

Le forme innovative dell'energia e la manutenzione

Corso su: la manutenzione nel settore energetico: gli aspetti teorici e normativi

Franco Rispoli

tel 06 44585233

franco.rispoli@uniroma1.it

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Why me?



Franco Rispoli è professore di sistemi per l'energia e l'ambiente presso il dipartimento di ingegneria meccanica e aerospaziale, Sapienza Università di Roma. Dottore di ricerca in ingegneria energetica (1987). Research contractor European Center for Scientific and Engineering Computing IBM (1988). Visiting research presso Rutgers University (1990) e dal 2004 visiting research presso Rice University. Past president OWEMES: *offshore Wind and Other Marine Renewable Energies in Mediterranean and European Seas*. Past director of Master EFER: *Efficienza Energetica e Fonti Rinnovabili*. Panelist of consolidator grants and reviewer of starting, advanced, and Synergy grants of ERC (European Research Council) dal 2017. Coordinatore nazionale dell'EROFTAC: European Research Community on: Flow, Turbulence and Combustion.

Franco Rispoli è leader di un gruppo di ricerca per l'innovazione delle macchine a fluido e dei sistemi energetici, collaborando con realtà industriale ed enti di ricerca quali: GE Oil&Gas, Ebara Europe spa, Flakt Woods Ltd, Faggiolati Pumps, ENI, CNR, ENEA, Ferrovie dello stato, RFI, &c.

Franco Rispoli è autore di 183 lavori di cui 66 articoli su riviste internazionali e 5 brevetti internazionali è inoltre revisore di numerose riviste internazionali e organizzatore di numerosi congressi nazionali e internazionali.



my current team

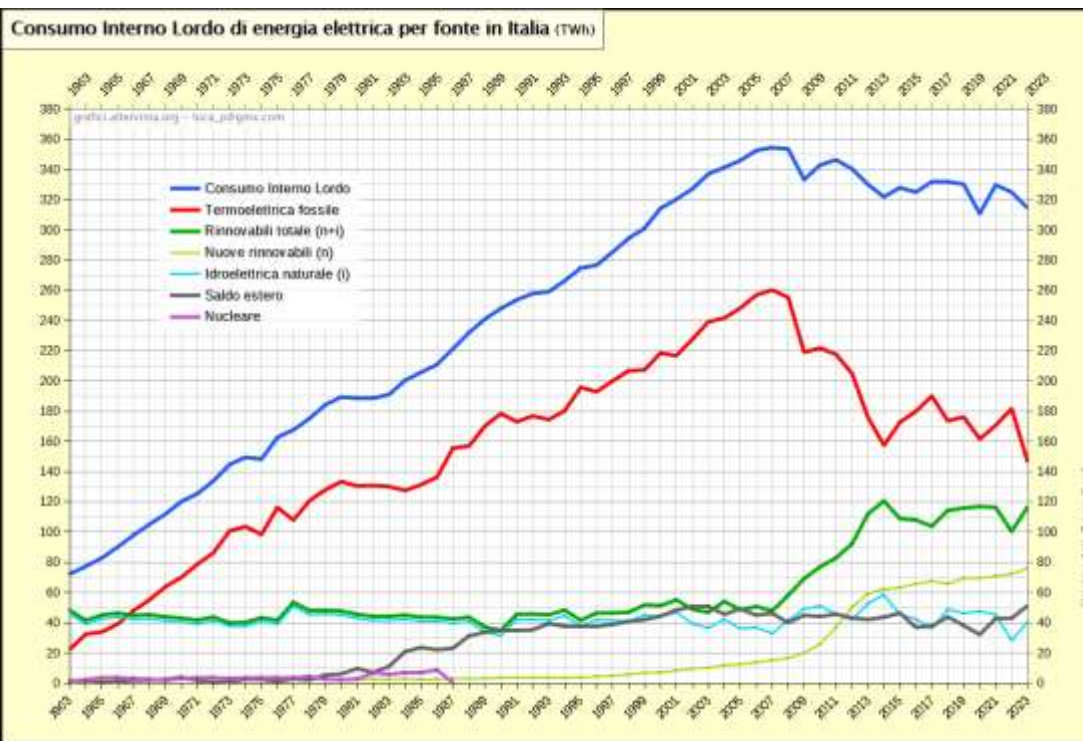
Alessandro Corsini, Domenico Borello, Giovanni Delibra, Valerio Barnabei, Alessio Castorrini, Giuliano Agati, Gabriele Gagliardi, Orlando Palone, Paolo Venturini, Filippo de Girolamo, Vincenzo Morici, Tullio Ancora.

Sommario

- Introduzione
- I sistemi energetici e le fonti energetiche
- Gli usi finali e i processi di conversione
- Scenari energetici globali
- Combustibili tradizionali e impianti di potenza
- Nesso materiali-energia nella transizione energetica
- Dati energetici nazionali

INTRODUZIONE

Consumi loro suddivisione e prezzi energia elettrica



Anter Monitor

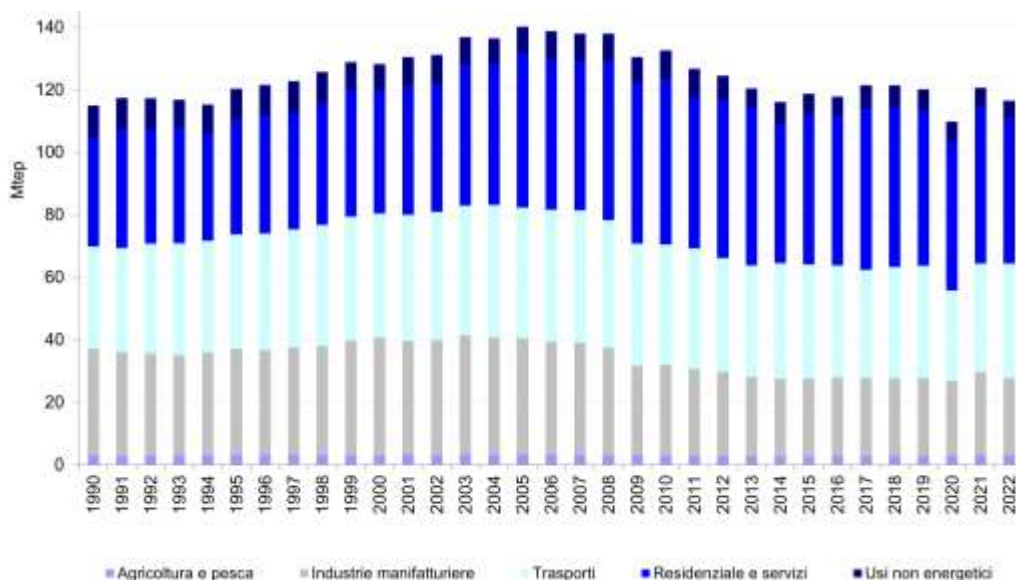
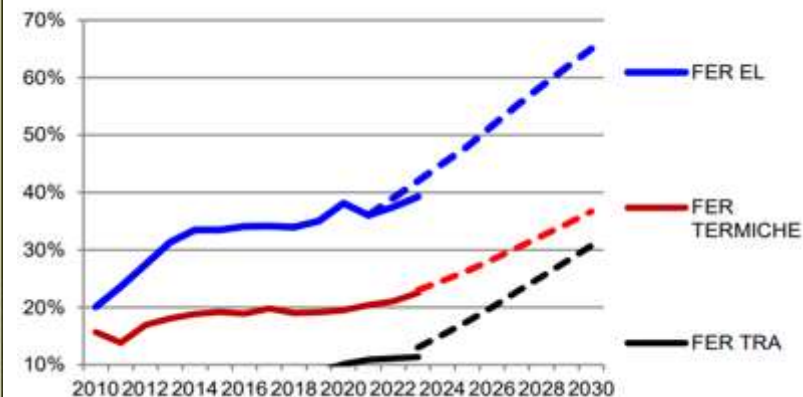
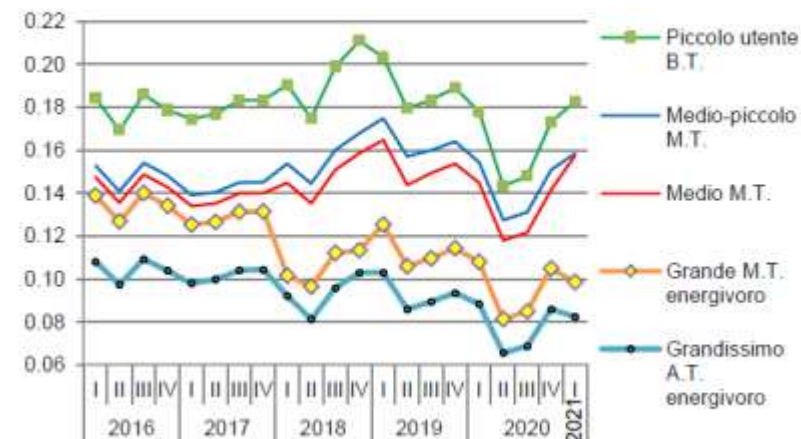
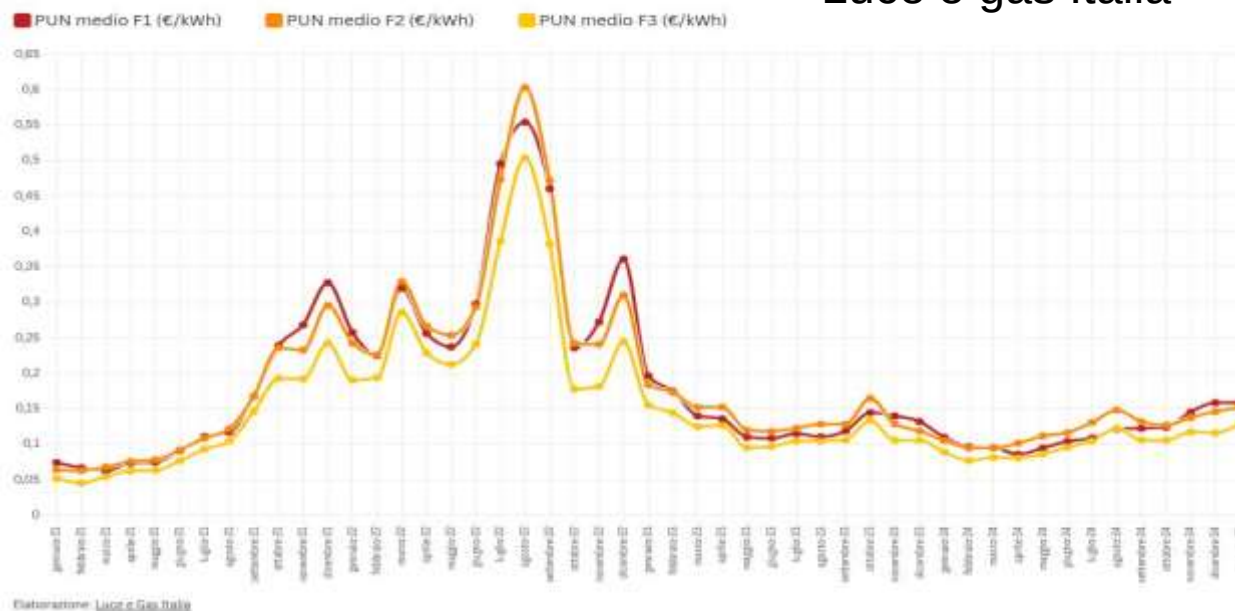


Figura 6-2 - Prezzi totali per diverse tipologie di imprese, incluse accise ed esclusa IVA (€/kWh).



Consumi per settore

Andamento storico del PUN (Prezzo Unico Nazionale)



Luce e gas Italia

Figura 2-1 – Prezzo dei greggi WTI e Brent, gennaio 2010 – gennaio 2021 (\$/bl)



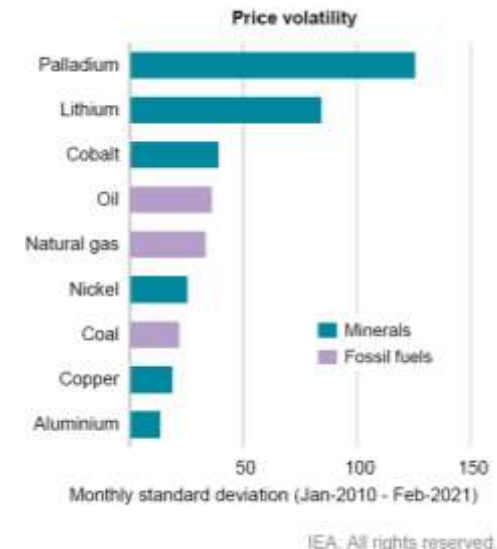
Will the Energy Transition Lower Price Volatility?

There is no reason to expect energy prices to be less volatile in a low-carbon world.

First, fossil fuels continue to play a role in the energy transition: in the International Energy Agency's [Net Zero by 2050](#) roadmap, oil and gas still provide around 20 percent of the world's energy in 2050 (mostly as a feedstock, paired with carbon capture and storage).

Second, the energy transition will need a lot of commodities whose prices can be volatile. - inputs into a manufacturing process (e.g., lithium, cobalt, nickel, lithium, copper)

- secondary markets (biofuels - food markets)
- energy transition will rely heavily on hydrogen in part because it can be stored



Third, electricity prices are often more volatile in the short term than fuel prices because the costs of imbalance are more acute

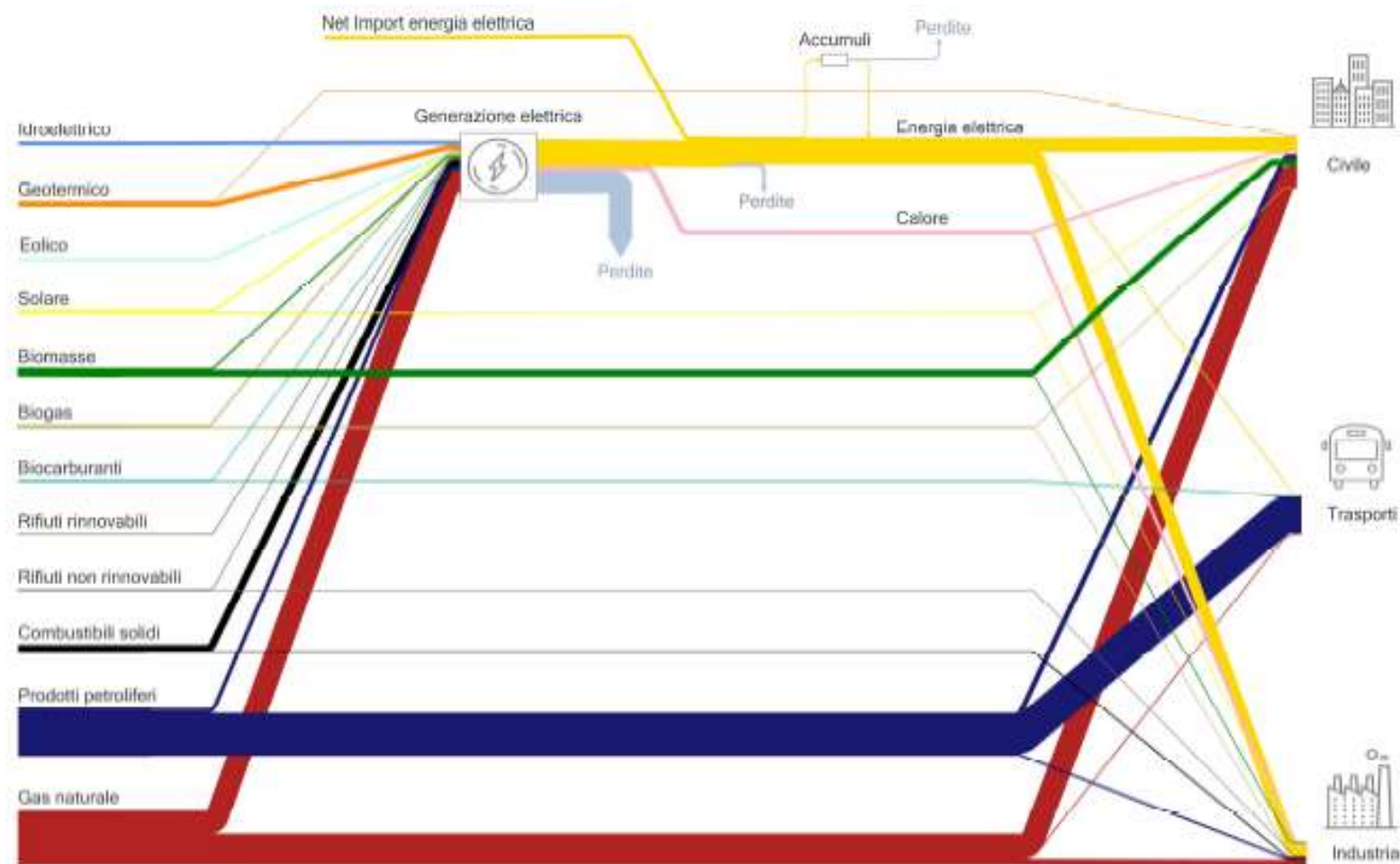
... A car can fill up later. A factory might cancel a shift. But brownouts and blackouts are costly, and keeping a system balanced at all times is expensive. This challenge will become more acute as intermittent energy sources grow

Fourth, climate change will stress our energy and electricity systems

Diagrammi di Sankey

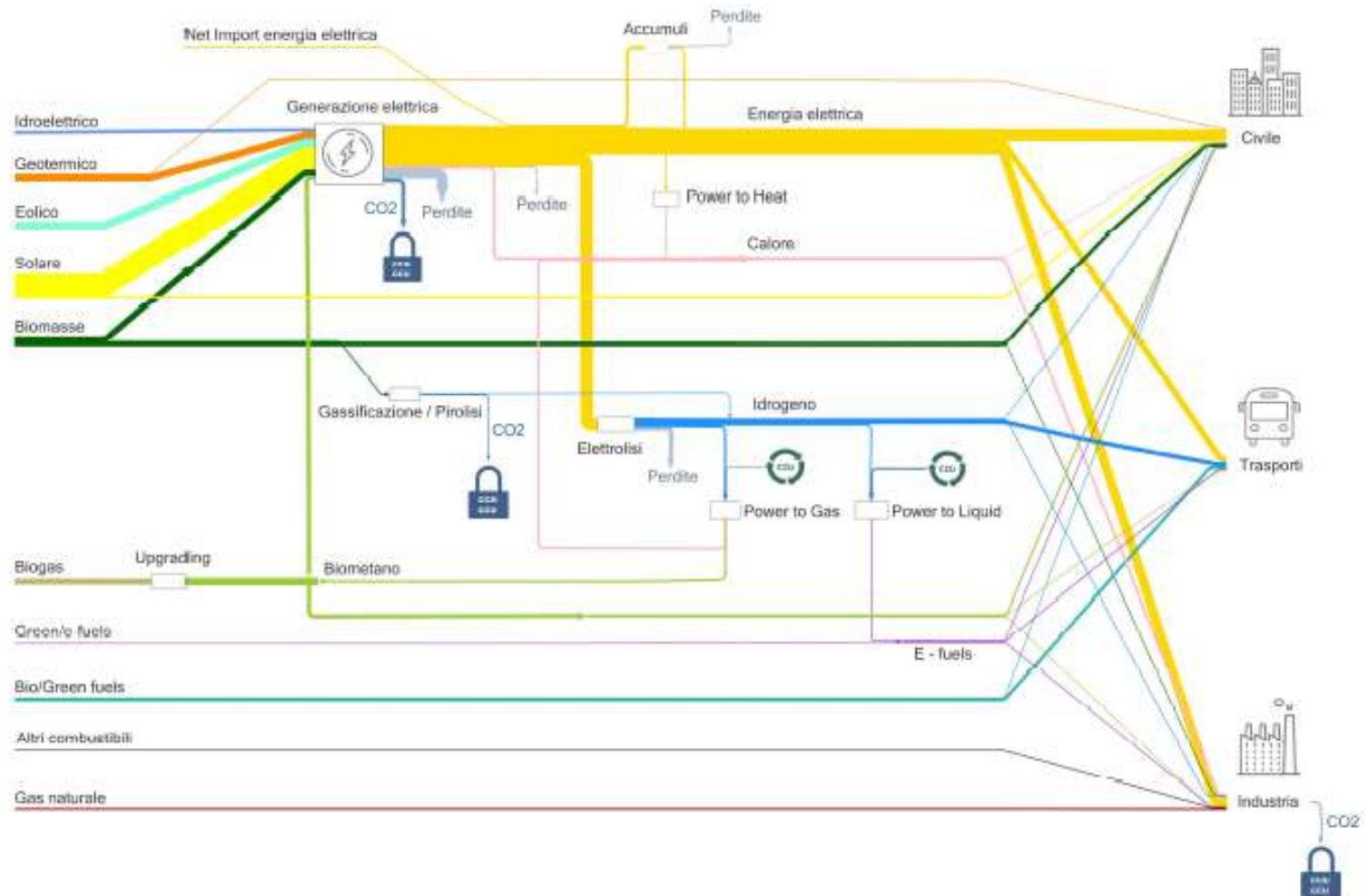
Bilancio energetico Italia 2018

Fonte: Eurostat

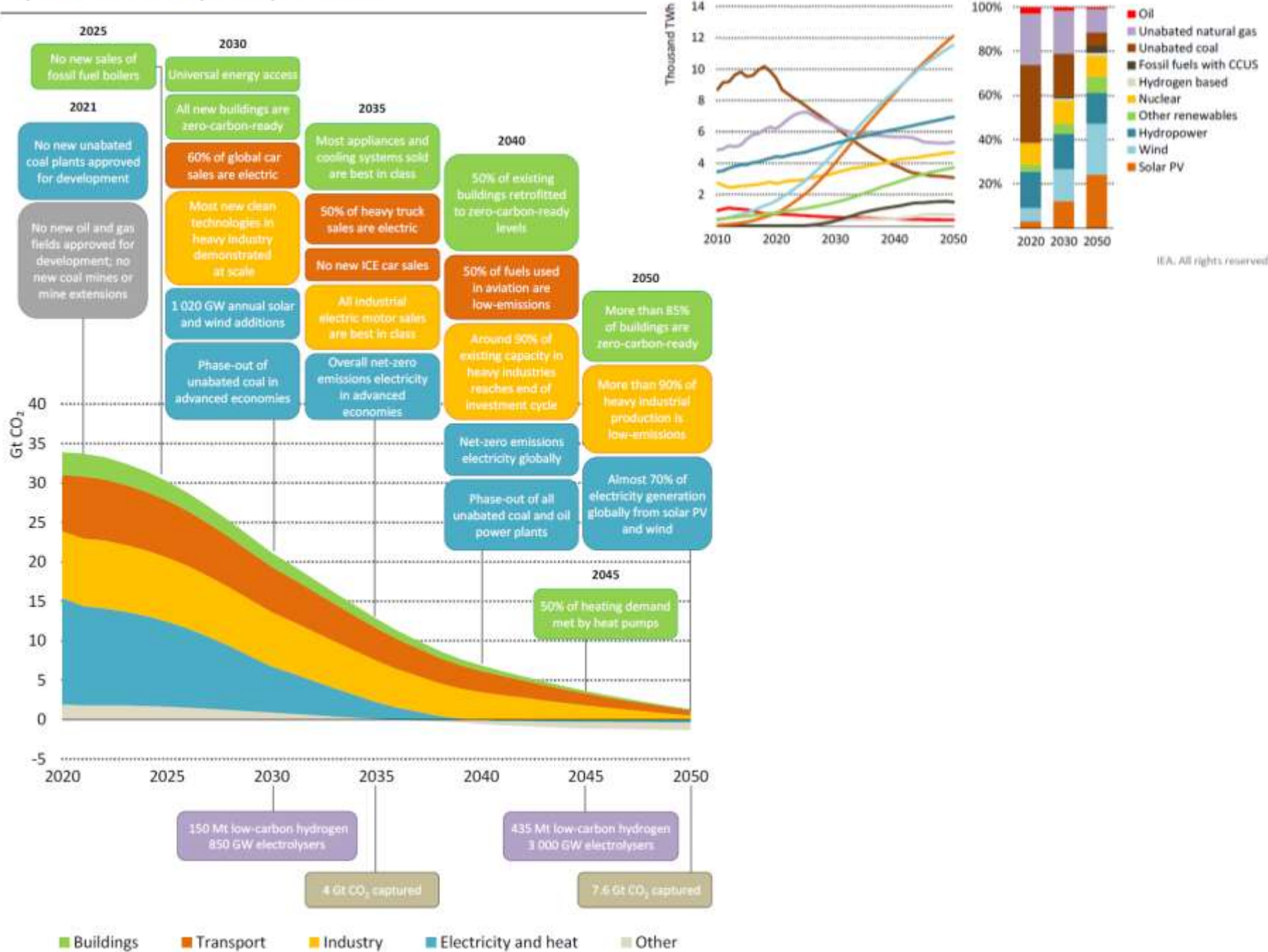


Diagrammi di Sankey

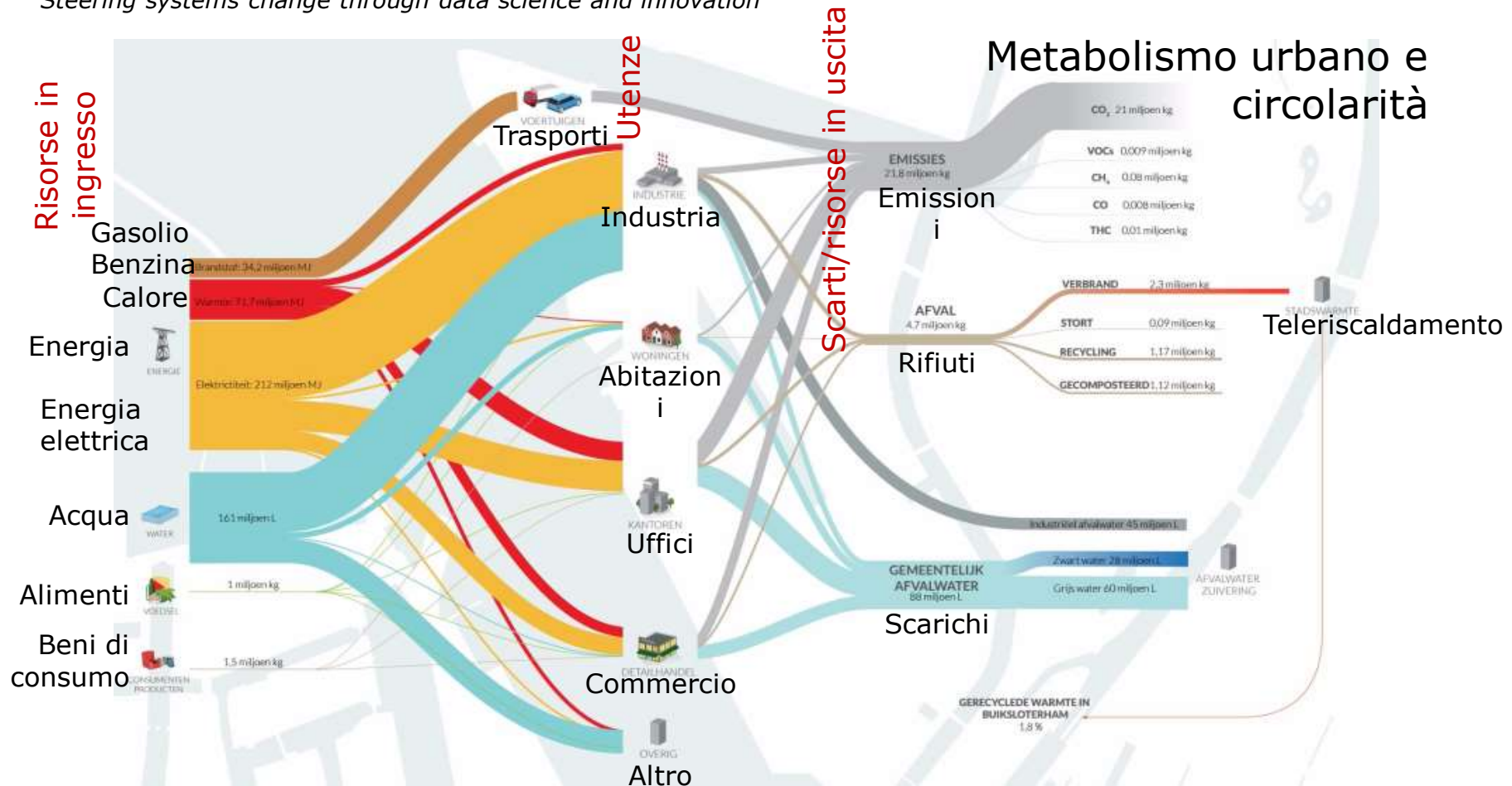
Bilancio energetico Italia 2050
Scenario di decarbonizzazione
Fonte: RSE



Key milestones in the pathway to net zero



Amsterdam Circular Buikslotheram (2014)
Steering systems change through data science and innovation



Incrementare il mix energetico
 Attivare processi metabolici (uso, accumulo, generazione)
 Valorizzare dei flussi residui di materia/energia

Key concepts, *Smart Energy Systems*

Efficienza

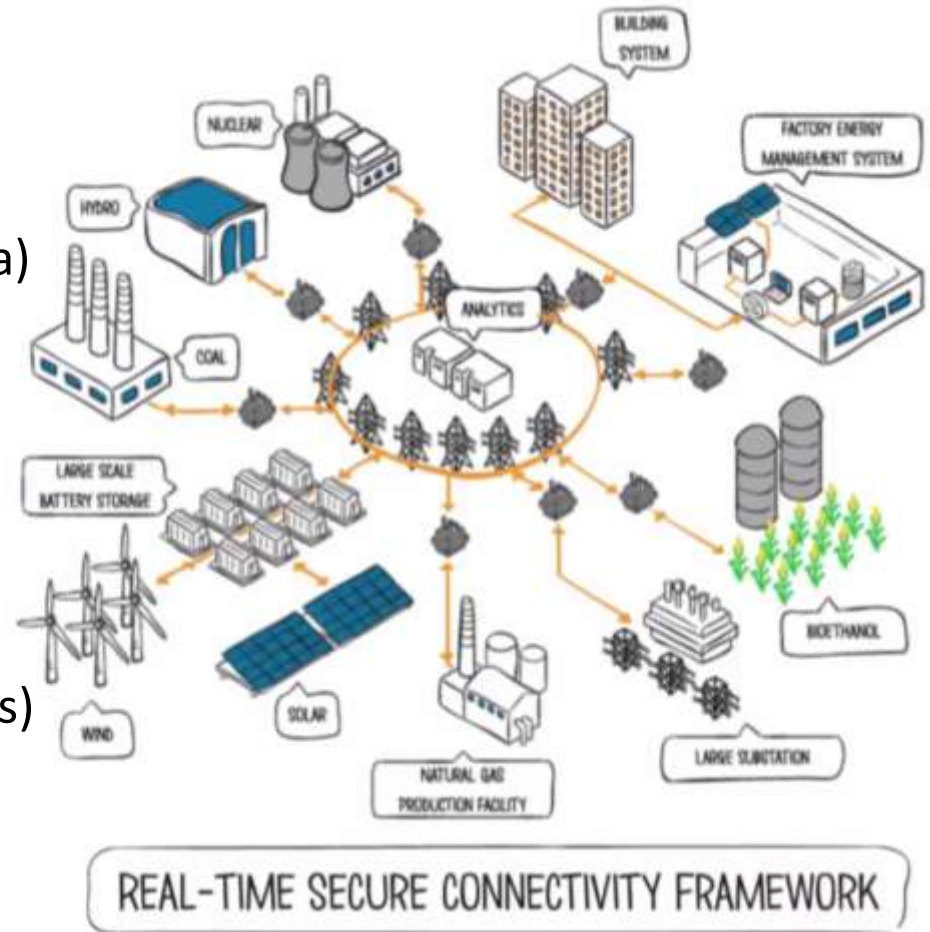
(gestione della domanda e dell'offerta)

Sostenibilità

(energetica e ambientale)

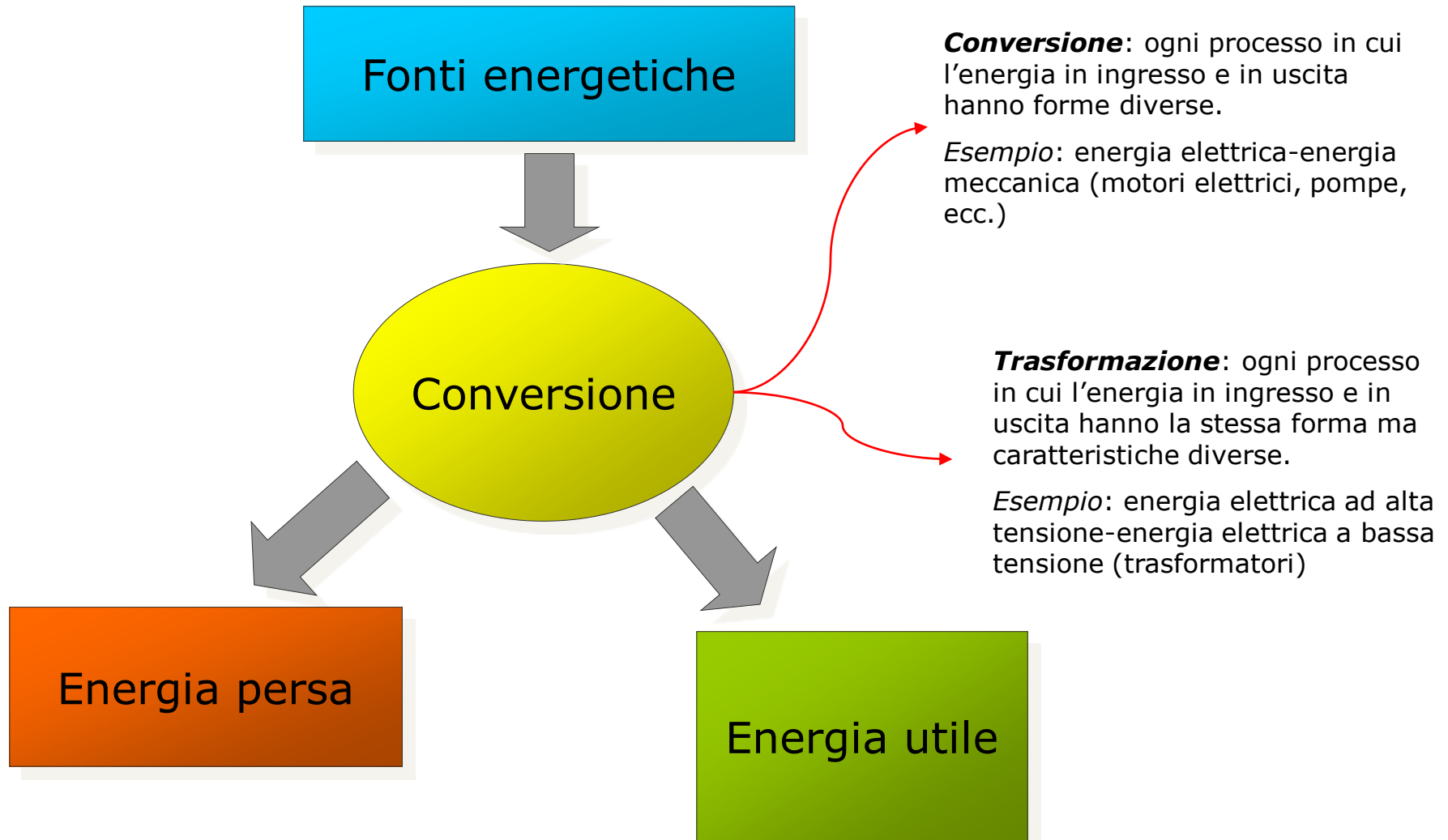
Conoscenza (sensing & measurements)

Integrazione (ICT)



I SISTEMI E LE FONTI ENERGETICHE

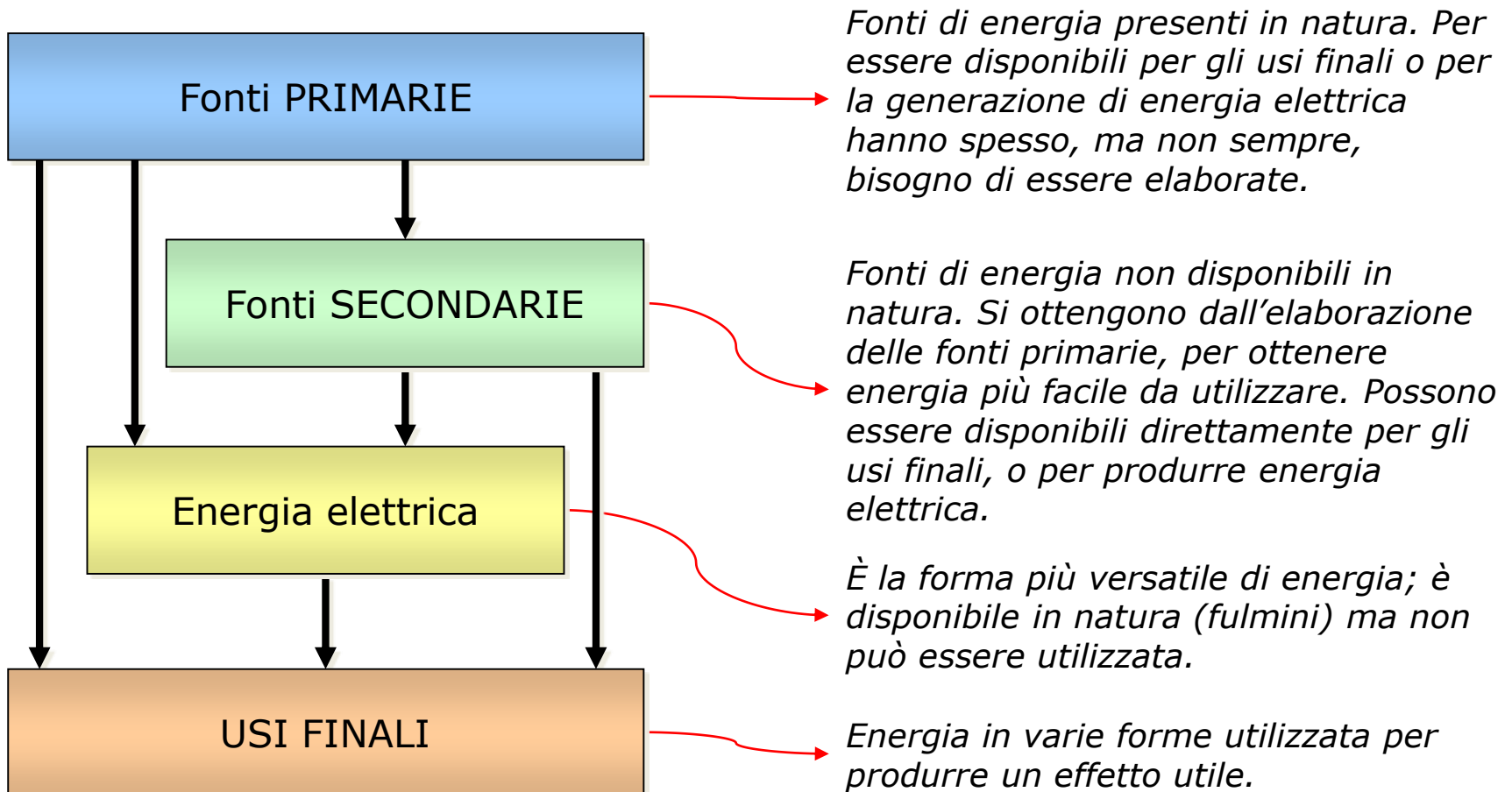
I sistemi energetici



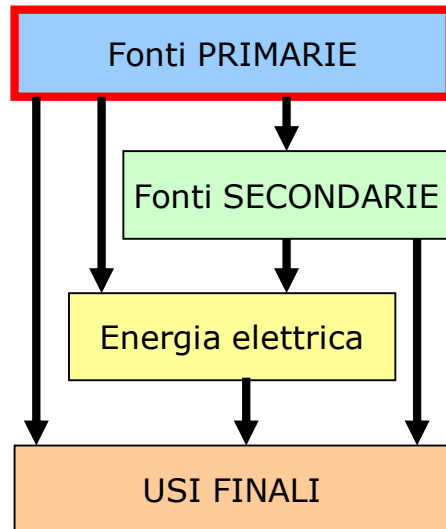
Le fonti energetiche

Forme di energia

Chimica, Elettrica, Elettromagnetica, Meccanica, Nucleare, Termica.



Le fonti energetiche



CLASSIFICAZIONI

Rinnovabilità

Fonti rinnovabili

Sono quelle il cui tempo di ripristino è paragonabile alla durata di vita media dell'uomo.

Fonti non rinnovabili

Sono quelle il cui tempo di ripristino è molto più lungo della vita media dell'uomo.

Diffusione

FONTI COMMERCIALI:

Fonti più comunemente utilizzate.

FONTI NON COMMERCIALI:

Fonti meno utilizzate e diffuse.

ENERGIA NUCLEARE:

In alcuni paesi è una fonte commerciale, in altri no.

Forme

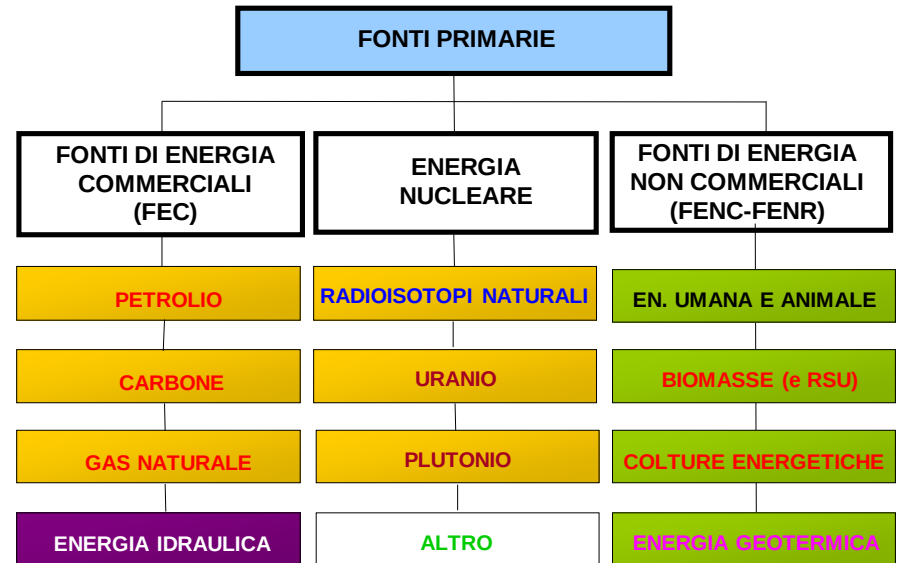
Energia CHIMICA

Energia ELETTROMAGNETICA

Energia MECCANICA

Energia TERMICA

Energia NUCLEARE



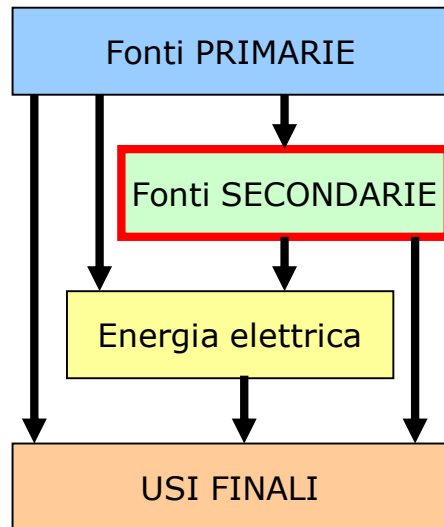
Legenda:

FEC: Fonti Energetiche Commerciali
 FENC: Fonti Energetiche Non Commerciali
 FENR: Fonti Energetiche Nuove e Rinnovabili
 OTEC: Ocean Thermal Energy Conversion (Conversione dell'Energia Termica Oceanica)

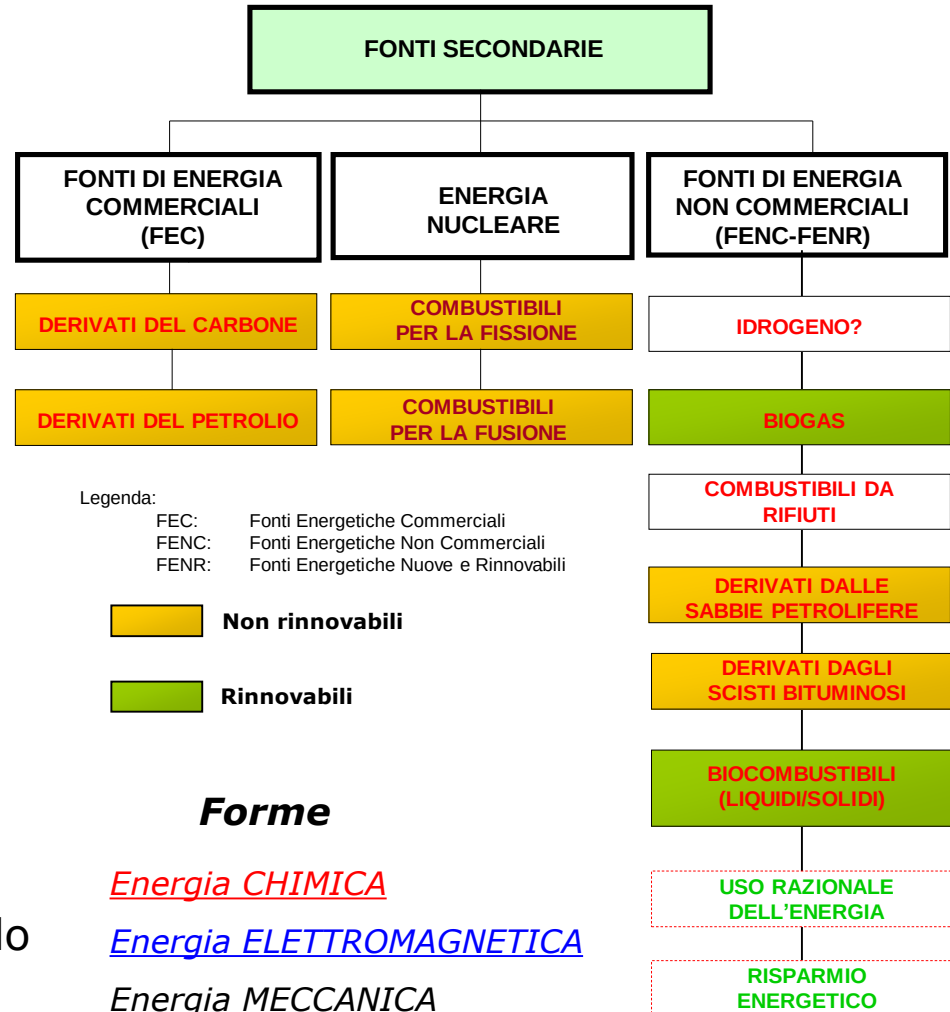
USO RAZIONALE DELL'ENERGIA

RISPARMIO ENERGETICO

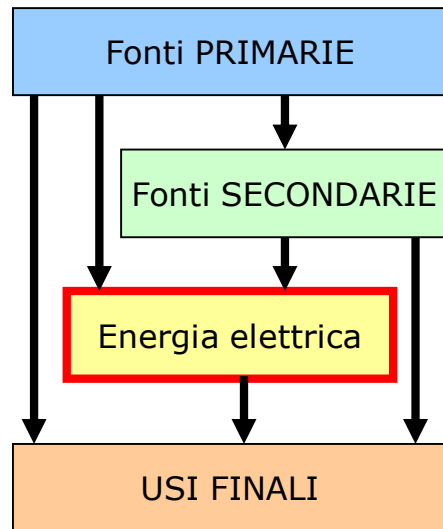
Le fonti energetiche



- Possono essere utilizzate in maniera più efficiente delle fonti primarie da cui derivano (benzina, polverino di carbone, ...);
- Sono più adatte al trasporto e allo stoccaggio (pellet, gasolio, ...);



Le fonti energetiche



ENERGIA ELETTRICA

Forma di energia di pregio.

Molto versatile: può essere prodotta a partire da qualsiasi altra fonte; può essere riconvertita in quasi tutte le altre forme; può essere trasformata in energia elettrica con altre caratteristiche; può essere trasportata per lunghe distanze con perdite contenute.

Non può essere immagazzinata nel tempo.

VETTORI ENERGETICI

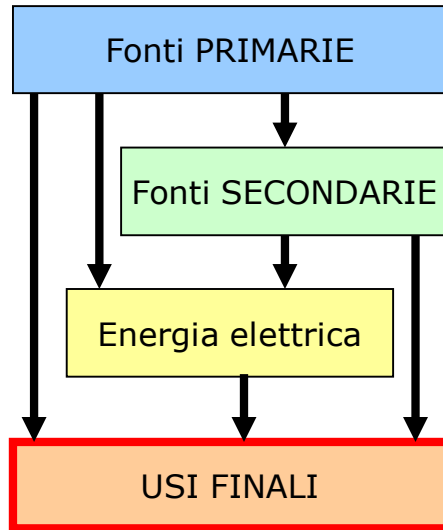
Permettono di veicolare l'energia nello spazio e nel tempo.

Spesso coincidono con le fonti primarie (petrolio, carbone, biomassa, ...), o secondarie (benzina, pellet, idrogeno, trasmissioni meccaniche, ...).

L'energia elettrica è un vettore energetico particolare: permette il trasporto anche per lunghe distanze, ma non permette lo stoccaggio.

USI FINALI E PROCESSI DI CONVERSIONE

Gli usi finali



USI FINALI

Energia nella forma in cui se ne ha bisogno per produrre un dato effetto utile:

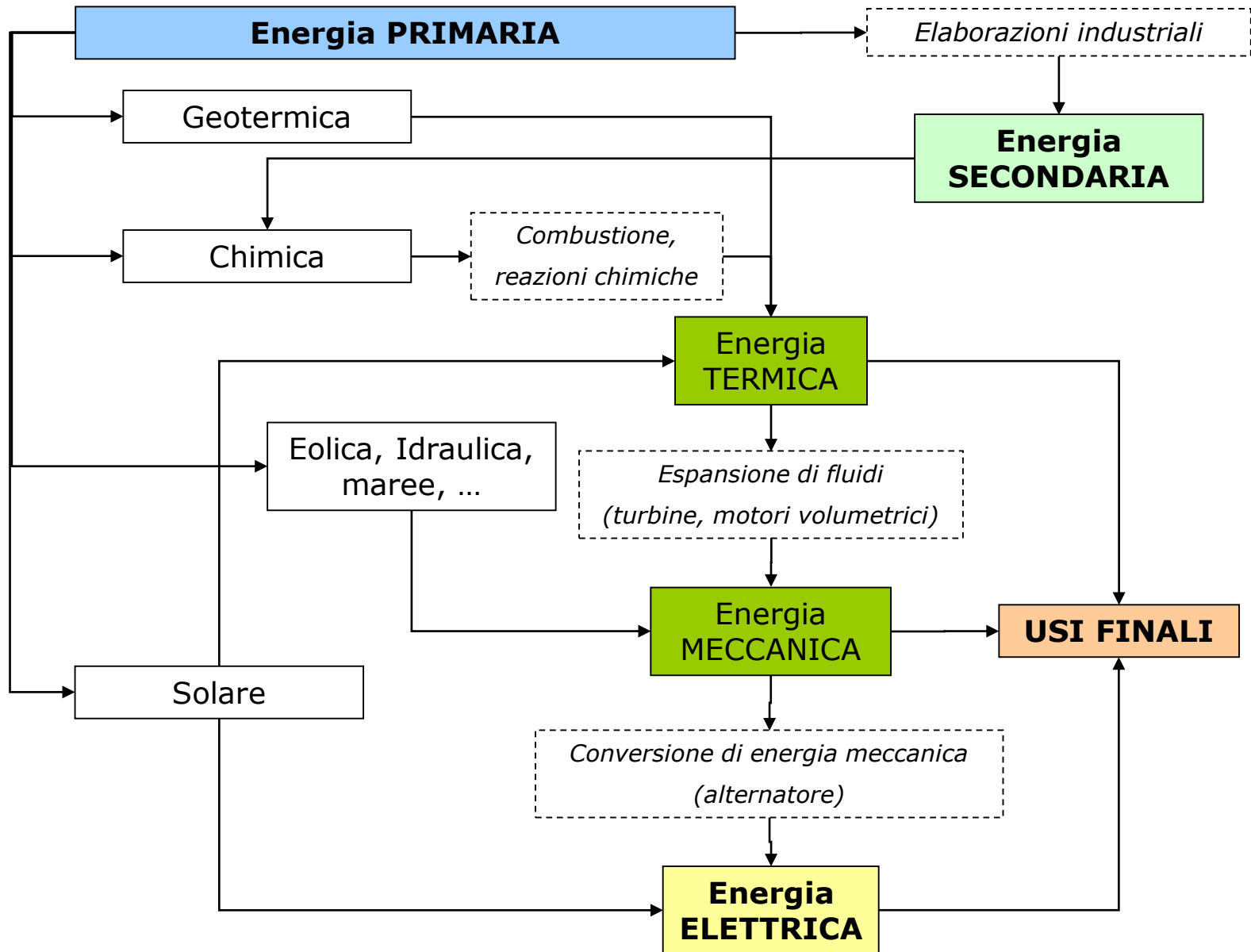
- Meccanico
- Termico
- Elettrico

Settori di utilizzo

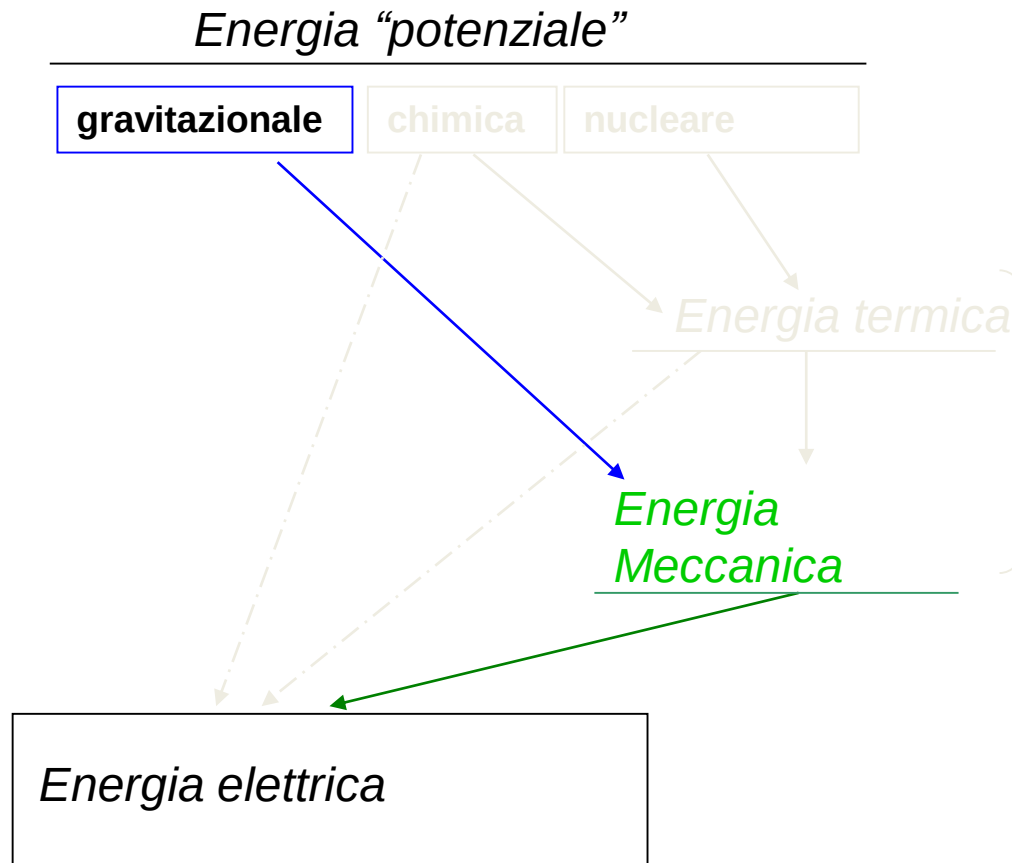
- AGRICOLTURA/PESCA
- RESIDENZIALE/TERZIARIO
- INDUSTRIA
- TRASPORTI

Si può intervenire sugli usi finali per ridurre la domanda di energia primaria/secondaria, con un uso più razionale dell'energia (utilizzo di energia nelle forme più adatte all'uso finale), o con il risparmio energetico (miglioramento delle prestazioni dei dispositivi utilizzatori di energia).

I processi di conversione



Conversione dell'energia, origine e classificazione (ii)

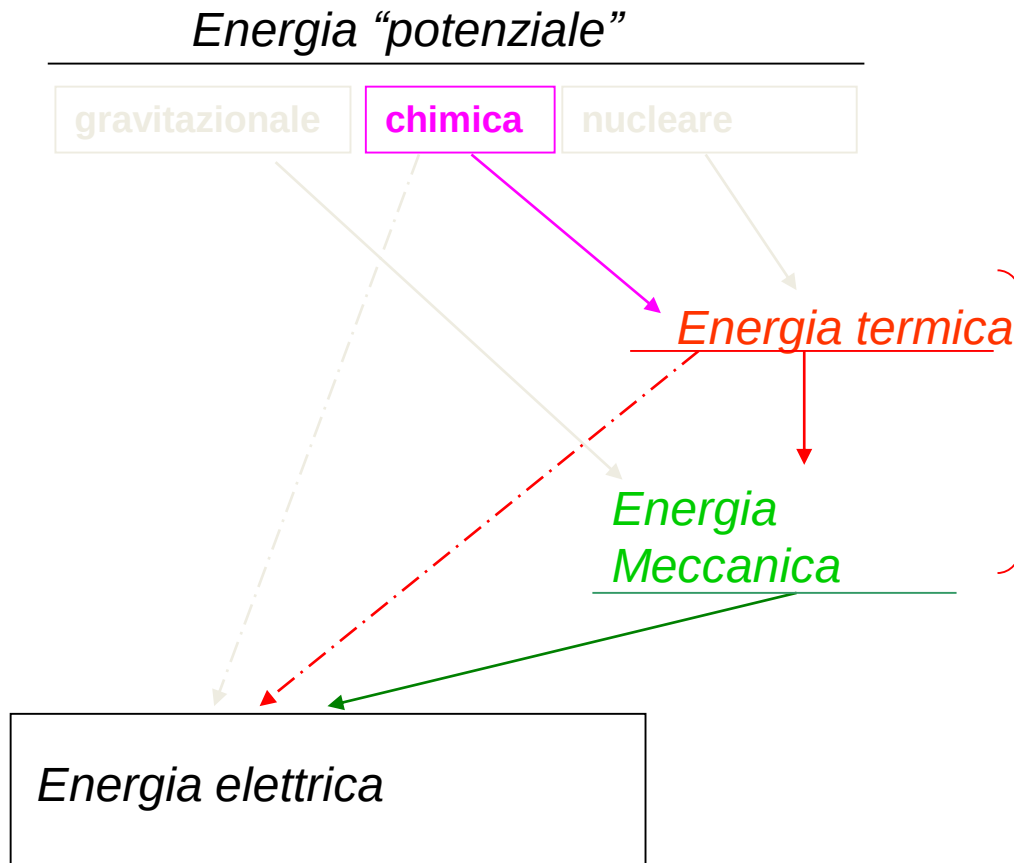


conversione idro-meccanica

*processo di conversione diretto,
elevate efficienze di conversione
è determinata dalla tecnologia*



Conversione dell'energia, origine e classificazione (iii)

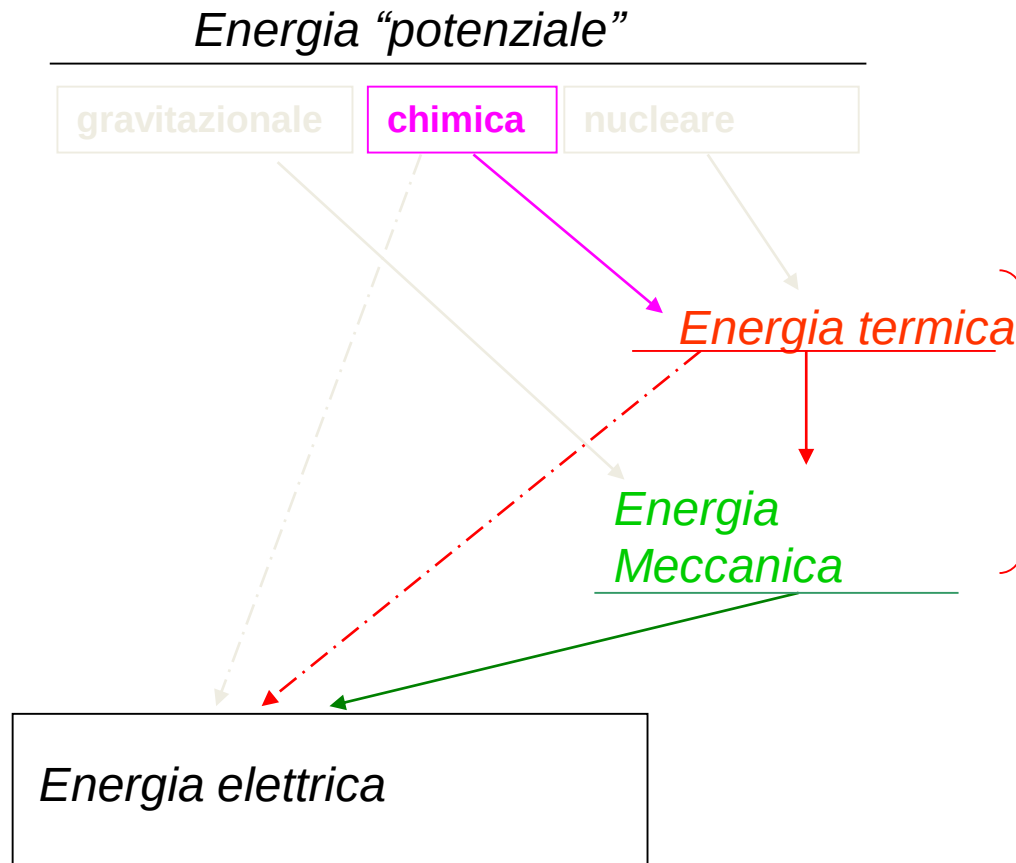


Conversione chimico-fisica

Funzione dell'energia contenuta all'interno dei legami molecolari o del nucleo atomico



Conversione dell'energia, origine e classificazione (iv)



Sistemi termo-meccanici

*Motori primi termici nei quali l'evoluzione termodinamica periodica di un fluido **elastico** permette la trasformazione non integrale di energia termica in energia meccanica.*

Possono essere distinti in ragione della natura del fluido elaborato.

acqua, cicli a vapore a combustione esterna

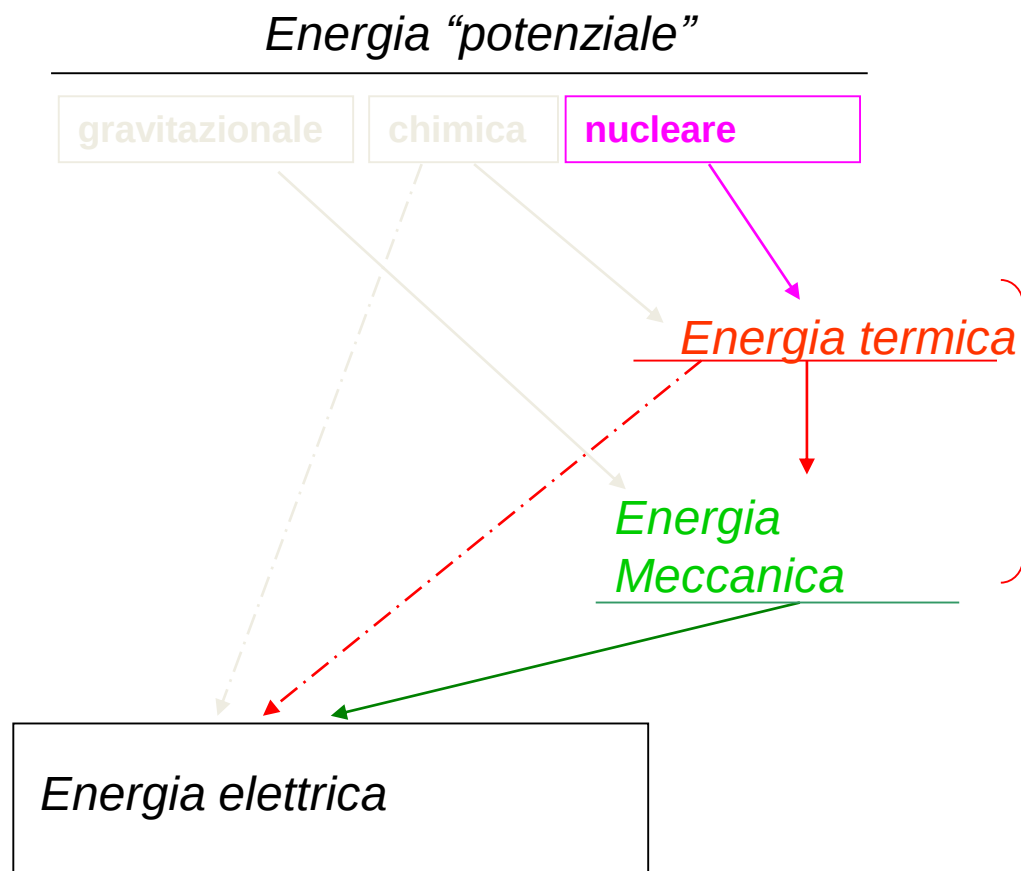
aria, cicli a gas a combustione interna (motori alternativi e turbogruppo a gas)

gas, cicli a gas a combustione esterna, es. He
cicli a vapore, es. CO₂

Effetto termoelettrico



Conversione dell'energia, origine e classificazione (v)



Conversione dell'energia, origine e classificazione (vi)

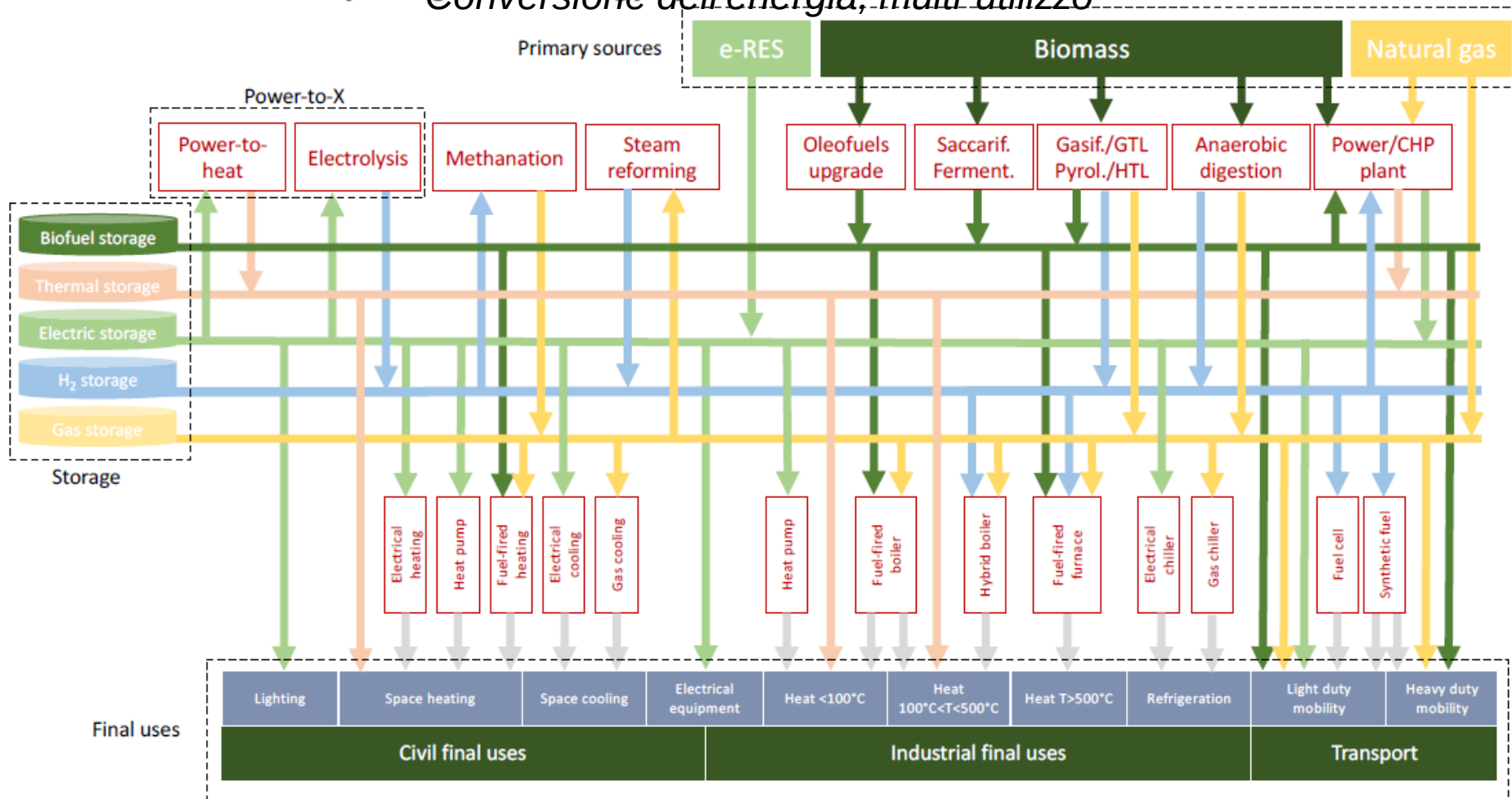
USI FINALI

Energia ELETTRICA – INDICATORE ENERGETICO

- ✓ Principale fonte energetica usata in ogni settore
- ✓ Facilità di trasporto (vettore)
- ✓ Conversione estremamente semplice (costi e impianti)
- ✓ Alta efficienza di conversione (meccanica e termica)
- ✓ Semplicità nella gestione degli impianti
- ✓ Zero inquinamento “locale”



Conversione dell'energia, multi-utilizzo



Power-to-X (P2X): the efficiency issue

Power-to-power



Power-to-gas (blending)



Power-to-power



Power-to-gas (methanation)



Power-to-power



Power-to-fuel



Power-to-power

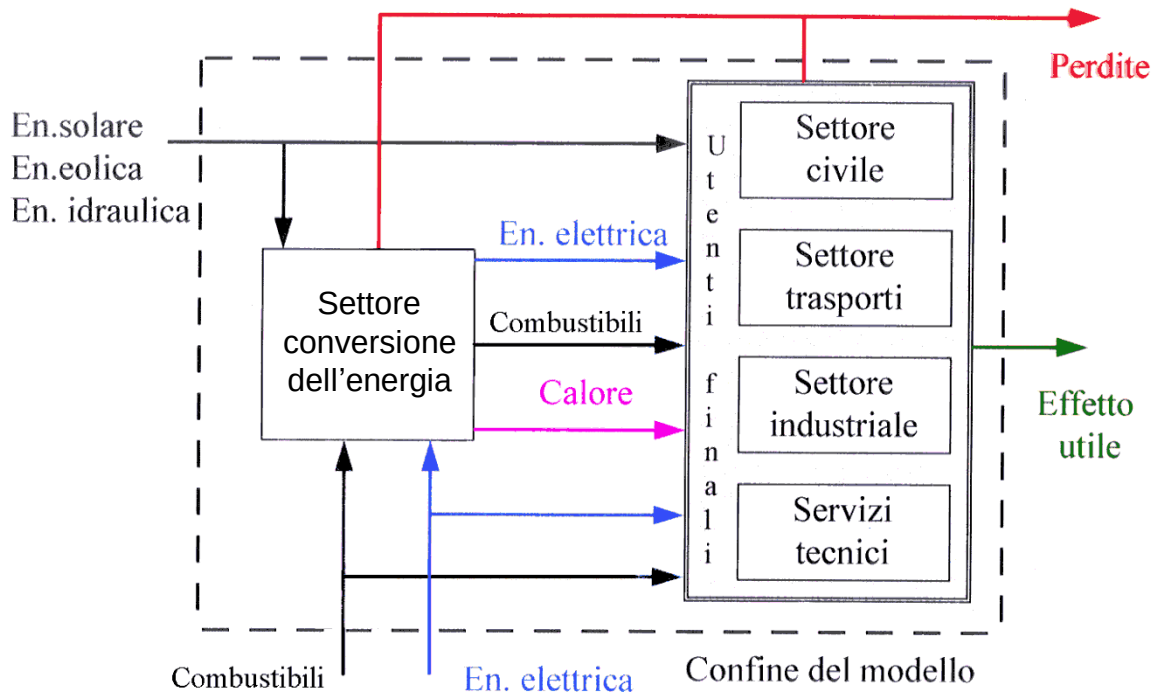


Note: The numbers denote useful energy; except for gas turbines, efficiencies are based on HHV; the conversion efficiency of gas turbines is based on LHV.

SCENARI ENERGETICI GLOBALI

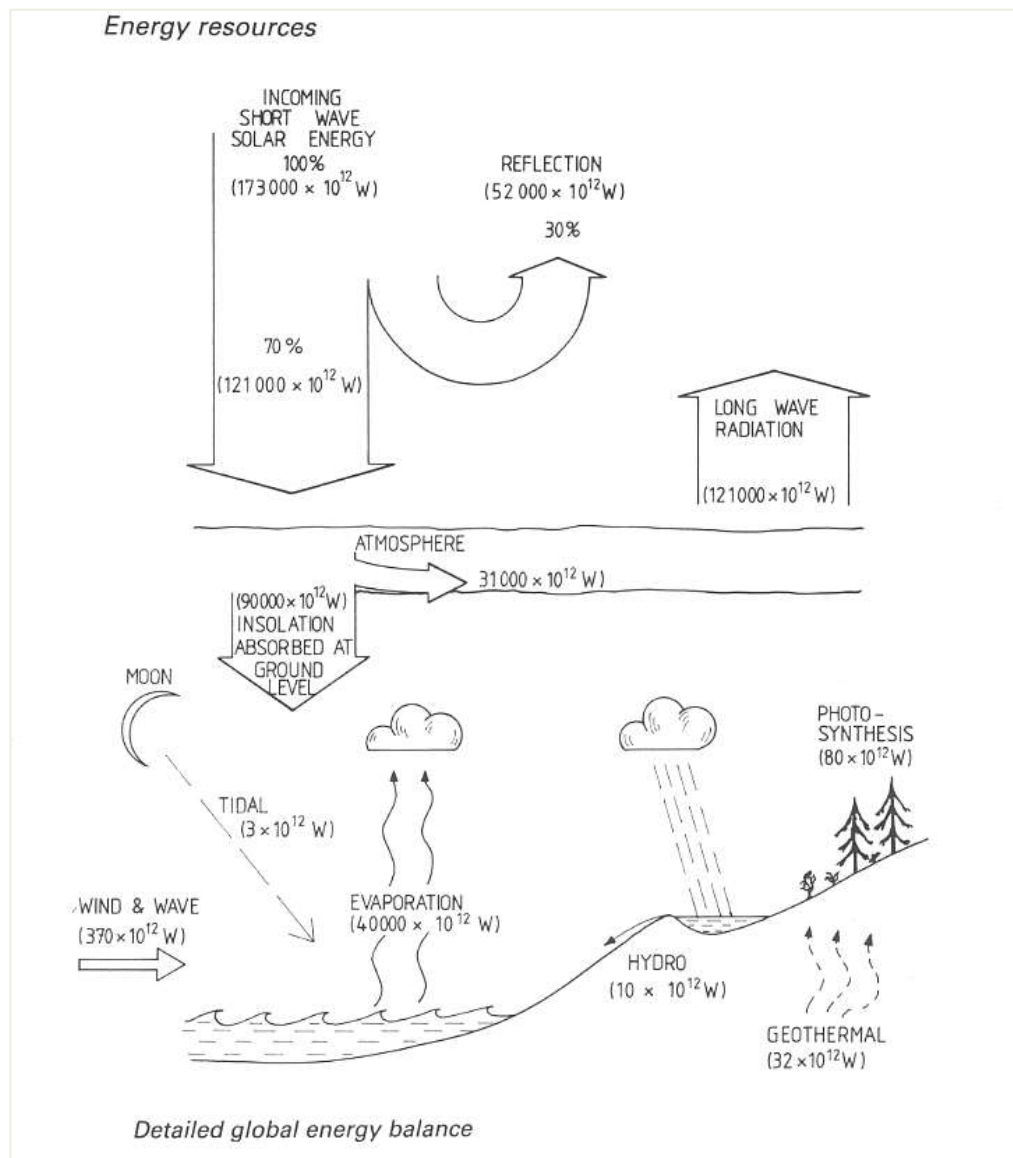
Cosa sono i bilanci energetici

**modellizzazione dei flussi energetici
entranti ed uscenti dal sistema una volta
fissati i limiti spaziale e temporale.**



- flussi energetici
- fonti primarie o secondarie entranti (energia solare, energia eolica, energia idraulica, combustibili)
- energia elettrica.
- processi di conversione interni
- effetto utile (prodotti industriali, servizi, etc.)
- perdite energetiche (calore)

Bilancio energetico della terra



Sorgenti principali:

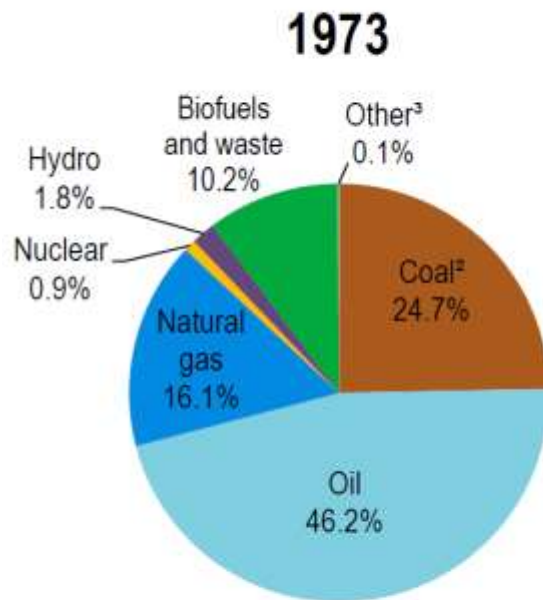
- *Radiazione solare*
- *Forza gravitazionale (attrazione terra-luna)*
- *Calore interno alla Terra*

Potenza complessivamente installata nel mondo:
 $10\text{-}15 \times 10^6 \text{ MW}$

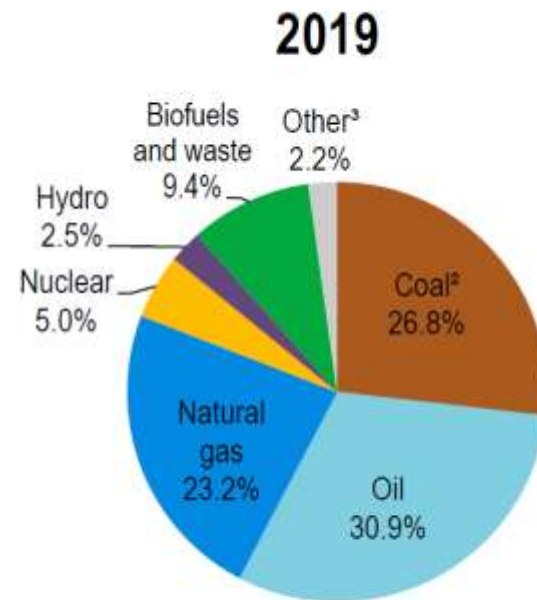
Circa 6000-9000 volte minore dell'energia solare che istantaneamente viene assorbita dalla superficie terrestre

Produzione energetica mondiale negli anni

Share of world total energy supply by source, 1973 and 2019

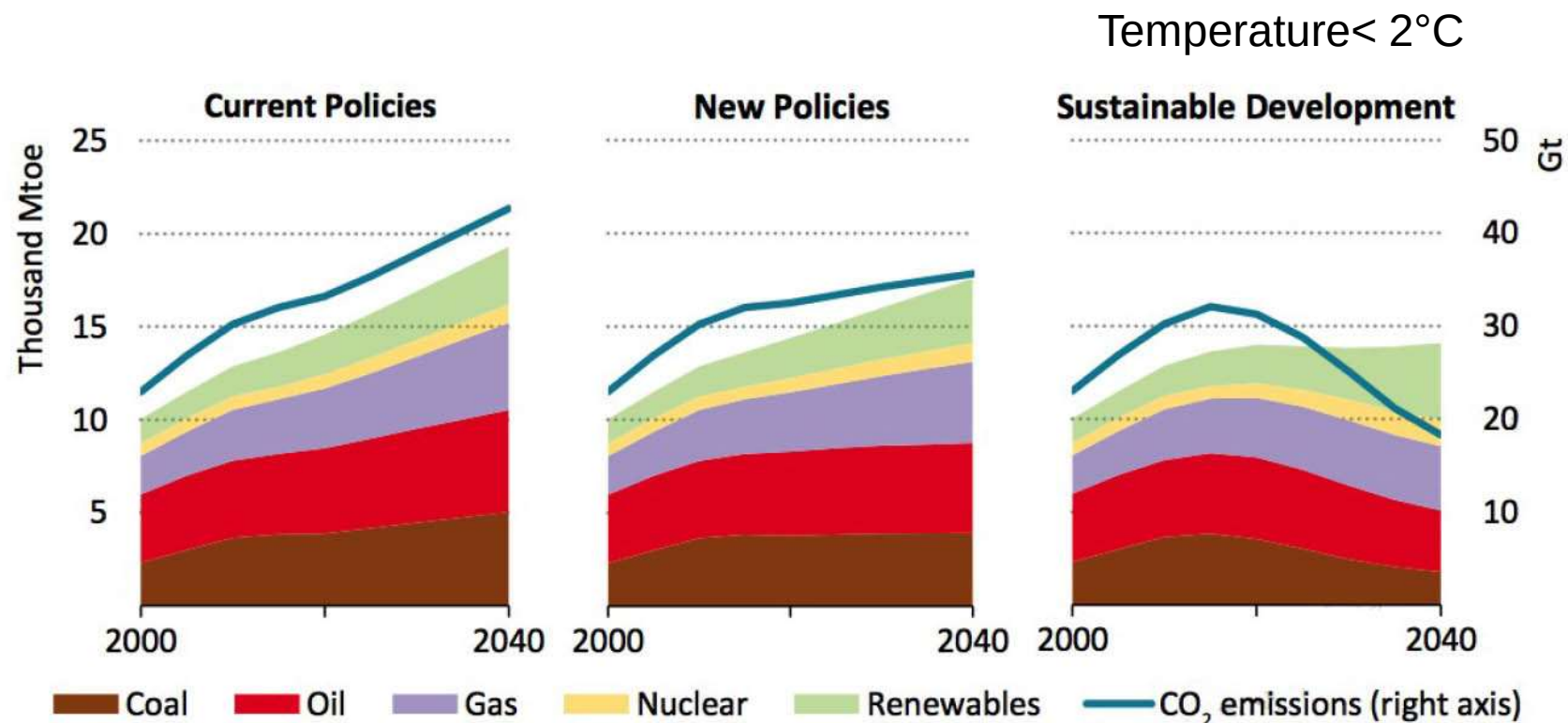


254 EJ



606 EJ

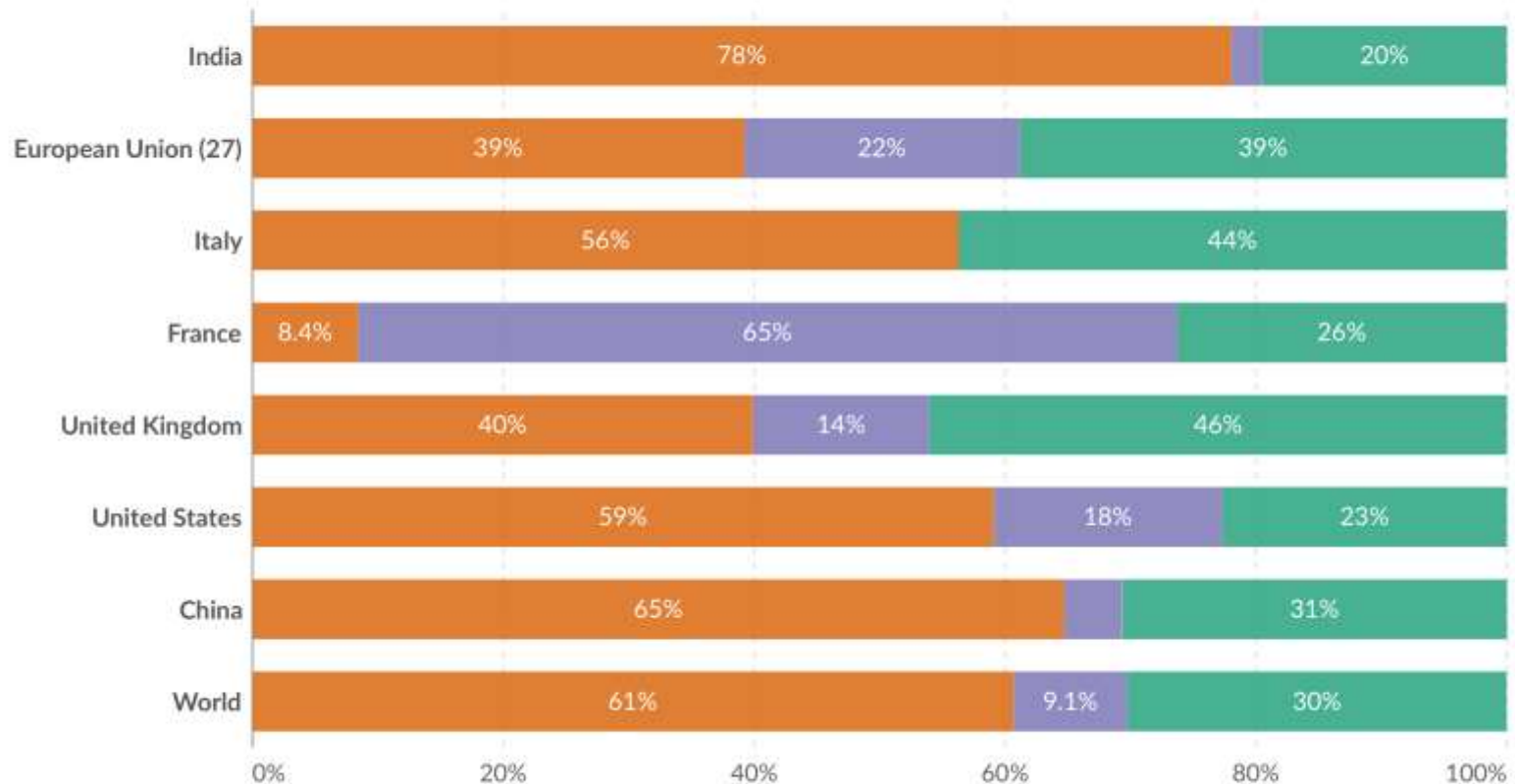
Scenario domanda mondiale di energia per fonte



Per capita electricity generation from fossil fuels, nuclear and renewables, 2023

Our World
in Data

Fossil fuels Nuclear Renewables

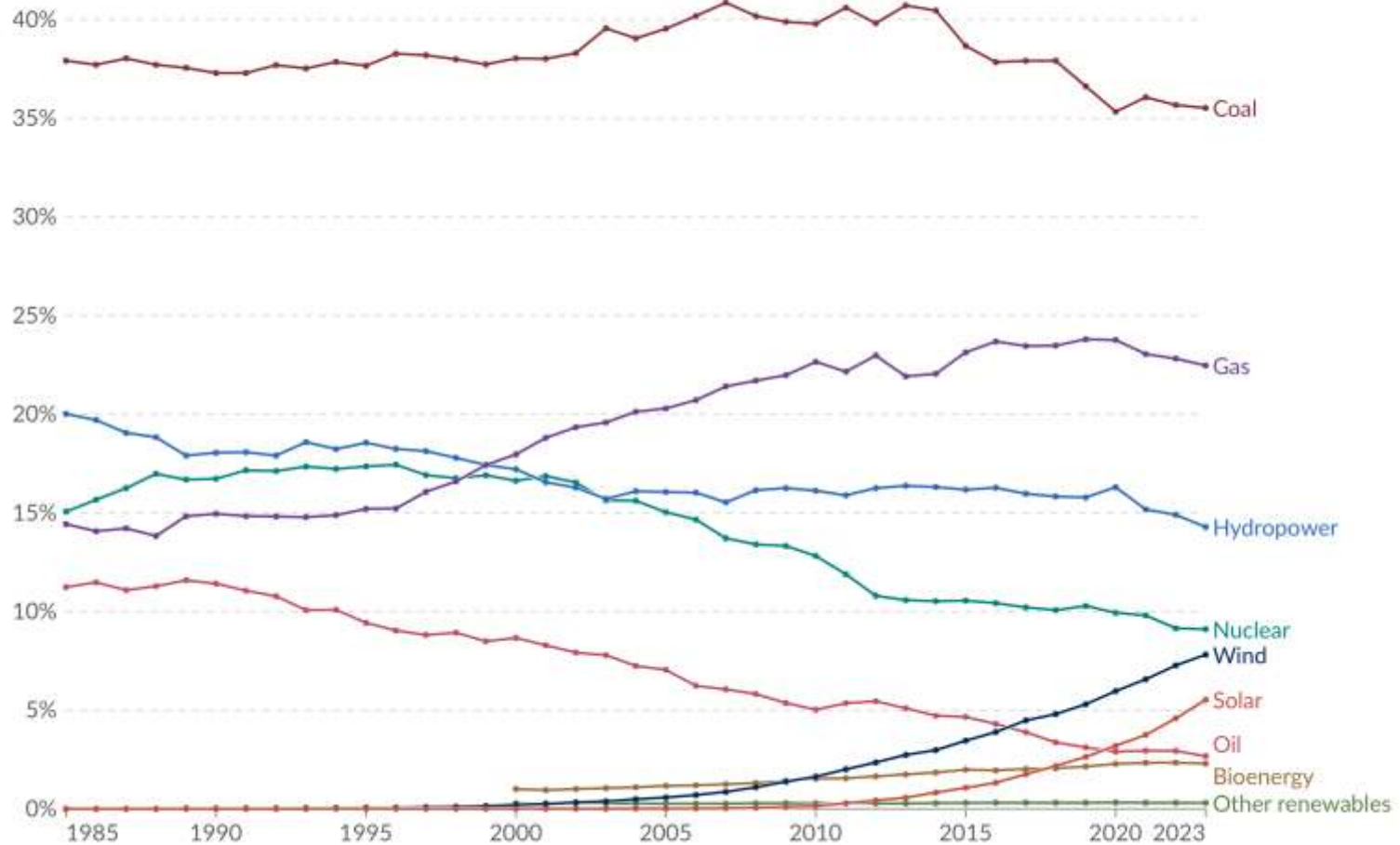


Data source: Ember (2024); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Population based on various sources (2023)

OurWorldinData.org/electricity-mix | CC BY

Share of electricity production by source, World

Our World
in Data

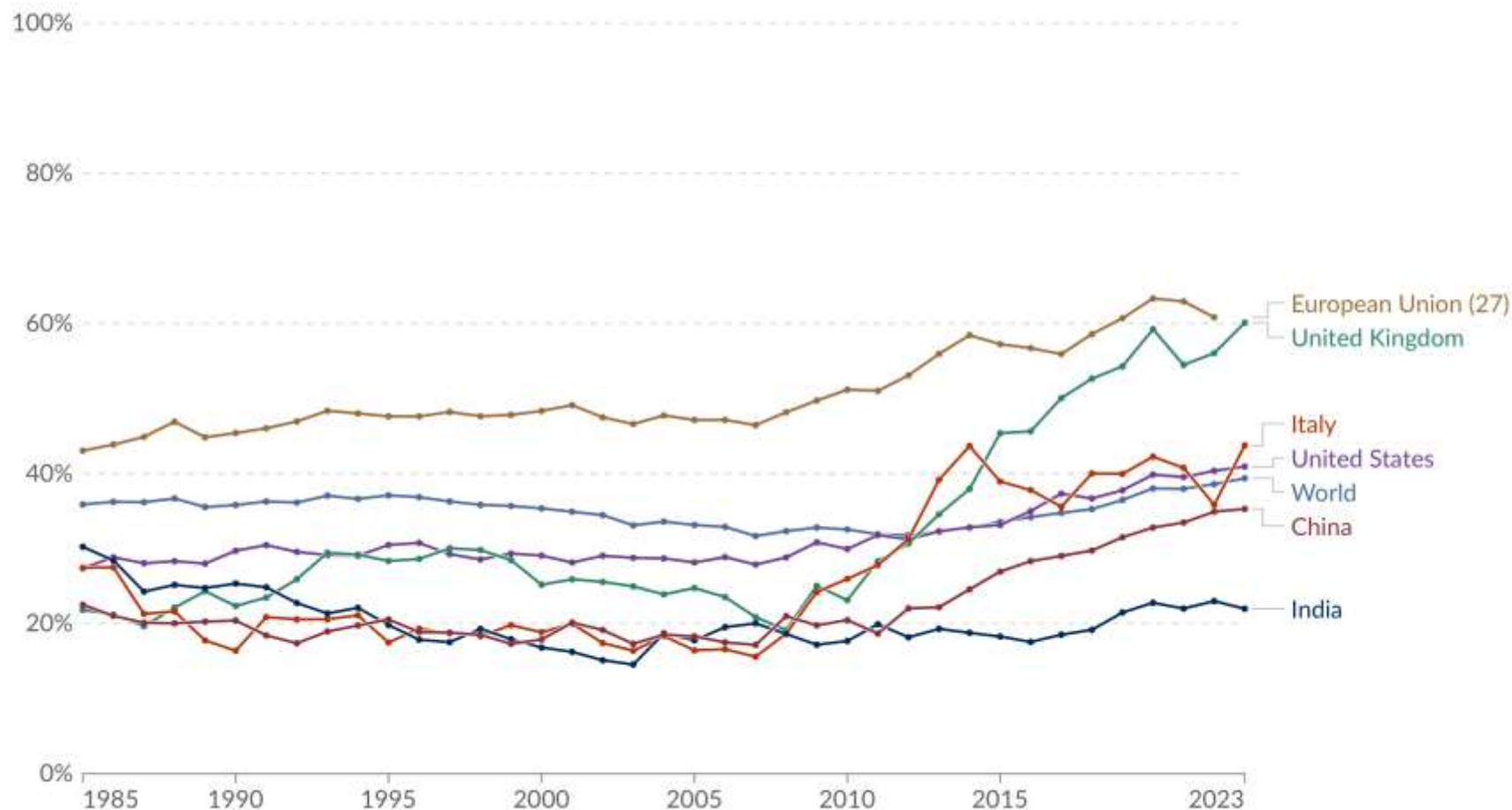


Data source: Ember (2024); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024)

OurWorldinData.org/energy | CC BY

Share of electricity generated by low-carbon sources

Low-carbon electricity is the sum of electricity from nuclear and renewable sources (including solar, wind, hydropower, biomass and waste, geothermal and wave and tidal).



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

OurWorldinData.org/low-carbon-electricity-by-country | CC BY

Impatto ambientale

- Emissioni gassose: emissioni in aria di gas/vapori dannosi per l'uomo e l'ambiente;
- Emissioni liquide: emissioni di residui liquidi che possono inquinare le falde acquifere e il terreno;
- Emissioni solide: emissioni di residui solidi (ceneri, scarti di produzione, sottoprodotti delle lavorazioni) che possono inquinare il suolo e le falde acquifere;
- Emissioni acustiche: legate al funzionamento dei dispositivi di conversione /trasformazione delle varie fonti energetiche;
- Emissioni termiche: emissioni di liquidi o gas (inquinanti o meno) a temperature superiori a quella ambiente;
- Impatto visivo/ambientale: modifica del paesaggio e dell'ambiente circostante agli impianti di conversione/trasformazione;
- Consumo di risorse naturali: combustibili fossili, minerali, specie vegetali.

Per capita CO₂ emissions

Our World
in Data

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



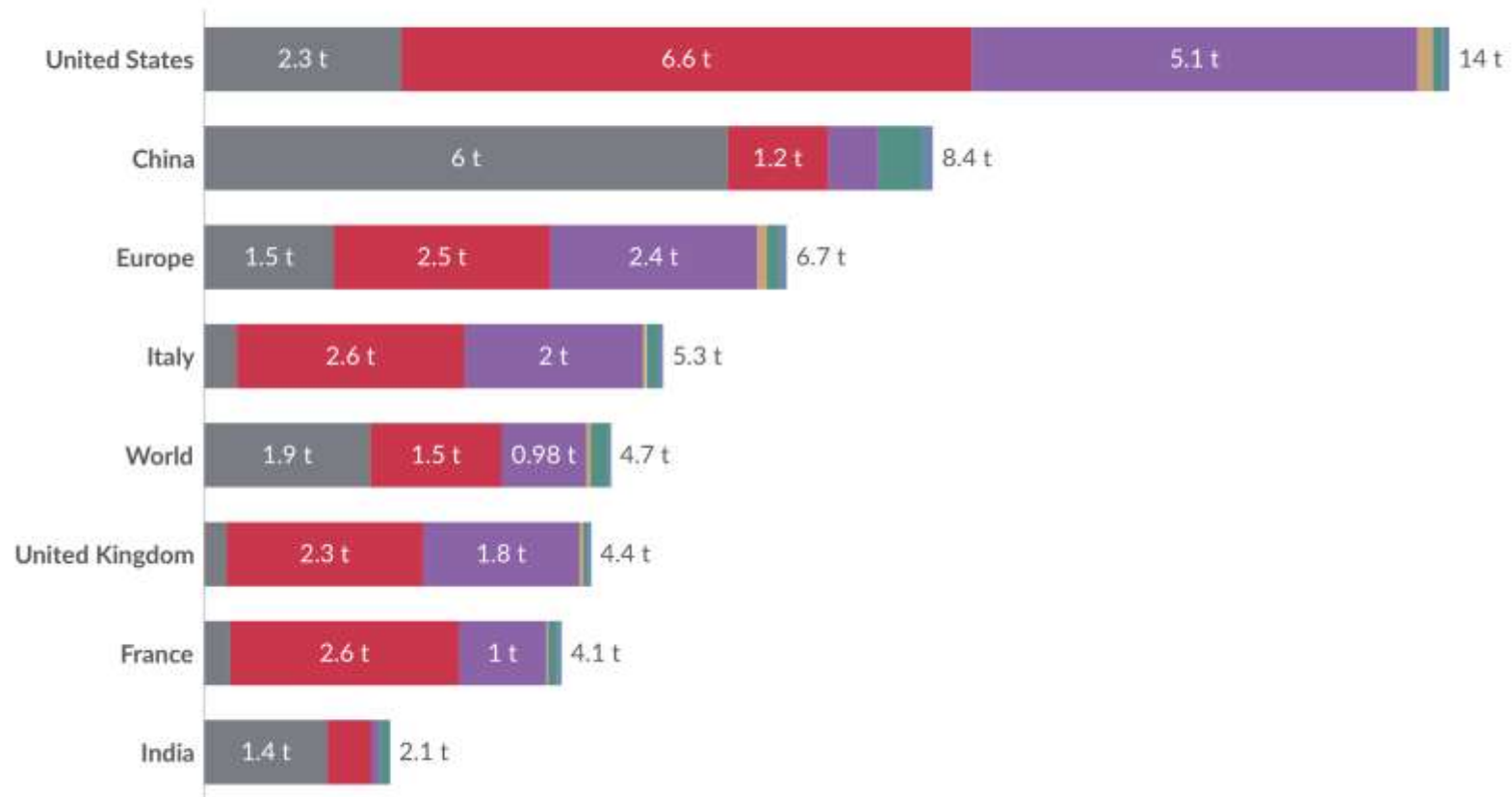
Data source: Global Carbon Budget (2024); Population based on various sources (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Per capita CO₂ emissions by source, 2023

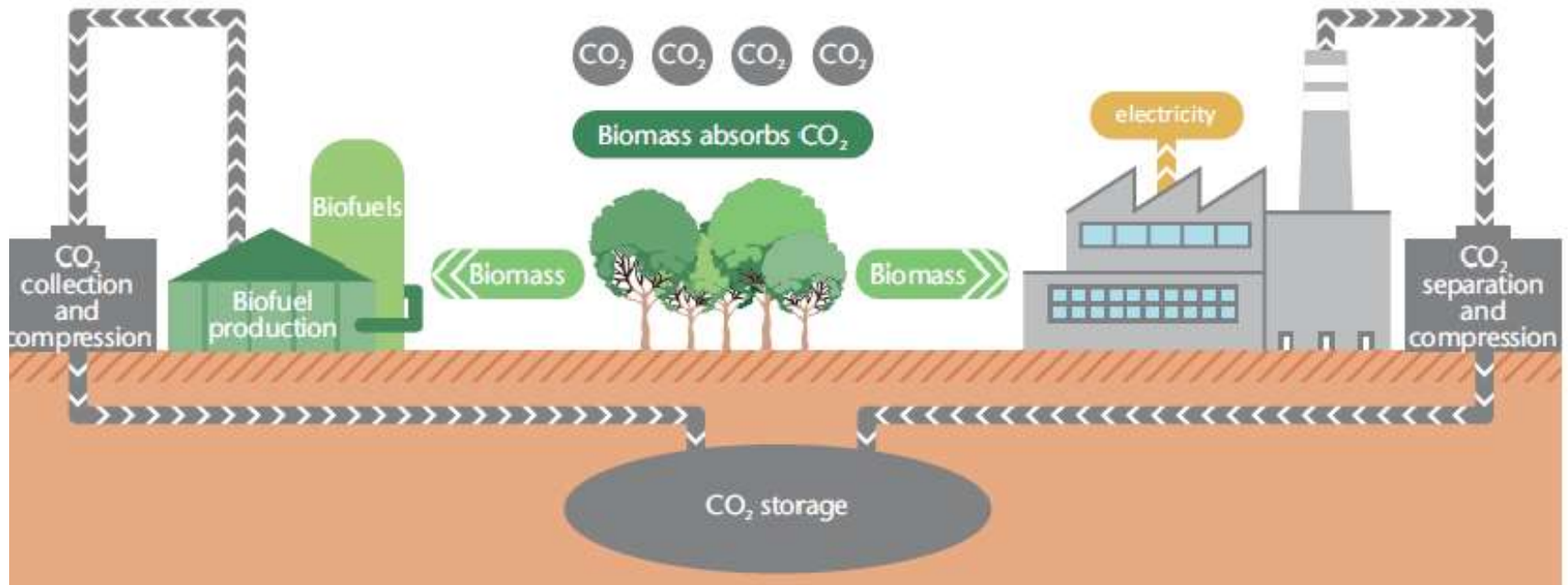
■ Coal ■ Oil ■ Gas ■ Flaring ■ Cement ■ Other industry



Data source: Global Carbon Budget (2024); Population based on various sources (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

Il sequestro della CO₂



COMBUSTIBILI TRADIZIONALI E IMPIANTI DI POTENZA

Il carbone

- È stato il primo combustibile fossile ad essere utilizzato e studiato
- Caratteristiche chimico – fisiche
 - Solido
 - PCI (medio): 7.000 kcal/kg (29.308 kJ/kg)
- Genesi
 - 350 milioni di anni fa sterminate foreste di epoche geologiche lontane sprofondarono nel sottosuolo per violenti terremoti o per lenti movimenti della crosta terrestre. Sotto l'azione di **calore, pressione, umidità** e di particolari **microrganismi**, la legna si decompose liberando le sostanze volatili. L'intero processo richiese milioni di anni e continua ancora oggi

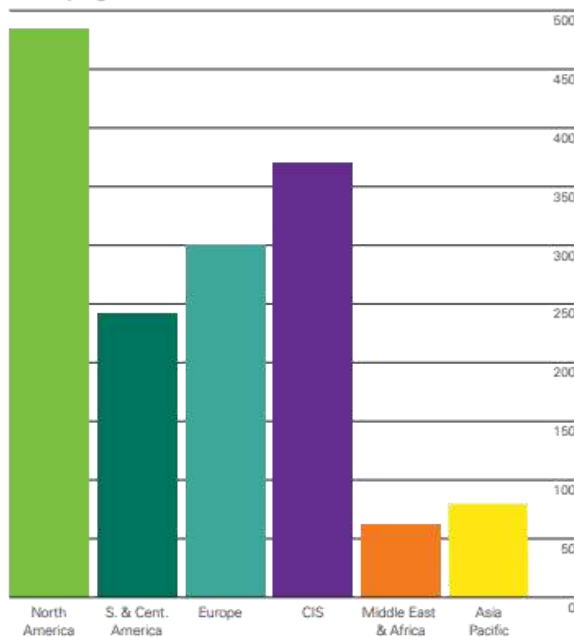
Classificazione del carbone

Carbone	Umidità (%)	Ceneri (%)	C (%)	Volatili (%)	PCS (kJ/kg)	Aspetto
Torba	70 ÷ 90	ND	50	ND	18.000	
Ligniti	20 ÷ 35	15 ÷ 30	70	ND	19.000	
<u>Litantraci</u>	5 ÷ 15	10 ÷ 20	80 ÷ 90	12	28.000	
<u>Antraciti</u>	5 ÷ 8	10 ÷ 35	95	12	30.500	

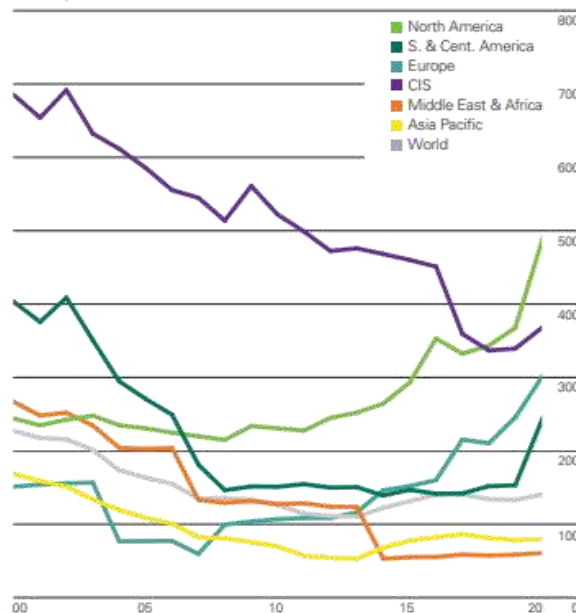
Le riserve di carbone

Reserves-to-production (R/P) ratios
Years

2020 by region



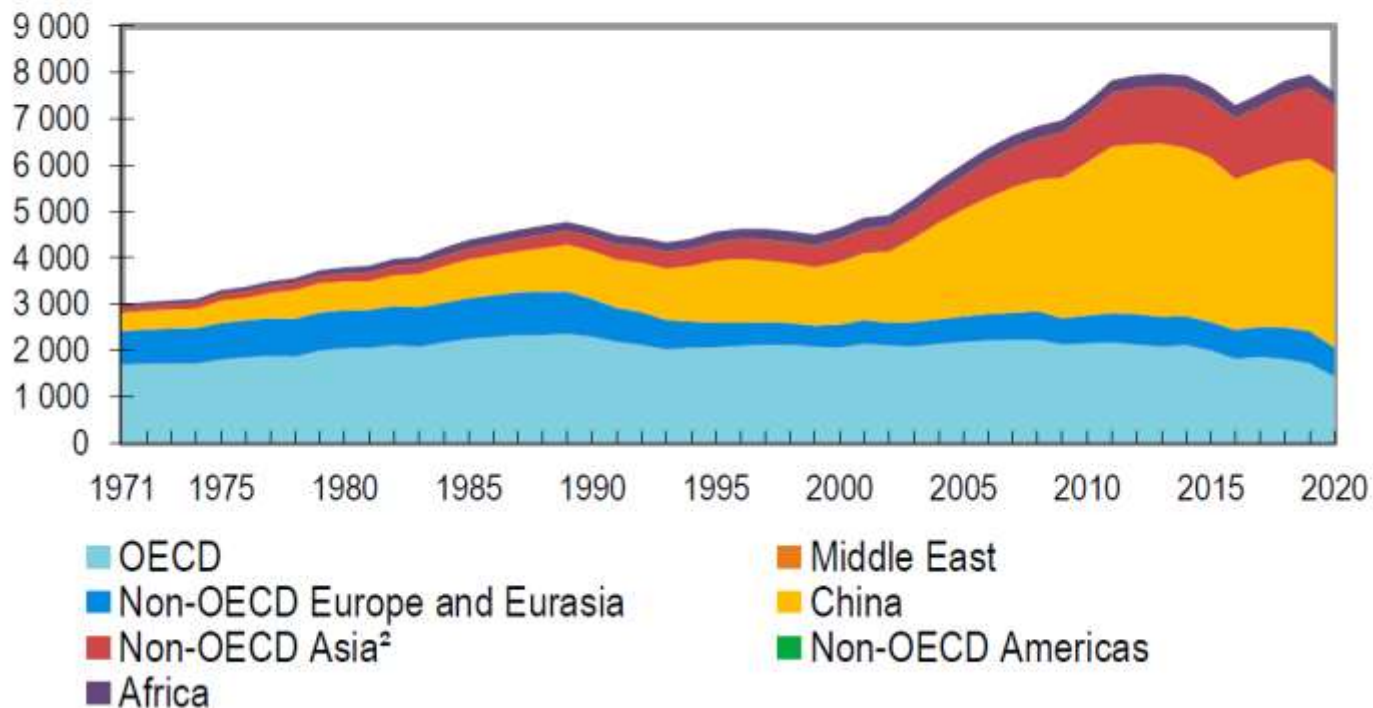
History



- Le riserve mondiali di carbone nel 2020 ammontavano a 1074 miliardi di tonnellate e sono concentrate in pochi Paesi: Stati Uniti (23%), Russia (15%), Australia (14%) e Cina (13%).
 - La maggior parte delle riserve è costituita da antracite e bitume (70%).
-
- L'attuale rapporto R/P globale mostra che nel 2020 le riserve di carbone rappresenteranno 139 anni di produzione attuale, con il Nord America (484 anni) e la Cina (484 anni), America (484 anni) e CSI (Comunita Stati Indipendenti) (367 anni) le regioni con i rapporti più alti.

Produzione del Carbone

World coal¹ production by region, 1971-2020 (Mt)



Il Petrolio

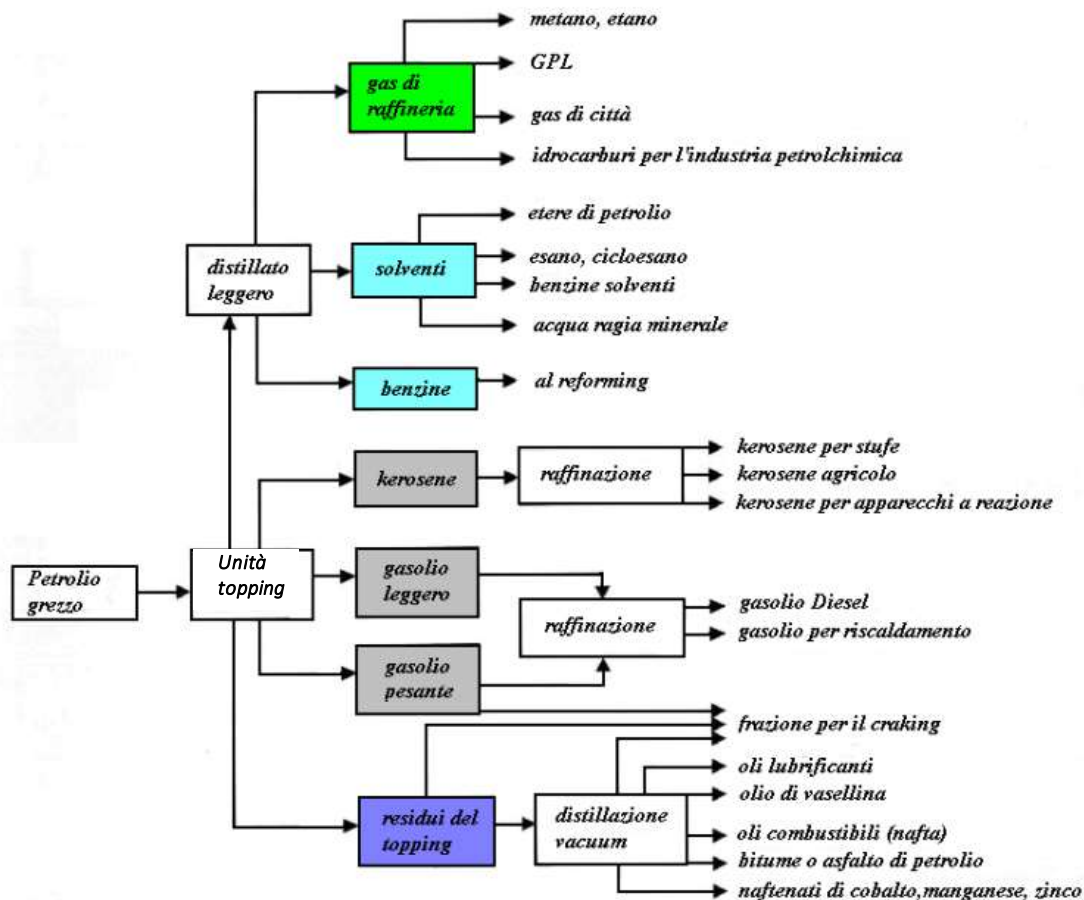
- È il combustibile attualmente più usato
- Caratteristiche chimico – fisiche
 - Liquido
 - PCI (medio): 10.000 kcal/kg (41.868 kJ/kg)
- Genesi
 - La teoria più accreditata sulla sua origine è l'ipotesi biogenica: la **naftogenesi**. Questo processo porta ad una trasformazione chimica di materiali di natura biologica depositatisi in grandi quantità in bacini marini o lacustri con materiali sedimentari (**condizioni anaerobiche**)
 - Teorie Alternative (abiotiche)

Composizione del petrolio

- Il petrolio è fondamentalemente una miscela di idrocarburi e la composizione elementare del petrolio grezzo è abbastanza costante e indipendente dall'origine geografica:
 - C: $83 \div 87\%$
 - H: $11 \div 15\%$
 - O: $0,05 \div 4\%$
 - S: $0,05 \div 7\%$
 - N: $0,05 \div 2\%$

Raffinazione – Prodotti Petroliferi

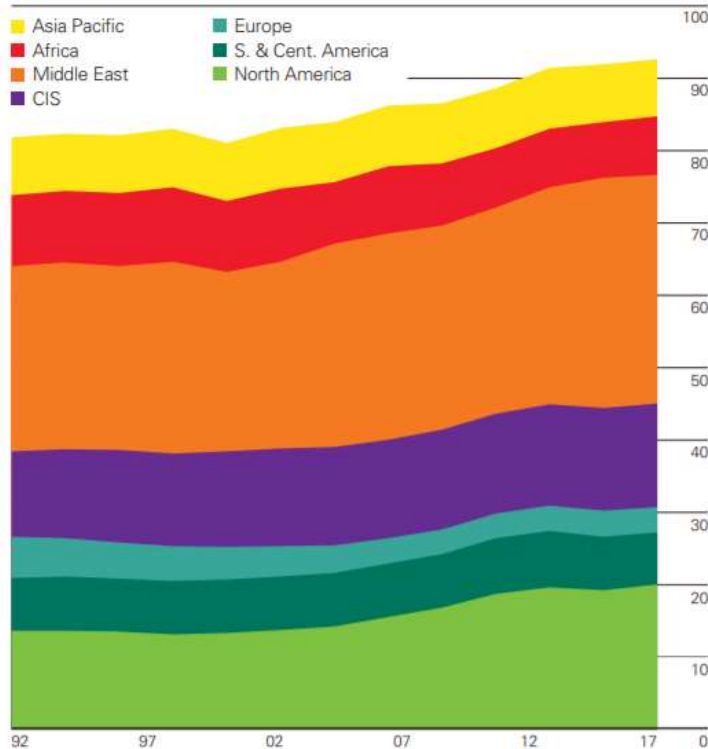
- Gas (GPL)
- Benzina
- Kerosene
- Gasolio
- Basi lubrificanti
- Olio combustibile
- Bitume
- Altri prodotti



Riserve di petrolio

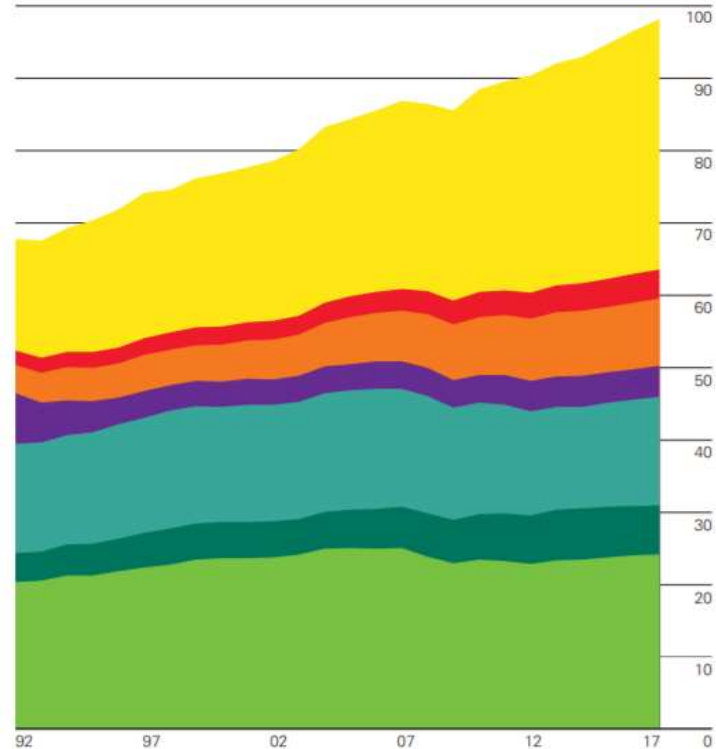
Oil: Production by region

Million barrels daily



Oil: Consumption by region

Million barrels daily



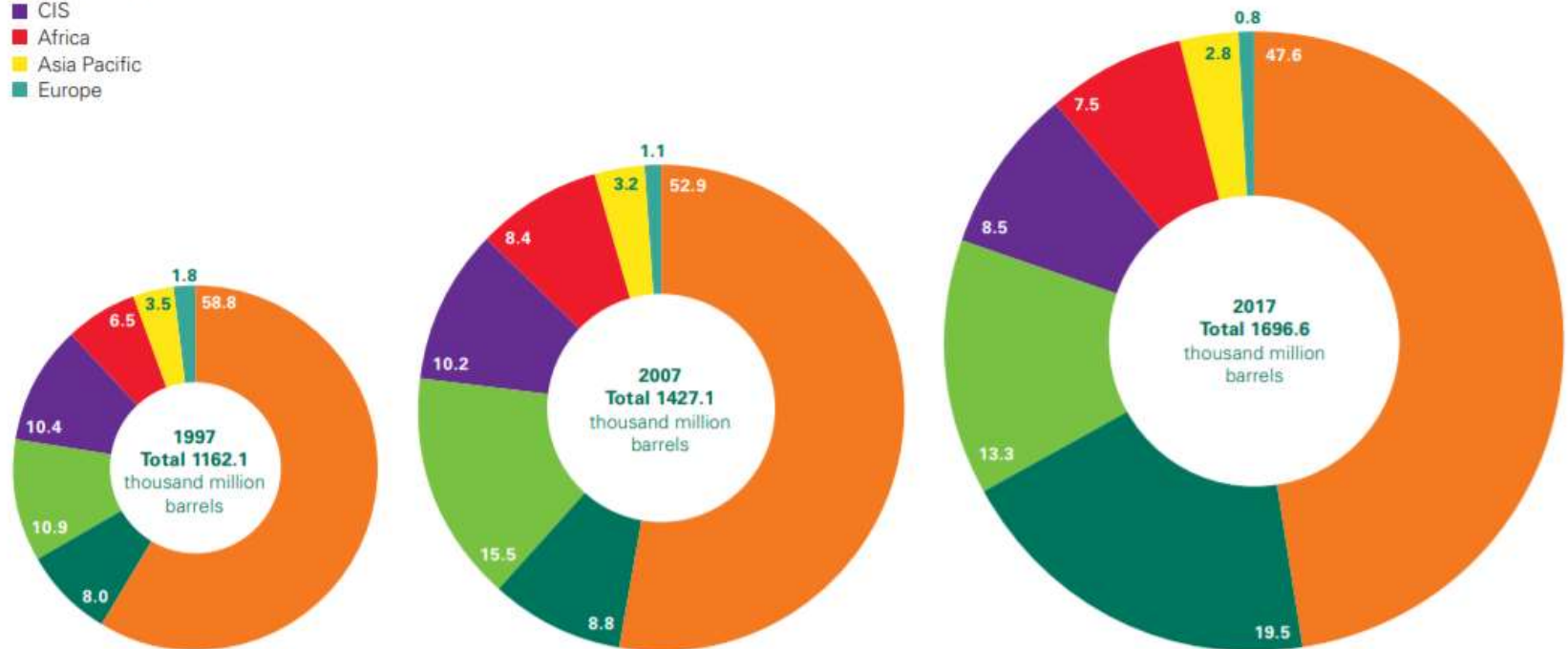
World oil production rose by only 0.6 million b/d in 2017, below average for the second consecutive year. Production fell in the Middle East (-250,000 b/d) and South & Central America (-240,000 Kb/d) but this was outweighed by growth from North America (820,000 b/d) and Africa (390,000 b/d). Global oil consumption growth averaged 1.7 million b/d, above its 10-year average of 1.1 million b/d for the third consecutive year. China (500,000 b/d) and the US (190,000 b/d) were the single largest contributors to growth.

Riserve di petrolio (Miliardi di barili)

Distribution of proved reserves in 1997, 2007 and 2017

Percentage

- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- CIS
- Africa
- Asia Pacific
- Europe



Gas naturale

- È una **miscela combustibile** di sostanze gassose
 - Idrocarburi
 - Metano
 - Etano
 - Propano
 - Butano
 - Non Idrocarburi
 - CO₂
 - N₂
 - H₂S
- Caratteristiche chimico – fisiche
 - Gassoso
 - PCI (medio): 12.000 kcal/kg (50.232 kJ/kg)
- Genesi
 - Simile a quella del petrolio

Composizione del gas naturale

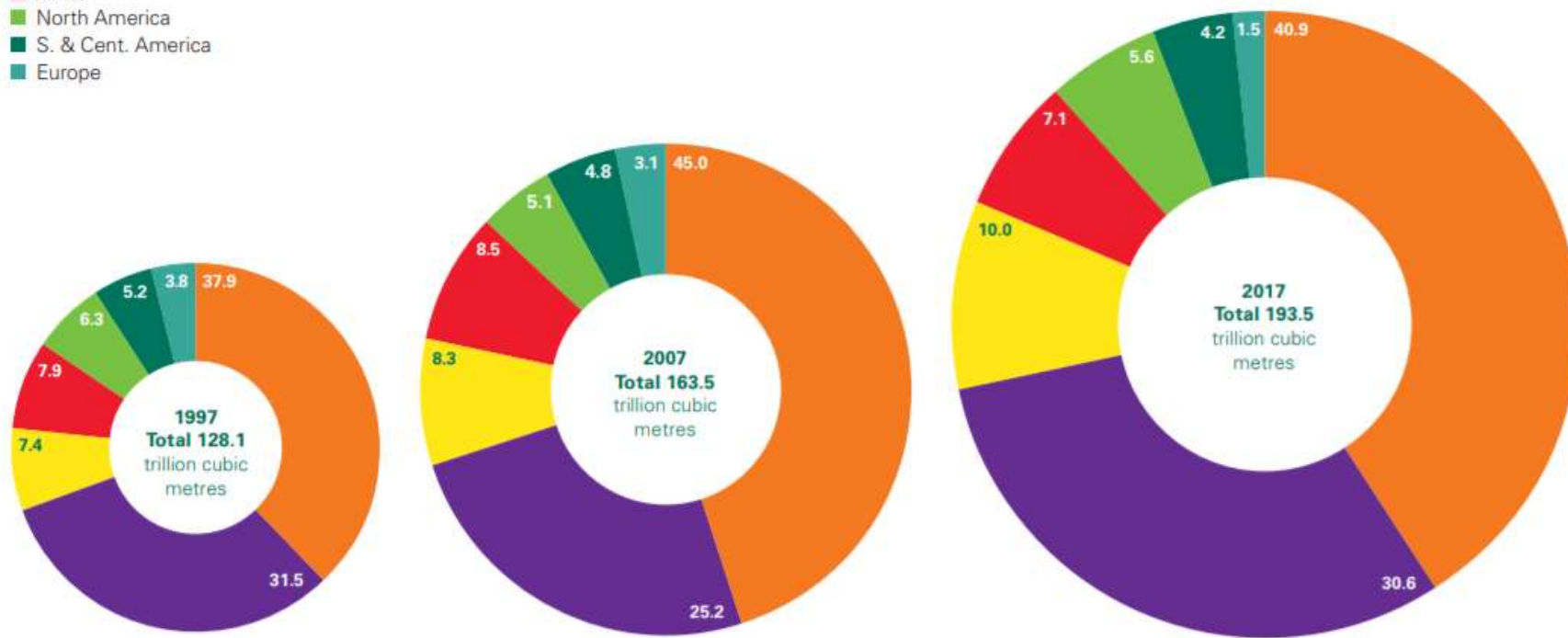
Gas		Contenuto %
Metano	CH ₄	70 ÷ 90%
Etano	C ₂ H ₆	0 ÷ 20%
Propano	C ₃ H ₈	
Butano	C ₄ H ₁₀	
Anidride carbonica	CO ₂	0 ÷ 8%
Ossigeno	O ₂	0 ÷ 0,2%
Azoto	N ₂	0 ÷ 5%
Hydrogen sulphide	H ₂ S	0 ÷ 5%
Gas rari	A, He, Ne, Xe	Tracce

Riserve di gas naturale (Tm³)

Distribution of proved reserves in 1997, 2007 and 2017

Percentage

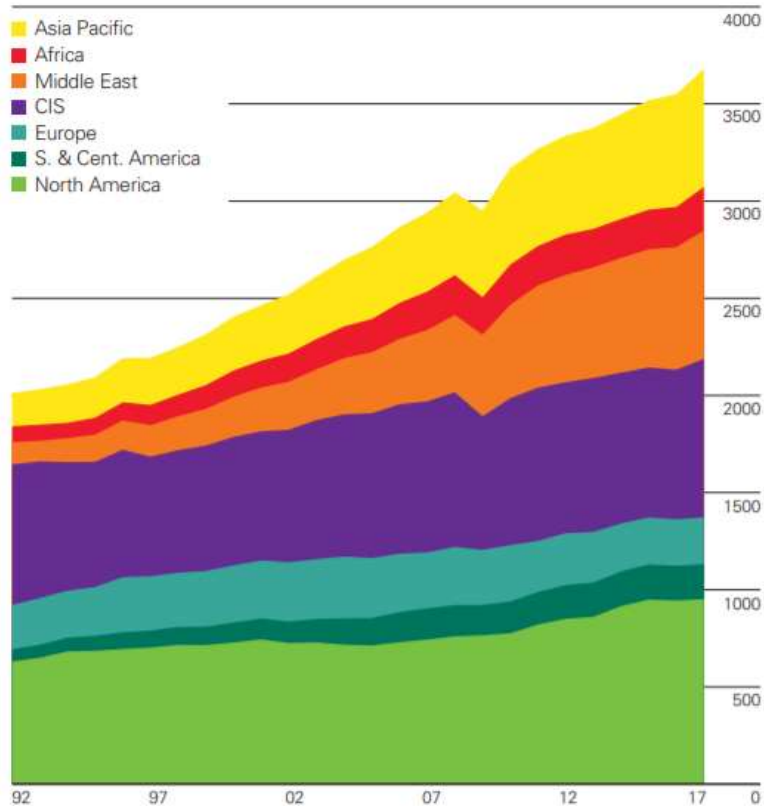
- Middle East
- CIS
- Asia Pacific
- Africa
- North America
- S. & Cent. America
- Europe



Riserve di gas naturale

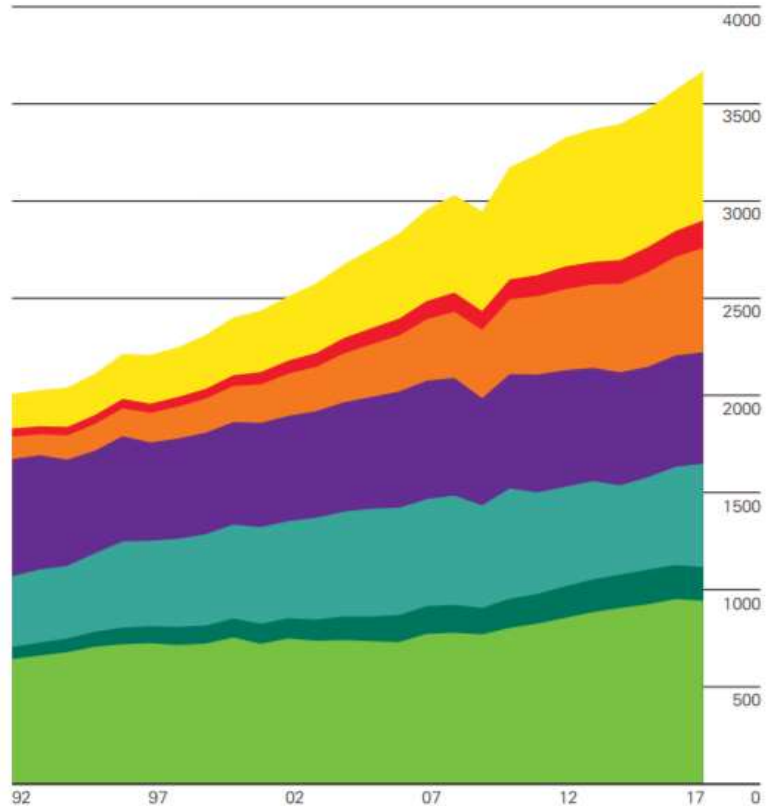
Natural gas: Production by region

Billion cubic metres



Natural gas: Consumption by region

Billion cubic metres



Global natural gas production increased by 131 billion cubic metres (bcm), or 4%, almost double the 10-year average growth rate of 2.2%. Russian growth was the largest by far at 46 bcm, followed by Iran at 21 bcm, and Australia at 17 bcm. Gas consumption rose by 96 bcm, or 3% – the fastest growth since 2010. Growth was driven by China (31 bcm, or 15.1%), the Middle East (28 bcm) and Europe (26 bcm). Consumption in the US fell by 1.2%, or 11 bcm.

Energia nucleare

L'energia nucleare può essere sfruttata in due modi:

- Fissione

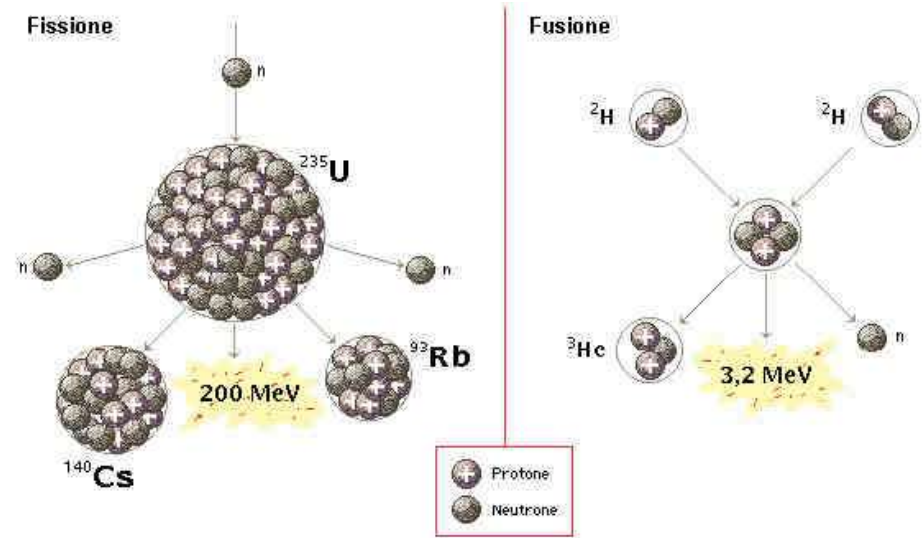
- Elemento fissile: ^{235}U (isotopo 235 dell'atomo di Uranio)

- Fusione

- Due atomi di Idrogeno

Energia nucleare

- Composizione dell'Uranio
 - 0,71% dall'isotopo ^{235}U
 - 99,28% dall'isotopo ^{238}U
 - 0,01% dall'isotopo ^{234}U
 - è sottoposto a processi di “arricchimento” per ottenere percentuali maggiori dell'isotopo fissile



Fissione di 1 kg di ^{235}U → 18,6 GWh

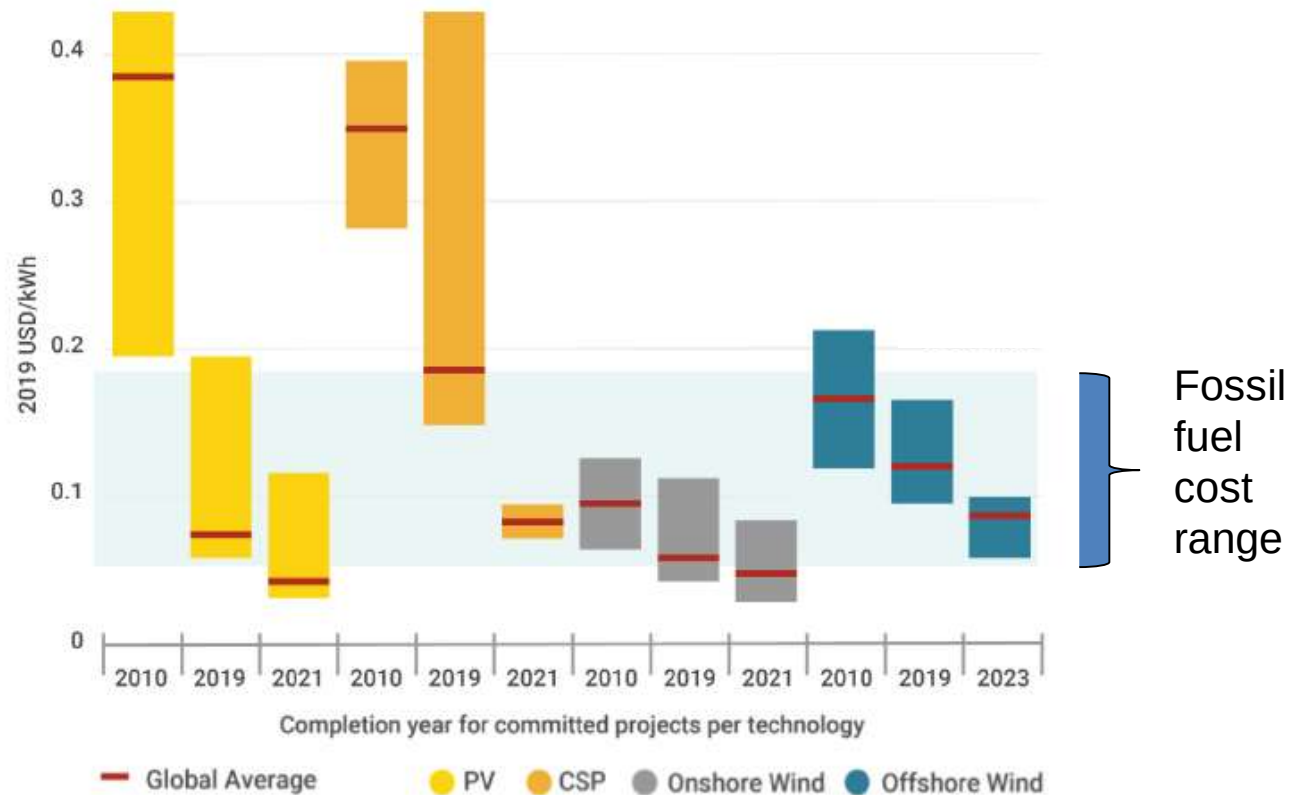
Fusione di 1 kg di H_2 → 5.262 GWh

$$1 \text{ MeV} = 1,60217646 \times 10^{-13} \text{ J}$$

Riserve di Uranio

- Estraiibili a 80 \$/kg
 - 2.458.120 t
 - 36 anni
- Estraiibili a 130 \$/kg
 - 3.169.230 t
 - 47 anni

Competitività fonti rinnovabili (fino al 2021)



Costo esterno delle fonti energetiche (2018)

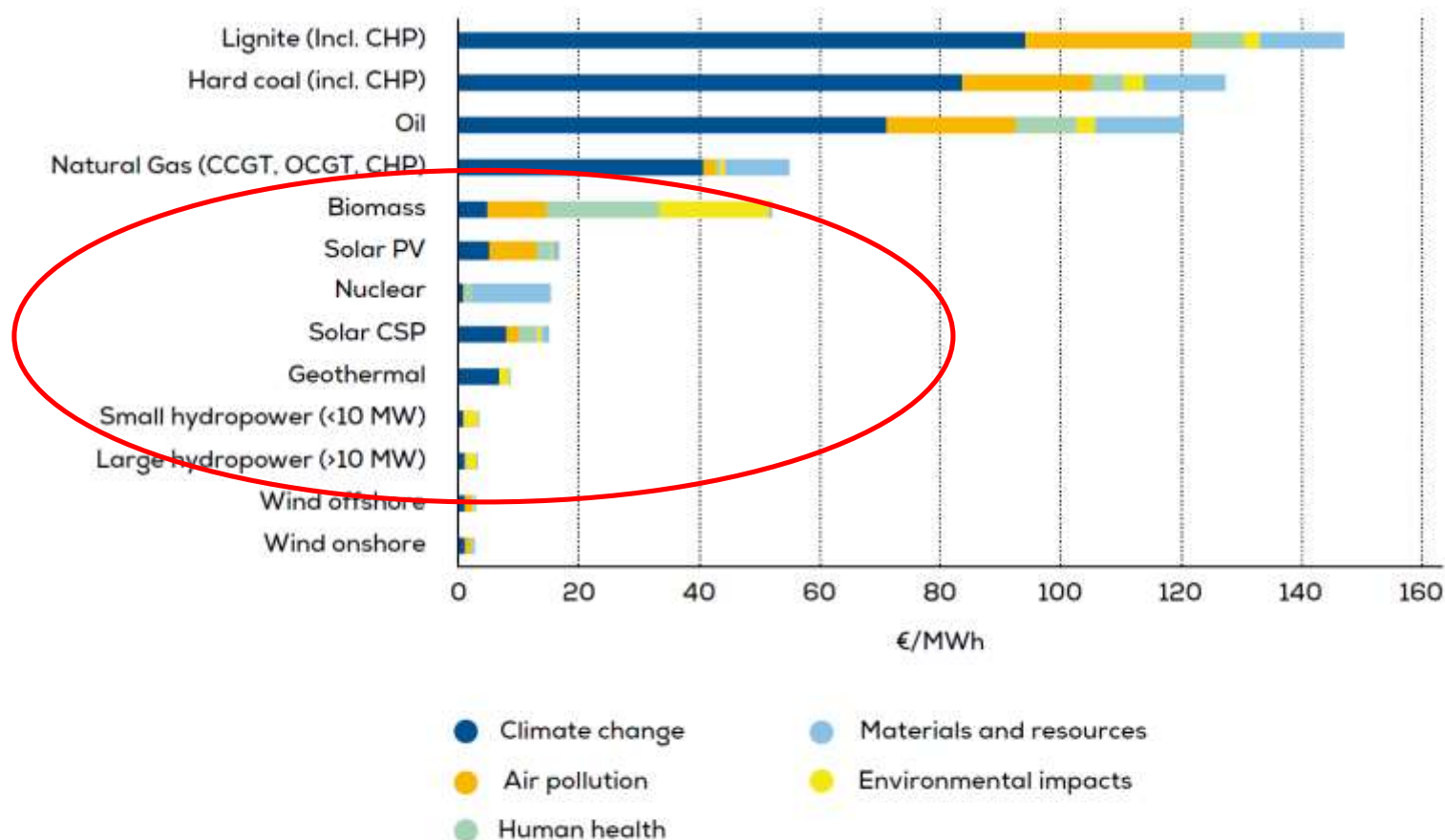
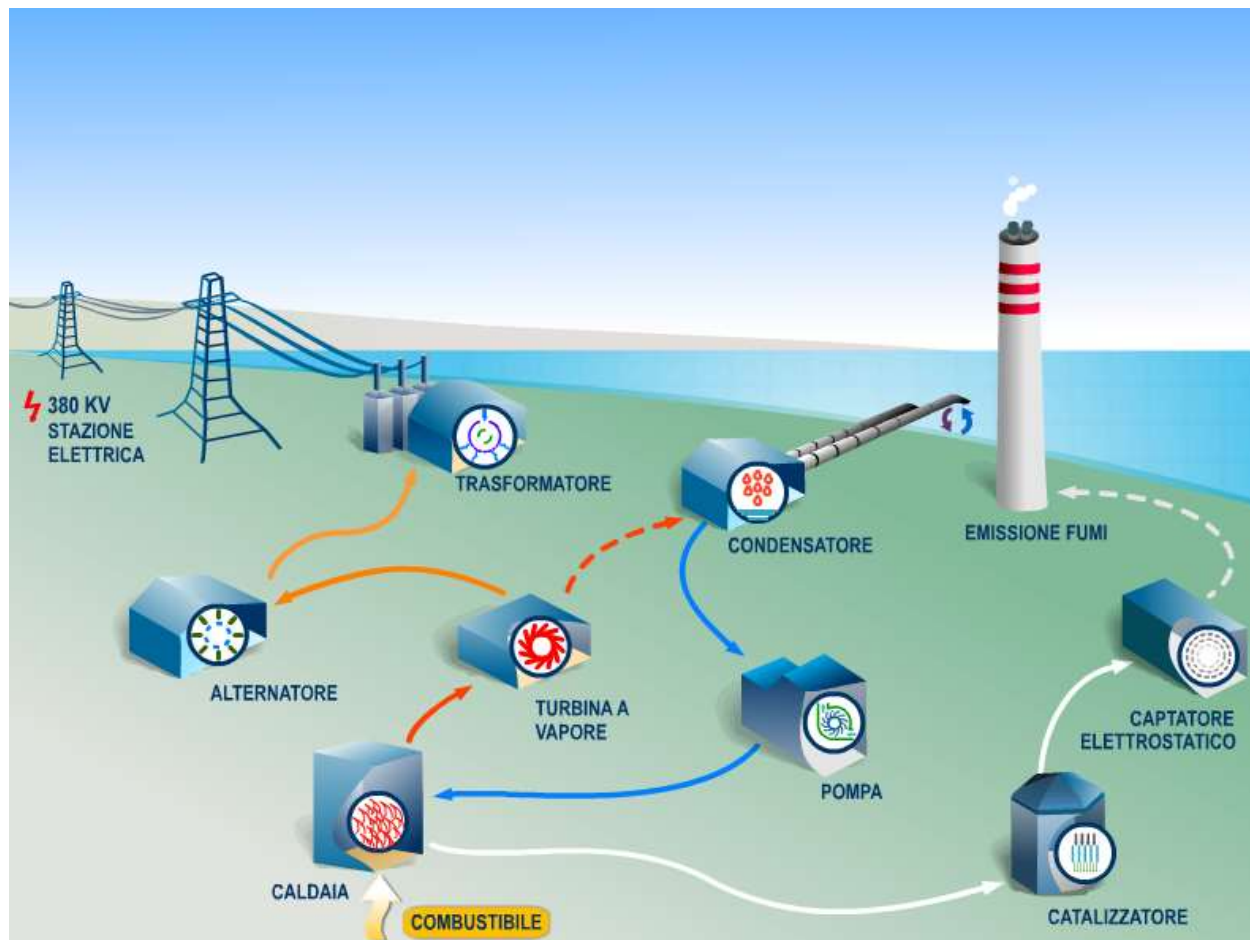


Figure 12. Weighted average external cost of electricity produced by each technology in EU-28 in 2018. External costs include internalisation of carbon pricing. Nuclear costs exclude the costs associated with waste treatment and risk. Source: Trinomics²⁰.

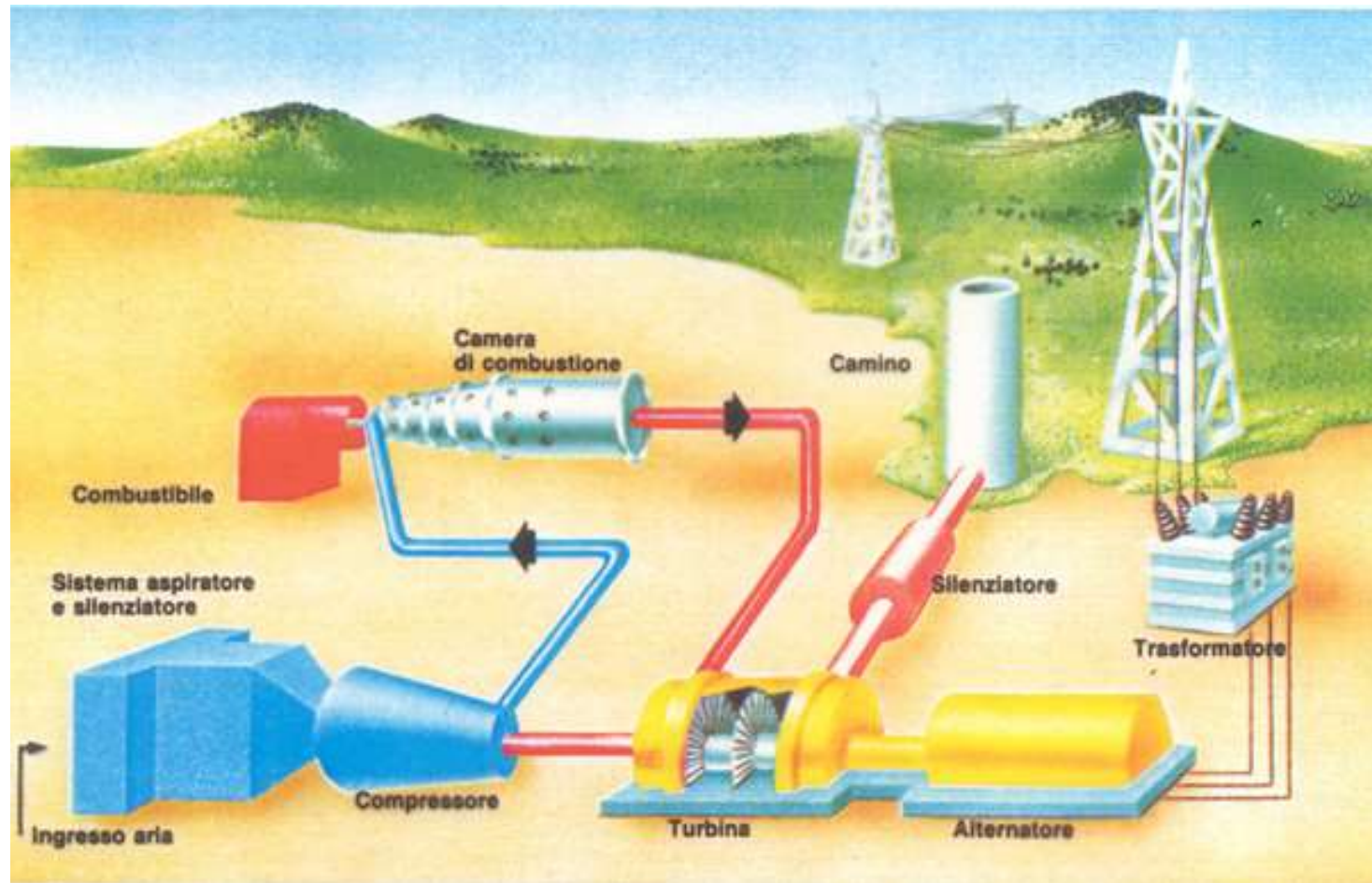
Centrali di produzione di potenza elettrica

- ✓ A vapore
- ✓ Turbogas
- ✓ A ciclo combinato
- ✓ Idroelettrica
- ✓ Geotermica
- ✓ Fotovoltaica
- ✓ Eolica
- ✓ Nucleare

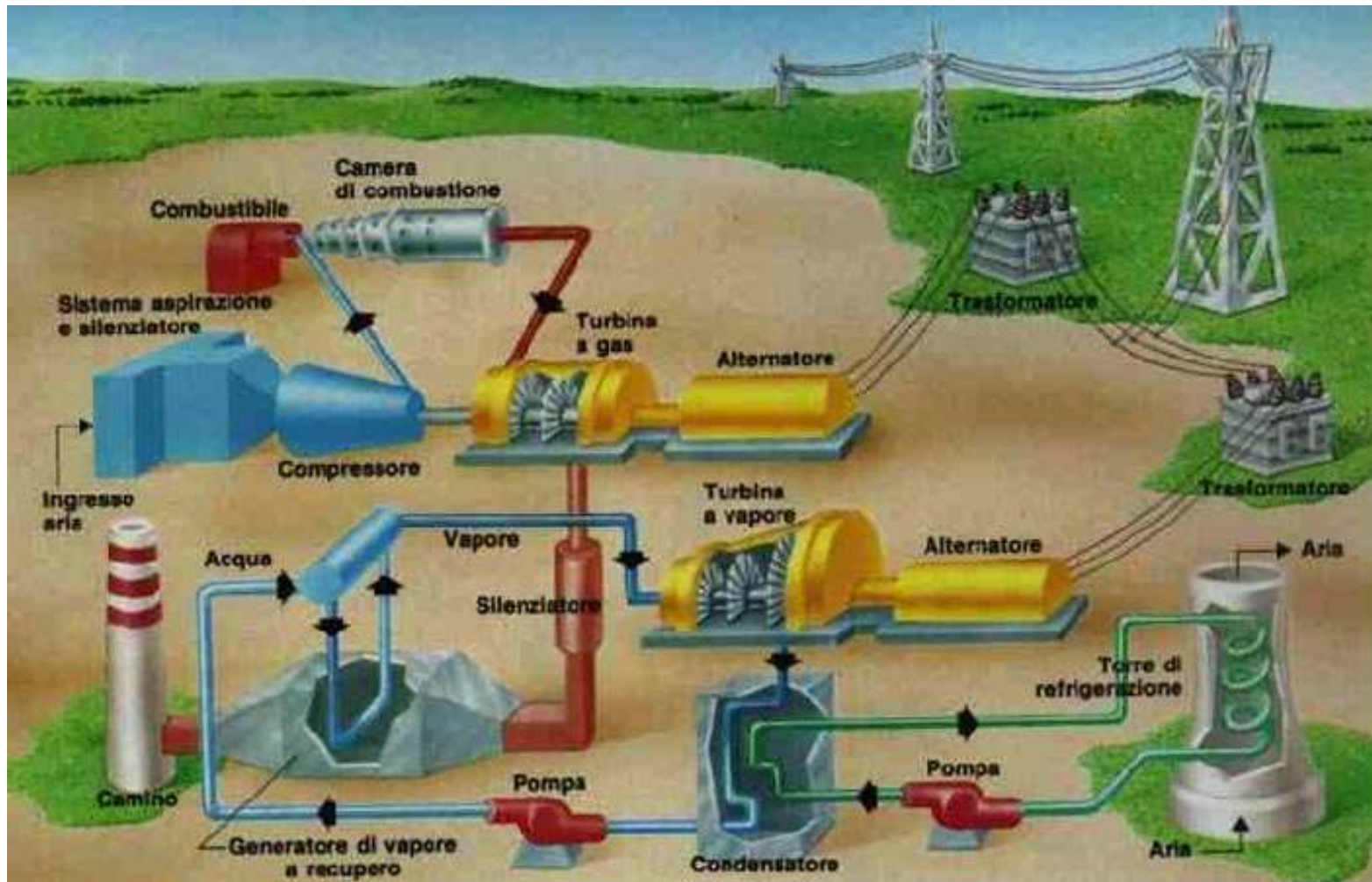
Centrale elettrica a vapore – schema



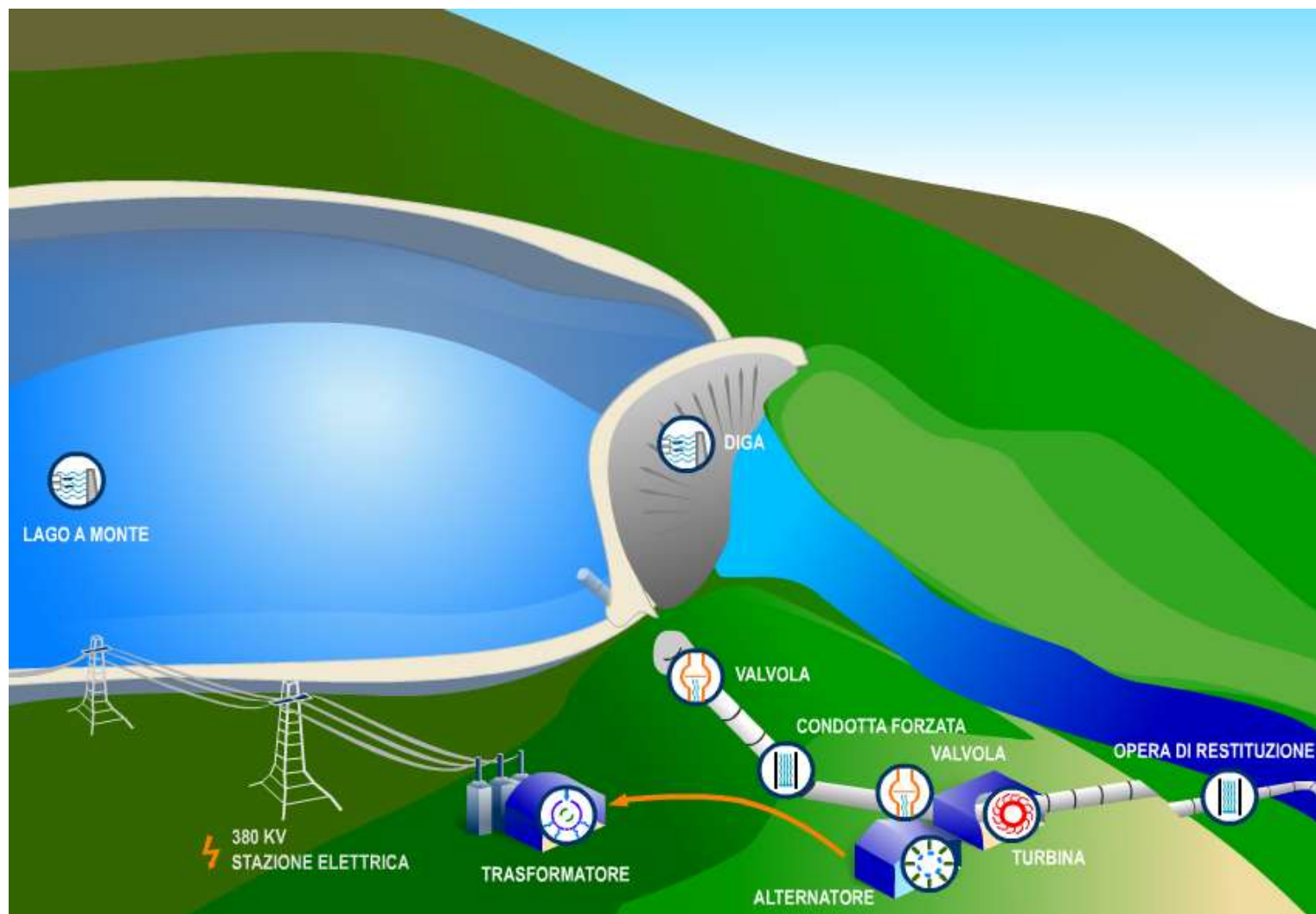
Centrale turbogas - schema



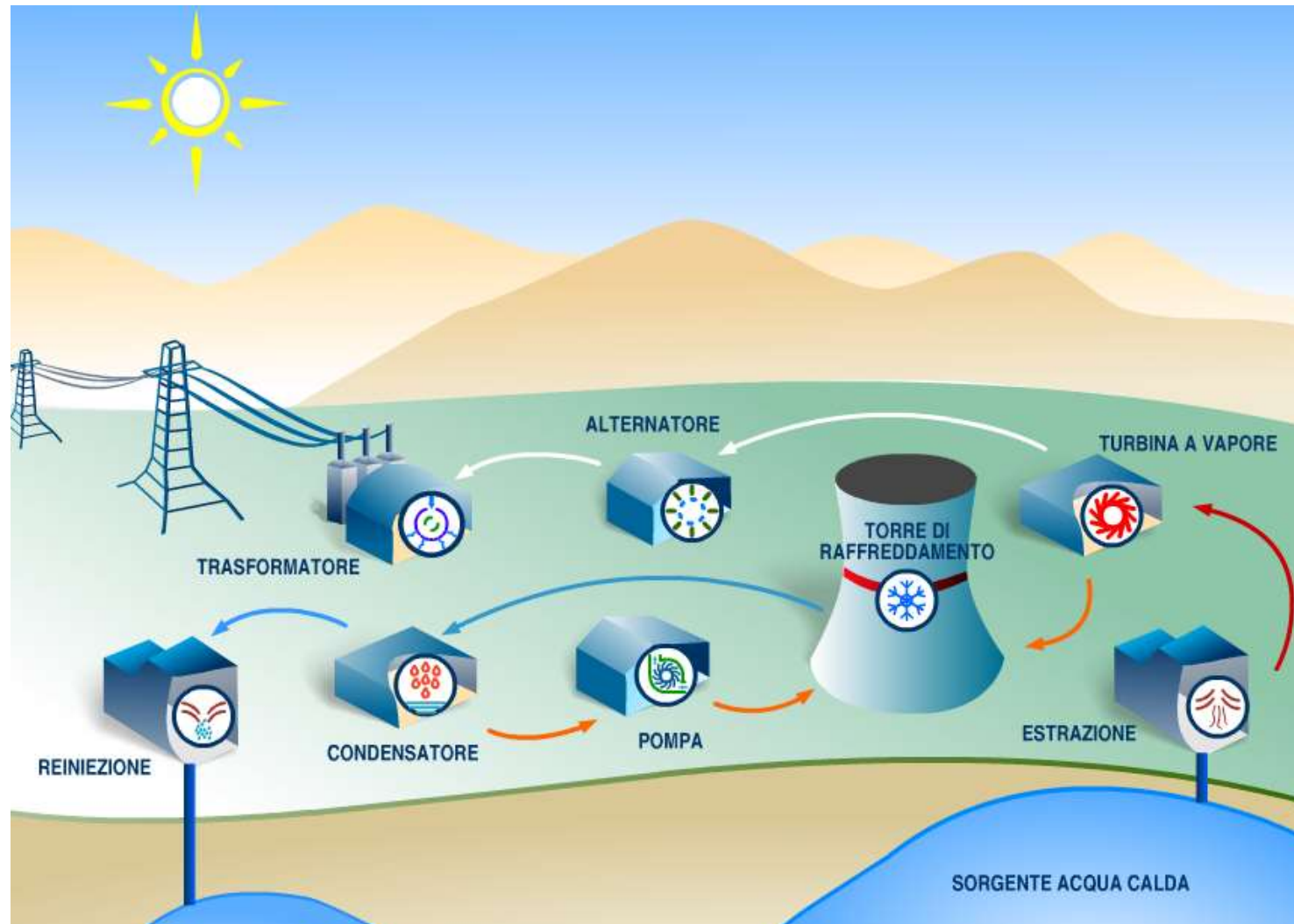
Centrale a ciclo combinato – schema



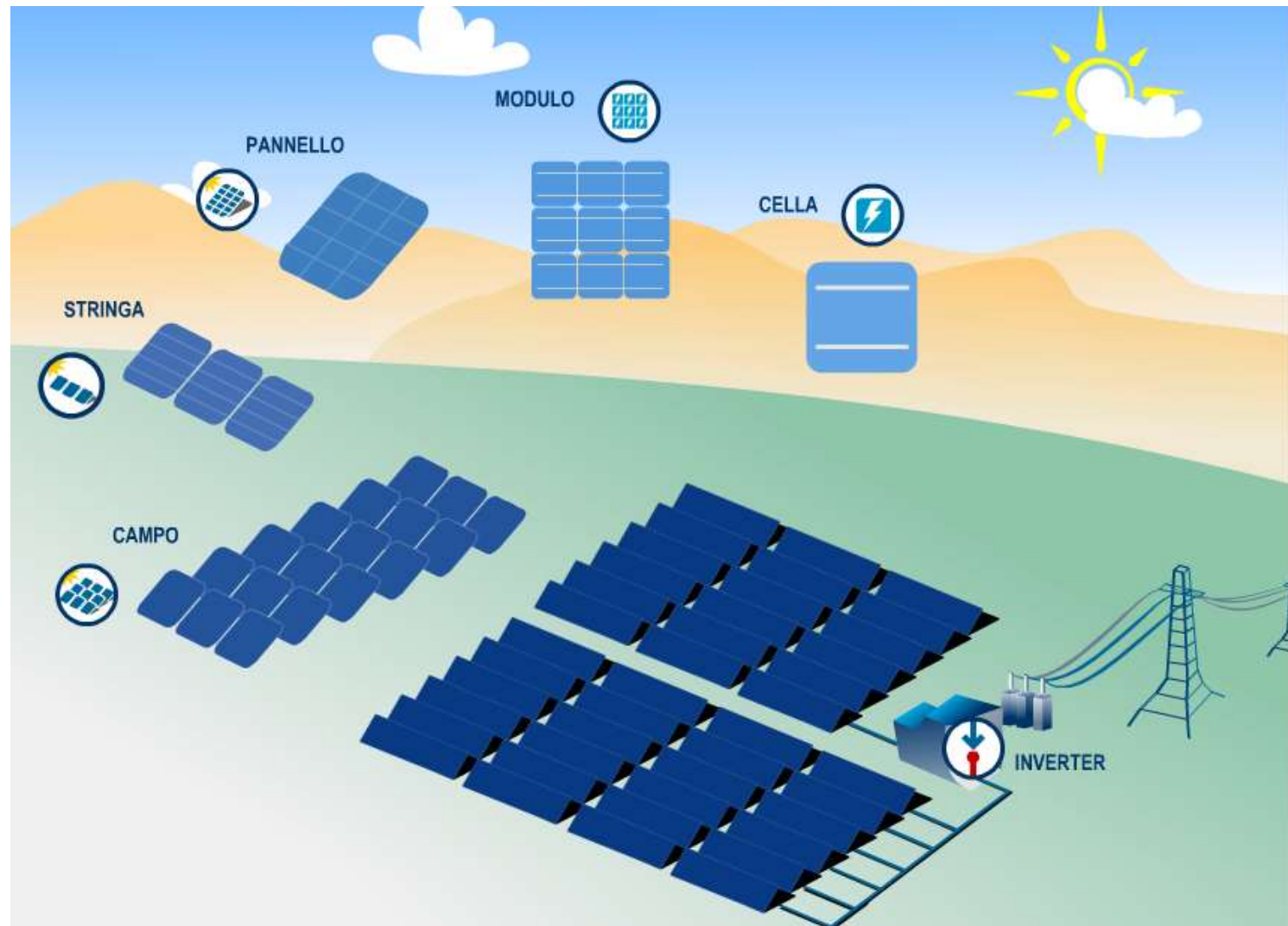
Centrale idroelettrica – schema



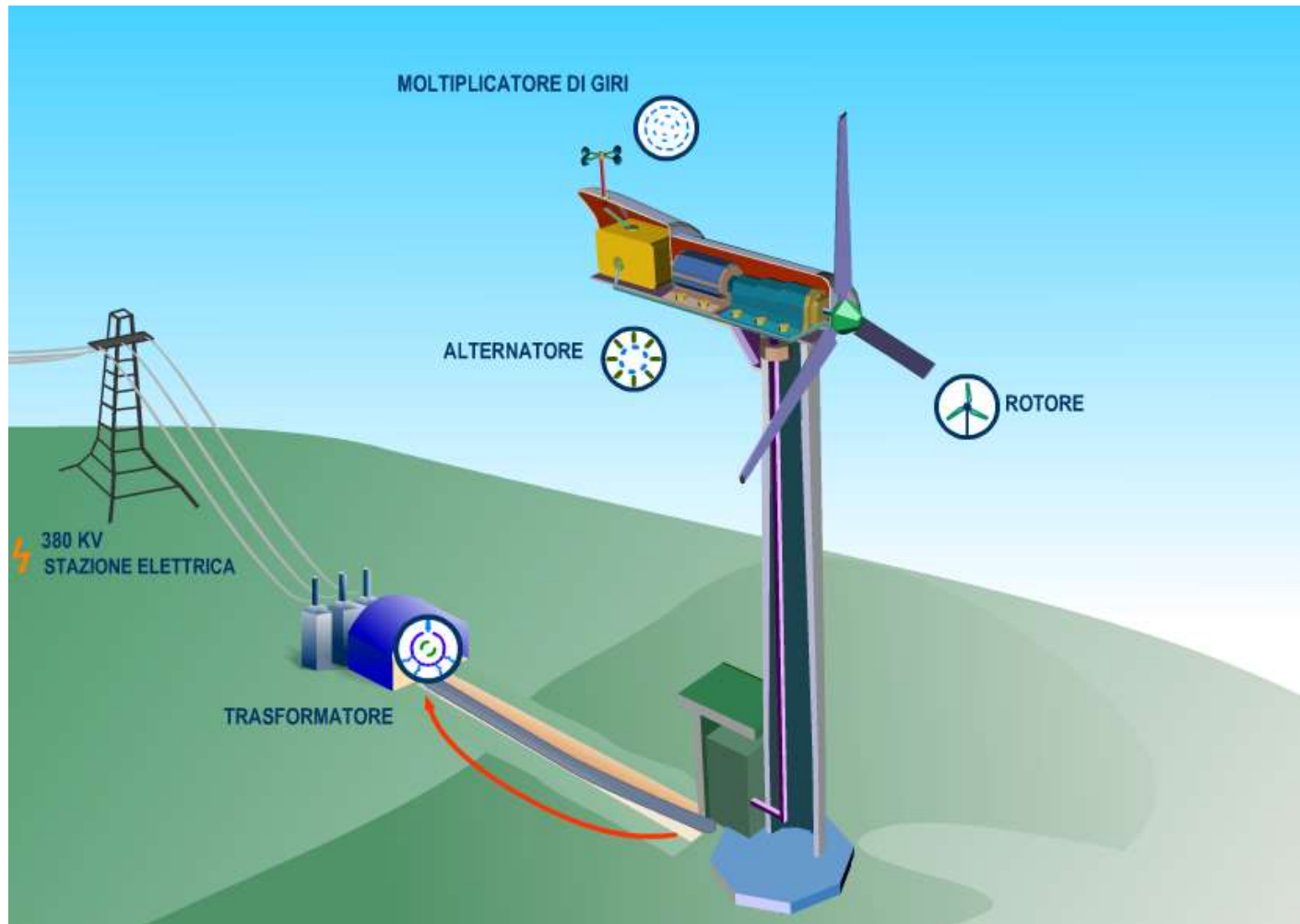
Centrale geotermica – schema



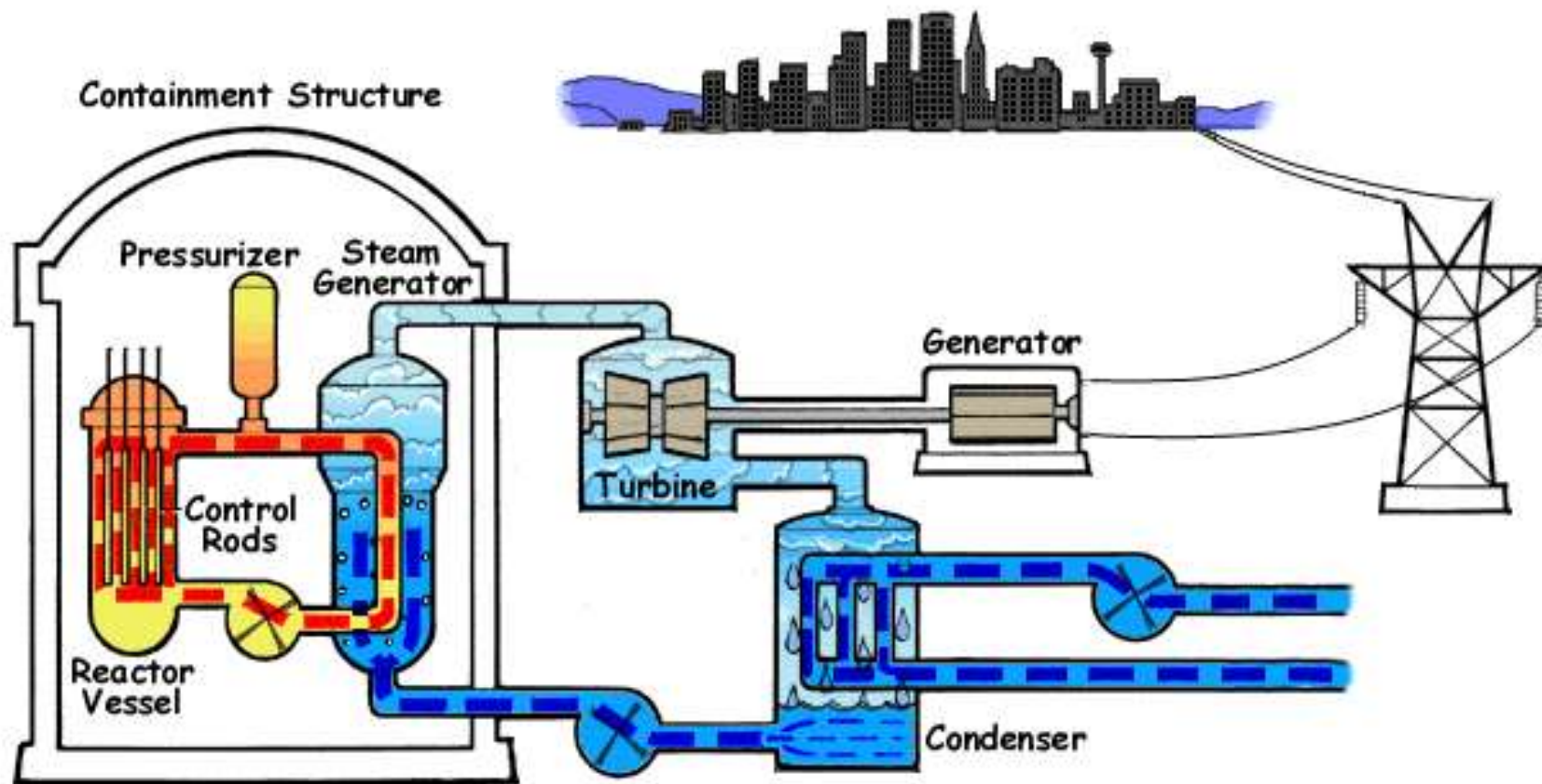
Centrale fotovoltaica – schema



Centrale eolica – schema



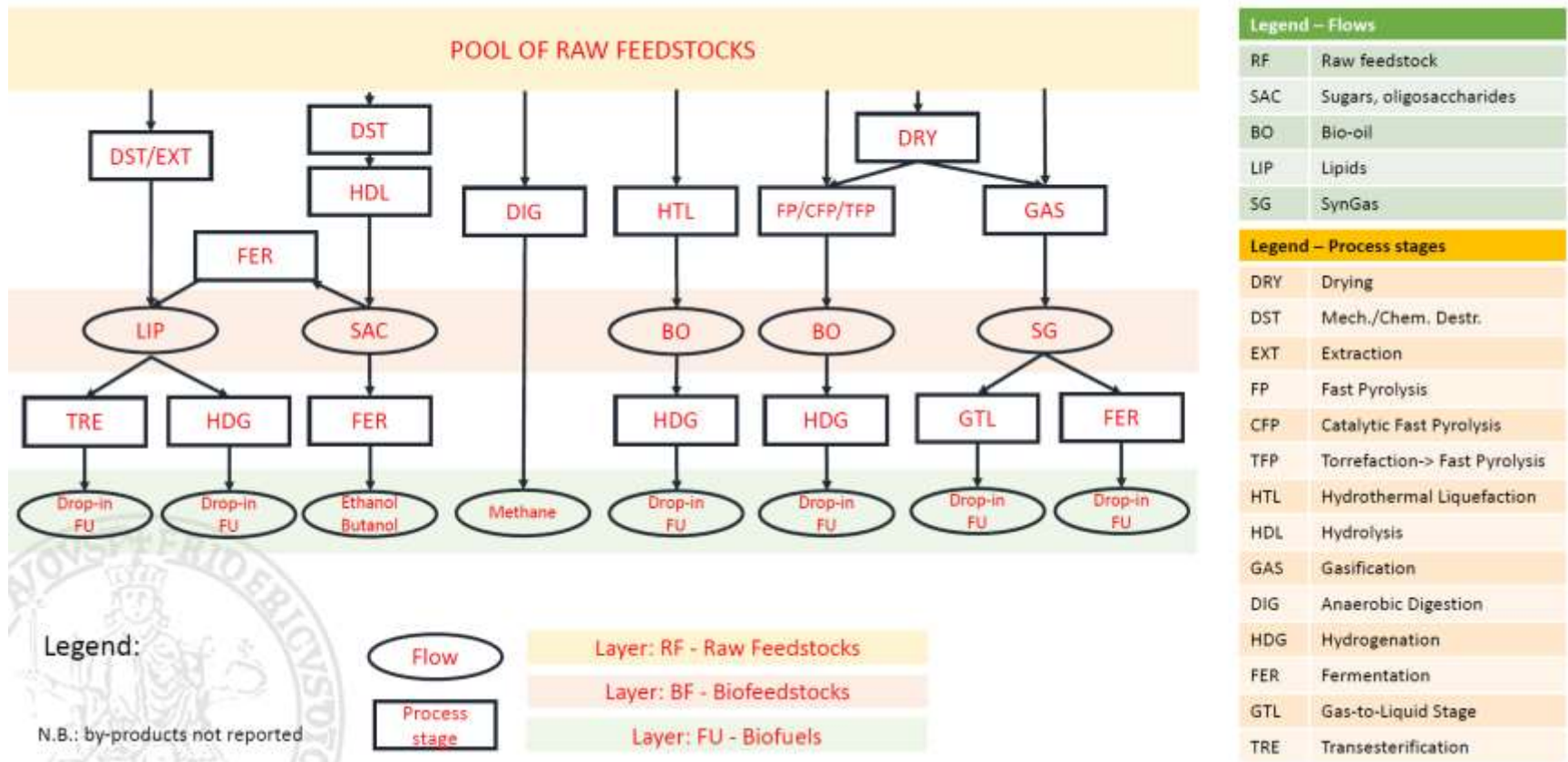
Centrale nucleare - schema



Taglie principali impianti di potenza

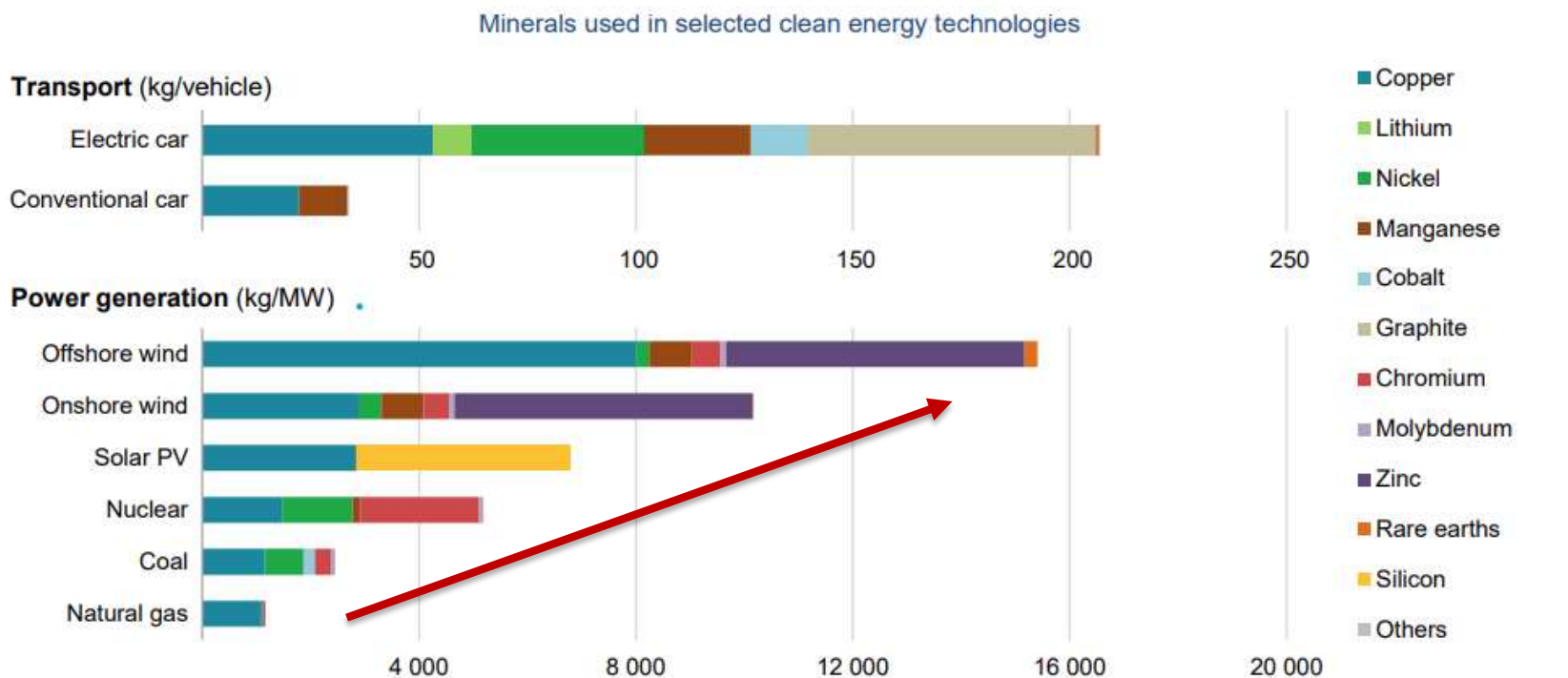
IMPIANTI	Taglie
Ciclo a vapore	>1500 MW
Turbogas	>500 MW
Ciclo combinato	>1000 MW
Cogenerazione	>1 MW
Micro-cogenerazione	< 100-200 kW
Centrali a biomasse	< 100 MW

Le bioenergie: combustibili



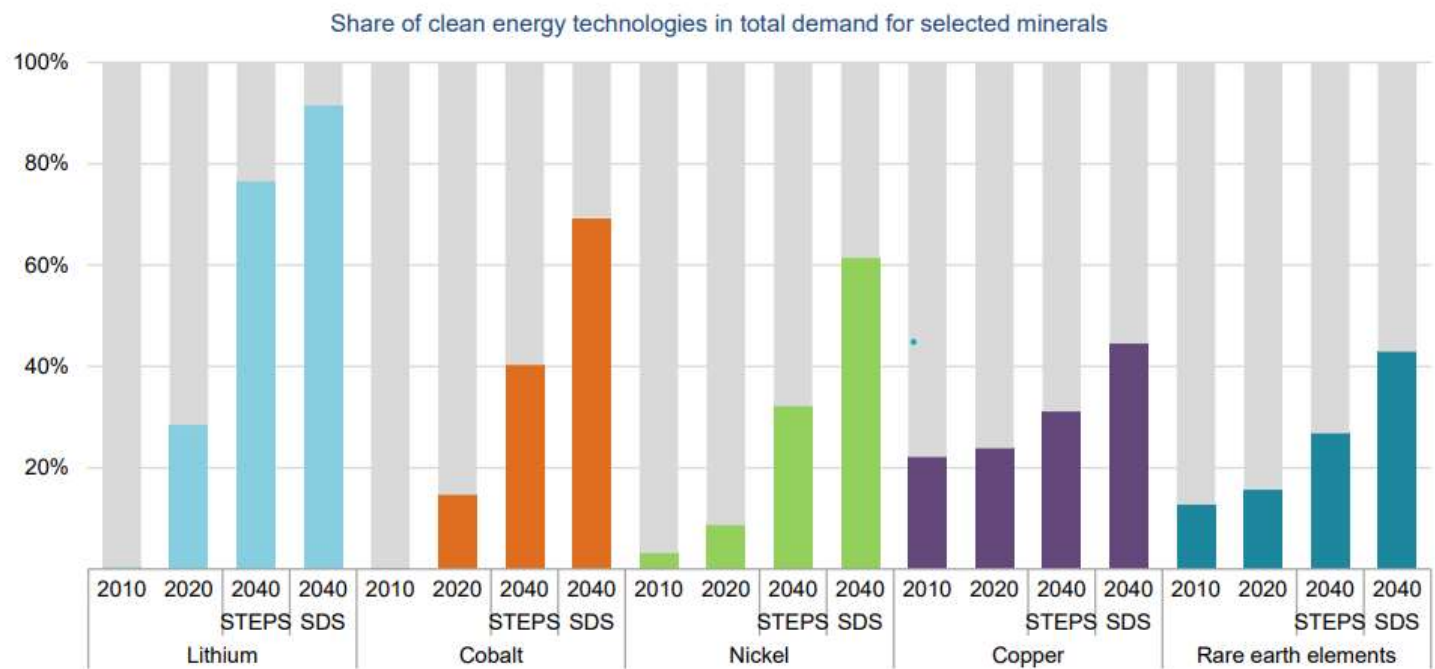
NESSO MATERIALI-ENERGIA NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA

Materie prime critiche nelle tecnologie pulite



Notes: kg = kilogramme; MW = megawatt. Steel and aluminium not included. See Chapter 1 and Annex for details on the assumptions and methodologies.

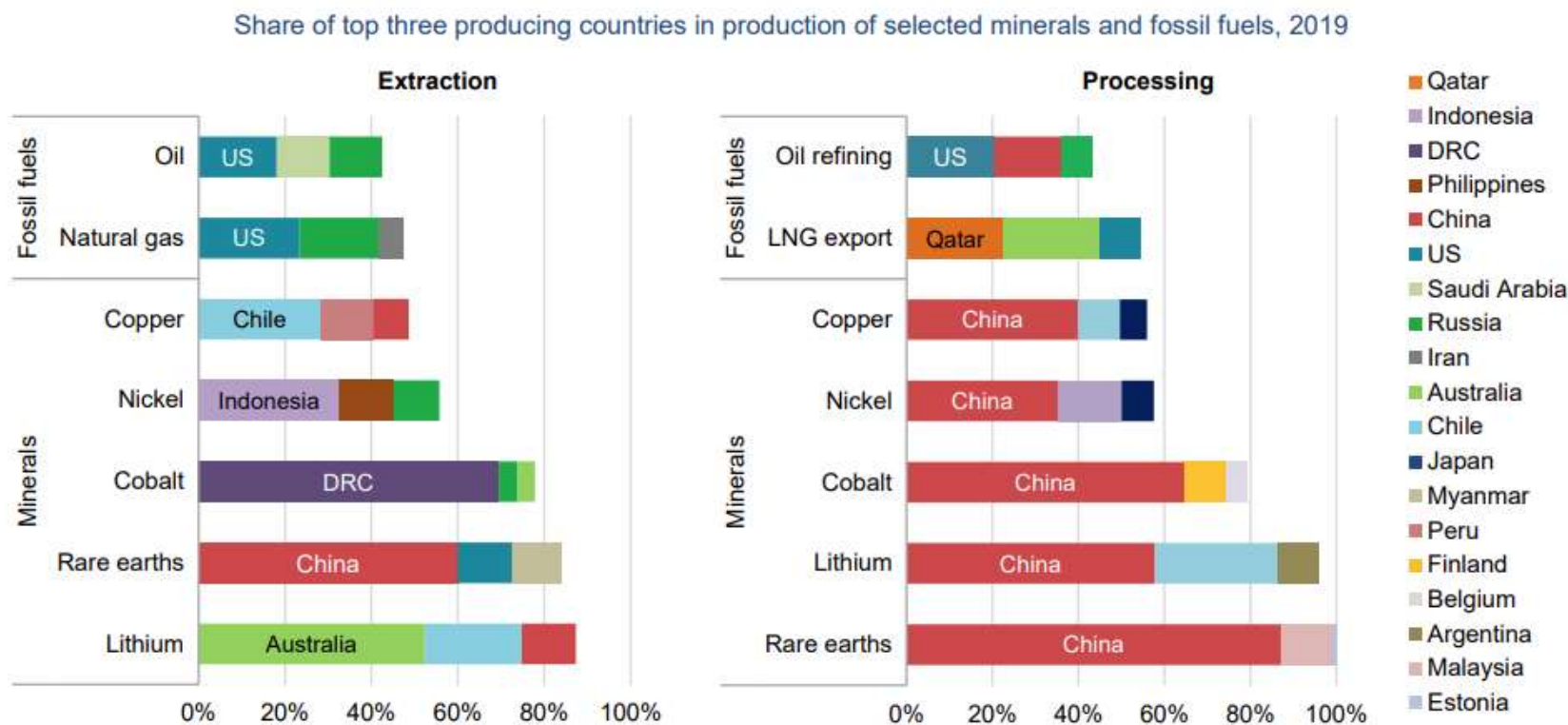
Effetto della transizione sulle materie prime critiche



IEA. All rights reserved.

Notes: Demand from other sectors was assessed using historical consumption, relevant activity drivers and the derived material intensity. Neodymium demand is used as indicative for rare earth elements. STEPS = Stated Policies Scenario, an indication of where the energy system is heading based on a sector-by-sector analysis of today's policies and policy announcements; SDS = Sustainable Development Scenario, indicating what would be required in a trajectory consistent with meeting the Paris Agreement goals.

Distribuzione delle materie prime critiche (i)



IEA. All rights reserved.

Notes: LNG = liquefied natural gas; US = United States. The values for copper processing are for refining operations.
Sources: IEA (2020a); USGS (2021), World Bureau of Metal Statistics (2020); Adamas Intelligence (2020).

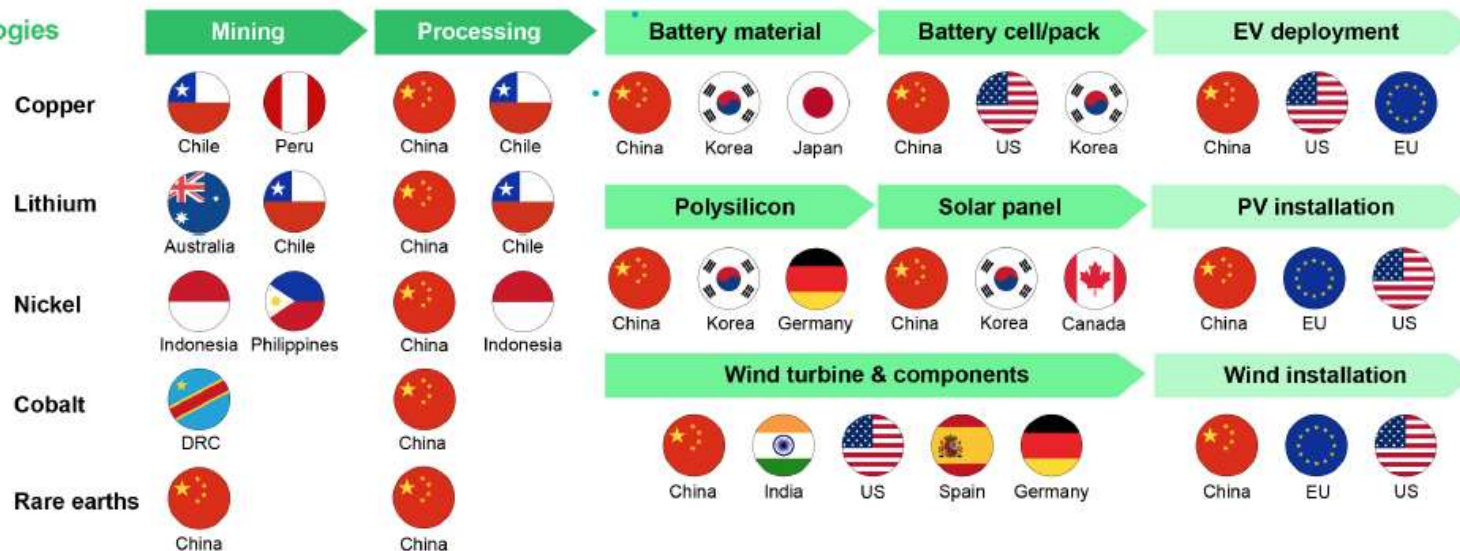
Distribuzione delle materie prime critiche (ii)

Indicative supply chains of oil and gas and selected clean energy technologies

Oil and gas



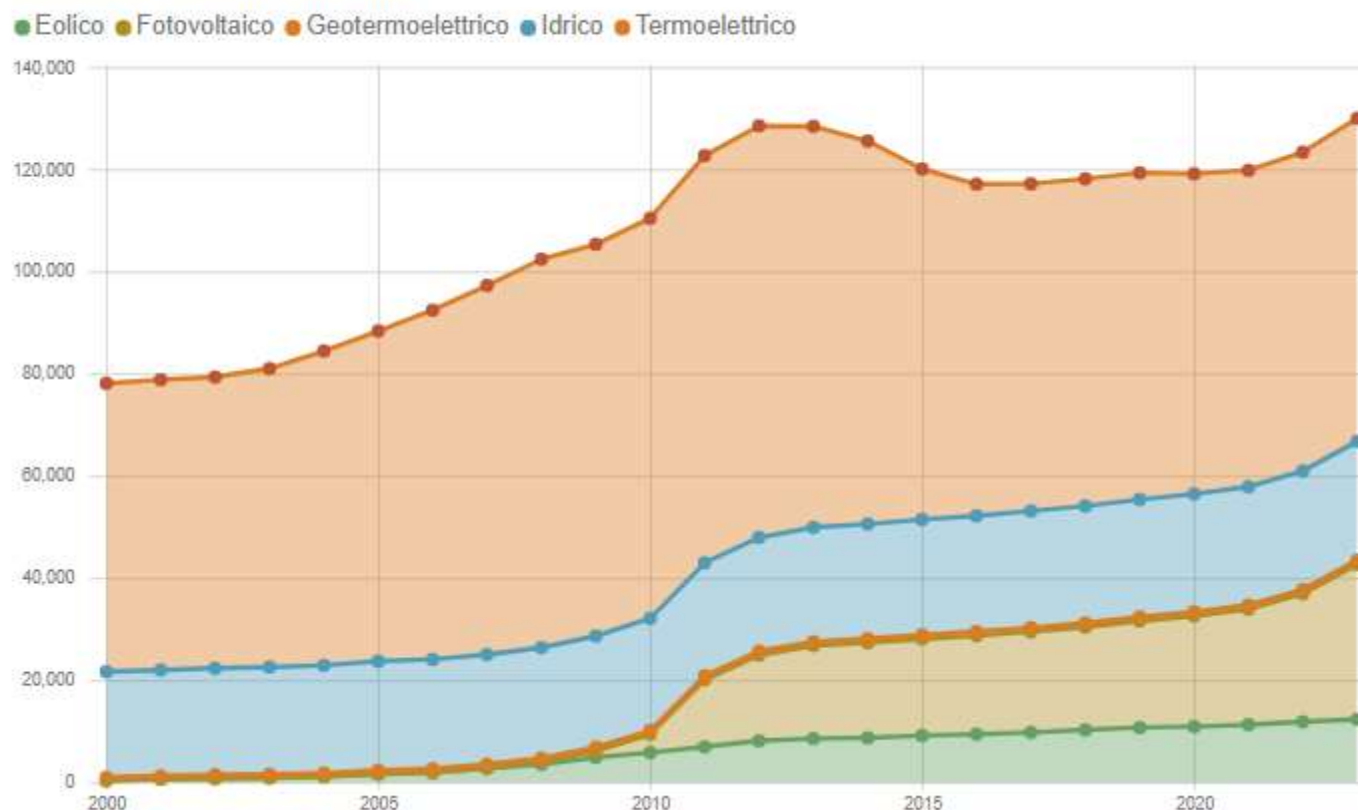
Clean technologies



DATI ENERGETICI NAZIONALI

Potenza efficiente per fonte (i)

Potenza efficiente per fonte [MW]



Potenza efficiente per fonte

Eolico
(9.4%)

11,289.81 MW

↗ 3.6%

Fotovoltaico
(18.9%)

22,594.26 MW

↗ 4.4%

Geotermoelettrico
(0.7%)

817.09 MW

→ 0%

Idrico
(19.3%)

23,147.26 MW

↗ 0.3%

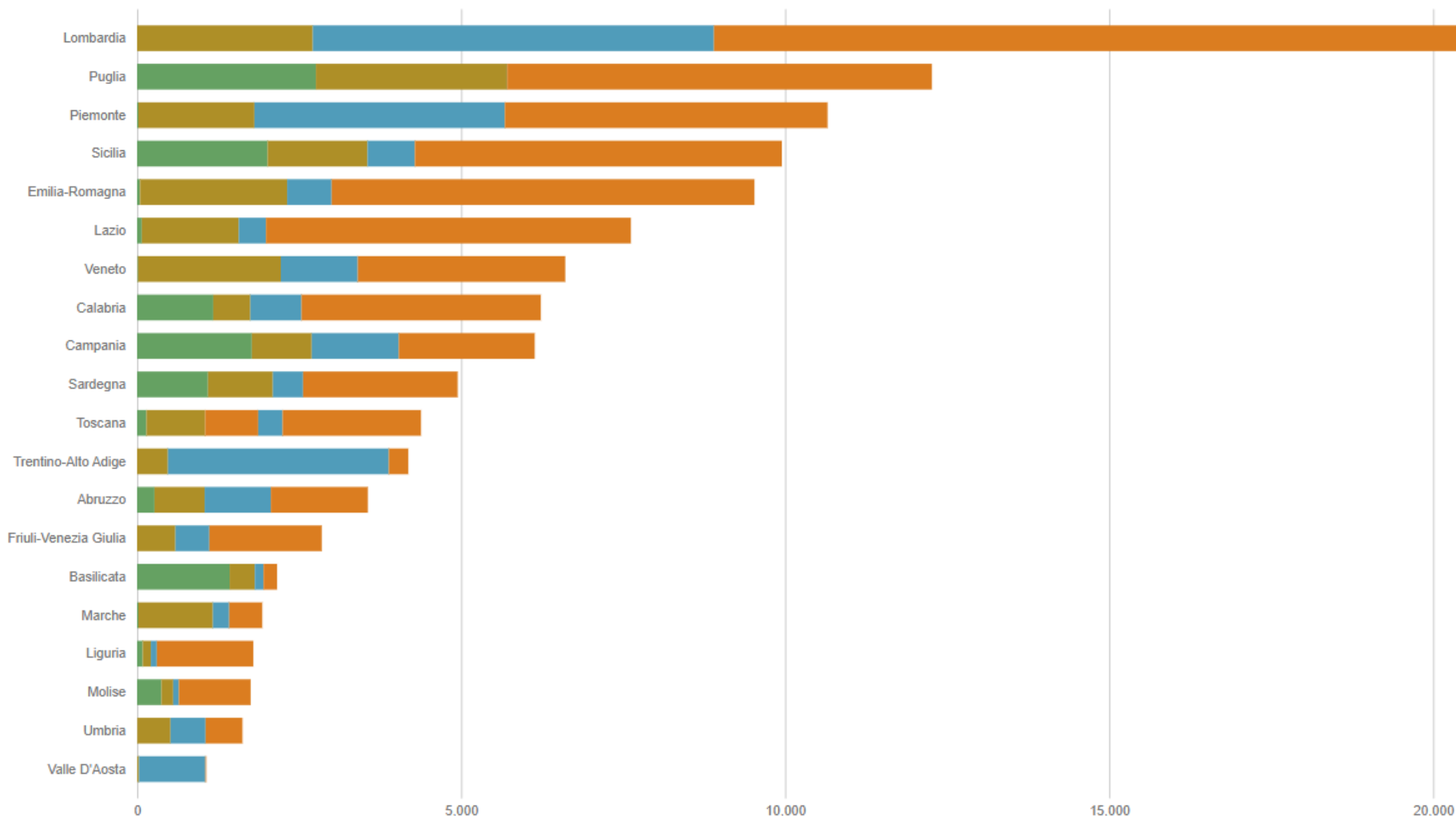
Termoelettrico
(51.7%)

61,932.37 MW

↘ -1.2%

Produzione efficiente per regione

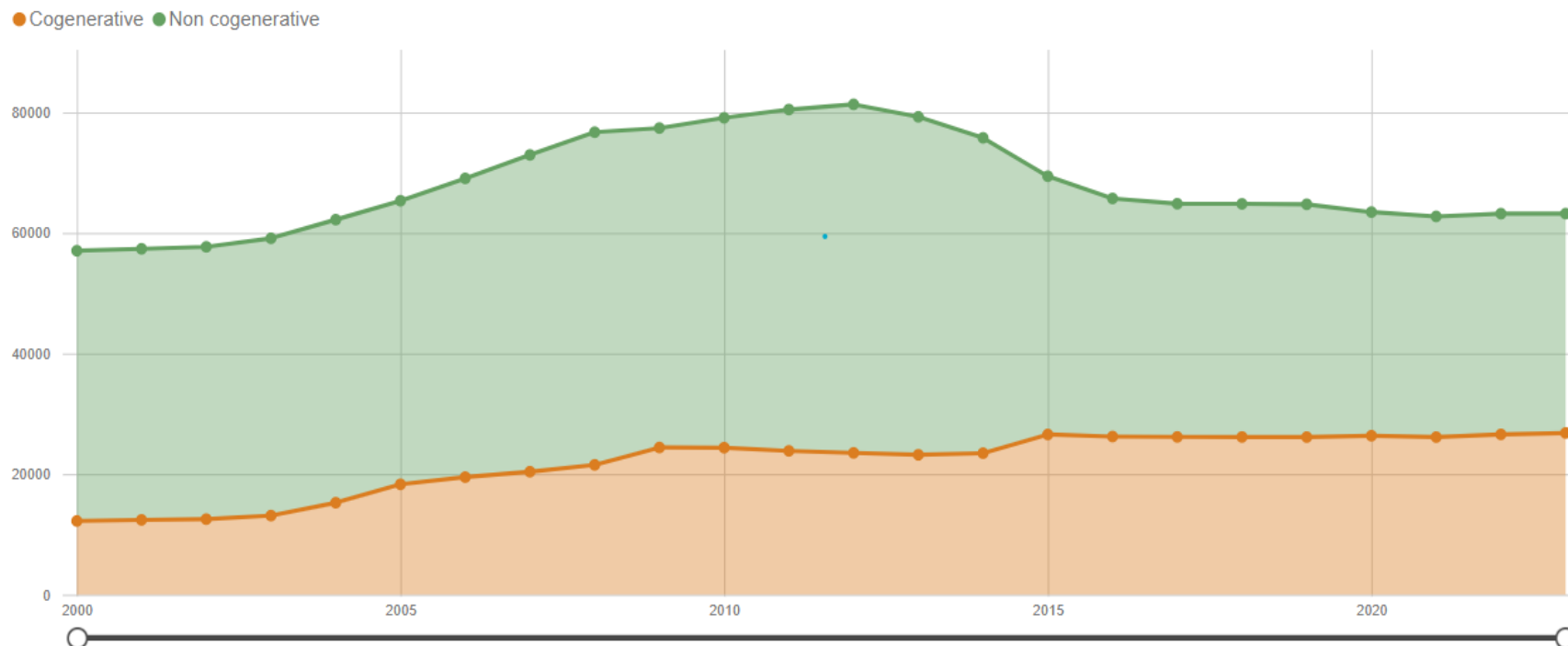
● Eolico ● Fotovoltaico ● Geotermoelettrico ● Idrico ● Termoelettrico



MW

Parco termo-elettrico italiano (i)

Potenza efficiente per categoria [MW]



Potenza efficiente per categoria

Potenza efficiente totale

63,212.50 MW

↗ 0.1% (YoY% - 2023)

● Non Cogenerative
(57.6%)

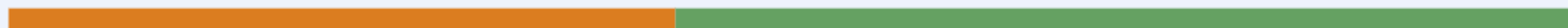
36,397.75 MW

↘ -0.7%

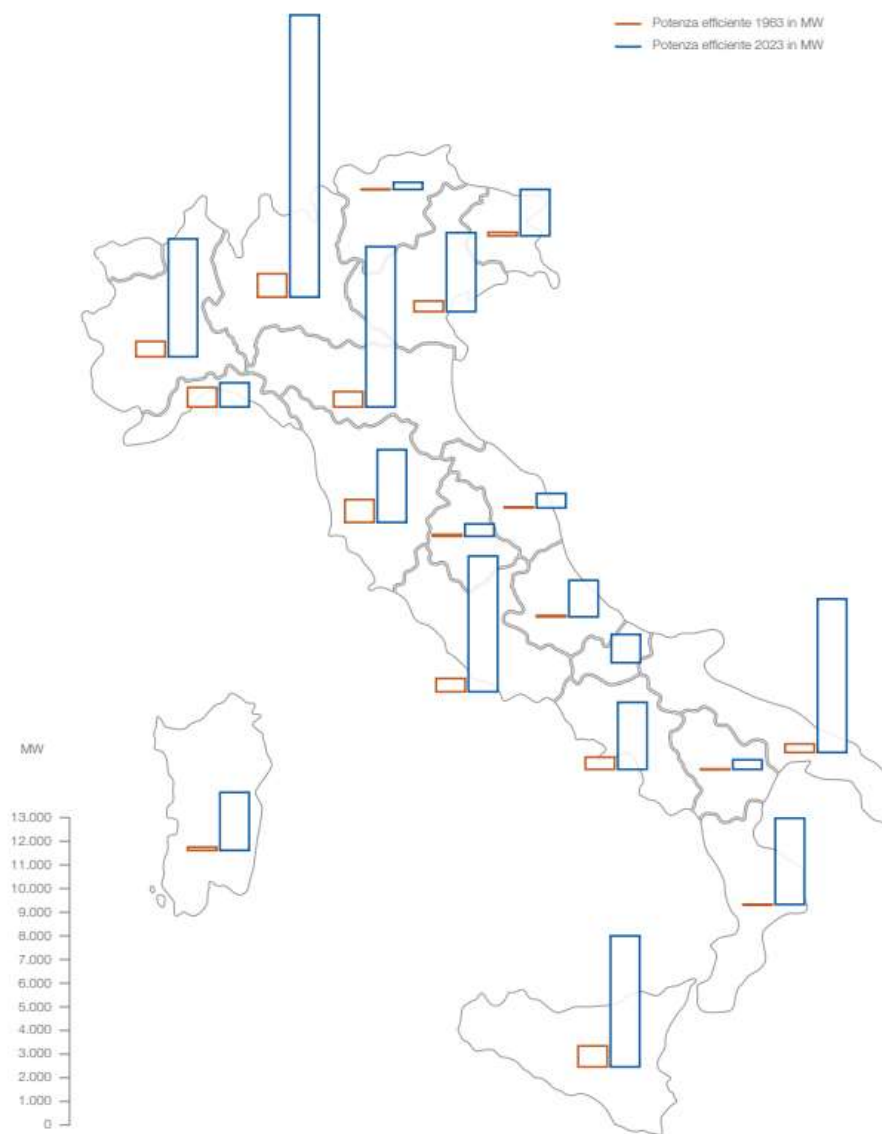
● Cogenerative
(42.4%)

26,814.76 MW

↗ 0.9%



Parco termo-elettrico italiano (ii)



Parco termo-elettrico italiano (ii)

	Produttori				
	Sezioni	Potenza nominale		Potenza efficiente	
		Motori primi	Generatori	Lorda	Netta
	n.	MW	MVA	MW	MW
A) Impianti con sola produzione di energia elettrica					
combustione interna (CI)	1.337	1.423,3	1.749,1	1.388,1	1.343,5
-fino a 25	1.337	1.423,3	1.749,1	1.388,1	1.343,5
turbine a gas (TG)	47	2.570,8	3.050,4	2.548,9	2.488,8
-fino a 25	28	122,9	136,5	115,2	113,7
-oltre 25 fino a 50	1	46,0	57,8	46,0	44,8
-oltre 50 fino a 100	5	372,4	450,9	372,1	340,1
-oltre 100 fino a 200	10	1.319,6	1.565,2	1.305,6	1.288,2
-oltre 200 fino a 500	3	710,0	840,0	710,0	702,0
a vapore a condensazione (C)	83	9.302,1	10.868,3	9.124,1	8.404,4
-fino a 25	54	477,3	574,3	451,0	407,2
-oltre 25 fino a 50	4	136,7	200,3	136,7	120,8
-oltre 50 fino a 100	2	121,1	153,8	121,1	111,0
-oltre 100 fino a 200	6	941,0	1.040,0	928,5	868,2
-oltre 200 fino a 500	11	3.666,0	4.400,0	3.526,8	3.217,0
-oltre 500	6	3.960,0	4.500,0	3.960,0	3.680,1
ciclo combinato (CC)	56	23.300,7	29.888,8	22.793,1	22.467,3
-fino a 25	5	49,8	61,2	40,5	39,2
-oltre 25 fino a 50	6	235,7	303,9	234,7	227,8
-oltre 50 fino a 100	1	58,0	73,3	58,0	55,3
-oltre 100 fino a 200	1	115,5	144,6	115,5	113,0
-oltre 200 fino a 500	30	12.282,4	16.808,0	11.836,0	11.676,8
-oltre 500	13	10.559,3	12.497,8	10.508,5	10.355,2
turbo espansione (TE)	54	115,0	140,1	114,4	110,5
-fino a 25	54	115,0	140,1	114,4	110,5
altro genere (V)	6	110,1	110,3	96,3	87,0
-fino a 25	5	60,1	60,3	52,3	47,0
-oltre 25 fino a 50	1	50,0	50,0	44,0	40,0
a celle combustibili (CEL)	4	..	..	..	..
-fino a 25	4	..	..	..	..
TOTALE A	1.587	36.822,0	45.807,0	36.064,9	34.901,5

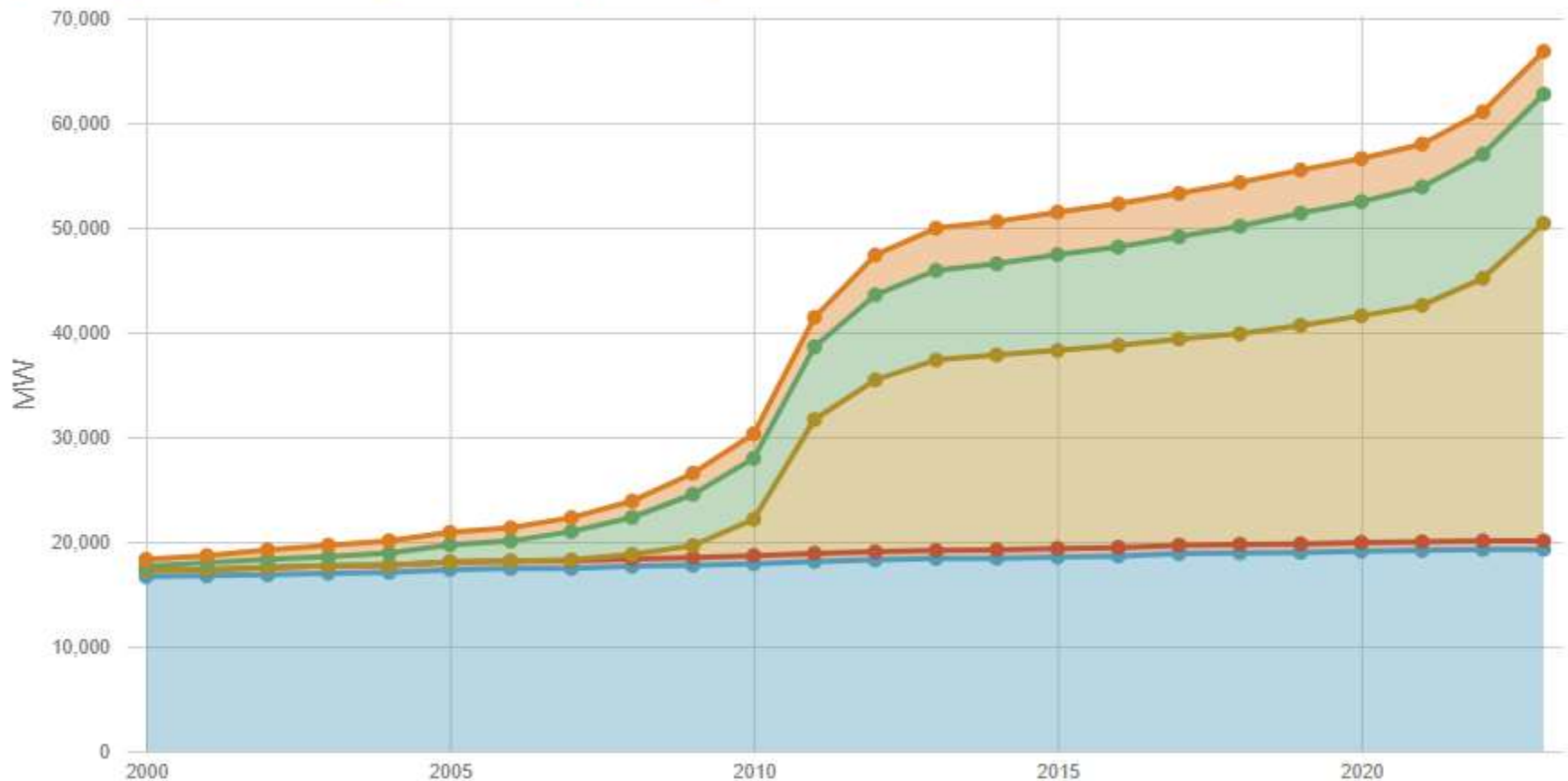
Parco termo-elettrico italiano (iii)

	Produttori				
	Sezioni	Potenza nominale		Potenza efficiente	
		Motori primi	Generatori	Lorda	Netta
	n.	MW	MVA	MW	MW
B) Impianti con produzione combinata di energia elettrica e calore					
a combustione interna (CIC)	3.977	2.103,2	2.565,4	2.046,5	1.962,1
- fino a 25	3.976	2.071,4	2.527,0	2.014,7	1.931,4
- oltre 25 fino a 50	1	31,8	38,4	31,8	30,8
a turbine a gas (TGC)	78	676,4	832,3	654,9	644,5
- fino a 25	73	123,9	146,4	118,4	115,1
- oltre 25 fino a 50	2	86,0	103,4	74,7	74,3
- oltre 100 fino a 200	3	466,5	582,5	461,9	455,1
a ciclo combinato (CCC)	99	17.333,8	20.366,0	16.897,9	16.580,0
- fino a 25	37	128,7	153,6	125,9	121,6
- oltre 25 fino a 50	8	332,0	419,5	324,2	315,3
- oltre 50 fino a 100	11	778,4	964,3	738,9	710,9
- oltre 100 fino a 200	12	1.815,1	2.195,5	1.800,4	1.756,0
- oltre 200 fino a 500	25	9.022,5	10.681,7	8.809,6	8.639,1
- oltre 500	6	5.257,0	5.951,4	5.098,9	5.037,0
a vapore a contropressione (CPC)	27	406,5	535,6	403,7	378,3
- fino a 25	23	132,0	168,9	129,2	123,7
- oltre 25 fino a 50	1	47,3	55,0	47,3	44,9
- oltre 50 fino a 100	3	227,3	311,6	227,3	209,7
condensazione e spillamento (CSC)	76	972,9	1.215,0	953,1	863,4
- fino a 25	65	513,8	636,8	498,7	451,6
- oltre 25 fino a 50	7	204,1	253,0	199,4	180,7
- oltre 50 fino a 100	4	255,0	325,2	255,0	231,2
- oltre 100 fino a 200	-	-	-	-	-
celle combustibili con cogenerazione (CEC)	10	..	..	..	..
- fino a 25	10	..	..	..	..
TOTALE B	4.267	21.493,0	25.514,3	20.956,1	20.428,4
TOTALE IMPIANTI (A + B)	5.854	58.314,9	71.321,3	57.021,0	55.329,9
geotermoelettrici	37	918,8	1.073,1	817,1	771,8
in complesso	5.891	59.233,7	72.394,3	57.838,1	56.101,7

Parco rinnovabile italiano (i)

Potenza efficiente nazionale per fonte rinnovabile [MW]

● Idrico ● Geotermoelettrico ● Fotovoltaico ● Eolico ● Bioenergie



Parco rinnovabile italiano (ii)

	Potenza efficiente lorda		Potenza efficiente lorda		Potenza efficiente lorda
	Impianti		Impianti		
	n.	kW	n.	kW	%
	2022		2023		2022/2023
Idrica	4.784	19.265.289	4.848	19.274.170	0,0%
0 - 1 MW	3.496	889.034	3.554	900.085	1,2%
1 - 10 MW	978	2.828.835	985	2.849.219	0,7%
> 10 MW	310	15.547.420	309	15.524.866	-0,1%
Eolica	5.928	11.858.430	6.019	12.335.543	4,0%
Fotovoltaica	1.225.431	25.063.919	1.597.447	30.319.417	21,0%
Geotermica	34	817.090	34	817.090	0,0%
Bioenergie (1)	3.021	4.050.094	3.054	4.078.760	0,7%
Sola produzione di energia elettrica	951	1.878.585	898	1.881.047	0,1%
Solidi	118	767.658	115	809.025	5,4%
- rifiuti solidi urbani	29	379.883	30	423.653	11,5%
- biomasse solide	92	387.775	88	385.372	-0,6%
Biogas	676	490.698	646	464.530	-5,3%
- da rifiuti	192	230.917	186	224.147	-2,9%
- da fanghi	14	4.641	14	4.641	0,0%
- da deiezioni animali	201	62.942	193	57.337	-8,9%
- da attività agricole e forestali	291	192.199	275	178.405	-7,2%
Bioliquidi	163	620.228	143	607.492	-2,1%
- oli vegetali grezzi	138	537.222	123	527.018	-1,9%
- altri bioliquidi	28	83.006	23	80.474	-3,1%
Produzione combinata di energia elettrica e calore	2.081	2.171.509	2.167	2.197.713	1,2%
Solidi	325	881.627	320	877.495	-0,5%
- rifiuti solidi urbani	28	490.824	28	490.824	0,0%
- biomasse solide	300	390.803	295	386.671	-1,1%
Biogas	1.499	968.907	1.591	1.000.118	3,2%
- da rifiuti	188	141.178	191	142.281	0,8%
- da fanghi	72	45.512	73	45.612	0,2%
- da deiezioni animali	518	191.276	557	200.739	4,9%
- da attività agricole e forestali	840	590.941	889	611.486	3,5%
Bioliquidi	270	320.975	269	320.100	-0,3%
- oli vegetali grezzi	207	263.813	203	261.342	-0,9%
- altri bioliquidi	69	57.162	72	58.758	2,8%
TOTALE	1.239.198	61.054.822	1.611.402	66.824.980	9,5%

Ulteriori impianti termoelettrici con utilizzo prevalente di combustibile tradizionale, alimentati anche con bioenergie (v. tabella 34)

	2022	2023	2022/2023
Bioenergie (1)	4 1.763.716	4 1.763.716	0,0%

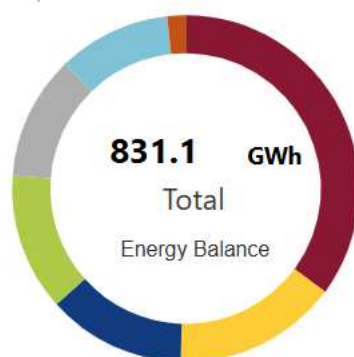
(1) La potenza degli impianti che utilizzano combustibili rinnovabili (bioenergie) è fornita per combustibile utilizzabile.

Bilancio energetico giornaliero

Energy Balance

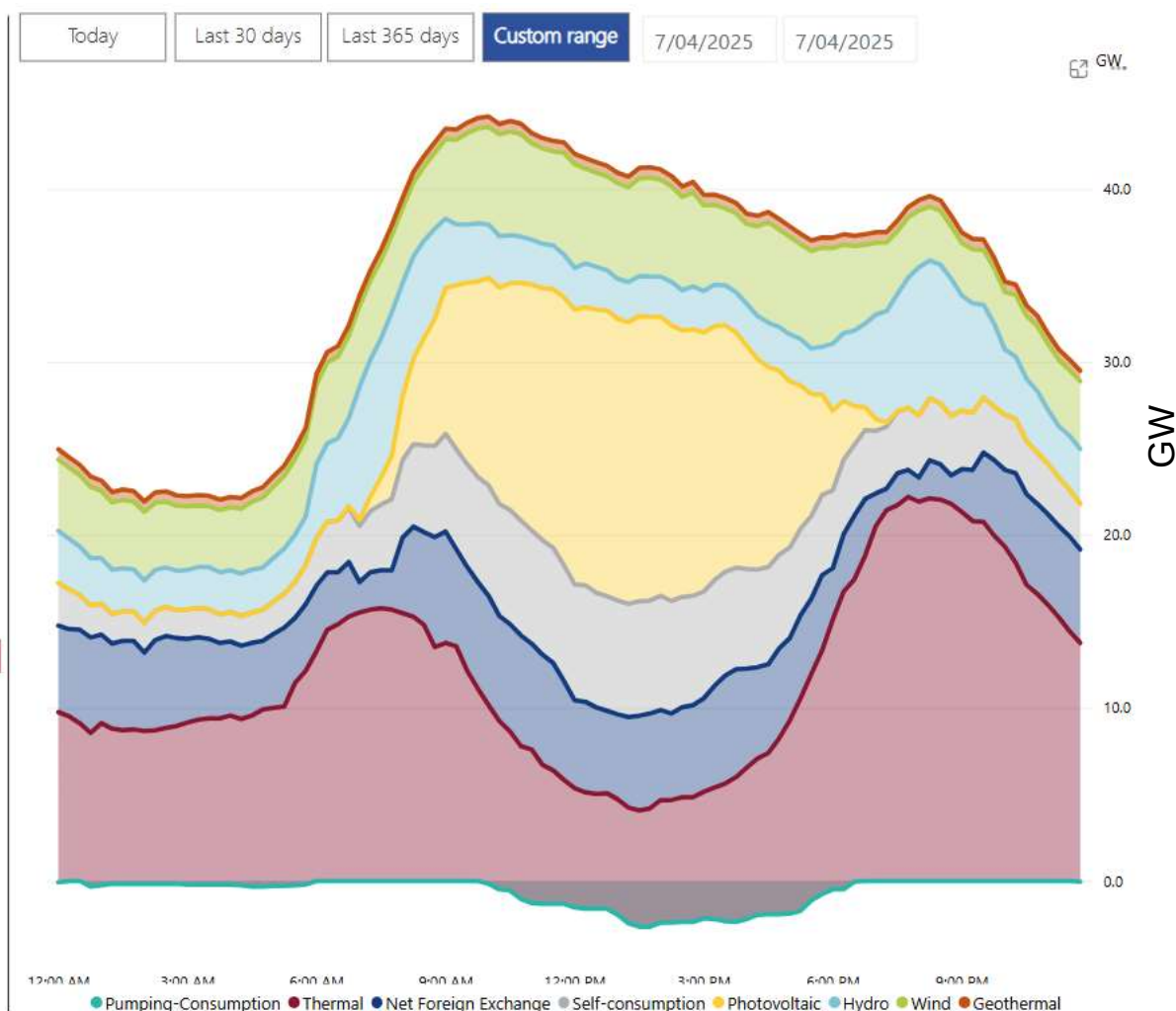
From: **7/04/2025** To: **7/04/2025**

Last update: 08/04/2025 11:45

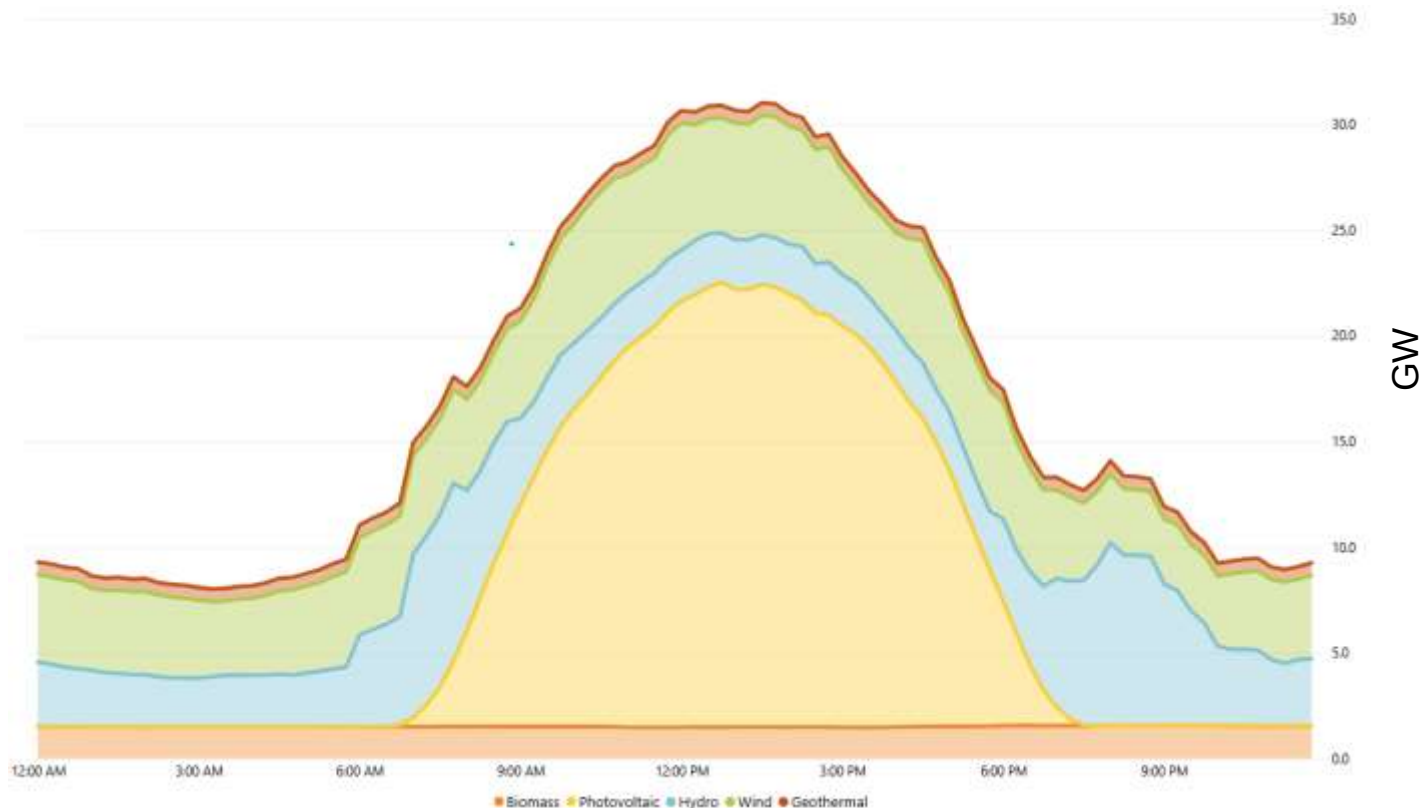


Energy Balance
per energy sources [GWh]

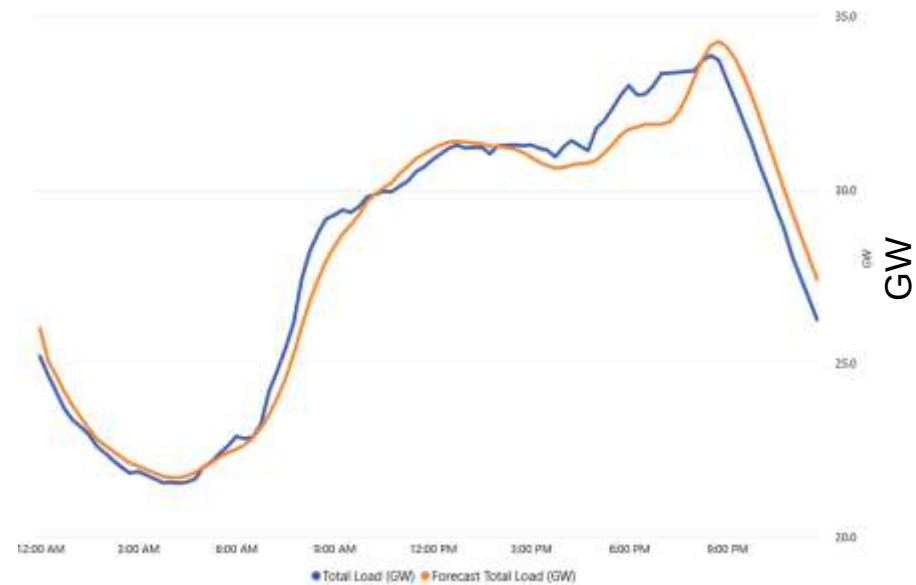
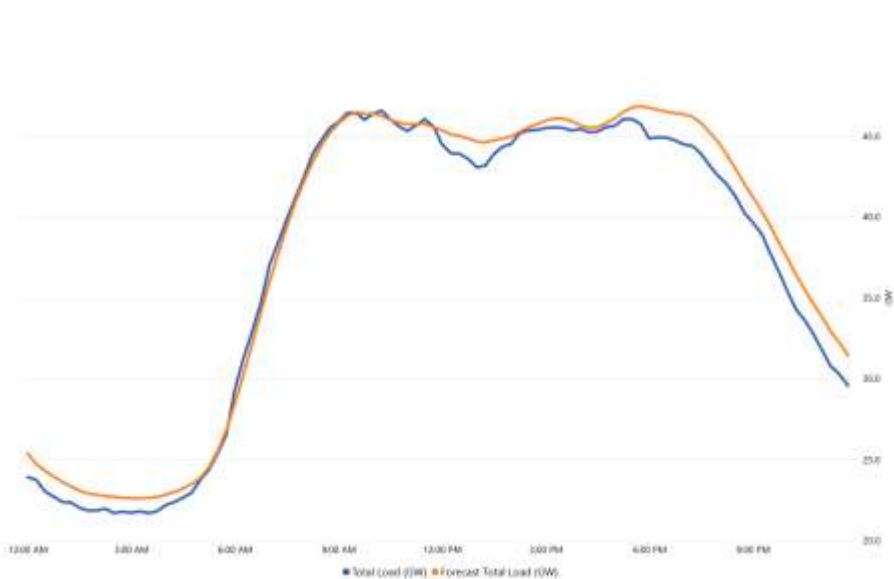
Thermal	297.4	
Photovoltaic	129.7	
Net Foreign Exchange	109.3	
Wind	108.5	
Self-consumption	98.2	
Hydro	88.9	
Geothermal	14.4	
Pumping-Consumpti...	-15.3	



Profilo di generazione rinnovabile giornaliero



Profilo di carico totale –



Picchi massimi e minimi di fabbisogno

7/04/2025

Peak / Valley Load

From: 7/04/2025 To: 7/04/2025

Last update: 8/04/2025 6:00

Peak Load ☒ Valley Load

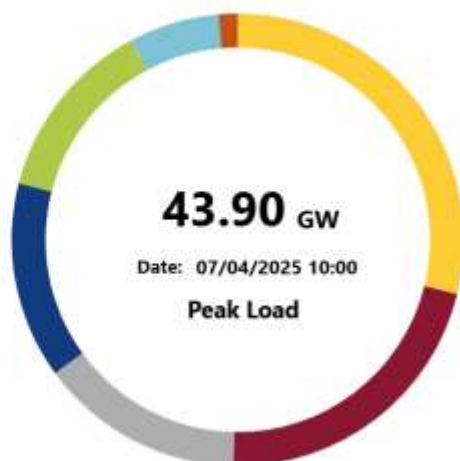
Focus Daily

Custom Range

7/04/2025

Peak Load: 43.90 GW

Photovoltaic	12.83	
Thermal	9.53	
Self-consumption	6.52	
Net Foreign Exchange	6.25	
Wind	5.86	
Hydro	2.87	
Geothermal	0.60	
Pumping-Consumption	-0.56	



Production data displayed

Peak / Valley Load

From: 7/04/2025 To: 7/04/2025

Last update: 8/04/2025 6:00

Peak Load Valley Load ☒

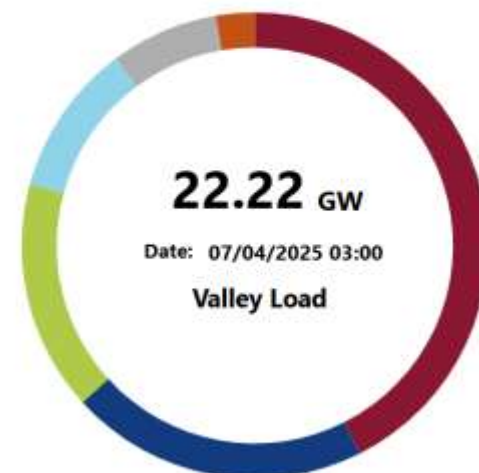
Focus Daily

Custom Range

7/04/2025

Valley Load: 22.22 GW

Thermal	9.54	
Net Foreign Exchange	4.64	
Wind	3.59	
Hydro	2.37	
Self-consumption	1.68	
Geothermal	0.60	
Photovoltaic	0.00	
Pumping-Consumption	-0.20	

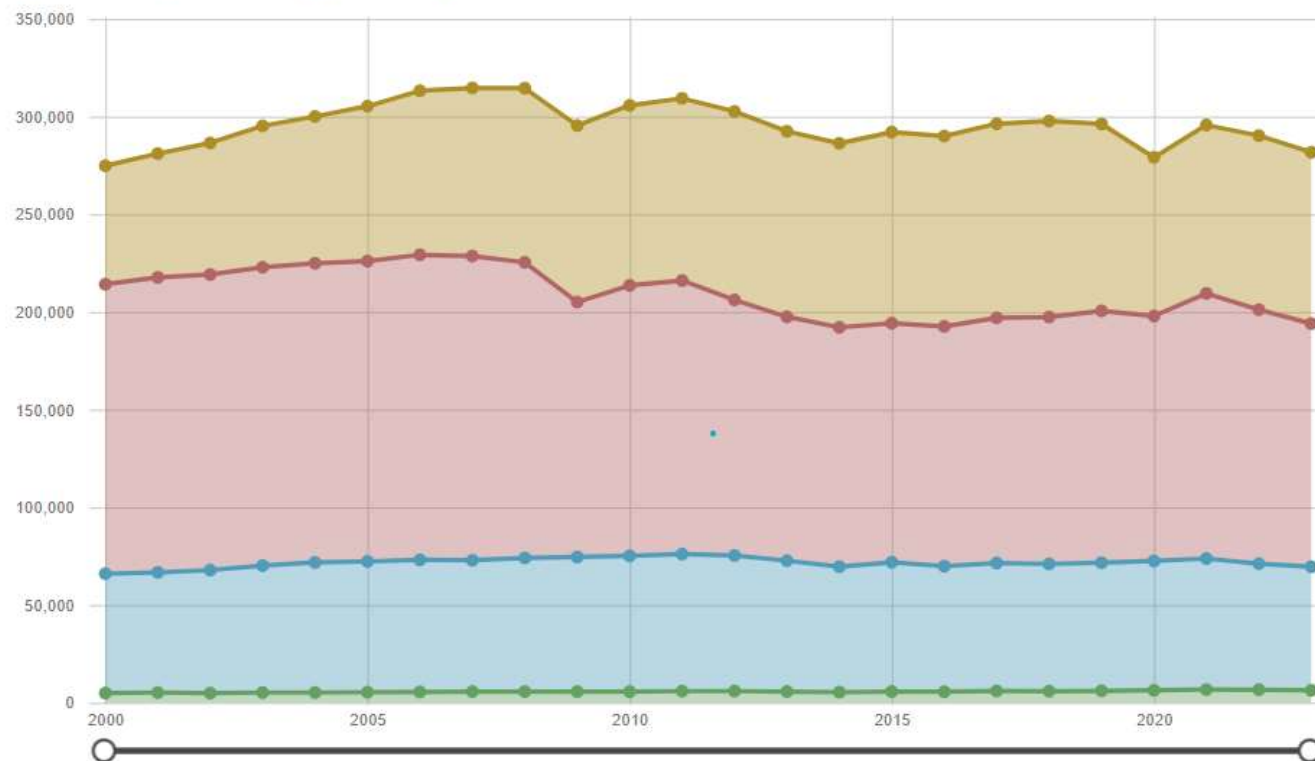


Production data displayed

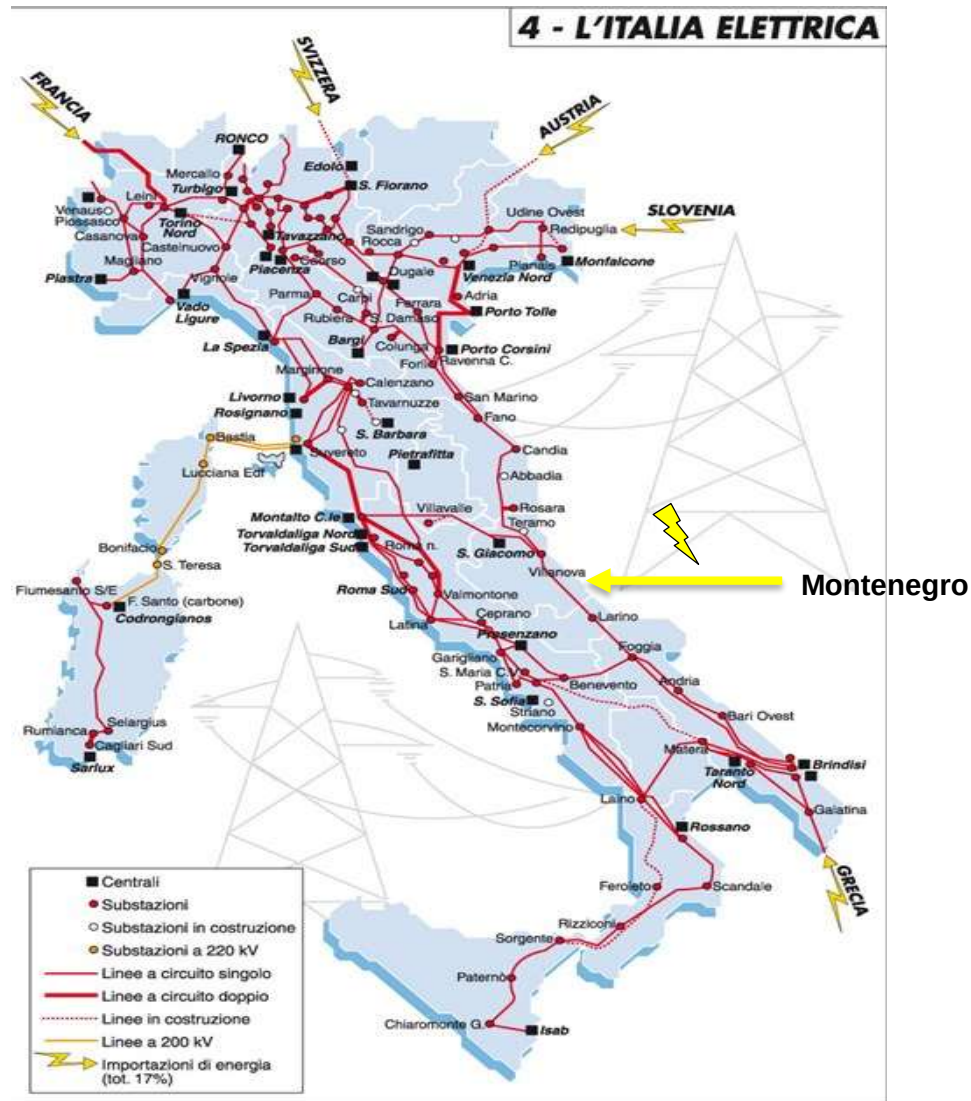
Consumo totale per settore

Consumo [GWh]

● Agricoltura ● Domestico ● Industria ● Servizi



La rete elettrica nazionale



Import energia elettrica

Energia elettrica importata in Italia da

GWh	Francia	Svizzera	Austria	Slovenia	Grecia	Malta	Montenegro	Totale 2022
gennaio	838,1	1.402,4	125,4	520,8	73,7	..	222,0	3.182,3
febbraio	1.199,3	1.853,1	90,4	524,0	76,9	0,1	179,8	3.923,6
marzo	823,0	1.722,9	120,0	538,0	232,3	0,1	282,6	3.719,0
aprile	1.097,1	1.534,4	127,2	567,8	110,6	0,1	394,8	3.832,2
maggio	1.632,9	1.849,5	160,1	617,9	124,2	1,7	387,9	4.774,2
giugno	1.333,2	1.661,1	168,2	538,8	90,8	0,1	271,5	4.063,7
luglio	1.430,7	2.137,5	158,8	582,5	344,6	..	302,3	4.956,5
agosto	731,3	1.455,5	161,0	342,7	140,3	..	328,8	3.159,5
settembre	1.147,2	1.729,1	86,1	534,0	121,6	0,1	279,0	3.897,1
ottobre	1.521,0	1.700,8	33,1	519,0	116,1	0,1	118,2	4.008,3
novembre	1.609,0	2.018,6	136,7	466,3	130,9	1,4	189,1	4.551,9
dicembre	1.034,4	1.221,0	132,0	461,8	179,3	2,3	291,8	3.322,6
ANNO	14.397,2	20.285,9	1.499,2	6.213,6	1.741,3	6,0	3.247,9	47.391,1