

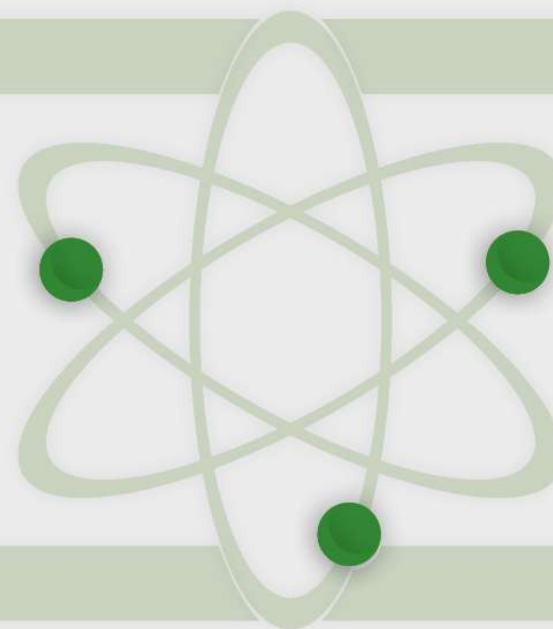


Convegno CNI

Giovedì 13 novembre 2025 Centro Congressi Cavour - ROMA

La nuova stagione nucleare

Prospettive di ripresa produttiva alla luce della Legge Delega 27/02/2025



La fonte nucleare dall'emergenza energetica alla transizione ecologica

Franco Baretich

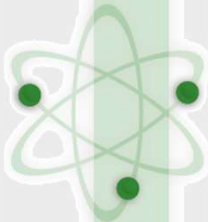
Vicepresidente Commissione Energia – Ordine Ingegneri Milano

Partner:

FONDAZIONE
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

Una doverosa premessa

Il tema assegnato è estremamente ampio cercherò quindi solo di condividere alcune riflessioni mediante un approccio olistico sui fattori economici, emozionali, tecnici e strategici che caratterizzano il tema.



Gli ingredienti del nucleare nell'approccio della politica



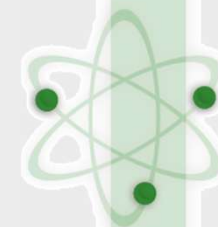
Ingredienti

- Tecnici (ignoti al grande pubblico)
- Economici (il nucleare è costoso)
- Emotivi (il nucleare non è sicuro)
- Strategici (poco adatti ai risultati di breve)



L'impasto dipende dagli obiettivi del cuoco

Questo approccio ci ha portato alla situazione attuale

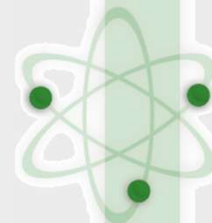


Gli ingredienti del nucleare: riflessioni per un approccio ingegneristico

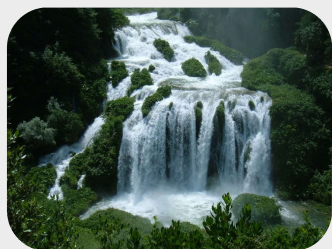
Medesimi
Ingredienti {
Tecnic
Economici
Emotivi
Strategici

ma approccio diverso

Con un approccio tipicamente ingegneristico cerchiamo di semplificare il problema riducendolo agli elementi essenziali.



Partiamo dall'ingrediente economico → il nucleare è costoso!

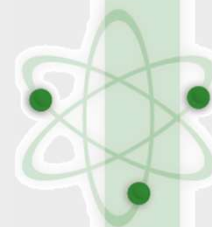
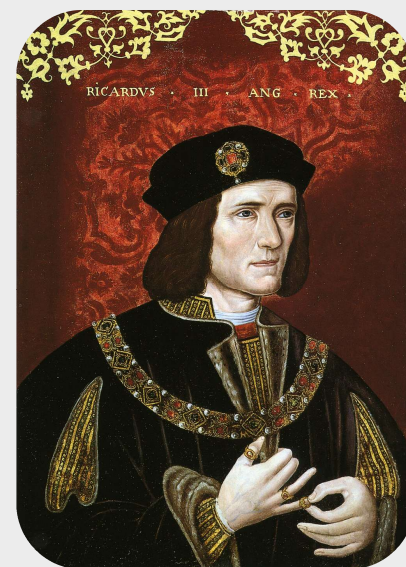


"Un cavallo, un cavallo, il mio regno per un cavallo!"

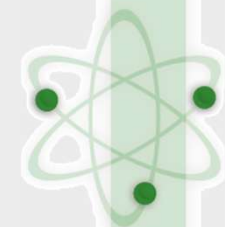
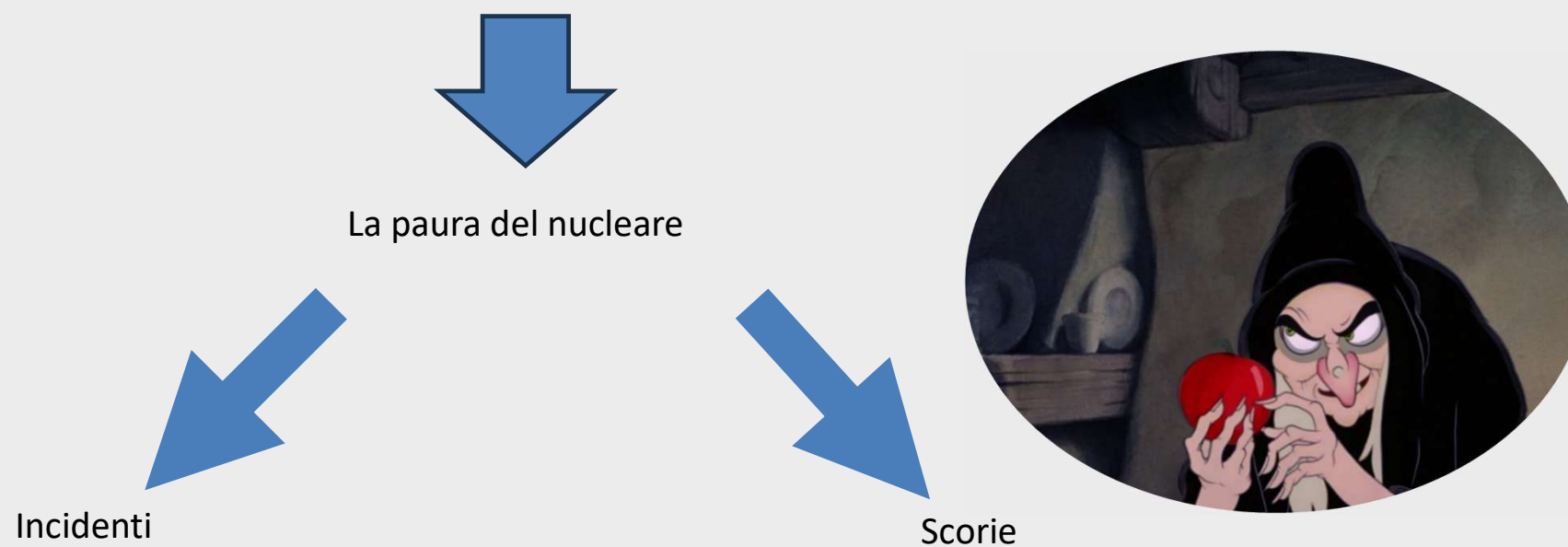
Fonte: W. Shakespeare

Il costo rappresenta una misura
oggettiva del valore?

Non mi pare

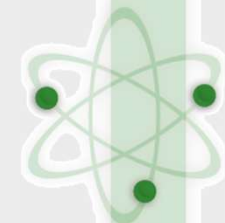


Secondo ingrediente: i fattori emotivi → il nucleare è pericoloso!



Dalla stregoneria alla cultura ingegneristica...

Misurate ciò che è
misurabile e rendete
misurabile ciò che
non lo è.



Il rischio nella cultura antinfortunistica

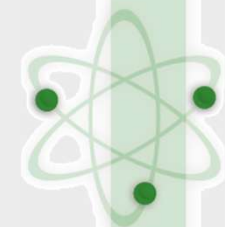
$$R = p \times M$$

**Il rischio = 0 (purtroppo)
comunque non esiste!**

N.B. qui lo scopo non è certo quello di convergere su numeri precisi quanto di rappresentare ordini di grandezza relativi quale componente essenziale della valutazione del rischio

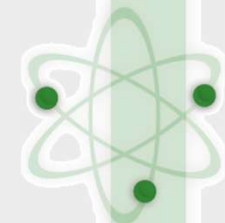
Fattore emotivo: «il Nucleare è pericoloso»

- Fumo (rischio accettato): si stimano 7-8 milioni di morti l'anno nel mondo (fonte: WHO, The Lancet). Nel mondo quindi 1000 decessi all'anno per milione di persone.
- CoViD: (rischio tipologicamente non evitabile); nel biennio 2020-2021: 14- 18 milioni di morti nel mondo (fonte: WHO, The Lancet). Nel mondo quindi circa 1000 all'anno per milione di persone.
- Incidenti d'auto (rischio accettato): In Italia (2024) 3030 morti e 233.853 feriti (fonte: ISTAT). In Italia, quindi, su 60 milioni → 5 decessi all'anno per milione di persone.



Fattore emotivo: il Nucleare è pericoloso... ma meno di altro.

- Incidenti aerei (rischio accettato): nel mondo 17 morti per miliardo di passeggeri; (fonte IATA, ICAO). Nel 2024 in aereo sono stati trasportati 10 miliardi di passeggeri (4,7 miliardi unici) – Fonte ACI World (Airports Council International). Quindi 170 decessi su 8 miliardi di persone cioè 21 decessi all'anno su un miliardo di persone.
- Tsunami (rischio tipologicamente non evitabile): nel mondo (2023) 57000 morti (fonte Our World Data) su 8 miliardi. Quindi 7 decessi all'anno su un milione di persone.
- Nucleare di potenza: nel mondo 3 incidenti con decessi «attribuiti» (TMI – 28 marzo 1979; Chernobyl - 26 aprile 1986; Fukushima Daiichi – 11 marzo 2011). Stimati 4000 decessi (fonte WHO e UNSCEAR) . Anni di esercizio cumulati più di 20000 ed energia prodotta pari a 2600 TWh/anno (2024) (fonte PRIS) cui corrisponde una quota di generazione da fonte nucleare a livello mondiale pari al 9,1% (fonte IEA). Potremmo ipotizzare di produrre tutto il fabbisogno mondiale di energia con la stessa incidentalità degli ultimi 45 anni e quindi ricavare circa 130 decessi all'anno per miliardo di persone (oppure meno di 12 con l'attuale quota di generazione).



Fattore emotivo: un confronto certamente semplificato, solo per dare un'idea degli ordini di grandezza

Probabilità di accadimento a parità di magnitudo del danno (morte di una persona per anno nel mondo)

Fumo e CoViD: 10^{-3}

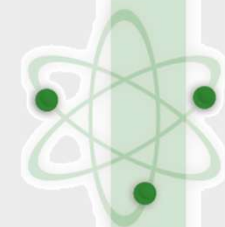
Auto, Tsunami: 10^{-6}

Aereo: 10^{-8}

Nucleare: 10^{-8} (rischio oggi certamente molto più ridotto)

Poiché quindi l'uomo accetta normalmente rischi ben maggiori, si può dire che siamo di fronte ad una percezione emotiva del rischio

N.B. Non ho preso in considerazione «rischi» ad altissima connotazione politica quali guerre e carestie



Fattore emotivo: anche un aggettivo causa sensazioni negative

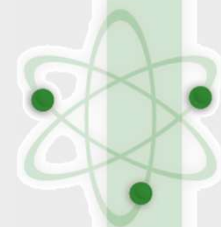
Tra il 1985 e il 1990 i grandi produttori di macchine per imaging diagnostico basato sulla risonanza dei nuclei atomici dei tessuti biologici indotta dall'applicazione di campi magnetici molto intensi tolsero la parola nucleare.

Negli ospedali e nel SSN fu abolita la vecchia dizione e si passò così...

RMN

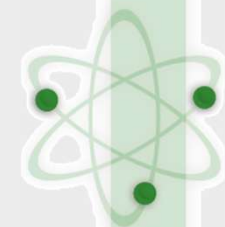


RM

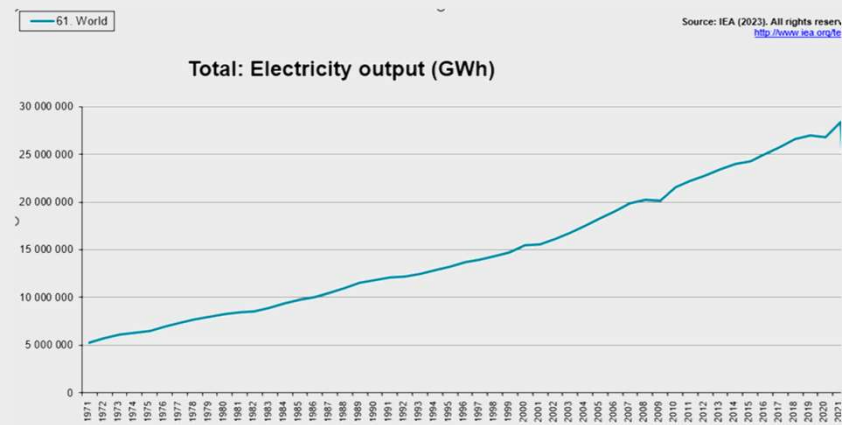
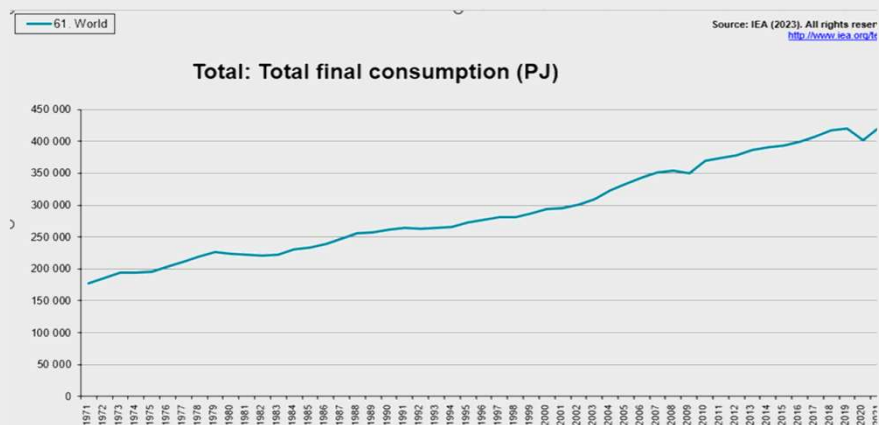


Terzo ingrediente: alcuni fattori di valenza strategica

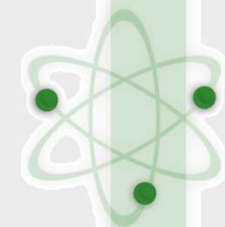
1. Evoluzione del fabbisogno di energia.
2. Energia e "benessere".
3. Disponibilità ed indipendenza.
4. La sicurezza energetica in Europa tra realtà e politica.
5. Ricadute tecnologiche collaterali.



Primo Fattore Strategico: l'evoluzione del fabbisogno mondiale di energia: un dato oggettivo



1PJ=278GWh



Primo Fattore Strategico: l'evoluzione del fabbisogno mondiale di energia: alcuni fattori impattanti

- Auspicata riduzione della povertà energetica
- Aumento della popolazione mondiale
- Aumento delle tecnologie elettriche
- Data centers, AI, criptovalute



Si compenseranno vicendevolmente?

Secondo il report IEA 2024, al 2050, nello scenario Net Zero Emission, è atteso un consumo EE di circa 2,5 volte i consumi attuali. L'EE passerà dall'attuale 20% a circa il 50% del mix. Difficile quindi immaginare un futuro senza generazione da fonte nucleare.

- Efficienza energetica
- Sostenibilità lato sensu

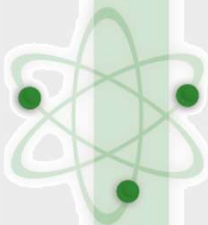


Fonte: Il Sole24Ore 26 ottobre 2025

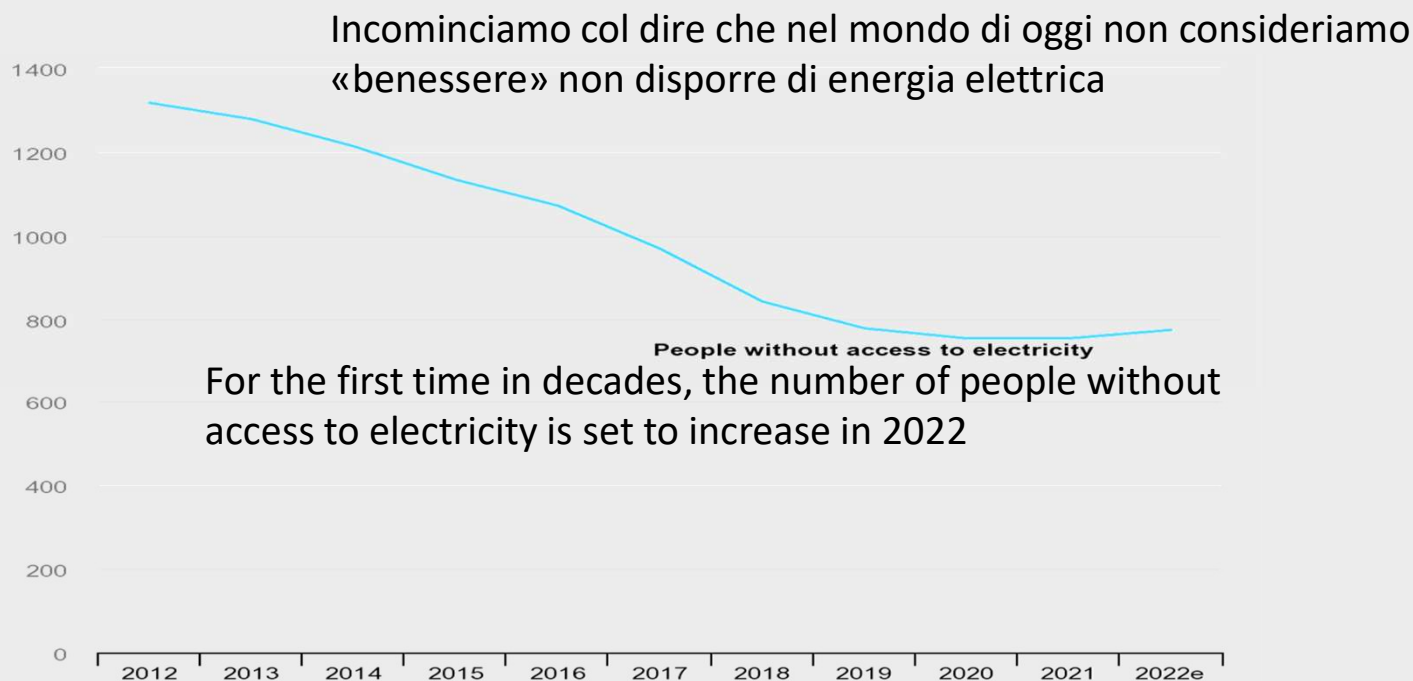
Secondo Fattore Strategico: Energia e "benessere"

Sono correlati e se sì in che modo?

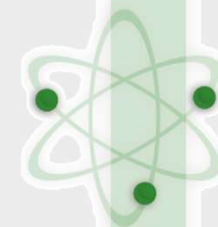
N.B. assumo una impropria equivalenza fra "benessere" e sviluppo socioeconomico ben sapendo che psicologi, sociologi, economisti, ma anche chiunque di noi potrebbe sviluppare ampi distinguo. Per questa ragione la parola "benessere" appare virgolettata



Secondo Fattore Strategico: Energia e "benessere": forse qui ci sono pochi dubbi



Fonte: IEA



Secondo Fattore Strategico: Energia e "benessere": alcune annotazione sull'Italia

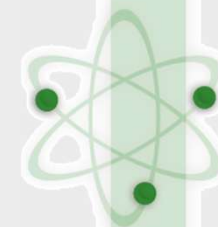
Anno	Consumo pro capite (kWh)	PIL procapite (€ 2010)
1860	50	2100
1900	100	2730
1950	300	4660
2000	39000	27330

Al di là dei numeri in assoluto, il PIL è cresciuto di un ordine di grandezza, i consumi di energia di tre

(di cui 5300 elettrici)

Anno	Popolazione
1861	22,5 milioni
1871	28,6 milioni
1900	32,6 milioni
1914	36,1 milioni
2000	56,9 milioni
2020	59,3 milioni

Elaborazioni del relatore su fonti: Enea, ISTAT, FIRE, Storia dell'energia in Italia (op. cit.)



Terzo Fattore Strategico → Disponibilità e indipendenza: Pronto, buongiorno, è la sveglia. (2022: un triste risveglio)

Il Sole 24 Ore Mercoledì 25 Maggio 2022 – N.142

Primo Piano
Lo shock energetico

L'intervista. Margrethe Vestager. La commissaria alla Concorrenza analizza le cause della pesante dipendenza della Ue da Mosca. E respinge le richieste di rivedere i Trattati e cambiare le regole sugli aiuti di Stato: «Ci garantiscono tutta la flessibilità necessaria»

«Sull'energia russa l'Europa non è stata ingenua ma avida, la sicurezza costa»

Beda Romano

Oltre il brusio quotidiano dominato dalla guerra in Ucraina, l'Europa dibatte del suo futuro. Tra maggio e giugno si terranno due vertici europei. Crescono le pressioni per modificare i Trattati; dominano temi quali la sovranità europea o l'autonomia strategica. L'establishment comunitario si posiziona. Incontrando alcuni giornali europei, la commissaria alla Concorrenza Margrethe Vestager si è voluta combattiva. Ha attribuito l'imbarazzante dipendenza europea da Paesi terzi non all'ingenuità, ma all'avidità. E sulle sue parole modifica del

Europa (il Chips Act, ndr) ha una base legale nel Trattato: aiuti pubblici devono essere necessari, proporzionati e appropriati. La verità è che il Trattato ci garantisce tutta la flessibilità di cui abbiamo bisogno». L'esponente liberale danese è stata ministra delle Finanze nel suo Paese dal 2011 al 2014. Da commissaria ha dimostrato da un lato velocità nel garantire aiuti pubblici in caso di necessità. Dall'altro è diventata tra i più fedeli difensori della libera concorrenza.

La guerra in Ucraina ha messo in luce una incredibile dipendenza di alcuni Paesi europei – a cominciare dalla

Germania e dall'Italia – al gas russo. Chi promuove l'autonomia strategica rimprovera all'Europa di essere stata ingenua in questi ultimi anni. «Parlare di ingenuità non ha senso. Siamo stati in realtà avidi», risponde la commissaria alla concorrenza. «Abbiamo voluto gas a basso costo dalla Russia, manodopera a basso costo dalla Cina, microprocessori a basso costo da Taiwan. Mi sembra ci sia una lezione da imparare: la sicurezza delle forniture ha un prezzo, ma comporta anche vantaggi, vale a dire prevedibilità e tranquillità».

In ultima analisi, dietro al concetto di sovranità europea si nasconde il rimpatrio delle catene

di produzione e forme più o meno esplicite di autarchia. Anche su quest'ultimo fronte Vestager è univoca: «Non è una buona idea pensare di potersi rifornire di tutto in Europa – controbatte ancora una volta la commissaria danese -. Faccio l'esempio dell'industria mineraria: ci vorrebbero 10 anni per ristabilirla. Quindi è molto più naturale creare coalizioni, come stiamo facendo con gli americani, i giapponesi o i sudcoreani (Paesi alleati, il cosiddetto friend-shoring, ndr). In modo da aiutarci a vicenda, non solo nei giorni di pioggia, ma anche quando le cose vanno peggio».

Commissaria alla Concorrenza.
Margrethe Vestager, 54 anni

L'OCSE: GLOBAL TAX RIMANDATA
Il segretario generale dell'Ocse, Mathias Cormann (nella foto), intervenendo al Forum di Davos, ha riconosciuto ieri per la prima volta che il

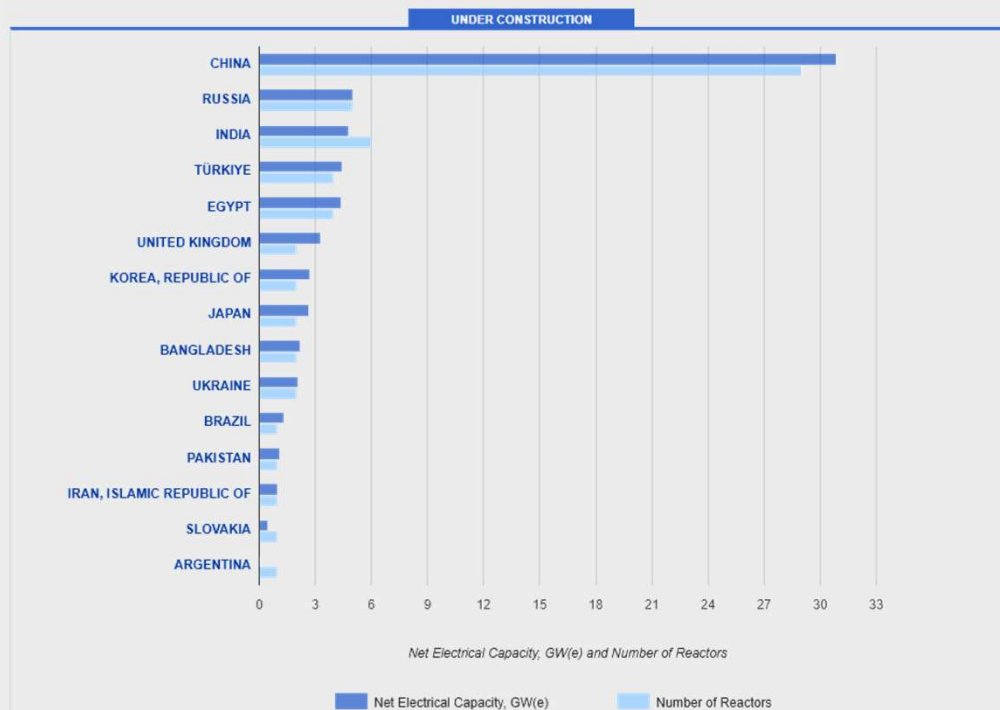
Von der Leyen: basta ricatti, diversificare le forniture

Davos

La presidente illustra
i piani della Commissione
europea sull'energia

Lino Terlizzi
DAVOS

Terzo Fattore Strategico → Disponibilità e indipendenza: continuiamo a sonnecchiare



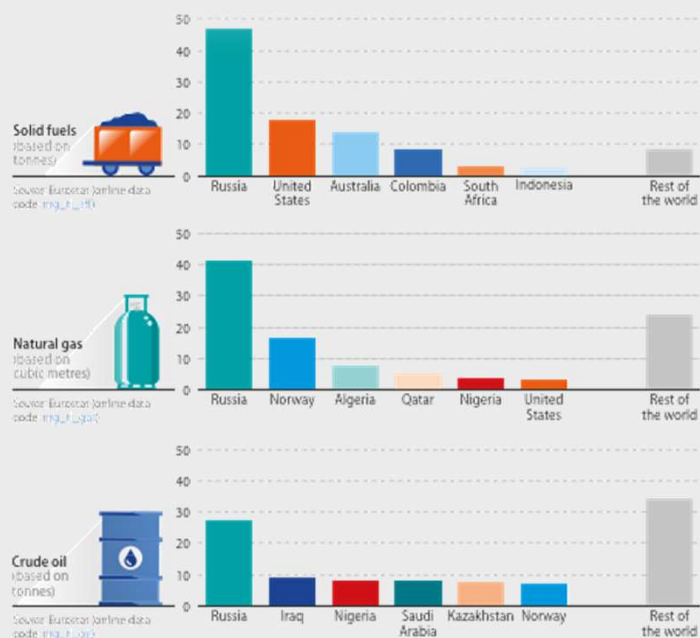
Fonte: IAEA (PRIS) 251017

Su 63 reattori in costruzione in questo momento per 66190 MW, 29 sono in Cina, 6 in India, 5 in Russia per un totale 40515 MW (sia in numero sia in potenza siamo intorno al 60%)

Quarto Fattori Strategico → la sicurezza energetica in Europa tra realtà e politica

Origin of energy imports

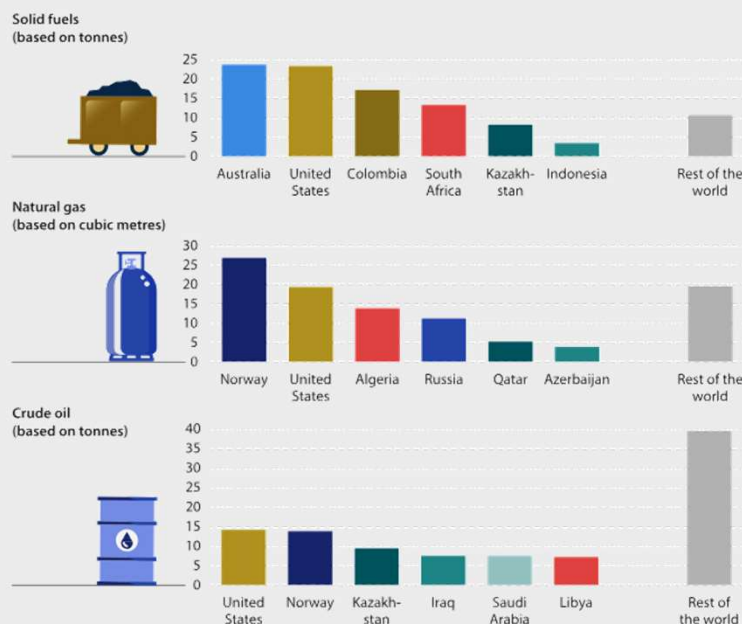
(% share of extra-EU imports, EU, 2019)



Fonte: Eurostat – Key Figures on Europe 2021 edition

Origin of energy imports

(%, share of all extra-EU imports, EU, 2023)



Fonte: Eurostat – Key Figures on Europe 2025 edition

Anno	% Dipendenza
1990	50.0%
1995	52.2%
2000	56.3%
2005	57.8%
2010	55.7%
2015	56.0%
2020	57.5%
2022	62.5%
2023	58.3%

Quinto Fattore Strategico → le ricadute tecnologiche collaterali

All'impegno nelle tecnologie «dure» (non solo bit and bytes) più avanzate (nucleare e aeronautico) corrispondono storicamente ricadute tecnologiche collaterali importanti



Fonte: Il Sole24Ore del 2025-08-26



Fonte: Il Sole24Ore del 2025-10-08

PANORAMA

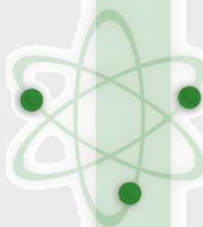
LINDAU NOBEL MEETING

Draghi sulla Ue: senza innovazione tecnologica, non c'è potere geopolitico

«Nessuno Stato che voglia avere potere geopolitico e voglia preservare la propria esistenza dal punto di vista economico e sociale può rimanere indietro con l'innovazione dalle tecnologie dirompenti», essenziali per l'aumento di produttività «senza cui l'Europa tra 10 anni non potrà più sostenere ciò che fa ora». Lo ha detto Mario Draghi all'ottavo Lindau Nobel Meeting in Economia.

— a pagina 10

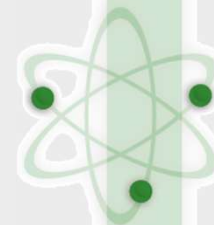
Fonte: Il Sole24Ore del 2025-08-27



Passiamo all'ultimo ingrediente, ...gli aspetti più tecnici

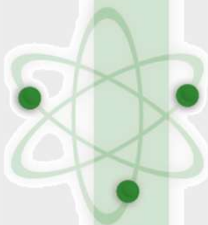
Perché diversificare il più possibile le fonti di generazione (e quindi includere il nucleare)?

- Programmabilità della generazione (breve/medio/lungo termine)
- Taglia ottimale degli impianti di generazione (< 1 MW → > 1GW)
- Tempi di entrata in servizio di nuovi impianti (progetto, costruzione, interconnessione alla rete)
- Tempi di riserva pronta (calda) e fredda
- Flessibilità delle infrastrutture di distribuzione (MT, AT, AAT, gas, acqua calda, H₂,...)
- Invasività delle infrastrutture di distribuzione (MT, AT, AAT, gas, acqua calda, H₂,...)
- Impatto della generazione sulle infrastrutture di distribuzione (resilienza)
- Ottimizzazione sempre più sofisticata della gestione
- Peculiarità delle situazioni di utilizzo (grandi isole, piccole isole, zone impervie, densità abitativa, accettazione sociale, ecc.)
- Impatto ambientale-paesaggistico e consumo del territorio



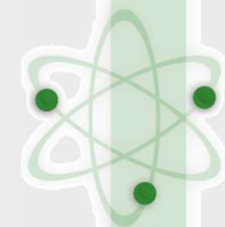
Conclusione sugli aspetti tecnici

Le sole motivazioni tecniche (che però diventano anche fattori economici e strategici) fanno sì che FER e Fonte Nucleare **non solo non sono in contrapposizione, ma sono invece complementari e sussidiarie** in un mix di generazione moderno tale da rendere attuabile (e sostenibile) la transizione energetica



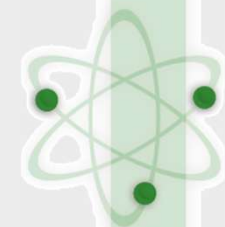
Due riflessioni che ho ereditato dai Maestri e dal vissuto

- Senza una adeguata diversificazione del portafoglio di generazione si aumentano i rischi sempre e comunque, non necessariamente per i singoli, ma certamente per la collettività.
- Se riteniamo che la nostra democrazia sia preferibile ad altri sistemi socio-economici forse dovremmo evitare che essa possa essere posta sotto ricatto (magari proprio da quei sistemi socio-economici che riteniamo meno validi del nostro).



Un'ultima considerazione più personale...

La rinuncia apodittica alla generazione da fonte nucleare ha rappresentato certamente un grave errore dal punto di vista tecnico e strategico. Purtroppo, però, tale errore è stato, anche strumentalmente, sostenuto ed amplificato con leve economiche ed emotive «ad usum Delphini». Per quanto riguarda le valutazioni economiche lo si è fatto omettendo le componenti strategiche (naturalmente aleatorie e di difficile valorizzazione, ma la cui rilevanza è apparsa a tutti imprescindibile in epoca recente). Purtroppo inoltre l'opportunismo politico di breve termine ha strumentalmente cavalcato l'emotività e l'ignoranza promuovendo un approccio di facile consenso (not in my back yard) a seguito del quale il Paese ha pagato un prezzo salatissimo non solo per la rinuncia alla fonte, ma per le mancate ricadute R&D e industriali che sono forse il più importante apporto dei settori a tecnologia avanzata.



Per chiudere credo che sia una missione sociale dell'Ingegnere dare un contributo di conoscenza tecnica e scientifica alla crescita della società liberandola, per quanto possibile, dai condizionamenti della convenienza ideologica.

Grazie per l'attenzione