

# Impariamo a conoscere l'energia

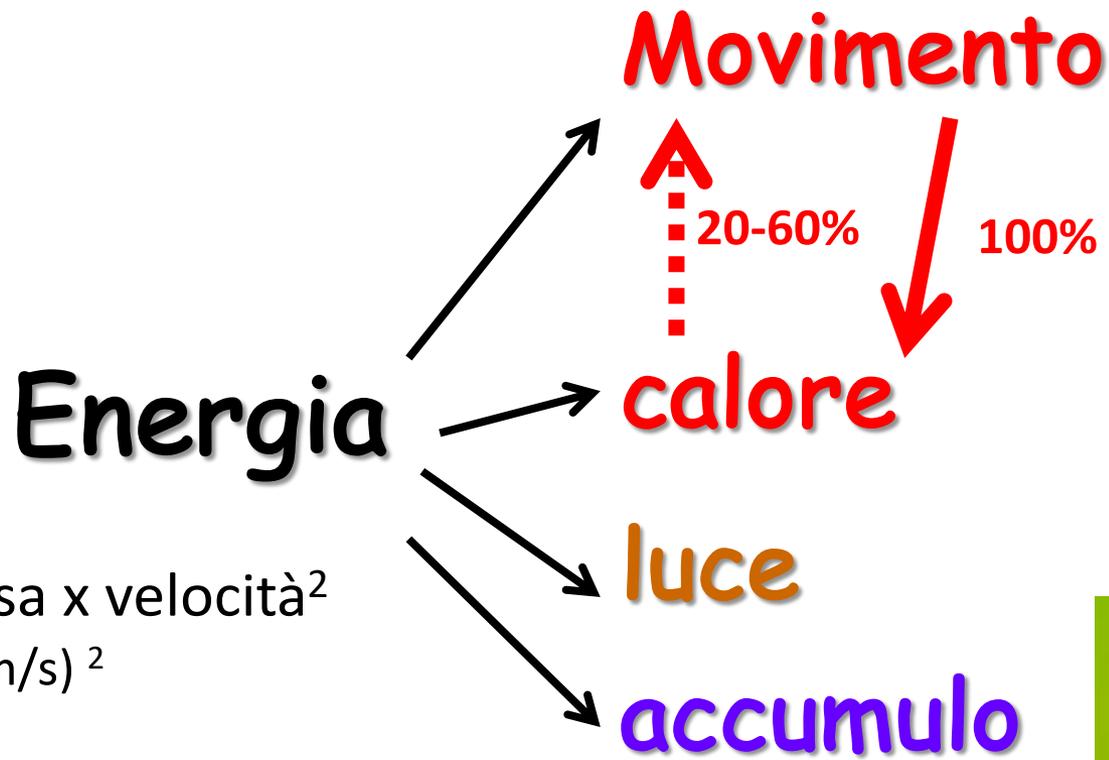
Alberto Rotondi  
Università di Pavia

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

**Produrre l'energia che ci serve**

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

# 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 €



# 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, kWe kWhe, kWt, kWht, kWp**

## Il debito italiano: 2 TeraEuro

# 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**



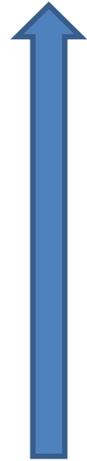
**55 milioni di kWe**  
**55 GW (2%)**  
**300 TWhe all'anno**



**2500 Gwe**  
**21.000 TWh**

# 1 kWh

- 1/60 g di uranio naturale
- 30 g di Idrogeno
- 63 g (95 litri) di gas metano
- 90 g di benzina
- 100 g di grasso animale
- 120 g di carbone
- 5-7 kg di batteria al litio, 25 kg di batteria al Pb

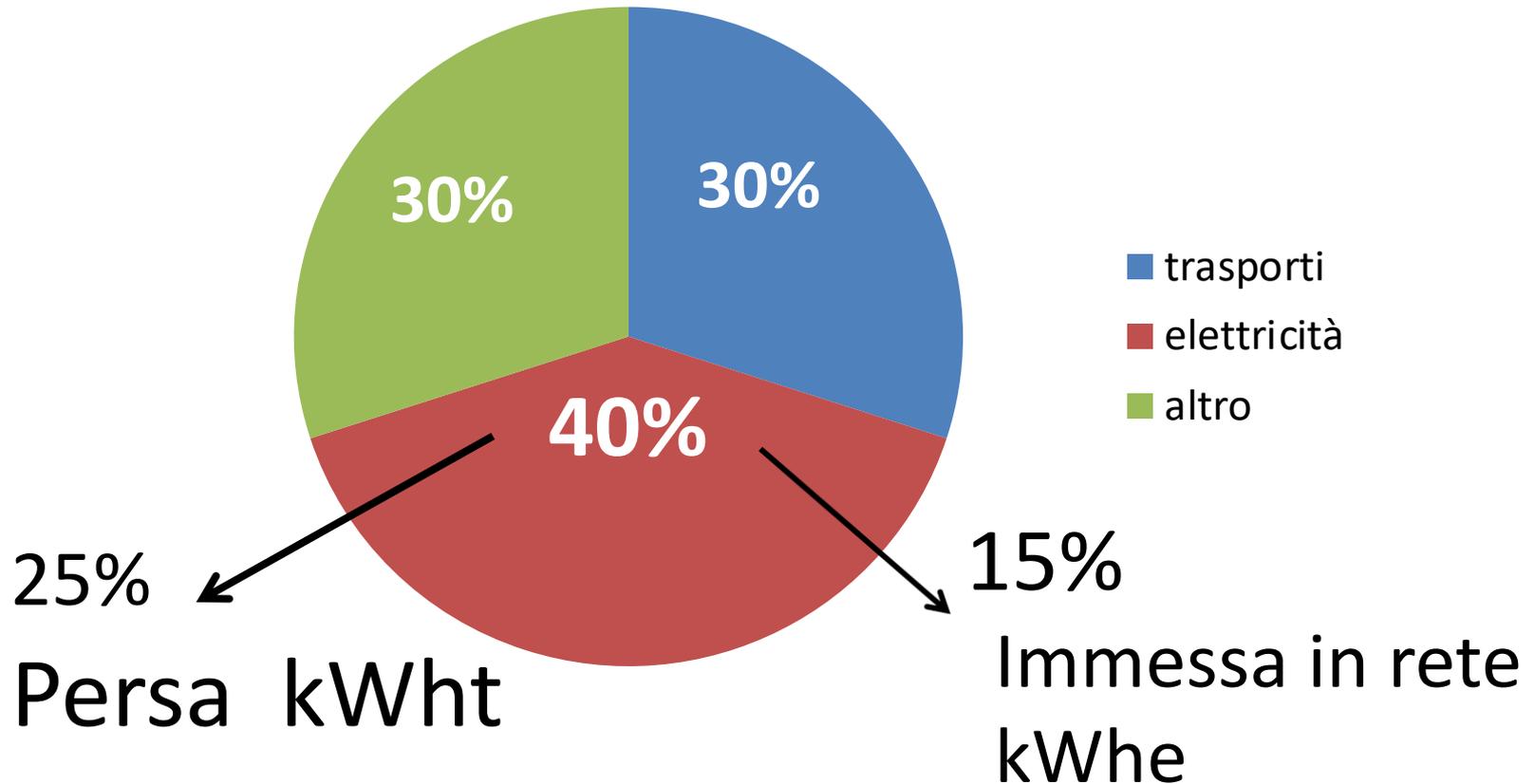


concentrazione

## oppure

- 8 m<sup>2</sup> pannelli solari 1 ora col sole a picco
- 0.5 kg di legno secco
- Un anno di granoturco (biomassa) di 1/6 m<sup>2</sup>
- Vento a 36 km/h su 5 m<sup>2</sup> di superficie per 1 ora
- 6 litri/s di caduta d'acqua da 20 m per 1 ora
- sostituire 3 lampade a incandescenza da 40 watt con 3 lampade a led per 9 ore

# La torta energetica italiana 2100 TWh



**Consumi el. x 6.7 = consumi totali**

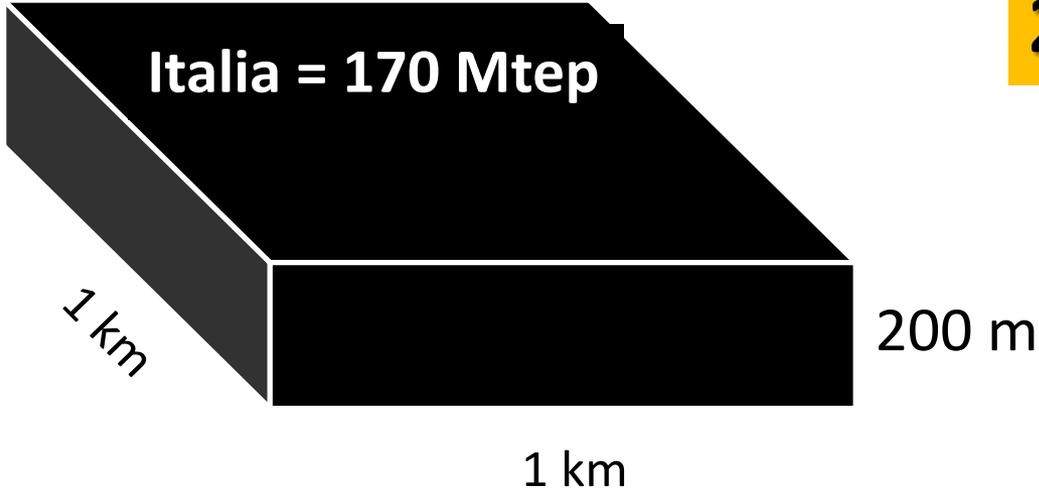
**1 Mtep = 11.6 TWh = 4.5 TWhe**

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**



<b>Italia (2%)</b>	<b>240 GW</b>	<b>2000 TWh = 180 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**

# Le alternative

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

Rinnovabili (legna, biomasse, biogas):  
polveri sottili, fumi e inquinamento

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

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

# Riserve di combustibili fossili

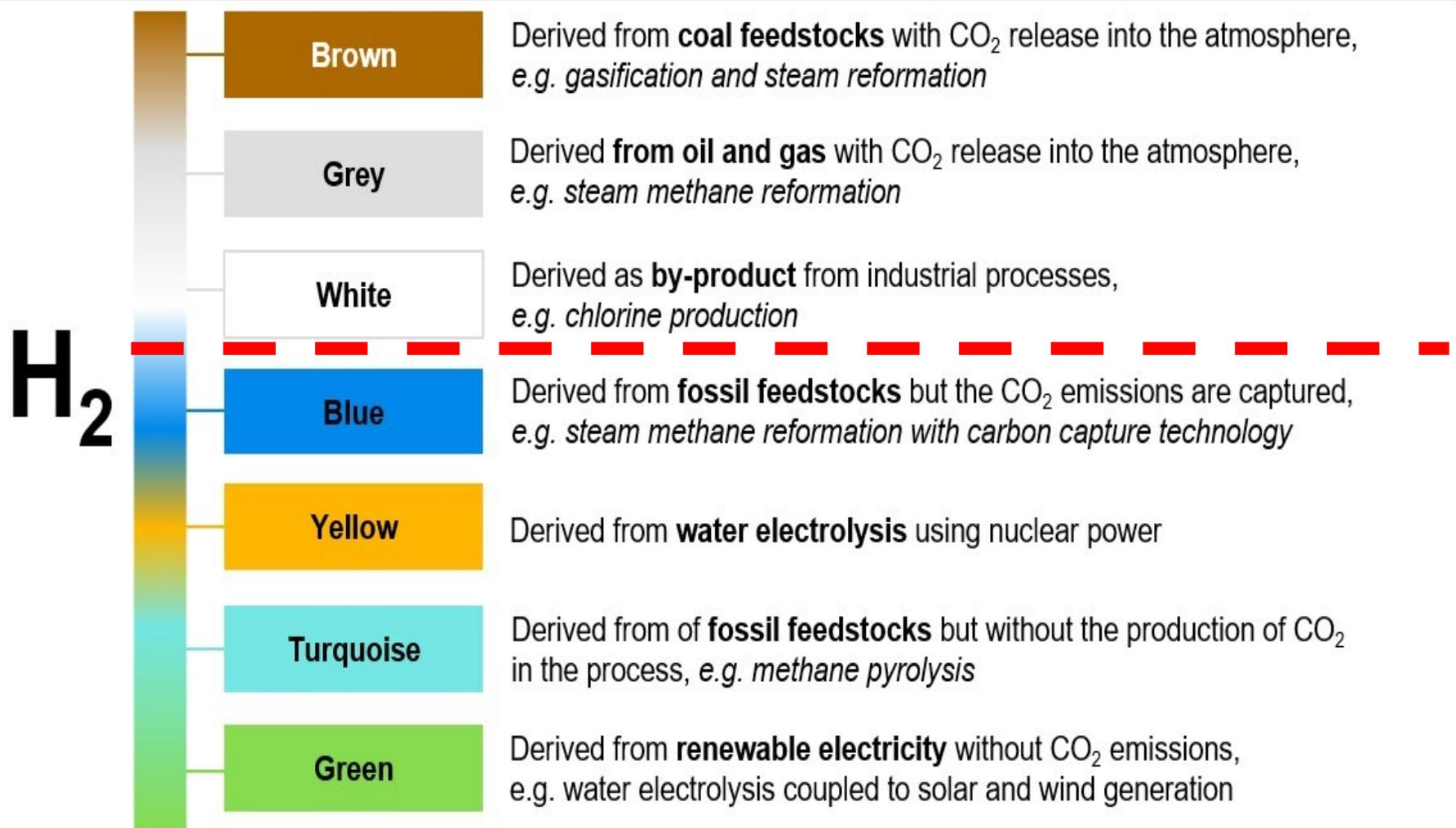
	disponibili	†CO2/ GWh	riserve note	consumo annuale	durata (anni)
Carbone (G ton)	910	950		6,2	150
Petrolio (mld di barili)	1,100	750	2,600	30	90
Gas (mld mc)	185.000	550		2.815	70

- Riserve da scisti bituminosi (wikipedia)

\*\* riserve da giacimenti e scisti bituminosi

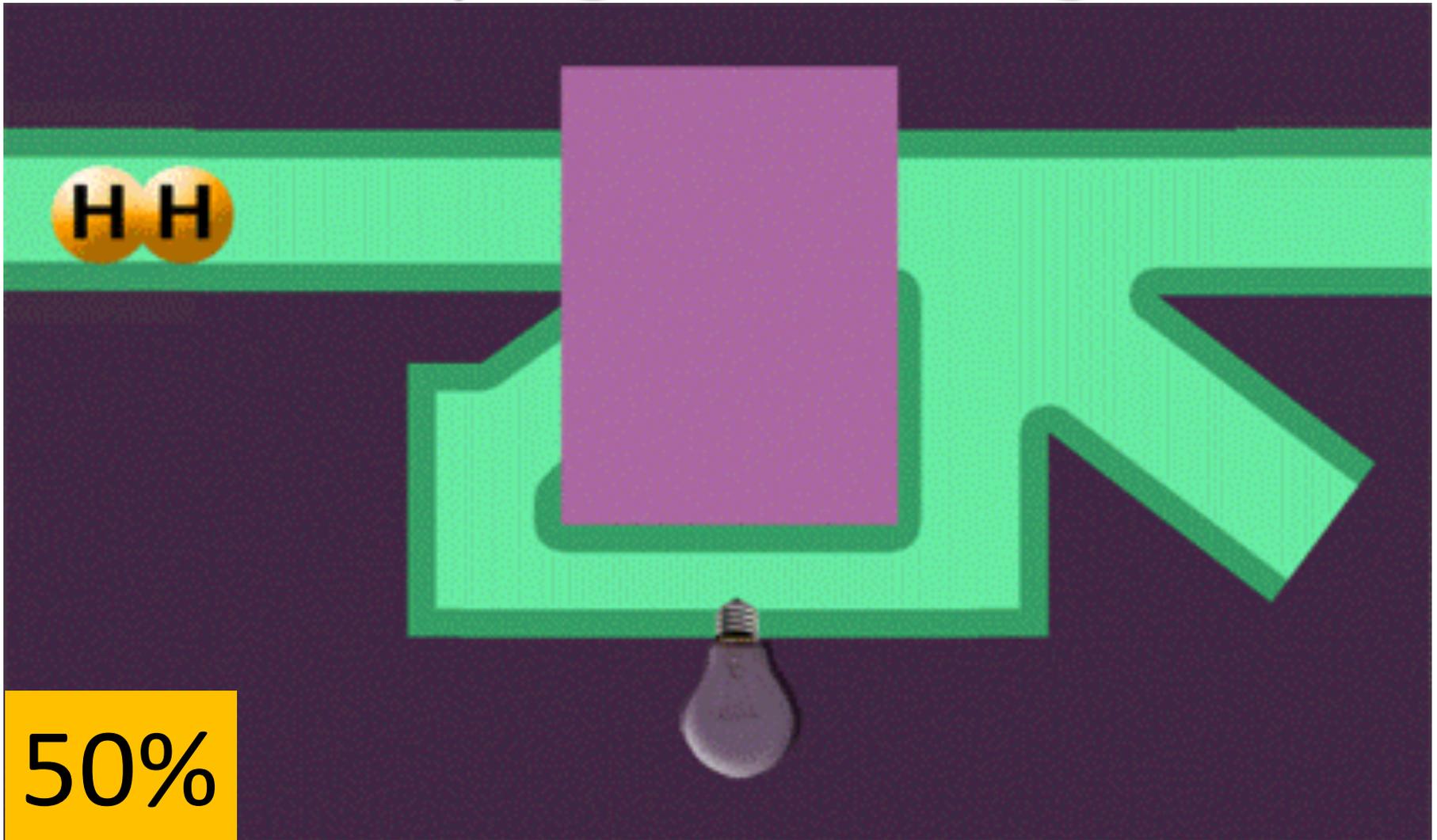
Source: L. Maugeri *Con tutta l'energia possibile* Sperling Kupfer 2008

# 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.

**Se vado in auto 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**

**Noleggio batterie: 100 Eu/mese**

**Consumo: 150 Wh/km**

**Pieno: 24 kWh (5 €)**

**200 kg di batterie al litio**

**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

# La fonte energetica più importante: la efficienza energetica

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

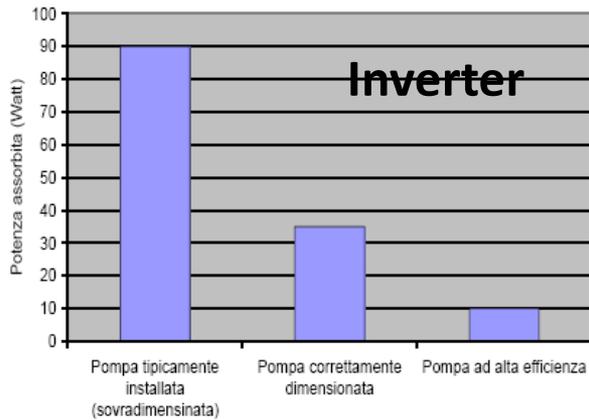
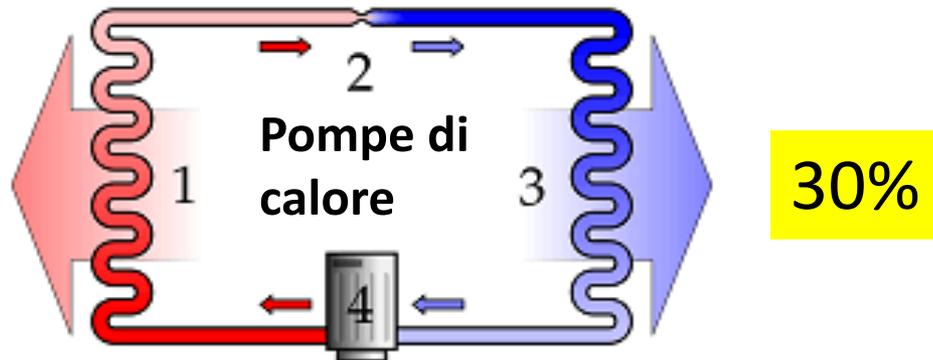
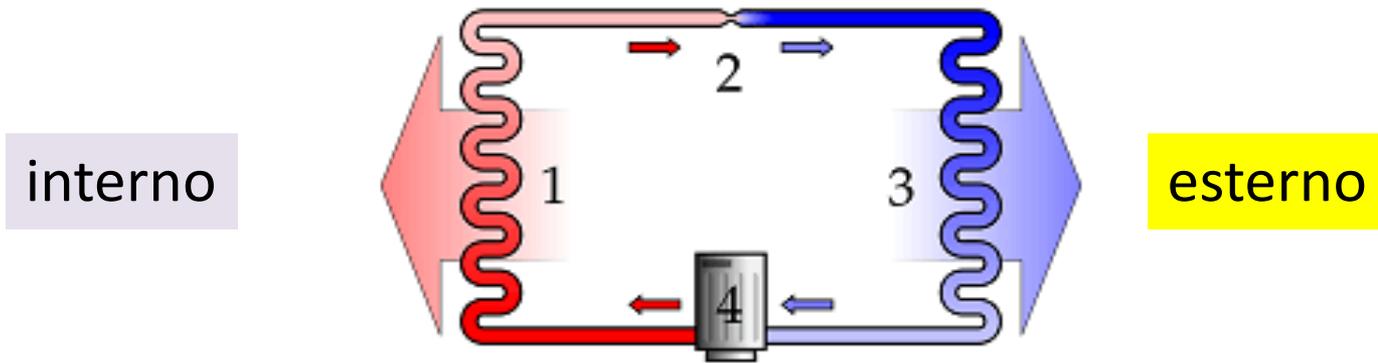


Fig. 14.6: Consumi di pompe di circolazione dell'acqua (fonte: eERG, Politecnico Milano).

10%



# Pompe di calore



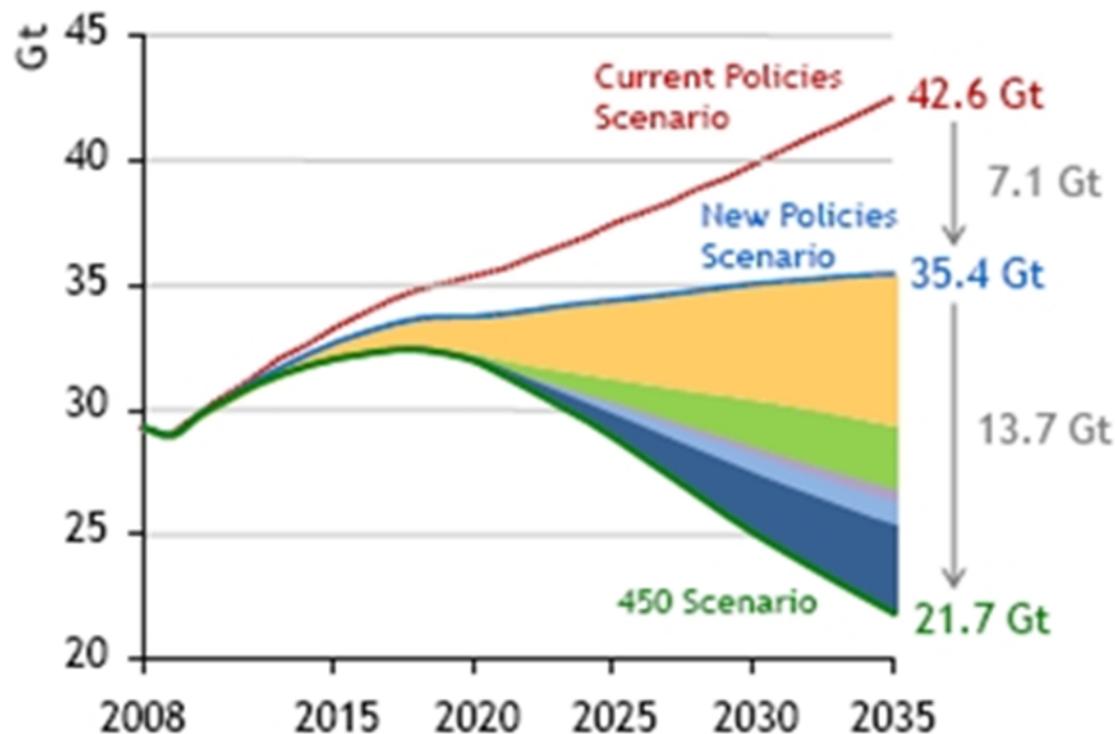
aspira il fluido refrigerante attraverso l'evaporatore 3, dove il fluido stesso **evapora** a bassa pressione **assorbendo** calore, lo comprime in 4 e lo spinge all'interno del condensatore 1 dove il fluido **condensa** ad alta pressione **rilasciando** il calore assorbito

**COP** (**C**oefficient **O**f **P**erformance) 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

## 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%

# 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:**

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%	

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

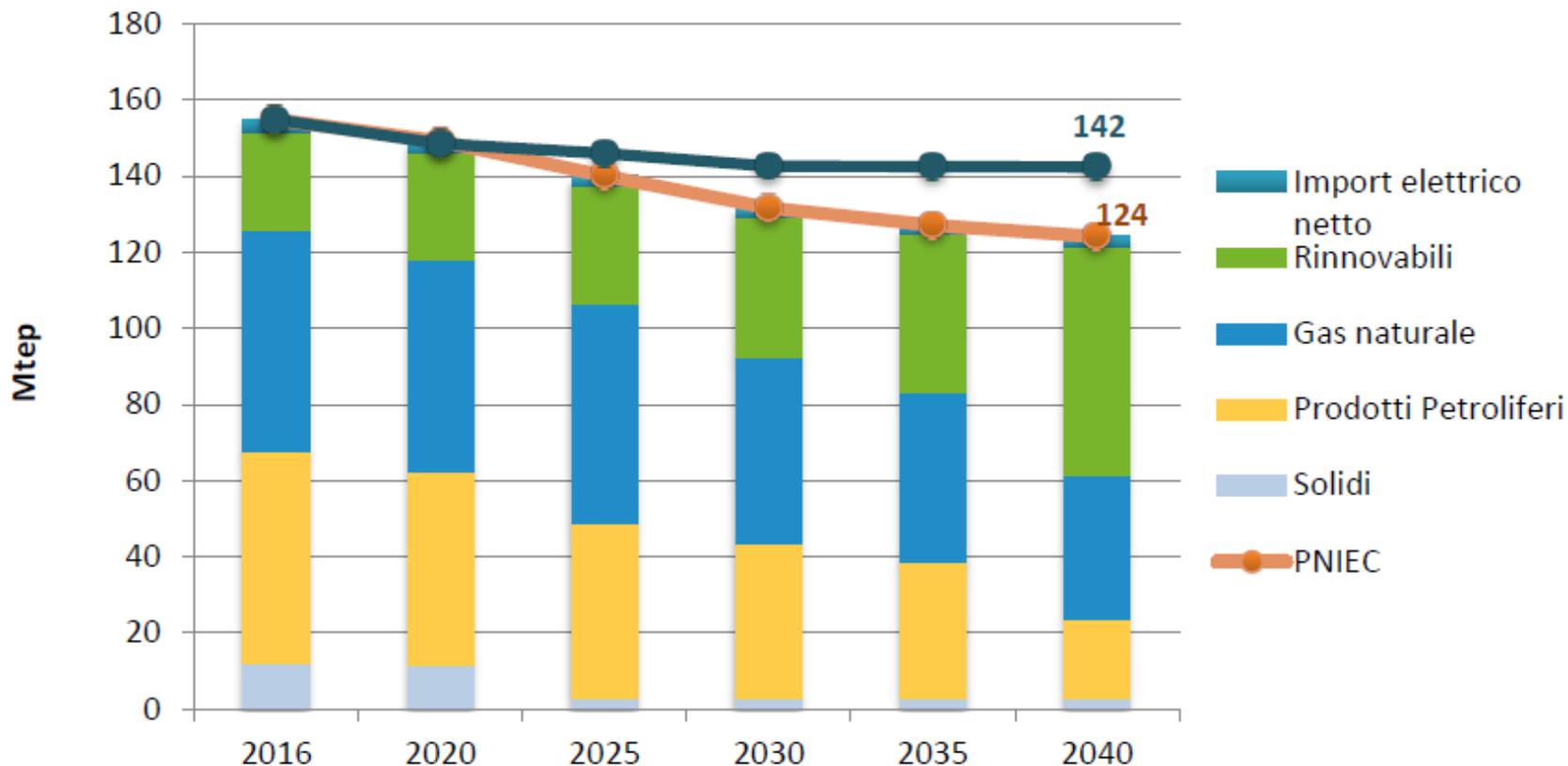


Figura 69 - Emissioni di gas serra storiche fino al 2015 e secondo lo scenario PNIEC disaggregate per settore (MtCO<sub>2</sub>eq) [Fonte: ISPRA]

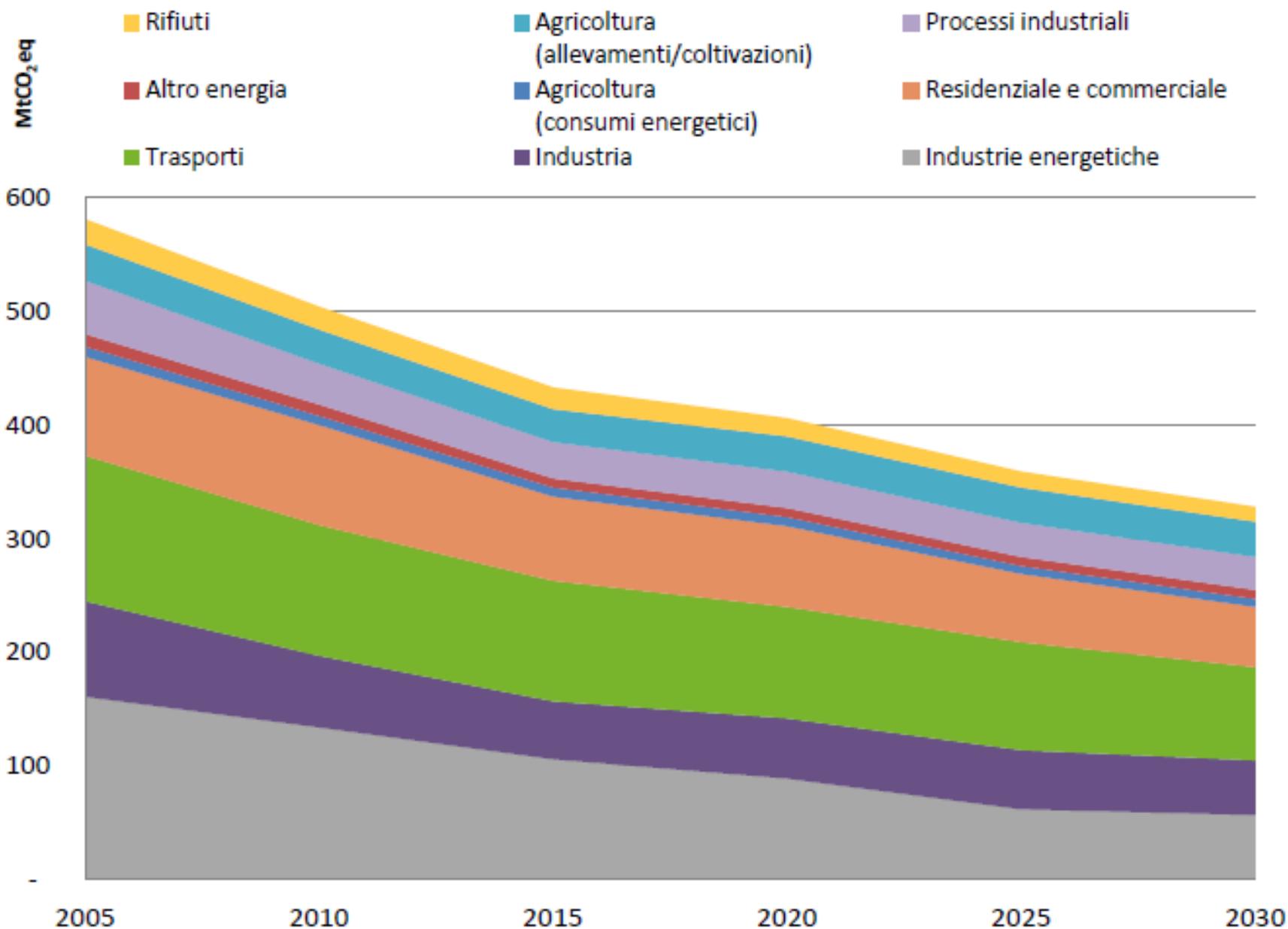
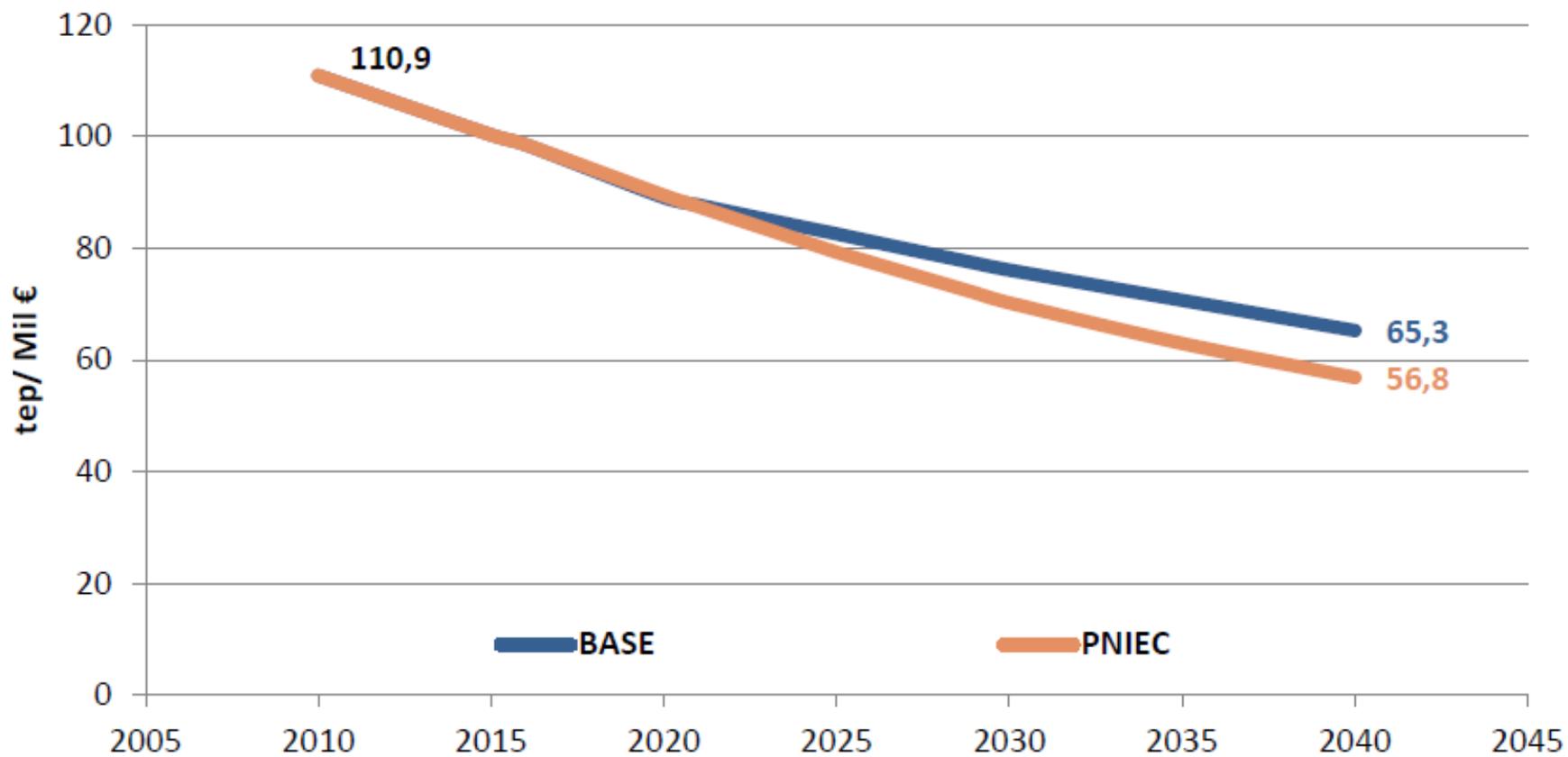
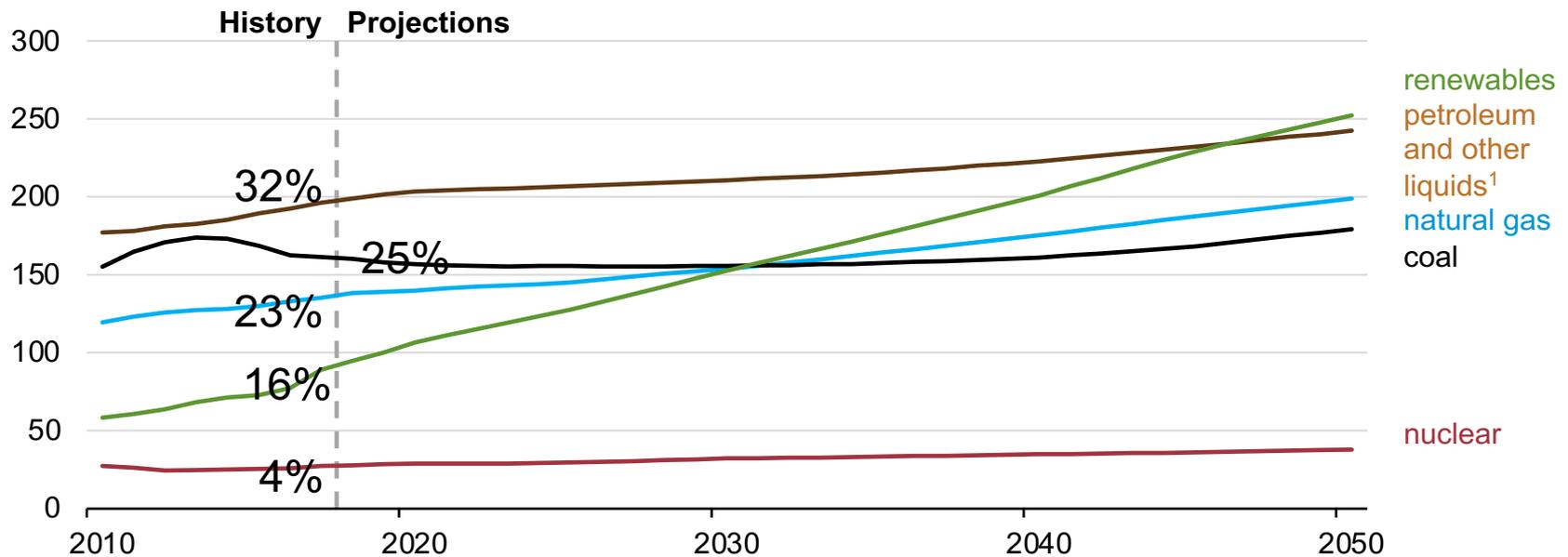


Figura 65 - Evoluzione dell'intensità energetica al 2040



# IEO2019 projects renewables the most used energy source by 2050

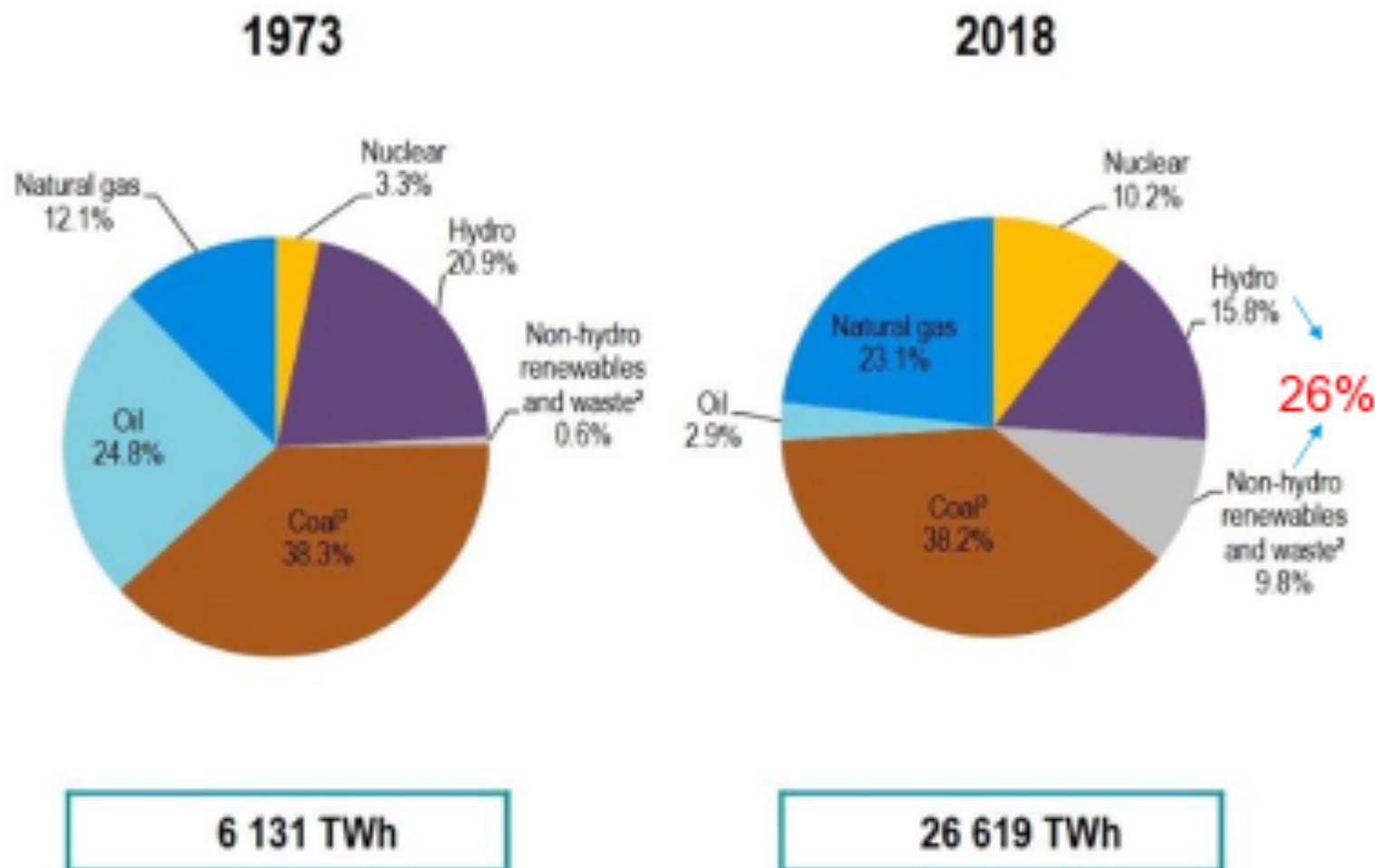
**Primary energy consumption by fuel, world**  
quadrillion British thermal units



Note: 1 = Includes biofuels

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

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



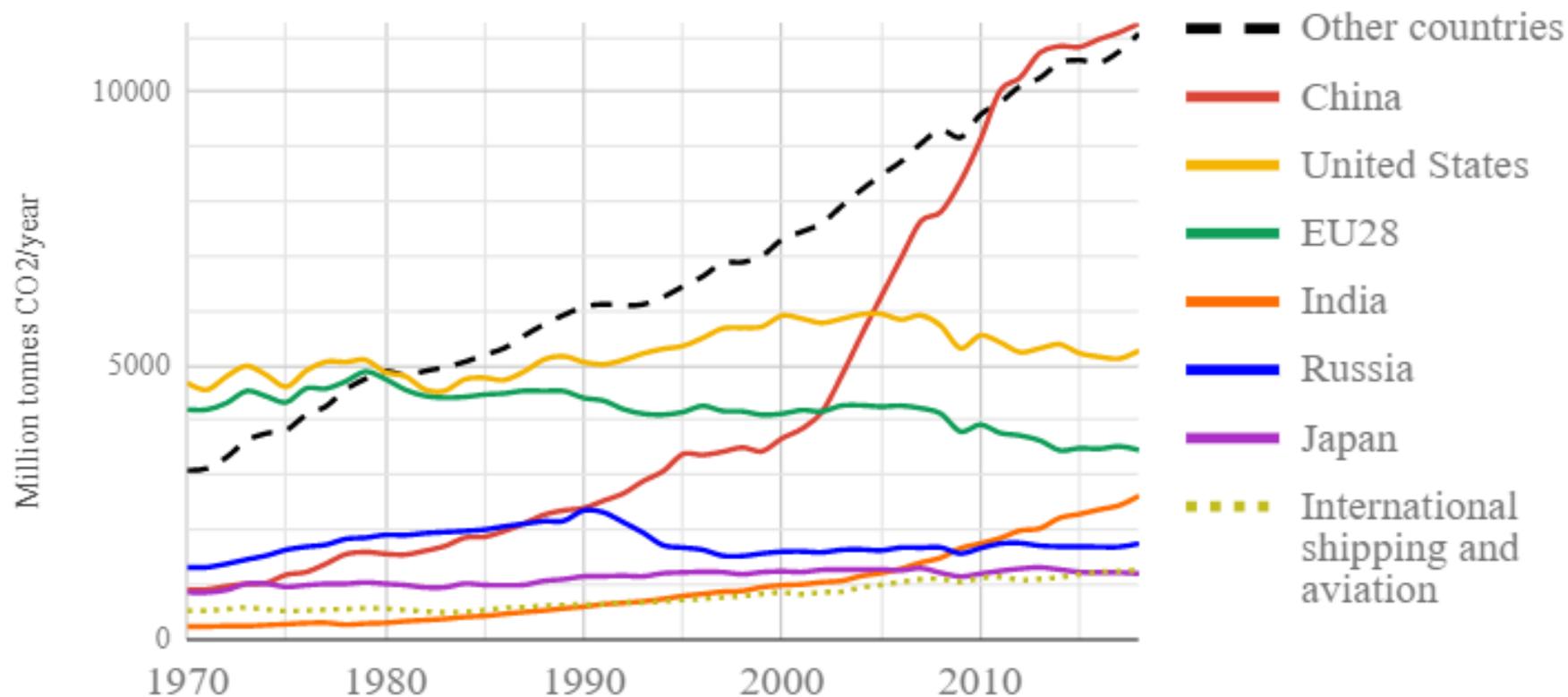
1. Excludes electricity generation from pumped storage.

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

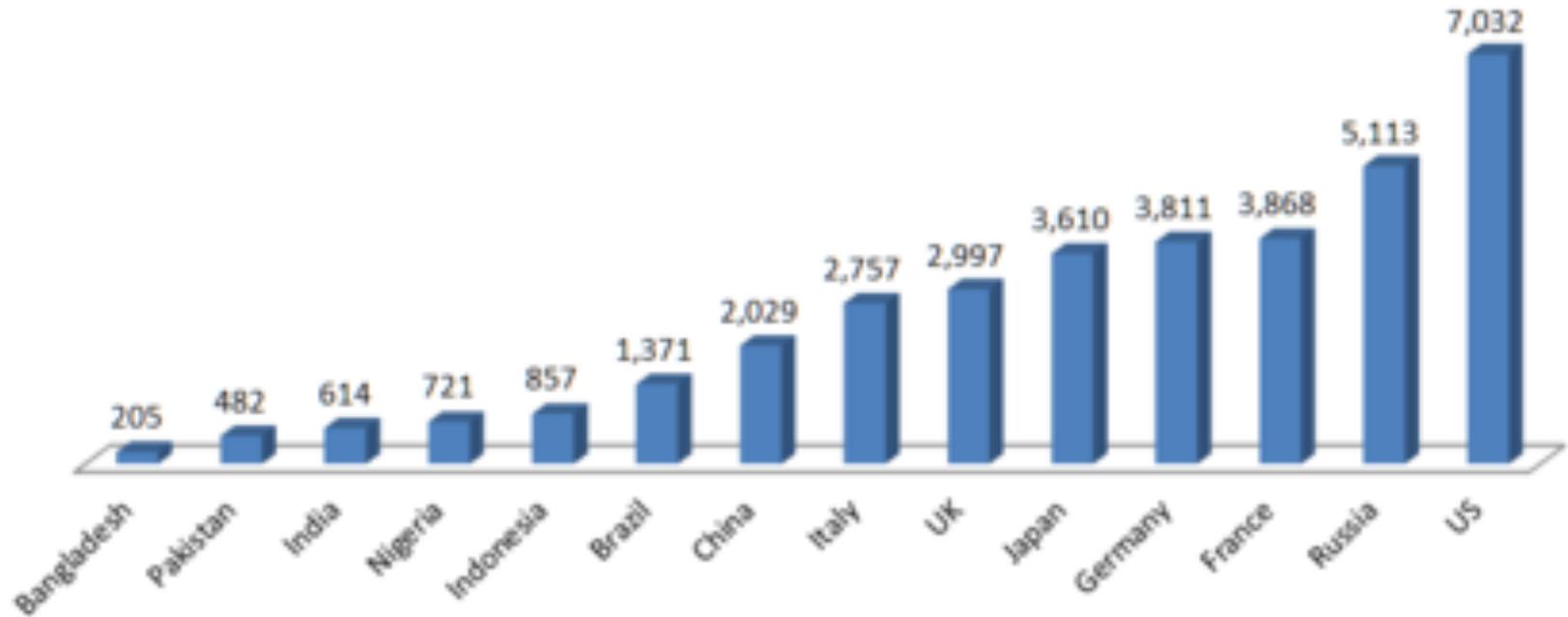
3. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.

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

# World fossil carbon dioxide emission 1970-2018



## Energy Use per Capita



In tonnellate di petrolio all'anno

# I piani energetici

- **Incrementare i consumi elettrici e produrre elettricità con rinnovabili**
- **Privilegiare il gas 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**

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

**grazie per  
l'attenzione**

***END***