POLITECNICO
MILANO 1863

Problematiche energetiche e ruolo del nucleare futuro

(…e presente)

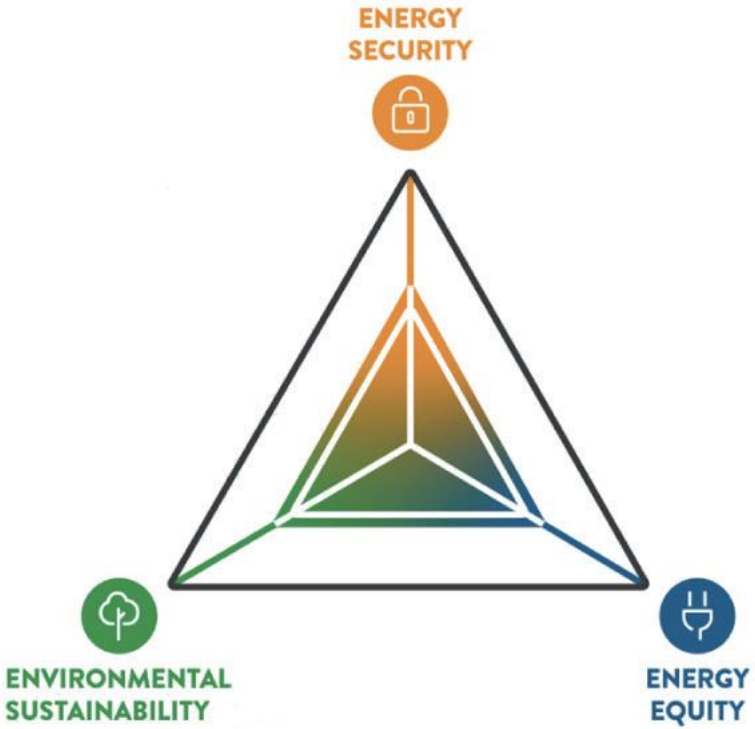
prof. Marco Ricotti
Politecnico di Milano, Dept. of Energy
Nuclear Reactors Group

LA TUTELA DELL'AMBIENTE
Intelligenza Artificiale e nuove tecnologie per un futuro ecosostenibile

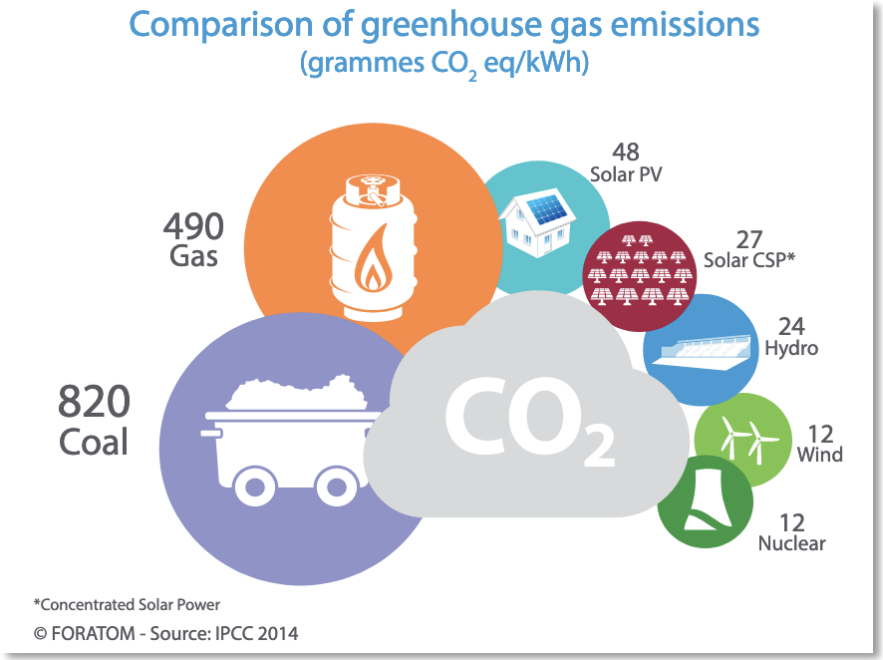
Milano
2024 Aprile 13

Il «Trilemma Energetico» e il nucleare

(I) Global warming **(II) Dipendenza strategica** **(III) Ricadute socio-economiche**

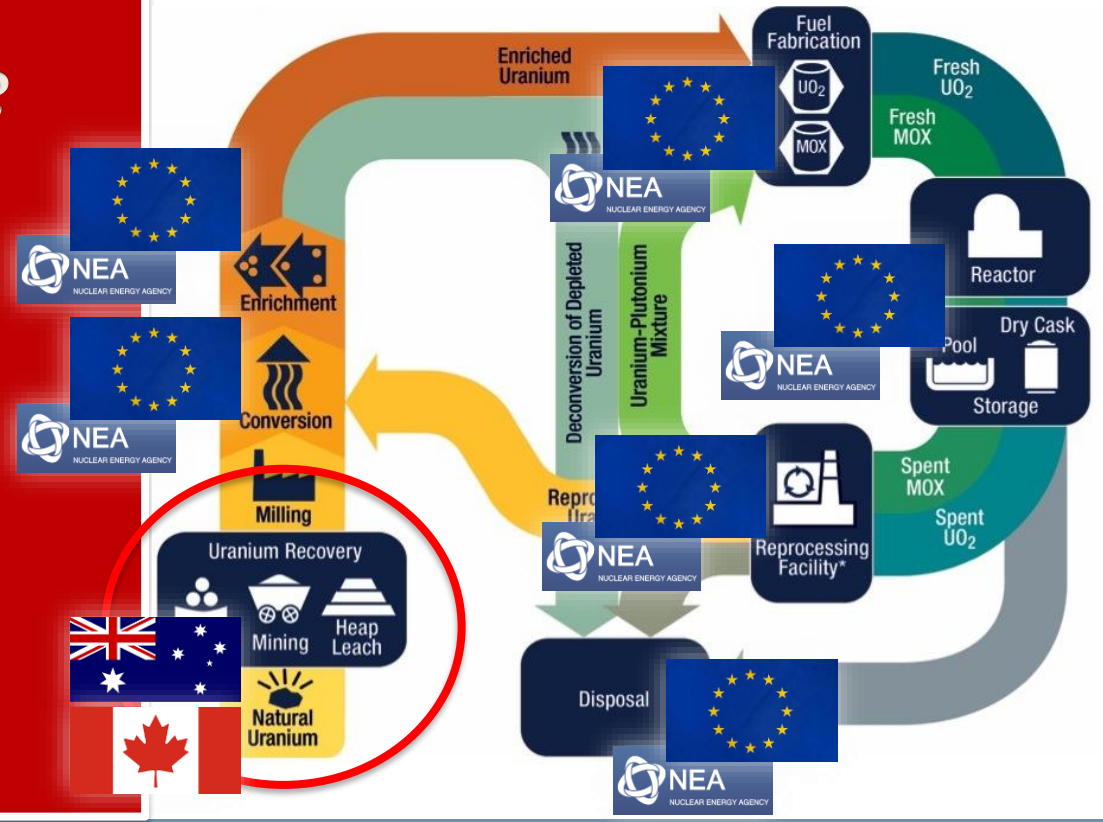


“ma il Nucleare inquina…”

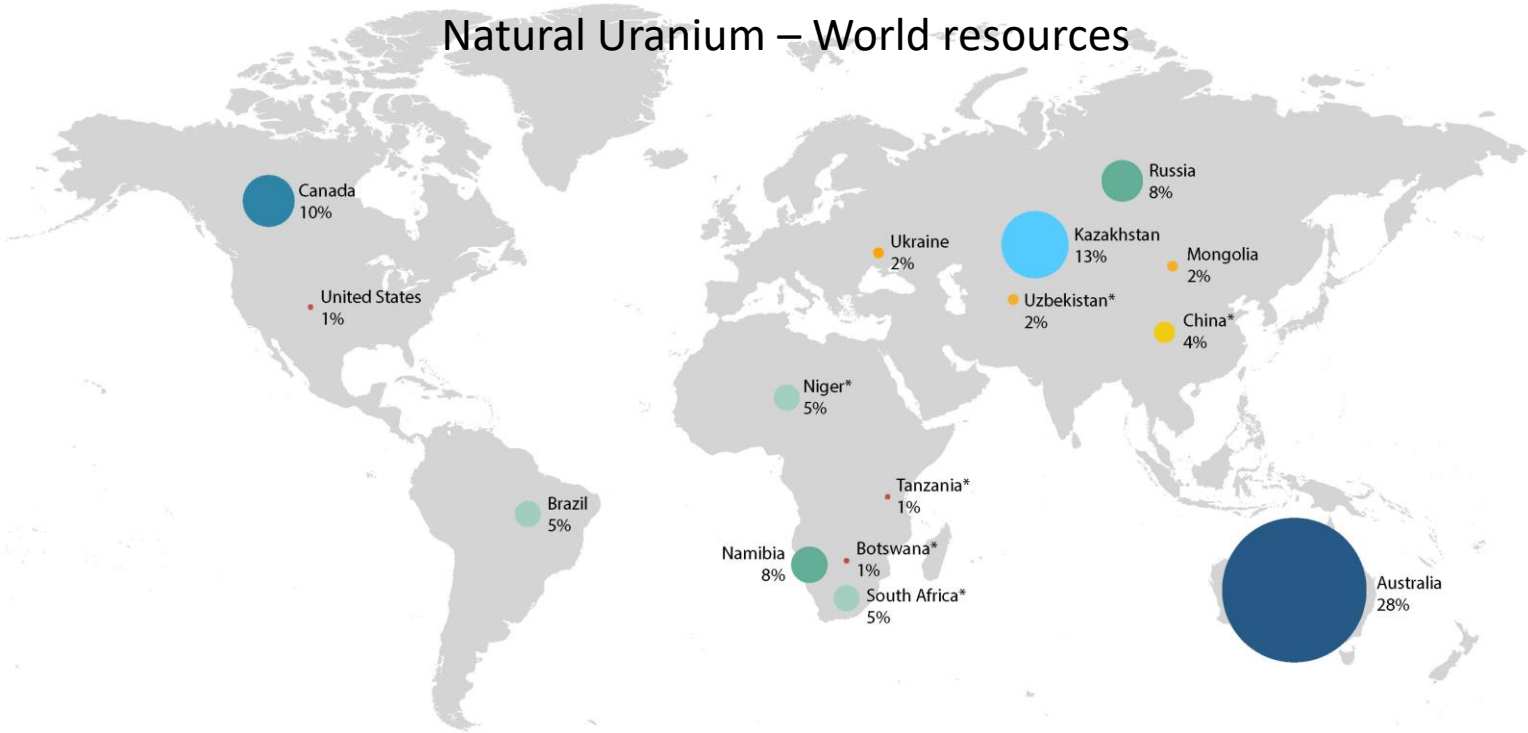


Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
II. Dipendenza strategica

“ma il Nucleare è rischioso…”



Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
II. Dipendenza strategica



IAEA / NEA, Uranium 2022: Resources, Production and Demand (Red Book), 2022

Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
III. Ricadute economiche

"ma il Nucleare non è importante per l'economia..."

100
€ Billion/year

1
Million Jobs

Supply Chain

€94 bn
Direct impact

€357.4 bn
Indirect impact

€451.4 bn
GDP generated by the nuclear sector in the EU

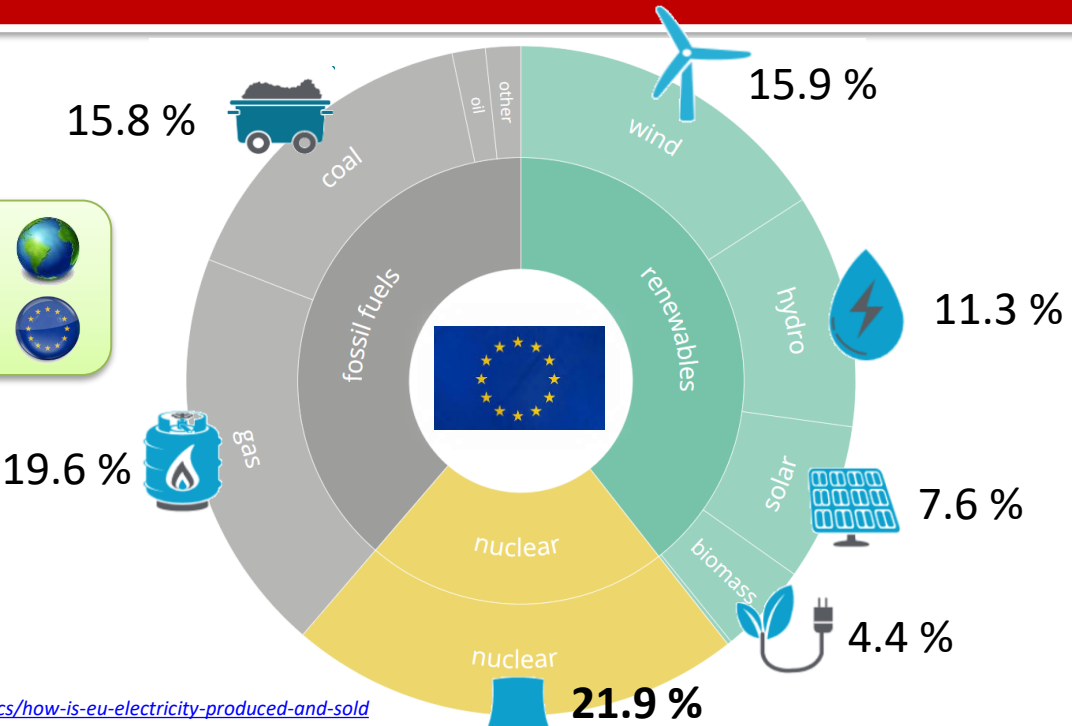
Source: 2023 NuclearEurope

Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
Elettricità «green»

“ma il Nucleare non è importante per l’EU…”

26%

36%

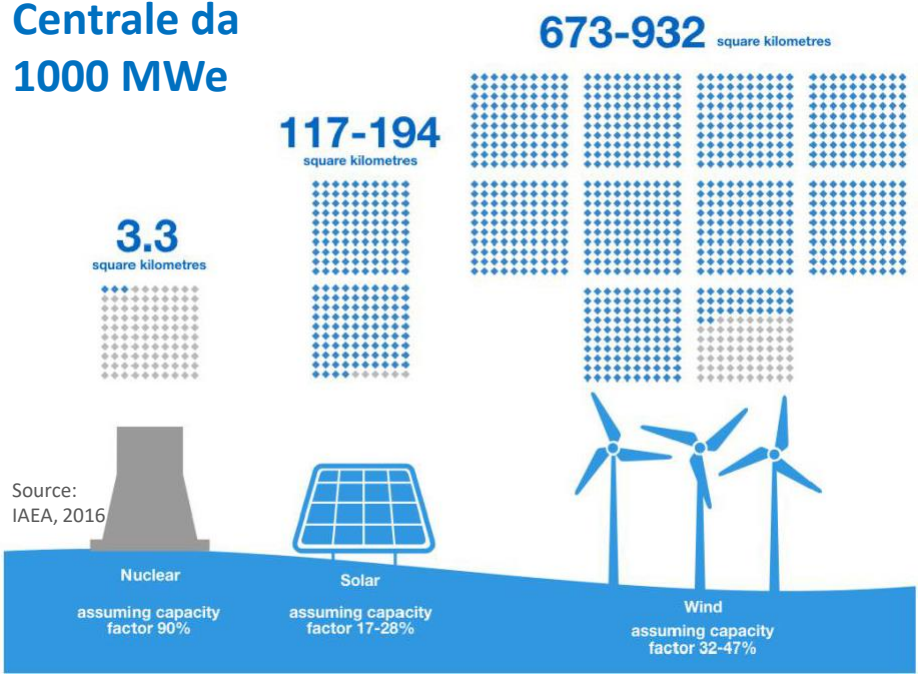


2023 Eurostat database
https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold

Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
Uso del suolo

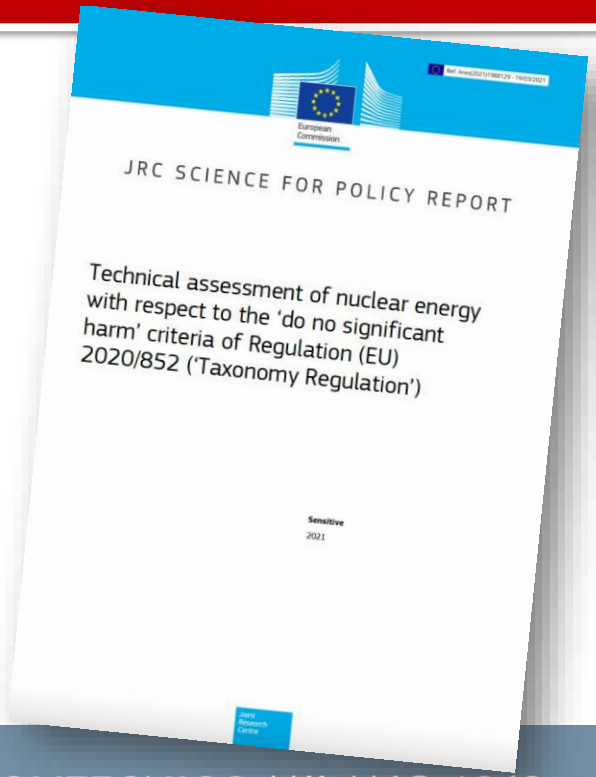
“ma il Nucleare danneggia l’ambiente…”

Centrale da 1000 MWe



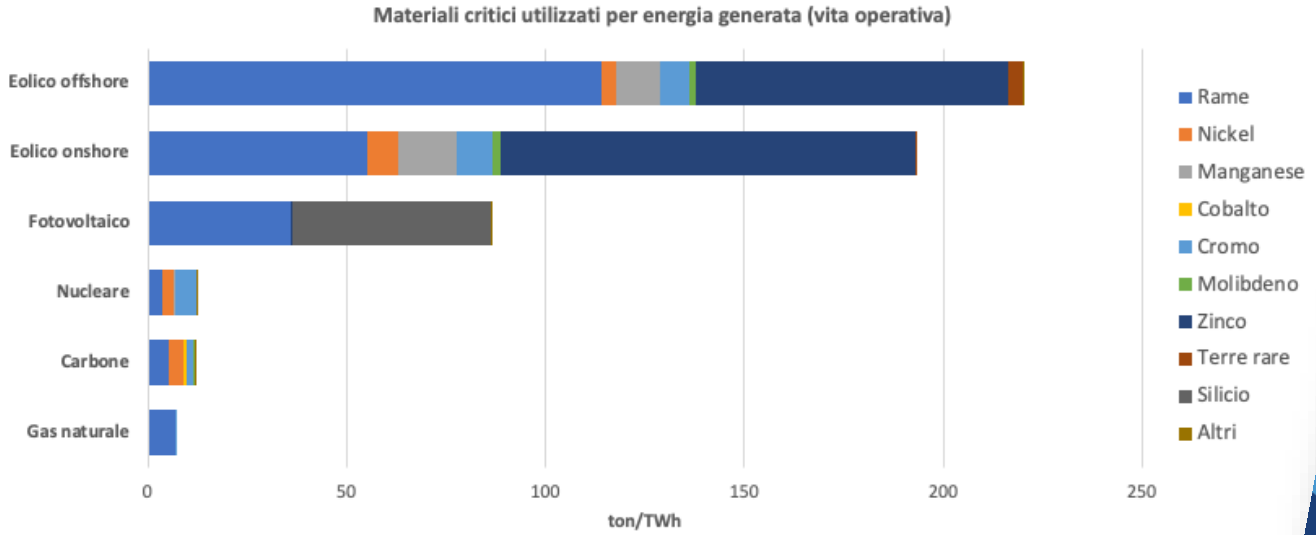
Source: IAEA, 2016

Nota:
Superficie necessaria per ottenere la STESSA POTENZA INSTALLATA (potenza di picco per le Rinnovabili). Ma produzione di ENERGIA è diversa nella giornata e nelle stagioni.
Per ottenere la STESSA ENERGIA PRODOTTA ALL’ANNO, le Rinnovabili richiedono PIU’ POTENZA INSTALLATA + ACCUMULO DI ENERGIA.



Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
Uso di materiali critici

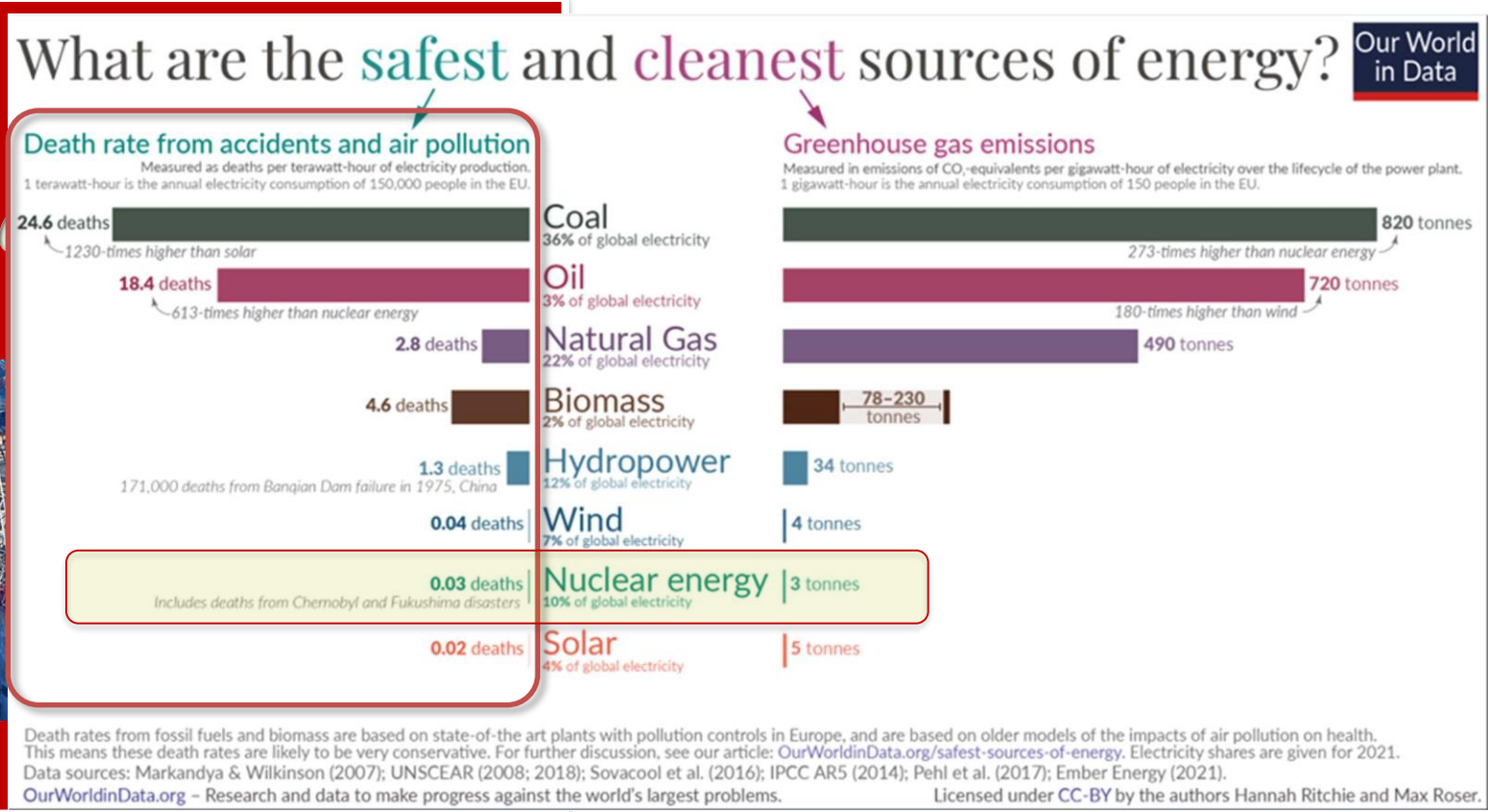
“ma il nucleare danneggia l’ambiente…”



*Rielaborazione POLIMI: materiali critici **per elettricità prodotta** (intera vita operativa)*

Il «Trilemma Energetico» e il nucleare
Sicurezza

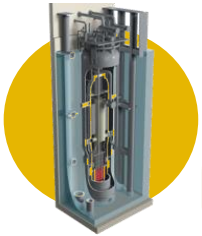
"ma il peri



Tecnologie nucleari: presente e futuro

Standard

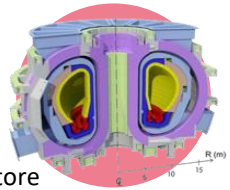
Quasi tutti i reattori oggi in funzione. Estensione della vita operativa (da 40 a 60-80 anni)



Small Modular Reactors

Piccola taglia (< 300 MWe), progettazione e costruzione modulari.

Fusione

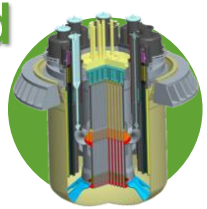


Primo reattore (commerciale) a fusione

Evolutivi

Alcuni già operativi (Cina, UAE, Corea Sud, Russia, India).
La maggioranza dei 57 reattori in costruzione nel Mondo

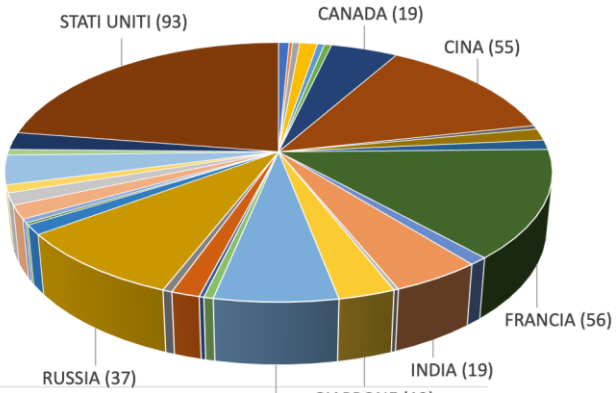
Advanced Modular Reactors

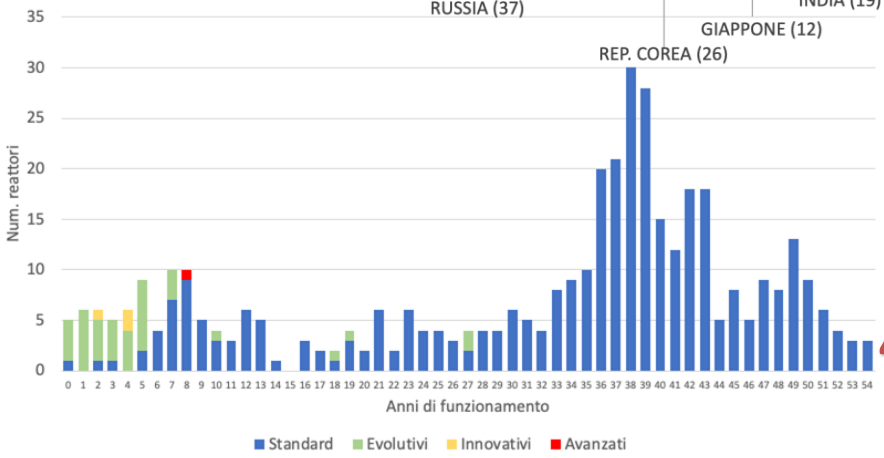


Raffreddamento a metallo liquido o a Sali fusi. Possibilità di riciclare i rifiuti a vita lunga e ad alta radioattività.

1. Standard: Estensione di Vita

N. Reattori in funzione nel mondo (Gen. 2024, Tot. 413)





40 anni

Reattori:

417

100

Anni di esperienza:

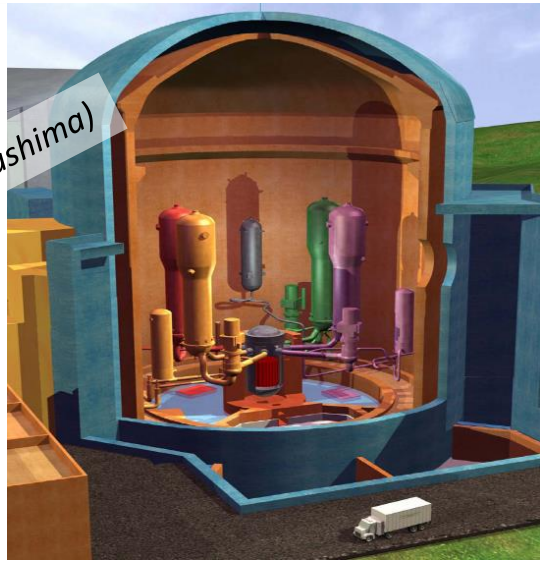
19 200

Funzionamento:

60+ anni

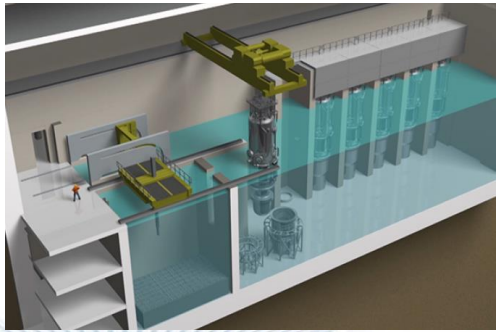
2. Evolutivi: In costruzione & Operativi

(se Evolutivi: No Fukushima)



3. Small Modular Reactors: cambio di paradigma

Reattori nucleari di taglia limitata (< 300 MWe)

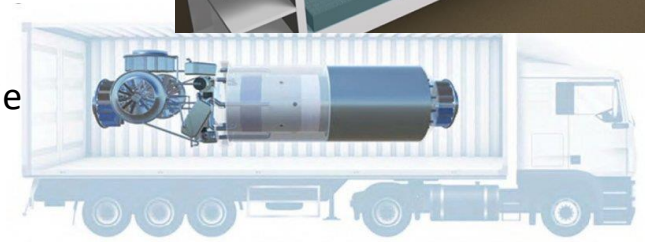


Vantaggi:

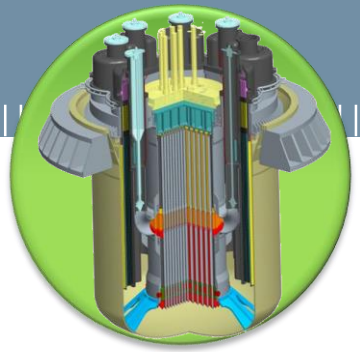
- Design **semplificato**
- Strategia di sicurezza a «**sistemi passivi**» (circolazione naturale: no Fukushima)
- Progettazione e costruzione **modulare**, in officina
- **Cogenerazione** (idrogeno, accumulo termico, teleriscaldamento, desalazione, biofuel)

Sfide:

- Mercato internazionale, costruzione in serie
- Dimostratori: tempi e costi



4. Advanced Modular Reactors: opzione riduzione rifiuti

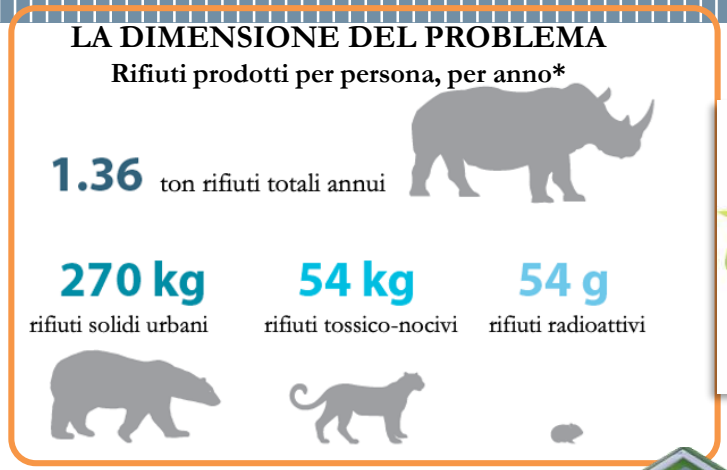


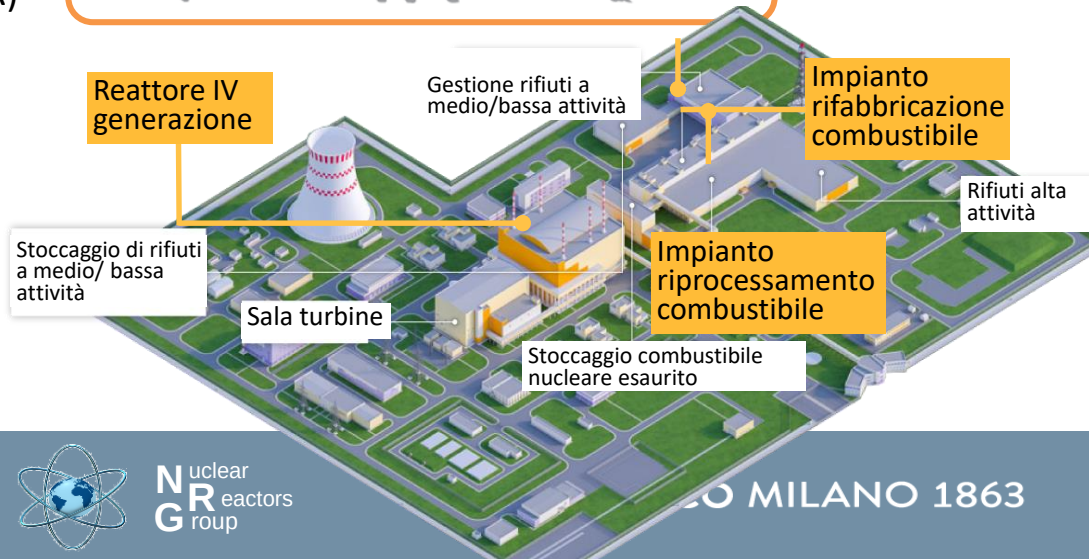
Reattori raffreddati a:
piombo liquido, sodio liquido, sali fusi

«fisica differente»: eccesso di neutroni

Vantaggi:
- Gli stessi degli SMR (molti GenIV sono SMR)
- Miglior **rendimento**
- Possibilità di **separare e «bruciare» i rifiuti** ad alta radiotossicità

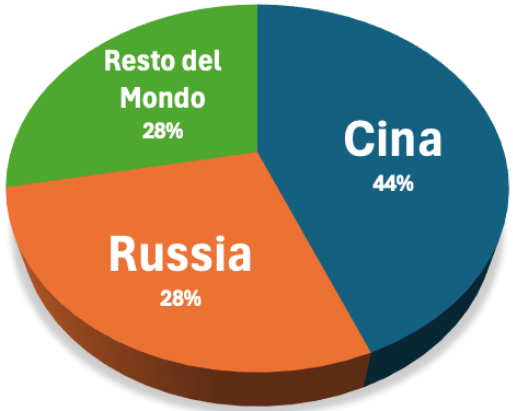
Sfide:
- Economicità
- Integrazione con impianti del ciclo del combustibile (proliferazione)





Programmi nucleari in Europa

Reattori in costruzione

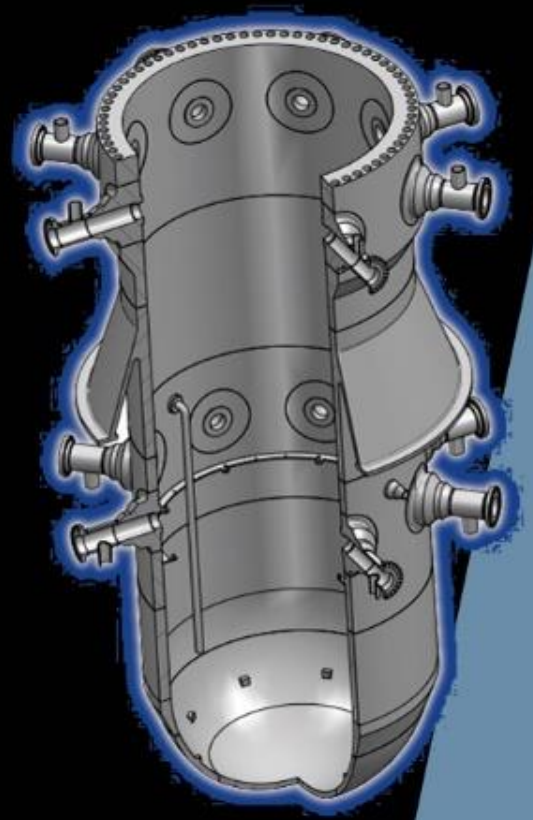


Francia:

- LTO (>30 NPPs),
- 6 EPR2 (+8),
- SMR Nuward (500M€ finanz., atteso annuncio sito FOAK),
- Iniziativa AMR (finanz. Bpifrance): NAAREA-MSR, Newcleo-LFR, Jimmy Energy-HTR, Renaissance Fusion-Stellarator, Calogéna-LWR, Hexana-SFR, Otrera Nuclear Energy-SFR, Blue Capsule-SFR

Svezia, Belgio: phase-out abbandonato,
Finlandia: grandi reattori e SMR,
Ungheria: 2 VVER da costruire,
Bulgaria: 2 AP1000 da costruire (aziende coreane), MoU con FRA,
Rep. Ceca: gara per 4 LR, EdF vs. KHNP,
Romania, **Slovacchia, Slovenia**, **Olanda**, **Polonia** (*newcomer country*): piani per LR e SMR (mercato potenziale SMR: circa 10 entro il 2035, poi 10 SMR/anno fino al 2050)

Sett. 2023



How many

Reactor Pressure Vessel for SMRs, the Italian nuclear supply chain is ready to produce every year ?

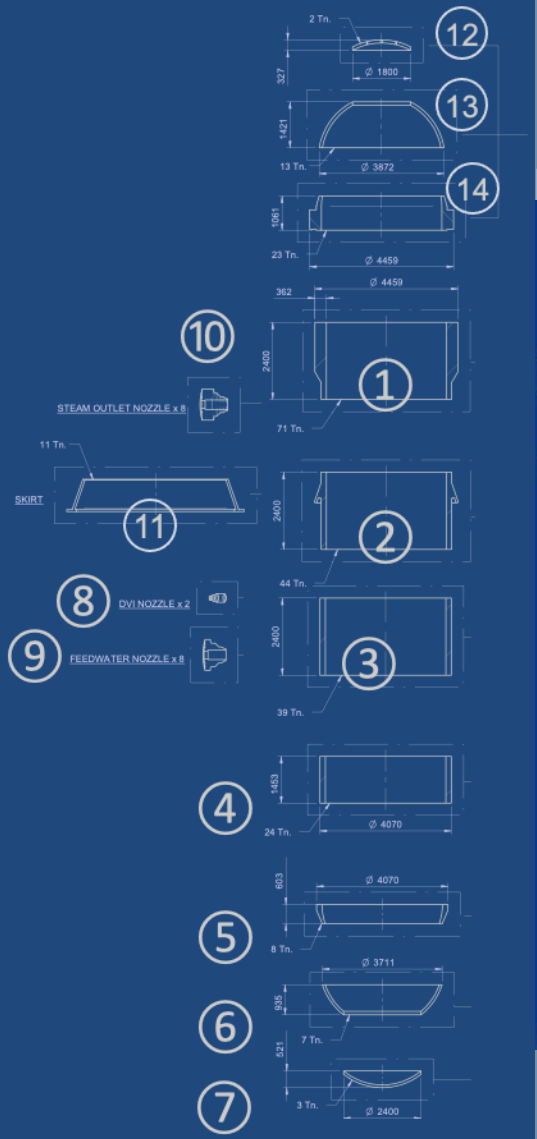
Mar. 2024
lancio della EU SMR Industrial Alliance

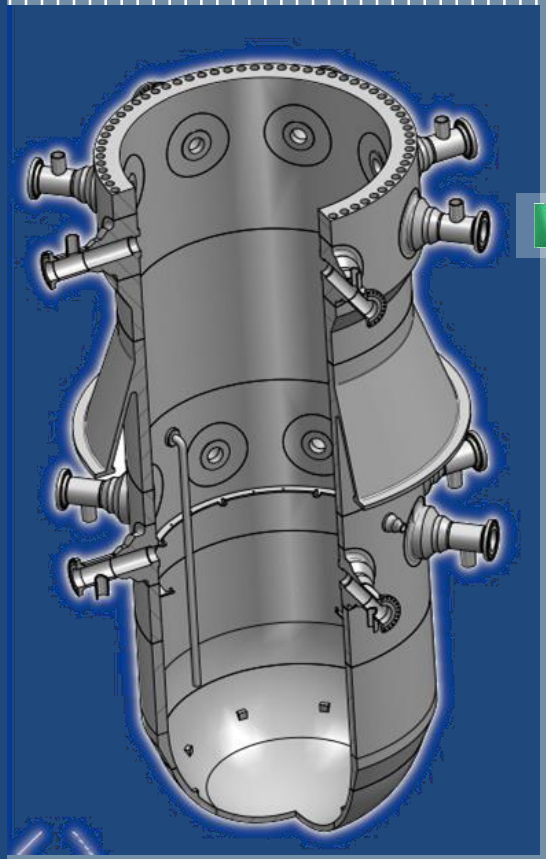
25 aziende pronte ad avviare la Supply Chain Nucleare Italiana degli Small Modular Reactors

Milano
2024.04.13

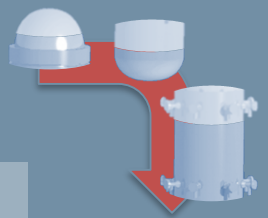
Reactor Pressure Vessel per SMR fabbricabili in Italia, all'anno

Milano
2024.04.13





FORGING COMPANIES



MANUFACTURING COMPANIES

\+ 8 SMR/anno

NGNR Nuclear Reactors Group

POLITECNICO MILANO 1863

download the brochure HERE

ITALIAN NUCLEAR SUPPLY CHAIN FOR SMALL MODULAR REACTORS

Preliminary investigation and Case Study on Large Components manufacturing
(Case #1: Reactor Pressure Vessel)

I tre «paradossi italici»

Milano
2024.04.13