

# La transizione energetica

Alberto Rotondi  
Università di Pavia

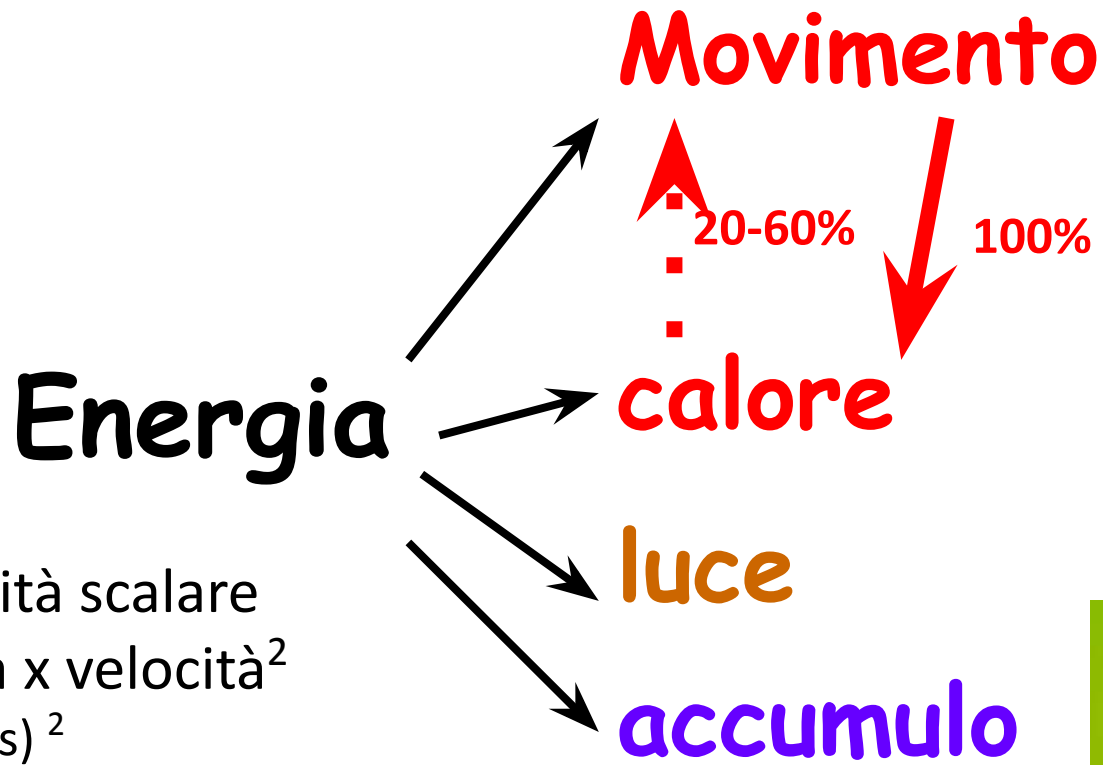
<http://www.pv.infn.it/~rotondi/>

**Produrre l'energia che ci serve**

- **senza esaurire le fonti**
- **a costi ragionevoli**
- **senza alterare l'ambiente**

- Cos'è l'energia: unità di misura
- Fonti energetiche, consumi e rendimenti
- Produzione di energia e CO2
- La transizione energetica
- Le prospettive mondiali
- Le prospettive italiane

# Cosa è l'energia?



# kW e kWh



Litri al secondo  $\rightarrow$  kW (= 1000 J/s)

Litri raccolti  $\rightarrow$  kWh (= 3.6 milioni di J)

1 kWh circa 0.2 €

Quanta acqua?

Ad esempio, **2** kW per **3** ore = **6** kWh

1.2 €



# 1 kWh ( $3.6 \cdot 10^6$ J)



90-120g  
Benzina  
grasso animale  
carbone



7 kg



30 g idrogeno  
370 L  
60 g metano  
100 L



2 mg uranio  
naturale

0.3 mg uranio  
arricchito 5%



0.3 kg  
di legna



8 m<sup>2</sup>  
Celle solari  
Per 1 ora

# La filastrocca dei Multipli kilo-Mega-Giga-Tera

Potenza installata

energia consumata

kilo Watt	kW	1 000 Watt
MegaWatt	MW	1 000 kW
GigaWatt	GW	1 000 Mw
TeraWatt	TW	1 000 GW

kiloWattthora	kWh
MegaWattthora	MWh
GigaWattthora	GWh
TeraWattthora	TWh

**kW kWh, kW<sub>e</sub> kW<sub>he</sub>, kW<sub>t</sub>, kW<sub>ht</sub>, kW<sub>p</sub>**



**1 Mtep = 11.6 TWh = 4.5 TWhe**

# POTENZA/ENERGIA



1 Watt



100 Watt  
2.4 kWh al giorno  
0.55 Euro  
0.7 kg di pane



70.000 Watt  
70 kW (100 CV)



3 kWe  
30 kWt



55 milioni di kWe  
55 GWe (2%)  
300 TWhe all'anno



2500 GWe  
21.000 TWh

# Le alternative

Combustibili fossili : aumento  $CO_2$ , polveri sottili, fumi e inquinamento

Nucleare: no  $CO_2$ , possibili ricadute radioattive in caso di incidente  
scorie e proliferazione nucleare

*rinnovabili*

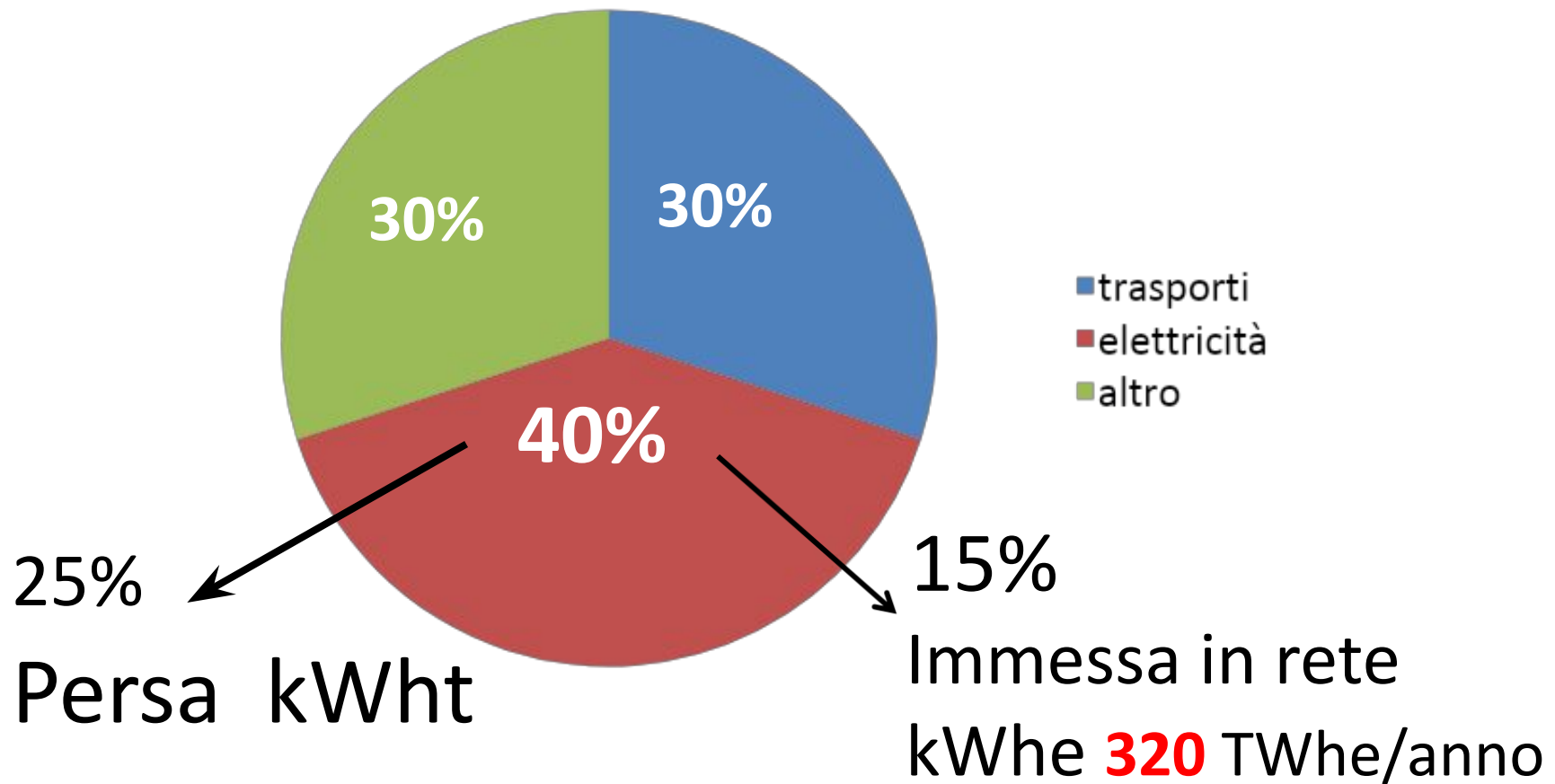
Biomasse (legna biogas):  $CO_2$  «in pari»  
polveri sottili, fumi e inquinamento

Carbon free: no  $CO_2$

Sole, vento, idroelettrico, idrogeno?  
zero inquinamento?



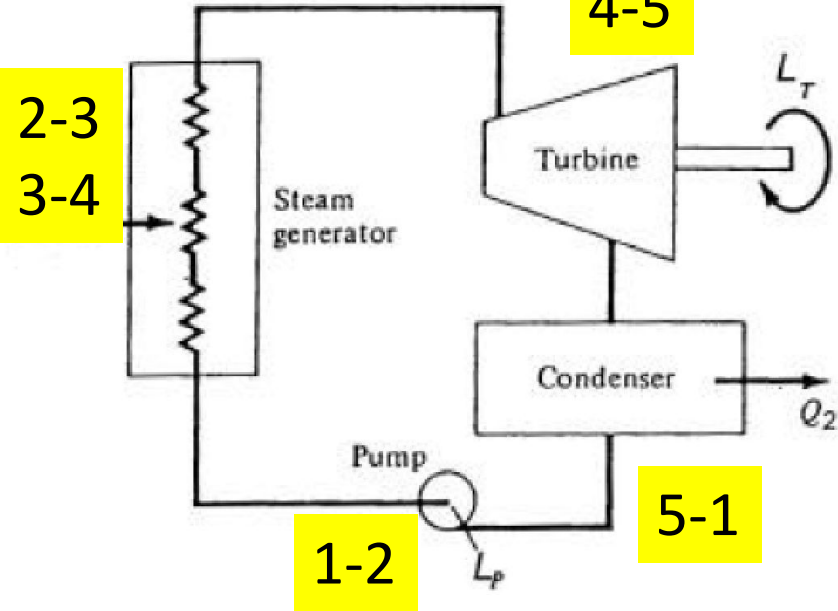
# La torta energetica italiana energia primaria (2022): 150 Mtep 1600 TWh



**Consumi el. x 5 = consumi totali**

# I rendimenti

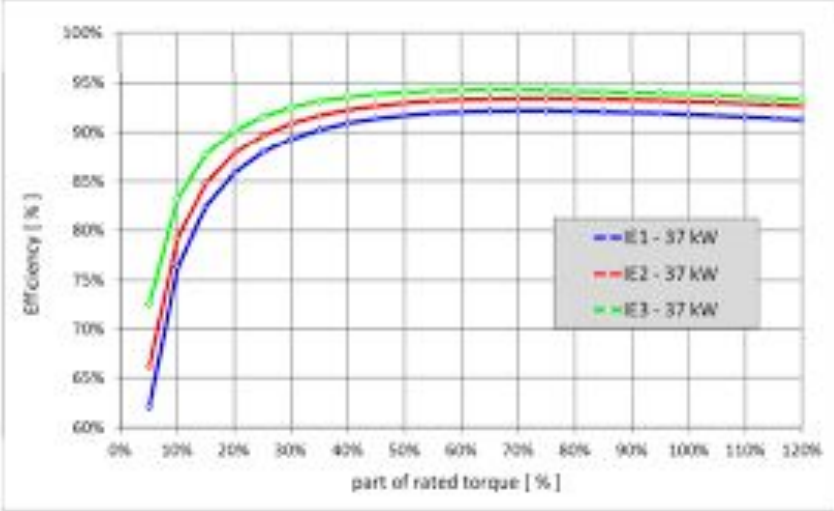
30%



95%

$$1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

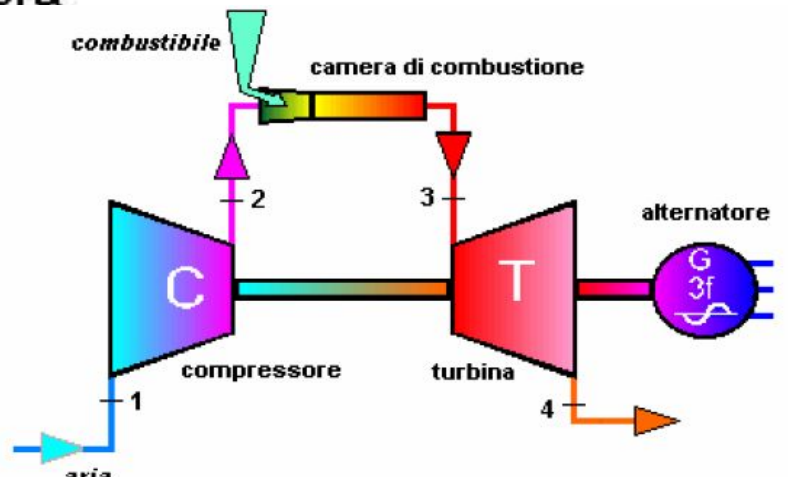
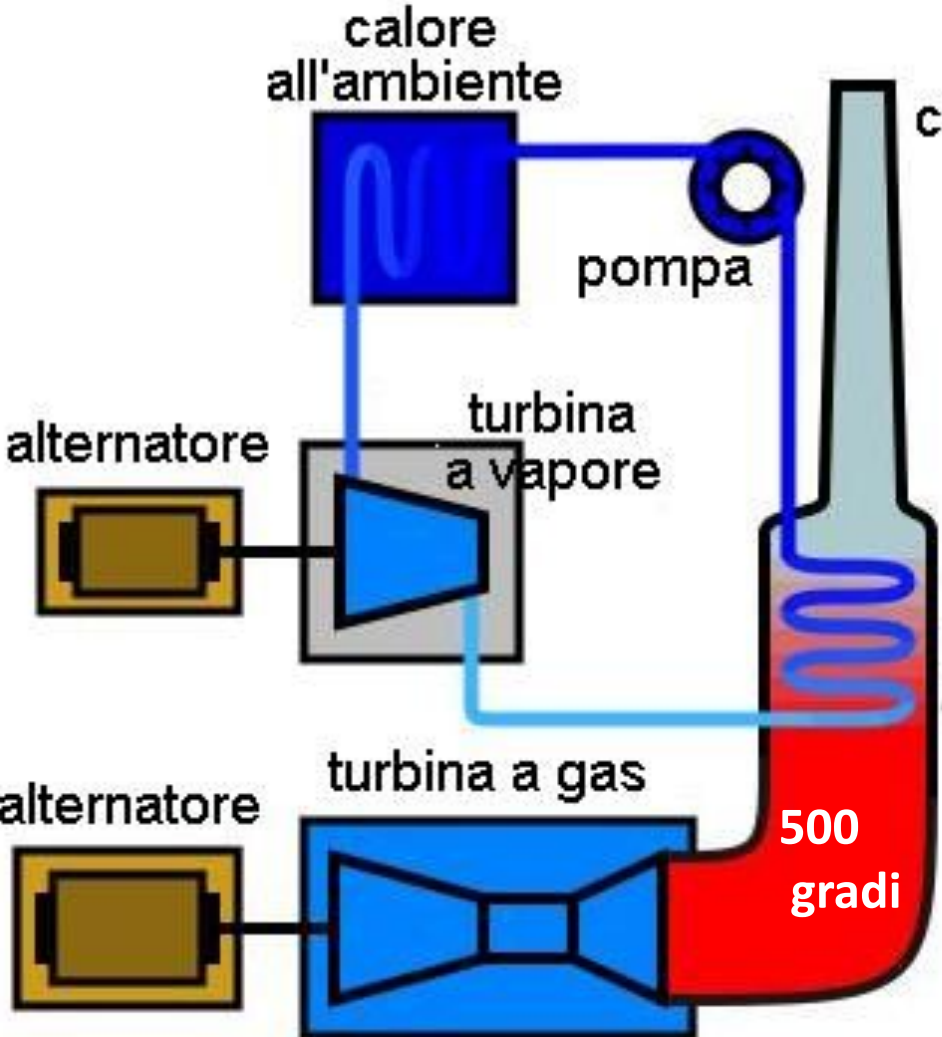
Con  $T_{\min}$  circa  $300^{\circ}$  e  $T_{\max}$   $550^{\circ}$  i rendimenti sono circa il 30%



# Centrali a gas a ciclo combinato

Rendimento circa 60%

In Italia 50% della produzione elettrica



**Se vado in auto termica per 1 ora a metà potenza (35 kW)**

**Faccio circa 70 km**

**consumo 35 kWh (10 kWh per la trazione), cioè**

**circa 3.5 litri di benzina (1/20 litro al km, rendimento 20%)**

**oppure 50-70 kg di batterie al litio**

**(1 kg al km, rendimento 95%)**



**Batteria da 51 kWh**

**Autonomia media 410 km (max 600)**

**Ricarica rapida 27 min**

**Costo 35.000 Eu**

**Consumo medio: 8 km/kWh**

**390 kg di batterie al litio**



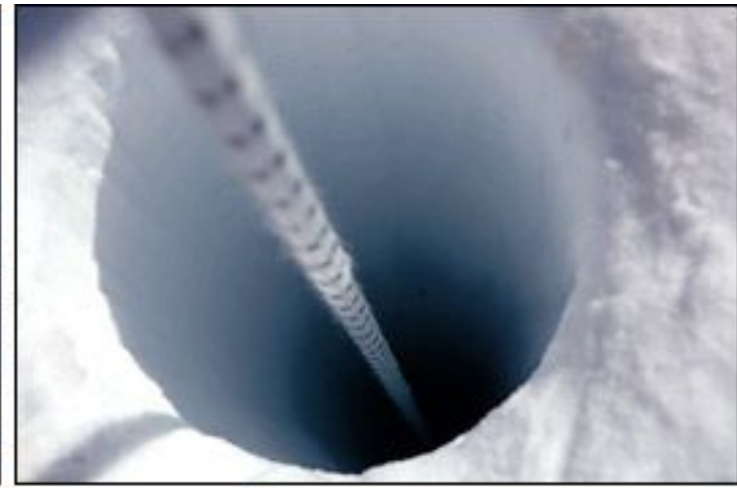
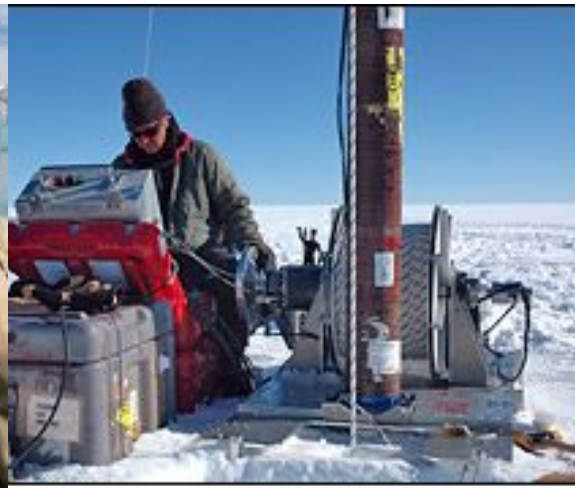
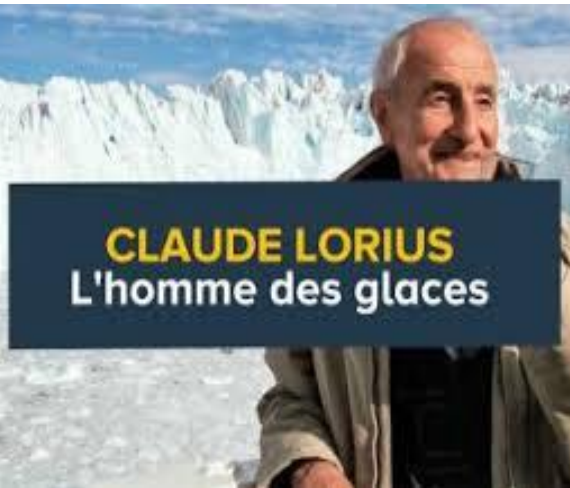
**Massimo**  
**100 kW**  
**30-50 minuti**  
**50-70 kWh**



**18 MW**  
**20 secondi**  
***(180 volte di più)***  
***400 kWh (ma rende il 20%)***

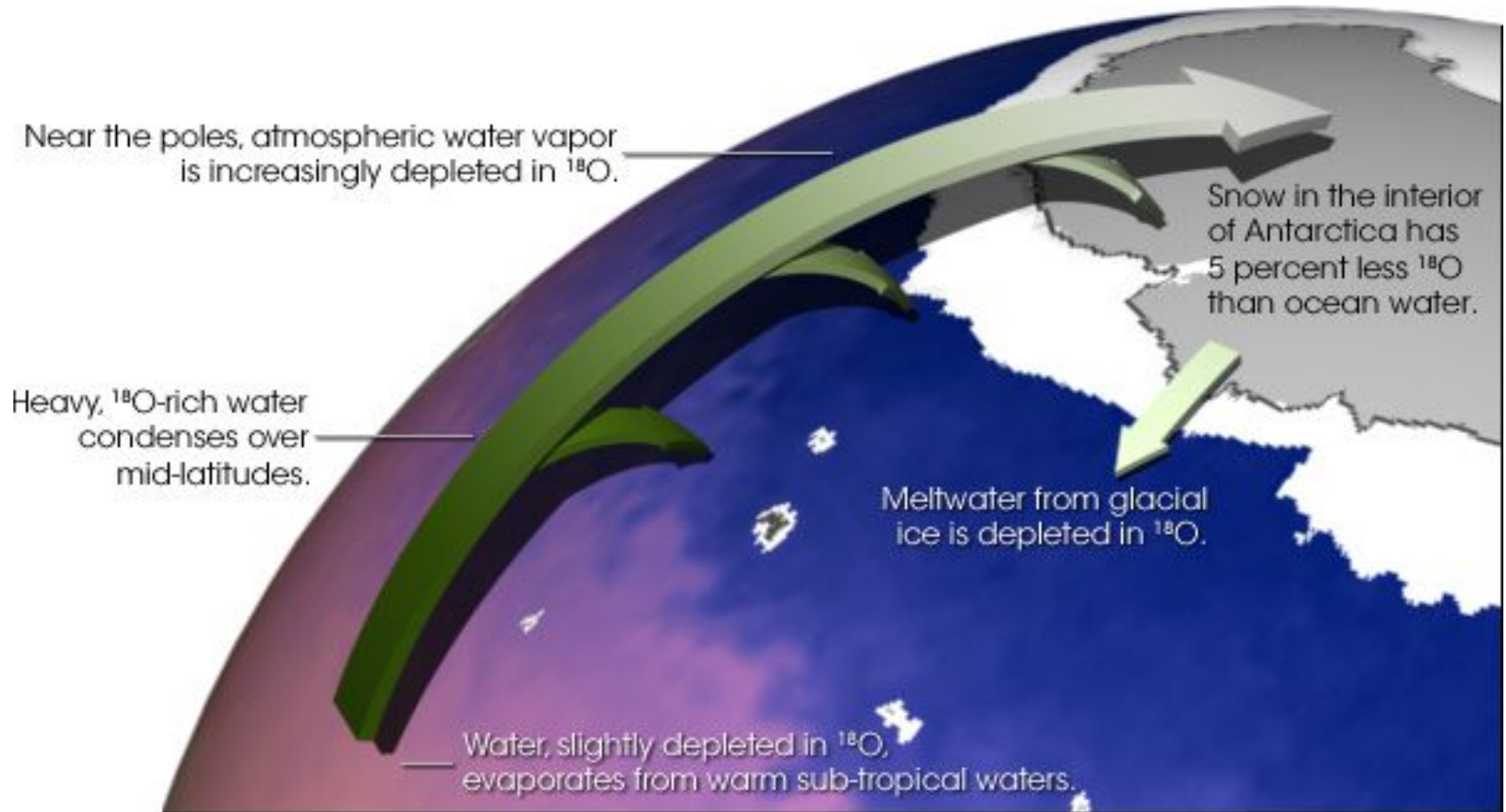
# Produzione di energia e CO<sub>2</sub>

# Il nostro passato...4 km di ghiaccio, 1 milione di anni



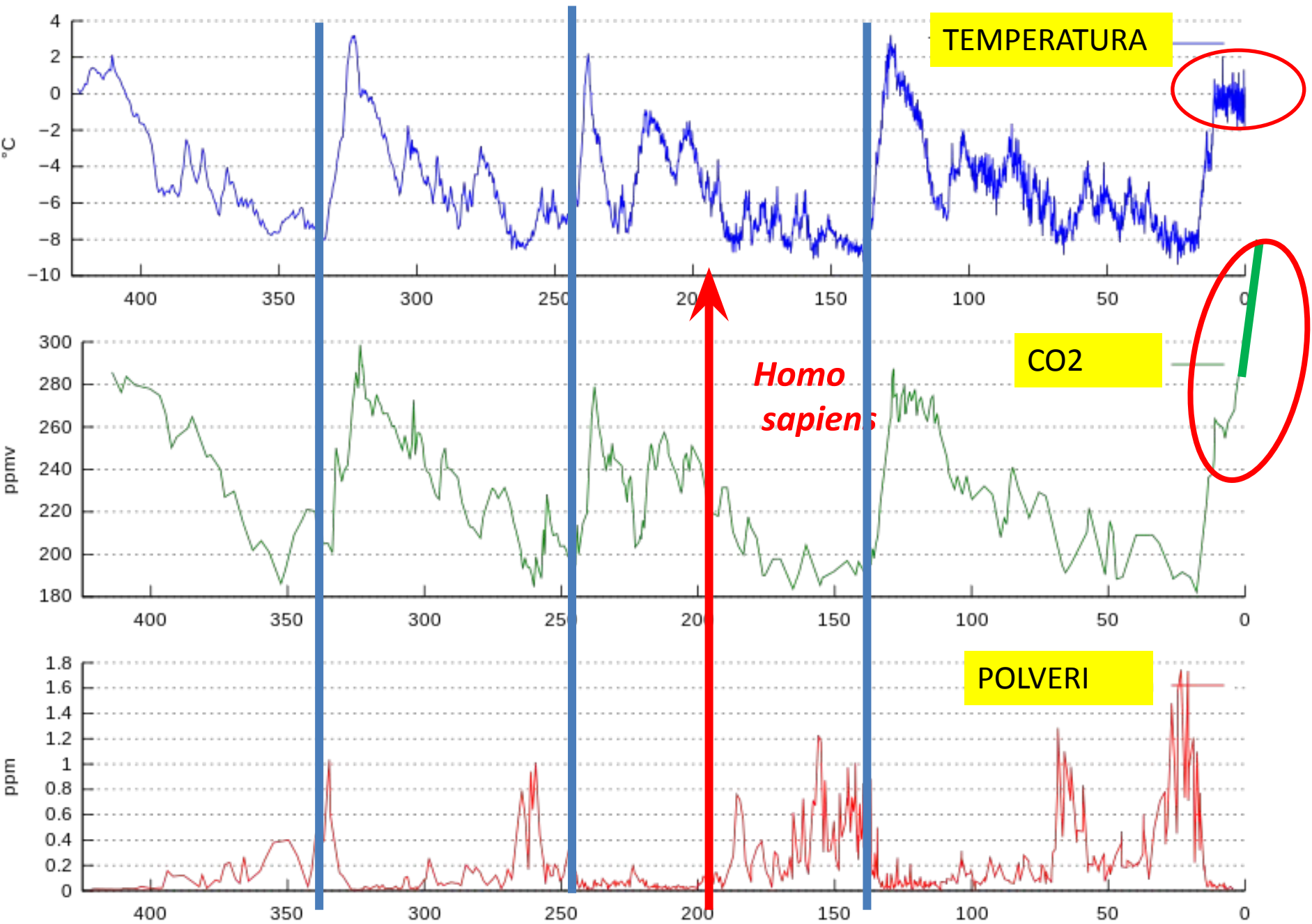
# Le temperature

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Paleoclimatology>



I paleontologi usano i rapporti dell'ossigeno dell'acqua intrappolata dai ghiacci per misurare le temperature e le precipitazioni passate. Nei ghiacci polari, la misura è relativamente semplice: meno ossigeno pesante nel ghiaccio significa che le temperature erano più fredde.





TEMPERATURA

CO2

POLVERI

*Homo sapiens*

MIGLIAIA DI ANNI

# L'Italia 16 mila anni fa



# L'uomo emette 30 Gton/anno, la Terra ne scambia 800

## The Global Carbon Cycle

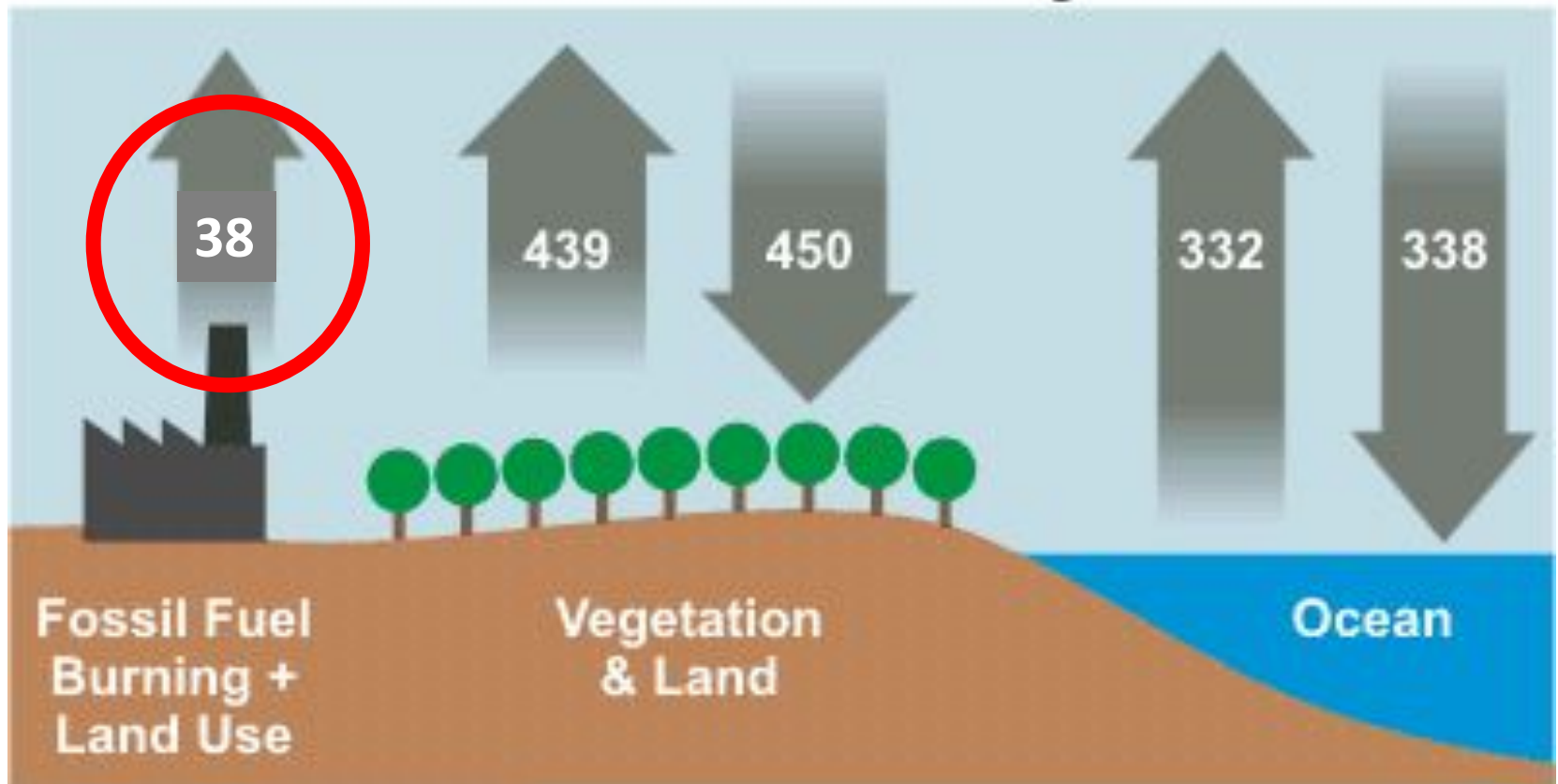
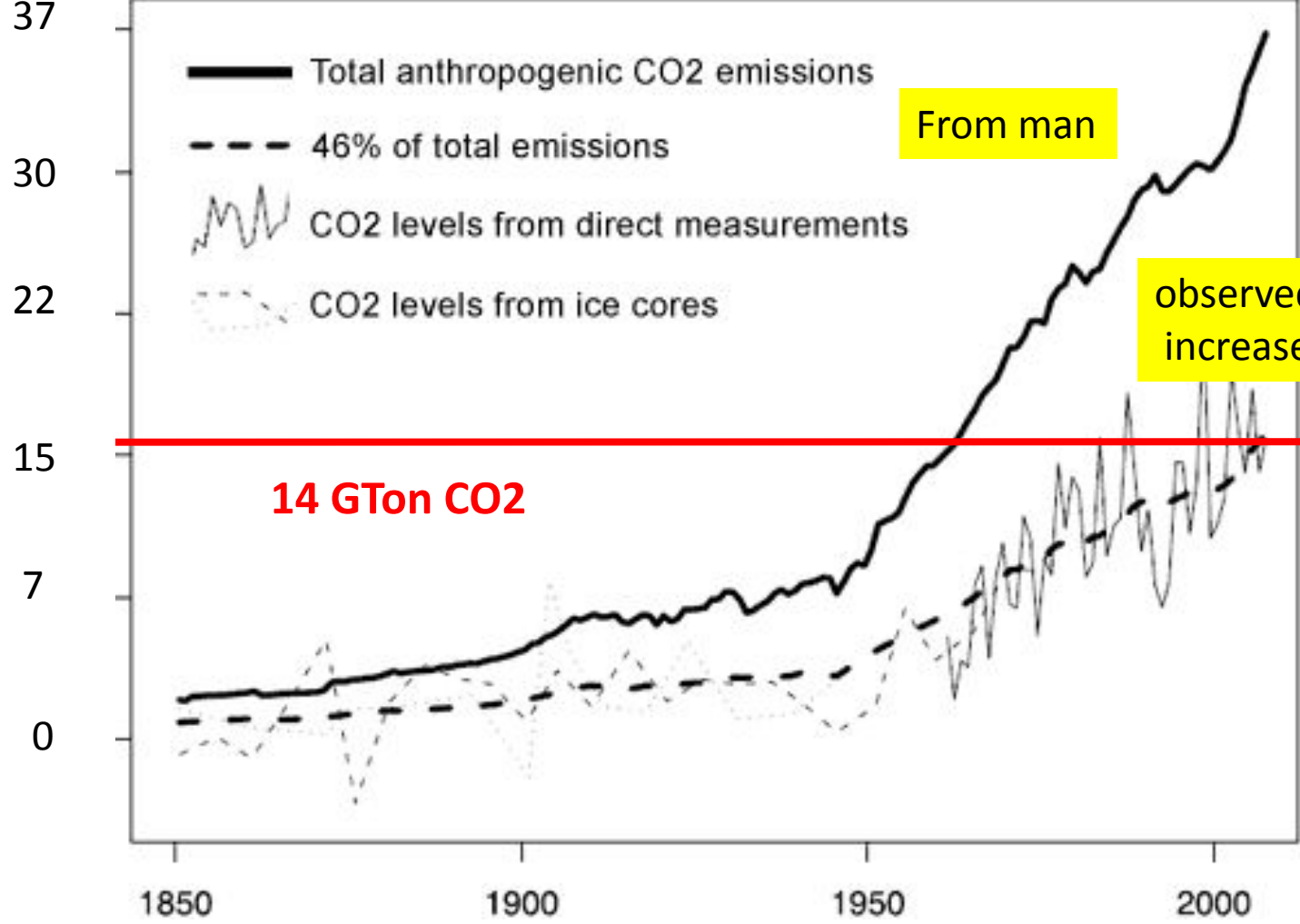


Figure 1: Ciclo del Carbonio. I numeri rappresentano gli scambi di CO2 in gigaton (miliardi di tonnellate)

# CO2 emissions versus CO2 levels



**Total CO2 in atmosphere: 2000 Gton.**  
**Annual Artificial Emissions: 37 Gton CO2**  
**Obs. Annual increase: 17 Gton CO2**

**10 Gtons = 100 Garda lakes per year in the atmosphere; if this volume were spread over all of Italy, the thickness should be 16m**

w. Knorr, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 36, L21710, doi:10.1029/2009GL040613, 2009

# L'uomo e il clima

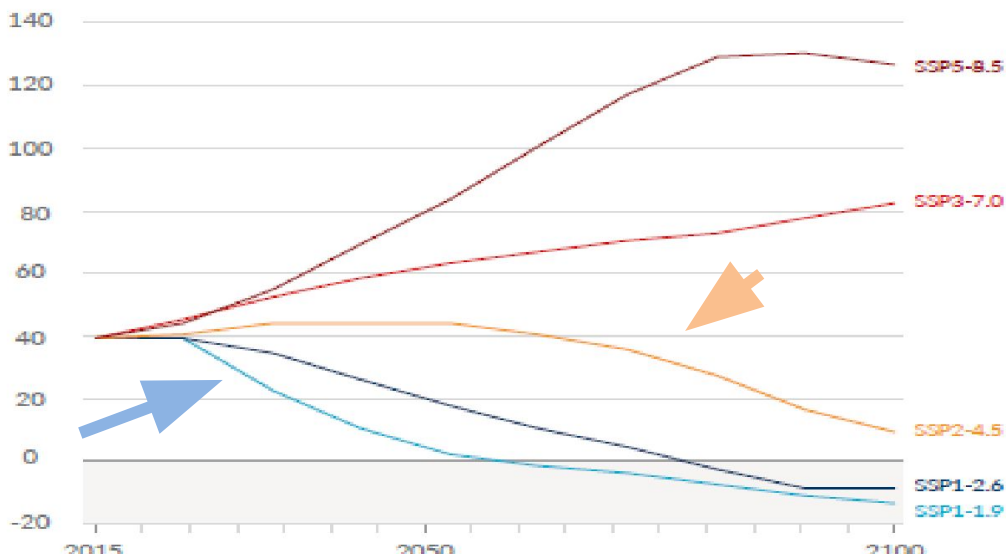
**CO2 totale in atmosfera: 2300 Gton.**

**Emissioni annuali antropiche: 37 Gton CO2**

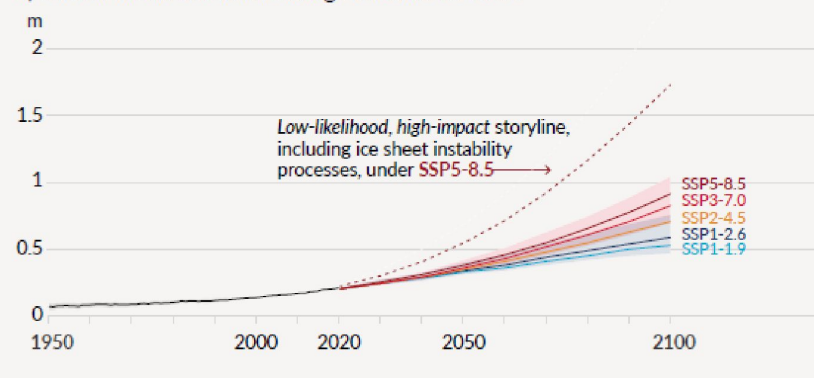
**Incremento annuale osservato: 17 Gton CO2**

**10 Gtons = 100 laghi di Garda l'anno in atmosfera:  
se questo volume fosse spalmato sull'Italia, avrebbe un spessore  
di 16 m**

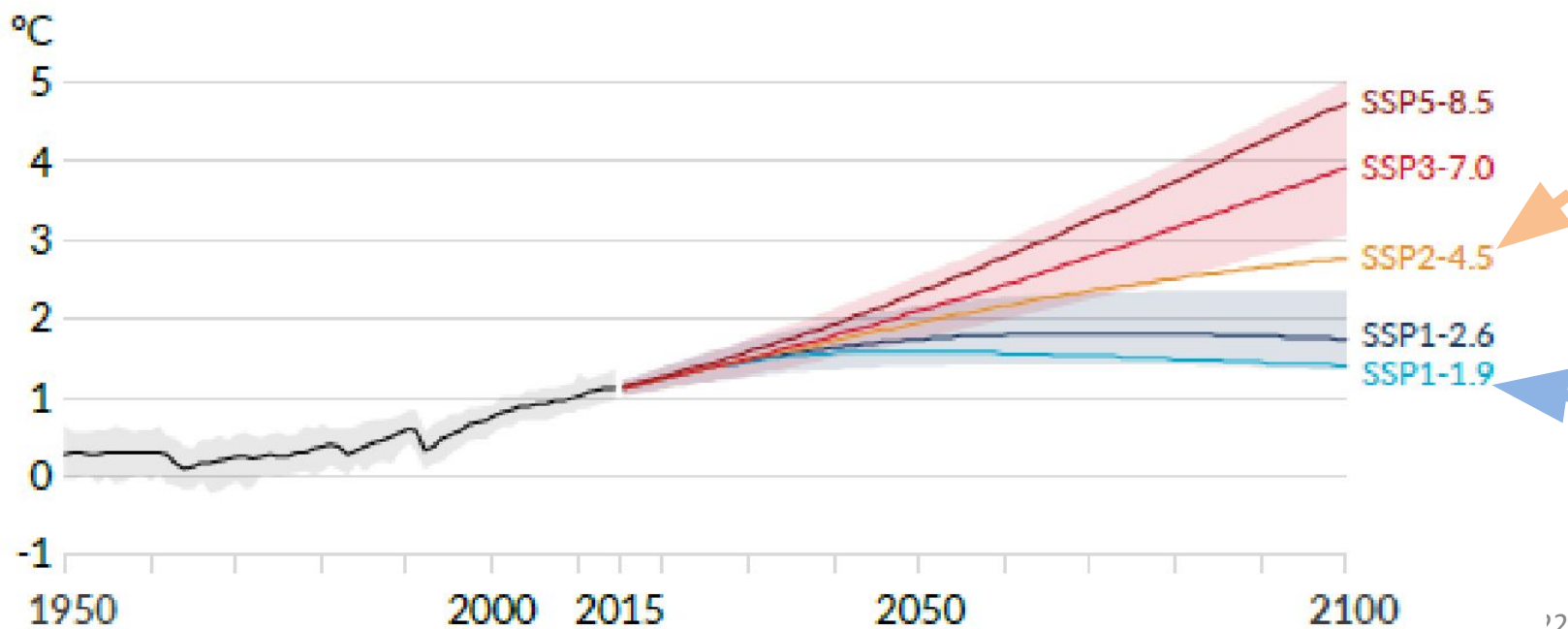
Carbon dioxide (GtCO<sub>2</sub>/yr)



d) Global mean sea level change relative to 1900

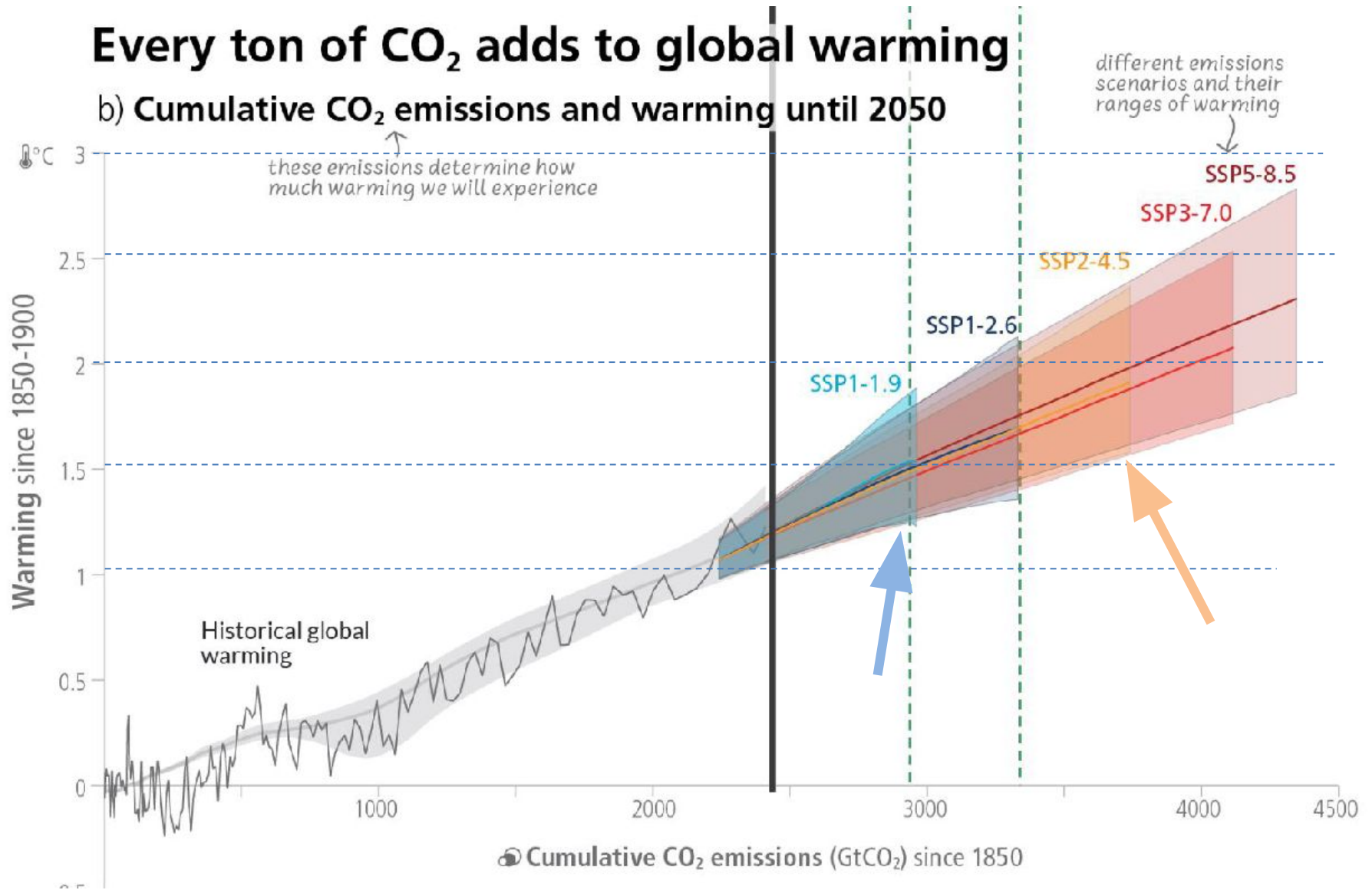


a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



# Every ton of CO<sub>2</sub> adds to global warming

## b) Cumulative CO<sub>2</sub> emissions and warming until 2050



**Judith Curry**, affermata climatologa americana, già Presidente della School of Earth and Atmospheric Sciences dello Georgia Institute of Technology e Professoressa di Scienze atmosferiche e oceaniche della University of Colorado-Boulder (2024) (vedere il Blog CLIMA ETC):

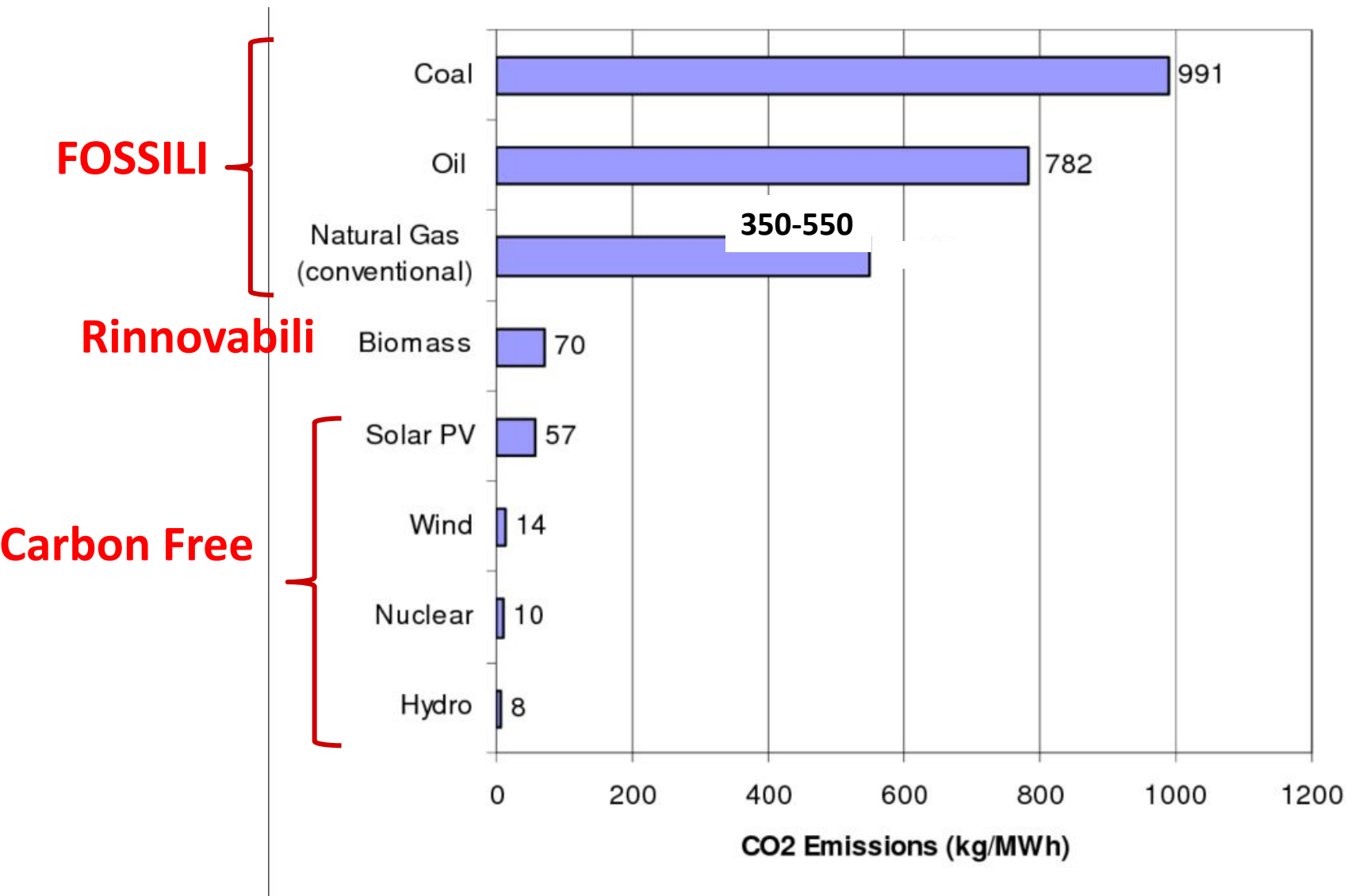
### **Here is what all scientists actually agree on:**

- Surface temperatures have increased since 1880
- Humans are adding carbon dioxide to the atmosphere
- Carbon Dioxide and other greenhouse gases have a warming effect on the planet.

### **However, there's disagreement and uncertainty about the most consequential issues:**

- How much of the recent warming has been caused by humans
- How much the planet will warm in the 21st century
- Whether warming is 'dangerous'
- And whether urgently eliminating the use of fossil fuels will improve human well being





Fonti

Frank, Matthew & Goodward, Jenna & Ladislaw, Sarah & Zyla, Kate. (2022). Crossing the Natural Gas Bridge.

L. Maugeri *Con tutta l'energia possibile* Sperling Kupfer 2008

# La transizione energetica

**1 Mtep = 11.6 TWh = 4.5 TWhe**

Il lago Maggiore si trova ad un'altezza di circa 193 m s.l.m., la sua superficie è di 212 km<sup>2</sup> di cui circa l'80% è situata in territorio italiano e il rimanente 20% in territorio svizzero. Ha un perimetro di 170 km e una lunghezza di 54 km (la maggiore tra i laghi italiani); la larghezza massima è di 10 km e quella media di 3,9 km. **Il volume d'acqua contenuto è pari a 37,5 km<sup>3</sup> di acqua**



# Riserve di combustibili fossili

	disponibili	+CO <sub>2</sub> / GWh	riserve note	consumo annuale	durata (anni)
Carbone (G ton)	910	950		6,2	150
Petrolio (mld di barili)	1,100	750 3,200	2,600	30	90
Gas (mld mc)	185.000	300-500	2.815		70

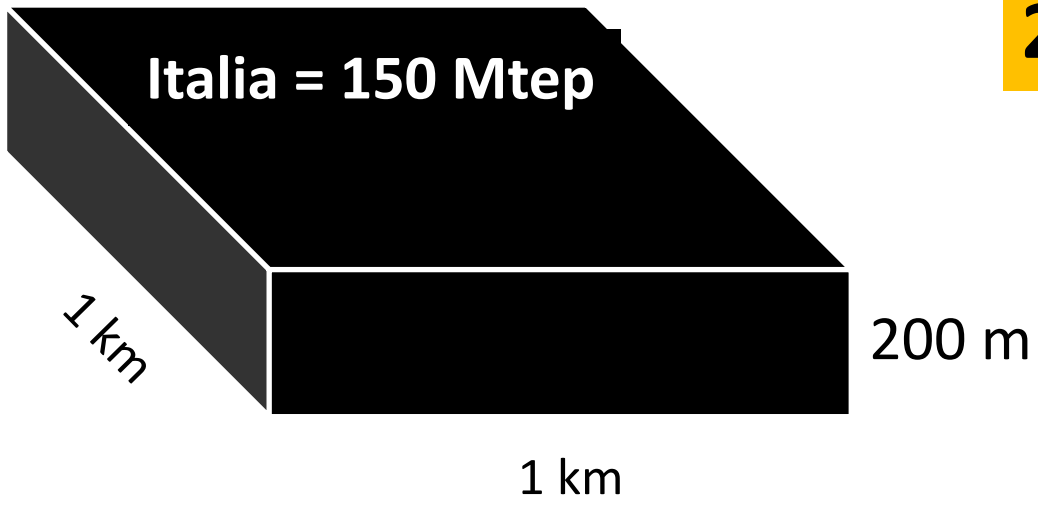
- Riserve da scisti bituminosi (wikipedia)

\*\* riserve da giacimenti e scisti bituminosi

Source: L. Maugeri *Con tutta l'energia possibile* Sperling Kupfer 2008

<b>Italia (2%)</b>	<b>200 GW</b>	<b>1700 TWh = 150 Mtep</b>
<b>World</b>	<b>15.000 GW</b>	<b>130.000 TWh = 10.400 Mtep</b>

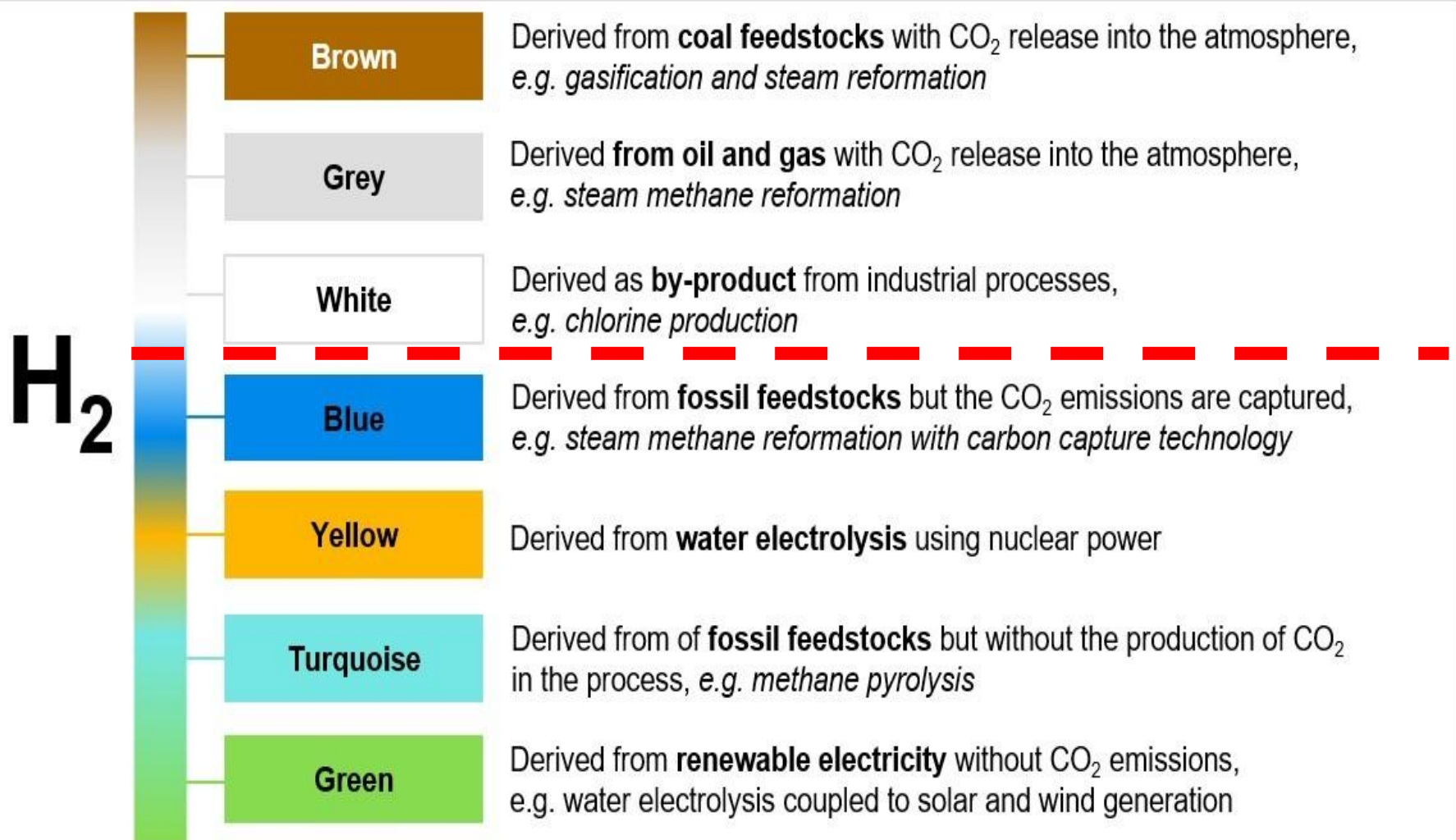
**280 MLD, 19% del PIL**



**Lago Maggiore  
prosciugato in 170 anni**

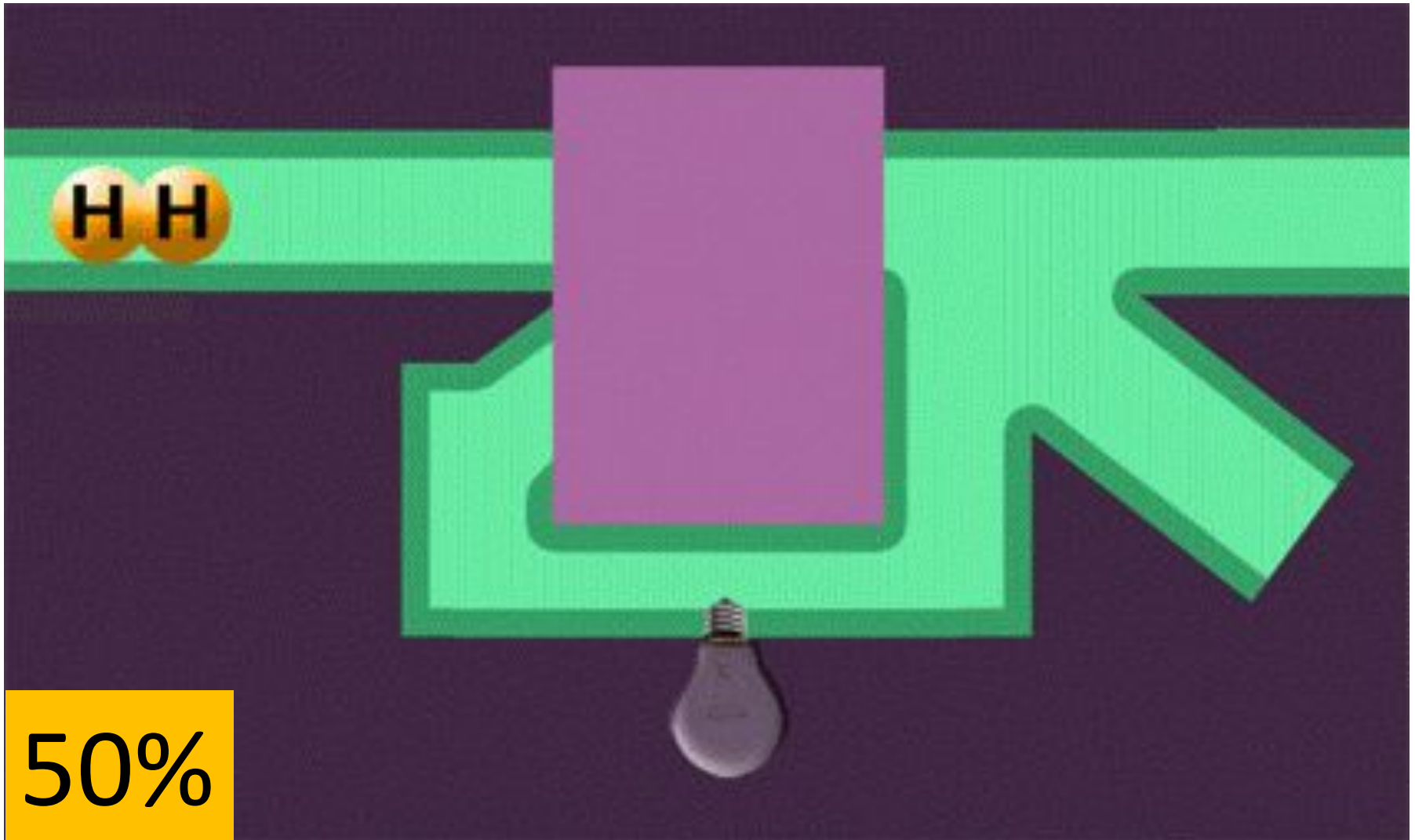
**Consumo reale  
Idrocarburi (oil+gas)  
135 Mtep  
Riserve accertate  
120 (700) Mtep  
Autonomia: 5 anni**

# Hydrogen can be produced from various feedstocks with inherently different CO<sub>2</sub> intensities

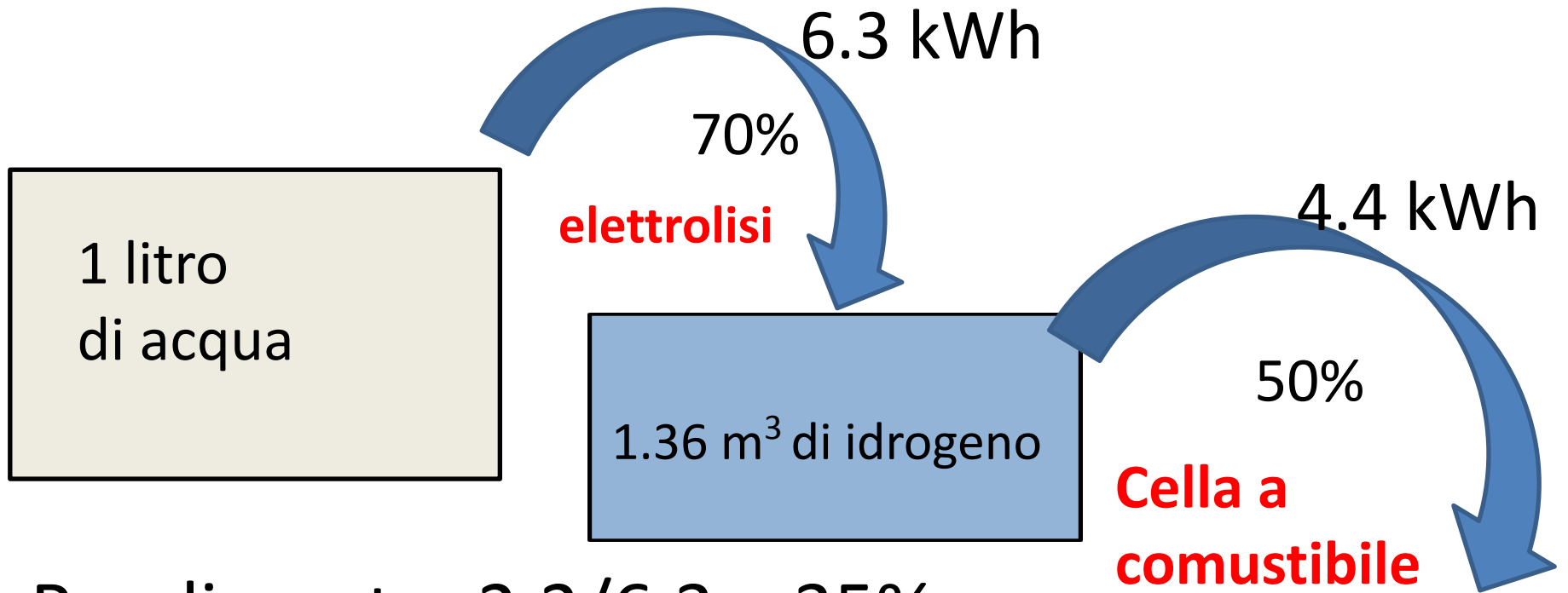


Source: PwC, PRI Association, United Nations, IATF

# Impiego dell'idrogeno



Produzione di energia a partire dall'idrogeno: alla fine del ciclo si producono energia ed acqua pura.



Rendimento:  $2.2/6.3 = 35\%$

Serbatoio: 40 litri,  
pressione 700 bar  
peso 30 Kg, 2.3 kg di idrogeno,  
autonomia circa 350 km,  
ricarica 5 minuti

2.2 kWh<sub>e</sub>  
15 km



# Fotovoltaico



Sole: 300-1.000 W/m<sup>2</sup>  
Cella 150-200 W/m<sup>2</sup>  
8 m<sup>2</sup> per 1kWp

Per installare **1 MW** di potenza di picco  
occorrono circa **2.5** (1 +1.5) ettari

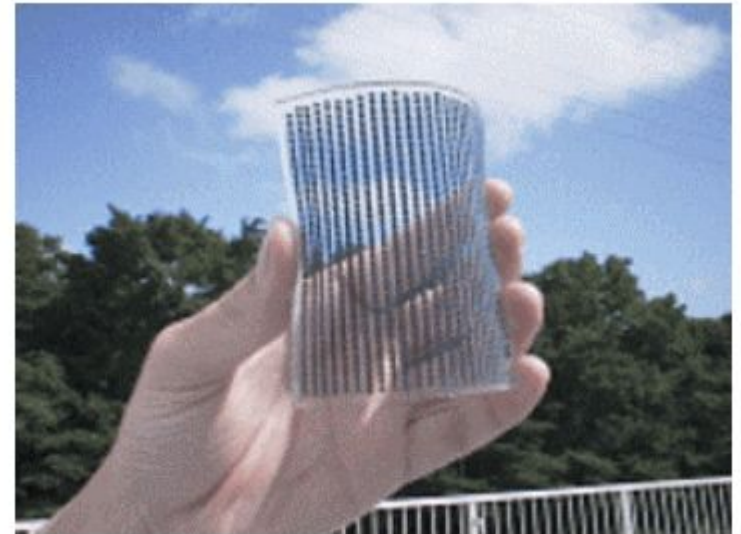


Fig.2.: celle fotovoltaica flessibile.

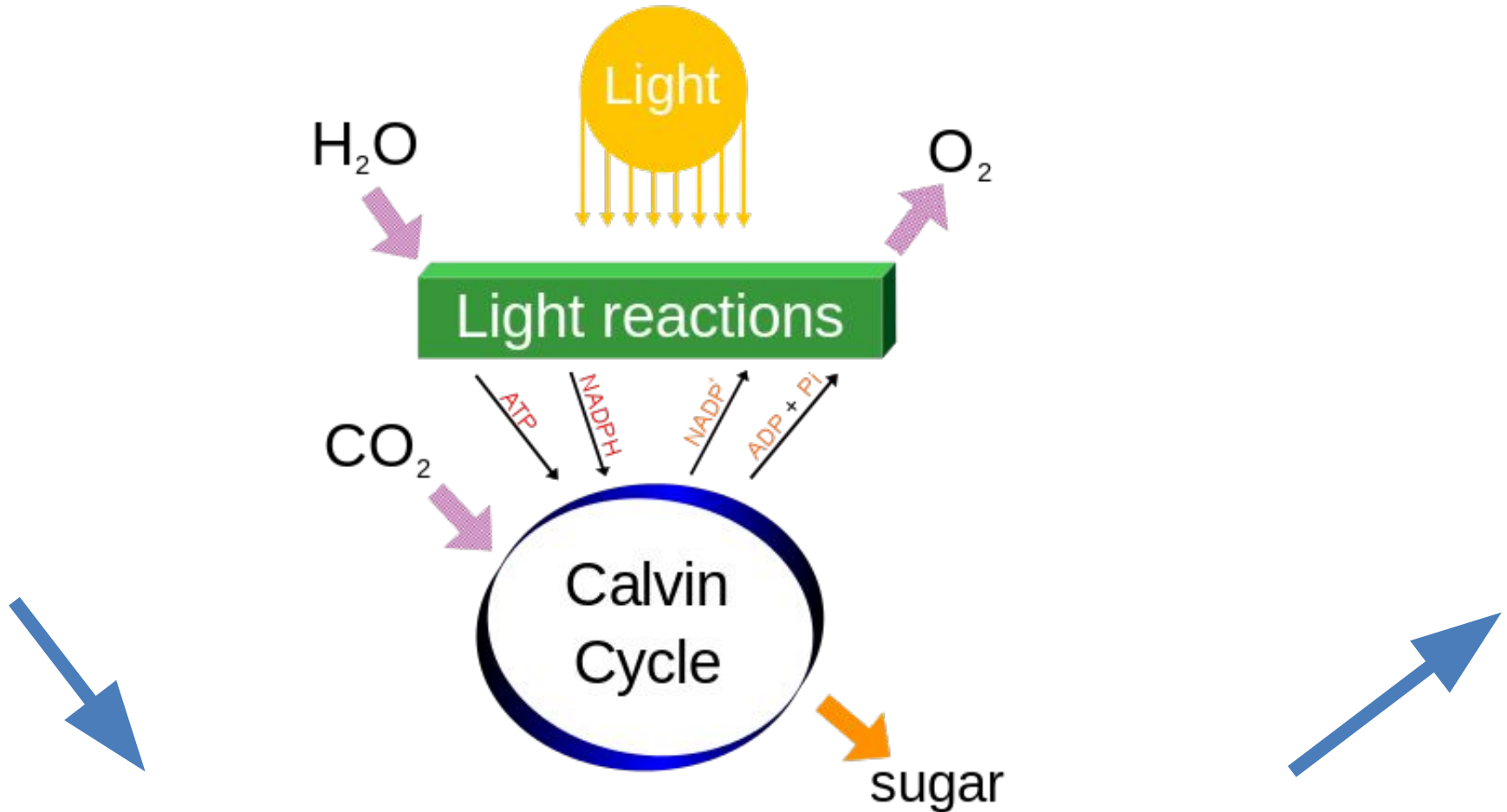
- L'Italia ha una superficie di 300.000 km<sup>2</sup>
- Abbiamo 900 km quadrati di fotovoltaico  
30 GWp cioè 4 GW effettivi
- Per rifornire di energia elettrica tutto il paese servono 5500 km<sup>2</sup> (PV) + gli impianti di accumulo
- Per avere tutta l'energia primaria da fotovoltaico occorrerebbero 25.000 km<sup>2</sup> di celle
- Il suolo consumato (=artificialmente coperto) in Italia è di 21900 km quadrati (rapporto ISPRA 2014).
- Le strade asfaltate occupano 7000 km quadrati
- Il suolo agricolo è di 130.000 km<sup>2</sup>

# eolico

**Il consumo medio elettrico italiano corrisponde a 40.000 pale eoliche di potenza pari a 3 MW (ora ci sono 7000 pale di varie dimensioni)**



# Le biomasse



# Una parola importante: **SOSTENIBILITA'**



La vita richiede ordine

Tutti i sistemi isolati vanno verso il disordine (entropia)

Nei sistemi chiusi, il disordine può restare costante se c'è una fonte di energia esterna e una macchina che produce ordine

Nel caso della terra, la fonte è il **SOLE**, la macchina è la **FOTOSINTESI**

**Sostenibilità = non aumentare l'entropia del sistema**

# Biofuel

In Italia ci sono **34 milioni di auto**, ognuna consuma circa **1000 litri di carburante/anno**. Corrispondono a **5,7 milioni di ettari** di suolo brasiliano coltivato a canna da zucchero.

In Italia the il suolo coltivabile è **13 milioni di ettari** (**130.000 km<sup>2</sup>**).

**Coldiretti** calcola che la resa media del biodiesel italiano è circa 850 kg (circa 1000 litri) per ettaro, quindi: **un'auto per ettaro**

**34 milioni di ettari**

cioè **2.5 volte** il suolo coltivabile

# Biogas dall'agricoltura

**1 ettaro** dà **30.500 kWh** che, divisi per 8500 h, danno una potenza in rete di **3.6 kWe**.

**1 ettaro di Fotovoltaico produce 150 kWe, 40 volte di più**

In Italia la potenza di picco è 55.000.000 kWe

Quindi  **$55.000.000/3.6=15$  milioni di ettari,**

In Italia il suolo coltivabile è **13 milioni di ettari**

**Il biogas dall'agricoltura per produrre energia elettrica consumerebbe più di tutto il suolo coltivabile**

# Ruolo degli alberi

- Gli alberi: quanti sono?  
in Italia 12 miliardi +/- 1%  $12 \times 10^9$   
nel mondo 3000 miliardi  $3 \times 10^{12}$
- Un albero assorbe circa 30 kg CO<sub>2</sub> /anno
- Per assorbire 20 Gton di CO<sub>2</sub> servono (in più) circa  $20 \times 10^{12} \text{ kg} / 30 \text{ kg} = 0.7 \times 10^{12}$  alberi cioè

**ulteriori 700 miliardi di alberi  
(13 miliardi in italia)**



# Il Nucleare

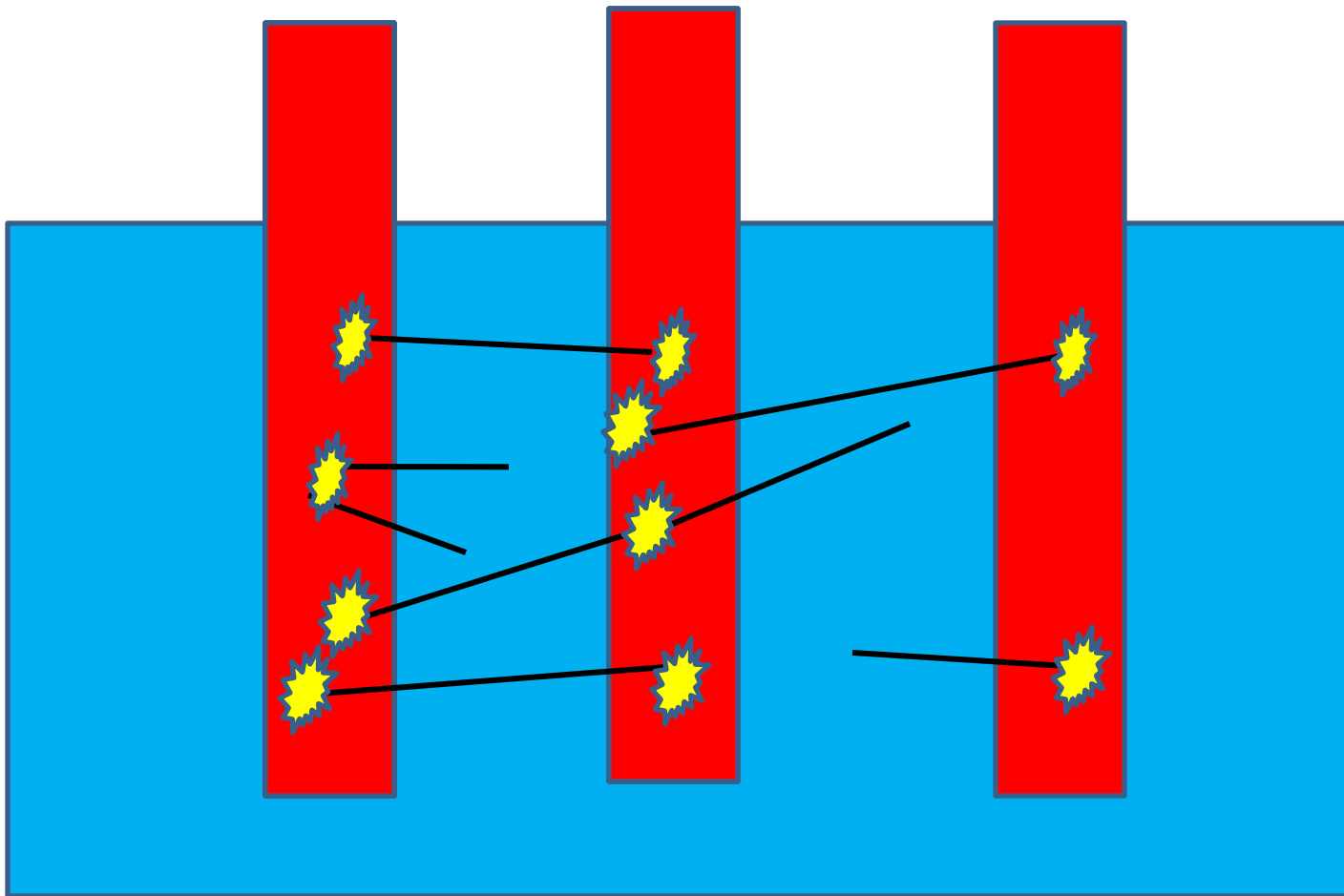
Il sito di Olkiluoto (FIN), Il termine dei lavori di costruzione del EPR previsto nel 2011



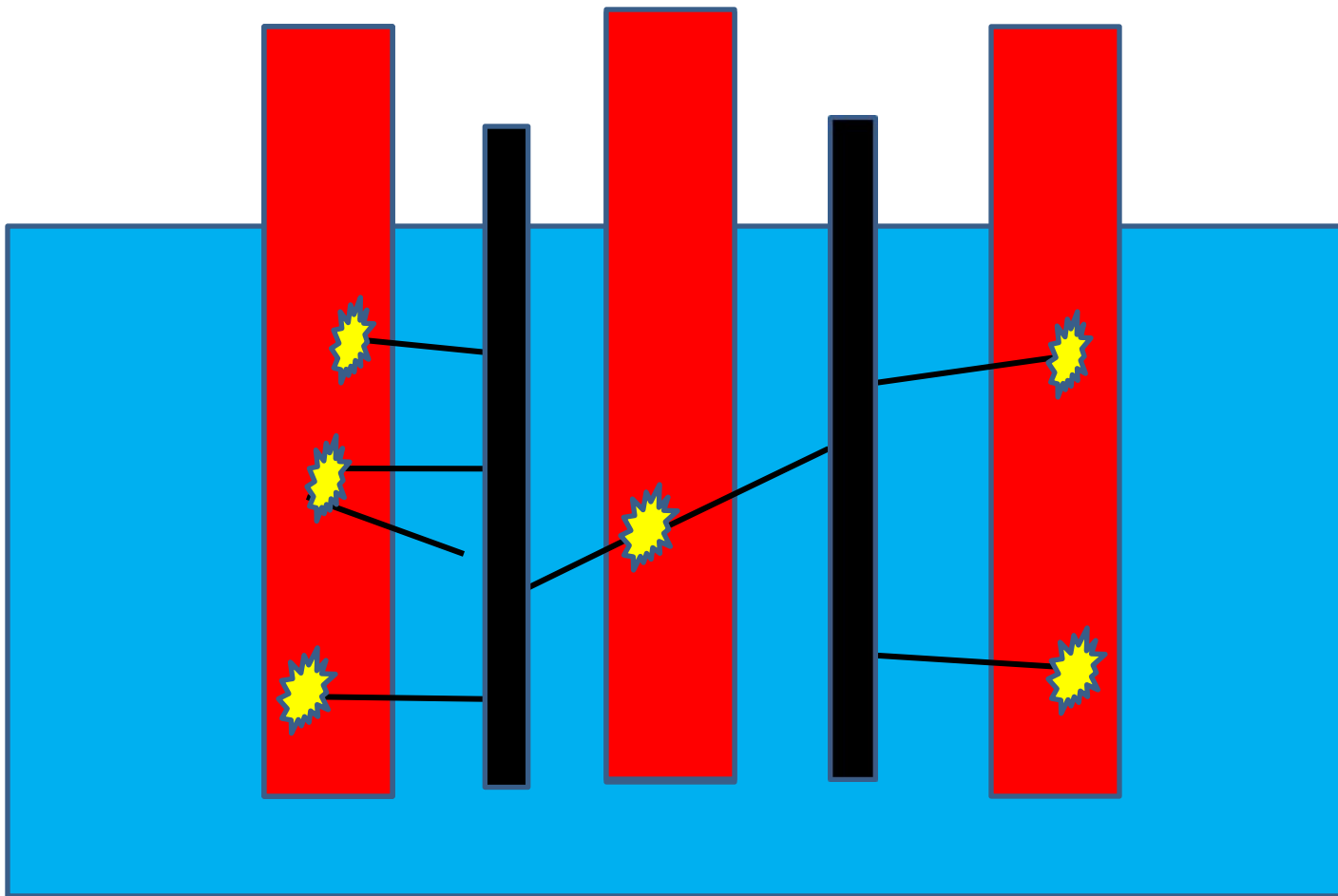
OLKILUOTO: costruzione iniziata nel 2005 e terminata nel 2022 (era prevista nel 2009).

Costi: 8.5 miliardi di euro (erano previsti 3.5 miliardi )

filiera acqua naturale **uranio arricchito**

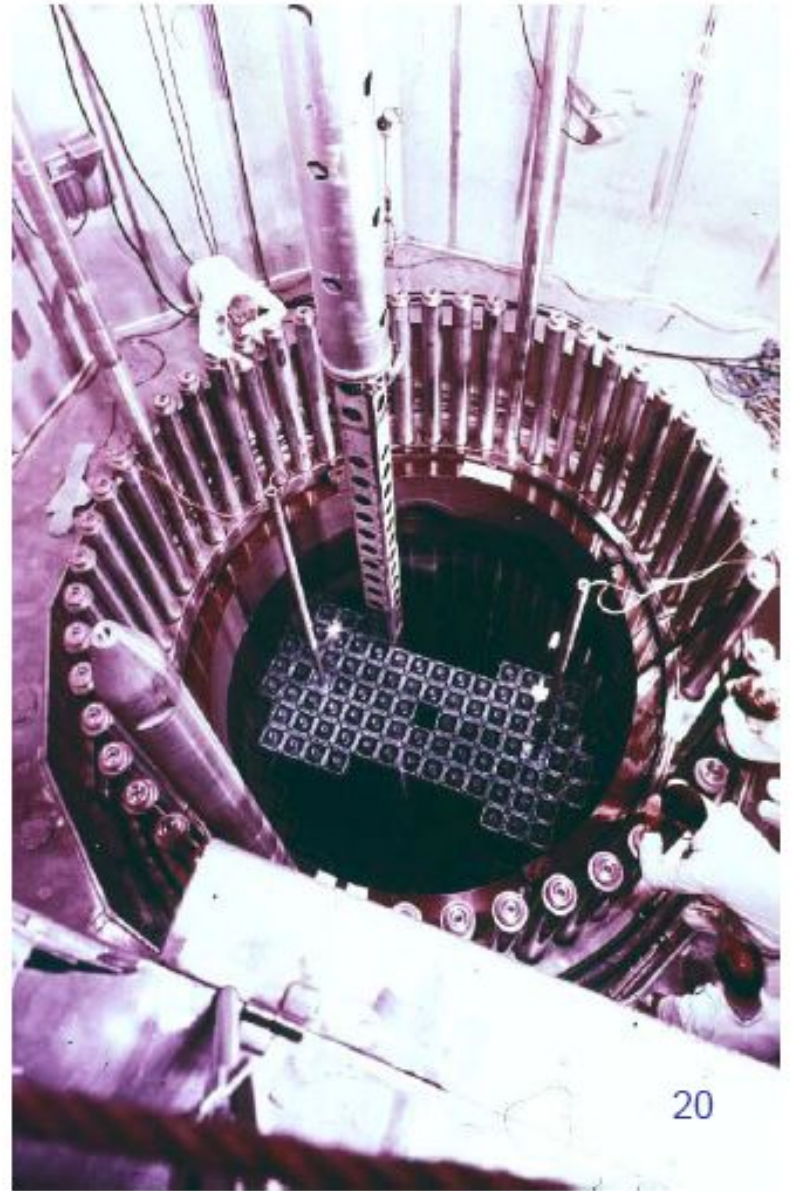


filiera acqua naturale **uranio arricchito**





1.07.2009

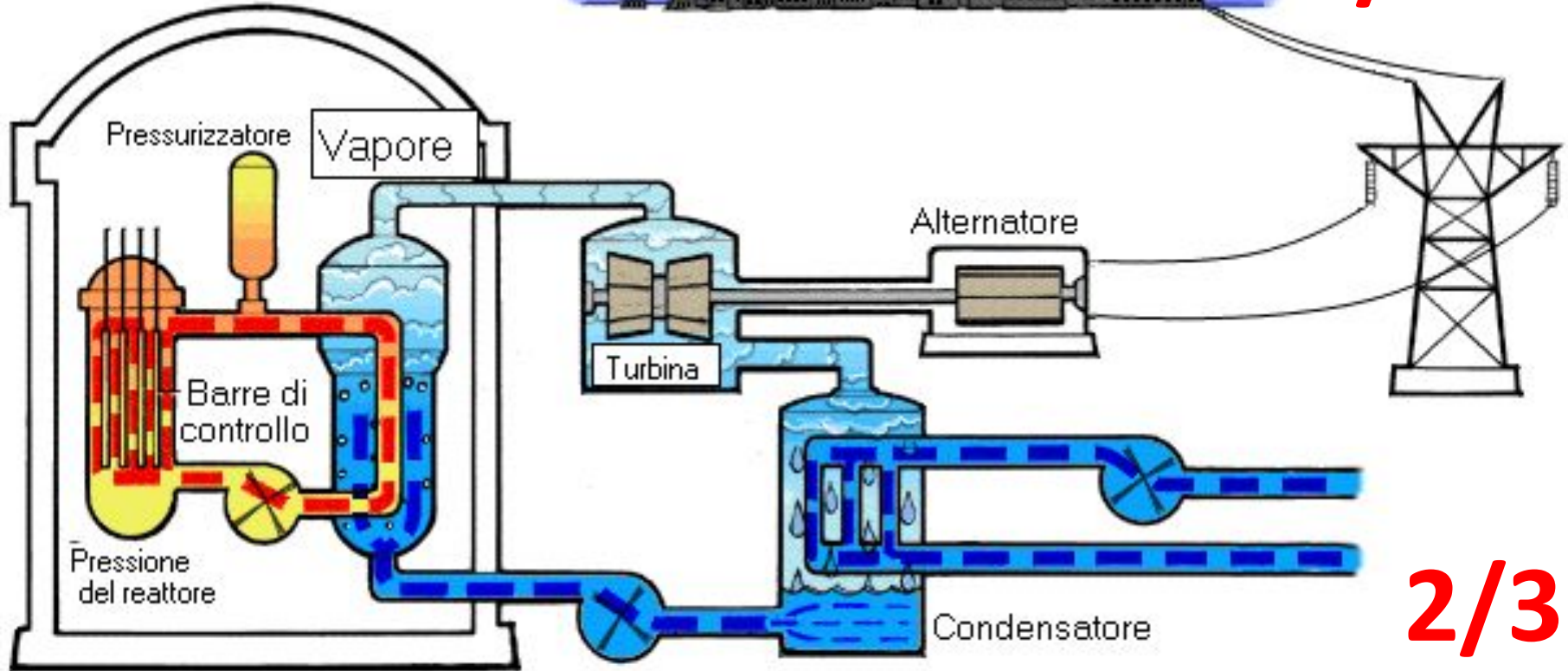


20

Contenitore del nocciolo

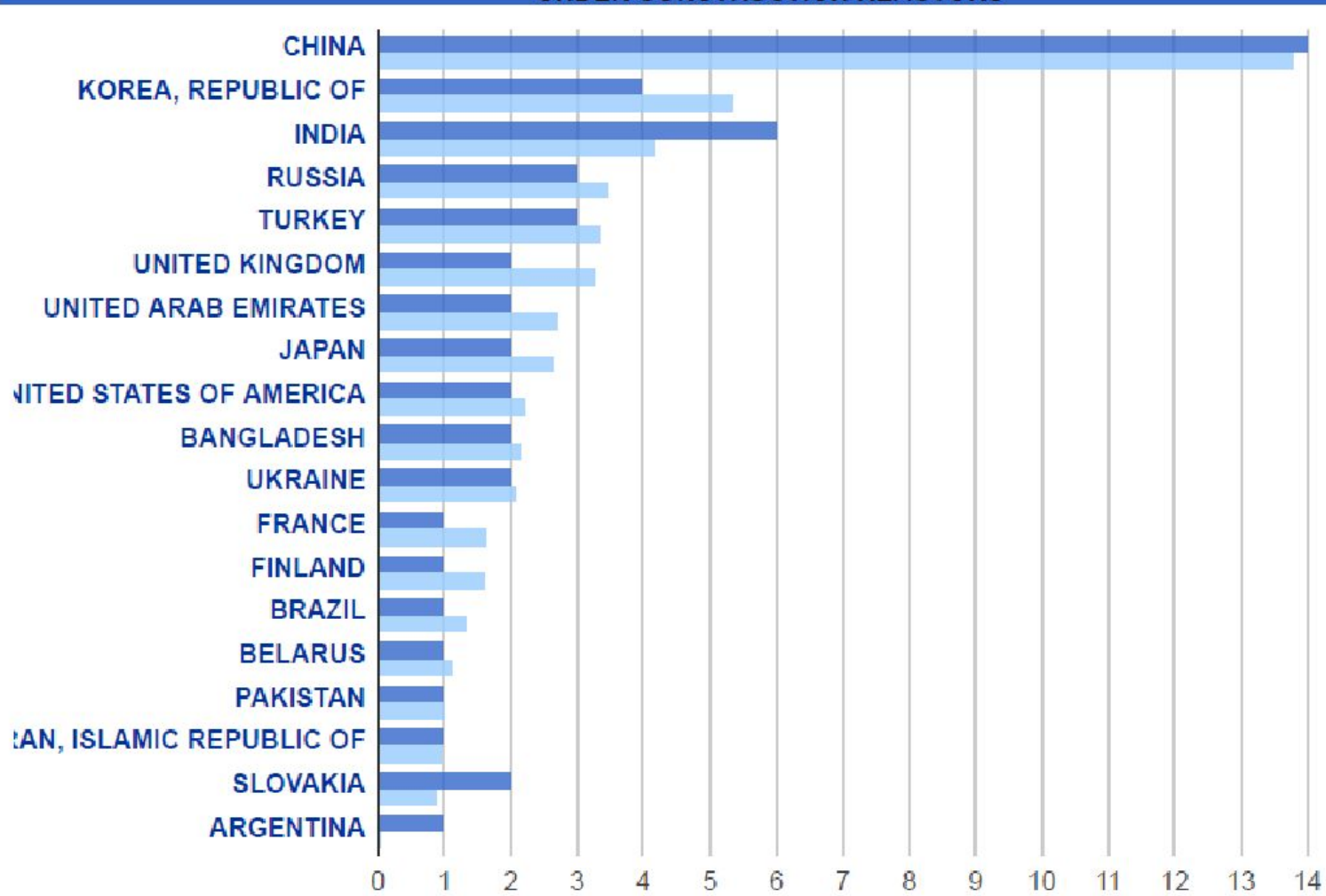


1/3



2/3

**UNDER CONSTRUCTION REACTORS**



*Number of Reactors and Net Electrical Capacity, GW(e)*

■ Number of Reactors    ■ Net Electrical Capacity, GW(e)

Nel 2050 i consumi elettrici raddoppieranno e arriveranno da 3.500 GW a circa 7500 GW.

L'incremento medio è quindi di 160 GWe/anno, pari a 120 reattori nucleari all'anno.

Il ritmo attuale è di 5-10 reattori nuovi/anno, ma l'incremento è minore se si tiene conto dei reattori dismessi ogni anno.

Il nucleare non può risolvere i problemi energetici ma può esserne solo una componente (5-10%)

**E in Italia?**

In Italia nel 2050 i consumi elettrici incrementeranno  
Del 70% e arriveranno dagli attuali 320 a  
500-600 TWh/anno

Le potenze richieste sono quindi di circa 60 GW.

L'incremento medio è quindi di 1 GWe/anno, pari a  
1 reattore all'anno e un parco di 25 reattori nel 2050.

Ma l'Italia intende coprire il fabbisogno solo con  
fotovoltaico ed eolico.

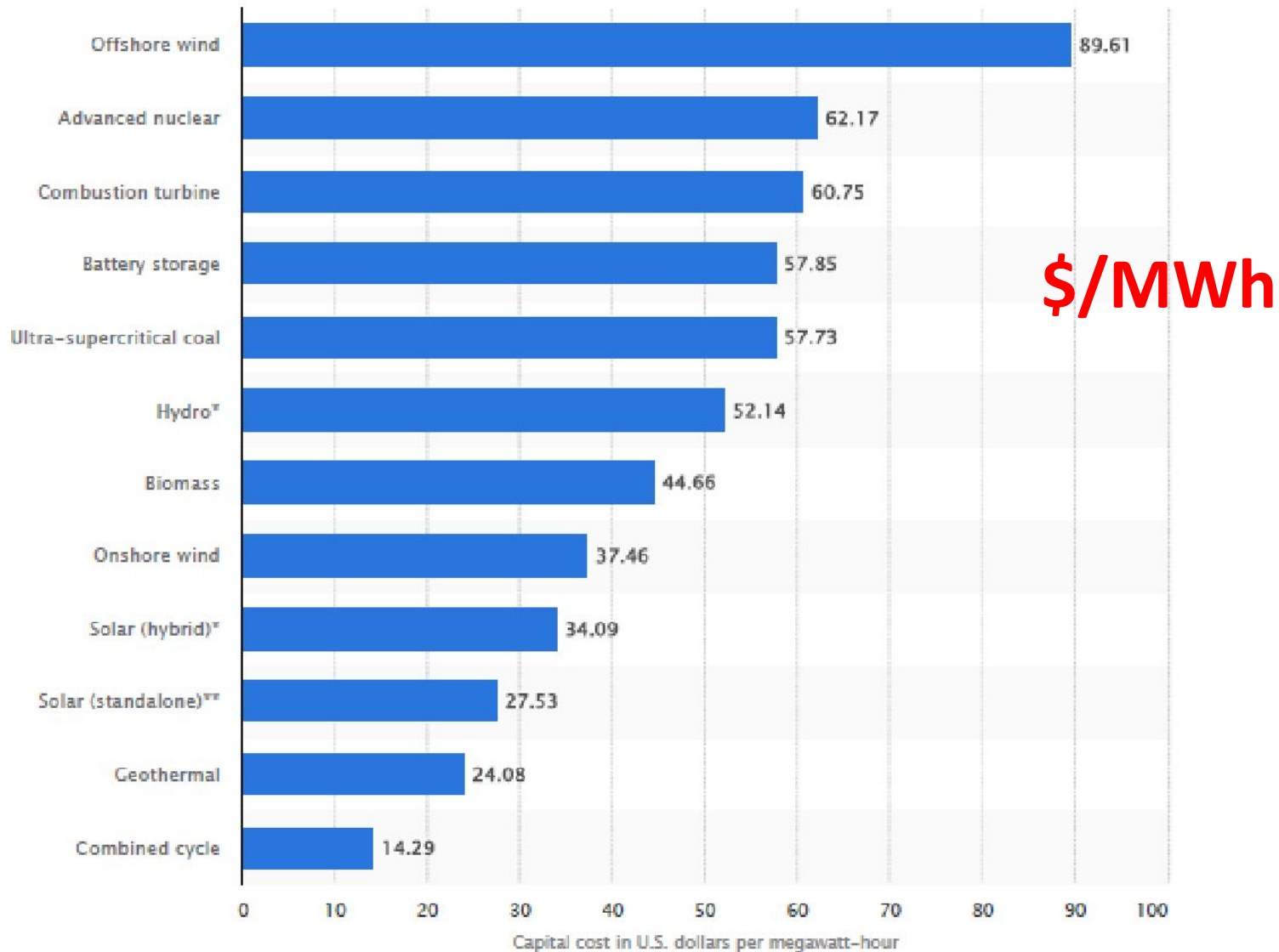
Quello che manca è la riserva continua per coprire  
l'intermittenza. Quanto? Questo dato attualmente **MANCA!**  
Alcuni studi stimano una potenza continua di riserva di  
20-30 GW.

Un parco di 10-15 reattori (10-15 GW) da costruire in 25 anni  
potrebbe coprire parte del fabbisogno.

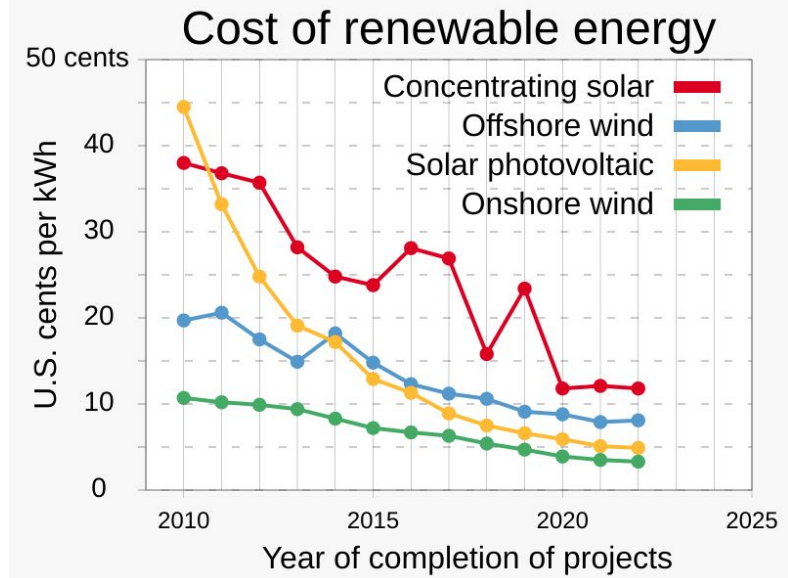
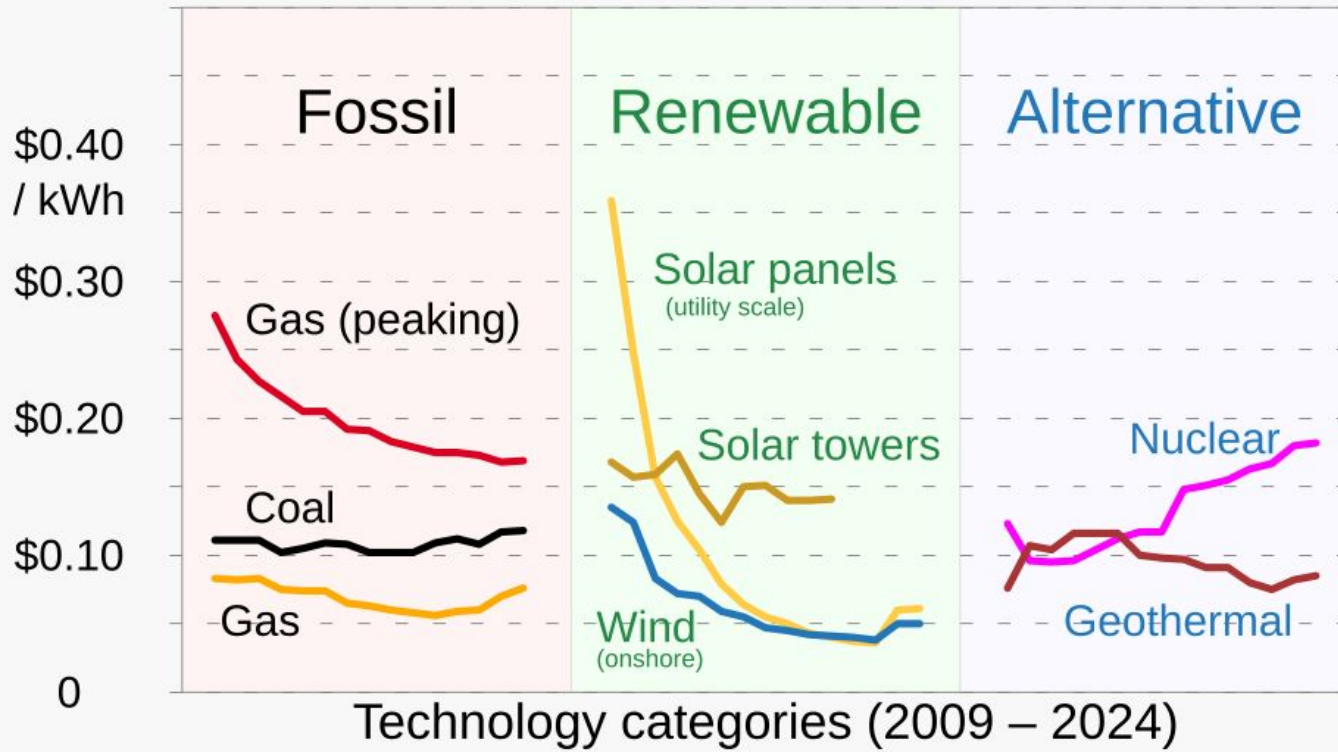
**E' realistico?**



# Estimated levelized capital costs of electricity for new power plants in the United States with operation start in 2028, by energy source (fonte STATISTA)

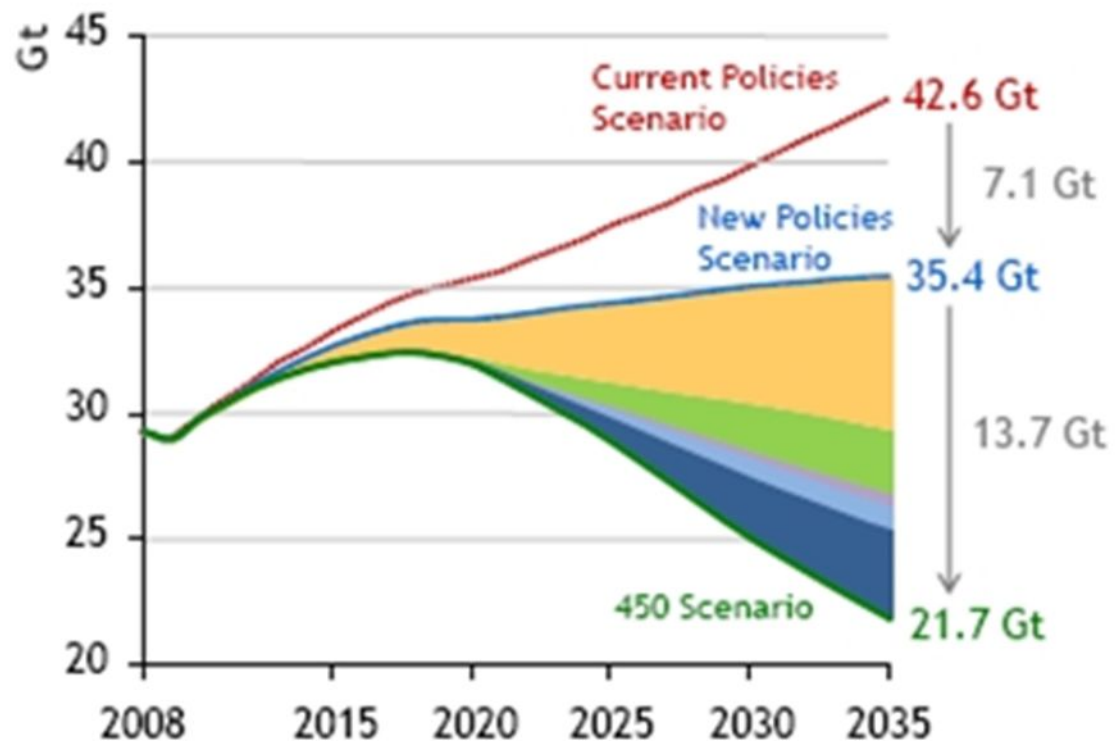


# Levelized cost of energy (LCOE)



# Il futuro

## World energy-related CO<sub>2</sub> emission savings by technology in the 450 Scenario relative to the New Policies Scenario



### Share of cumulative abatement between 2010-2035

Efficiency	50%
Renewables	18%
Biofuels	4%
Nuclear	9%
CCS	20%

# La fonte energetica più importante: la efficienza energetica

- L'idea è non solo ottimizzare la produzione di energia, ma anche ottimizzare il consumo energetico

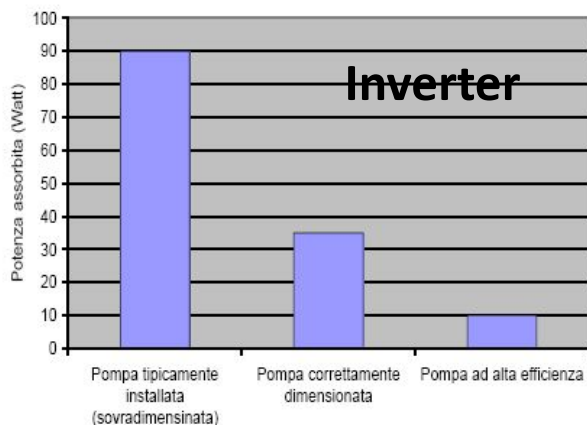
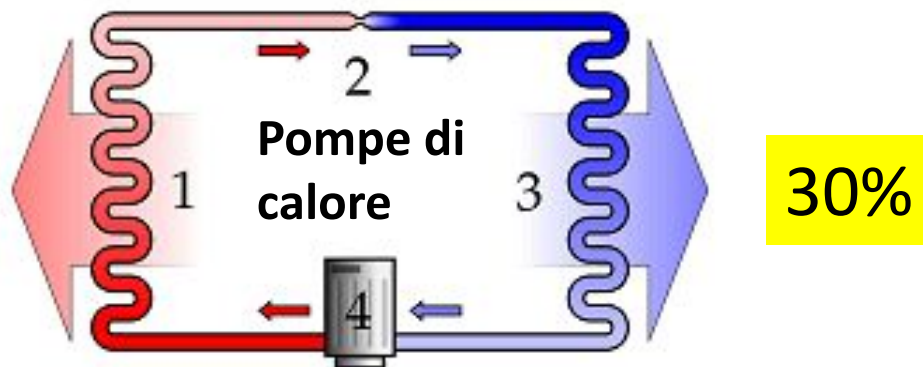
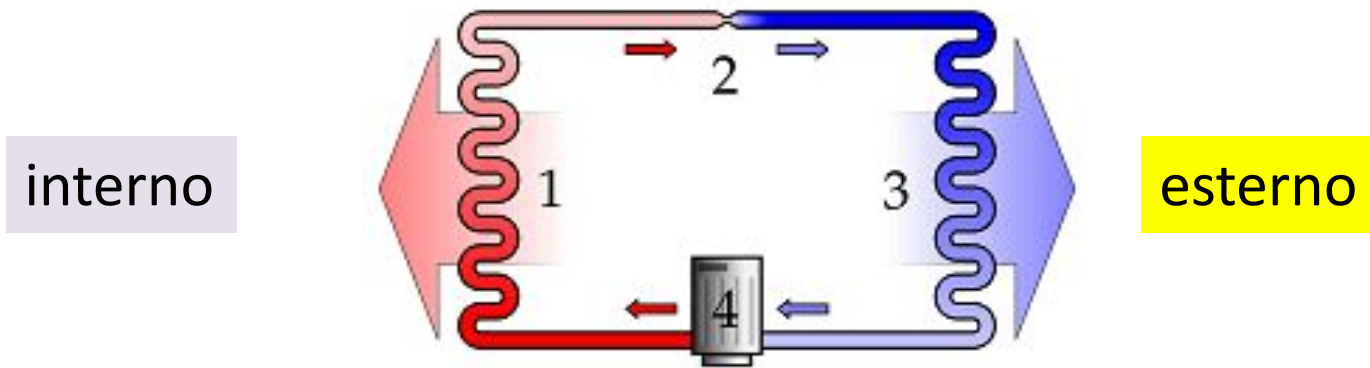


Fig. 14.6: Consumi di pompe di circolazione dell'acqua (fonte: eERG, Politecnico Milano).

10%



# Pompe di calore



aspira il fluido refrigerante attraverso l'evaporatore 3, dove il fluido stesso **evapora** a bassa pressione **assorbendo** calore, lo comprime in 4 e lo spinge all'interno del condensatore 1 dove il fluido **condensa** ad alta pressione **rilasciando** il calore assorbito

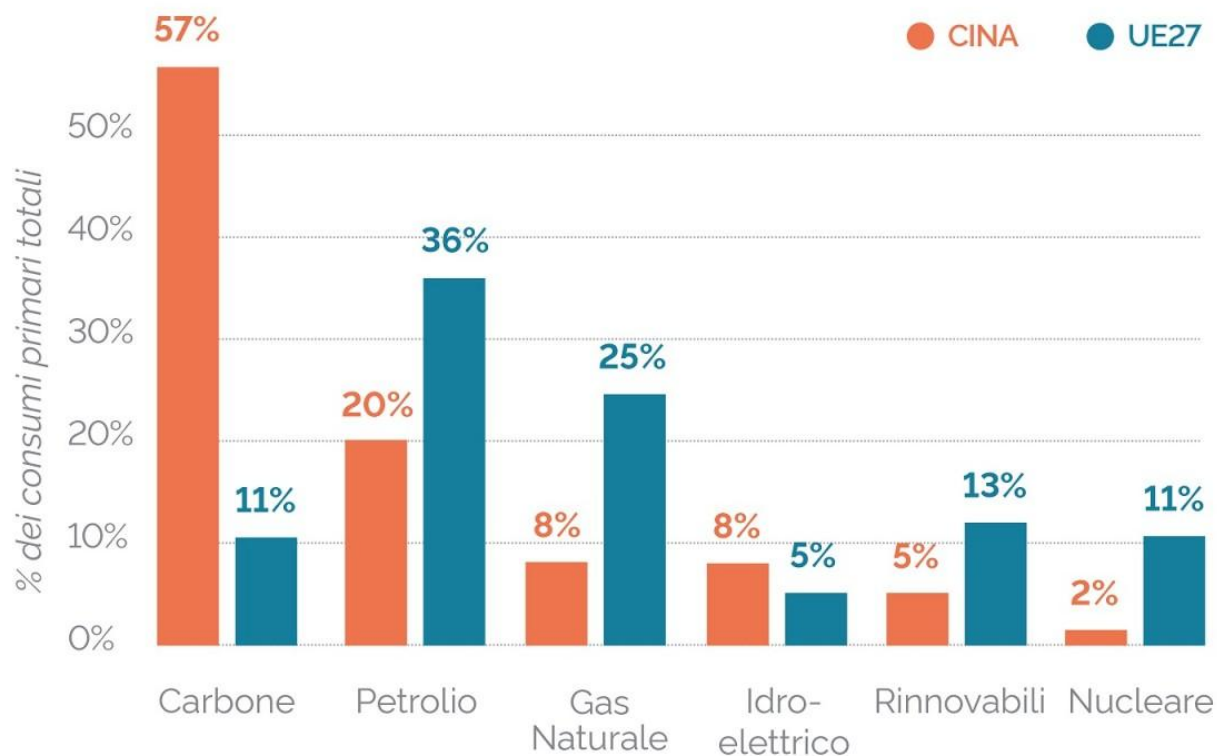
**COP** (Coefficient Of Performance) pari a 3-4 indica che per ogni kWh di energia elettrica consumata, la pompa di calore movimentata calore pari a 3-4 kWh da o verso la sorgente di interesse. (stufa elettrica: COP=1)

Impianto tradizionale a metano: 24 kW.

Pompa di Calore 8 kW

# Cina: un'economia a carbone

Mix energetico di Cina e UE nel 2020

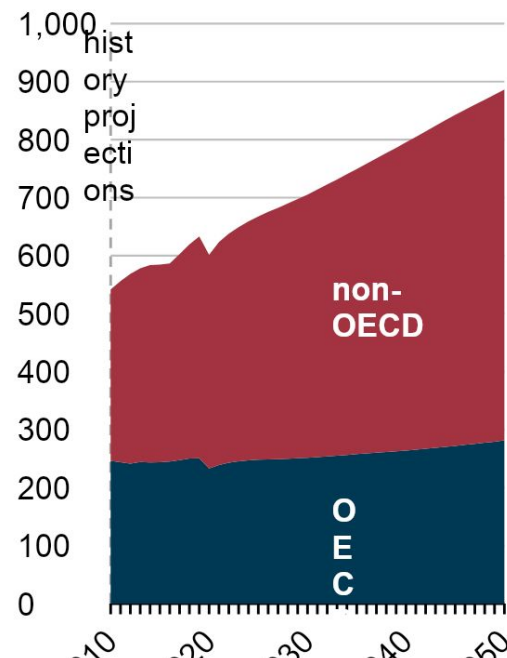


Fonte:  
elaborazioni ISPI su dati BP

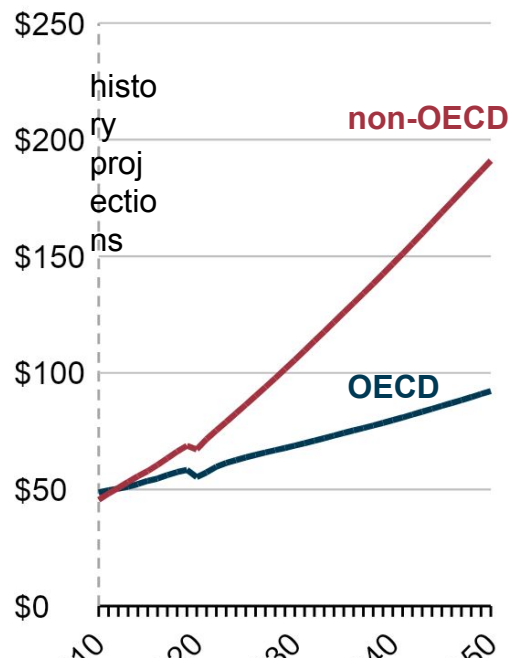
ISPI

By 2050, global energy use increases nearly 50%, driven by non-OECD economic growth and population

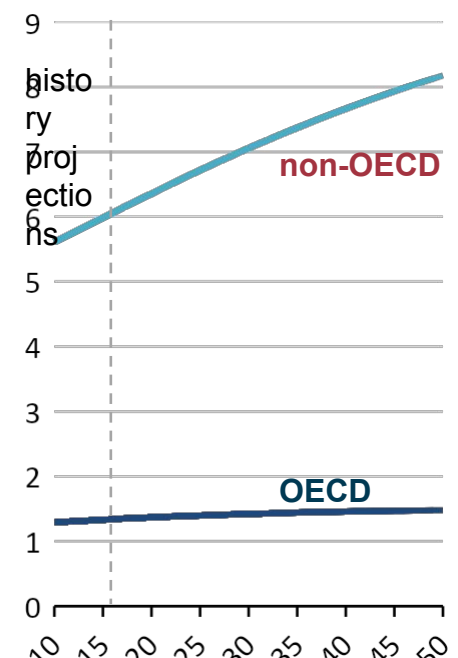
**World energy consumption**  
quadrillion British thermal units



**World gross domestic product (GDP)**  
trillion 2015 dollars, purchasing power parity (PPP)



**Population**  
billion people



**OECD: (OCSE) Tutti i paesi industrializzati**  
**Tranne CINA, INDIA, BRASILE..... I paesi non OCSE raddoppieranno i consumi nei prossimi 30 anni Tasso medio di sviluppo 2.5%**



# Disparità energetiche

<https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use>

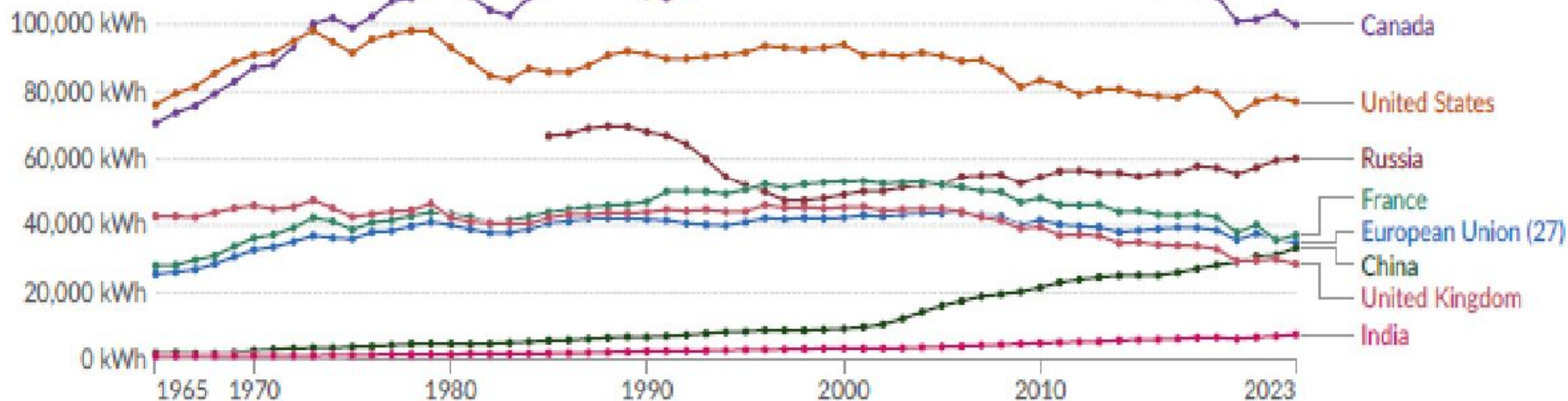
## Energy use per person

Measured in kilowatt-hours per person. Here, energy refers to primary energy using the substitution method.

Our World  
In Data

Table Map Chart

Settings



▶ 1965

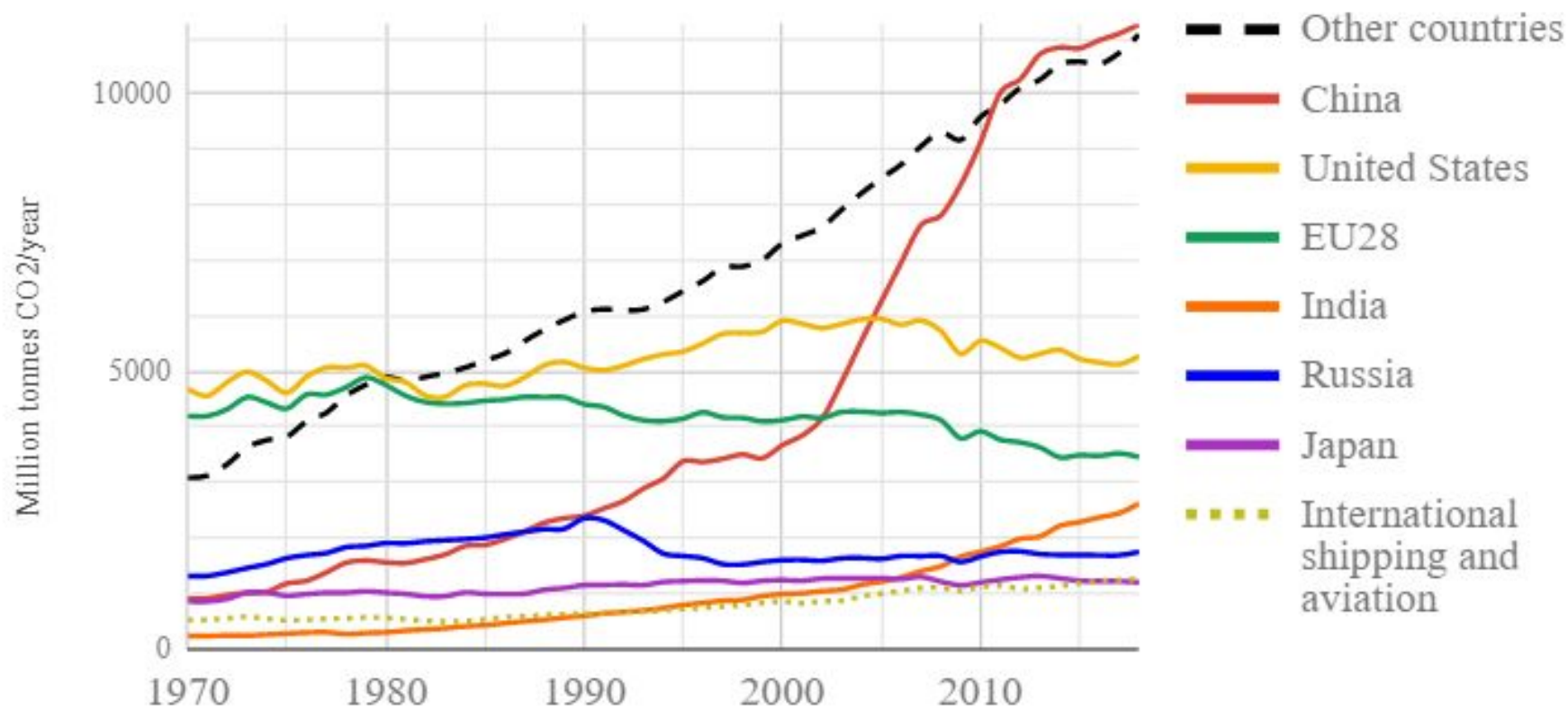
2023

Data source: U.S. Energy Information Administration (2023); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Population based on various sources (2023) - [Learn more about this data](#)

OurWorldinData.org/energy | CC BY



# World fossil carbon dioxide emission 1970-2018

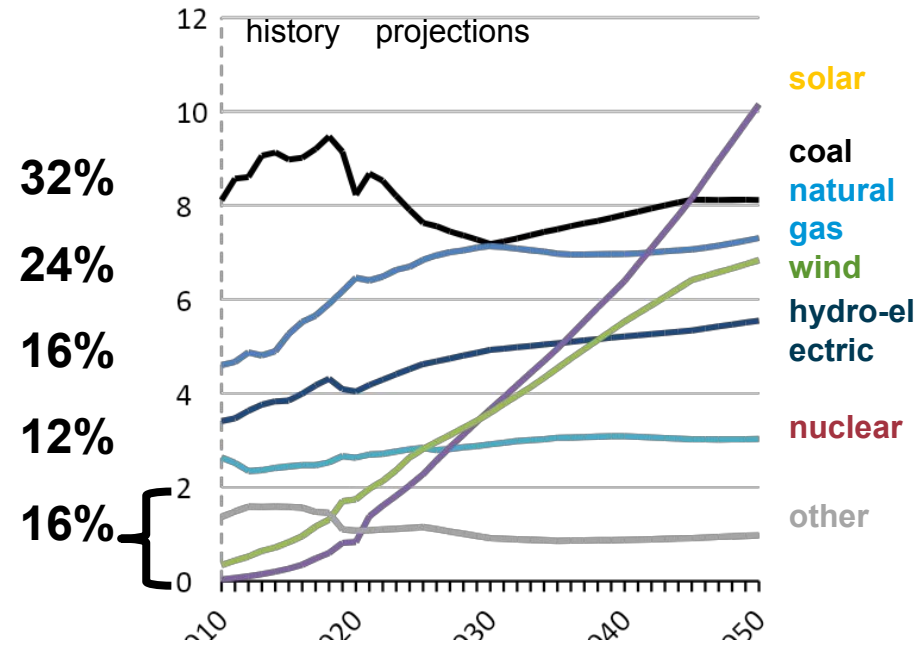
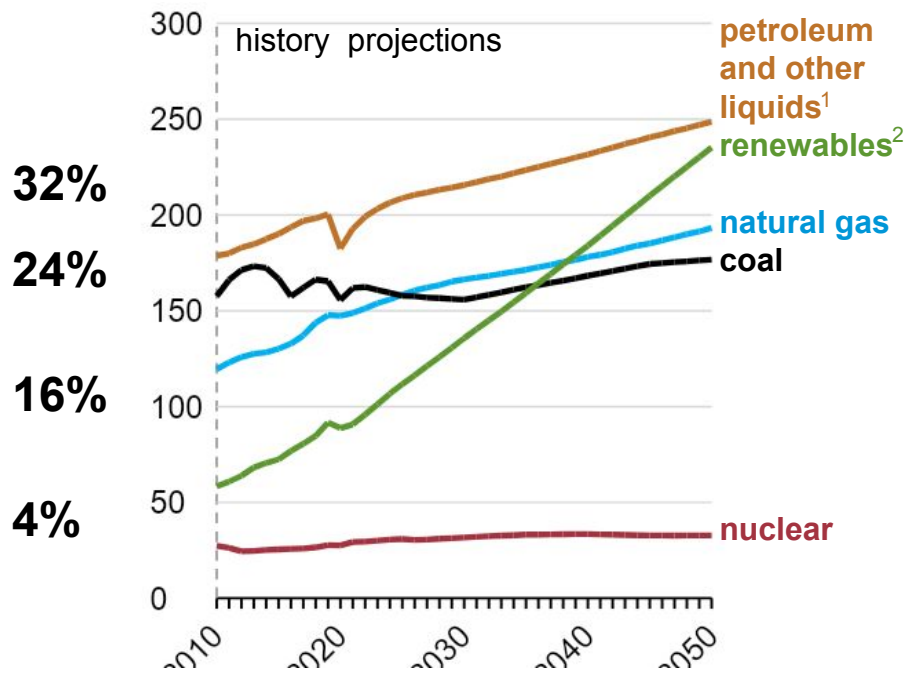


# Consumo di energia totale nel mondo

1 QBTU = 293 TWh

**Total energy (QBTU)**  
170.000 TWh = 580 QBTU

**Electric energy (25.000 TWh)**



<sup>1</sup> Includes biofuels

<sup>2</sup> Electricity generation from renewable sources is converted to Btu at a rate of 8,124 Btu/kWh

# Politica green europea

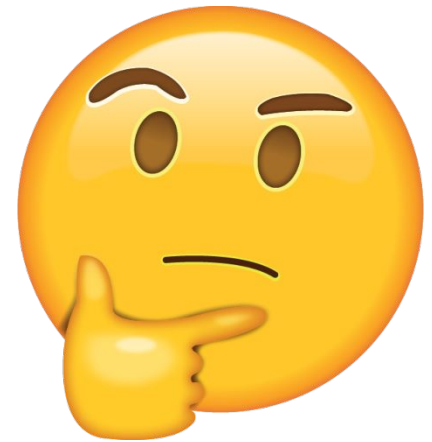
Legge Europea del Clima

Regolamento UE 2021/1119 del 29 Luglio 2021

- Ridurre del 55% le emissioni di CO2 rispetto a quelle del 1990 entro il 2030
- **Decarbonizzare entro il 2050**

# Politica green europea

- In Europa, dal 2035 tutte le auto nuove saranno elettriche ed entro il 2050 tutte le auto in circolazione saranno elettriche e il loro numero totale sarà la metà di quello attuale.
- **Risparmio di CO<sub>2</sub>:**  
**250 MTON CO<sub>2</sub>/anno**
- **Emissione mondiale attuale:**  
**37.000 MTON CO<sub>2</sub>/anno**



# E l'Italia? (PNIEC 2024)

Tabella 1. Potenza elettrica installata (GW, prime 4 righe) . Stato attuale e previsioni. Tra parentesi, per solare ed eolico, la potenza media effettiva immessa in rete.

	2024	2030	2050
solare	30.2 (4.2)	80 (11)	245 (34)
eolico	12.3 (2.4)	28 (5.6)	51 (10)
idroelettrico	21.7 (5)	19 (7)	19 (7)
biomassa	4	4	4
Fabbisogno elettrico TWh/anno	300	330	600?
Potenza media richiesta (GW)	34	38	68
km <sup>2</sup> per solare	900	2500	7000
Nr. pale eoliche da 3 GW	300	750	1300

- **Problema cruciale**: si può fare tutto solo con le rinnovabili (solare, eolico, idroelettrico e biomasse)?
- **Il PNIEC non è chiaro, sembra prevedere 20 GW di biomasse e/o gas con CC2 eventualmente anche un contributo nucleare di 8 GW**

Figura 10 - Traiettorie della quota FER complessiva [Fonte: RSE, GSE]

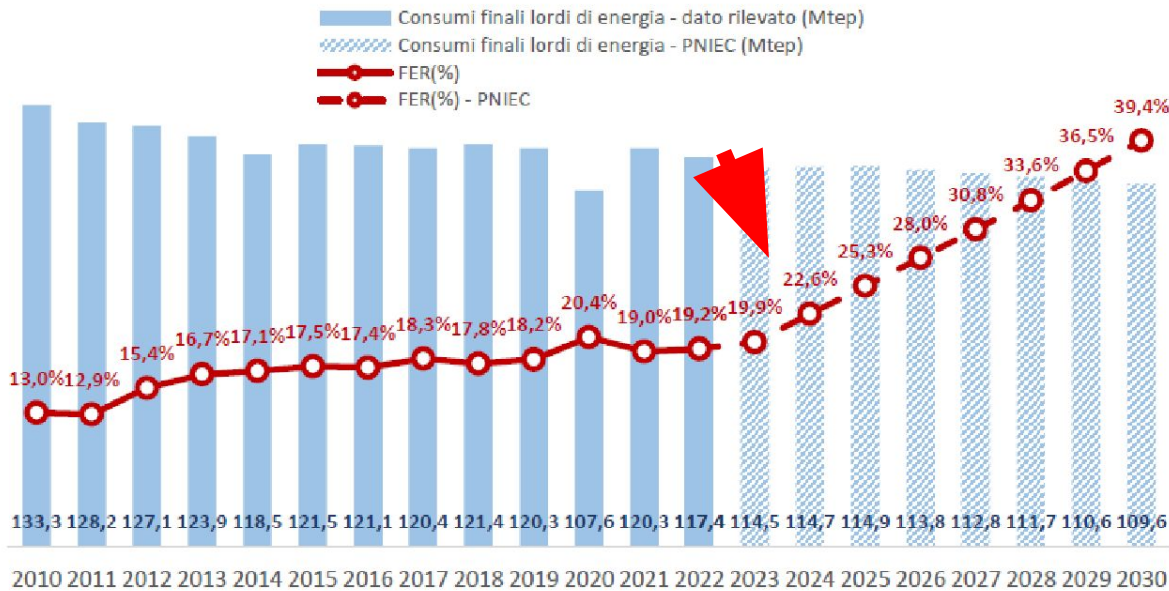
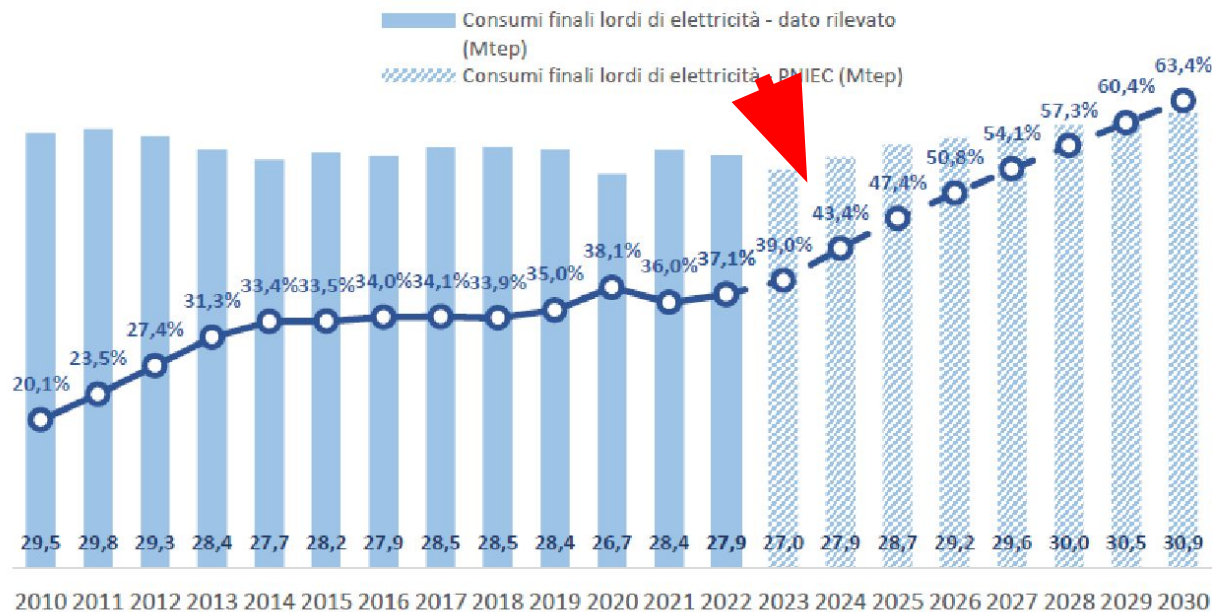


Figura 11 - Traiettorie della quota FER elettrica [Fonte: RSE, GSE]



# PNIEC 2024

Quota FER

**Consumi finali:**

2024 22.6%  
2030 39.4%

**Consumi elettrici:**

2024 43.4%  
2030 63.4%

# Consumi elettrici in Italia (TERNA)

Consumo Interno Lordo di energia elettrica per fonte in Italia (TWh)

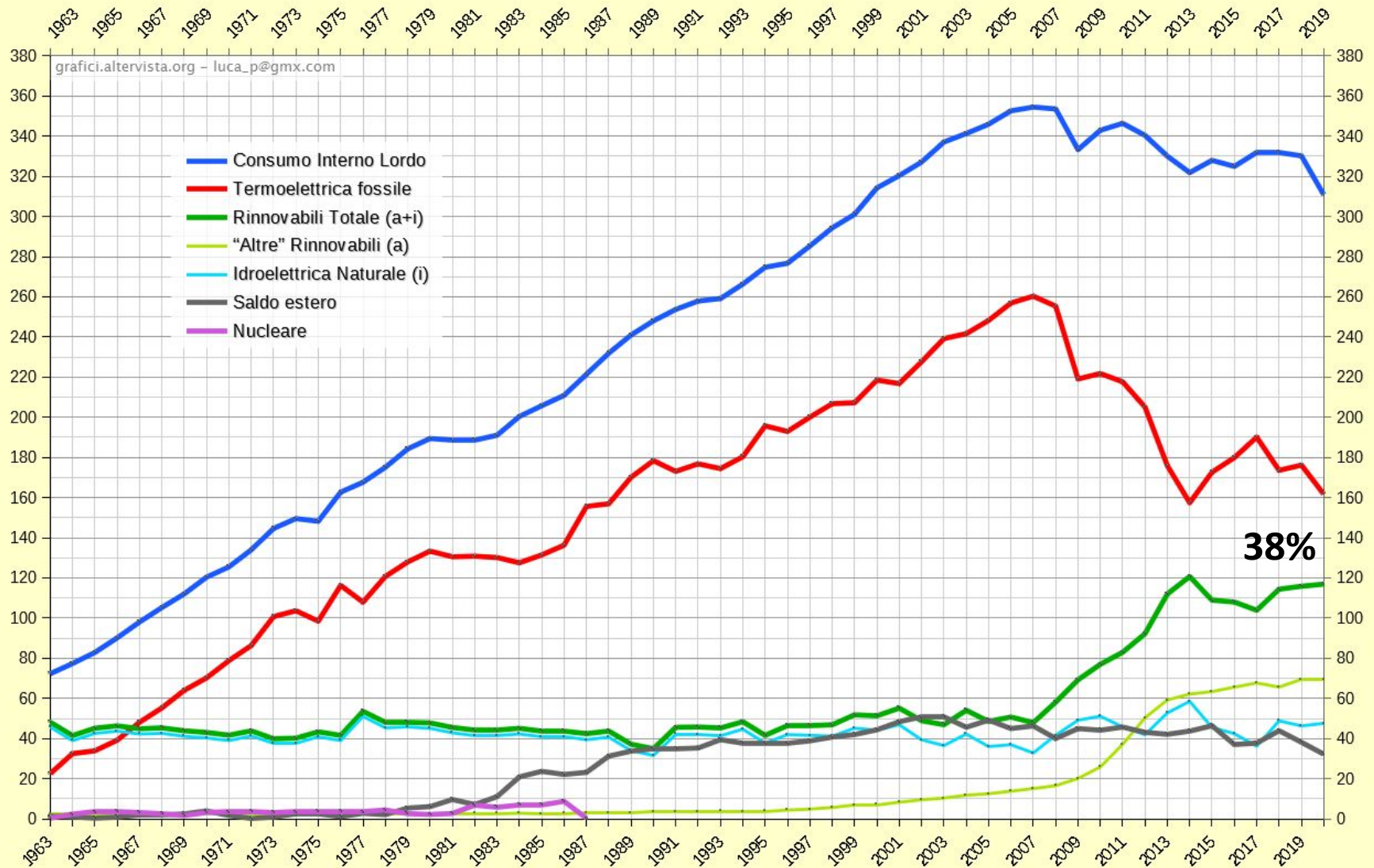
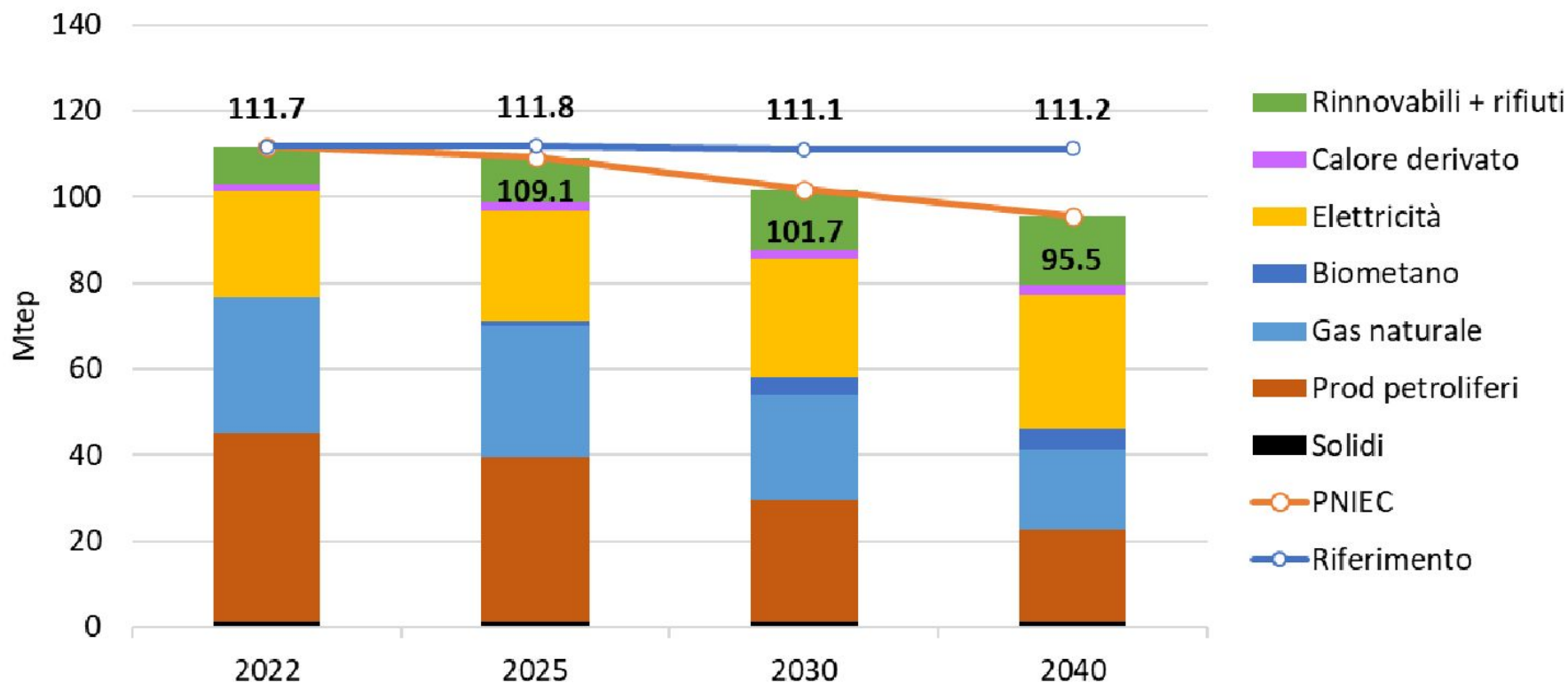




Figura 94 - Evoluzione dei consumi finali per fonte al 2040 [Fonte: RSE] PNIEC 2024  
In MTEP  
1MTEP = 11.6 TWh

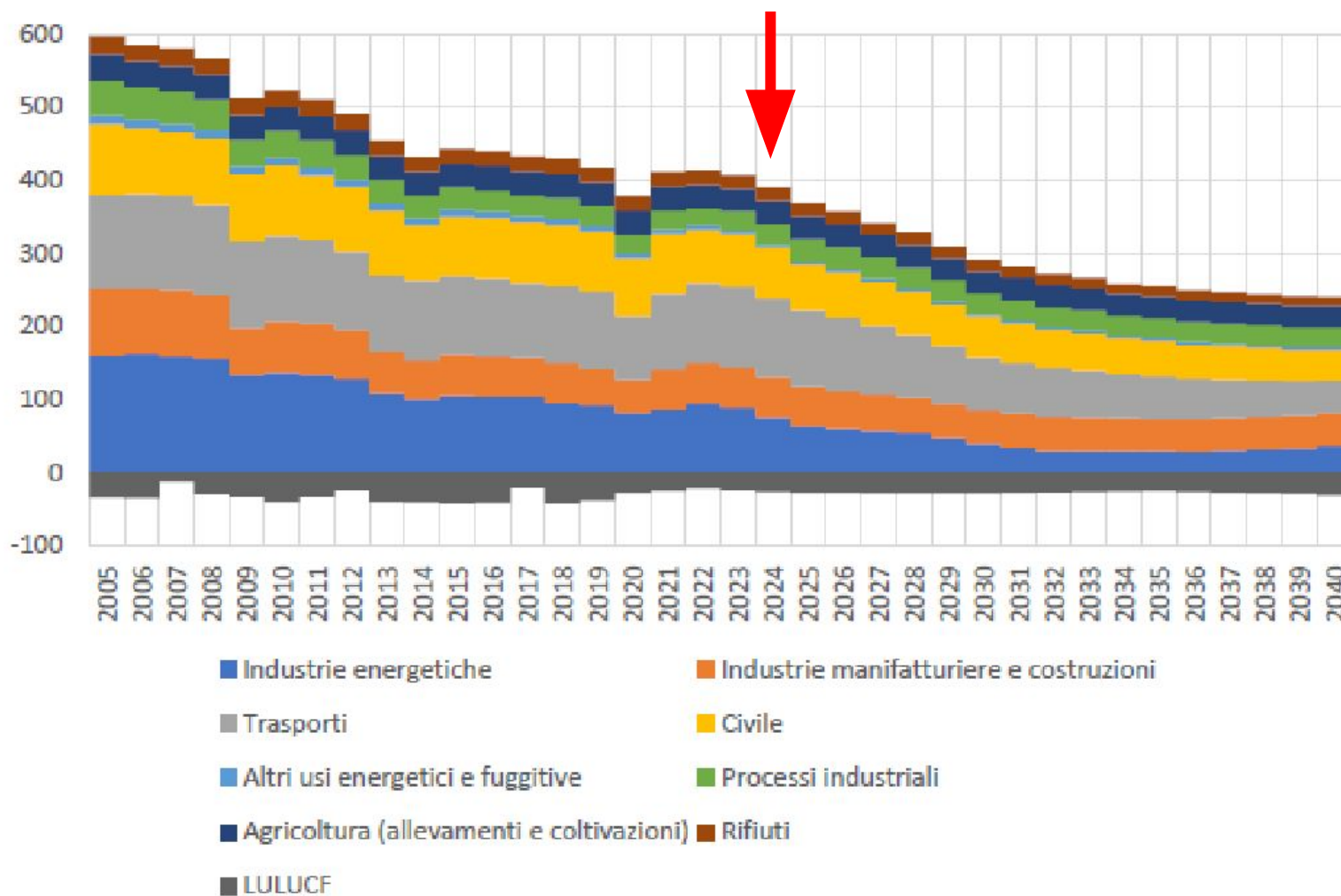
# Energia Totale



Nello scenario PNIEC si osserva quindi un incremento della generazione elettrica che consente l'elettificazione dei settori di uso finale: la produzione lorda ammonta infatti a **342 TWh nel 2030 e 406 TWh nel 2040** (corrispondenti rispettivamente a un incremento del 20% e 43% rispetto ai dati storici 2022). Parallelamente, cresce il contributo delle fonti rinnovabili nel settore della generazione, la cui quota incrementa dal 35% registrato nel 2022 al 69% nel 2030 e 75% nel 2040

# PNIEC 2024

Figura 96 - Emissioni di gas serra storiche fino al 2022 e secondo lo scenario a politiche aggiuntive disaggregate per settore (MtCO<sub>2</sub>eq) [Fonte: ISPRA]



# La transizione energetica

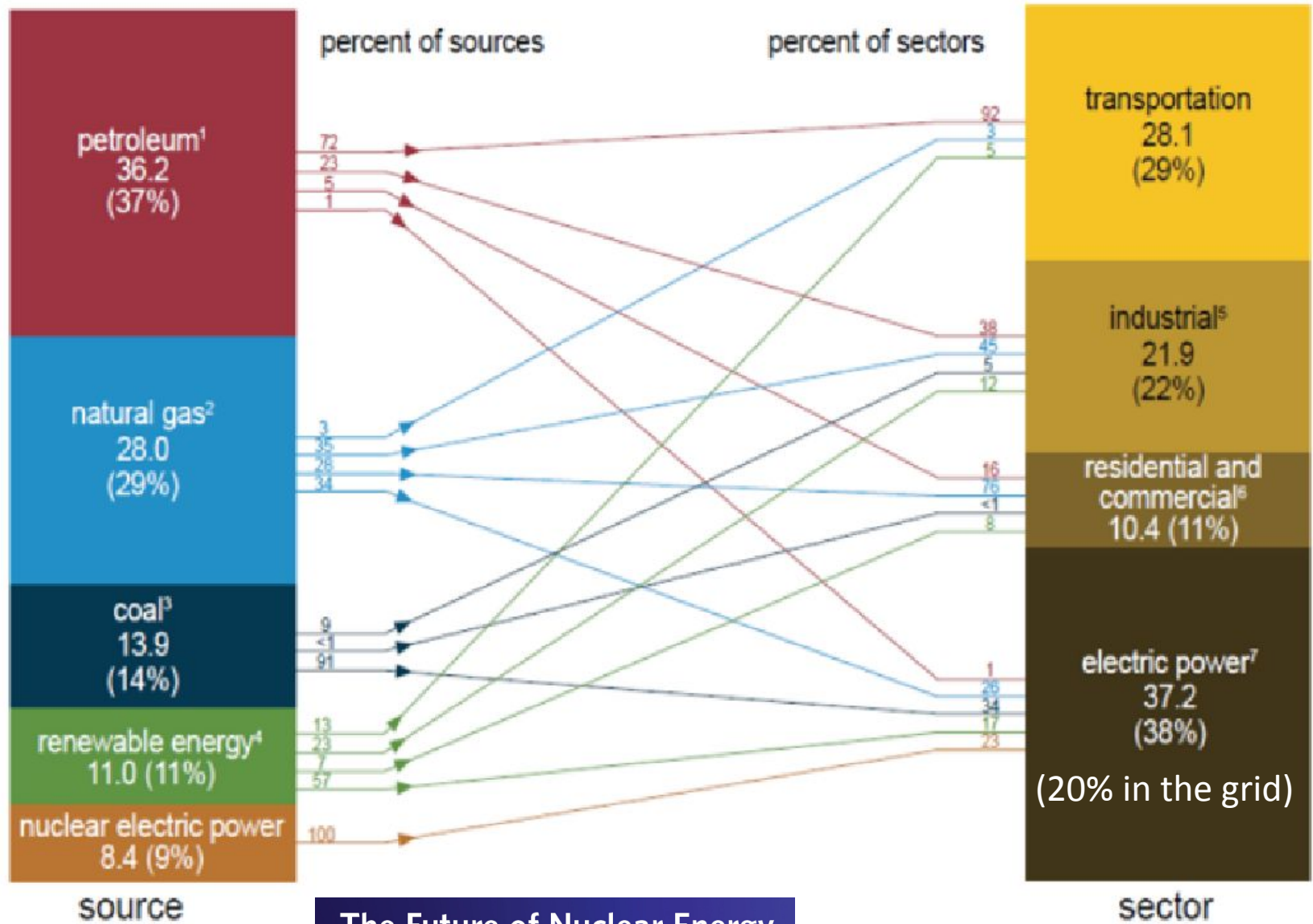
- **Incrementare i consumi elettrici e produrre elettricità con rinnovabili**
- **Privilegiare il gas (e nucleare?) durante la transizione**
- **Risparmio energetico**
- **Pompe di calore prevalentemente elettriche**
- **Auto elettrica (batterie e idrogeno)**
- **Idrogeno per: trasporti pesanti, aerei, mix col metano nei vecchi impianti calorici, stoccaggio di energia**
- **Smart Grid & energy storage**

In  
quanto  
tempo?

Lo scenario appare incerto e ricco di incognite.  
Occorre sempre ricordare che  
«L'energia più pericolosa è quella che manca»

**grazie per  
l'attenzione**

Figure F.3: 2014 primary U.S. energy consumption by source and sector



# Le alternative

Combustibili fossili : aumento  $CO_2$ , polveri sottili, fumi e inquinamento

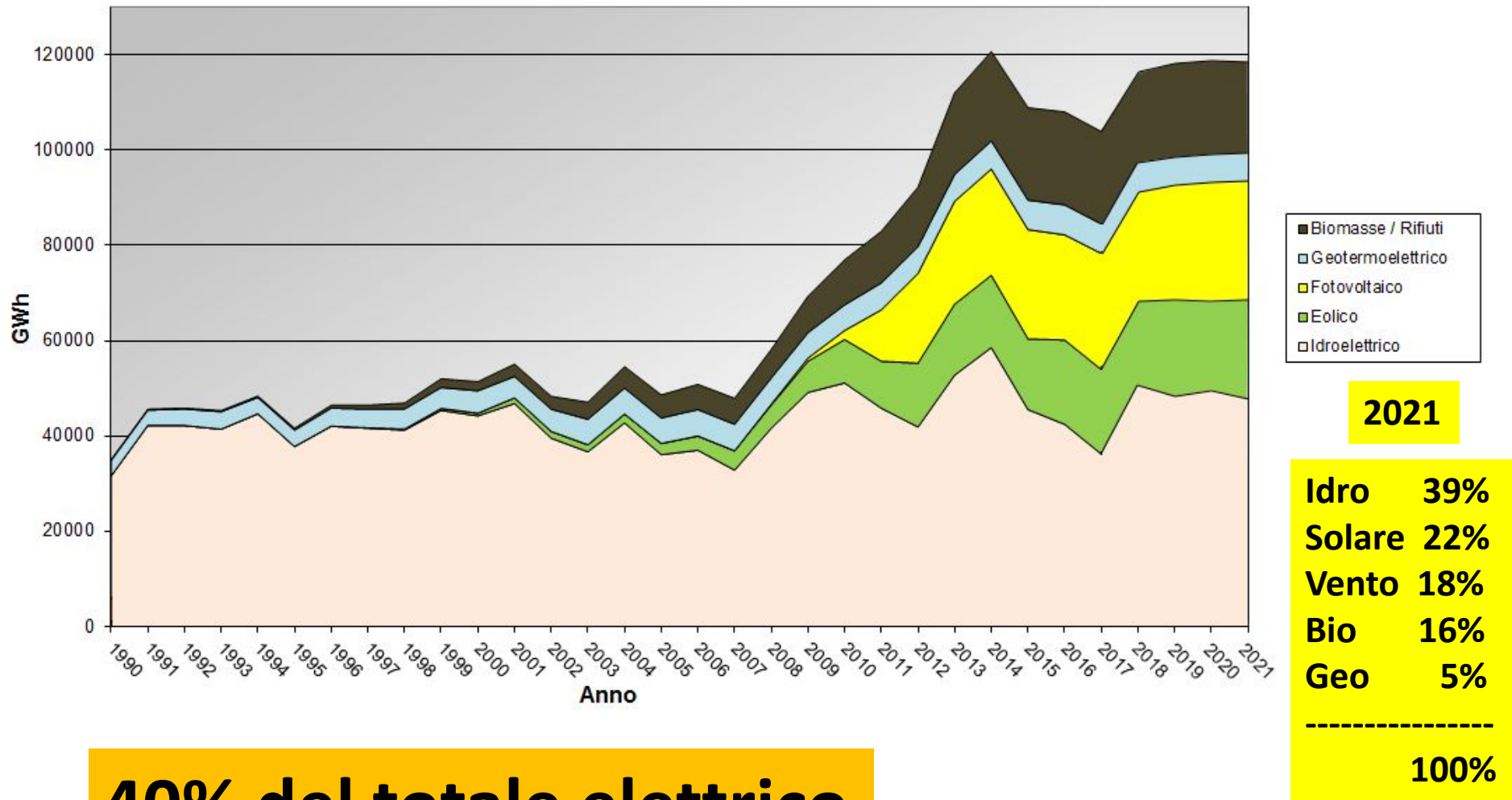
Nucleare: possibili ricadute radioattive  
in caso di incidente  
scorie e proliferazione nucleare

*rinnovabili*

Biomasse (legna biogas):  
polveri sottili, fumi e inquinamento

Carbon free: Sole, vento, idroelettrico, idrogeno?  
zero inquinamento?

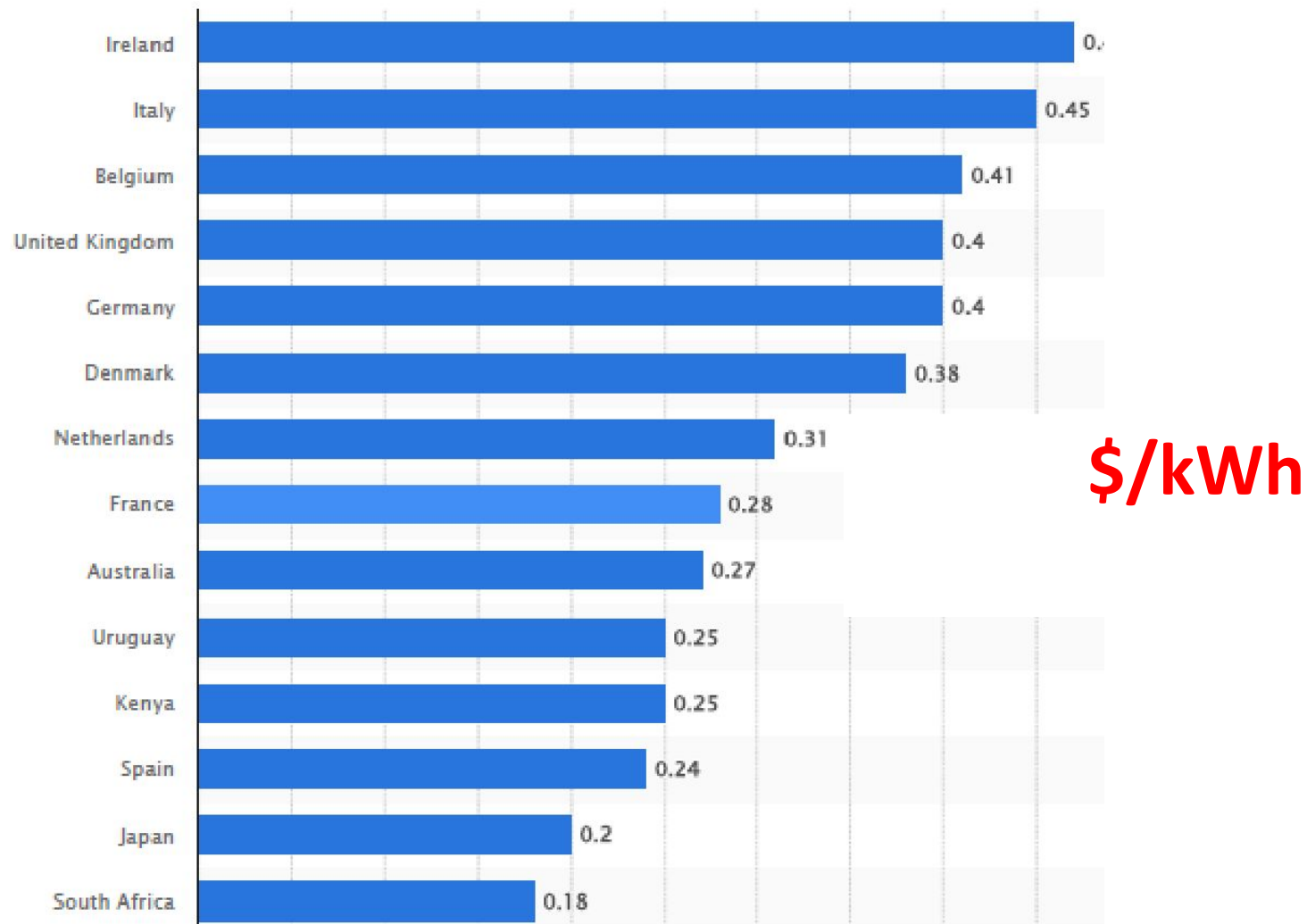
## Riepilogo Produzione Energia Fonti Rinnovabili - Italia



**40% del totale elettrico  
20% di tutta l'energia**

# Household electricity prices worldwide in December 2023, by select country (fnte STATISTA)

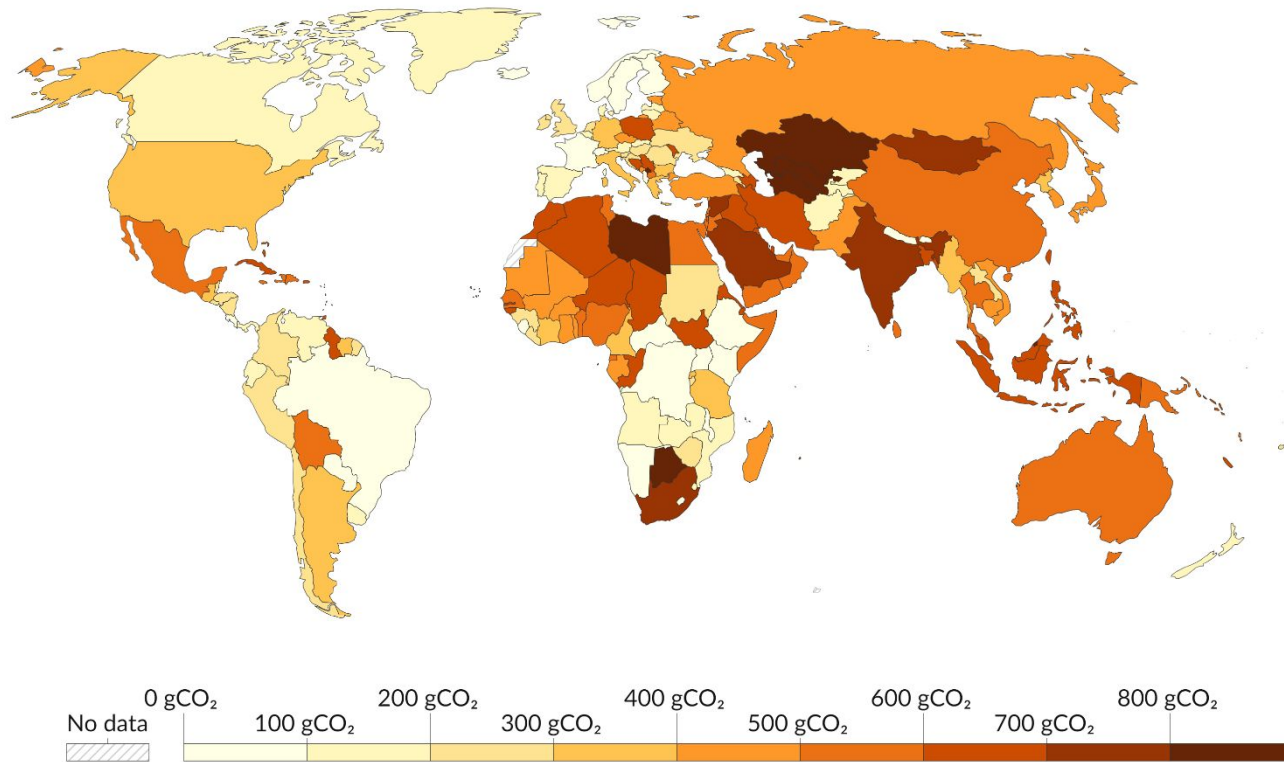
<https://www.statista.com/statistics/263492/electricity-prices-in-selected-countries/>





# Carbon intensity of electricity generation, 2023

Carbon intensity is measured in grams of carbon dioxide-equivalents<sup>1</sup> emitted per kilowatt-hour<sup>2</sup> of electricity generated.



Data source: Ember (2024); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024)

OurWorldInData.org/energy | CC BY

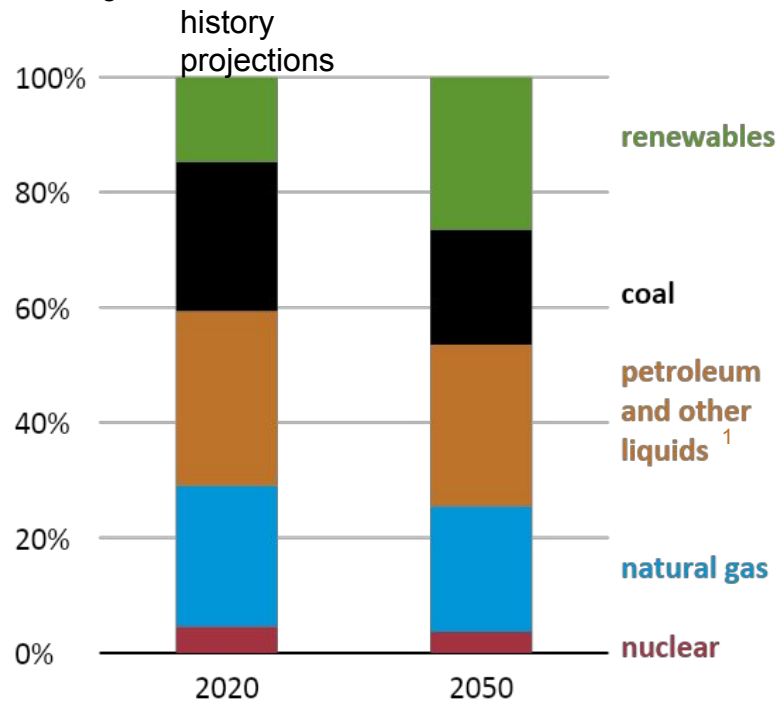
**1. Carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq):** Carbon dioxide is the most important greenhouse gas, but not the only one. To capture all greenhouse gas emissions, researchers express them in "carbon dioxide equivalents" (CO<sub>2</sub>eq). This takes all greenhouse gases into account, not just CO<sub>2</sub>. To express all greenhouse gases in carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq), each one is weighted by its global warming potential (GWP) value. GWP measures the amount of warming a gas creates compared to CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> is given a GWP value of one. If a gas had a GWP of 10 then one kilogram of that gas would generate ten times the warming effect as one kilogram of CO<sub>2</sub>. Carbon dioxide equivalents are calculated for each gas by multiplying the mass of emissions of a specific greenhouse gas by its GWP factor. This warming can be stated over different timescales. To calculate CO<sub>2</sub>eq over 100 years, we'd multiply each gas by its GWP over a 100-year timescale (GWP100). Total greenhouse gas emissions - measured in CO<sub>2</sub>eq - are then calculated by summing each gas' CO<sub>2</sub>eq value.

**2. Watt-hour:** A watt-hour is the energy delivered by one watt of power for one hour. Since one watt is equivalent to one joule per second, a watt-hour is equivalent to 3600 joules of energy. Metric prefixes are used for multiples of the unit, usually: - kilowatt-hours (kWh), or a thousand watt-hours. - Megawatt-hours (MWh), or a million watt-hours. - Gigawatt-hours (GWh), or a billion watt-hours. - Terawatt-hours (TWh), or a trillion watt-hours.

# IEO2021 Release, CSIS

## October 6, 2021

Share of primary energy consumption by source, world percentage

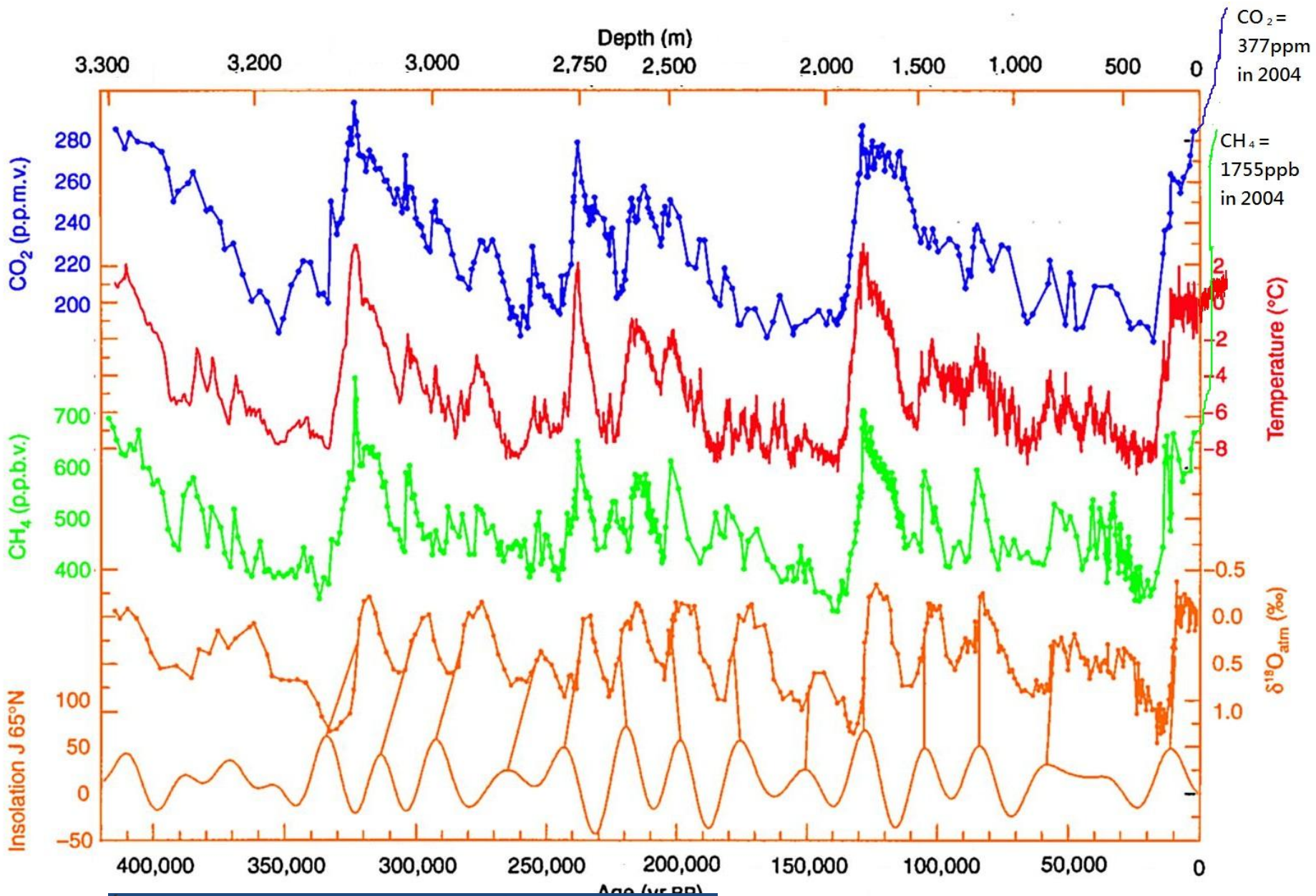


# E l'Italia? (PNIEC)

- nel **2050** l'Italia dovrà produrre almeno 600 TWh/anno di elettricità con meno di 60 gCO<sub>2</sub>/kWh (da 200 a 60 gCO<sub>2</sub>/kWh)
- Questo corrisponde a una potenza effettiva di 70 GW, con 350 GW /4000 km<sup>2</sup> di celle solari e 50 GW/20.000 turbine eoliche di 3 MW
- Ora abbiamo 30 GW di celle solari (320 km<sup>2</sup>) e 13 GW di turbine eoliche (7000 pale) e l'aumento è di circa 2-3GW/anno per entrambe. **Per stare al passo col programma EU dovremmo aumentare il ritmo di installazione rinnovabili di 5-6 volte**
- Inoltre, ci vogliono almeno altri 20 GW di impianti di stoccaggio di energia (ora abbiamo 7 GW poco utilizzati)
- **Problema cruciale**: si può fare tutto solo con le rinnovabili (solare, eolico, idroelettrico e biomasse)?
- **Il PNIEC prevede 20 GW di biomasse e/o gas con CC2 eventualmente anche un contributo nucleare di 8 GW**

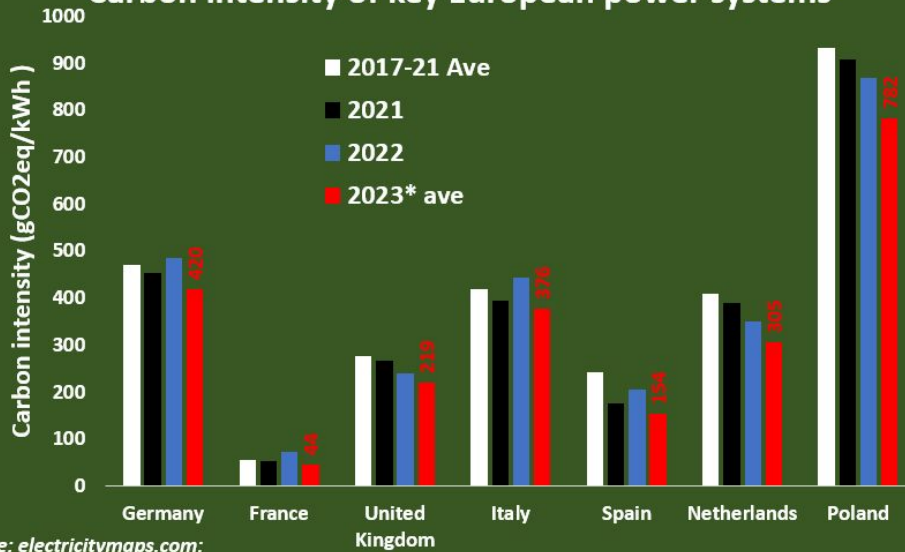
# PNIEC 2024

- l'Italia dovrà raggiungere al 2030 una potenza da fonte rinnovabile di 131 Gigawatt. Ottanta (79.2) di questi deriveranno dal solare (8 GW/anno), 28.1 dall'eolico (3 GW/anno), 19.4 dall'idrico, 3.2 dalle bioenergie e 1 Gigawatt da fonte geotermica
- **Per quanto riguarda i gas serra, l'Italia prevede di superare l'obiettivo del "FitFor55" riguardante gli impianti industriali vincolati dalla normativa ETS, arrivando al -66% rispetto ai livelli del 2005 (obiettivo UE, -62%).**
- Anche nei settori "non-ETS" (civile, trasporti e agricoltura) si registra un sostanziale miglioramento degli indicatori emissivi e per raggiungere i target europei ad oggi ancora troppo sfidanti sarà necessario approfondire ulteriori energie.
- **Il PNIEC prevede di avere una quota di produzione nucleare, in sinergia e a supporto delle rinnovabili e delle altre forme di produzione di energia a basse emissioni.**
- Secondo le ipotesi di scenario sviluppate, il nucleare potrebbe fornire al 2050 circa l'11% dell'energia elettrica totale richiesta - con una possibile proiezione verso il 22%.



# Europe's largest economies have all cut the carbon intensity of electricity production

## Carbon intensity of key European power systems



Source: [electricitymaps.com](http://electricitymaps.com);  
2023\* = average for Jan-Nov 2023

## Change in carbon intensity (vs 2022 and vs 2017-21 average)

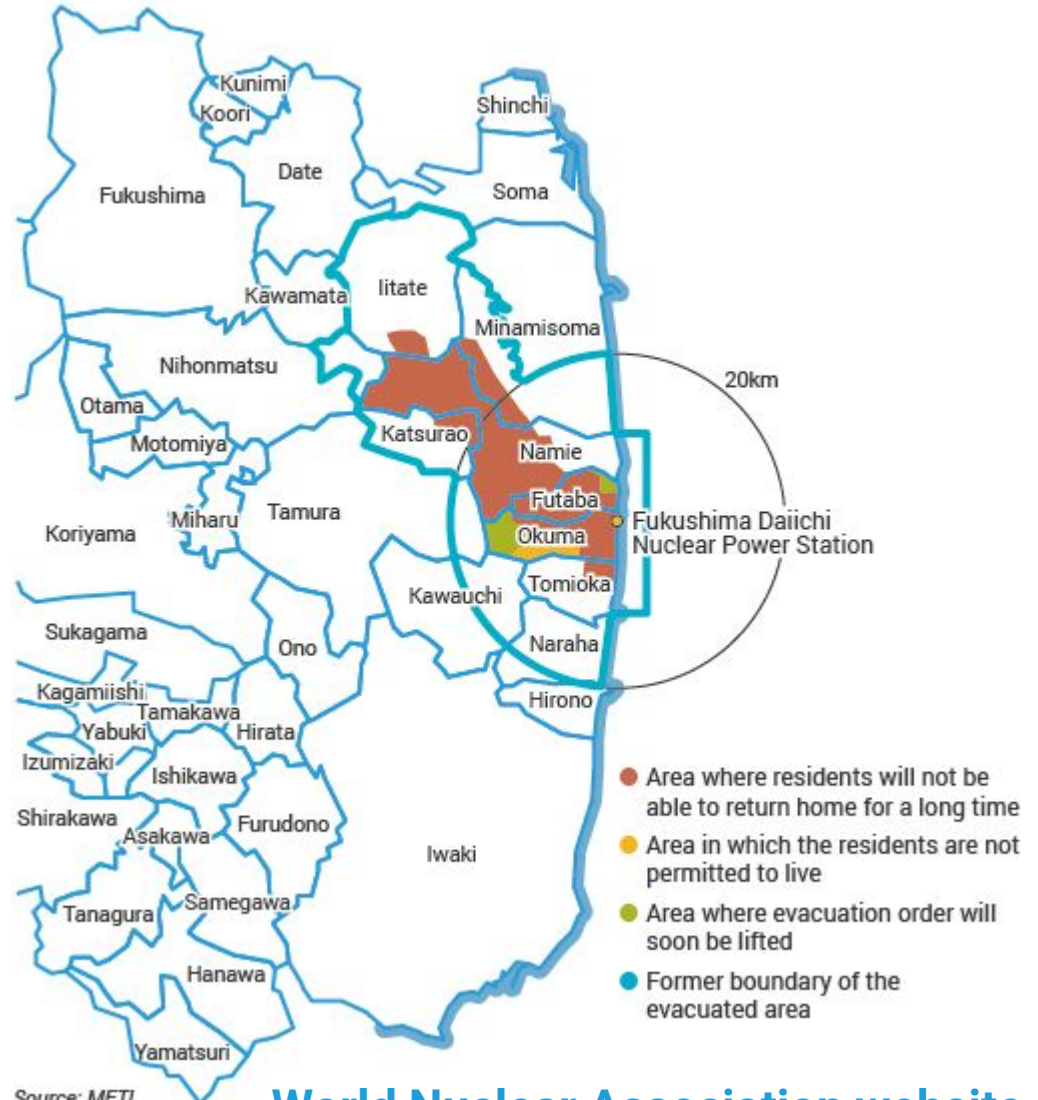


# Fukushima 2011-2021

**Marzo 2021:** The no-go zone now occupies approximately 337 square kilometers, or 30 percent of what it was at its maximum but is still equivalent to more than half the area covered by central Tokyo's 23 wards.

Areas in seven municipalities, including Futaba and Okuma, remain designated as no-go zones due to high radiation levels. There are no estimates as to

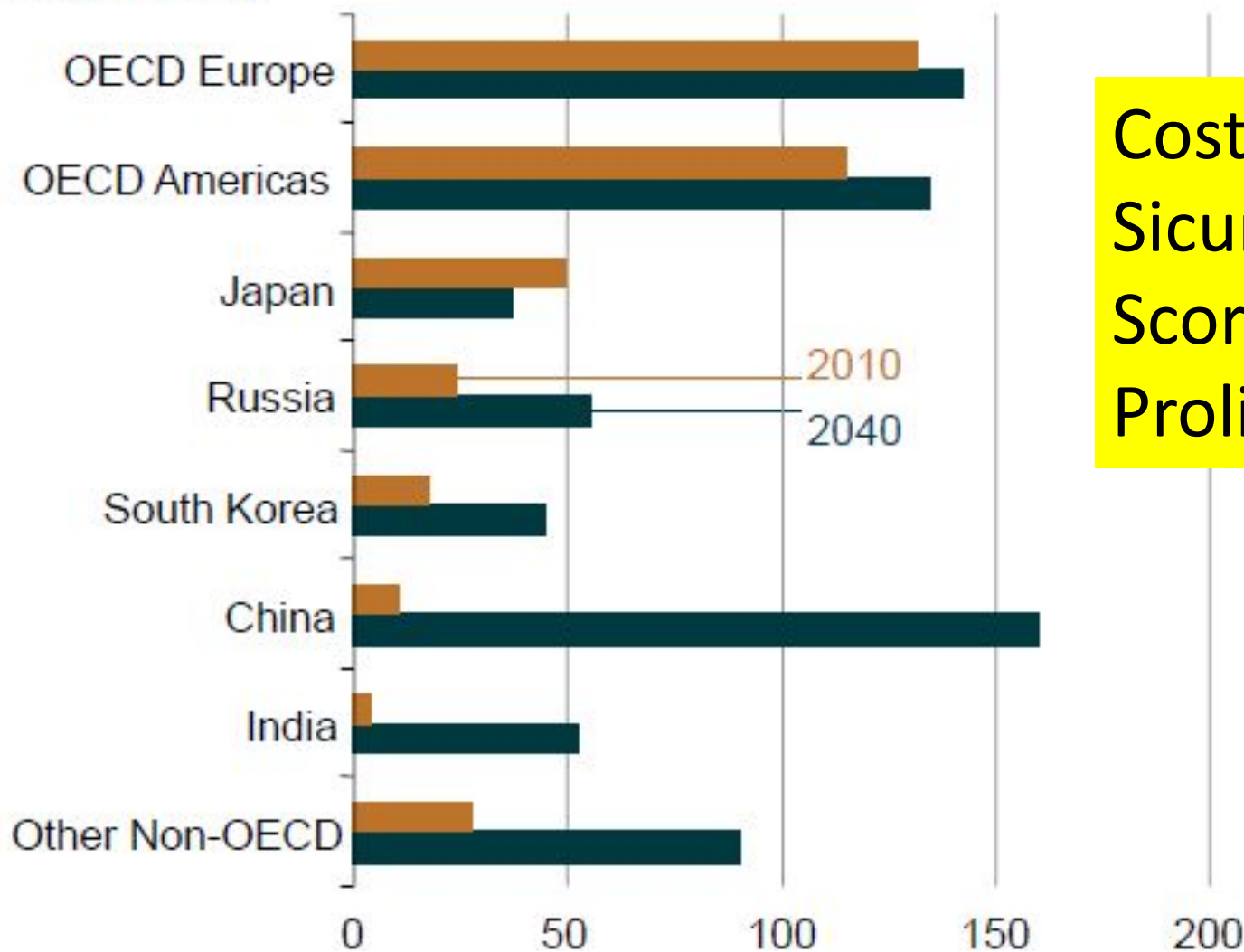
State of Reconstruction of Fukushima Prefecture



Source: METI

[World Nuclear Association website](#)<sup>9</sup>

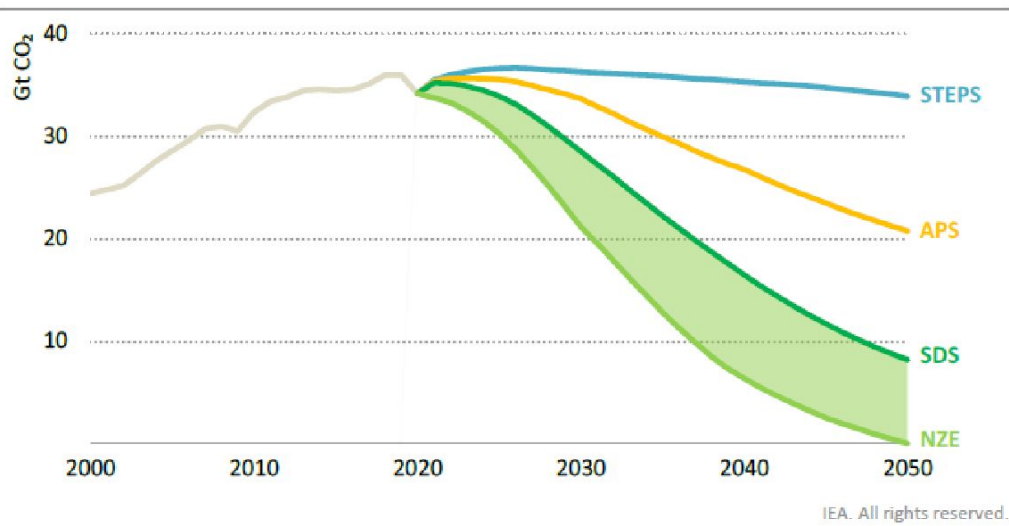
**Figure 7. World operating nuclear power generation capacity by country grouping, 2010 and 2040 (gigawatts)**



Costi  
Sicurezza  
Scorie  
Proliferazione



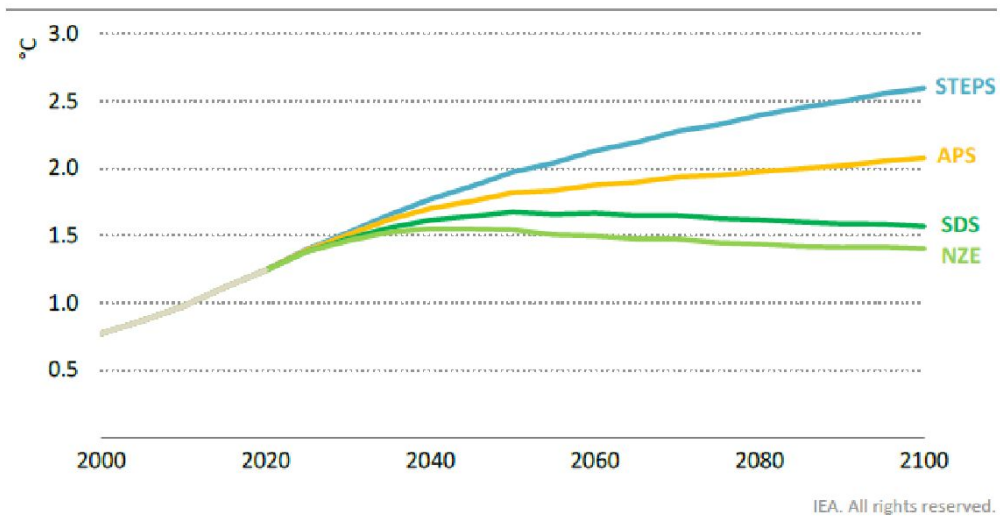
**Figure 1.4** ▶ CO<sub>2</sub> emissions in the WEO-2021 scenarios over time



IEA. All rights reserved.

*The APS pushes emissions down, but not until after 2030; the SDS goes further and faster to be aligned with the Paris Agreement; the NZE delivers net zero emissions by 2050*

**Figure 1.5** ▶ Global median surface temperature rise over time in the WEO-2021 scenarios



IEA. All rights reserved.

*The temperature rise is 2.6 °C in the STEPS and 2.1 °C in the APS in 2100 and continues to increase. It peaks at 1.7 °C in the SDS and 1.5 °C in the NZE around 2050 and then declines*

**STEPS: StatEd Policies Scenario:**  
proiezione della situazione attuale

**APS: Announced Pledges Scenario:**  
promesse fatte a Glasgow e alla COP21

**NZE-SDS: Net Zero Emissions-Sust. Development Scenario**  
obiettivi della conferenza di Parigi

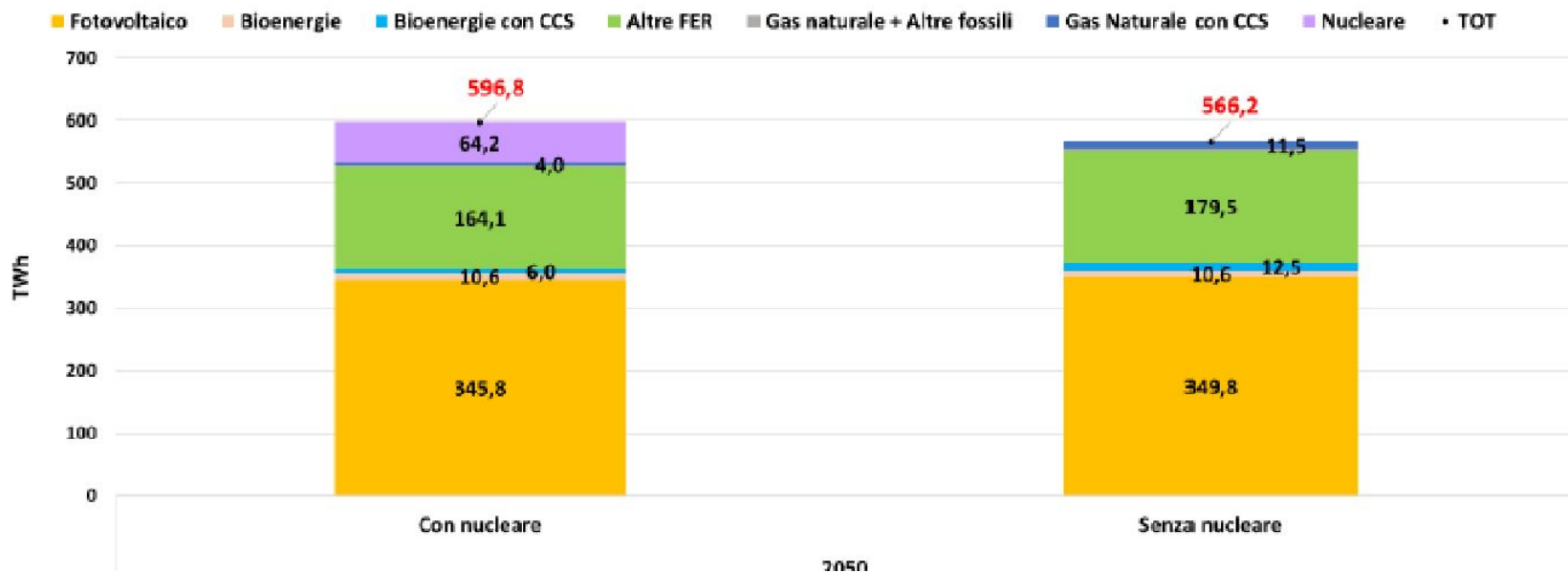
NZE: scenario IPCC SSP1-1.9

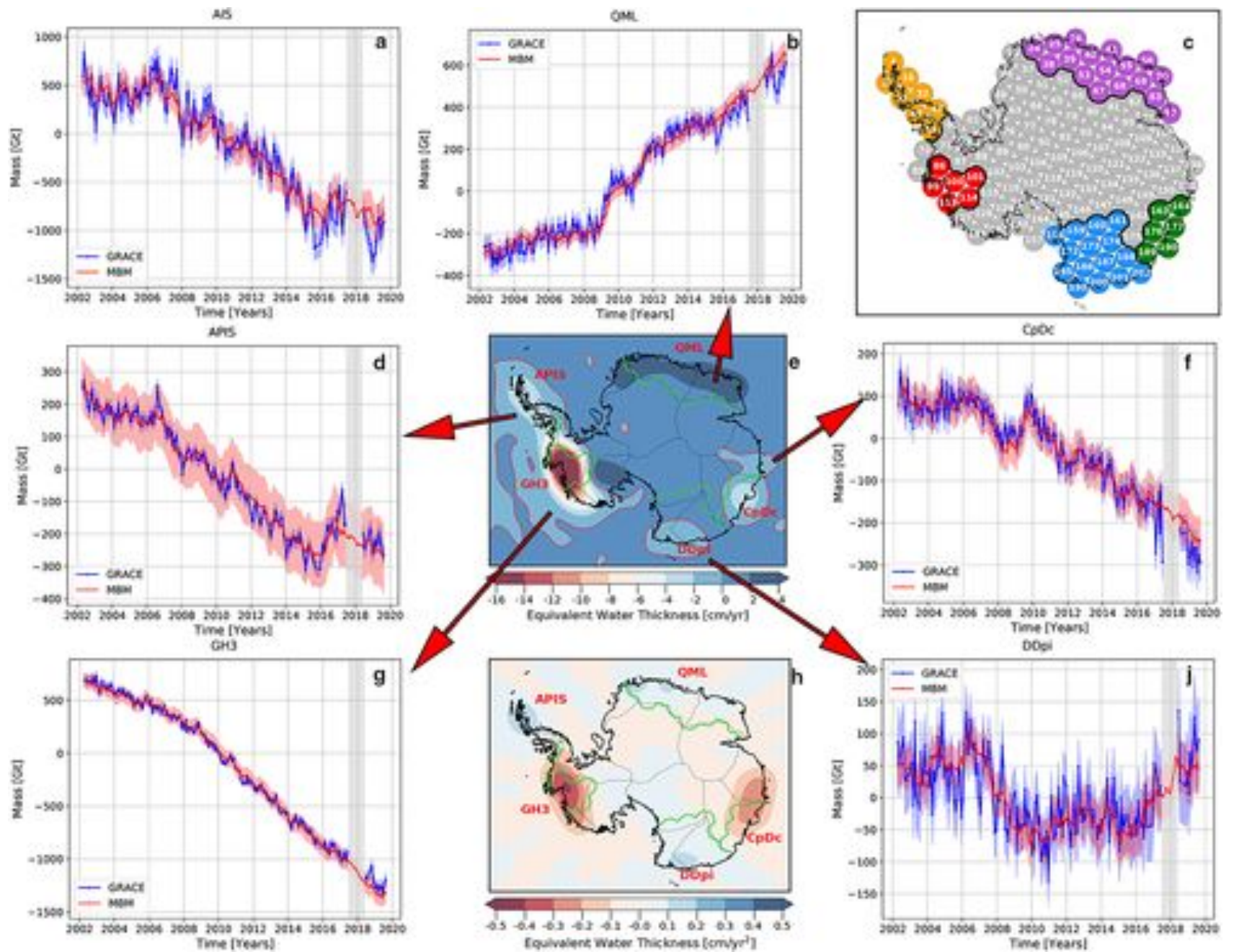
Temperature differences relative to the average global surface temperature of the period 1850–1900 are reported in °C.

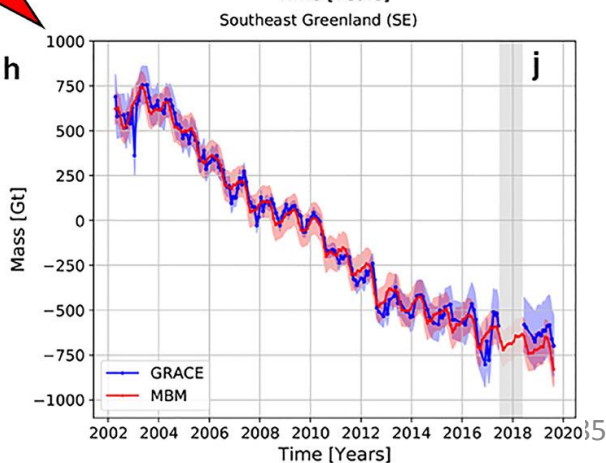
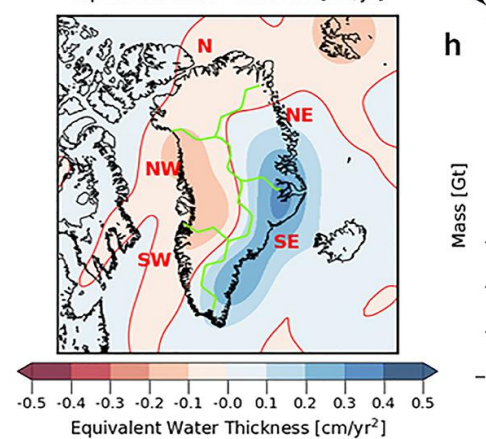
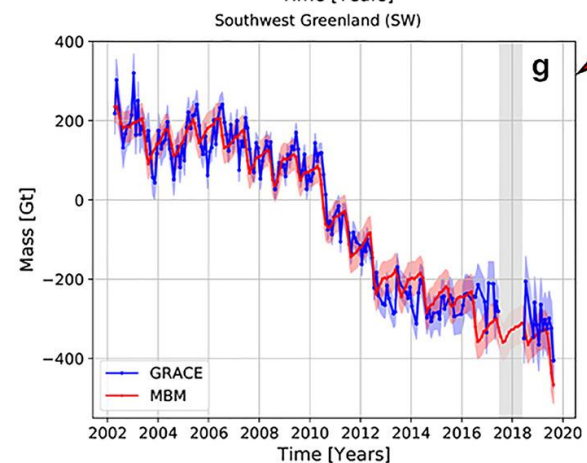
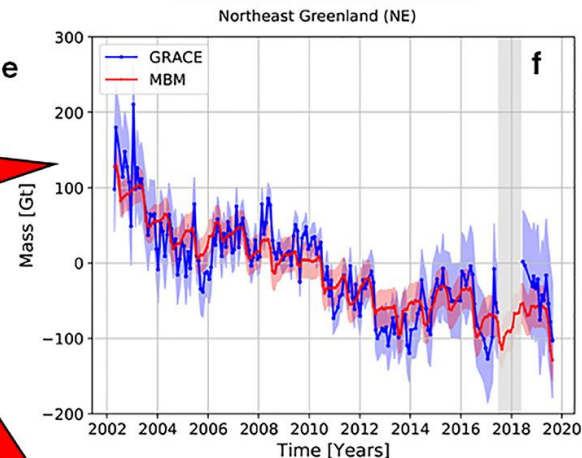
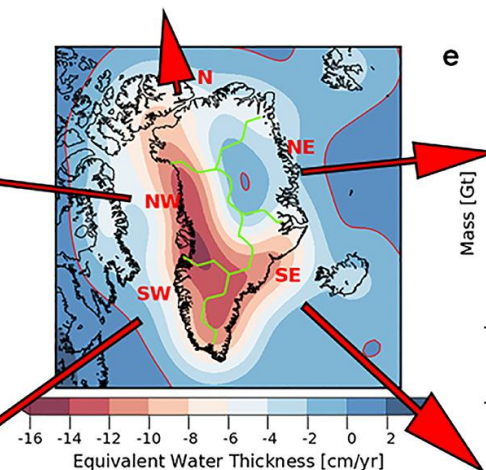
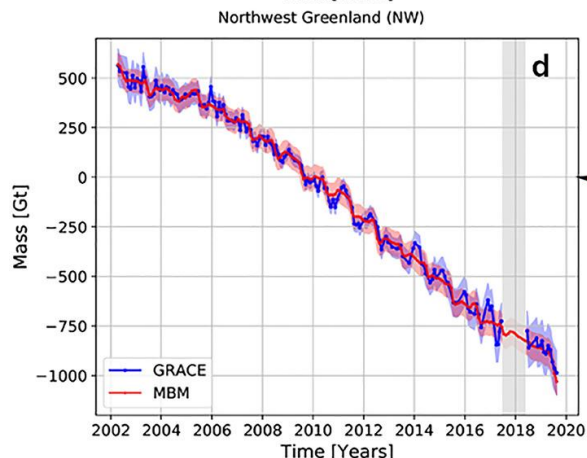
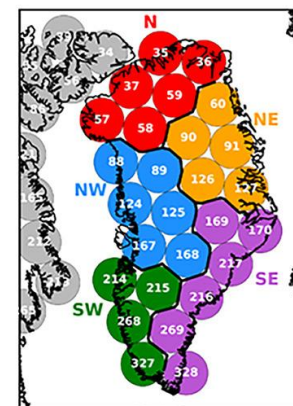
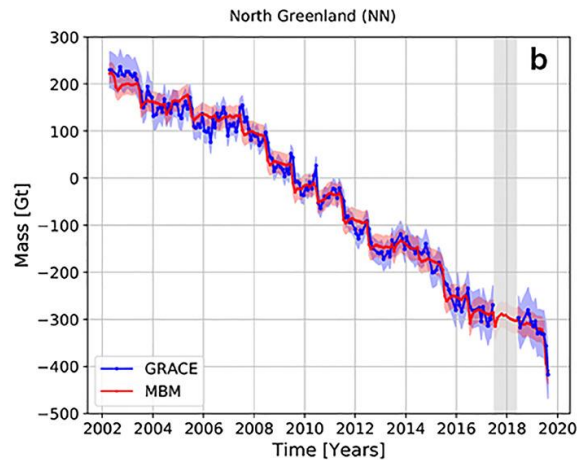
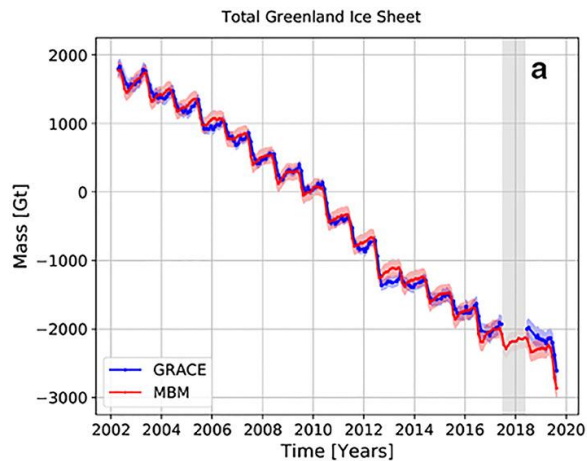
Changes relative to the recent reference period 1995–2014 may be calculated approximately by subtracting 0.85°C, the best estimate of the observed warming from 1850–1900 to 1995–2014.

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	<i>Very likely</i> range (°C)	Best estimate (°C)	<i>Very likely</i> range (°C)	Best estimate (°C)	<i>Very likely</i> range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

Figura 8 – Produzione nazionale di energia elettrica al 2050 negli scenari con e senza nucleare.









# Consumi elettrici Italia 300 TWh (2018)



• <b>Tipologia</b>	<b>TWh</b>	<b>%</b>
• Industria	126	41
• Terziario	106	35
• Domestico	65	22
• Agricoltura	7	2
• <b>TOTALE</b>	<b>304</b>	<b>100</b>

# Biogas dall'agricoltura: un caso pavese

1 ettaro produce 25 t/ha of prodotto secco che dà circa 580 m<sup>3</sup> of biogas/t, che dà 2.1 kWhe per m<sup>3</sup>.

(sorgente: "coldiretti" e progetti presentati all'assessorato ambiente prov. di Pavia")

Quindi 1 ettaro dà  $580 \times 25 \times 2.1 = 30.450$  kWhe che, divisi per 8500 h, danno una potenza in rete di 3.6 kWe.

1 ettaro di Fotovoltaico produce 150 kWe, 40 volte di più

In Italia la potenza di picco è 55.000.000 kWe

Quindi  $55.000.000 / 3.6 = 15$  milioni di ettari,

In Italia il suolo coltivabile è 13 milioni di ettari

**Il biogas dall'agricoltura per produrre energia elettrica consumerebbe più di tutto il suolo coltivabile**



# Fotovoltaico: dove?

**1m<sup>2</sup>**

**150 W** pianura padana

**195 W** centro-sud

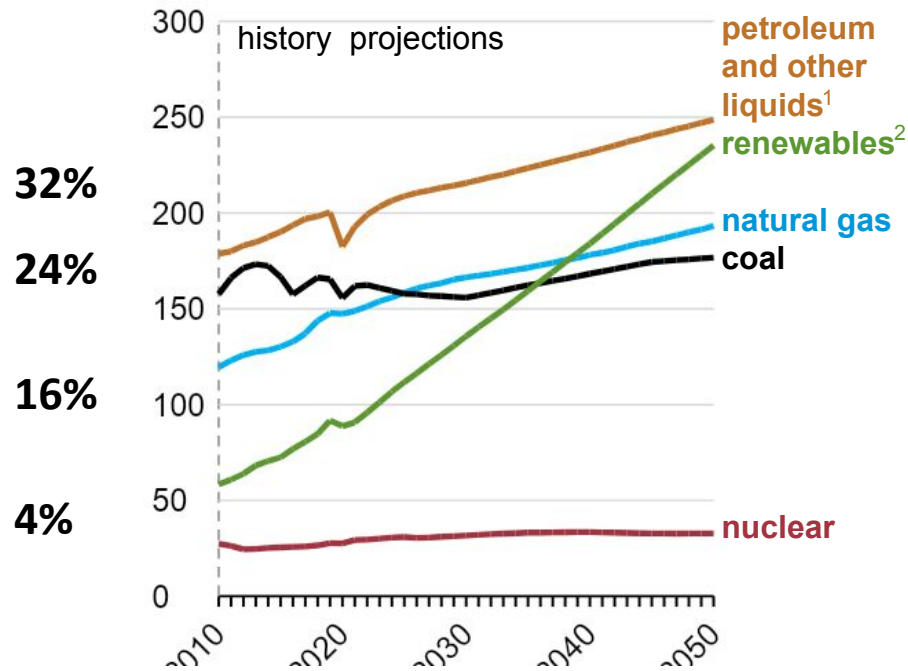
**230 W** Sicilia

**> 250 W** Sahara

# Liquid fuels remain the largest source of primary energy in the Reference case, but renewables use grows to nearly the same level

**Primary energy consumption by energy source, world**

quadrillion British thermal units

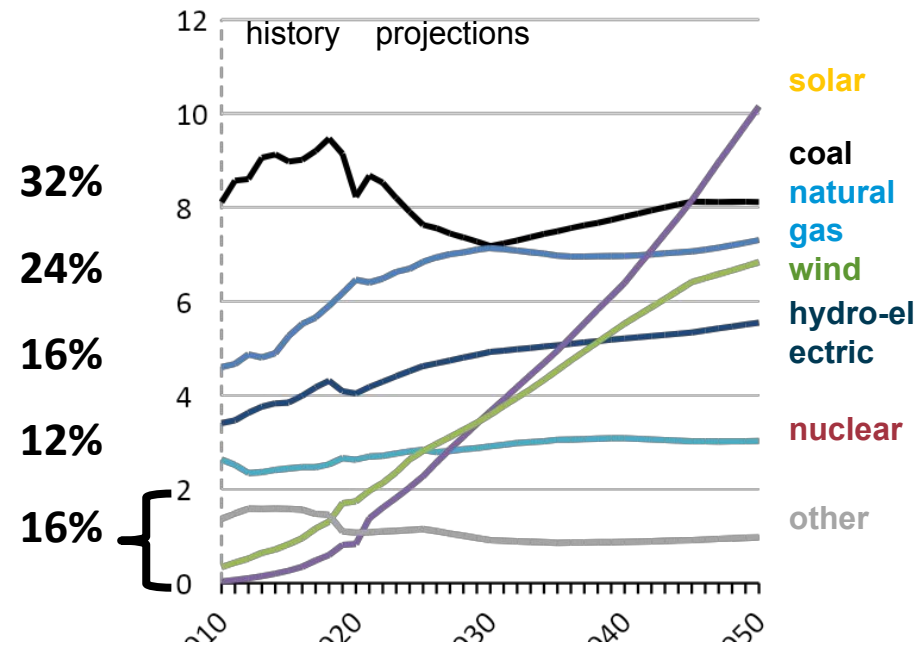


<sup>1</sup> Includes biofuels

<sup>2</sup> Electricity generation from renewable sources is converted to Btu at a rate of 8,124 Btu/kWh

**World net electricity generation by source**

trillion kilowatthours

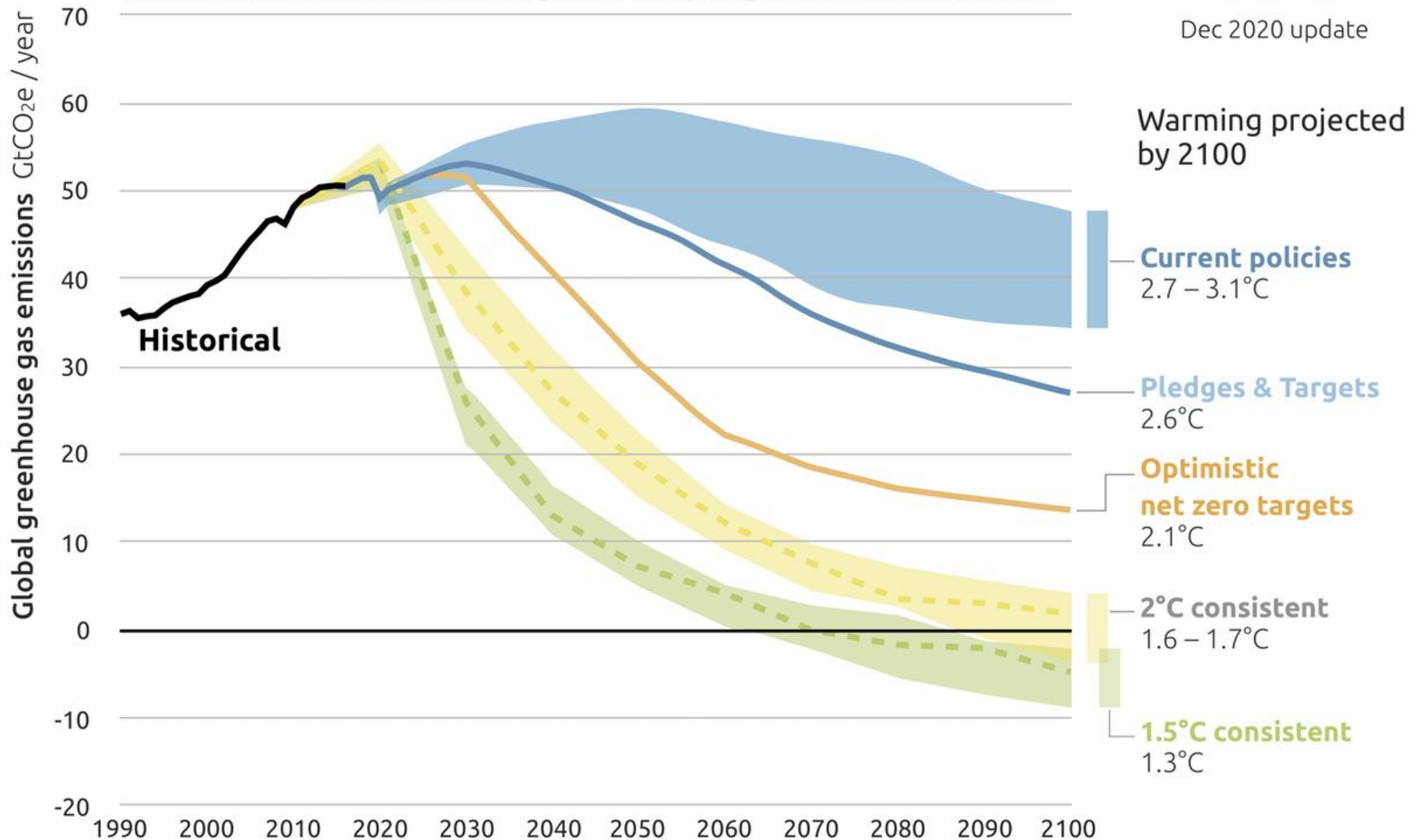


# 2100 WARMING PROJECTIONS

Emissions and expected warming based on pledges and current policies

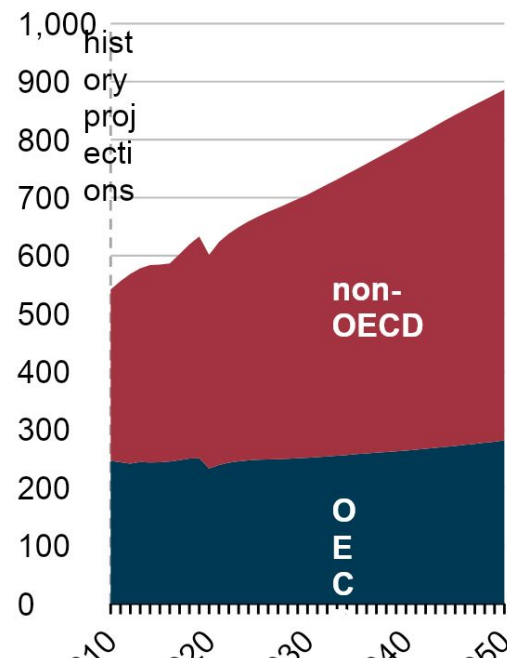


Dec 2020 update

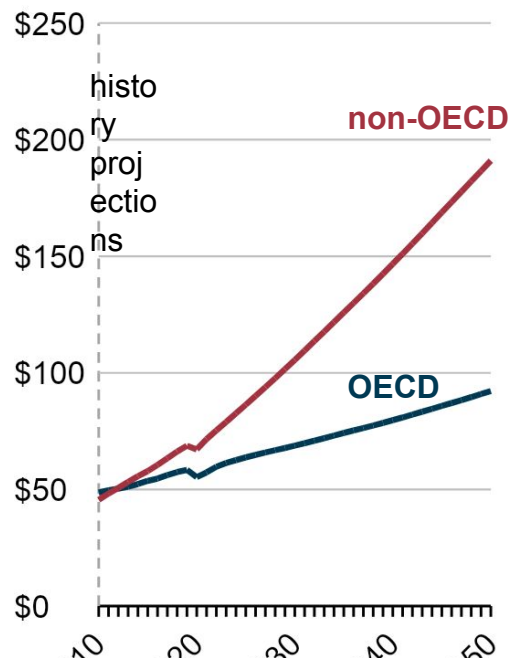


By 2050, global energy use increases nearly 50%, driven by non-OECD economic growth and population

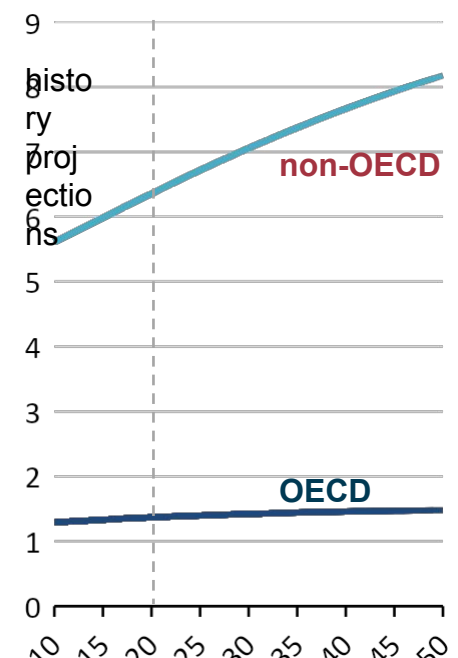
**World energy consumption**  
quadrillion British thermal units



**World gross domestic product (GDP)**  
trillion 2015 dollars, purchasing power parity (PPP)

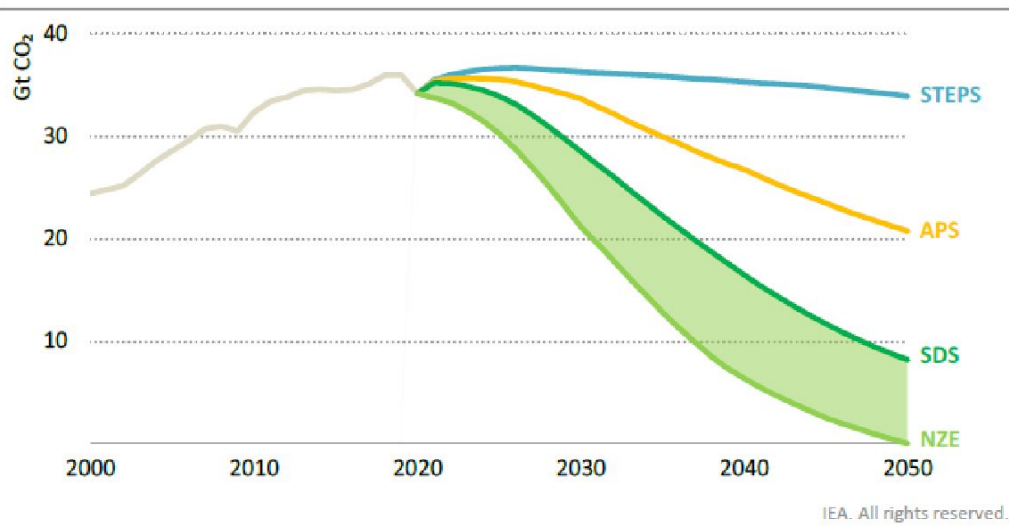


**Population**  
billion people



**OECD: (OCSE) Tutti i paesi industrializzati**  
**Tranne CINA, INDIA, BRASILE..... I paesi non OCSE raddoppieranno i consumi nei prossimi 30 anni Tasso medio di sviluppo 2.5%**

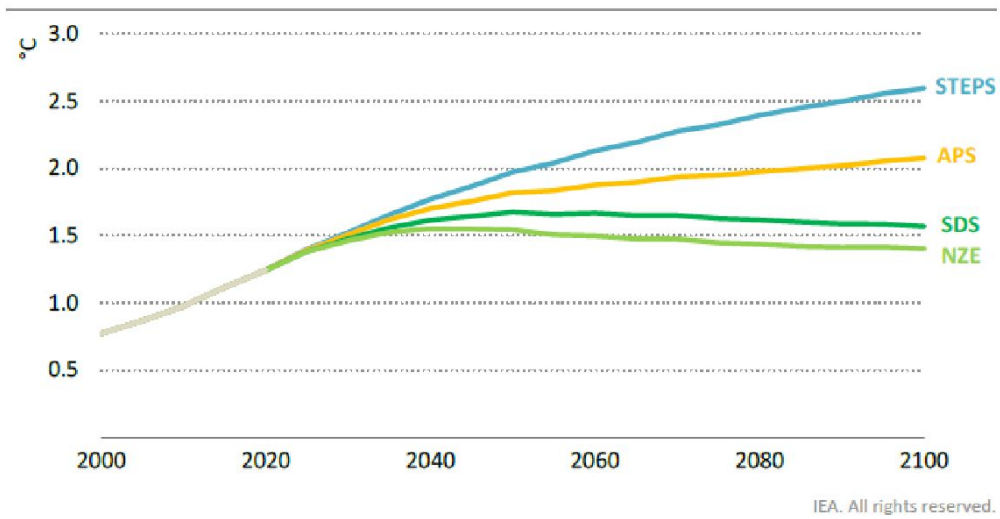
**Figure 1.4** ▶ CO<sub>2</sub> emissions in the WEO-2021 scenarios over time



IEA. All rights reserved.

*The APS pushes emissions down, but not until after 2030; the SDS goes further and faster to be aligned with the Paris Agreement; the NZE delivers net zero emissions by 2050*

**Figure 1.5** ▶ Global median surface temperature rise over time in the WEO-2021 scenarios



IEA. All rights reserved.

*The temperature rise is 2.6 °C in the STEPS and 2.1 °C in the APS in 2100 and continues to increase. It peaks at 1.7 °C in the SDS and 1.5 °C in the NZE around 2050 and then declines*

**STEPS: StatEd Policies Scenario:**  
proiezione della situazione attuale

**APS: Announced Pledges Scenario:**  
promesse fatte a Glasgow e alla COP21

**NZE-SDS: Net Zero Emissions-Sust. Development Scenario**  
obiettivi della conferenza di Parigi

Se vado in auto termica per 1 ora a metà potenza (35 kW)  
consumo 35 kWh (9 kWh per la trazione), cioè  
90g x 35 = 3150 g di petrolio (benzina)  
Circa 3.5 litri di benzina (1/20 litro al km, rendimento 20%)  
540 g di idrogeno in fuel cell (rendimento 50%)  
oppure 50-70 kg di batterie al litio (1 kg al km, rendimento 95%)  
oppure 230 kg di batterie al Piombo

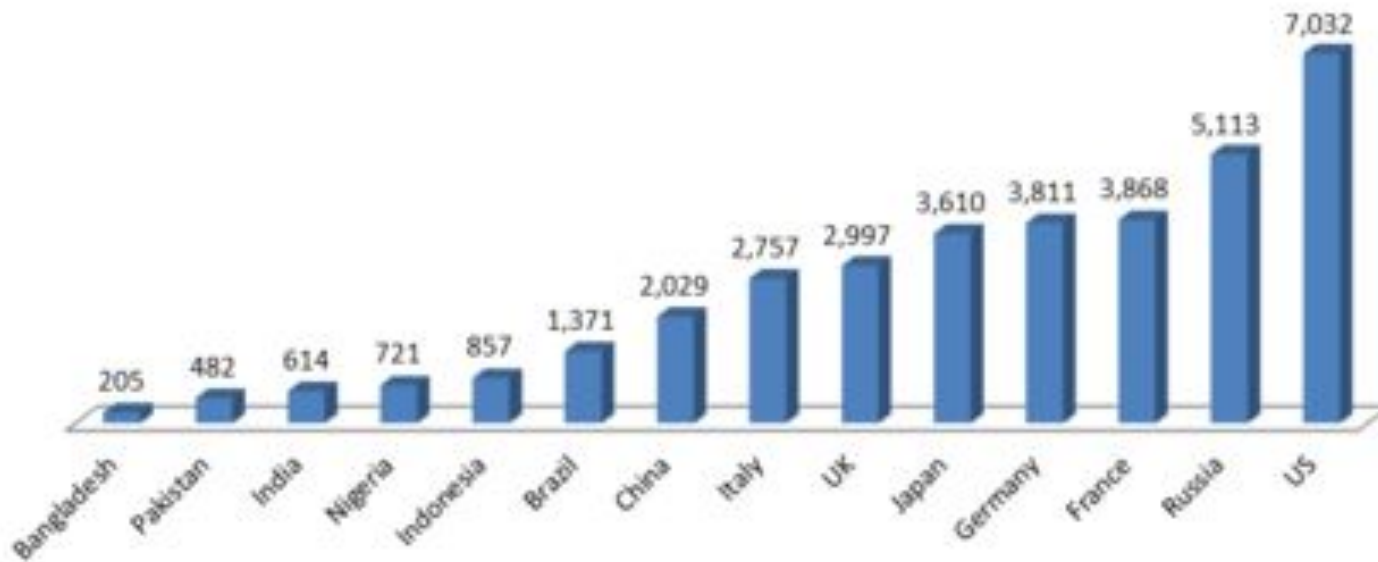
**Rendimento 95%**



Ricarica 8 ore (3 kw x 8 h)  
Ricarica rapida: ½ ora  
Autonomia **max 199 km**  
Costo 25.000 -> 18.000 Eu  
Consumo: 150 Wh/km  
Pieno: 24 kWh (5 €)  
**200 kg di batterie** al litio

# Come cambiare questa situazione?

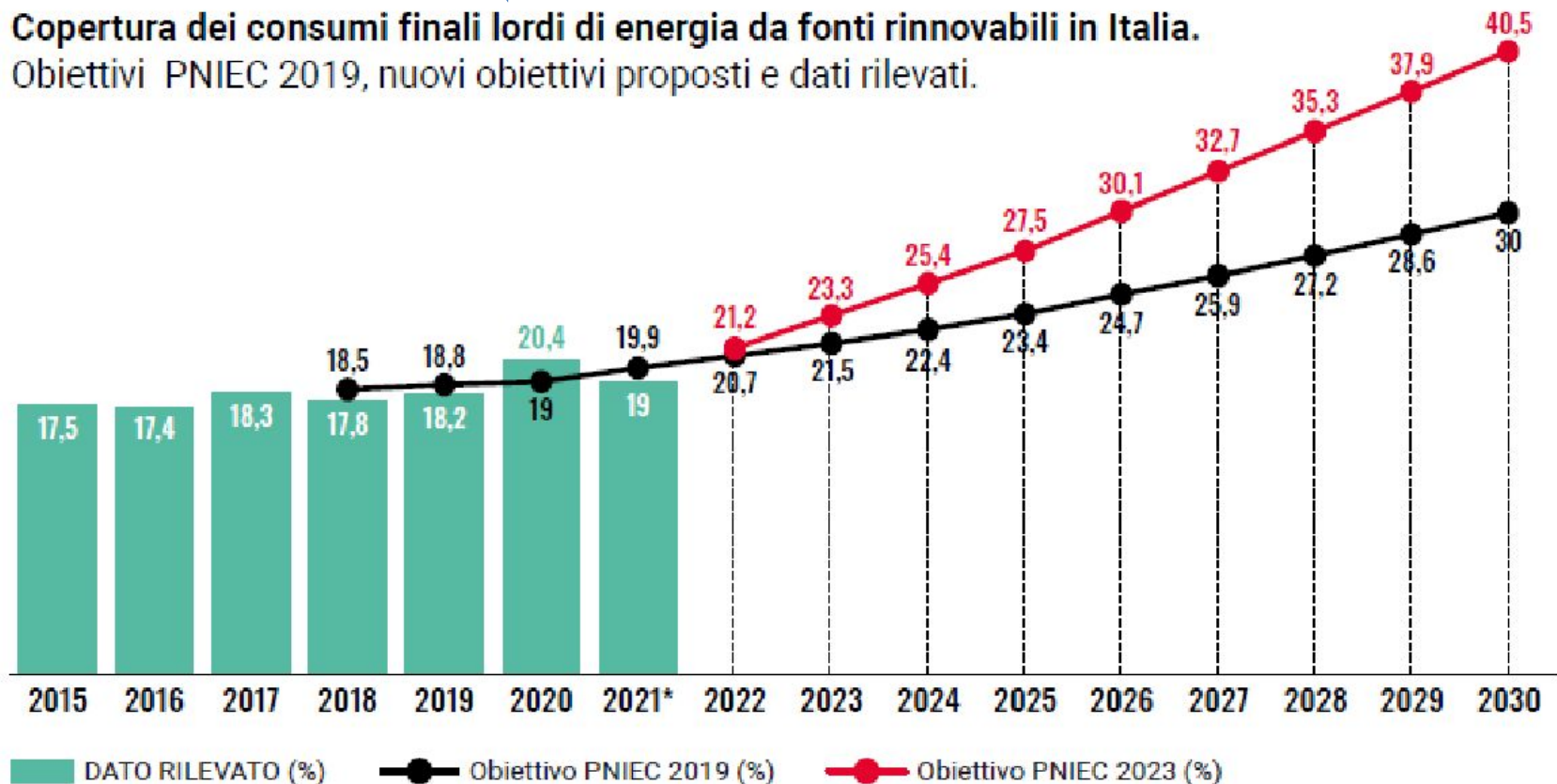
Energy Use per Capita





## Copertura dei consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili in Italia.

Obiettivi PNIEC 2019, nuovi obiettivi proposti e dati rilevati.

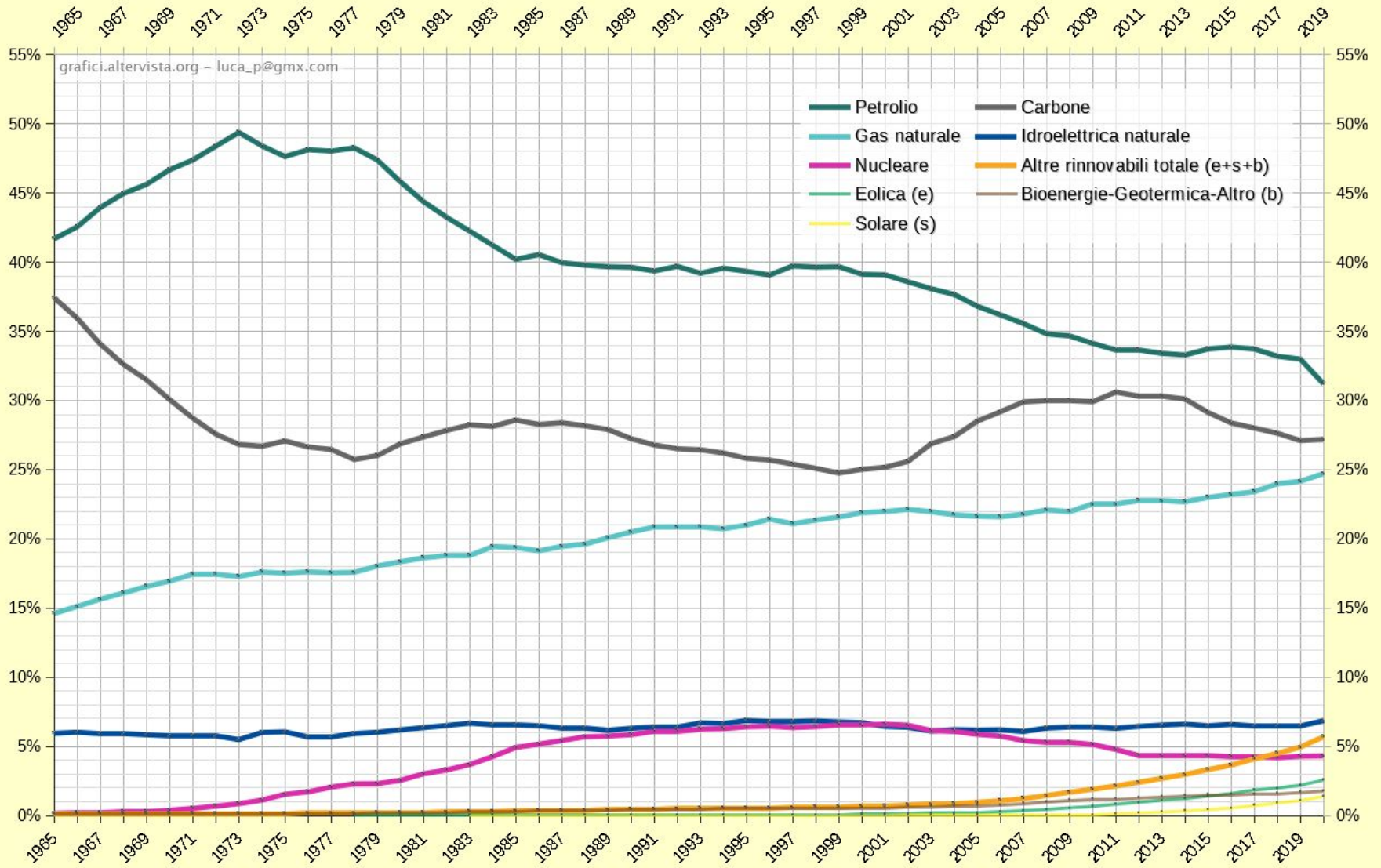


\*Nel 2021 il calcolo è effettuato secondo la metodologia prevista dalla direttiva 2018/2001

Fonte: GSE, PNIEC



# Consumo mondiale di energia primaria per fonte (percentuali)



Origine dati: BP statistical review

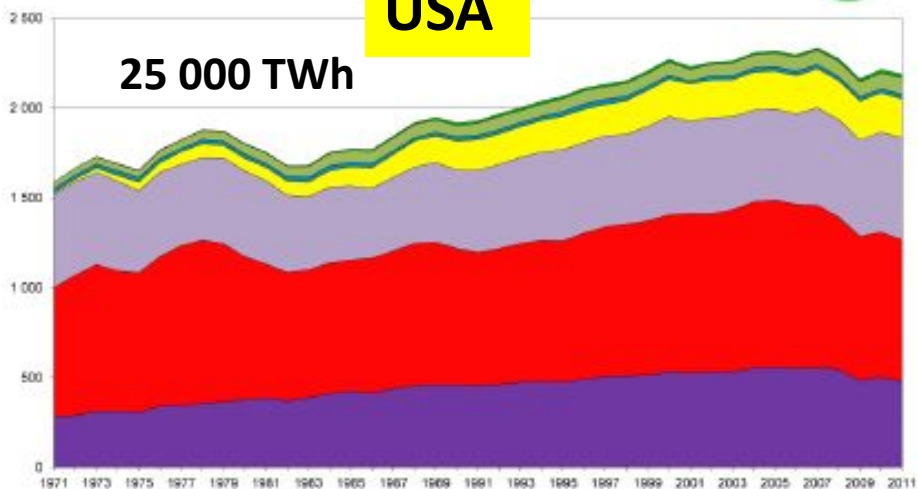
# Consumi di energia primaria

Consumi di energia primaria (TPES) per fonte (Mtoe): USA, Cina, Germania, Italia

Coal/peat Oil Natural gas Nuclear Hydro Biofuels & waste Geothermal/solar/wind

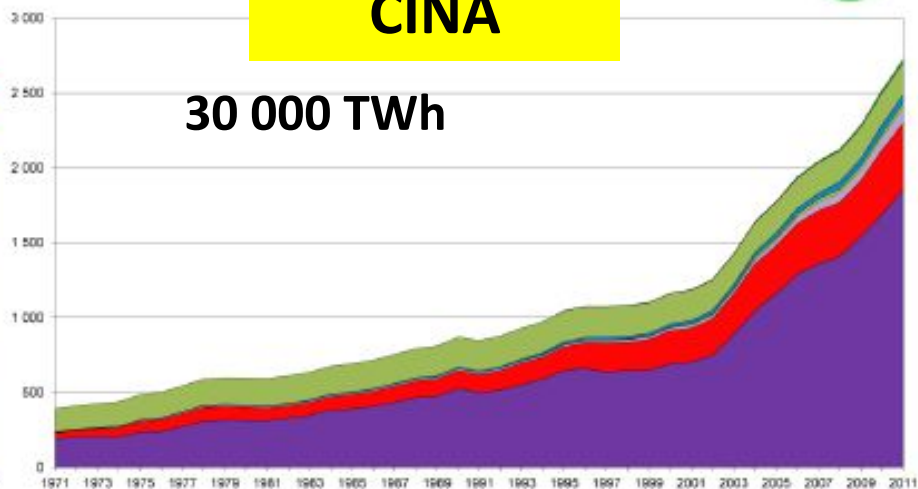
**USA**

25 000 TWh



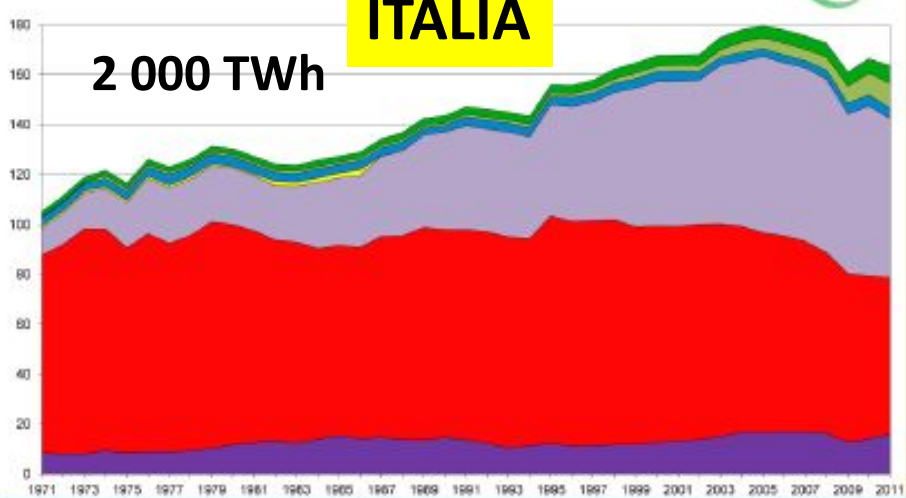
**CINA**

30 000 TWh



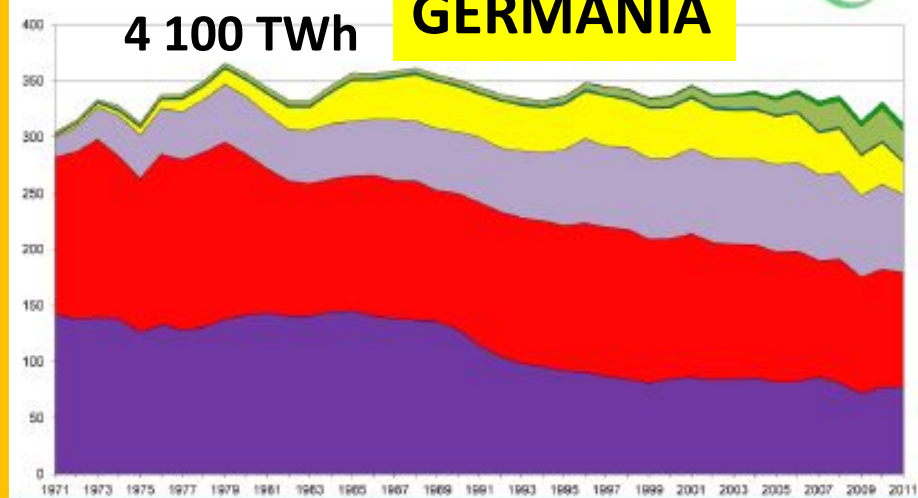
**ITALIA**

2 000 TWh



**GERMANIA**

4 100 TWh



# I piani energetici

Gennaio 2020

PIANO NAZIONALE  
INTEGRATO PER  
L'ENERGIA E IL CLIMA

## PNIEC

### CLIMA

L'UE sarà **a impatto climatico zero** nel 2050.

La Commissione proporrà una legge europea sul clima per trasformare questo impegno politico in un obbligo giuridico e stimolare gli investimenti.

**Per conseguire questo obiettivo sarà necessaria l'azione di tutti i settori della nostra economia:**

Figura 64 - Evoluzione del consumo interno lordo negli scenari BASE e PNIEC [Fonte: RSE]

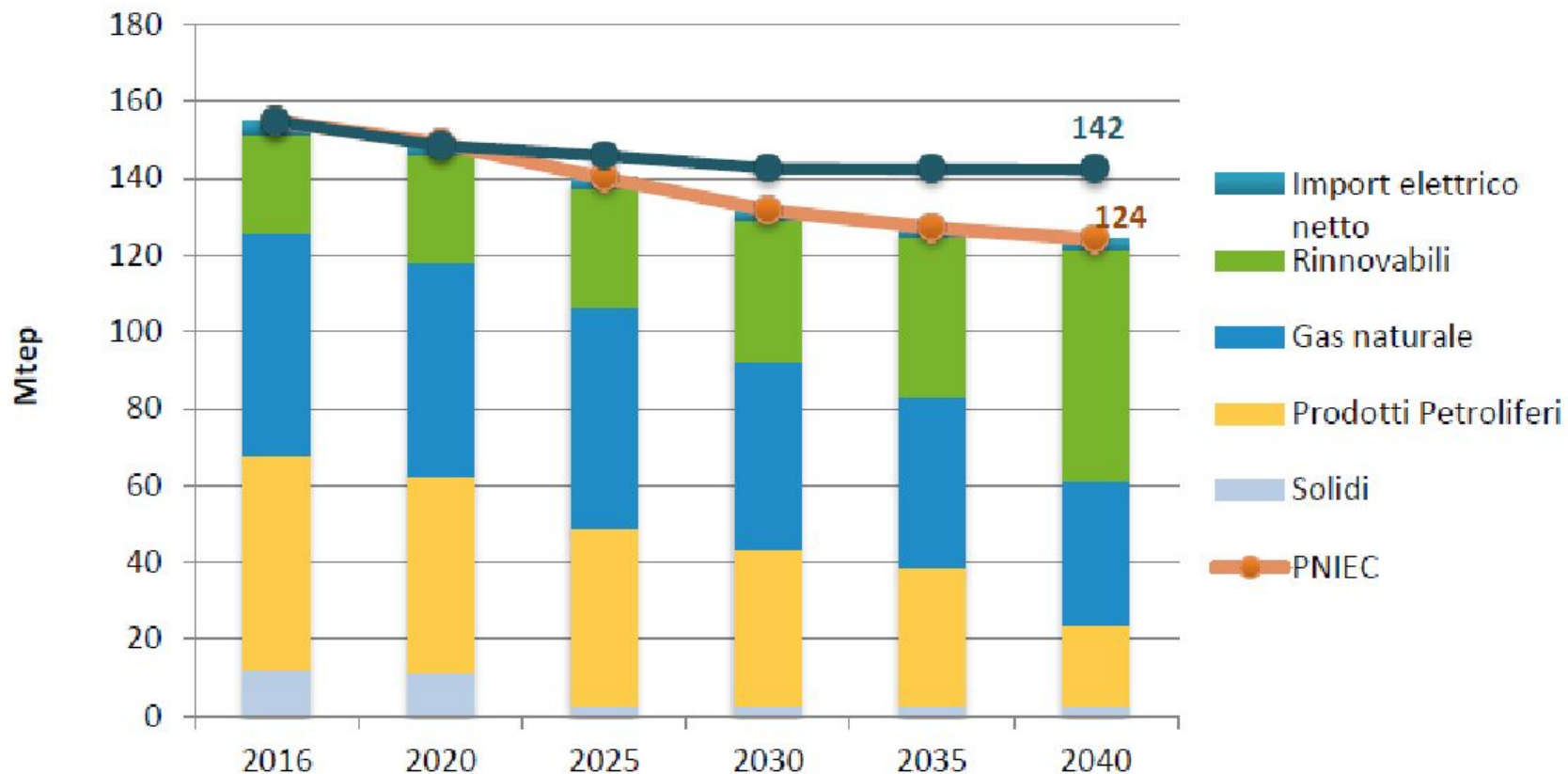
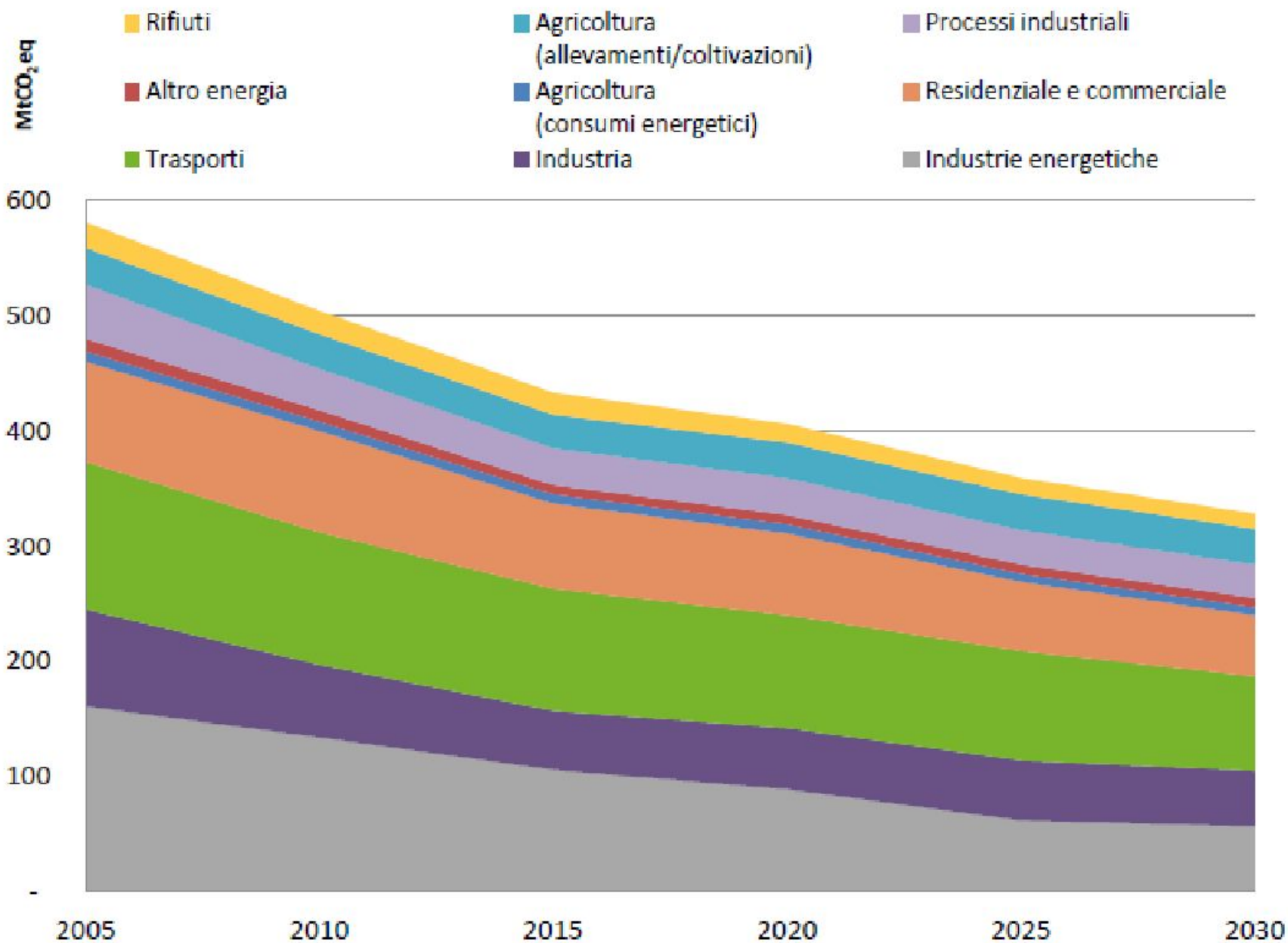


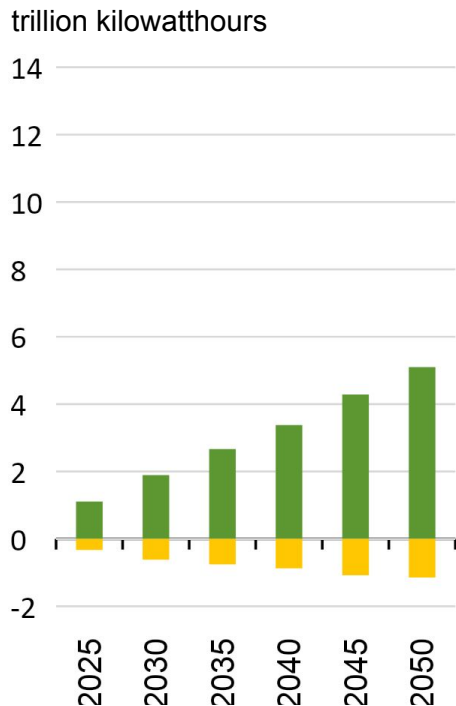
Figura 69 - Emissioni di gas serra storiche fino al 2015 e secondo lo scenario PNIEC disaggregate per settore (MtCO<sub>2</sub>eq) [Fonte: ISPRA]



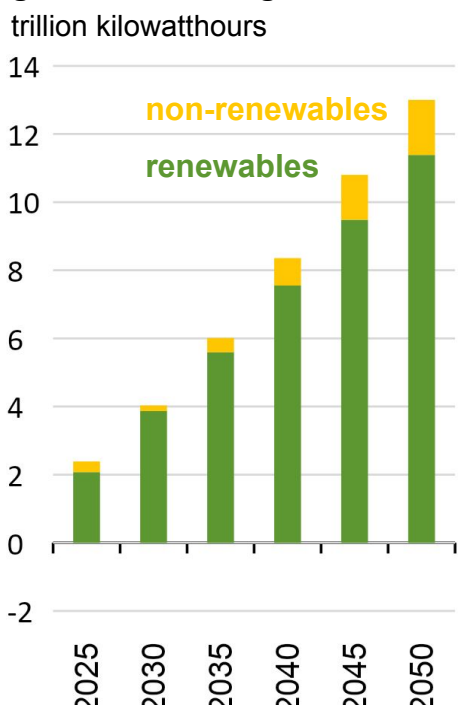
# IEO2021 Release, CSIS

## October 6, 2021

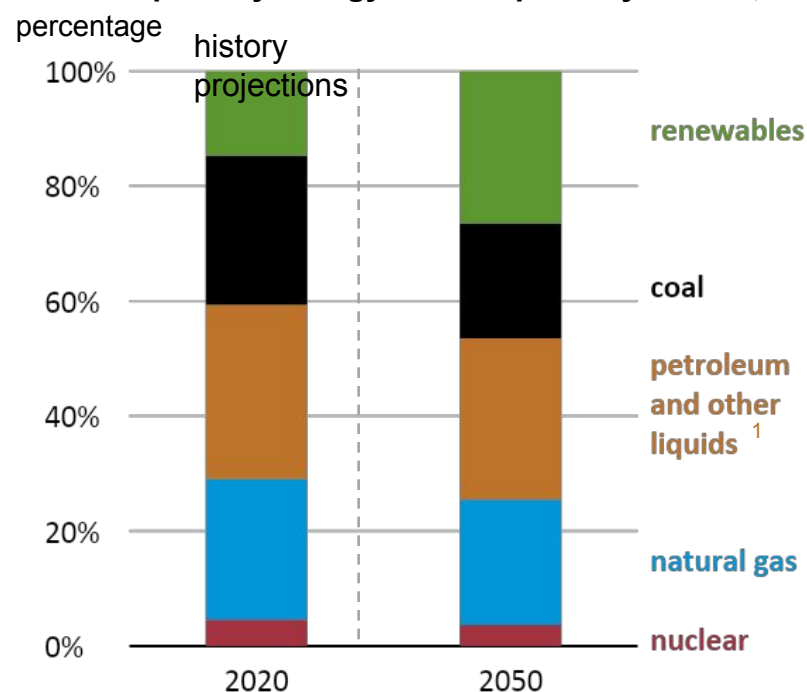
**OECD electricity generation change from 2020**  
trillion kilowatthours



**Non-OECD electricity generation change from 2020**  
trillion kilowatthours



**Share of primary energy consumption by source, world**



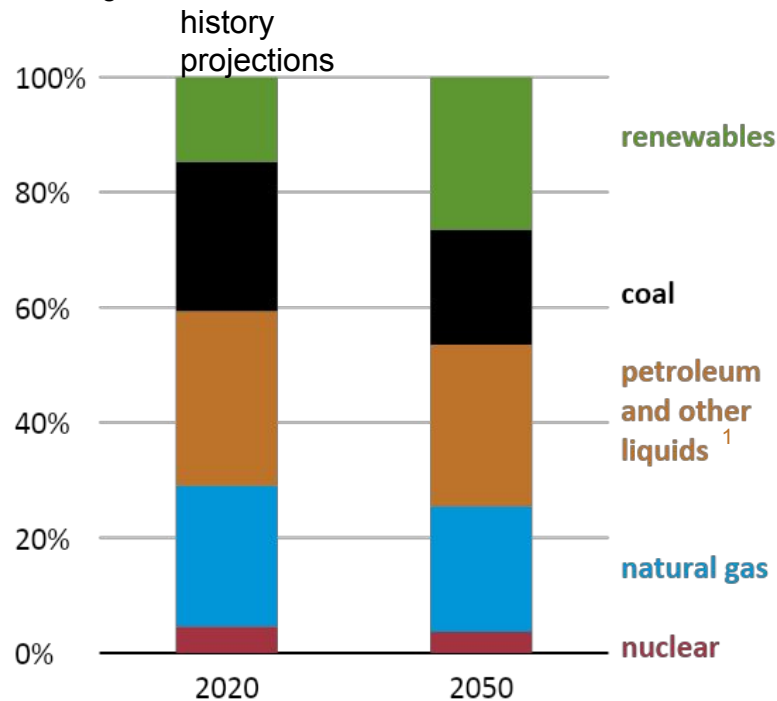
**OECD: (OCSE) Tutti i paesi industrializzati**

**Tranne CINA, INDIA, BRASILE..... I paesi non OCSE raddoppieranno i consumi nei prossimi 30 anni Tasso medio di sviluppo 2.5%**

# IEO2021 Release, CSIS

## October 6, 2021

Share of primary energy consumption by source, world percentage



**OECD: (OCSE) Tutti i paesi industrializzati  
Tranne CINA, INDIA, BRASILE..... I paesi non OCSE raddoppieranno i consumi nei  
prossimi 30 anni Tasso medio di sviluppo 2.5%**

**impianto produzione energia →**



**impianto fabbricazione idrogeno →**

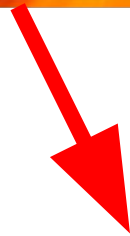


**pila a combustibile**

**30%**

Serbatoio: 40 litri, pressione 700 bar  
peso 30 Kg, 2.3 kg di idrogeno,  
autonomia circa 350 km, ricarica 5 minuti





**STEPS:** proiezione della situazione attuale

**APS:** promesse fatte a Glasgow e alla COP21

**NZE-SDS:** obiettivi della conferenza di Parigi

**Figure 4.1** ▶ Total primary energy supply by fuel and scenario

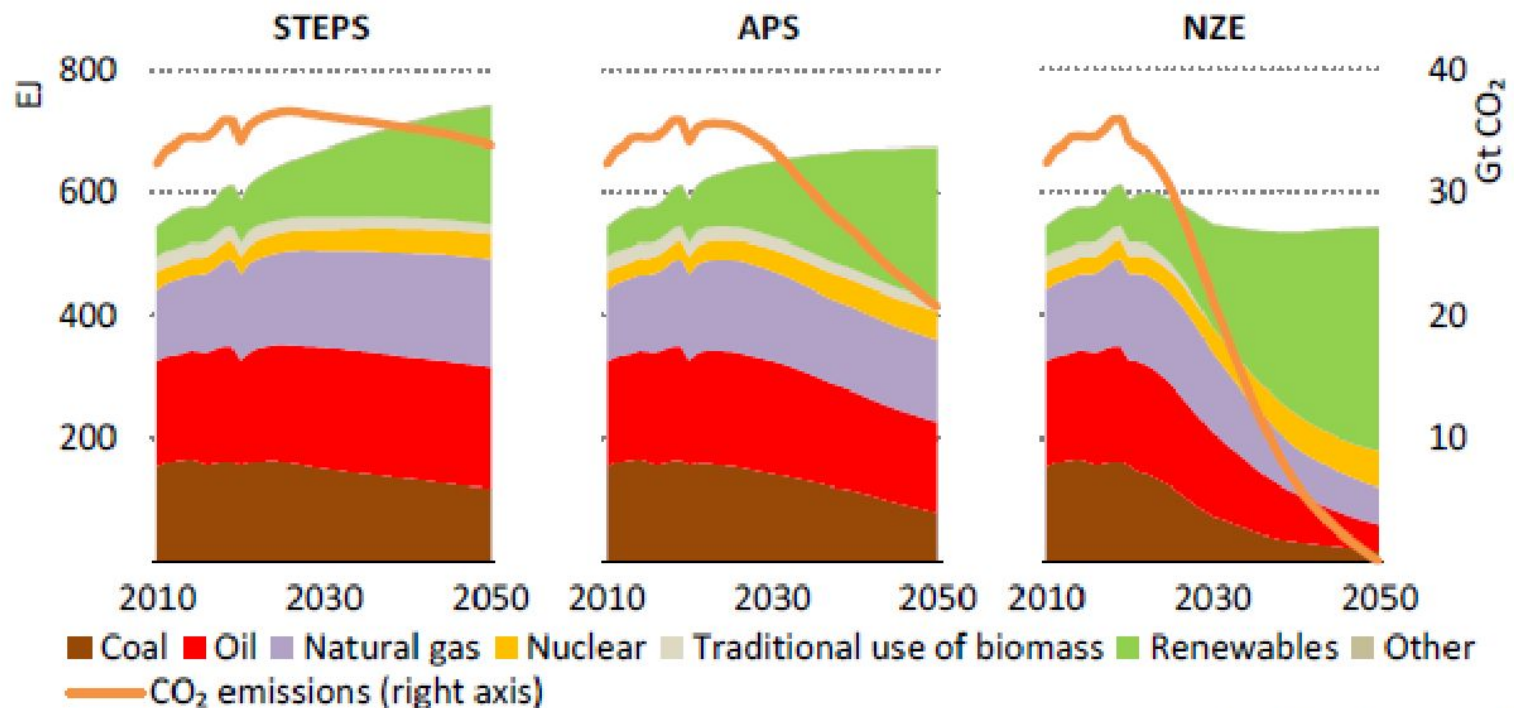
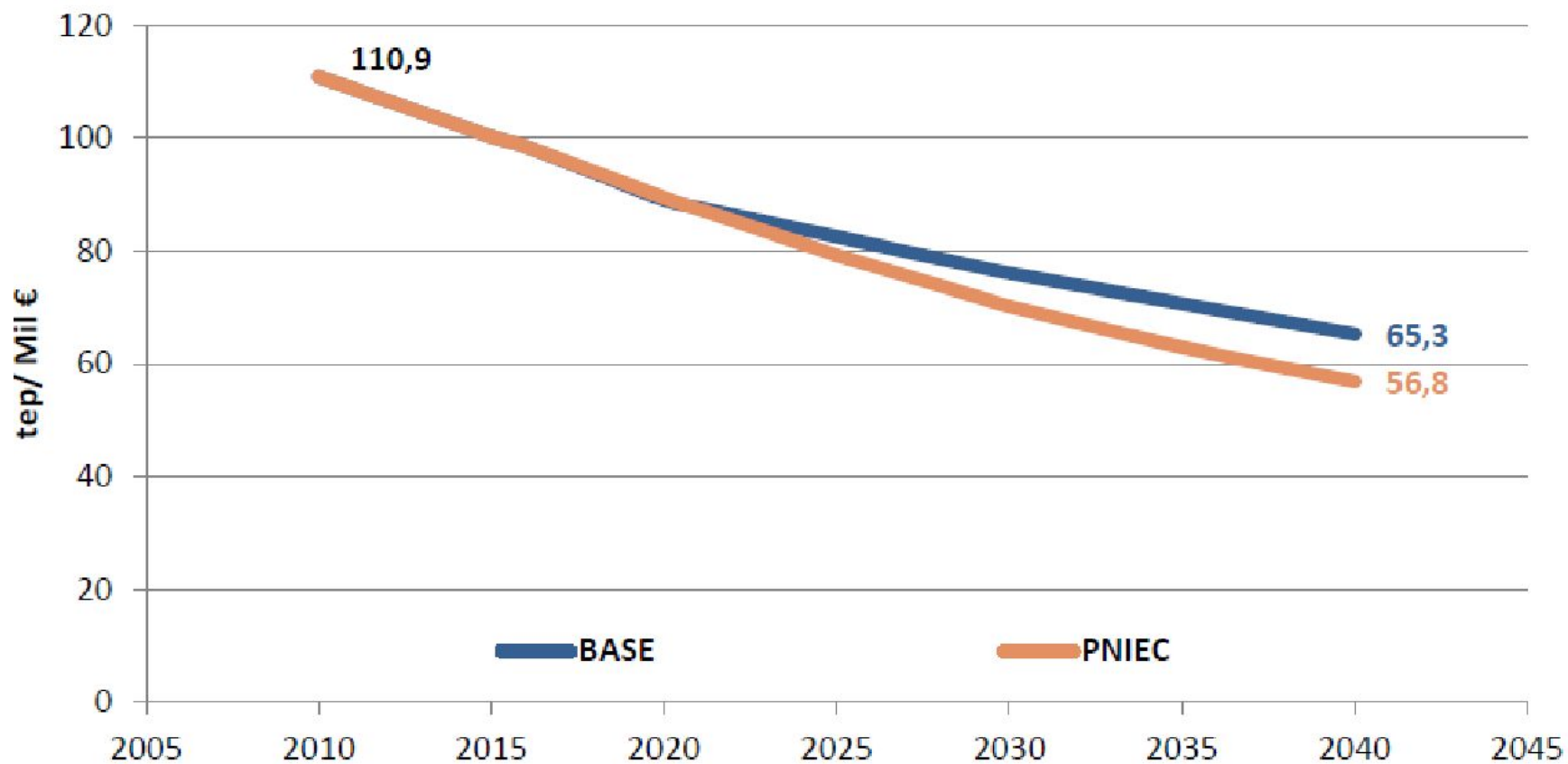
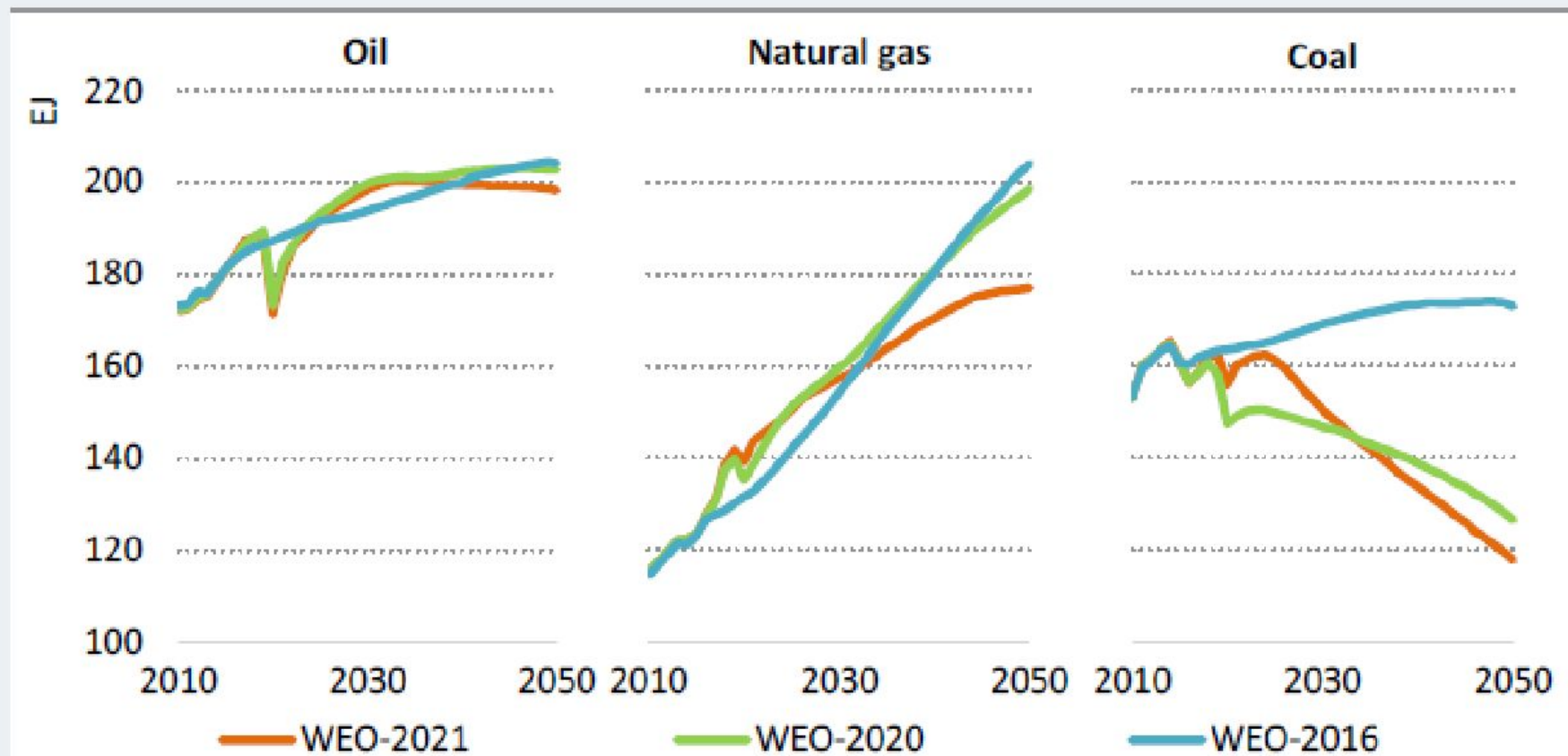


Figura 65 - Evoluzione dell'intensità energetica al 2040

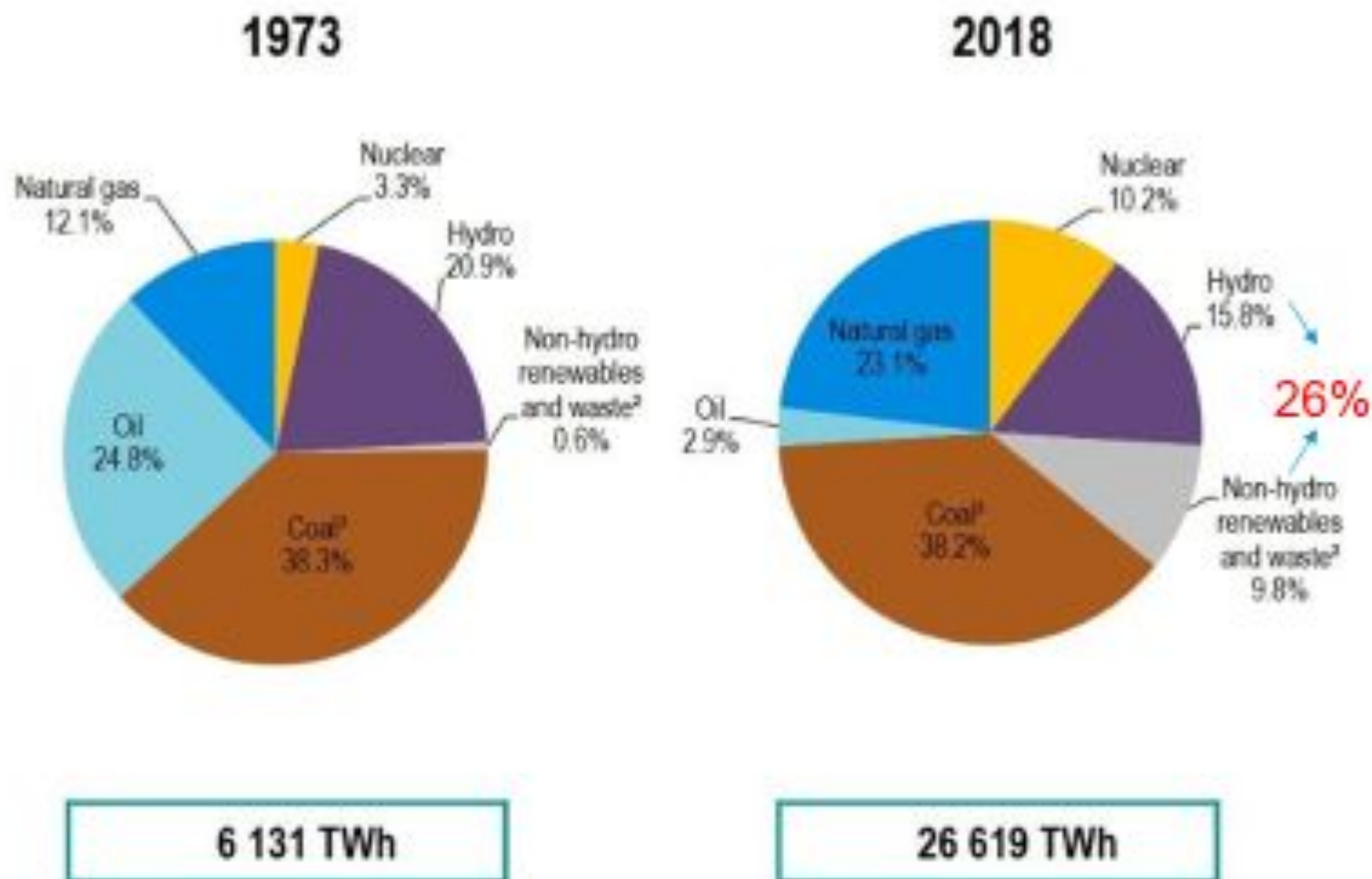


**Figure 1.2** ▶ Oil, natural gas and coal demand in the Stated Policies Scenario in *World Energy Outlook 2021*, *2020* and *2016*



IEA. All rights reserved.

# 1973 and 2018 source shares of electricity generation<sup>1</sup>



1. Excludes electricity generation from pumped storage.

2. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, biofuels, waste, heat and other.

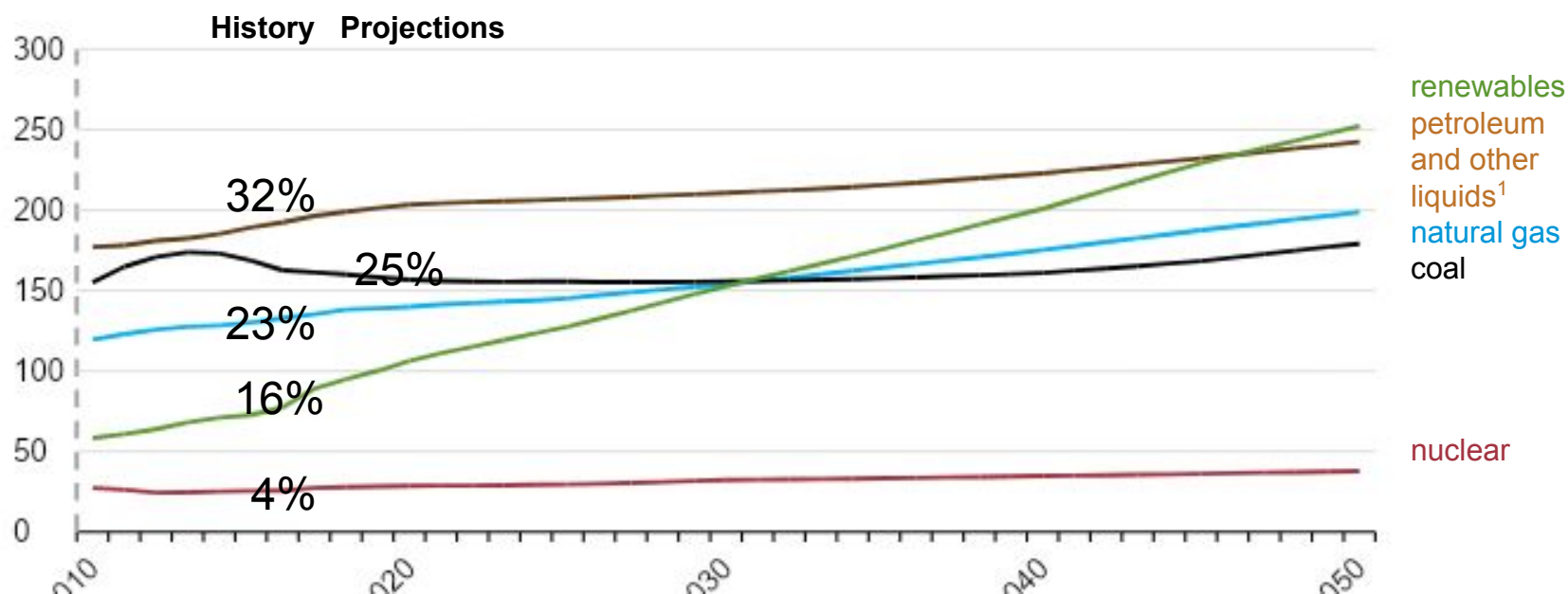
3. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.

Sources: [IEA, World Energy Balances, 2020](#); [IEA, Electricity Information, 2020](#).

# IEO2019 projects renewables the most used energy source by 2050

## Primary energy consumption by fuel, world

quadrillion British thermal units



Note: 1 = Includes biofuels

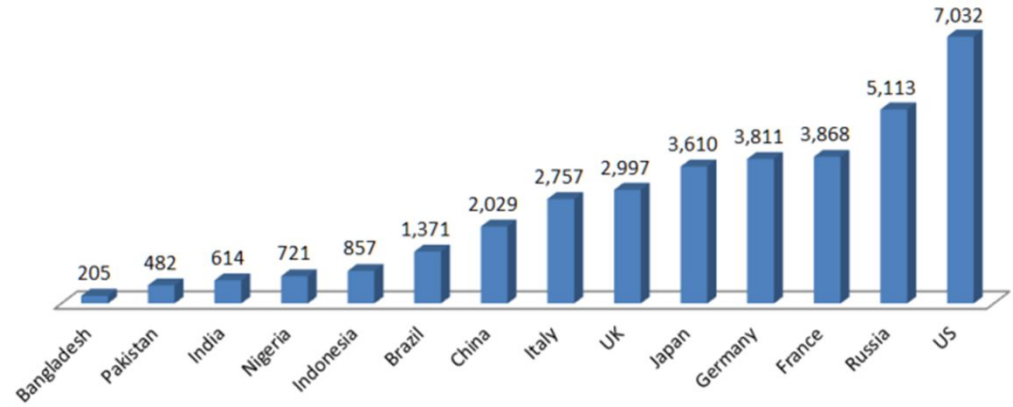
Source: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2019

# Consumi di energia primaria

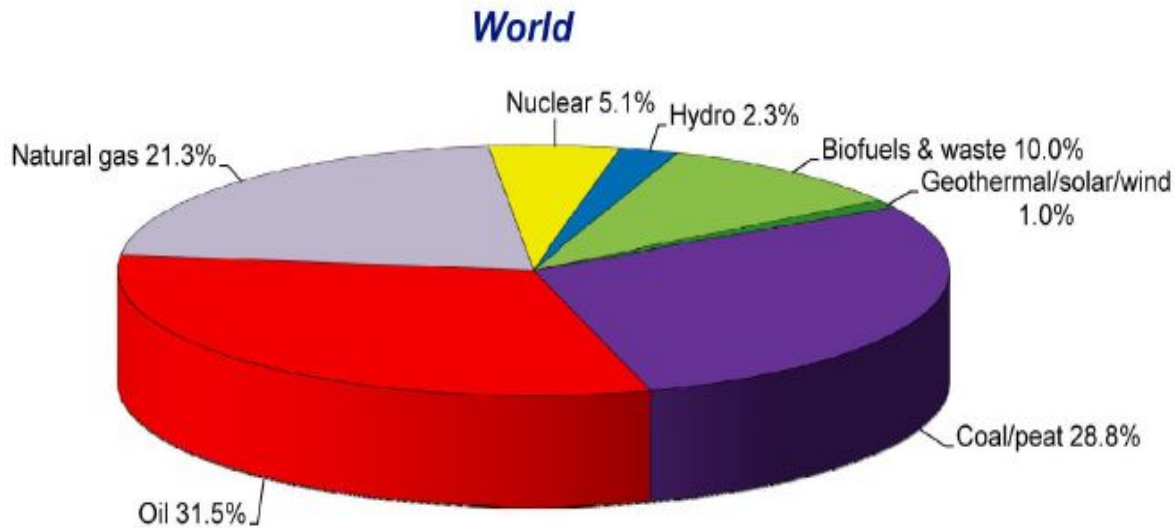
## Consumi di energia primaria per fonte

IEA Energy Statistics

### Energy Use per Capita



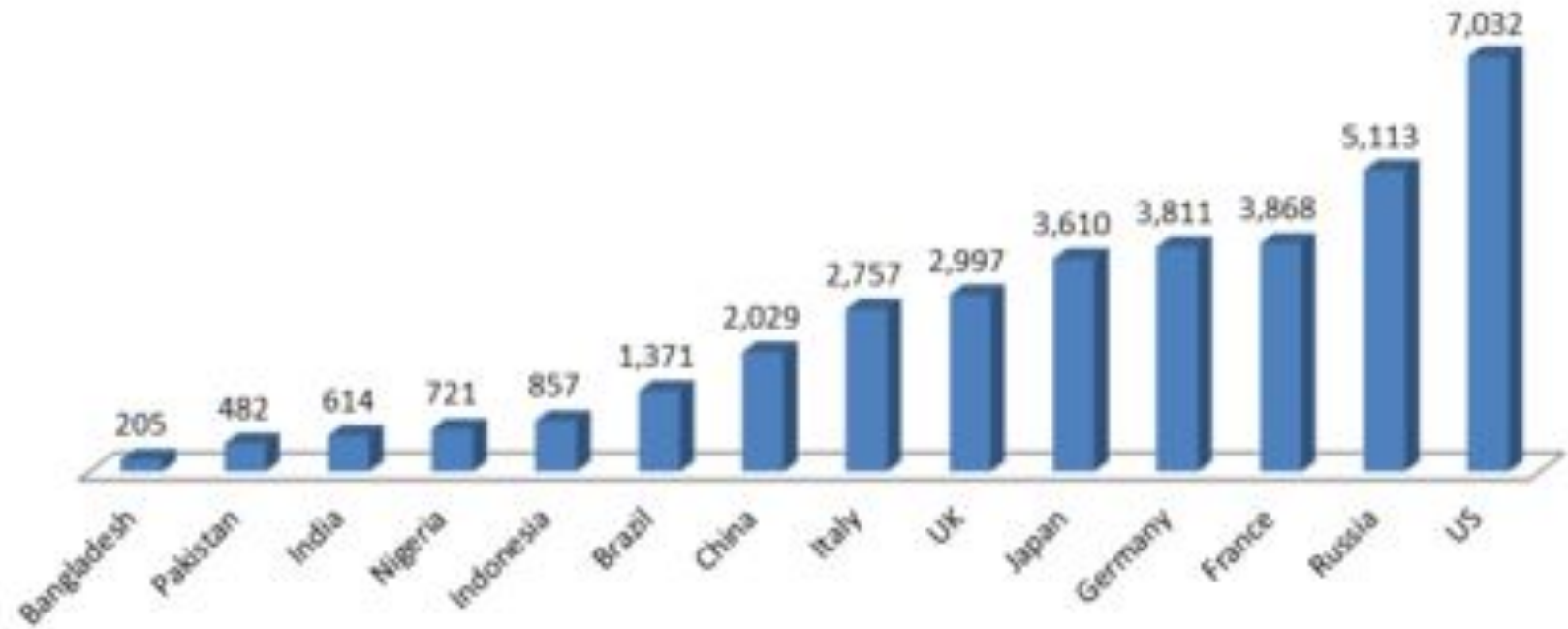
### Share of total primary energy supply\* in 2011



150 000 TWh

13 113 Mtoe

## Energy Use per Capita

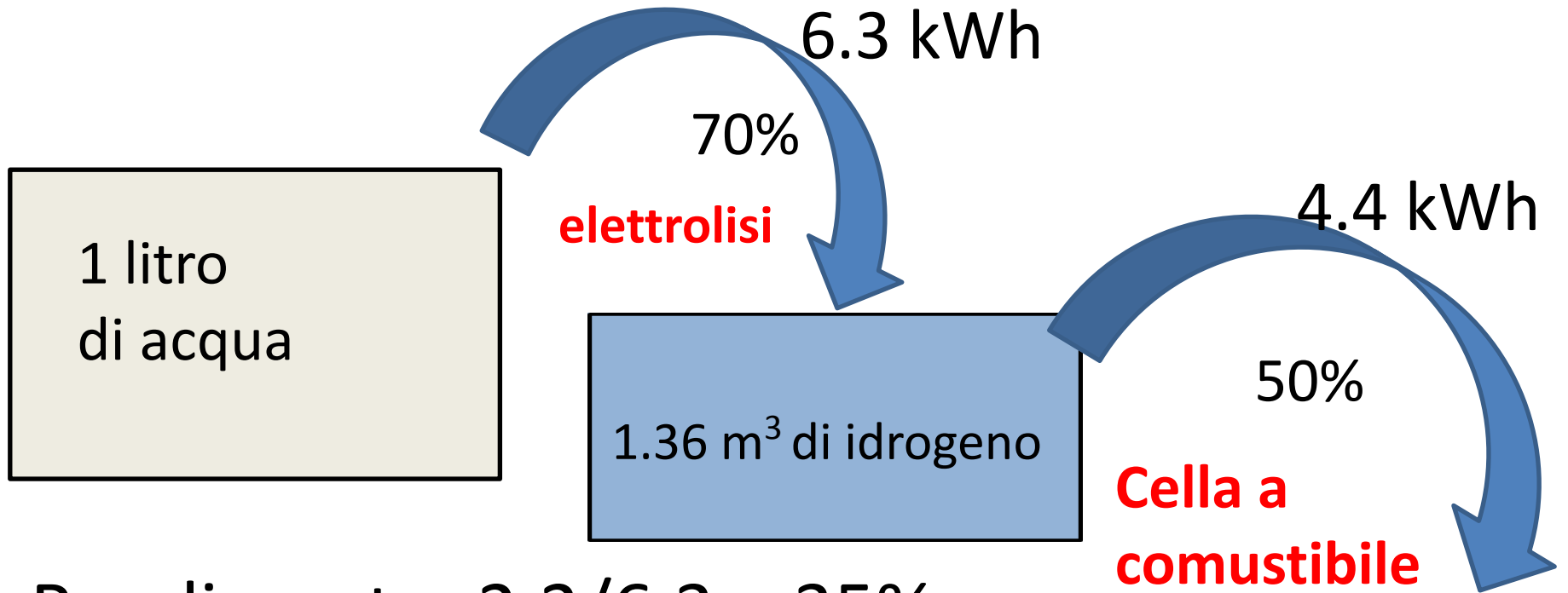


In tonnellate di petrolio all'anno

Tabella 1 - Principali obiettivi su energia e clima dell'UE e dell'Italia al 2020 e al 2030

	Obiettivi 2020		Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA	UE	ITALIA (PNIEC)
<b>Energie rinnovabili (FER)</b>				
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	20%	17%	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	10%	10%	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento			+1,3% annuo (indicativo)	+1,3% annuo (indicativo)
<b>Efficienza energetica</b>				
Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007	-20%	-24%	-32,5% (indicativo)	-43% (indicativo)
Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	-1,5% annuo (senza trasp.)	-1,5% annuo (senza trasp.)	-0,8% annuo (con trasporti)	-0,8% annuo (con trasporti)
<b>Emissioni gas serra</b>				
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-21%		-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-10%	-13%	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-20%		-40%	





Rendimento:  $2.2/6.3 = 35\%$

Serbatoio: 40 litri,  
pressione 700 bar  
peso 30 Kg, 2.3 kg di idrogeno,  
autonomia circa 350 km,  
ricarica 5 minuti

2.2 kWh<sub>e</sub>  
15 km



IAEA

International Atomic Energy Agency

Atoms for Peace

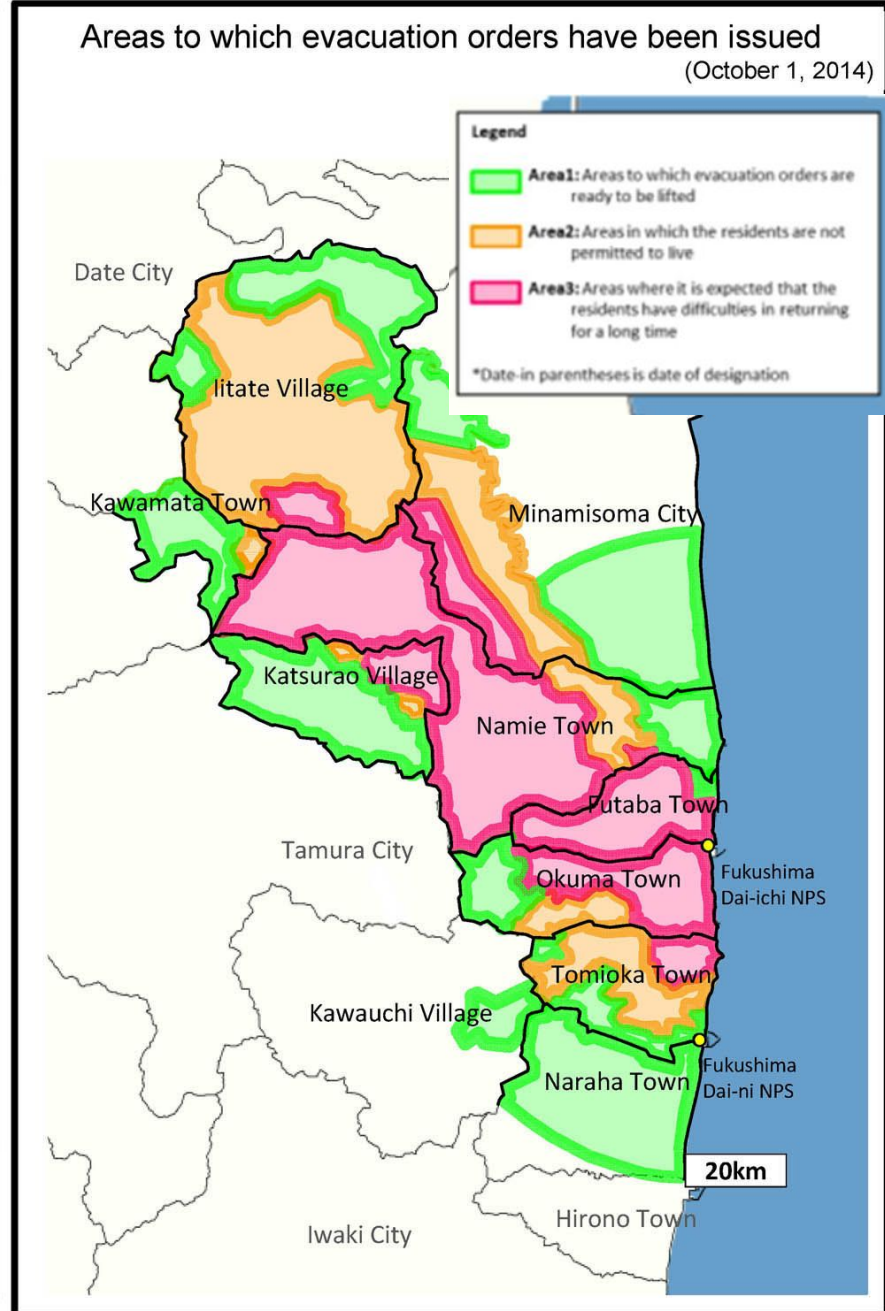
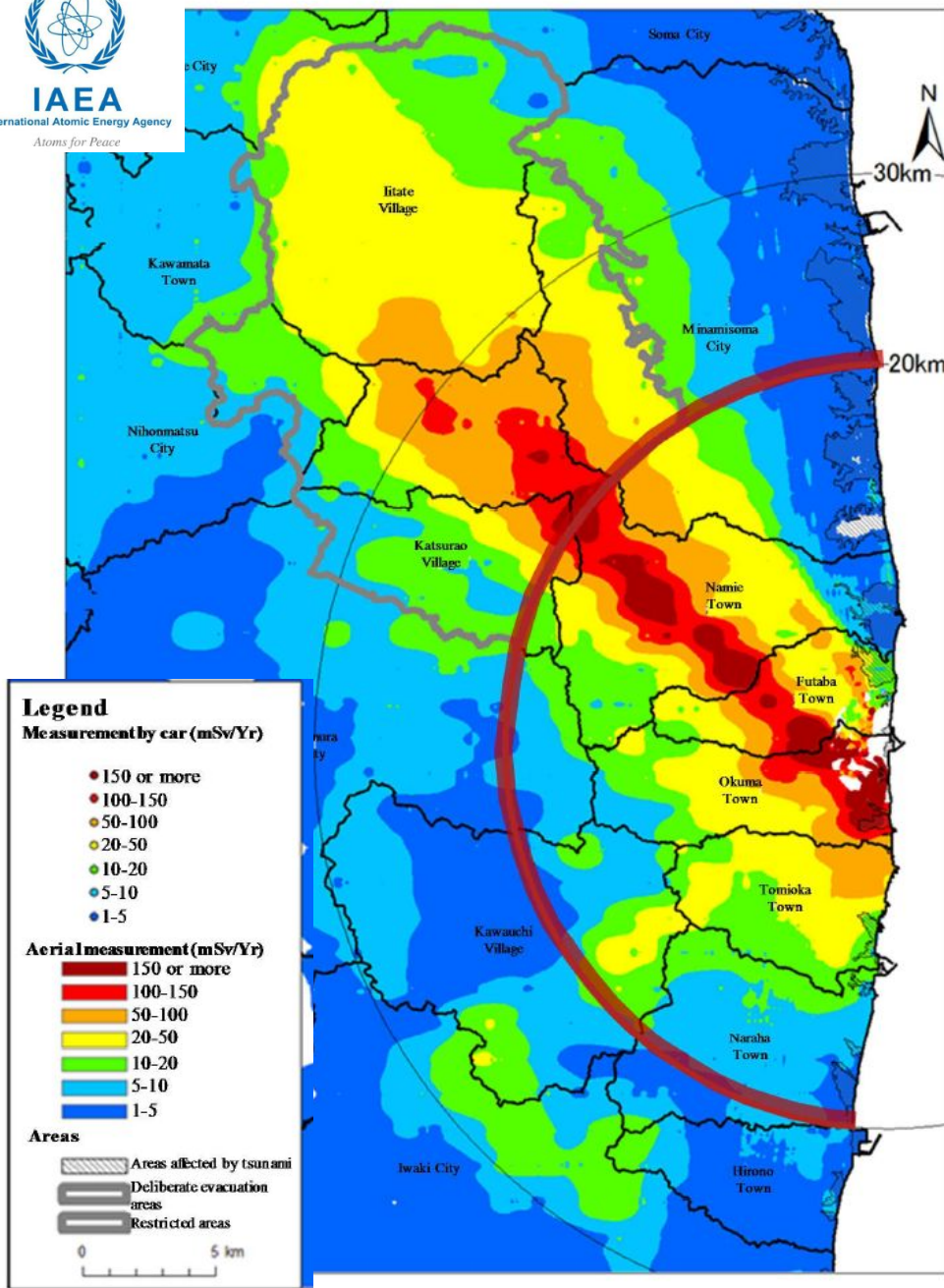


Figure 1: Restricted areas and areas to which evacuation orders have been issued around TEPCO's Fukushima Daiichi NPP (5 November, 2011).

***END***