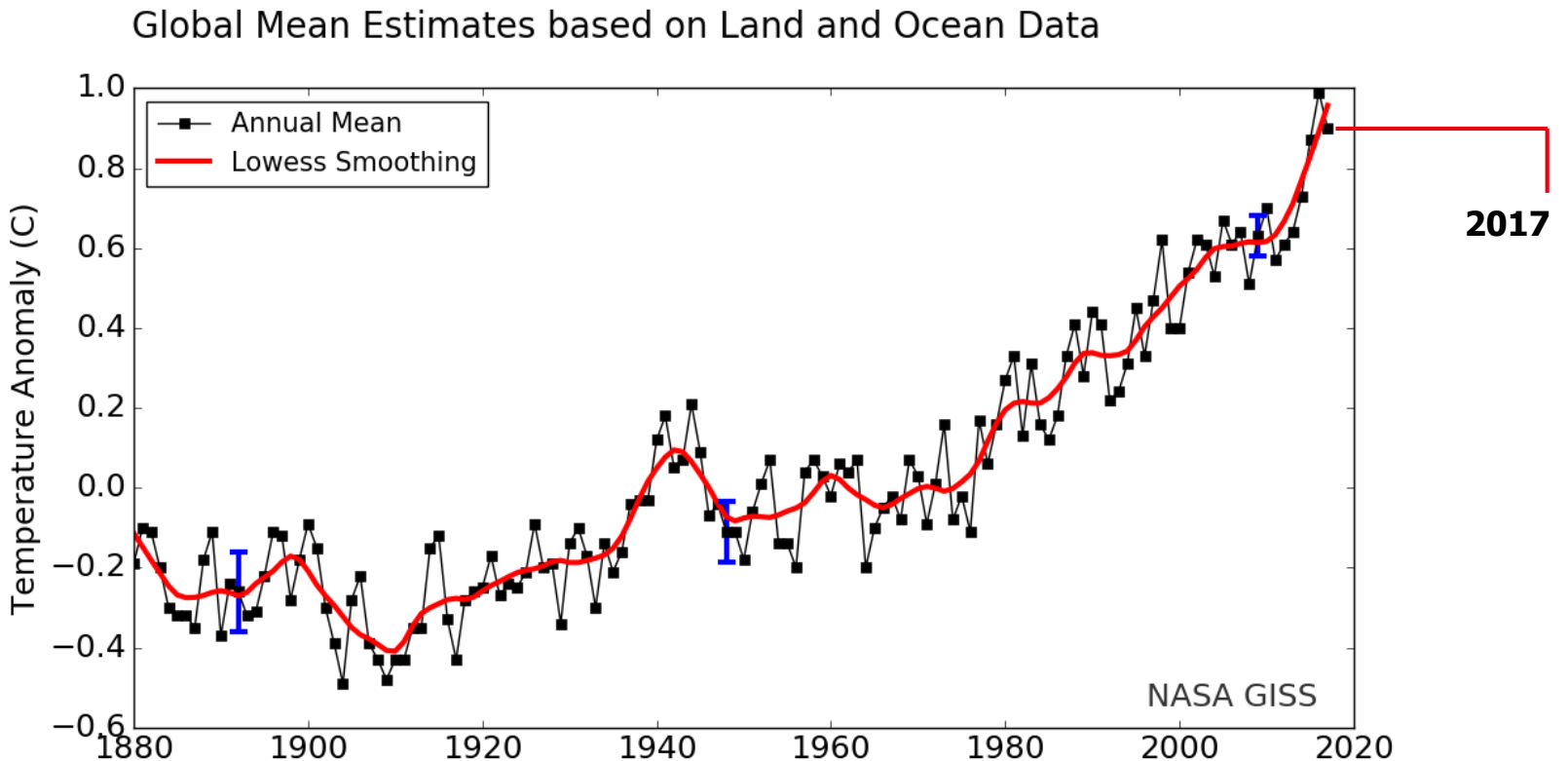
D'altra parte la temperatura della Terra non si può misurare dai satelliti con precisione a causa dell'assorbimento atmosferico delle radiazioni infrarosse.

**Se ad esempio si misurasse la temperatura della Terra dalla Luna con un sensore a infrarossi, si rileverebbero -15°C.**

Se però si esaminano i dati faticosamente raccolti in buona fede, ci si rende conto che il riscaldamento è reale, e i più concordano anche sulla sua velocità: **una media di 0,16°C ogni 10 anni a partire dagli anni '70.**



# LA TEMPERATURA MEDIA DELLA TERRA A TUTTO IL 2017 GODDARD INSTITUTE FOR SPACE STUDIES DELLA NASA

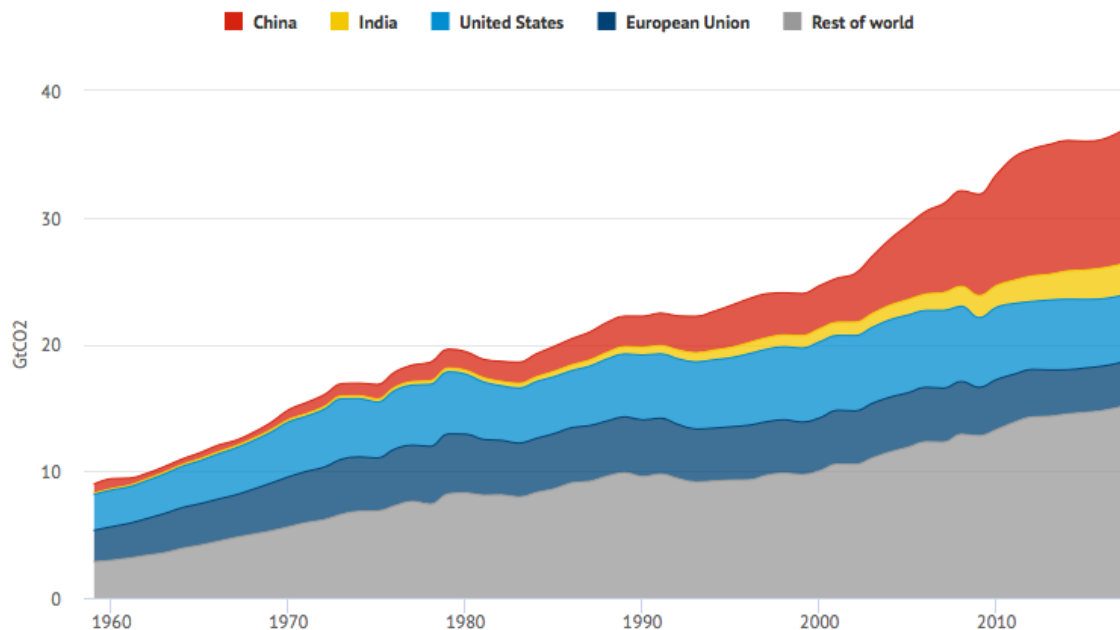


The solid black line is the global annual mean and the solid red line is the five-year lowess smooth.  
The blue uncertainty bars (95% confidence limit) account only for incomplete spatial sampling.



LE EMISSIONI DI CO<sub>2</sub>  
L'ESEMPIO DEL 2017

Annual CO2 emissions from fossil fuels by country, 1959-2017



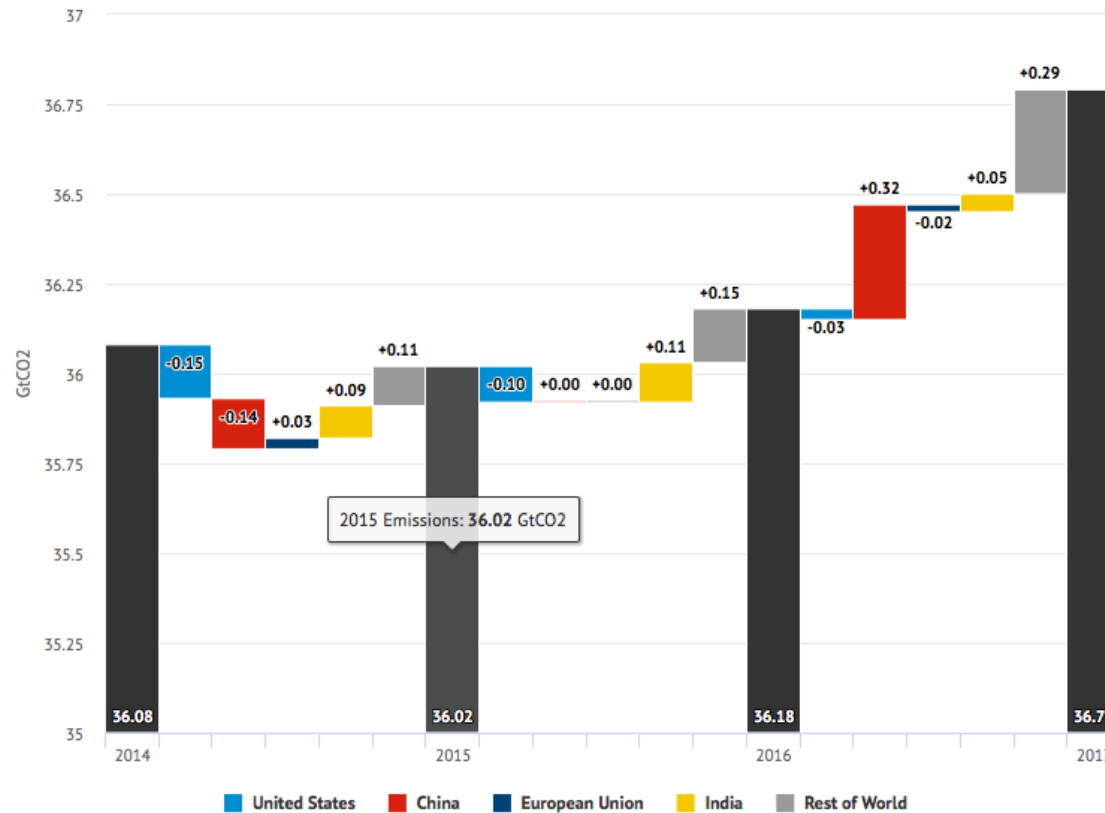
I **36,8 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>** emessi nel 2017 provengono dalla combustione di:

- 4,4 miliardi di tonnellate di **petrolio**;
- 3,2 miliardi di tonnellate di **gas naturale**;
- 3,7 miliardi di tonnellate di **carbone**.



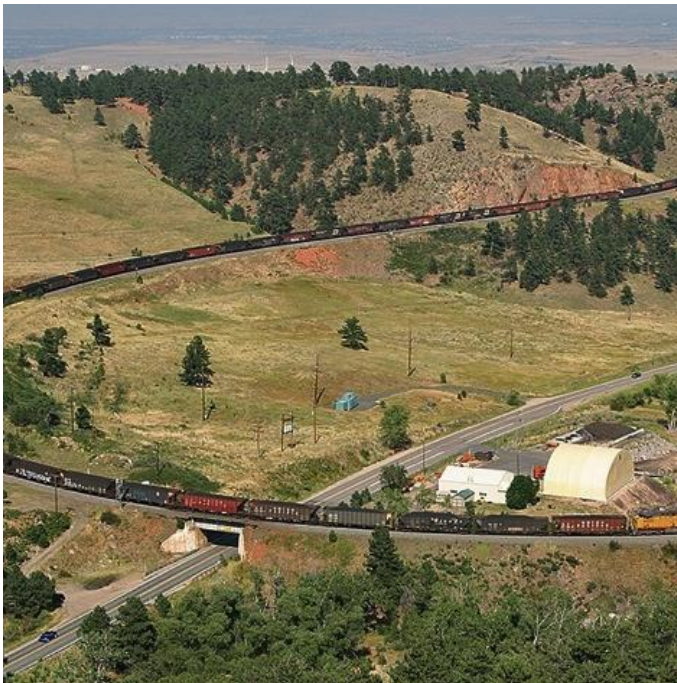
## ■ LA CRESCITA DELLE EMISSIONI SEMPRE PIÙ DETERMINATA DAI PAESI BRIC

Change in global emissions from fossil fuels by country, 2014-2017





- LA CO<sub>2</sub> EMESSA DAI TRASPORTI  
ITALIA ANNO 2017



La CO<sub>2</sub> emessa dalle auto italiane nel 2017 corrisponde a quella prodotta dalla combustione di **22 milioni di tonnellate di carbone**.

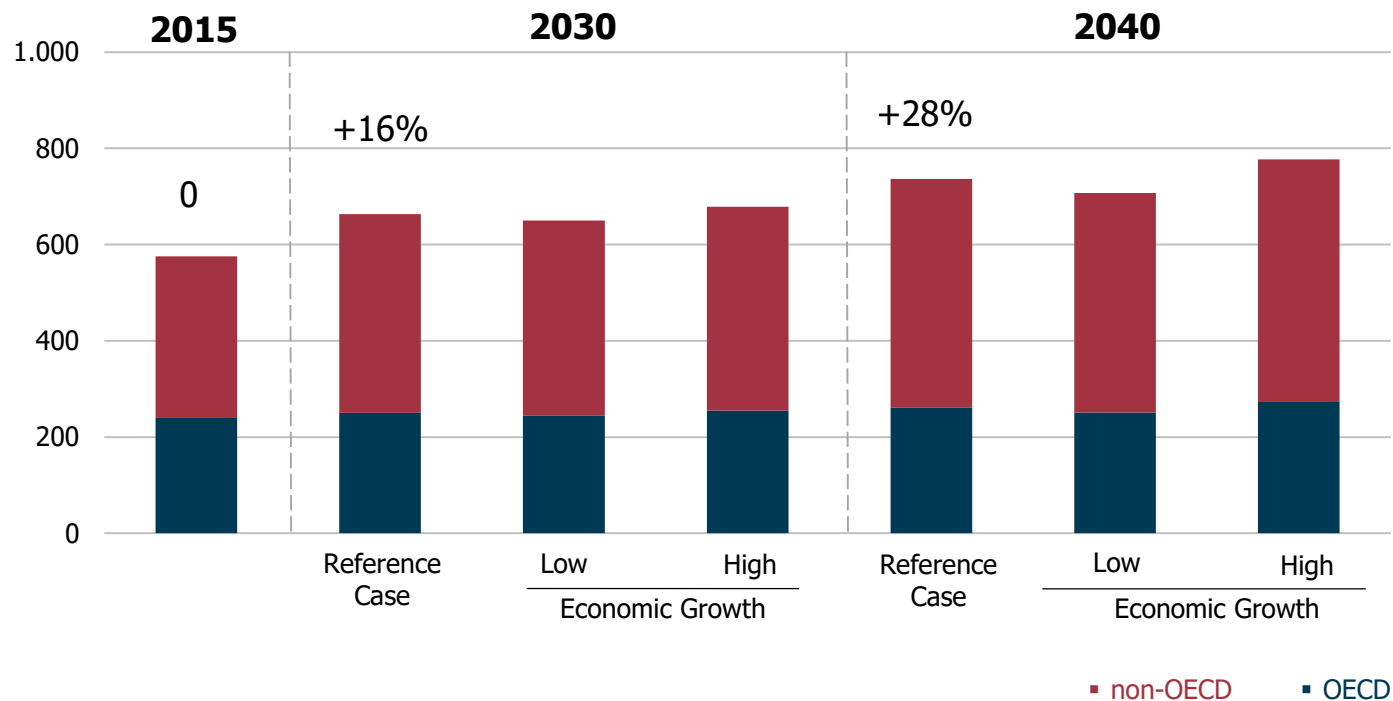
Una tale quantità di carbone riempirebbe **un treno lungo 14.000 km** (distanza che separa Lisbona da Vladivostok).



## ■ LA DOMANDA MONDIALE DI ENERGIA LE PREVISIONI DELLA EIA

Consumo globale di energia in tre scenari di crescita economica

10<sup>15</sup> Btu



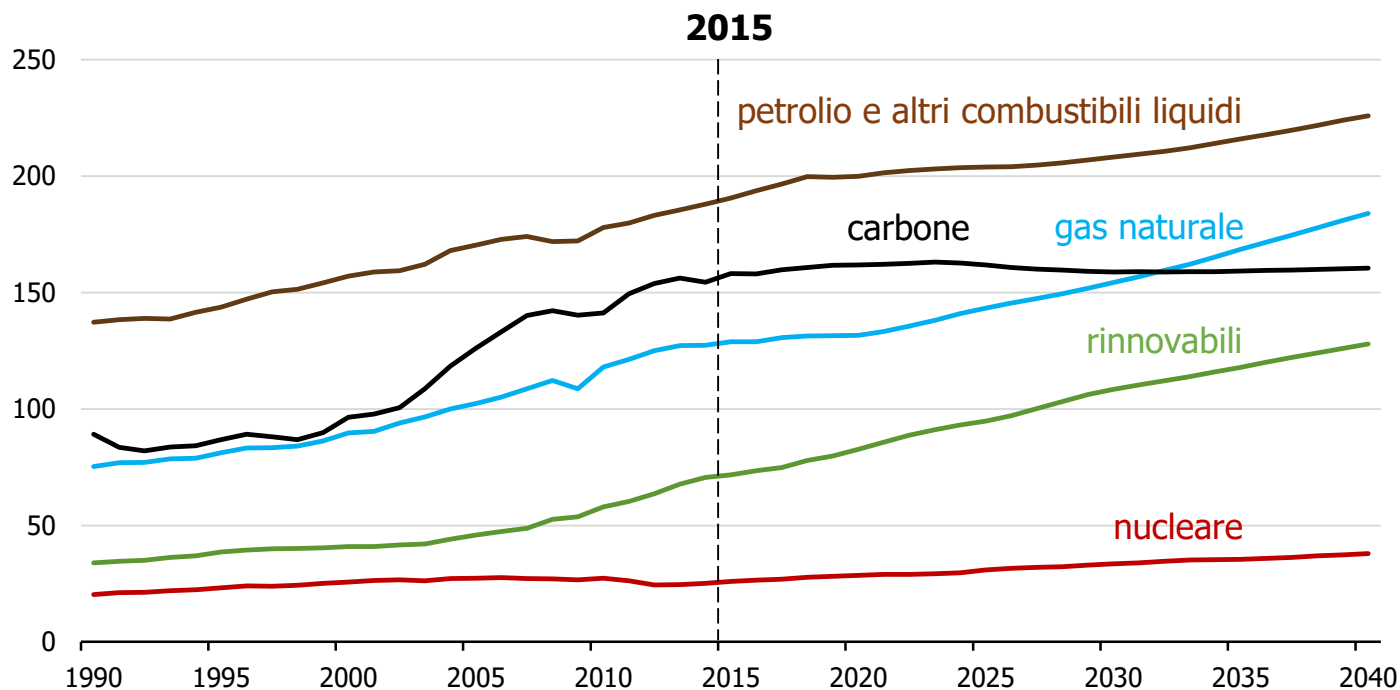
Fonte: U.S. Energy Information Administration - International Energy Outlook 2017



## LE FONTI ENERGETICHE DEL PROSSIMO VENTENNIO LE PREVISIONI DELLA EIA

Consumo di energia per fonte

$10^{15}$  Btu



Fonte: U.S. Energy Information Administration - International Energy Outlook 2017



## ■ IL PROBLEMA DELLE FONTI ENERGETICHE EMERSE PER LA PRIMA VOLTA NEGLI ANNI '70...

Monthly Imported Crude Oil Price  
dollars per barrel



**...ma non per problemi ambientali, bensì a causa delle crisi petrolifere del 1973 e 1979.**

Queste avevano fatto percepire in maniera chiara le falle di un sistema energetico troppo dipendente dal petrolio e, in generale, dall'approvvigionamento di fonti fossili.

Si pensò che la fonte alternativa da privilegiare fosse il **nucleare**. **Pochi credevano nelle fonti rinnovabili.**



Fonte: U.S. Energy Information Administration - Short-Term-Energy Outlook - Real Prices Viewer - June 2016





## ■ IL PERCORSO FATTO FINORA DAL 1992 AL 2005

1992

Durante la conferenza dell'ONU su ambiente e sviluppo di **Rio de Janeiro** (*Summit della Terra*), viene stilata la **Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici** (UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*).



1995  
COP 1

I partecipanti all'UNFCCC si incontrano a Berlino per definire i principali obiettivi di riduzione delle emissioni (**Conference of the Parties - COP 1**).



1997  
COP 3

Nella **COP 3** della UNFCCC tenutasi a Kyoto, viene stilato il **protocollo di Kyoto**, un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il surriscaldamento globale, redatto da più di 180 Paesi.



2005  
COP 11/ CMP 1

Il COP 11 di Montreal è stato anche il primo *Meeting of the Parties* (CMP 1). L'evento ha segnato **l'entrata in vigore del protocollo di Kyoto** con la ratifica da parte della Russia. Da allora i COP e i CMP si sono tenuti congiuntamente.



Montréal 2005

E' il primo tentativo dell'ONU di prendere provvedimenti a livello globale in materia di ambiente e di sviluppo economico secondo nuovi parametri, con l'obiettivo di prevenire la distruzione irreparabile delle risorse naturali e di permettere la vita sulla Terra anche per le generazioni future

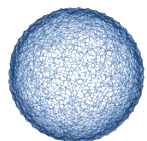
## ■ IL PERCORSO FATTO FINORA DAL 2009 AL 2011

### 2009

COP 15 / CMP 5

L'obiettivo ambizioso prefisso dal COP 15 tenutosi a Copenhagen era di arrivare ad un accordo globale sul clima per il periodo post-2012, quando sarebbe terminato il commitment previsto dal protocollo di Kyoto.

La conferenza non portò a un accordo per le azioni di lungo termine (2030 e 2050) ma attivò dei gruppi di lavoro.



COP15  
COPENHAGEN  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE 2009

### 2010

COP 16 / CMP 6

Al COP 16 tenutosi a Cancùn tutti i partecipanti riconobbero che *"the climate change represents an urgent and potentially irreversible threat to human societies and the planet, and thus requires to be urgently addressed by all Parties,"*.

Venne approvato l'obiettivo di contenere il riscaldamento globale entro i 2 °C.



### 2011

COP 17 / CMP 7

La conferenza, tenutasi a Durban, ha avviato i negoziati per un accordo giuridicamente vincolante che comprenda tutti i paesi, da adottarsi nel 2015, volto a disciplinare il periodo post-2020.



**COP17/CMP7**  
UNITED NATIONS  
CLIMATE CHANGE CONFERENCE 2011  
DURBAN, SOUTH AFRICA



■ PERÒ DAL 1997 AL 2012...  
...IN PERCENTUALE BEN POCO È CAMBIATO

## 1997

Quando ebbe luogo la conferenza di Kyoto, l'80% della domanda mondiale di energia era soddisfatta da combustibili fossili. Le fonti energetiche rinnovabili fornivano **appena il 13% dell'energia utilizzata.**

**Ben 10 di questi 13 punti percentuali** erano biomasse che includevano la legna bruciata per accendere il fuoco da più di un miliardo di persone che non avevano accesso ad altra forma di energia.

L'energia eolica, solare e idroelettrica **contribuivano per appena il 3%.**

## 2012

Nel 2012, dopo 15 anni di politiche climatiche post-Kyoto, le **energie eolica, solare e idroelettrica** fornivano ancora il **3% del fabbisogno energetico mondiale; i combustibili fossili l'81%.**

Le emissioni industriali di CO<sub>2</sub> nel 2012 sono il doppio di quelle del 1997.



■ 2015 - COP21  
ACCORDO STORICO A PARIGI



● 2015

I Negoziati di Parigi portarono all'adozione del **Paris Agreement** relativo alla misure per il contenimento dei cambiamenti climatici post-2020. L'adozione di questo accordo completò i lavori della Durban Platform. L'accordo è entrato in vigore il 4 novembre 2016.

Per la prima volta quasi 200 Paesi si sono trovati d'accordo nello stabilire l'obiettivo di fermare il riscaldamento globale **ben al di sotto dei 2°C**, con la volontà di contenerlo entro **+1,5°C**.



## ■ 2016 E 2017

### ● 2016

COP 22 / CMP 12 / CMA 1

La conferenza di Marrakech ha stabilito che l'adozione delle norme per l'applicazione dell'accordo di Parigi del 2015 sul clima saranno concordate nel 2018 nella conferenza COP24 (che la Polonia si è offerta di ospitare), invece che nel 2020.

Diversi paesi (tra cui Canada, Germania, Messico e Stati Uniti) hanno presentato i loro piani strategici per ottenere la "rete a zero emissioni" nel 2050: un impegno a non emettere più gas a effetto serra in atmosfera oltre a quello che si possa compensare.

Altri 11 stati hanno ratificato l'accordo sul clima di Parigi, tra cui Australia, Giappone, Italia, Malesia, Pakistan e Regno Unito.



MARRAKECH 2016  
COP22 | CMP12 | CMA1

### ● 2017

COP 23 / CMP 12 / CMA2

Al COP 23 tenutosi a Bonn sotto la presidenza di Fiji, sono stati fatti passi avanti su finanza climatica, loss and damage, diritti umani e valutazioni pre-2020.

È stato impostato un testo negoziale che andrà perfezionato nei prossimi mesi, attraverso tappe decise dal dialogo di Talanoa (metodologia introdotta dalla Presidenza Fiji), in modo da approvare alla COP 24 di Katowice le linee guida dell'Accordo di Parigi.

L'Italia ha presentato la sua Strategia Energetica Nazionale (SEN) approvata giusto qualche giorno prima dell'inizio dei negoziati, dove viene indicata la chiusura di tutte le centrali a carbone del Paese entro l'anno 2025.





## ■ L'IMPEGNO DELL'EUROPA INIZIA NEL 1997



Con il “**Libro bianco**” del **1997** sulle fonti energetiche rinnovabili, l'UE si poneva il seguente **obiettivo al 2010**:

- soddisfare il 12% delle esigenze di consumo di energia;
- soddisfare il 22,1% delle esigenze di consumo di elettricità **a partire da fonti rinnovabili**.

Nel 2001, la direttiva 2001/77/CE sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità, **ha stabilito per la prima volta obiettivi per ciascuno Stato membro**.



## ■ NEGLI ULTIMI 10 ANNI L'UE ADOTTA UN QUADRO LEGISLATIVO VIA VIA PIÙ COMPLETO

La mancanza di progressi nel conseguimento degli obiettivi al 2010 ha portato l'Unione Europea ad adottare un quadro legislativo più completo e stringente.



10 gen 2007

La Commissione delinea una strategia a lungo termine per le energie rinnovabili nell'UE fino al 2020: «**tabella di marcia per le energie rinnovabili**. Le energie rinnovabili nel 21° secolo: costruire un futuro più sostenibile» (COM (2006) 0848).

23 apr 2009

DIRETTIVE ENERGIE RINNOVABILI (2009/28/CE)

Entro il 2020 (rispetto ai livelli del 1990):

- ridurre del **20%** le emissioni di gas serra;
- ridurre del **20%** il consumo di energia;
- portare al **20%** (il 17% per l'Italia) il consumo di energia da fonti rinnovabili.

4 ott 2016

Il Parlamento Europeo **approva la ratifica dell'accordo di Parigi**.

30 nov 2016

la Commissione europea presenta un pacchetto di misure per mantenere l'Unione europea competitiva nel corso della transizione energetica.



# Le fonti di energia rinnovabile

asja





- LE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE DEVONO ANCHE ESSERE SOSTENIBILI



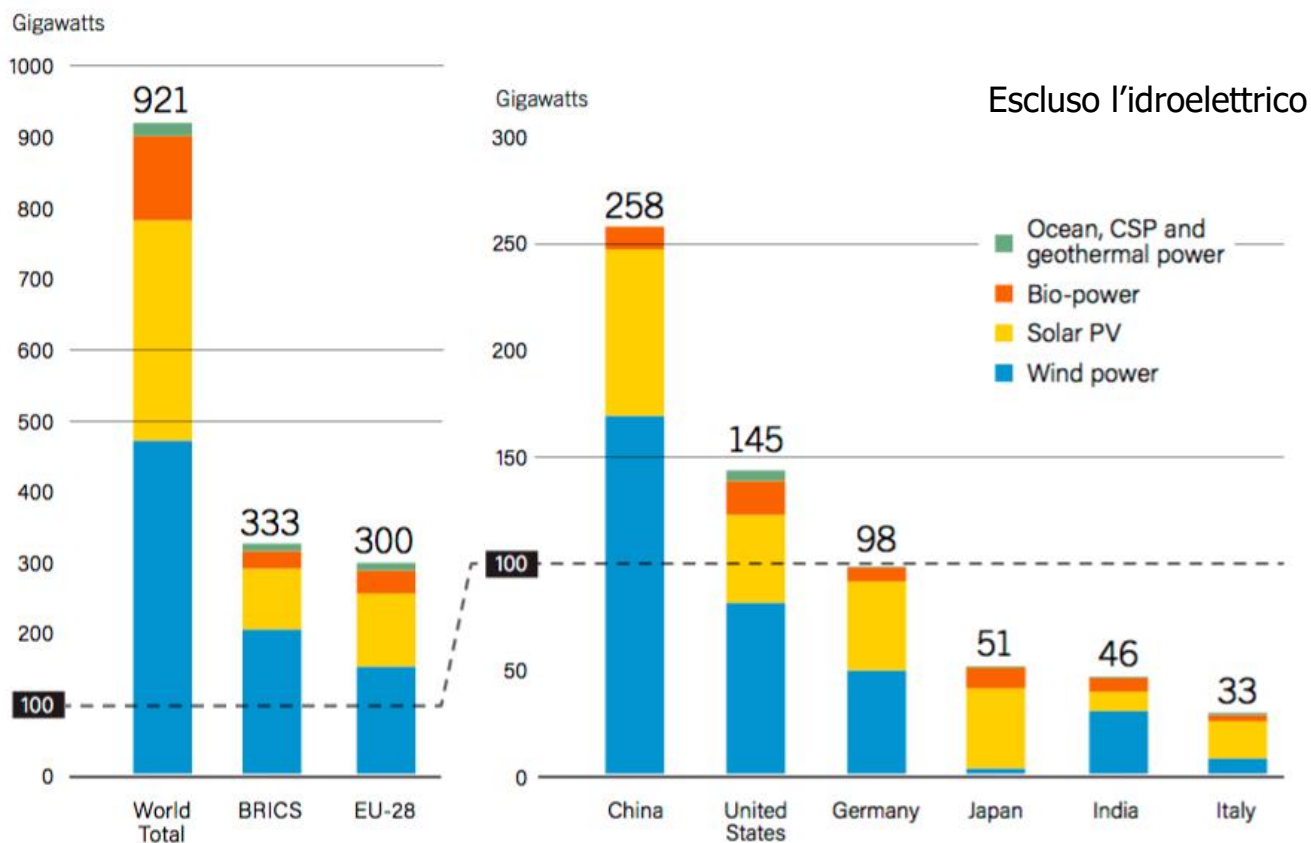
Le fonti di energia rinnovabile sono risorse naturali che **si rinnovano nel tempo** e possono essere considerate disponibili per l'utilizzo da parte dell'uomo **pressoché indefinitamente**.

Una risorsa rinnovabile si dice anche **sostenibile** se il tasso di rigenerazione della medesima è uguale o superiore a quello di utilizzo.

Tale **concetto** è particolarmente **importante per quelle risorse** - quali ad esempio le forestali - **per le quali il tempo di rinnovo non è compatibile con il tasso di sfruttamento**.



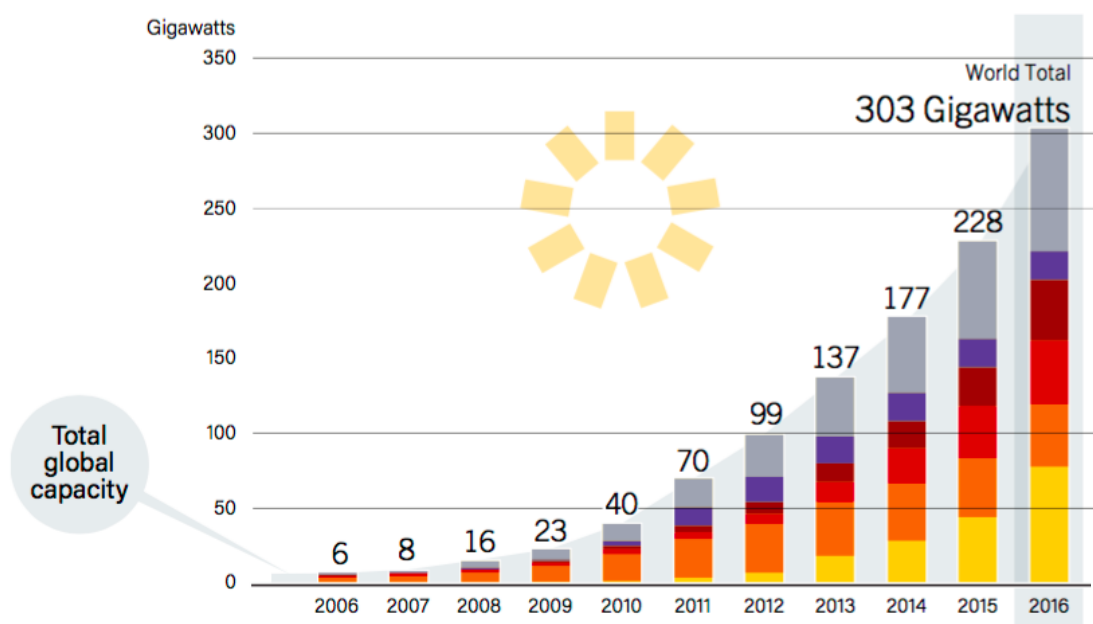
## LE RINNOVABILI NEL MONDO - 2016 CAPACITÀ INSTALLATA TOTALE BRICS, EU-28 E TOP6 COUNTRIES



Fonte REN 21 - Global Status Report 2017



## ■ SOLARE FOTOVOLTAICO - CAPACITÀ INSTALLATA 2006-2016 TOP6 COUNTRIES E RESTO DEL MONDO

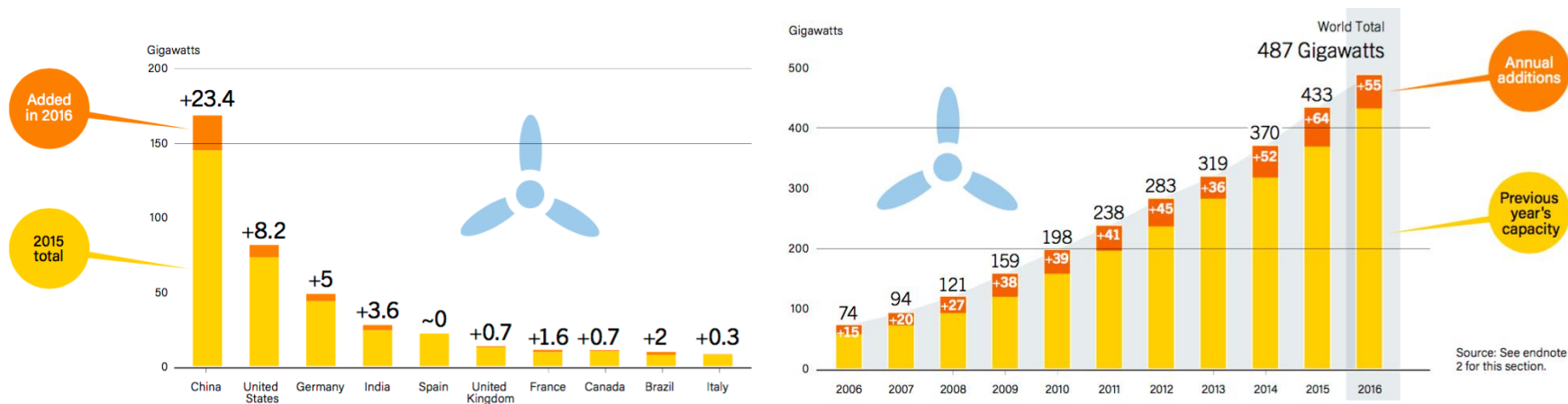


La Cina è responsabile del 46% della nuova capacità installata.

Fonte: International Energy Agency (IEA) - Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)  
"Snapshot of Global Photovoltaic Markets 2016" (Paris: April 2017)



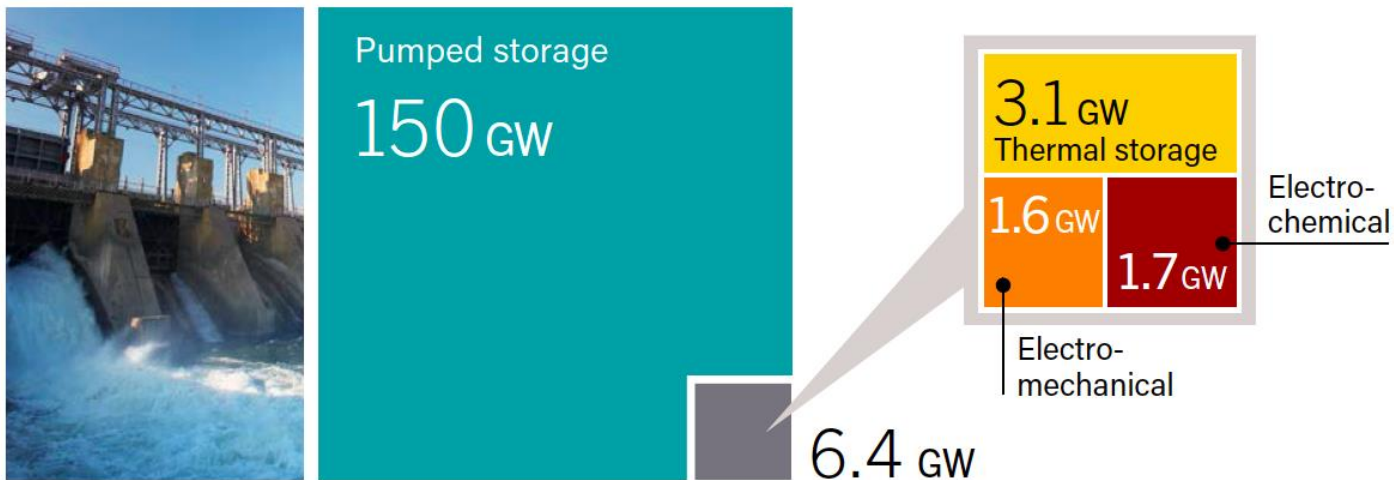
## ■ EOLICO - CAPACITÀ INSTALLATA 2006-2016 E L'INCREMENTO 2016 NEI TOP10 COUNTRIES



Fonte: Global Wind Energy Council "Global Wind Report - Annual Market Update 2016" (Brussels: April 2017)



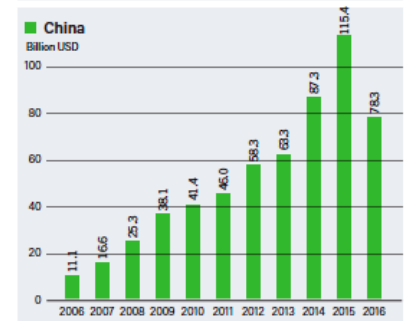
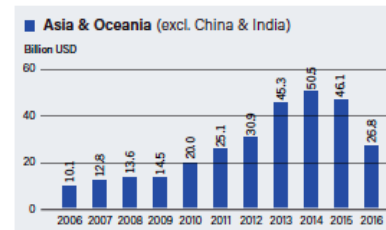
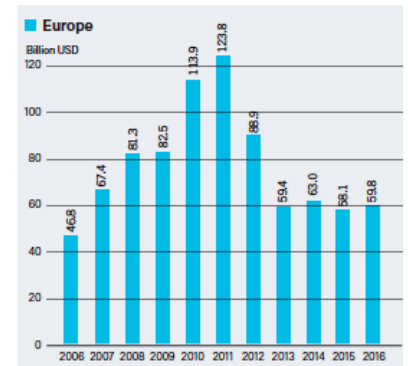
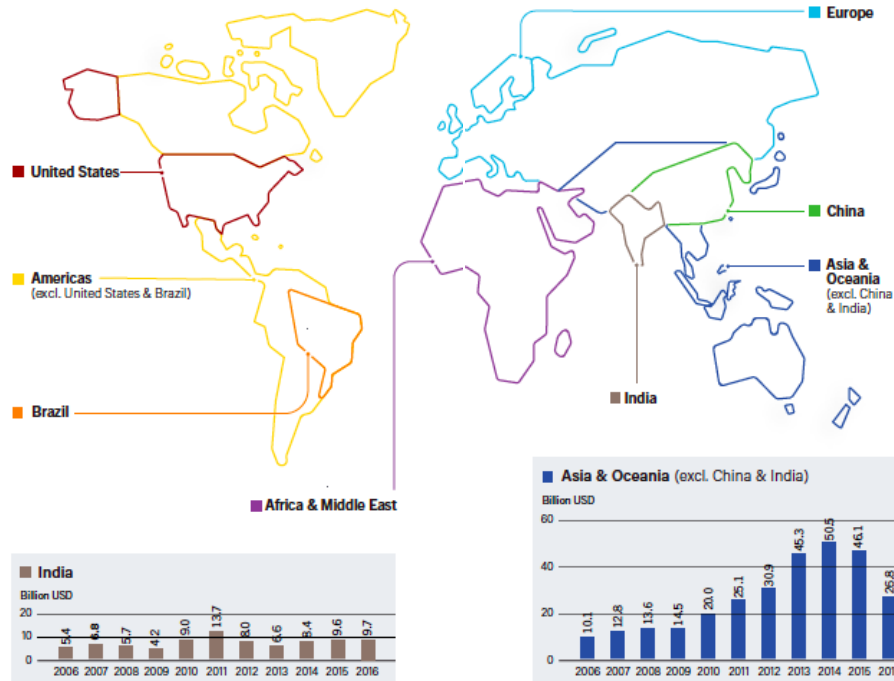
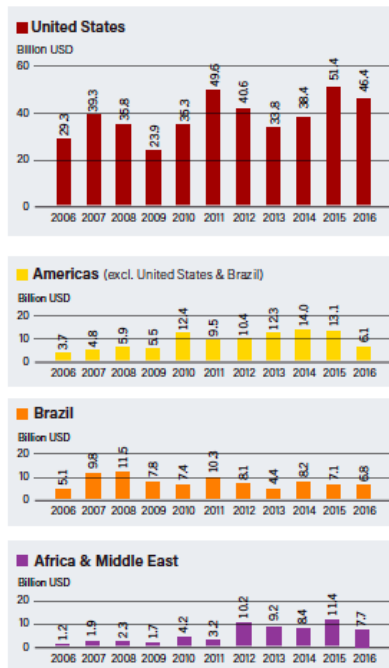
# ■ CAPACITÀ GLOBALE DI STOCCAGGIO - 2016 REVIEW PER TECNOLOGIA



Fonte: DOE Global Energy Storage Database, Gennaio 2017

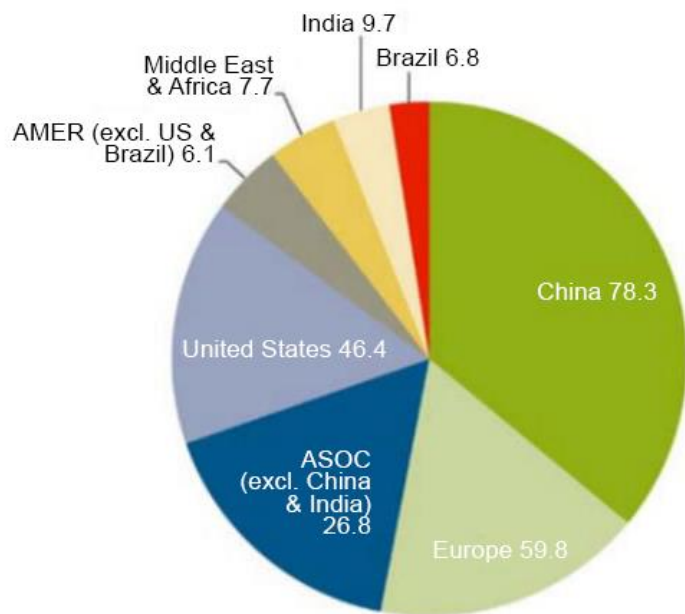
# ■ GLI INVESTIMENTI PER LE RINNOVABILI NEL MONDO DAL 2004 AL 2016

**L'investimento complessivo nel 2016 (escluso l'idroelettrico di grandi dimensioni) è stato di 241,6 miliardi di dollari, il più basso dal 2013.**



Fonte: UN Environment, Bloomberg New Energy Finance

- GLI INVESTIMENTI IN RINNOVABILI NEL 2016  
L'ITALIA INVESTE 13 VOLTE MENO DEL REGNO UNITO



Investimenti 2016 in energia rinnovabile in Europa per paese (\$ mld) e variazioni rispetto al 2015

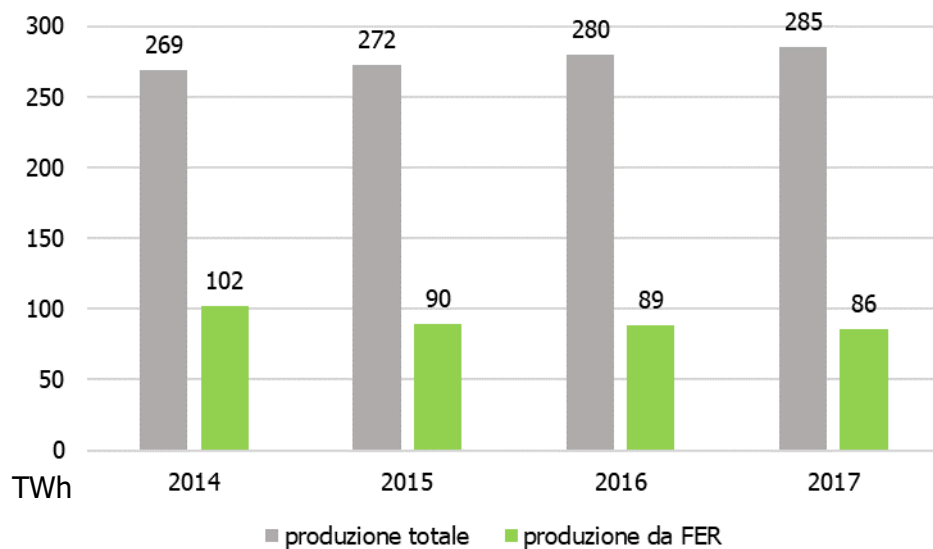
	2016	% growth on 2015
United Kingdom	24.0	-1%
Germany	13.2	-14%
Belgium	2.9	179%
France	2.6	5%
Denmark	2.5	128%
Norway	2.2	1419%
Italy	1.8	31%
Sweden	1.7	117%
Turkey	1.5	-51%
Netherlands	1.3	-2%

Fonte: UN Environment, Bloomberg New Energy Finance



## LE RINNOVABILI ELETTRICHE IN ITALIA

Produzione elettrica nazionale vs produzione da FER  
2014-2017



In termini di produzione nazionale la quota da **fonti rinnovabili nel 2017** è stata pari al **30%**.

Nel 2016 era al **31,7%**.

Nel 2015 questo valore era al **33%**.

Nel 2014 addirittura si attestava al **38%**.

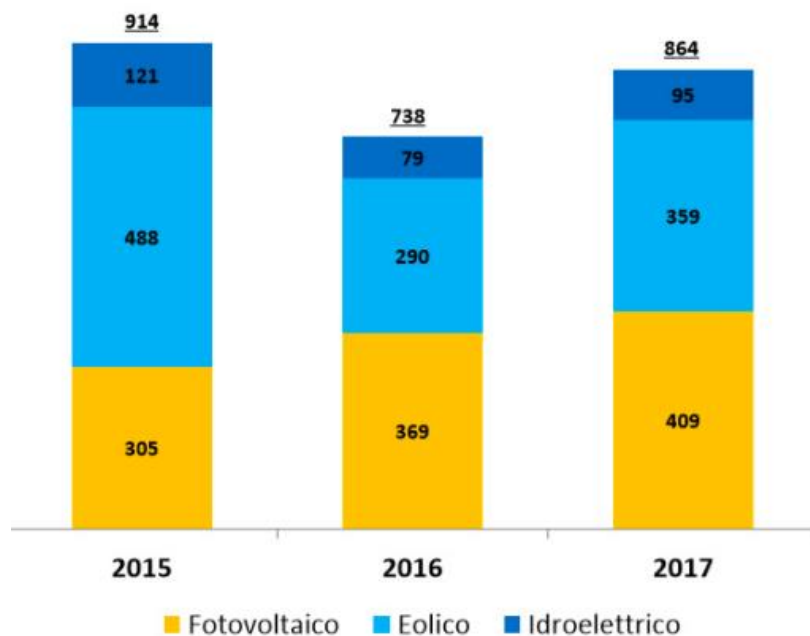
A pesare è il forte decremento della produzione da fonte idrica.





## LE RINNOVABILI ELETTRICHE IN ITALIA NUOVE INSTALLAZIONI

Potenza per fonte nell'anno di riferimento [MW]



Variazioni tendenziali potenza totale impianti connessi in rete [%]		
FER	gen-dic 2016/2015	gen-dic 2017/2016
Fotovoltaico	+21%	+11%
Eolico	-41%	+24%
Idroelettrico	-34%	+20%
<b>FV + EO + IDRO</b>	<b>-19%</b>	<b>+17%</b>

Fonte: QualEnergia.it



■ PER ATTUARE L'ACCORDO DI PARIGI  
I PASSI DELL'ITALIA

obiettivi	Italia 2030 Pre COP21	<b>Italia 2030 Post COP21</b>	Italia 2030 NUOVA SEN
riduzione emissioni di CO <sub>2</sub> ( <i>vs 1990</i> )	-38% <sup>1</sup>	<b>-60%<sup>1</sup></b>	-39%
efficienza energetica <sup>3</sup>	27%	<b>40%</b>	30%
energia rinnovabile sui consumi finali	24-27% <sup>2</sup>	<b>35%<sup>1</sup></b>	28%
energia elettrica rinnovabile sui consumi finali	50% <sup>2</sup>	<b>66%<sup>1</sup></b>	55%

(1) Fonte: Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile

(2) Fonte: elaborazione assoRinnovabili

(3) Risparmio rispetto al tendenziale fissato al 2030

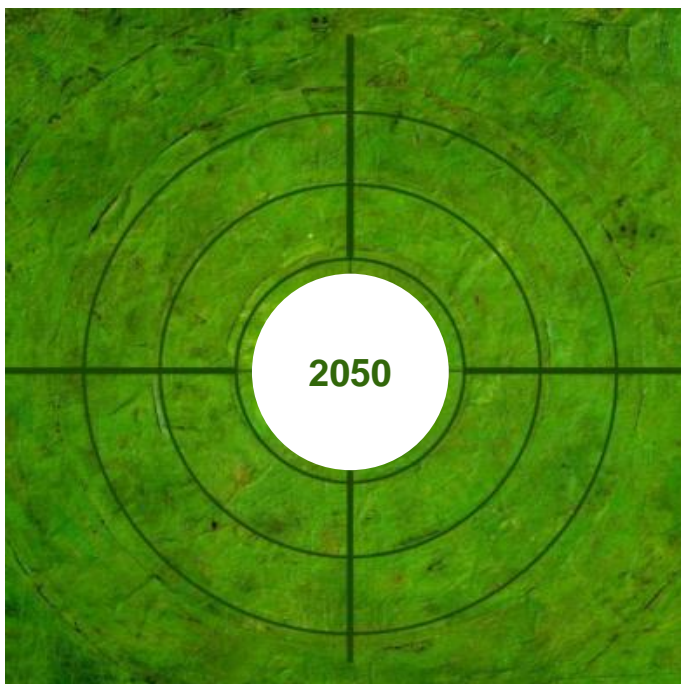


Come evolverà la transizione  
energetica già iniziata?

asja



## ■ GLI OBIETTIVI AL 2050 UN IMPEGNO ANNO PER ANNO SENZA PRECEDENTI



Molti paesi si sono impegnati a ridurre entro il 2050 le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> dell'80%, come stabilito al COP 21 di Parigi (La Gran Bretagna si è addirittura spinta a sancire questo **per legge**).

Ciò implica che le emissioni **dovranno essere ridotte del 4% ogni anno per circa 35 anni**.

**Sono pochissimi i precedenti di contrazione annuale delle emissioni al 4% che non siano connessi anche a un tracollo economico, e in cui la contrazione duri oltre la crisi.**

Quando tra il 1970 e il 1995 la Francia ha quasi interamente convertito al nucleare le infrastrutture per la produzione di elettricità, è riuscita a ridurre le sue emissioni solo dell' 1% all'anno.



## ■ LA NUOVA TRANSIZIONE ENERGETICA SARÀ PIÙ VELOCE DELLE PRECEDENTI



*L'esempio più lampante, nella storia recente, di una transizione energetica forzata dai governi non è tuttavia molto incoraggiante.*

*Tra gli anni '60 e '70 i governi di vari paesi promossero con insistenza il passaggio all'energia nucleare. Si trattò da una parte di una questione economica e dall'altra dello sfruttamento della percezione collettiva che il nucleare fosse l'emblema del progresso scientifico, capace di condurre il mondo verso un futuro migliore. Ma le iniziali promesse di energia abbondante e a basso costo rimasero insoddisfatte quando le compagnie videro salire alle stelle i costi delle centrali nucleari.*

Arnulf Grübler, professore dell' *International Institute for Applied Systems Analysis* di Vienna, ha mostrato che **le transizioni energetiche sono sempre state lente:** in media si sono protratte **per circa un secolo.**

Oggi le cose sono diverse. La maggior parte delle transizioni energetiche del passato è avvenuta senza un piano globale. **Quest'ultima invece sarà volontaria.**

**La nuova transizione è già iniziata con la rapida crescita delle rinnovabili.**



- SI POTRANNO CONTINUARE A SFRUTTARE LE FONTI FOSSILI?  
ANNULLANDO LE EMISSIONI DI CO<sub>2</sub>

### Can we reconcile NG production with global warming ?

- In order to economically harvest this immense energy wealth it is essential that the effects of a progressive global warming are kept under control, curbing both the emissions of NG (CH<sub>4</sub>) and of CO<sub>2</sub>.
  - Leaks of NG should be kept under strict control.
  - However the ordinary combustion of NG is inevitably emitting CO<sub>2</sub>, although roughly at one half of what compared to Coal.
- The CO<sub>2</sub> production could however be avoided with a **alternative decomposition** - at sufficiently high temperatures  
  
**CH<sub>4</sub> -> 2H<sub>2</sub>+C (hydrogen gas + solid black carbon)**
- This promising process is under active investigation.

teatra\_Trieste\_Popular

Slide# : 39

Su alcuni fronti si stanno proponendo tecnologie di cattura della CO<sub>2</sub> prodotta continuando a bruciare combustibili fossili

**L' 8 Ottobre 2014** (Trieste) e più recentemente il **13 marzo 2017** (Roma) il Professor Carlo Rubbia ha proposto uno scenario sul futuro dell'energia basato sulla **decarbonizzazione del metano**.

Chart n. 39 della presentazione del Prof. Rubbia

## ■ I CLATRATI IDRATI UNA FONTE NON ANCORA SFRUTTATA

### Clathrates: the largest reserves of hydrocarbons on the crust

- **Methane hydrate** is a natural form of clathrate, a chemical substance in which molecules of water form an open solid lattice that encloses, without chemical bonding, appropriately-sized molecules of methane.
- At high pressure methane clathrates remain stable up to 18 °C. One litre of methane clathrate contains as much as 168 litres of methane gas.



Teatro\_Ineste\_Popular

Chart n. 36 della presentazione del Prof. Rubbia

La proposta di Rubbia si basa su due considerazioni:

### 1. L'enorme quantità di CLATRATI IDRATI presenti sulla crosta terrestre.

Si tratta di un tipo di idrati in cui un reticolo formato da ghiaccio racchiude molecole di metano intrappolate al suo interno

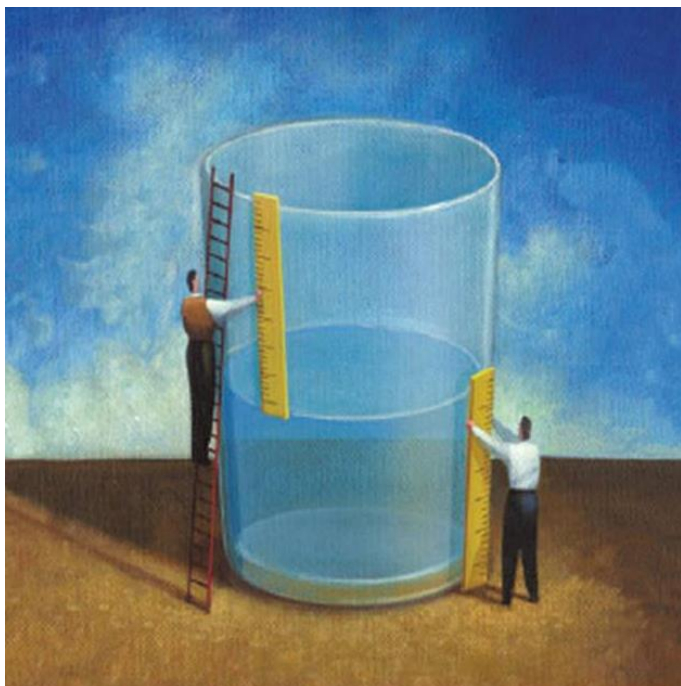
### 2. La possibilità di decomporre per pirolisi il metano mediante la reazione



che porterebbe alla produzione di idrogeno senza emissioni di CO<sub>2</sub>, se il calore necessario per la reazione viene prodotto dalla combustione di una parte dello stesso idrogeno prodotto (teoricamente il 16%).



- LE FONTI FOSSILI RESIDUE NON RISOLVEREBBERO IL PROBLEMA PER TRE ORDINI DI MOTIVI



### 1. Ambientali

Le tecnologie di estrazione del metano e dei clatrati sottendono **il pericolo della dispersione di parte del metano**, che ha un effetto serra (GWP) fino a 34 volte maggiore di quello della CO<sub>2</sub>.

### 2. Economici

La cattura della CO<sub>2</sub> prodotta dalla combustione dei fossili o la pirolisi del metano sono processi costosi che farebbero innalzare il costo dell'energia oltre il limite di sostenibilità economico-sociale, soprattutto per i Paesi in via di sviluppo.

### 3. Non risolvono il problema sul lungo periodo

Essendo fonti destinate ad esaurirsi, sposterebbero solo nel tempo la necessità della transizione energetica verso fonti rinnovabili.





- L'ATTUALE TRANSIZIONE ENERGETICA SARÀ DIVERSA DALLE ALTRE VERSO UN SISTEMA INTEGRATO UOMO-TERRA

L'idea che sia necessario limitare tutta una serie di specifiche azioni umane che influiscono sul sistema Terra in modo da riportarlo a una situazione più simile a quella preindustriale è stata ripresa negli ultimi anni da un autorevole gruppo di scienziati, e sembra rispondere a una ragionevole cautela.

È però una visione difficile da far quadrare con il rimodellamento del mondo umano e insieme del sistema Terra, che comporta il passaggio, qualche tempo fa inimmaginabile, **da una popolazione di 2 miliardi di esseri umani a una di 10 miliardi in soli due secoli**, e da una società quasi universalmente agricola a una sempre più industrializzata e in condizioni di crescente agiatezza.

La transizione non può fare a meno di modificare l'ambiente, ma dovrà farlo nella direzione giusta, a differenza di quanto accaduto nel XX secolo, in totale assenza di una "regia globale".



**Il problema non è come "salvare il pianeta", ma come cambiarlo affinché funzioni**, rispettando i diritti e la salute delle persone che lo abitano e il valore che queste gli attribuiscono.



- L'UOMO NELL'ECOSISTEMA GLOBALE  
VERSO UN SISTEMA INTEGRATO UOMO-TERRA

La relazione tra le persone e il pianeta **non** è quella di un equipaggio con il proprio sottomarino o di un parassita con il proprio ospite, non è quella di un cittadino con la legge e nemmeno quella di un cancro con il corpo in cui si sviluppa.

L'idea che pervade l'Antropocene è che l'iniziativa umana **sia ormai parte integrante dei molti flussi e cicli del sistema Terra**, e che quest'ultimo dipenda sempre più dai sistemi politici ed economici della sua componente umana.

Nel sistema Terra, **genere umano e pianeta sono sempre più indistinguibili.**

Caso vuole che questa visione sia simile a quella che Alfred Lotka presentò in *Elements of physical Biology* pubblicato nel **1925** e ampiamente ignorato.

Come ha scritto la storica Sharon Kingsland, il suo modo di pensare l'evoluzione voleva dimostrare **l'unità tra uomo e natura, provare che l'attività umana era intimamente legata al funzionamento di quella grande macchina che è il mondo.**



## ■ GEOINGEGNERIA CLIMATICA? PROPOSTE DEGLI SCIENZIATI PER GESTIRE L'ATMOSFERA



**Klaus Lackner** della Columbia University ha presentato la sua idea di "alberi artificiali", basati sulla cattura della CO<sub>2</sub> mediante idrossido di sodio.



**Peter Eisenberger**, sempre della Columbia, propone di utilizzare il calore (es. di impianti a energia solare concentrata) per l'adsorbimento selettivo della CO<sub>2</sub> su letti di ammine.



**David Keith**, al tempo dell'Università di Calgary e oggi a Harvard, ha presentato la sua proposta di raffreddare il pianeta immettendo nella stratosfera **particelle solforose** che catturerebbero parte della radiazione solare.

Nel 2008 l' *American Physical Society* ha riunito a Calgary tre grandi scienziati per discutere sulle **tecnologie di georingegneria climatica** per la gestione dall'atmosfera.

Nessuno dei tre ha lasciato Calgary pensando che la cattura diretta della CO<sub>2</sub> fosse uno strumento disponibile per realizzare un intervento georingegneristico su larga scala.

**Purtroppo, attualmente la cattura diretta dall'aria non può essere sviluppata su scala significativa** perché non esiste una tecnologia affidabile per assorbire la CO<sub>2</sub> dall'aria che sia all'altezza da un punto di vista sia pratico che economico.



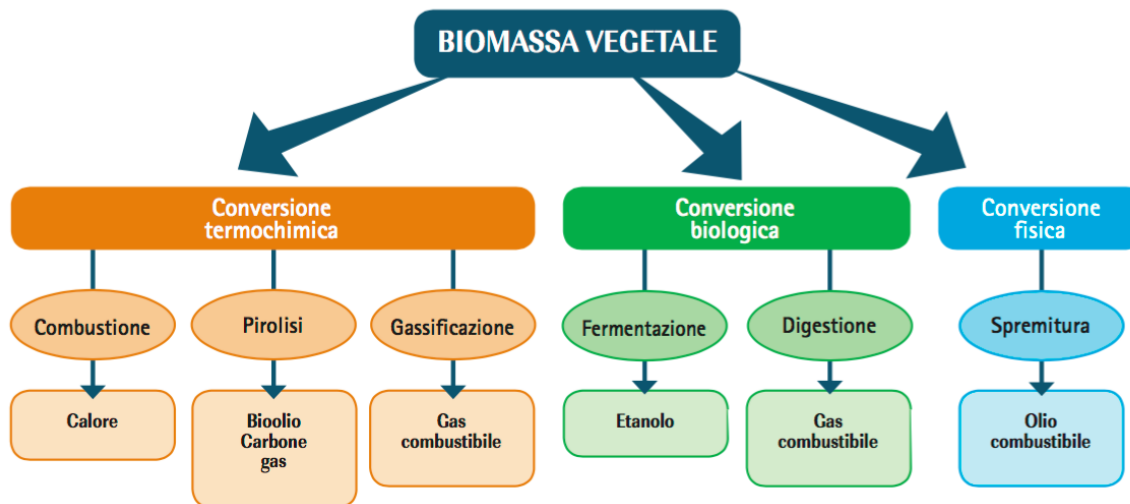
- PER UN SISTEMA ENERGETICO INTEGRATO E SOSTENIBILE  
DOVE L'UOMO È PARTE DELL'ECOSISTEMA - 4 DIRETTRICI



1. L'ottimizzazione dei consumi (risparmio energetico), il primo "game changer"
2. L'ulteriore sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili WWS (Wind - Water - Sunlight)
3. Lo sfruttamento sostenibile di biomassa non alimentare
4. Le biotecnologie



- WWS E BIOMASSE CATTURANO L'ENERGIA SOLARE  
QUESTE SARANNO LE FONTI ENERGETICHE DEL FUTURO



Il mix di queste fonti dovrà soddisfare il fabbisogno energetico globale. La copertura del fabbisogno non potrà essere delegata interamente alle fonti non programmabili (WWS), e quindi le biomasse - in prospettiva - avranno un ruolo di crescente importanza.



## ■ L'ENERGIA CHE ARRIVA SULLA TERRA DAL SOLE LA "CASCATA GLOBALE"



*Ecco il modo descritto da Oliver Morton per farsi un'idea di tutta questa energia:*

- *partiamo dalle cascate del Niagara;*
- *aumentiamone di 20 volte l'altezza (avremo un salto di 1 km);*
- *aumentiamo la portata di 10 volte: avremo 300 tonnellate di acqua in caduta per metro al secondo rispetto alle 30 del Niagara;*
- *ora allarghiamola fino ad abbracciare l'intero globo: un muro di acqua alto un km e lungo 40 000 km che taglia il mondo;*
- *è questo l'aspetto di 120 000 trilioni di watt.*

L'energia solare che arriva sulla Terra è pari a **174.000 trilioni di watt**.

Corrisponde ad una potenza di **1366,9 W/m<sup>2</sup>** (1414,7 W/m<sup>2</sup> al perielio e 1321,8 W/m<sup>2</sup> all'afelio).

Le nuvole, gli aerosol e la superficie terrestre riflettono il 30% di questa energia.

**Ciò che resta sono 120.000 trilioni di watt**, equivalenti a **circa 10.000 volte** l'energia messa in circolo sul pianeta dalla civiltà industriale, che corrisponde a **circa 15 trilioni di watt**.



- I BIOCARBURANTI DI SECONDA GENERAZIONE O LIGNOCELLULOSICI  
LO "SHORT TERM"



Sono prodotti con tecniche di produzione che **non comportano sottrazione di terreno agricolo alla produzione alimentare o cambi di destinazione agricola.**

Vengono utilizzate biomasse costituite dalle parti non alimentari residue delle colture correnti, come steli, foglie e gusci di scarto una volta che la coltura alimentare è stata estratta, nonché altre colture non alimentari come il panico verga, l'erba, la jatropha, il miscanto e infine i rifiuti industriali e urbani.



## ■ I BIOCARBURANTI DI TERZA GENERAZIONE IL "MEDIUM TERM"

Sono quelli prodotti con le alghe

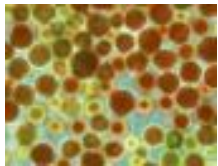
Il termine alghe comprende le **macroalghe** (alghe marine) e un vasto e diversificato gruppo di microrganismi conosciuti come **microalghe**. La resa in biomassa della macroalghe è meno vantaggiosa di quella delle microalghe,

Le microalghe sono microrganismi fotosintetici che, grazie alla loro semplice struttura, sono in grado di crescere rapidamente e vivere in diverse condizioni ambientali, sia acquatiche che sub-areali.

Esistono più di 50.000 specie di microalghe, raggruppabili in **procariote** (Cyanobacteria), **eucariote** (Chlorophyta) e **diatomee** (Bacillariopyta), caratterizzate da un contenuto lipidico che varia dal 20 al 70% e in determinate condizioni alcune specie possono raggiungere anche **il 90%**: fino a **30 volte superiore di quello delle comuni specie vegetali** utilizzate nella produzione di biocombustibili (mais e colza in primis)



■ **CONFRONTO TRA LE MICROALGHE E LE ALTRE COLTURE**  
ESEMPIO DELLA PRODUZIONE DI BIODIESEL



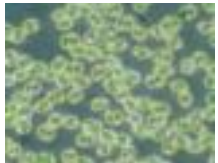
Haematococcus  
**astaxanthin**



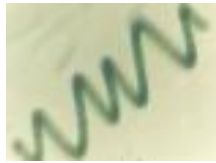
Chlorella  
**dietary supplement**



Nannochloropsis  
**lipids, aquaculture**



Tetraselmis  
**lipids, aquaculture**



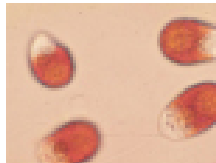
Spirulina  
**dietary supplement**



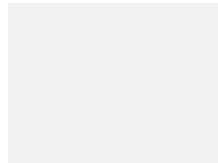
Scenedesmus  
**lutein**



Cryptocodinium  
**omega 3**



Dunaliella  
**beta-carotene**



In termini di potenziale per la produzione di biocombustibili, **nessuna biomassa può rivaleggiare con le alghe in termini di quantità e varietà.**

<b>Materia prima</b>	Contenuto lipidico (%)	Kg biodiesel / ha
MAIS	4	152
SOIA	18	562
JATROPHA	28	656
COLZA	41	946
GIRASOLE	40	1 156
OLIO DI PALMA	36	4 747
MICROALGHE	30	51 927
MICROALGHE	50	86 515
MICROALGHE	70	121 104

Fonte: ENEA - Le microalghe nel settore dei biocombustibili



## ■ LA VARIETÀ DEI BIOCARBURANTI DI TERZA GENERAZIONE GRAZIE ALLE PROPRIETÀ DELLE MICROALGHE

La varietà dei combustibili che possono essere prodotti con le microalghe risulta da due caratteristiche del microrganismo.

In primo luogo, **le alghe producono un olio che può essere facilmente transesterificato in diesel o anche trasformato in frazioni leggere** come la benzina.

Ancora più importante, **le alghe possono essere geneticamente modificate per produrre in teoria qualunque tipo di biocombustibile**, dall'etanolo al butanolo alle benzine oltre al gasolio.

Il **butanolo** è di grande interesse perché è un alcool eccezionalmente simile alla benzina. Ha una densità di energia quasi identica alla benzina ed un profilo di emissioni migliorativo.

Fino all'avvento di alghe geneticamente modificate, gli scienziati hanno avuto difficoltà a produrre biobutanolo. Ora sono già operativi diversi impianti su scala commerciale e sono sul punto di far sì che il butanolo diventi più popolare dell'etanolo, anche perché non richiede l'adattamento del motore come l'etanolo.



## ■ I BIOCOMBUSTIBILI DI QUARTA GENERAZIONE SARANNO PRODOTTI CON LE BIOTECNOLOGIE



**Craig Venter** dice:

*"Pensiamo di avere in circa 5 anni la 4<sup>o</sup> generazione di carburanti in grado di utilizzare le emissioni di CO<sub>2</sub> come fonte primaria".*

Semplici microrganismi geneticamente modificati che producono combustibili come rifiuti. Sono forme di vita che si nutrono di emissioni di CO<sub>2</sub> producendo gas metano come rifiuto. Secondo Craig Venter l'unica difficoltà risiede nell'estrazione di alte concentrazioni di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera per nutrire i microrganismi.

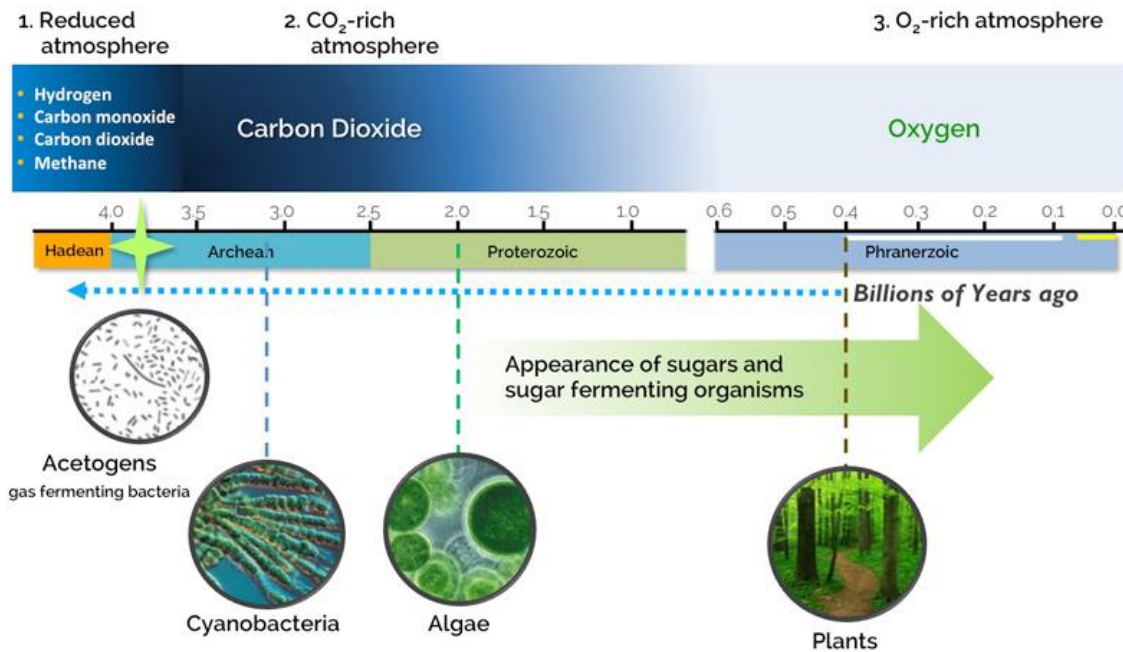
I **biocarburanti di Quarta generazione** saranno basati su processi di bioingegneria e su "*microbial factories*"

Queste tecnologie possono dare origine a processi rivoluzionari del tipo "**solar-to-fuel**": sole, CO<sub>2</sub>, e microrganismi geneticamente modificati si combinano in un "**convertitore solare**" per creare carburante.

John Craig Venter (Salt Lake City, 14 ottobre 1946) è un biologo statunitense  
Nel 1992 sequenziò interamente il genoma del batterio *Haemophilus influenzae*



## ■ ANCIENT LIFE TO SUSTAIN FUTURE PROGRESS BACK TO BASICS



*Gases were the only carbon and energy source used by the first life forms.*

Le prime forme di vita, che 3 miliardi di anni fa diedero origine all'ossigeno atmosferico metabolizzando l'enorme quantità di CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera (la pressione stimata era di 600 bar), potranno ristabilire e mantenere il delicato equilibrio della nostra biosfera.



Non viviamo nel migliore dei  
mondi possibili ma certamente  
viviamo nel migliore dei mondi  
**esistiti finora.**

**Abbiamo la responsabilità**  
di far sì che ciò sia vero anche  
per le generazioni future.

---

Stefano Re Fiorentin  
Consigliere Delegato Asja Ambiente  
s.refiorentin@asja.energy