

Il nucleare serve a soddisfare i fabbisogni energetici?

Angelo Tartaglia

Fabbisogno energetico annuo mondiale

$$W_u = 5,41 \times 10^{20} \text{ J}$$

$$W_u = 1,50 \times 10^{14} \text{ kWh}$$

Energia "di mercato" al 2010

Flusso energetico annuo in entrata nell'ambiente umano dal sole

$$W_s = 1,10 \times 10^{25} \text{ J} \quad W_s = 3,05 \times 10^{18} \text{ kWh}$$

$$W_s \cong 2 \times 10^4 W_u$$

~1/3 viene riflesso

$$W_s \cong 1,4 \times 10^4 W_u$$

"Serbatoi" di energia

- Combustibili fossili
 - Tempo di ricostituzione $\sim 10^7$ anni
- Biomasse
 - Tempo di ricostituzione $\sim 1\div 10$ anni
- Fissione nucleare
 - Tempo di ricostituzione \sim infinito

Esempio: Sole a Cantalupa (prov. Torino; 2500 abitanti)

- Superficie del territorio di Cantalupa:
~ 12 km²
- Superficie stagionale utile:
(4,5 ÷ 11,1) km²
- Energia annua media in entrata:
~34×10⁹ kWh

Energia da altre fonti (per anno)

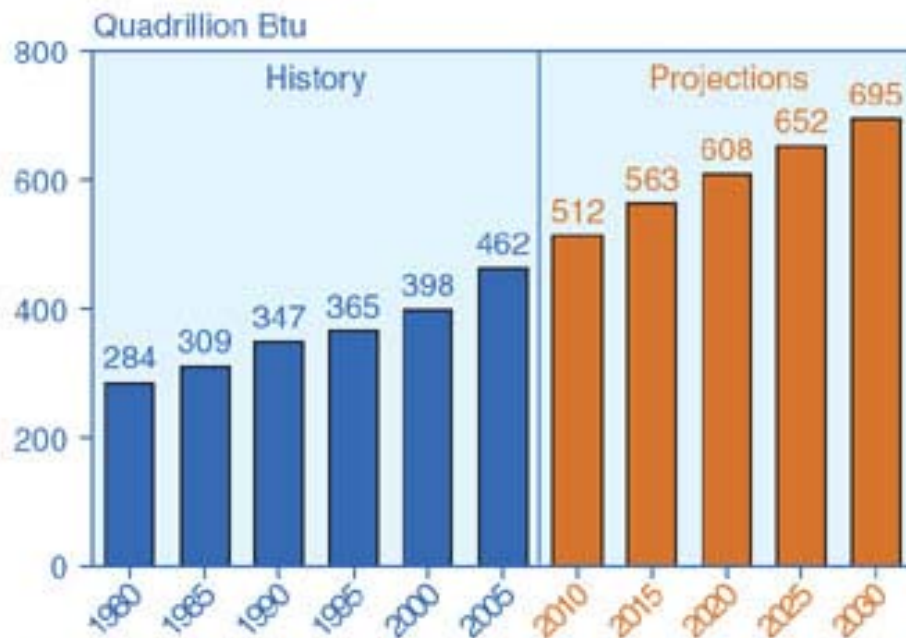
- Legna ?
- Fossili
 - Metano $14,1 \times 10^6$ kWh
 - Gasolio ?
 - Benzina ?
 - Elettricità dalla rete 5×10^6 kWh (?)

Sole/fossili a Cantalupa (esclusi carburanti)

$$34 \times 10^9 / 20 \times 10^6 \cong 1700$$

Fabbisogno energetico crescente

Figure 9. World Marketed Energy Consumption, 1980-2030

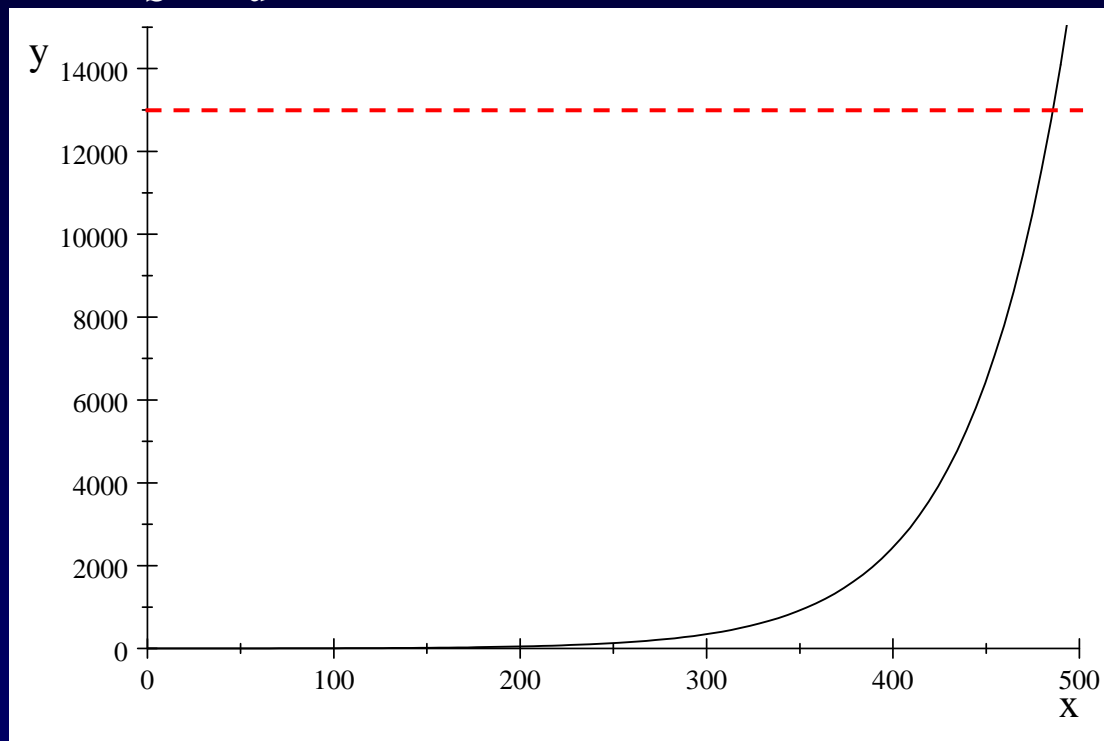


Sources: **History:** Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2005* (June-October 2007), web site www.eia.doe.gov/iea. **Projections:** EIA, *World Energy Projections Plus* (2008).

+ 1,95% all'anno negli ultimi 25 anni

La crescita esponenziale

$$y = W_s / W_u$$



+ 1,95% l'anno: in
~ 500 anni si
raggiunge W_s

x in anni da oggi

Investimenti

Nucleare

4 G€

Una centrale

1,6 GW

Qualche centinaio
di occupati

Rinnovabili diffuse

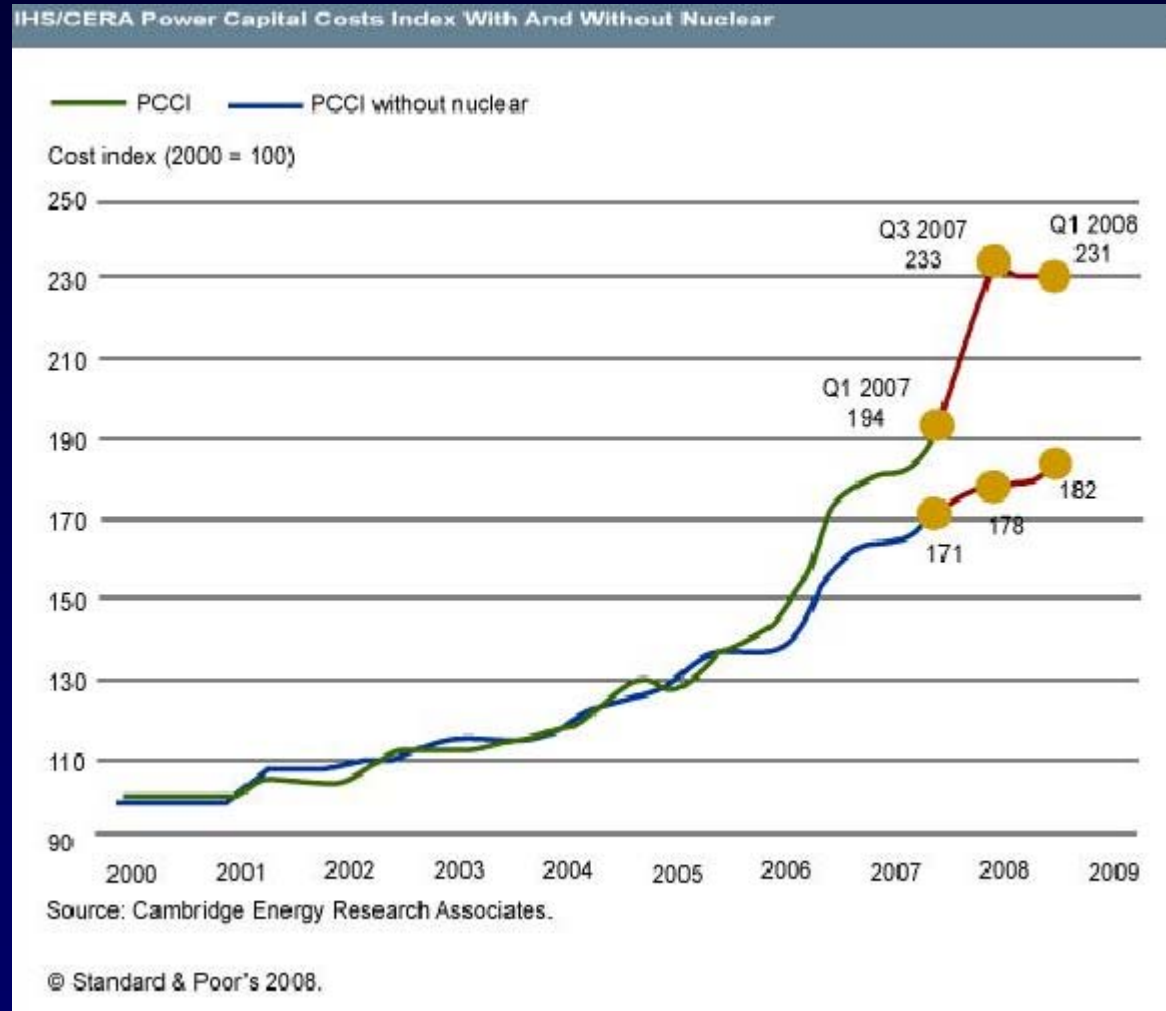
4 G€

3÷4cento mila tetti
solari da 100 m²

3÷4 GW

Decine di migliaia
di occupati

Costo di una centrale nucleare



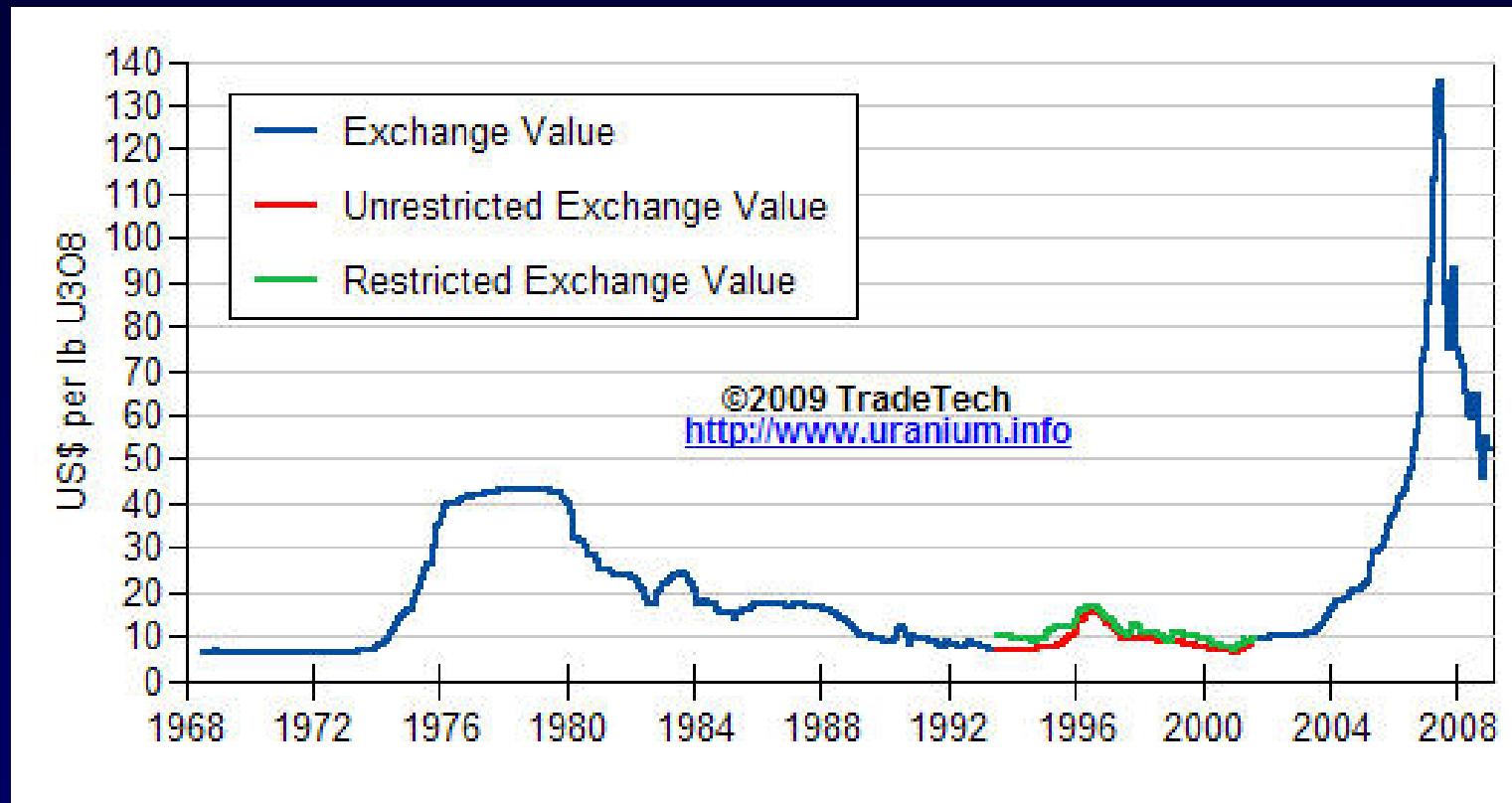
Il costo di una centrale nucleare cresce nel tempo

Il costo degli impianti solari ed eolici continua a scendere col tempo

23/10/2010

Milano - Nucleare: Ricerca e Lavoro

I prezzi dell'Uranio



Il costo del kWh

Solo combustibile

In mid April 2006, the approx. US \$ cost to get 1 kg of uranium as UO_2 reactor fuel:

U_3O_8 :	8 kg x \$90.20	722
conversion:	7 kg U x \$12	85
enrichment:	4.8 SWU x \$122	586
fuel fabrication:	per kg	240
total, approx:		US\$ 1633

This yields 3400 GJ thermal which gives 315,000 kWh, hence fuel cost: 0.52 c/kWh.

Il costo del kWh

	<i>Stima inferiore</i>	<i>Stima superiore</i>
<i>Costo base (\$/kW)</i>	2.950	2.950
<i>Anni di vita della centrale</i>	40	30
<i>Costo inclusi gli interessi (\$/kW)</i>	3.600	4.000
<i>Coefficiente di utilizzo</i>	90%	75%
<i>Costi fissi gestione e manutenzione (\$/kW/anno)</i>	100	120
<i>Combustibile (c\$/kWh)</i>	1,2	1,7

Costo del kWh:
8-11 c\$/kWh

Mancano decommissioning e gestione scorie

(Keystone, 2007)

Confronti

Electricity cost (US cent/kWh)

	MIT 2003	France 2003	UK 2004	Chicago 2004	Canada 2004	EU 2007
Nuclear	4.2	3.7	4.6	4.2 - 4.6	5.0	5.4 - 7.4
Coal	4.2		5.2	3.5 - 4.1	4.5	4.7 - 6.1
Gas	5.8	5.8, 10.1	5.9, 9.8	5.5 - 7.0	7.2	4.6 - 6.1
Wind onshore			7.4			4.7 - 14.8
Wind offshore			11.0			8.2 - 20.2

as row figures corrected for Jan 2007 US gas prices of \$8.5/GJ (second figure for France & UK columns is using EU price of \$12. Chicago nuclear figures corrected to \$2000/MW capital cost. Canada nuclear shows figures for ACR, not Candu. Currency conversion at June 2007.

by 2009 CEZ published cost comparisons (EUR c/kWh) for new plant in the Czech Republic:

cost (€ cent/kWh)

	capital	fixed costs	fuel costs	CO2 emissions	TOTAL
Nuclear	3.8	1.0	1.2	0	6.0
Hard coal, supercritical	2.1	0.6	2.0	2.6	7.3
Hard coal + CCS	4.4	1.0	2.4	0	7.8
IGCC	2.5	0.6	2.0	2.6	7.2
IGCC + CCS	3.7	0.9	2.3	0	6.9
CCGT	1.0	0.3	4.2	1.4	6.9

Smantellamento e scorie

Dai costi mancano smantellamento e scorie

- Smantellamento: costo indefinito per mancanza di dati e statistiche
- Scorie: costi incalcolabili considerato l'orizzonte temporale

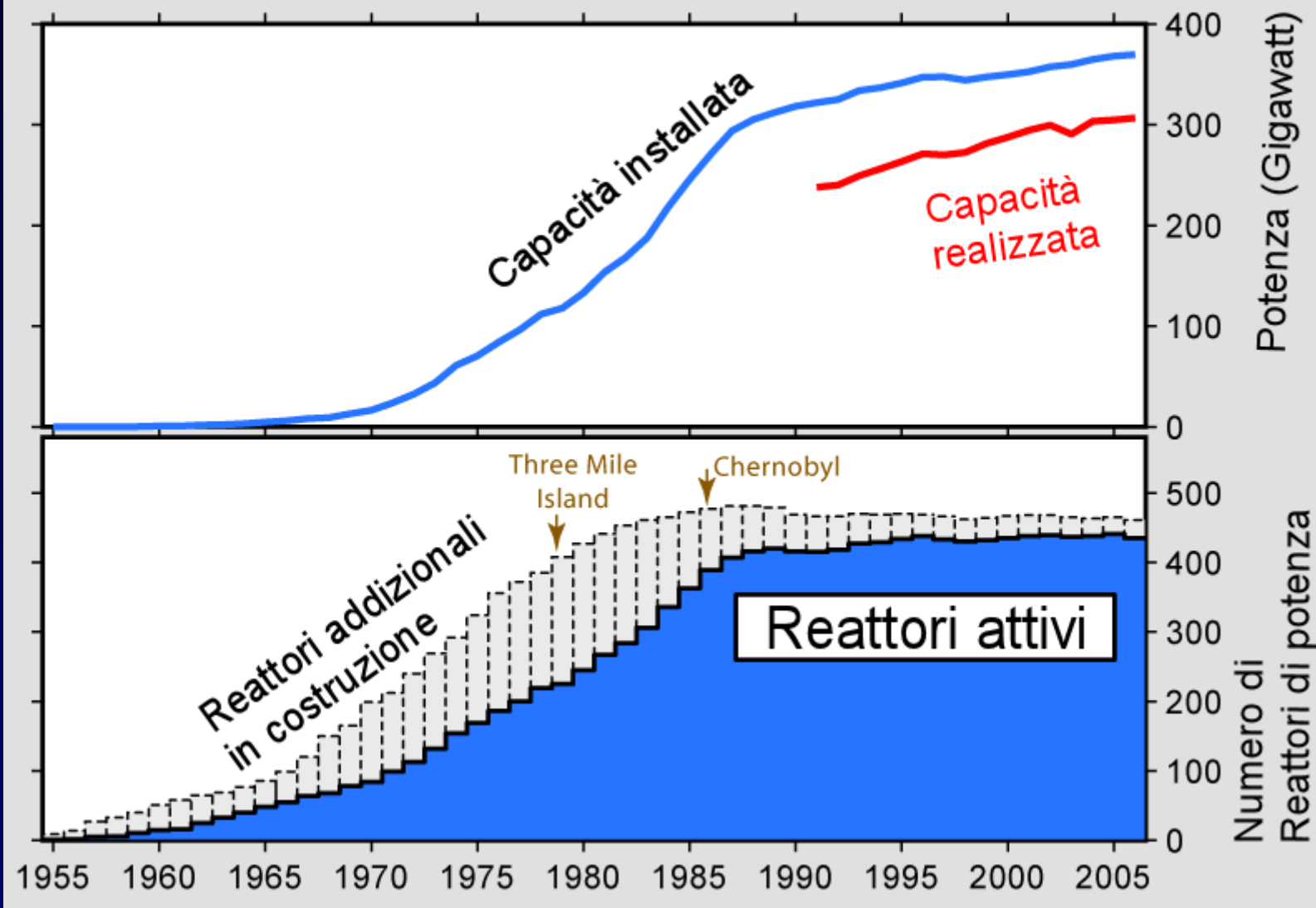
Fissione: inesauribile?

- Non è inesauribile: la durata commerciale è comparabile con quella dei combustibili fossili (un secolo?)
- Produce vantaggi per una generazione e pericolo per 10.000 generazioni

Durata dell'uranio commerciale



Andamento storico dell'utilizzo di energia nucleare



23/10/2010

Milano - Nucleare: Ricerca e Lavoro

Impianti nucleari nel mondo IAEA

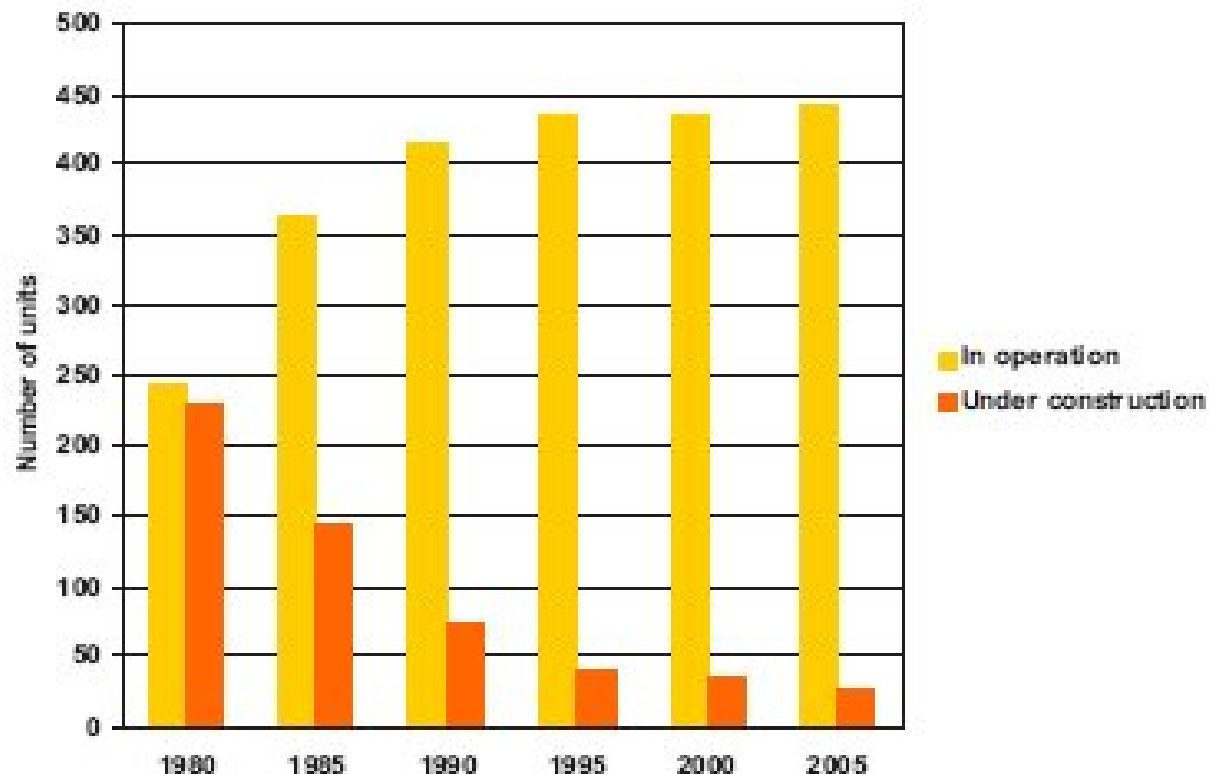


FIG. 23. Nuclear power units in operation and under construction.

I nuovi paesi nucleari

I paesi che più spingono per avere nuove centrali nucleari sono:

- paesi emergenti con forti motivazioni "politiche" (Brasile, Cina, Corea, Egitto, Giordania, Iran ...)
- in passato il nucleare civile è stato usato (dall'India) per dotarsi di nucleare militare e in tutto il Medio Oriente e in Asia, questa motivazione resta inconfessata, ma implicita (anche perché Israele ha armamenti nucleari).

Scenario IAEA alto (evoluzione della stima nel tempo)

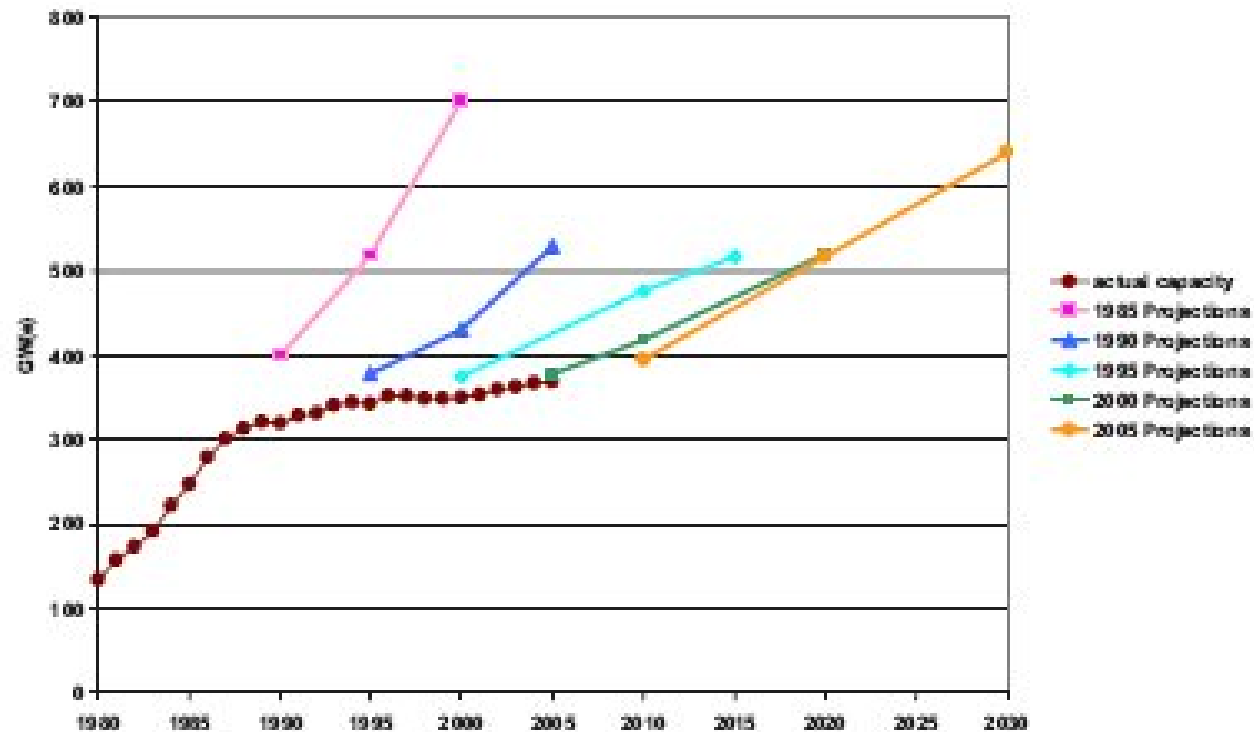


FIG. 30. Projection of the world's nuclear power capacity in the high estimates.

Scenario IAEA basso

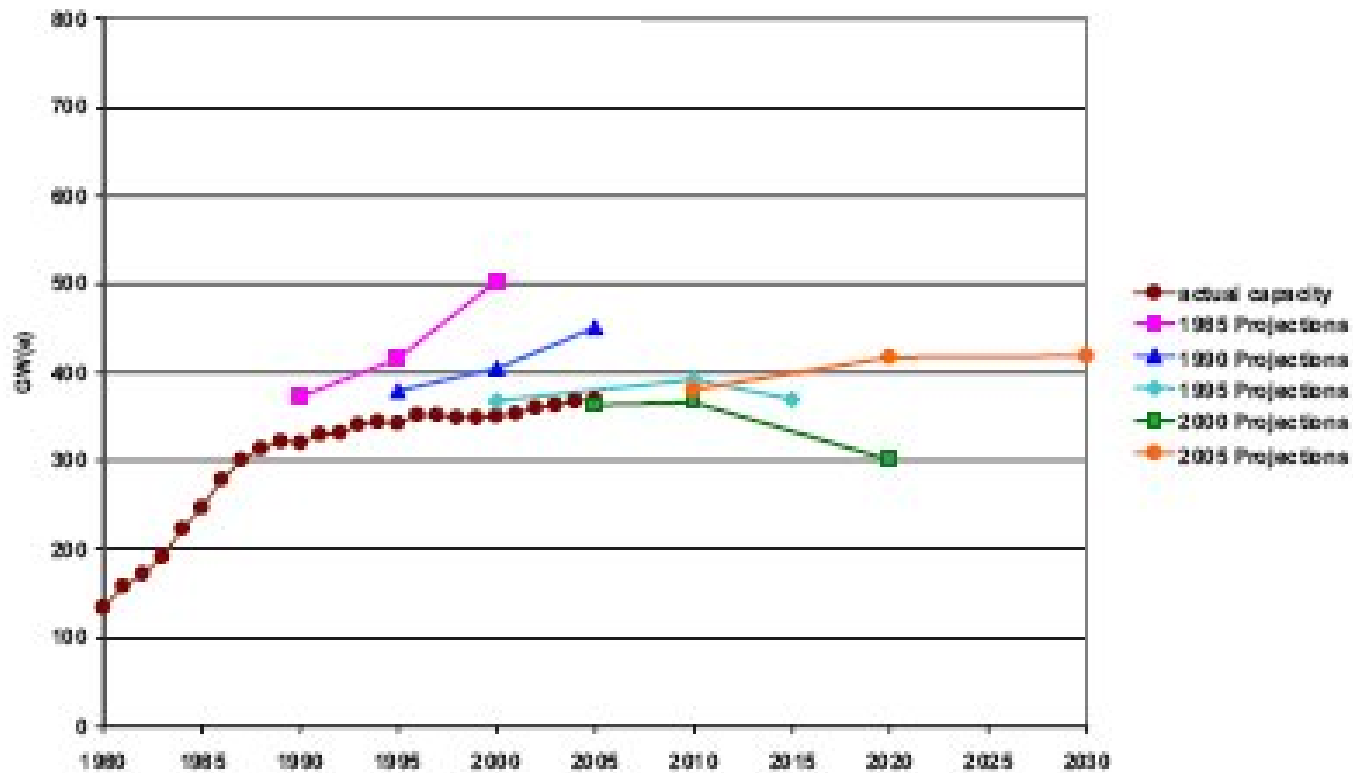


FIG. 29. Projection of the world's nuclear power capacity in the low estimates.

Elettricità da nucleare. IAEA

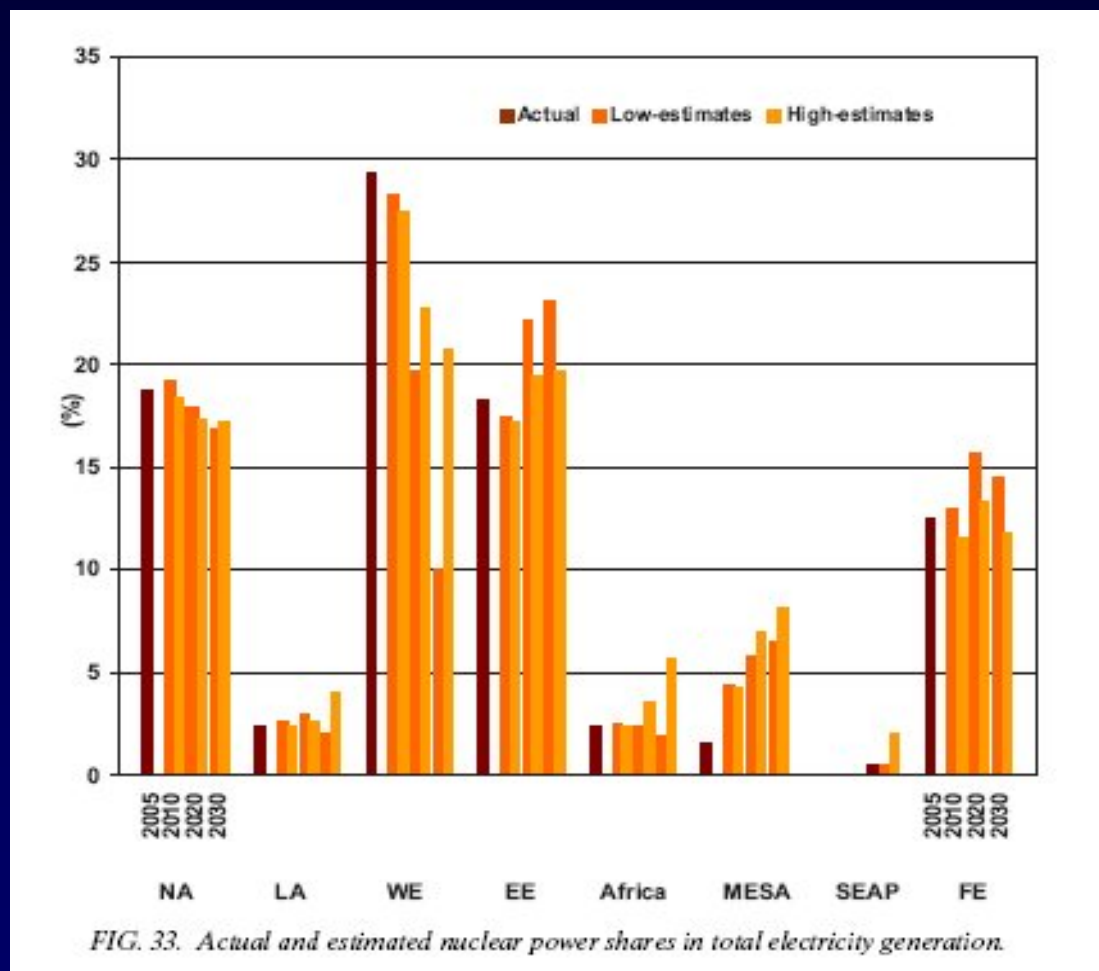


FIG. 33. Actual and estimated nuclear power shares in total electricity generation.

Olkiluoto (in costruzione)



EPR 1,7 GW

36 mesi in ritardo

Costi da 3,2 a 6 G€

Previsione: 2012

Costruzione:
AREVA (Francia)

La sicurezza

- *Grandi incidenti*
 - *Reattori a sicurezza intrinseca*
- *Incidenti minori*

Il problema delle scorie

- difficilmente gestibile sul piano sociale

Incidenti

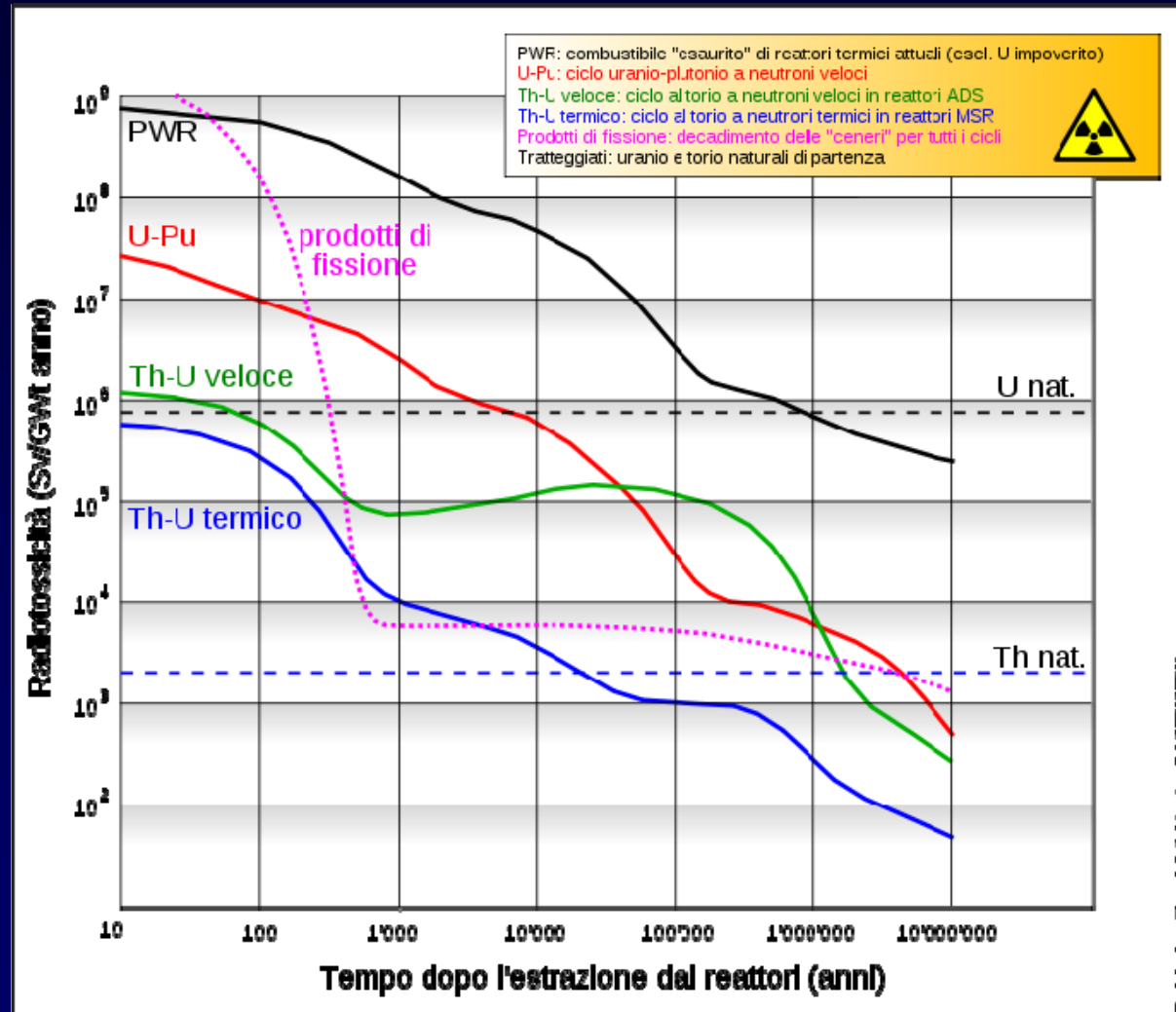
- Scala INES: da 0 a 6(7)
- 4-5-6-7 gravi: 10 dagli anni '50
- Più recente: Tokaimura 1999
- 0-1-2-3 lievi: circa 20 all'anno



23/10/2010

Milano - Nucleare: Ricerca
e Lavoro

Le scorie



23/10/2010

Milano - Nucleare: Ricerca e Lavoro

Depositi: Schacht Asse II



Miniera di sale
Infiltrazioni d'acqua
Sito chiuso nel 1995

Negli USA non ci sono depositi definitivi



L'amministrazione Obama ha cancellato il sito di Yucca mountain, che avrebbe dovuto entrare in funzione nel 1998



Ricerca

o mitologia...?

- Fissione
 - Smantellamento e scorie: non ci sono "soluzioni"
- Fusione
 - Non è affatto esente da problemi e ... non c'è

Il nucleare ha poco a che fare con l'energia. E' un affare:

- per chi realizza le centrali (e per chi le vende)
- sempre che venga palesemente o implicitamente sostenuto dal denaro pubblico nella realizzazione
- e sempre che tutti i costi collaterali e successivi vengano socializzati

23/10/2010

*Milano - Nucleare: Ricerca
e Lavoro*