



NUCLEARE ITALIANO QUALE FUTURO

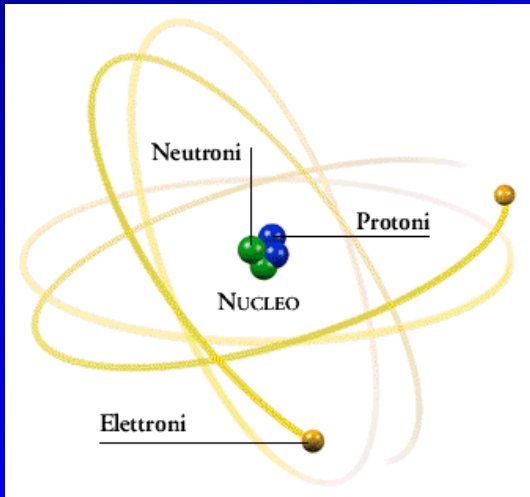
www.GoldenStateImages.com (C) Randy Morse

Conversazione a cura del Dr. Ing. Andrea Borio di Tigliole
*Laboratorio Energia Nucleare Applicata (L.E.N.A.)
Università degli Studi di Pavia*

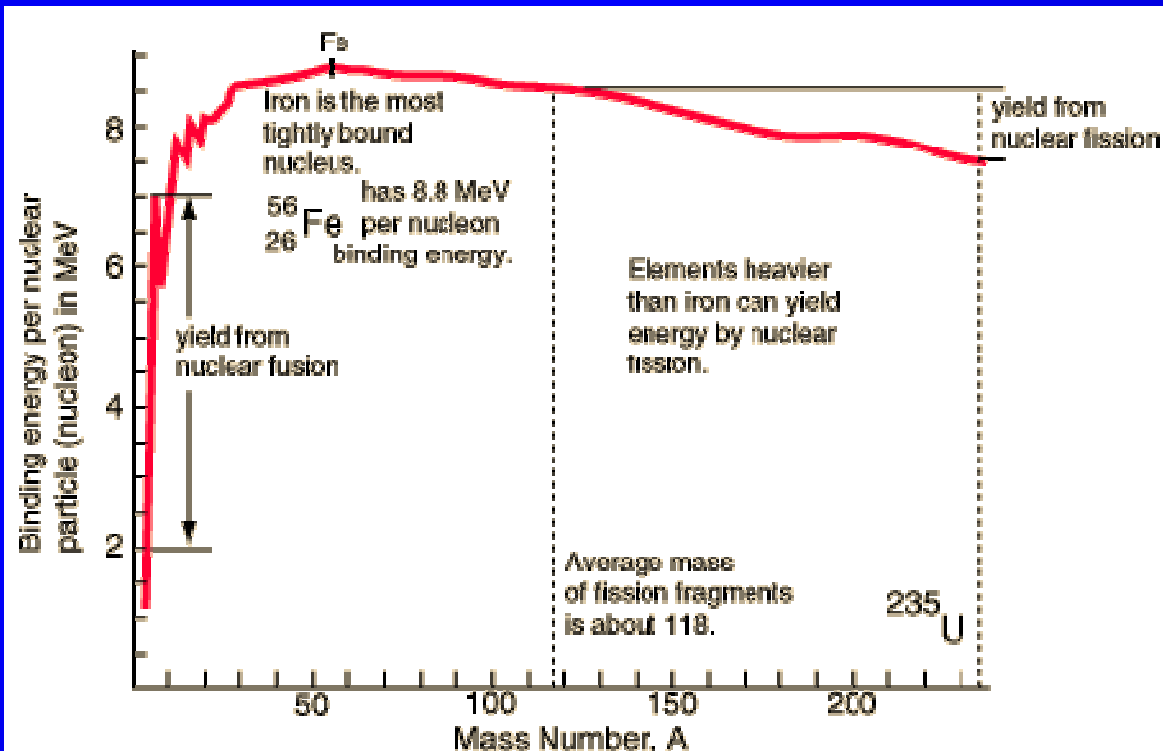
Pavia - Aula del 400 - Lunedì 7 Aprile 2008

www.GoldenStateImages.com (C) Randy Morse

Atomo

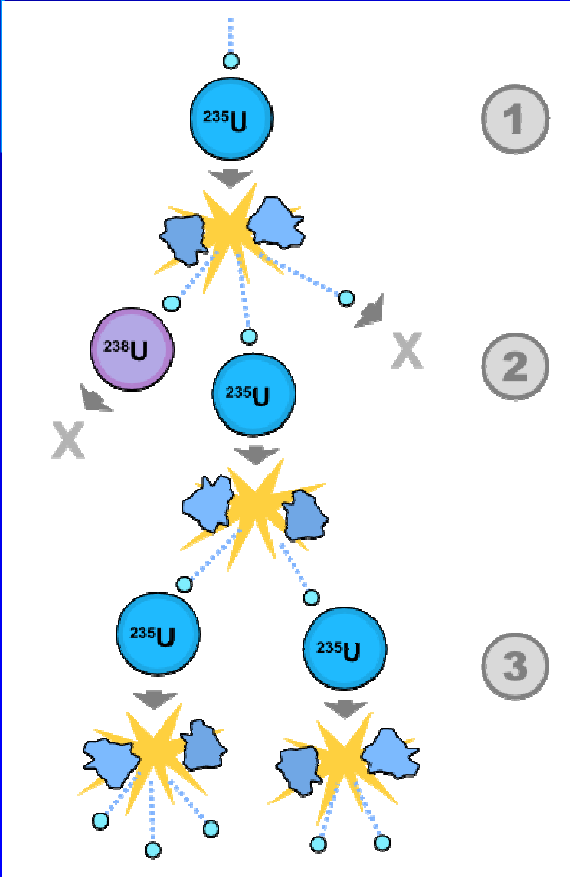


Energia di Legame del Nucleo



L'Energia Nucleare

La Reazione di Fissione Nucleare



Prompt Energy (MeV)	187
Fission Products kinetic energy	167
Fission Neutrons kinetic energy	5
Fission γ -ray energy	5
Capture γ -ray energy	10
Delayed Energy (MeV)	23
Fission Product β -decay energy	7
Fission Product γ -decay energy	6
Neutrinos	10
TOTAL (MeV)	210

L'Energia Nucleare

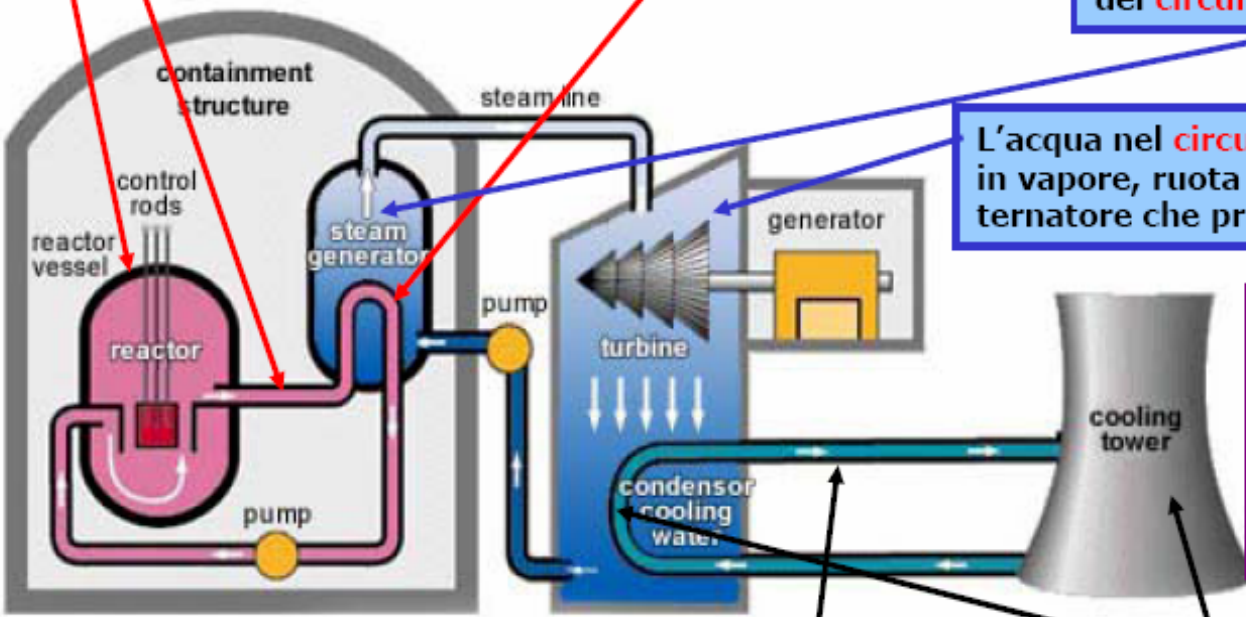
Schema di un impianto nucleare di potenza

Il **contenitore** contenente il nocciolo del reattore e' parte del **circuito primario** che estrae dal **nocciolo** il calore prodotto dai processi di fissione e lo trasferisce mediante uno **scambiatore di calore** al ...

... **generatore di vapore** del **circuito secondario**.

L'acqua nel **circuito secondario**, trasformata in vapore, ruota una **turbina**, che aziona l'**alternatore** che produce **elettricit **.

L'acqua del **primario**, che passa nel **nocciolo** ed e' **leggermente radioattiva** non entra in contatto con l'acqua del **secondario**, ma **scambia calore** attraverso **pareti impermeabili**.



Il vapore che esce dalla turbina, a basse T e p , entra in un **ultimo scambiatore di calore** che fa condensare l'acqua raffreddandola con un **3° circuito**; nel caso sia necessario raffreddare l'acqua dell'ultimo circuito, questa viene raffreddata ad aria tramite **torri di raffreddamento**.

**Per produrre l'energia elettrica
che un italiano consuma in un anno,
occorre bruciare:**

500 kg
di petrolio



o 900 kg
di carbone



o 10 grammi di
combustibile nucleare



Il reattore nucleare più antico al Mondo



Oklo: Location

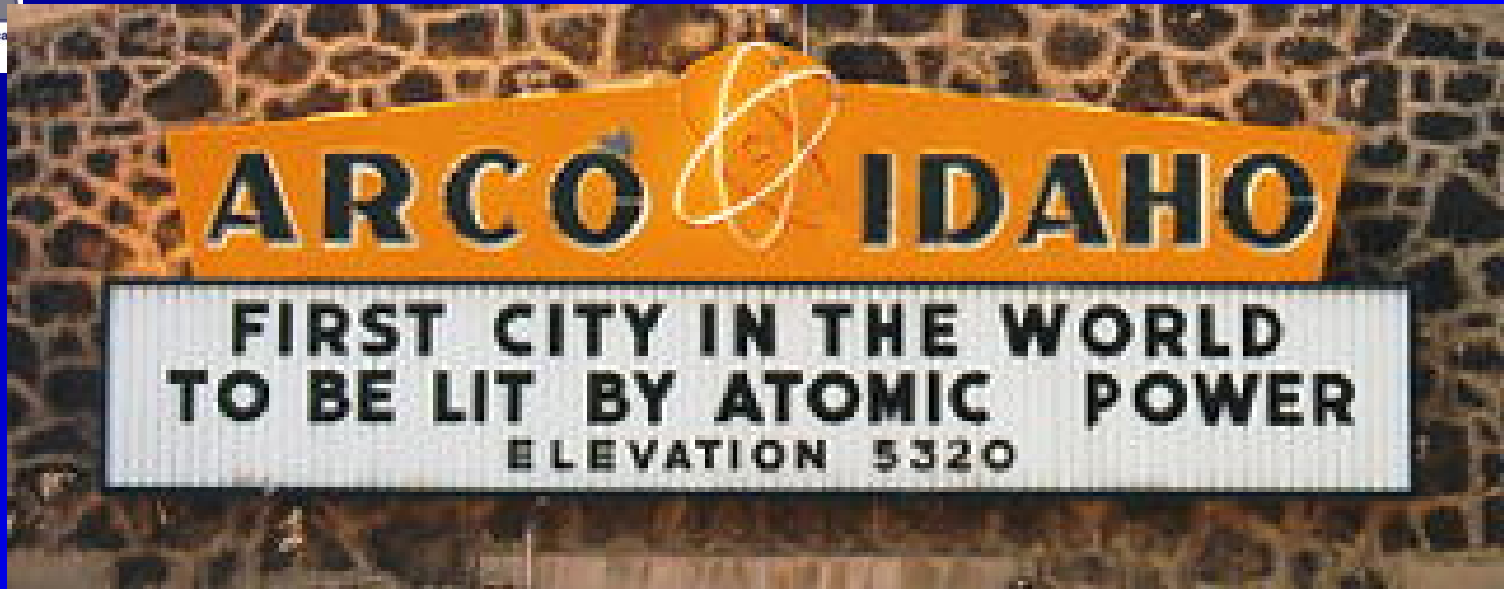


Il reattore nucleare più antico al Mondo



- **Dove:** Oklo nel Gabon
- **Quando:** 1.7 Miliardi di anni fa
- **Quanti reattori:** almeno 17
- **Per quanto tempo:** > 1 Milione di anni di funzionamento intermittente
- **Potenza:** circa 20 kWth
- **Burn-up:** almeno 6 ton di U-235
- **Energia Termica prodotta:** circa 100 TWh prodotti (~ 12 anni di produzione di un impianto nucleare da 1000 MWe)
- **Arricchimento combustibile:** circa 3.7% di U-235
- **Prodotti di Fissione:** 5.4 ton + 1.5 ton di Pu (*mobilità dei FP non volatili di pochi cm in 1.5 MLD di anni!!*)
- **Requisiti per un reattore nucleare naturale:**
 - Bassa concentrazione di materiali assorbitori di neutroni
 - Alta concentrazione di materiali moderatori: acqua
 - Massa critica per sostenere la catena di fissione

Il Primo Impianto Elettronucleare



Nel dopoguerra poco si conosceva in merito alla possibilità di sfruttare reattori nucleari per la produzione di energia elettrica. Poichè non vi erano informazioni precise riguardo alle scorte di uranio, **la NRC decise di verificare se un reattore poteva “autoalimentarsi” e contemporaneamente produrre energia elettrica.** Questa domanda portò alla costruzione del EBR-1 a 18 km dalla città di Arco nello Idaho (USA).

Il Primo Impianto Elettronucleare



La costruzione è iniziata nel 1949. Il 20 Dicembre 1951 il reattore **EBR-1** ha alimentato **4 lampadine da 200 Watt ciascuna!**

Era un **reattore veloce a sodio liquido** che utilizzava come combustibile Pu.

- I reattori attualmente in esercizio nel Mondo sono 439 in 30 Stati e producono circa il 15% dell'energia elettrica mondiale
- In Europa, distribuiti in 15 Stati su 27, sono in esercizio 146 reattori che producono circa il 34% del totale dell'energia elettrica

L'Energia Nucleare nel Mondo

Reattori in esercizio alla data 08.02.2008 (Fonte IAEA)

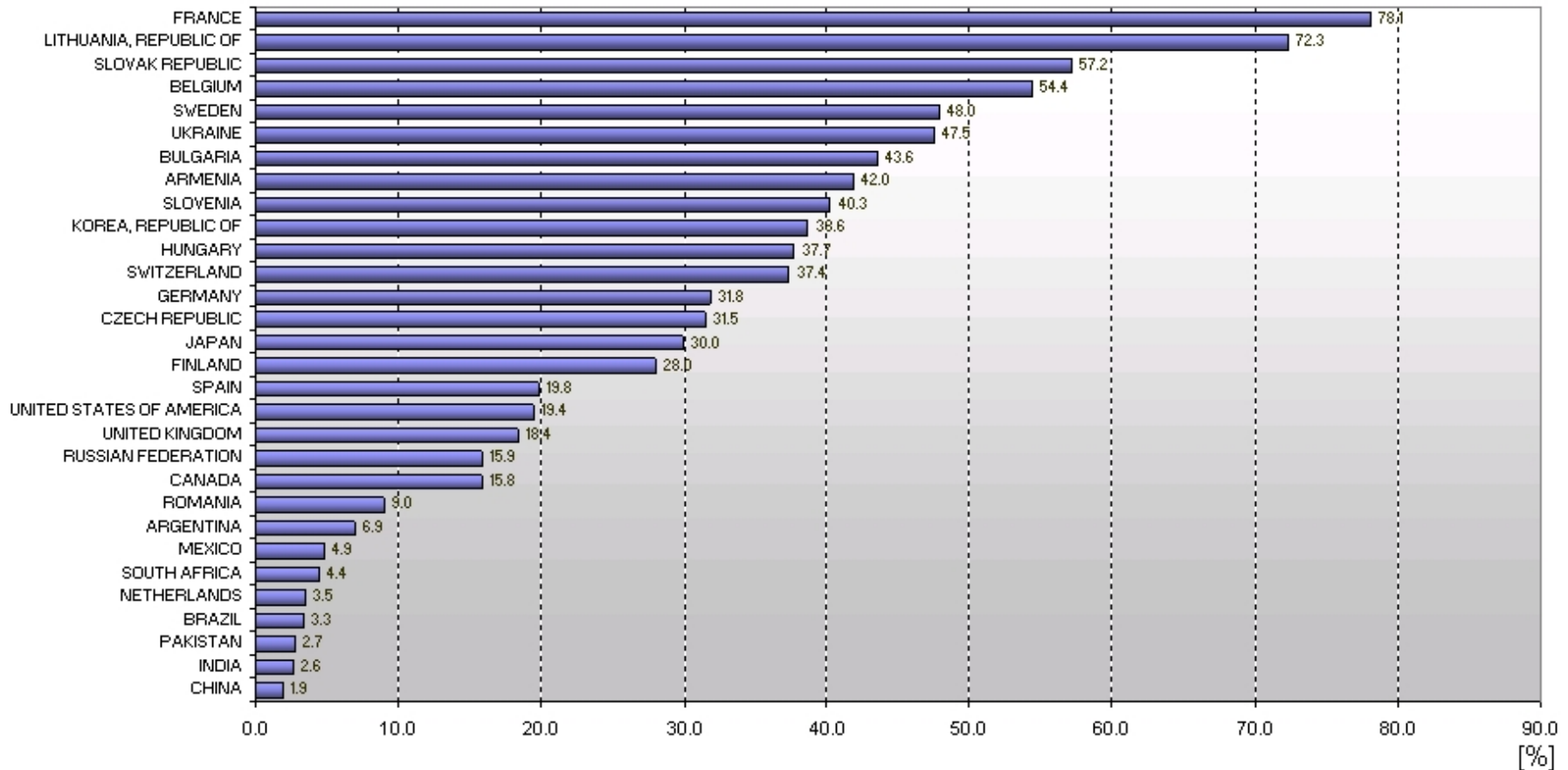


Stato	No. di Unità	Totale MWe
ARGENTINA	2	935
ARMENIA	1	376
BELGIUM	7	5824
BRAZIL	2	1795
BULGARIA	2	1906
CANADA	18	12589
CHINA	11	8572
CZECH REP.	6	3538
FINLAND	4	2696
FRANCE	59	63260
GERMANY	17	20430
HUNGARY	4	1829
INDIA	17	3779
JAPAN	55	47587
KOREA, REP.	20	17454

Stato	No. di Unità	Totale MWe
LITHUANIA, REP.	1	1185
MEXICO	2	1360
NETHERLANDS	1	482
PAKISTAN	2	425
ROMANIA	2	1300
RUSSIAN FED.	31	21743
SLOVAK REP.	5	2034
SLOVENIA	1	666
SOUTH AFRICA	2	1800
SPAIN	8	7450
SWEDEN	10	8974
SWITZERLAND	5	3220
TAIWAN, CHINA	6	4921
UKRAINE	15	13107
UNITED KINGDOM	19	10222
USA	104	100356
Totale:	439	371815

L'Energia Nucleare nel Mondo

Nuclear Share in Electricity Generation in 2006



L'Energia Nucleare nel Mondo

Età dei reattori in esercizio alla data 08.02.2008 (Fonte IAEA)

Età	N. Unità	Potenza MWe
1		1852
2		1490
3		3852
4		4785
5		1644
6		5059
7		2733
8		3111
9		2787
10	111 (25%)	3074
11		3679
12		7028
13		3328
14		4251
15		9023
16		4806
17		3668
18		10632
19		10284
20		13867

39

72

Età	N. Unità	Potenza MWe
21	22	22260
22	24	24088
23	32	31263
24	33	31814
25	21	16972
26	18	15202
27	22	19664
28	20	15111
29	7	6537
30	14	13007
31	14	10471
32	16	12629
33	11	8200
34	23	15795
35	15	9932
36	10	5975
37	12	5855
38	5	2848
39	7	2805
40	1	217
41	1	217

Totale: 439 371815

- La potenza elettronucleare installata nel mondo all'epoca del disastro di Chernobyl (1986) era di **249.001 MWe**, al 08.02.2008 è di **371.815 MWe**, con un **incremento del 49.3%**!

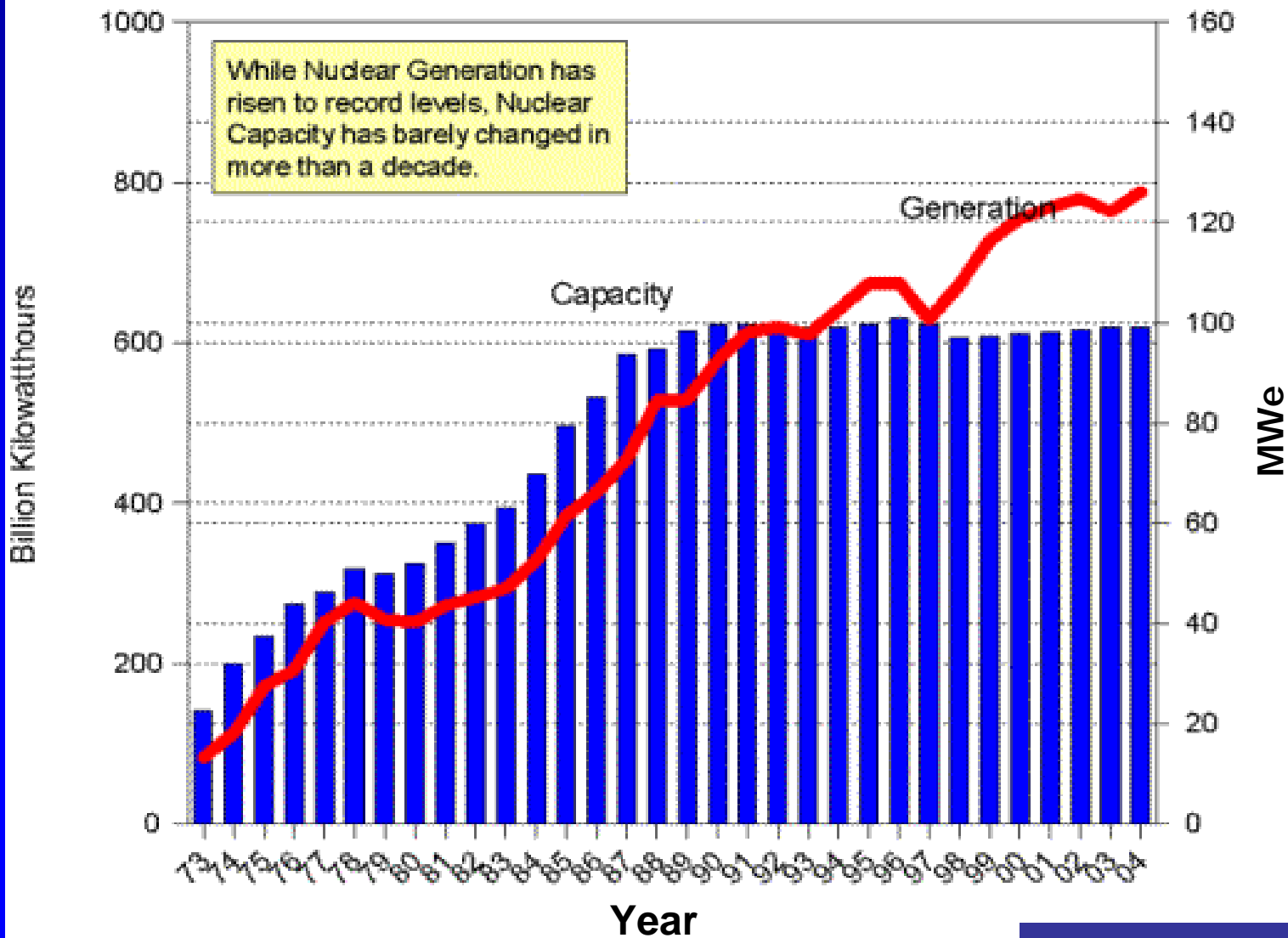
- La maggior parte degli Stati nuclearizzati non costruiscono nuovi impianti da diversi anni **non per mancanza di fiducia nei confronti della fonte nucleare ma per almeno tre ragioni oggettive:**
 1. perché, salvo casi particolari come la Francia, gli Stati che posseggono un serio piano energetico una volta raggiunto un **mix produttivo ottimale** (nucleare, fonti fossili, idroelettrico e fonti rinnovabili) non devono realizzare nuovi impianti nucleari, almeno fino alla fine della loro vita tecnologica;
 2. perché gli **impianti attualmente in esercizio** si stanno dimostrando ben **più longevi del previsto** in quanto sono in grado di funzionare per circa 60 anni contro i 30-35 preventivati;

3. perché un tale **allungamento della vita tecnologica**, unitamente ad una **ottimizzazione della gestione dell'esercizio** degli impianti, equivale ad un **raddoppio virtuale degli impianti nucleari installati** (gli USA, ad esempio, con le loro 104 centrali nucleari soddisfano il 19.4% del fabbisogno elettrico nazionale e non costruiscono nuove centrali da 20 anni perché hanno aggiunto **una centrale nucleare "virtuale" all'anno** grazie ad una ottimizzazione della gestione e all'aumento della potenza di esercizio di quelle esistenti).

L'Energia Nucleare nel Mondo



USA Net Nuclear Generation vs. Capacity, 1973 - 2004



L'Energia Nucleare nel Mondo

Reattori in costruzione alla data 08.02.2008 (Fonte IAEA)

Stato	N. Unità	Potenza MWe
ARGENTINA	1	692
BULGARIA	2	1906
CHINA	5	4220
FINLAND	1	1600
FRANCE	1	1600
INDIA	6	2910
IRAN, ISLAMIC REPUBLIC	1	915
JAPAN	1	866
KOREA, REPUBLIC OF	3	2880
PAKISTAN	1	300
RUSSIAN FEDERATION	7	4585
<i>TAIWAN, CHINA</i>	2	2600
UKRAINE	2	1900
USA	1	1165
Totale:	34	28139

- La **Svezia** avrebbe dovuto abbandonare il nucleare a partire dal 1982 (Referendum del 1980): dei 12 reattori svedesi 2 sono stati fermati mentre i rimanenti **10 impianti continuano il loro esercizio** producendo il **48%** dell'energia elettrica.
- La **Germania** avrebbe dovuto abbandonare il nucleare entro il 2020 stabilendo di limitare a 35 anni la vita tecnologica degli impianti. Per ora solo 1 impianto su 18 è stato chiuso e i 17 reattori attualmente in esercizio producono il **31,8%** dell'energia elettrica.

- La **Svizzera** ha **bocciato nel 2004** un **Referendum** che chiedeva l'arresto delle 5 centrali nucleari in esercizio e la messa in mora della costruzione di nuovi impianti
- La **Finlandia** ha ritrattato la decisione di abbandonare il programma nucleare e ha avviato la costruzione di una **quinta centrale nucleare del tipo EPR da 1600 MWe.**

L'Energia Nucleare nel Mondo

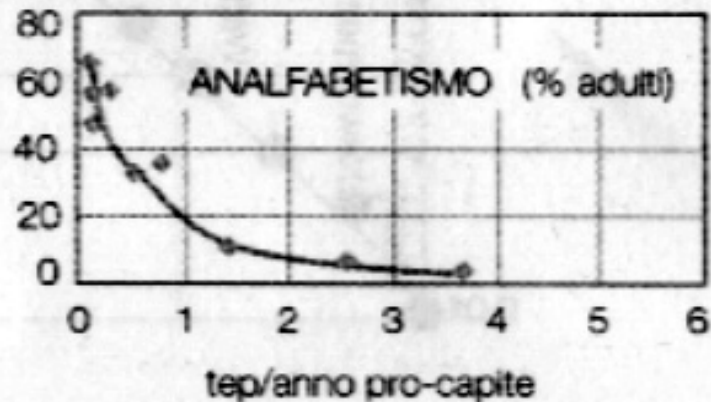
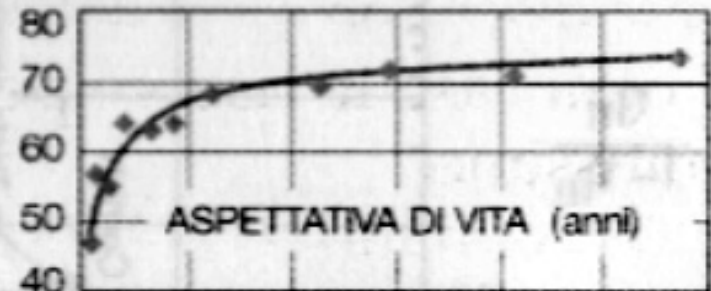
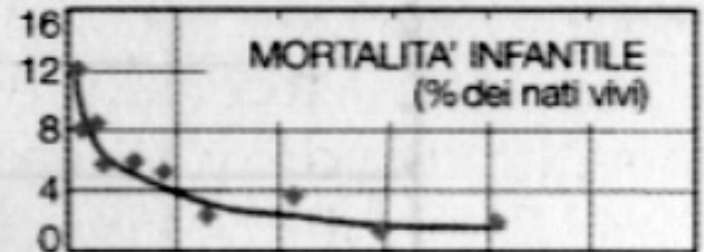
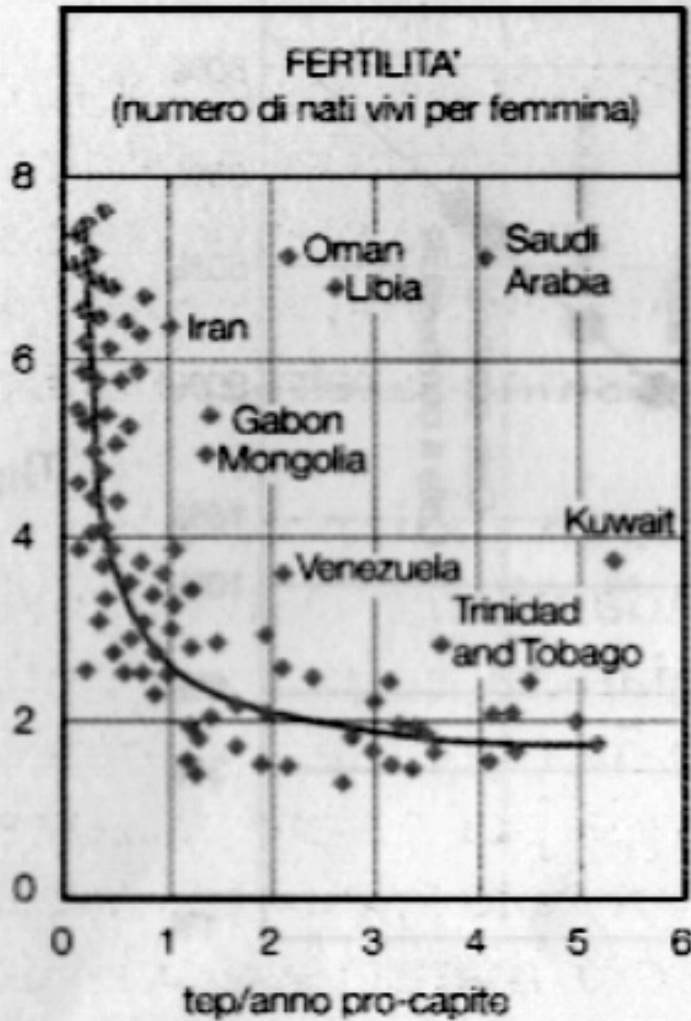
Fonte WNA – 09.2006



	REACTORS PLANNED Sept 2006		REACTORS PROPOSED Sept 2006			REACTORS PLANNED Sept 2006		REACTORS PROPOSED Sept 2006	
	No.	MWe	No.	MWe		No.	MWe	No.	MWe
Argentina	0	0	1	1000	Korea DPR (North)	1	950	0	0
Armenia	0	0	1	1000	Korea RO (South)	7	8250	0	0
Brazil	1	1245	0	0	Lithuania	0	0	1	1000
Bulgaria	2	1900	0	0	Mexico	0	0	2	2000
Canada	2	2000	0	0	Pakistan	2	600	2	1200
China	13	12920	50	35880	Romania	0	0	3	1995
Czech Rep.	0	0	2	1900	Russia	8	9600	18	21600
Egypt	0	0	1	600	Slovakia	0	0	2	840
France	1	1630	1	1600	South Africa	1	165	24	4000
India	4	2800	20	10360	Turkey	3	4500	0	0
Indonesia	0	0	4	4000	Ukraine	2	1900	0	0
Iran	2	1900	3	2850	USA	2	2716	21	24000
Israel	0	0	1	1200	Vietnam	0	0	2	2000
Japan	11	14945	1	1100	WORLD	62	68,021	160	118,825
Kazakhstan	0	0	1	300					

Energia e Sviluppo Socio-Economico

CORRELAZIONI FRA DIVERSI INDICATORI DI LIVELLO DI SVILUPPO SOCIO-ECONOMICO E CONSUMO PRO-CAPITE DI ENERGIA

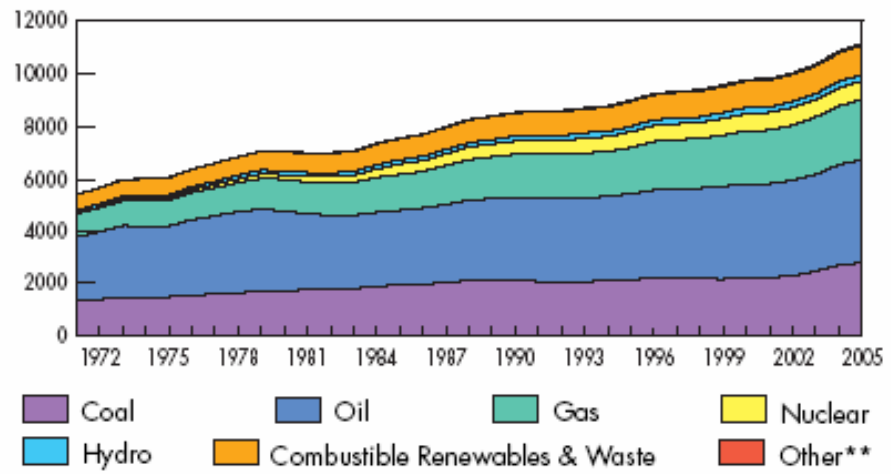


Fonte: Sheffield (1998).

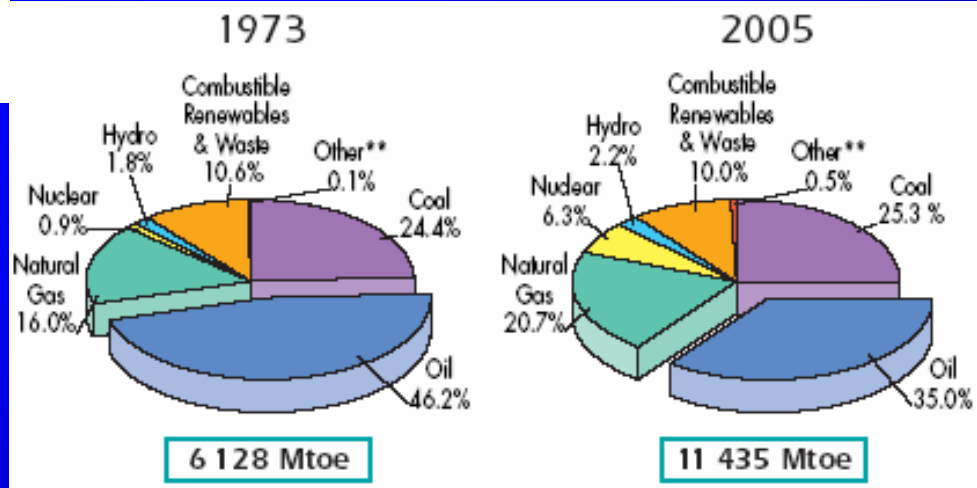
Il Fabbisogno Energetico

Fonte IEA – Key World Energy Statistics (KWES) 2007

Evolution from 1971 to 2005 of World Total Primary Energy Supply* by Fuel (Mtoe)



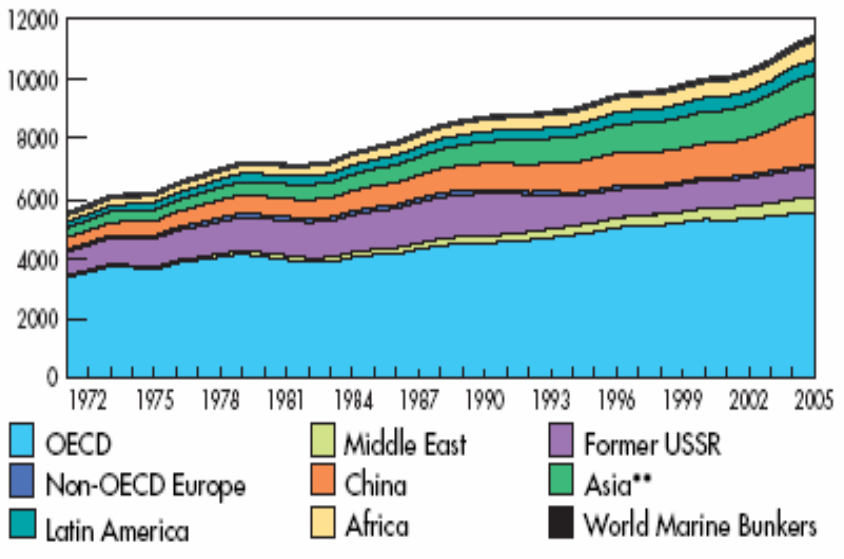
- Il fabbisogno mondiale di energia primaria (WTPES) è aumentato dal 1973 al 2005 del **+86.6%**



*Excludes electricity and heat trade.
 **Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

Il Fabbisogno Energetico

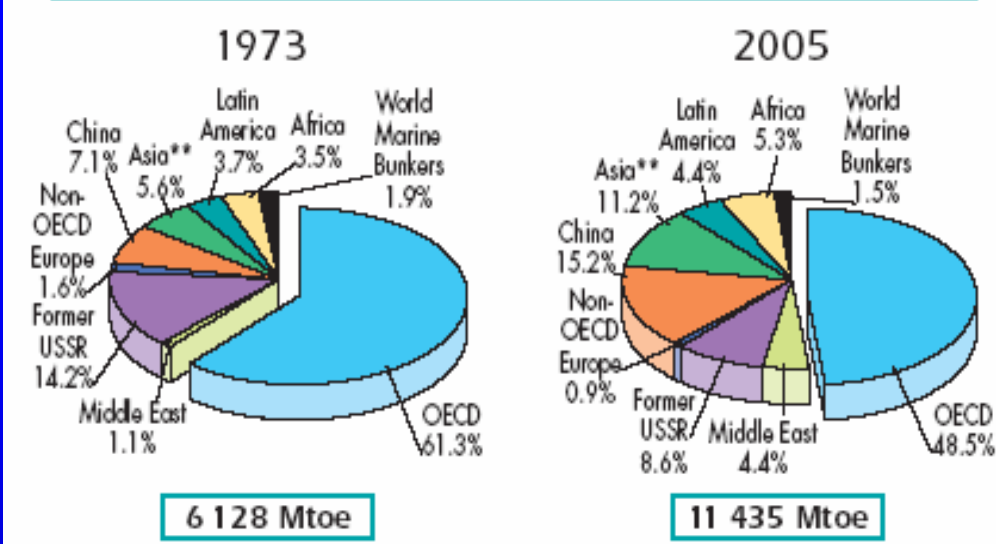
Evolution from 1971 to 2005 of World Total Primary Energy Supply* by Region (Mtoe)



Fonte IEA – KWES 2007

- Con un significativo incremento in **China (+8.1%)**, **Asia (+5.6%)**, **Medio Oriente (+3.3%)**, **Africa (+1.8%)**, **America Latina (+0.7%)**

1973 and 2005 Regional Shares of TPES*

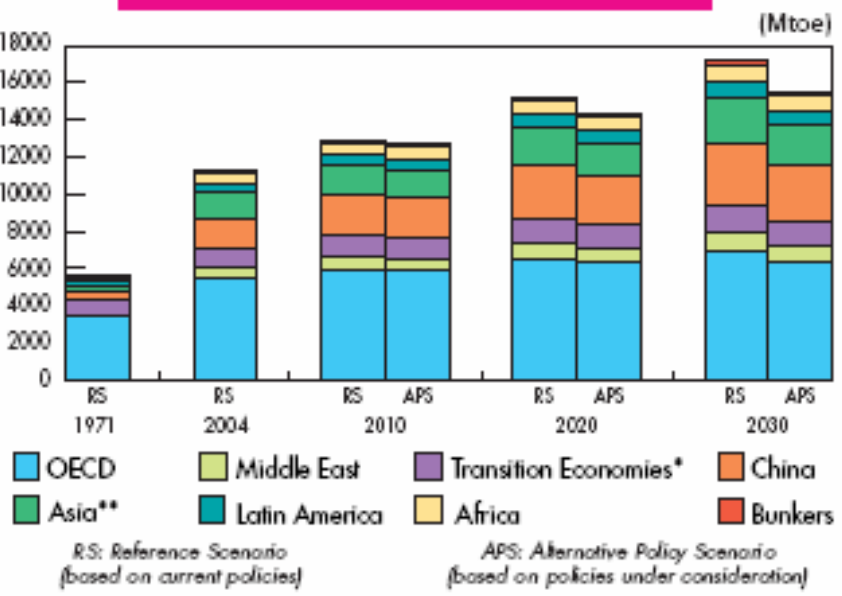


*Excludes electricity and heat trade.
**Asia excludes China.

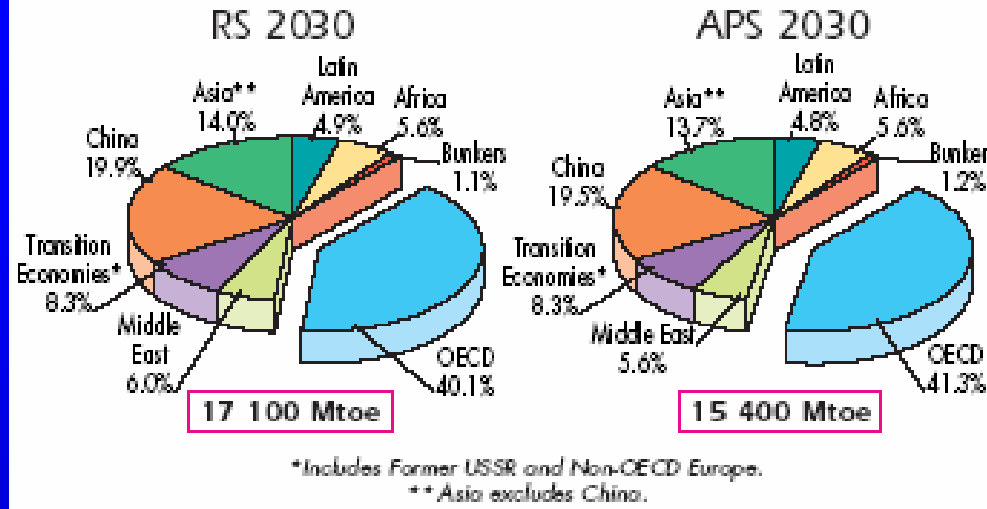
Il Fabbisogno Energetico

- La **IEA (KWES 2007)** stima che nel **2030** il fabbisogno mondiale di energia primaria (**WTPES**) aumenterà del **+49.5%** o del **+34.6%** (a seconda dello scenario di previsione) rispetto al 2005

TPES Outlook by Region



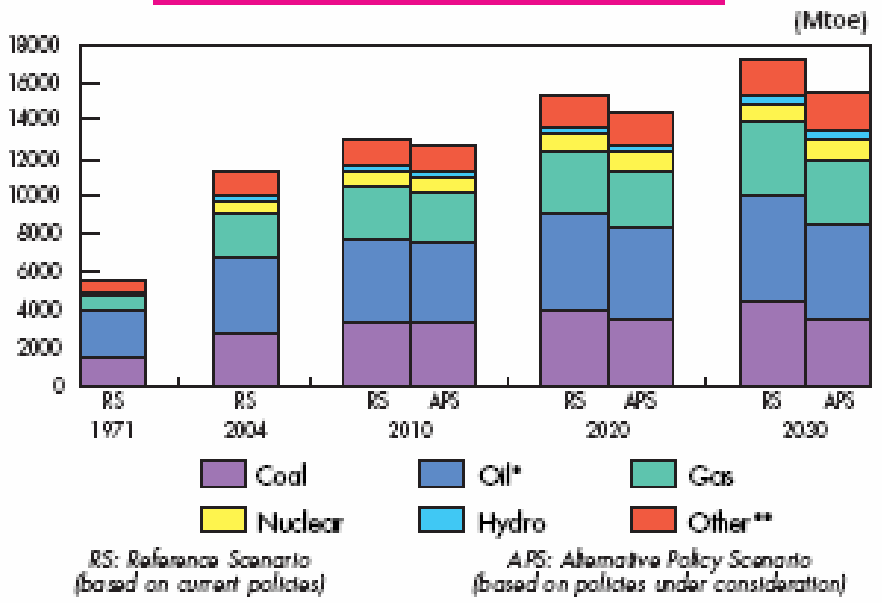
Regional Shares of TPES in 2030 for the Reference Scenario and Alternative Policy Scenario



- China **+4.7%** ÷ **+4.3%**
- Asia **+2.8%** ÷ **+2.5%**
- M.O. **+1.6%** ÷ **+1.2%**
- Africa **+0.3%**
- Am. Lat. **+0.5%** ÷ **+0.4%**

Il Fabbisogno Energetico

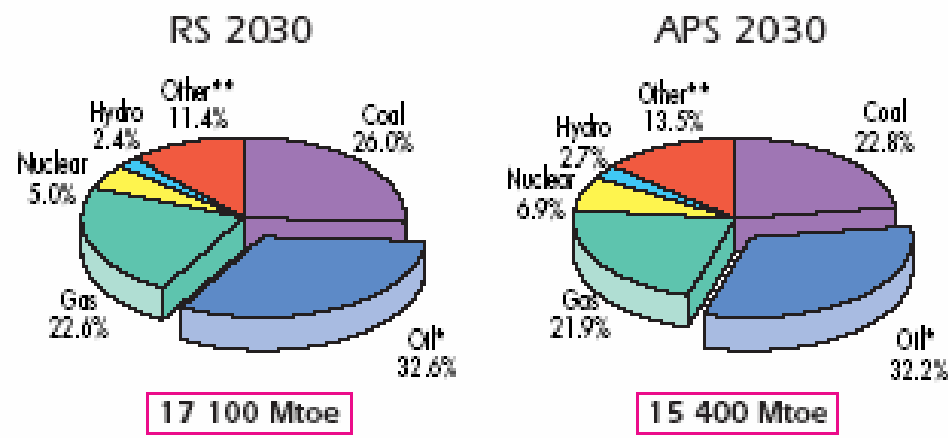
TPES* Outlook by Fuel



- Per far fronte a tale necessità la **IEA (KWES 2007)** prevede (a seconda dello scenario di previsione):
 - Carbone **+0.7%** ÷ **-2.5%**
 - Gas **+1.9%** ÷ **+1.2%**
 - Olio comb. **-2.4%** ÷ **-2.8%**

- Nucleare **-1.3%** ÷ **+0.6%**
- Idroelettrico **+0.2%** ÷ **+0.5%**
- Rinnovabili **+0.9%** ÷ **+3.0%**

Fuel Shares of TPES* in 2030 for the Reference Scenario and Alternative Policy Scenario



* Includes bunkers.

** Other includes combustible renewables & waste, geothermal, solar, wind, tidal, etc.

Il Fabbisogno Energetico



	2005 Mtoe	2030 RS Mtoe	Produzione %	230 APS Mtoe	Produzione %
IDROELETTRICO	251.6	410.4	+63.1%	415.8	+65.3%
NUCLEARE	720.4	855.0	+18.7%	1 062.6	+47.5%
GAS NATURALE	2367.0	3 864.6	+63.3%	3 372.6	+42.5%
OLIO COMB.	4002.3	5 574.6	+39.3%	4 958.8	+23.9%
CARBONE	2893.0	4 446.0	+53.7%	3 511.2	+21.4%
ALTERNATIVE + COMBUSTIBILE RINN. & WASTE	1200.7	1 949.4	+62.3%	2 079.0	+73.1%
TOTALE (TPES)	11 435	17 100	+49.5%	15 400	+34.6%

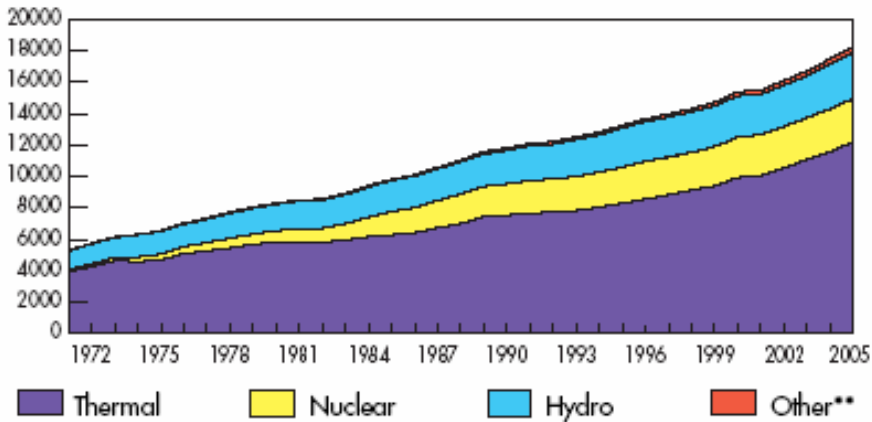
Fonte IEA – KWES 2007

A. Borio – Pavia 07.04.2008

Il Fabbisogno Energetico

Electricity Generation* by Fuel

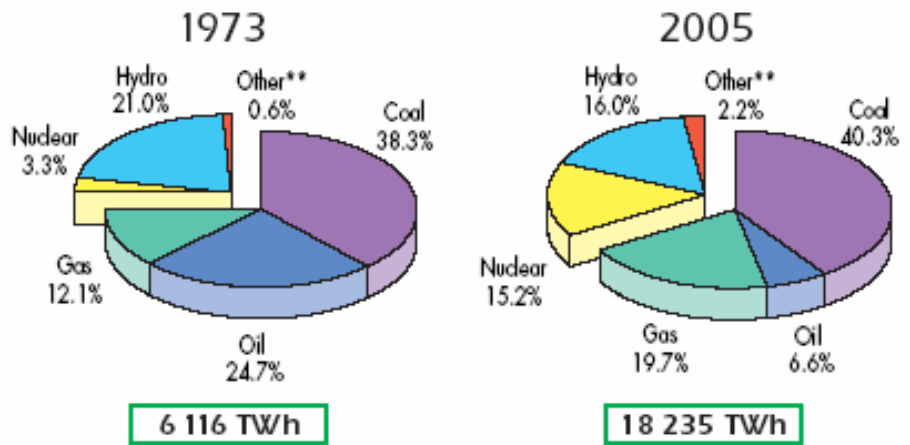
Evolution from 1971 to 2005 of World Electricity Generation* by Fuel (TWh)



Fonte IEA – KWES 2007

- La produzione mondiale di energia elettrica (EG) è aumentata dal 1973 al 2005 del **+298.1%**

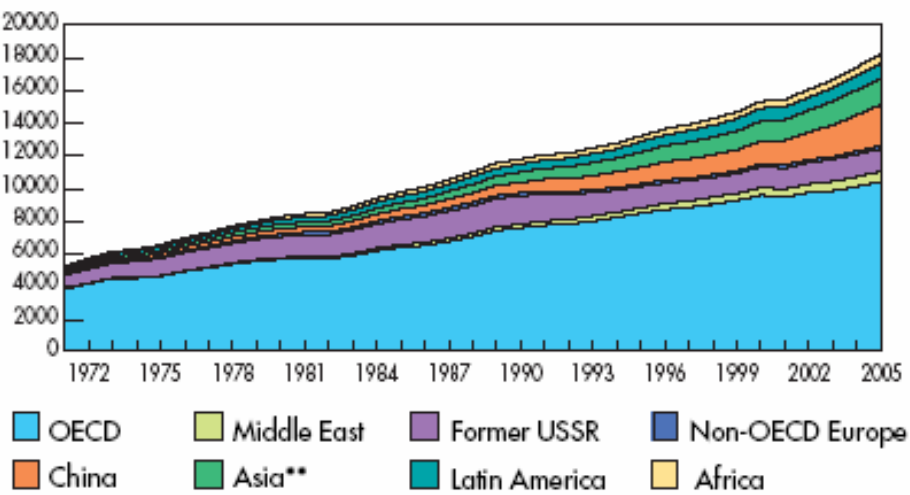
1973 and 2005 Fuel Shares of Electricity Generation*



*Excludes pumped storage.
**Other includes geothermal, solar, wind, combustible renewables & waste.

Il Fabbisogno Energetico

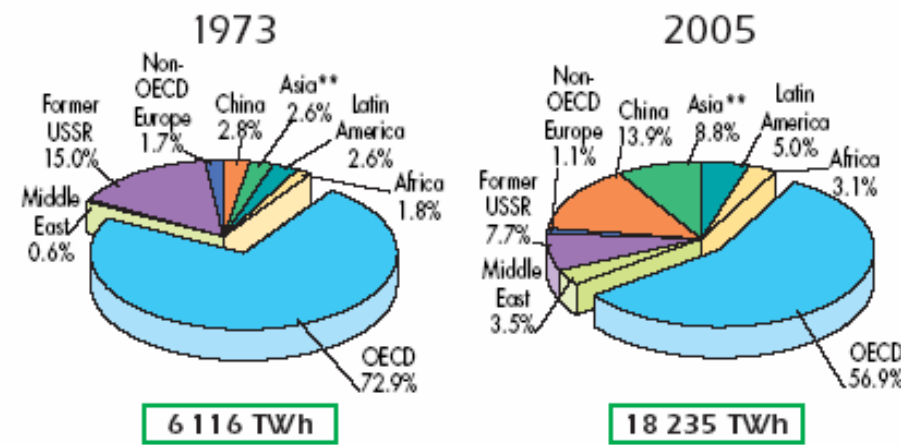
Evolution from 1971 to 2005 of World Electricity Generation* by Region (TWh)



Fonte IEA – KWES 2007

- Con un significativo incremento in **China** (+11.1%), **Asia** (+6.2%), **Medio Oriente** (+2.9%), **Africa** (+1.3%), **America Latina** (+2.4%)

1973 and 2005 Regional Shares of Electricity Generation*



* Excludes pumped storage.

**Asia excludes China.

Il Fabbisogno Energetico



- Secondo la *U.S. Energy Information Administration (US EIA EO 2007)* la domanda di energia elettrica aumenterà del +85%, da 16 424 TWh nel 2004 a 22 289 TWh nel 2015 a 30 364 TWh nel 2030, con un incremento annuo medio di +3.5% negli Stati non-OECD e del +1.3% negli Stati OECD.

Il Fabbisogno Energetico

- Secondo lo Scenario di Riferimento (RF) della *IEA (KWES 2007)* la potenza elettrica mondiale installata da fonte nucleare aumenterà da 368 GWe nel 2005 fino ad arrivare a 417 GWe nel 2030 (+13.3% rispetto al 2005) con una produzione stimata di 3 289 TWh (+18.7% rispetto al 2005 - circa il 11.5% del fabbisogno di energia elettrica mondiale)
- Nello Scenario Alternativo (APS) dell'*IEA* la potenza elettrica nucleare mondiale installata nel 2030 dovrebbe arrivare a 519 GWe (+41.0% rispetto al 2005) con una produzione stimata di 4 088 TWh (+47.6% rispetto al 2005 - circa il 14.2% del fabbisogno di energia elettrica mondiale)

Le Fonti CONVENZIONALI

- Le riserve di greggio sono stimate in circa 1 300 miliardi di barili (IEA 2005) a fronte di un consumo giornaliero di 80 milioni di barili, poco meno di trenta miliardi di barili all'anno. La durata di tali riserve è stimata inferiore ai 50 anni.
- Lo stesso discorso vale per il gas naturale, le cui riserve sono stimate in 176 000 miliardi di Nm³ (IEA 2005), circa 160 Gtep, per un periodo di autonomia stimato inferiore ai 70 anni.
- Quanto alle riserve carbone sono stimate in circa 900 Gton (IEA 2005), per un periodo di autonomia di circa 200 anni, ma con problemi evidenti di impiego relativi all'inquinamento ambientale

La Disponibilità delle Fonti Energetiche

- La FONTE NUCLEARE (*Fonte OECD NEA & IAEA, Uranium 2005*)
 - le riserve di uranio convenzionali già identificate per le quali il minerale è estraibile ad un costo < 130 \$/kg U sono 4.74 milioni di tonnellate
 - le riserve di uranio convenzionali ipotizzate per le quali il minerale è estraibile ad un costo < 130 \$/kg U sono 7.70 milioni di tonnellate
 - le riserve di uranio convenzionali ipotizzate per le quali il minerale è estraibile ad un costo non definito sono 2.98 milioni di tonnellate
 - le riserve di uranio non convenzionali (ad es. miniere di minerali fosfatici) per le quali il minerale è estraibile ad un costo $60 \div 100$ \$/kg U (come sottoprodotto della produzione di acido fosforico) sono stimate in 22 milioni di tonnellate
 - il consumo annuo mondiale di uranio nel 2004 è stato di circa 67,000 ton, quindi centinaia di anni di autonomia
 - al costo di 1000 \$/kg U si potrebbero recuperare 20 miliardi di tonnellate dall'acqua del mare! (Nel terreno ci sono 4 o 5 milligrammi per chilo di terreno; nel mare 3 o 4 milligrammi di uranio per tonnellata d'acqua)
 - Tutto questo senza considerare l'impiego dei reattori "autofertilizzanti"

La Disponibilità delle Fonti Energetiche



Distribuzione geografica delle
riserve di uranio convenzionali
identificate estraibili ad un
costo < US\$ 130/kg U,

Fonte: OECD NEA & IAEA, Uranium 2005

	tonnes U	percentage of world
Australia	1,143,000	24%
Kazakhstan	816,000	17%
Canada	444,000	9%
USA	342,000	7%
South Africa	341,000	7%
Namibia	282,000	6%
Brazil	279,000	6%
Niger	225,000	5%
Russian Fed.	172,000	4%
Uzbekistan	116,000	2%
Ukraine	90,000	2%
Jordan	79,000	2%
India	67,000	1%
China	60,000	1%
Other	287,000	6%
World total	4,743,000	100%

Le fonti rinnovabili

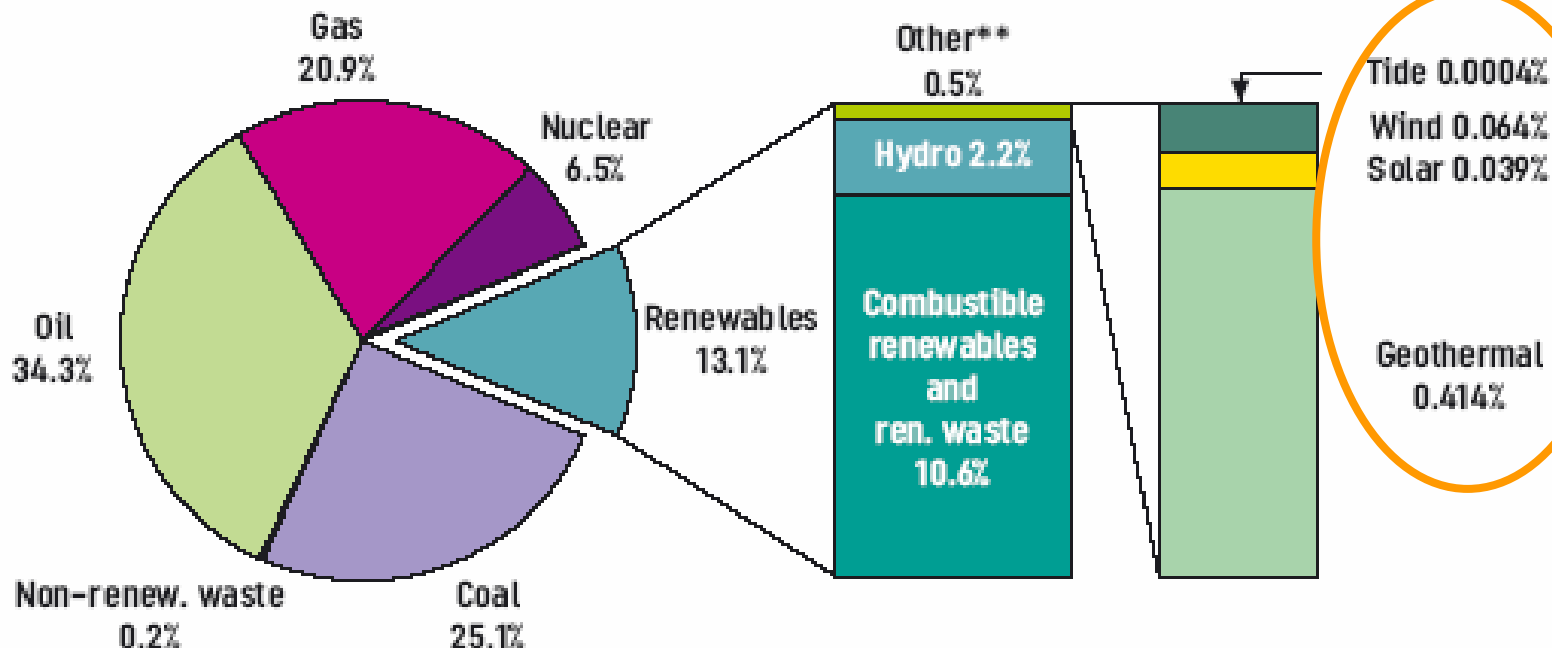
1. Idroelettrica
2. Biomasse e Rifiuti
3. Fonti “Alternative”: solare, eolico, geotermoelettrico, maree

Le **Fonti “Alternative”** potranno offrire in futuro un contributo significativo ma mai sostitutivo delle fonti convenzionali. Per questo motivo bisognerebbe denominarle più correttamente **Fonti “INTEGRATIVE”**.

La Disponibilità delle Fonti Energetiche

Fonte IEA – Renewables in Global Energy Supply 2007

Figure 1 • 2004 Fuel Shares of World Total Primary Energy Supply*



* TPES is calculated using the IEA conventions (physical energy content methodology). It includes international marine bunkers and excludes electricity/heat trade. The figures include both commercial and non-commercial energy.

** Geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean.

Totals in graph might not add up due to rounding.

Source: IEA Energy Statistics

World Total Primary Energy Supply 2004 (TPES) = 11.059 Mtoe

La Disponibilità delle Fonti Energetiche

Table 2 • Key Regional Renewables Indicators for 2004

	TPES*	Of which Renewables	Share of Renewables in TPES	Share of the main fuel categories in total renewables		
				Hydro	Geothermal, Solar, Wind, etc.	Combustible Renewables and Waste
				Mtoe	Mtoe	%
Africa	586	287	49.0	2.6	0.4	97.1
Latin America	486	140	28.9	36.1	1.4	62.4
Asia**	1,289	411	31.8	4.0	3.6	92.4
China***	1,627	251	15.4	12.1	0	87.9
Non-OECD Europe	104	11	10.6	43.2	2.5	54.3
Former USSR	979	30	3.0	71.4	1.2	27.3
Middle East	480	3	0.7	43.4	24.4	32.2
OECD	5,508	315	5.7	34.6	12.0	53.4
World	11,059	1,404	13.1	16.7	4.0	79.4

* Total primary energy supply calculated using the physical energy content methodology.

** Asia excludes China.

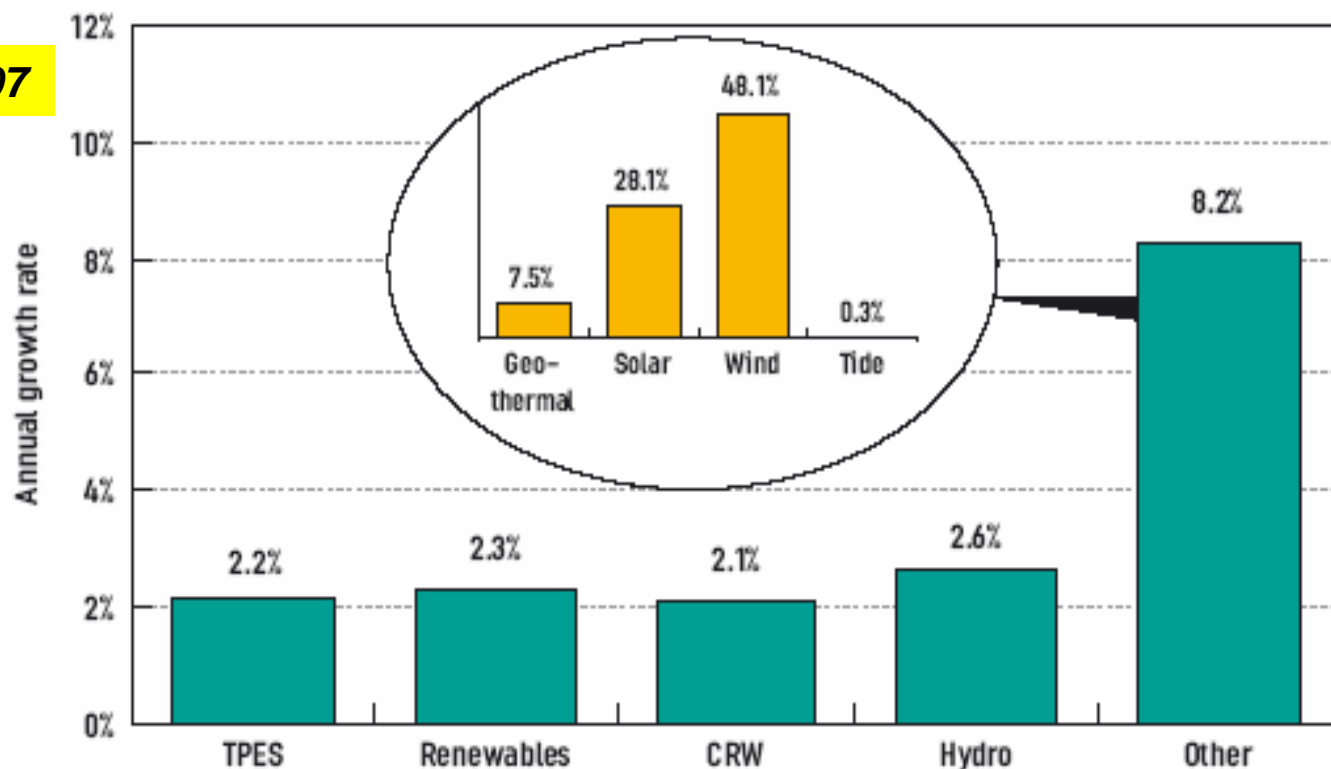
*** China includes People's Republic of China and Hong Kong, China.

Fonte IEA – RGES 2007



La Disponibilità delle Fonti Energetiche

Figure 2 • Annual Growth of Renewables Supply from 1971 to 2004



Source: IEA Energy Statistics

Total renewables supply experienced an annual growth rate of 2.3% over the last 33 years, marginally higher than the annual growth of 2.2% in TPES. However, the "other" category in Figure 2 (also referred to as "new" renewables and including geothermal, solar, wind, etc.) recorded a much higher annual growth of 8.2%. Due to a very low base in 1971 and to recent fast-growing development, wind experienced the highest increase (+48% p.a.) followed by solar (+28% p.a.).

Fonte IEA – RGEs 2007

La Disponibilità delle Fonti Energetiche

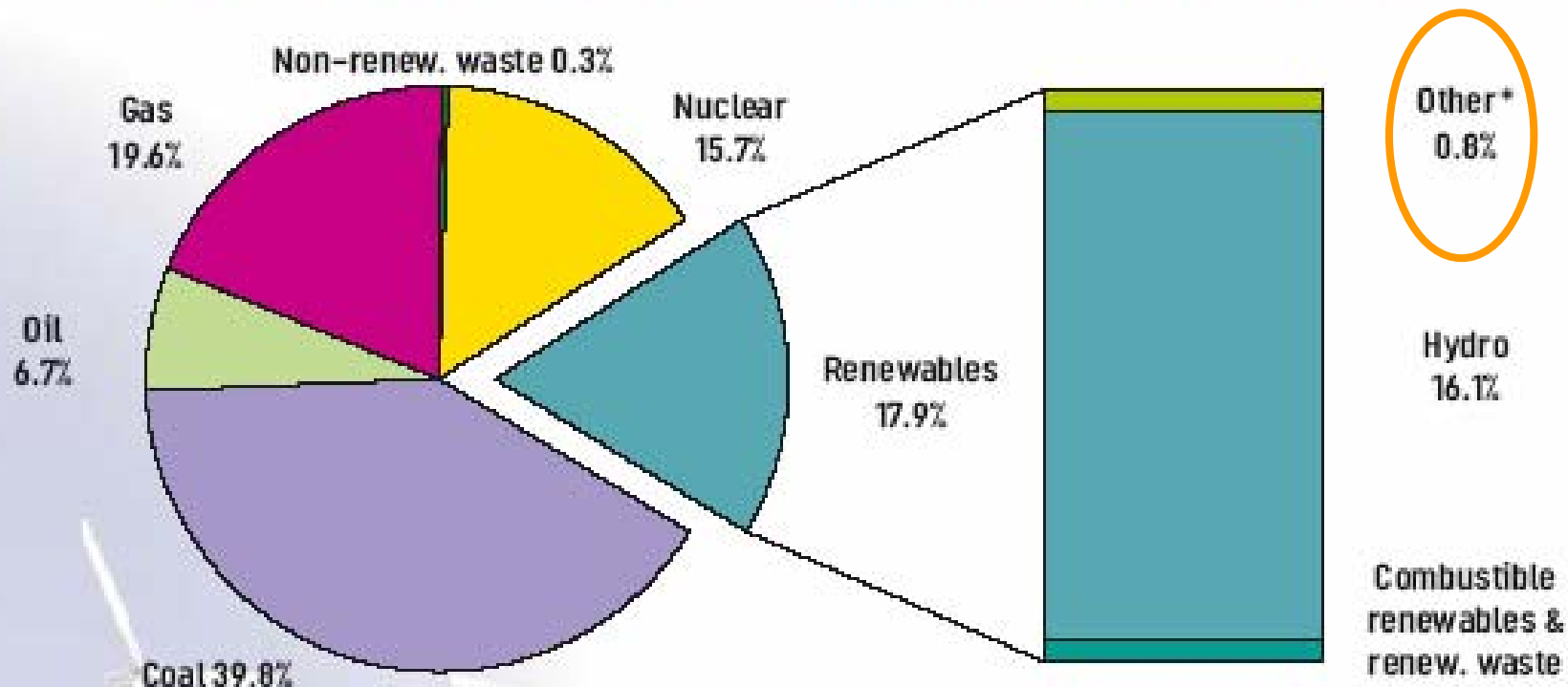


The Alternative Policy Scenario presented in this year's World Energy Outlook expands the analysis included in previous editions. It shows how the global energy market could evolve if countries around the world were to adopt a set of policies and measures that they are now considering and might be expected to implement over the projection period. Renewable energy contributes significantly towards achieving the objectives of this scenario: reductions in CO₂ emissions and improved security of supply. Table 3 summarises the main developments related to renewable energy in the Alternative Policy Scenario. In this scenario, the share of renewables in global energy consumption will remain largely unchanged at 14%. Traditional biomass currently accounts for 7% of world energy demand, but its share will fall as developing countries shift to modern forms of energy. World hydropower production will grow by 1.8% per year but its share will remain almost stable at around 2%. The shares of other renewables (including geothermal, solar and wind) will increase most rapidly at 6.2% per year but because they start from a very low base (0.5% share in 2003) they will still be the smallest component of renewable energy in 2030 with a share of only 1.7% of global energy demand.

Fonte IEA – RGES 2007

La Disponibilità delle Fonti Energetiche

Figure 5 • 2004 Renewables in Electricity Production



* Geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean.
Source: IEA Energy Statistics

Fonte IEA – RGES 2007

La Disponibilità delle Fonti Energetiche



Table 3 • Global Increase in Renewable Energy

Fonte IEA – RGENS 2007

	2004	2030	Approximate increase (times)
Electricity Generation (TWh)	3 179	7 775	>2
Hydropower	2810	4903	<2
Biomass	227	983	>4
Wind	82	1440	18
Solar	4	238	60
Geothermal	56	185	>3
Tide and Wave	<1	25	46
Biofuels (Mtoe)	15	147	10
Industry and Buildings (Mtoe)**	272	539	2
Commercial biomass	261	450	<2
Solar heat	6.6	64	10
Geothermal heat	44	25	6

* Excluding traditional biomass.

Source: World Energy Outlook 2006, OECD/IEA 2006.

1. Based on the World Energy Outlook 2006, OECD/IEA 2006.

La Disponibilità delle Fonti Energetiche



In the Alternative Policy Scenario, renewable energy plays a major role in the global electricity mix in 2030, supplying over a quarter of total electricity. This share was 18% in 2004. In absolute terms, electricity generation from renewable energy sources increases from 3 179 TWh to 7 775 TWh and renewable energy becomes the second largest source of electricity after coal.

The share of hydropower in world electricity generation is 16% in 2030, the same as today. Most new hydropower plants are built in developing countries,

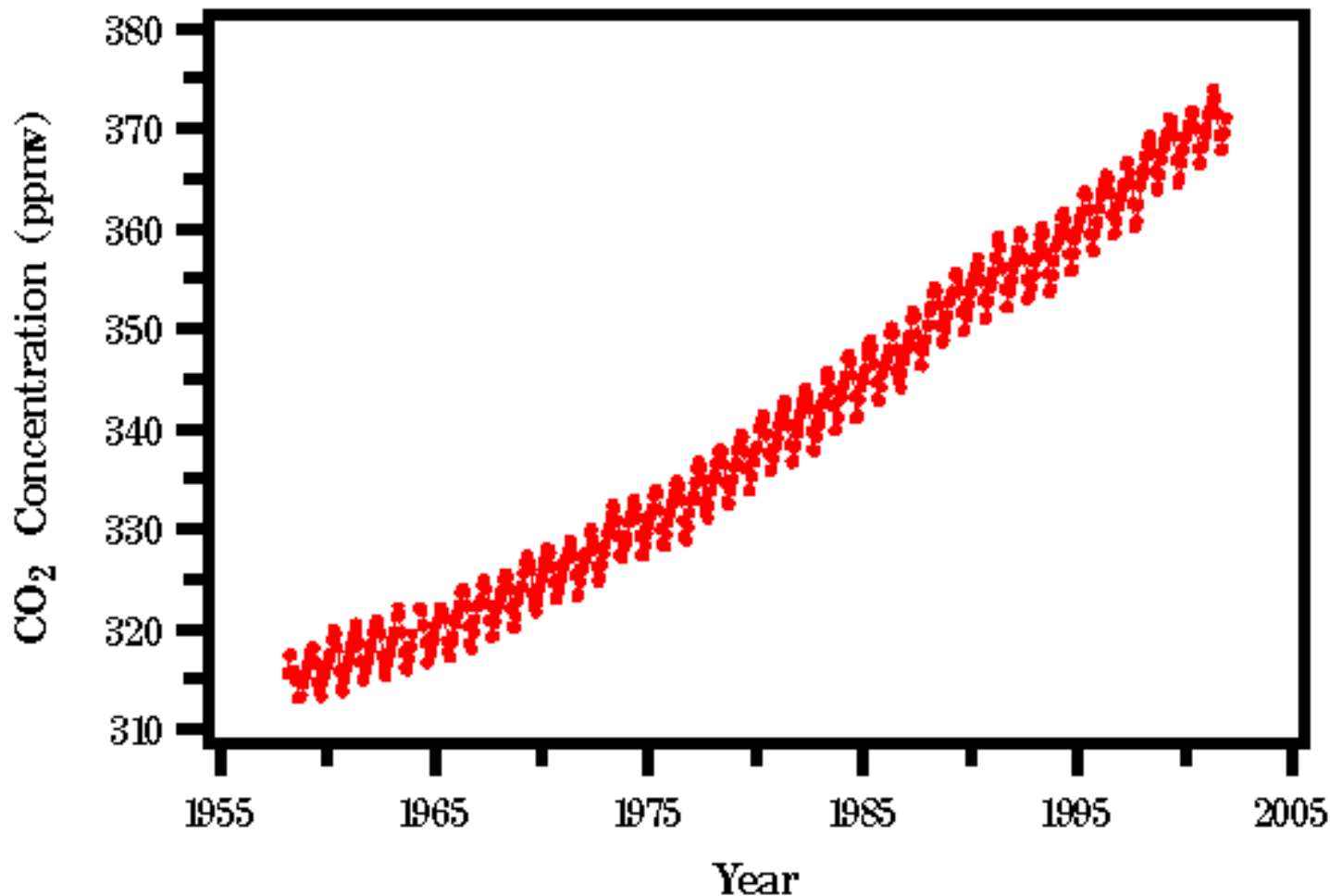
Electricity generated from biomass, wind, solar, geothermal and tide and wave power reaches 2 872 TWh in 2030, almost eight times higher than now and their share in total generation grows from 2% now to 10% in 2030. The largest increase

Fonte IEA – RGES 2007

- Oltre ad un **limite dovuto alla disponibilità** delle fonti alternative, esiste anche un **limite tecnico di immissione nella rete elettrica** dell'energia da esse prodotta.
- Infatti, per ragioni legate alla flessibilità della gestione della rete elettrica, **il contributo delle fonti energetiche intermittenti (come solare, eolico, maree) dovrebbe essere limitato tra il 10% e il 20%** della potenza elettrica totale allacciata alla rete.

Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche

Carbon dioxide concentration as measured at Mauna Loa, Hawaii. These measurements represent the globally mixed concentration.



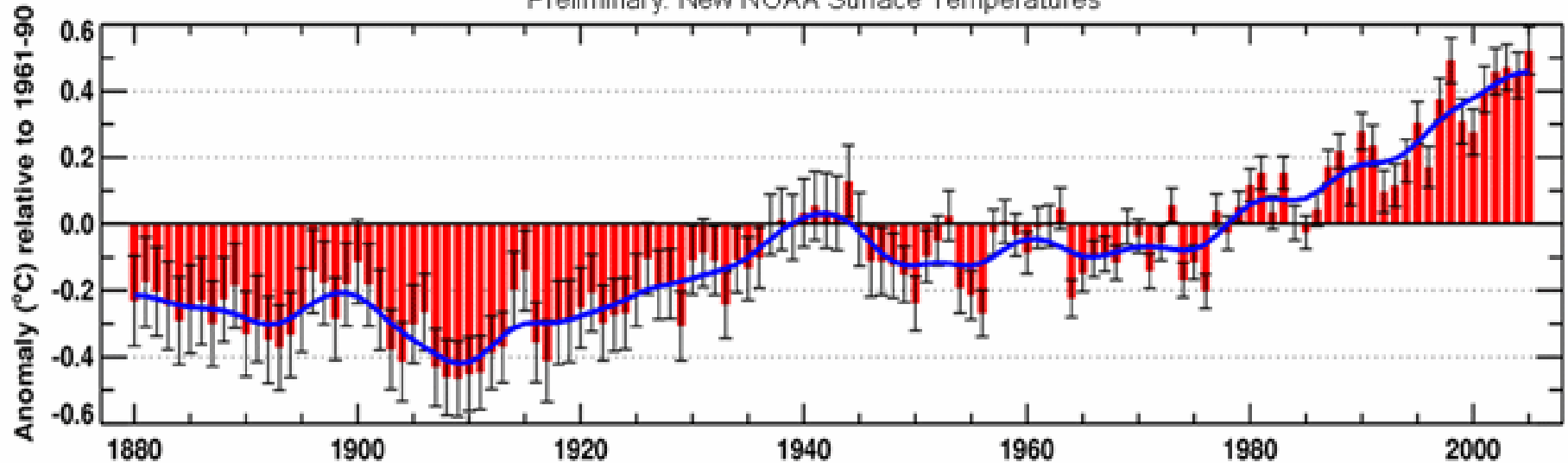
Source: Dave Keeling and Tim Whorf (Scripps Institution of Oceanography)

Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche



Global Mean Temperature over Land & Ocean

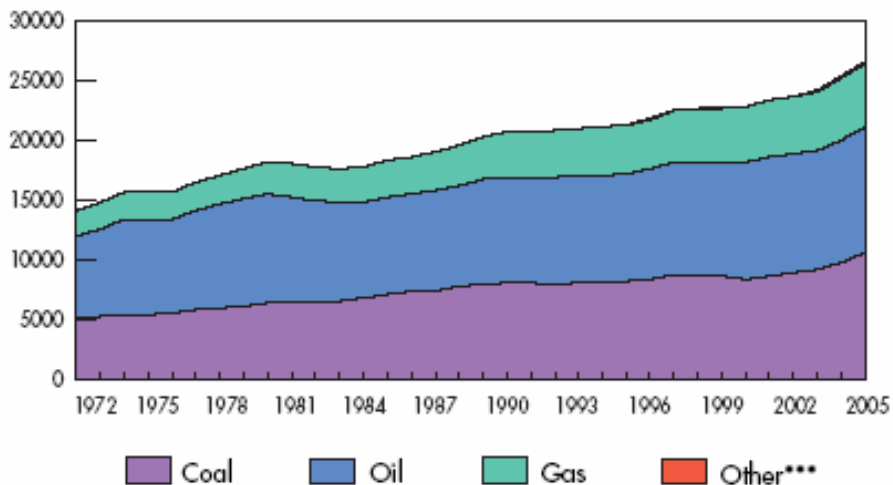
Preliminary: New NOAA Surface Temperatures



FONTE: U.S. National Climatic Data Center 2005

Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche

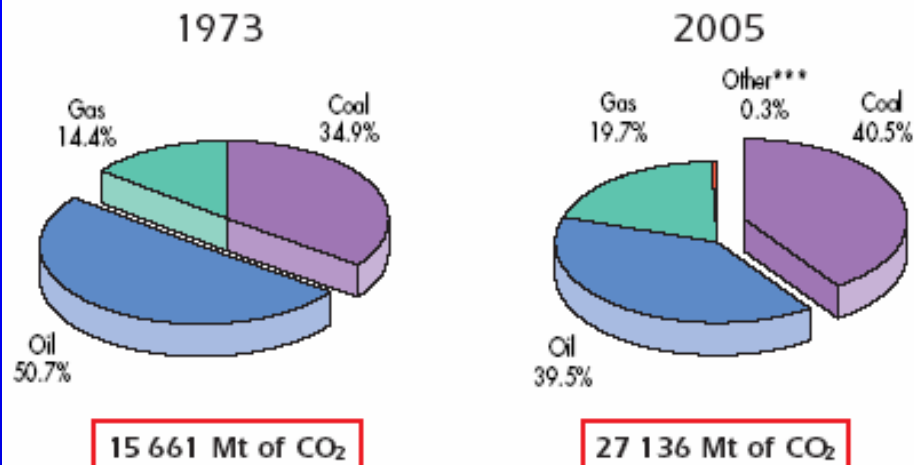
Evolution from 1971 to 2005 of World* CO₂ Emissions** by Fuel (Mt of CO₂)



Fonte IEA – KWES 2007

- Le **emissioni** mondiali di **CO₂** legate alla produzione di energia sono aumentate dal 1973 al 2005 del **+73.3%**

1973 and 2005 Fuel Shares of CO₂ Emissions**

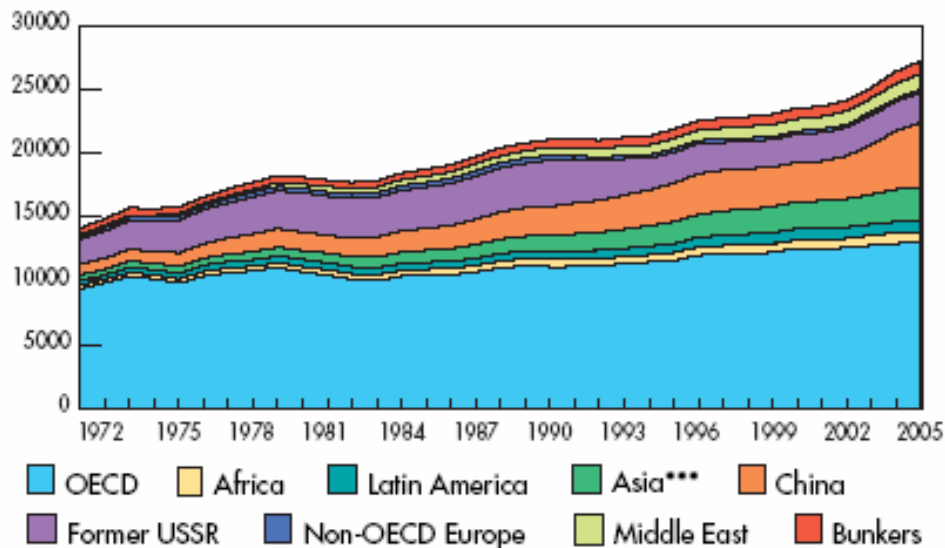


* World includes international aviation and international marine bunkers.
** Calculated using IEA's Energy Balance Tables and the Revised 1996 IPCC Guidelines.
CO₂ emissions are from fuel combustion only. *** Other includes industrial waste and non-renewable municipal waste.

Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche

CO₂ Emissions by Region

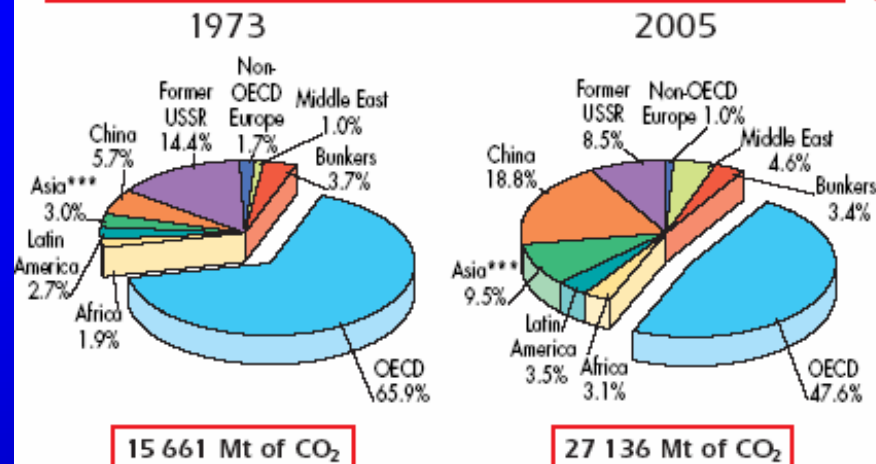
Evolution from 1971 to 2005 of World* CO₂ Emissions** by Region (Mt of CO₂)



Fonte IEA – KWES 2007

- Con un significativo incremento in **China** (+13.1%), **Asia** (+6.5%), **Medio Oriente** (+3.6%), **Africa** (+1.2%), **America Latina** (+0.8%)

1973 and 2005 Regional Shares of CO₂ Emissions**



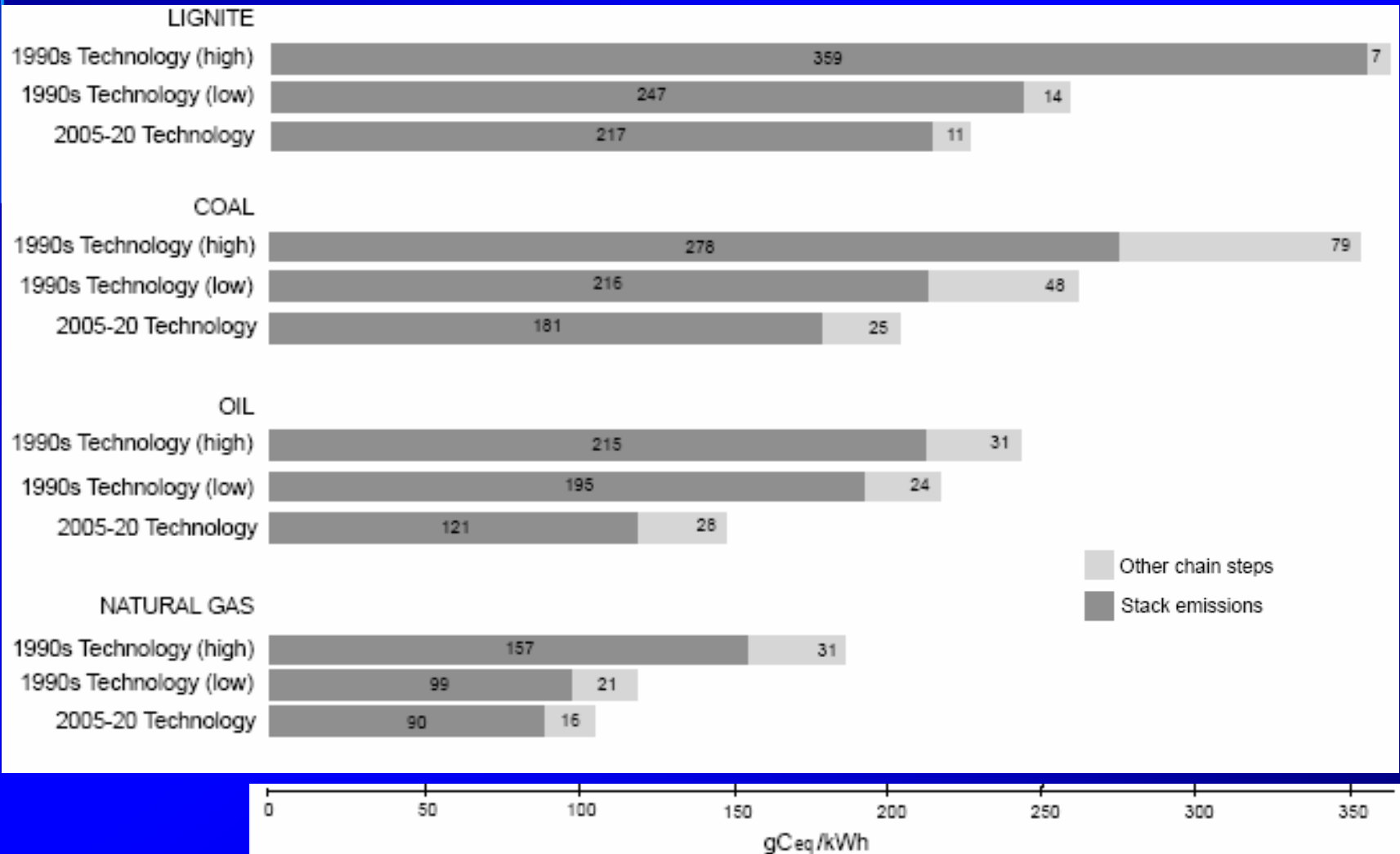
* World includes international aviation and international marine bunkers, which are shown together as Bunkers. ** Calculated using IEA's Energy Balance Tables and the Revised 1996 IPCC Guidelines. CO₂ emissions are from fuel combustion only. *** Asia excludes China.

- Nello Scenario di Riferimento IEA le **emissioni mondiali di CO₂** legate al consumo di energia aumenteranno di circa il **48% tra il 2005 e il 2030**, raggiungendo i 40 MDL di tonnellate.
- Nello Advanced Policy Scenario dell'IEA le **emissioni mondiali di CO₂** legate al consumo di energia aumenteranno di circa il **25% tra il 2005 e il 2030**, raggiungendo i 33,4 MDL di tonnellate.

- Una centrale a carbone da 1000 MWe rilascia in un anno nell'atmosfera circa 7 milioni di ton di CO₂, una centrale a olio combustibile ne rilascia circa 6 milioni e una centrale a gas metano ne rilascia circa 4 milioni.
- Per quanto riguarda le emissioni di SO₂ e di NOx le centrali a carbone rilasciano circa 60.000 ton all'anno e 22.000 ton all'anno rispettivamente, seguite dalle centrali ad olio combustibile (circa 43.000 ton e 10.000 ton all'anno rispettivamente) e a gas (circa 12.000 ton all'anno di NOx).

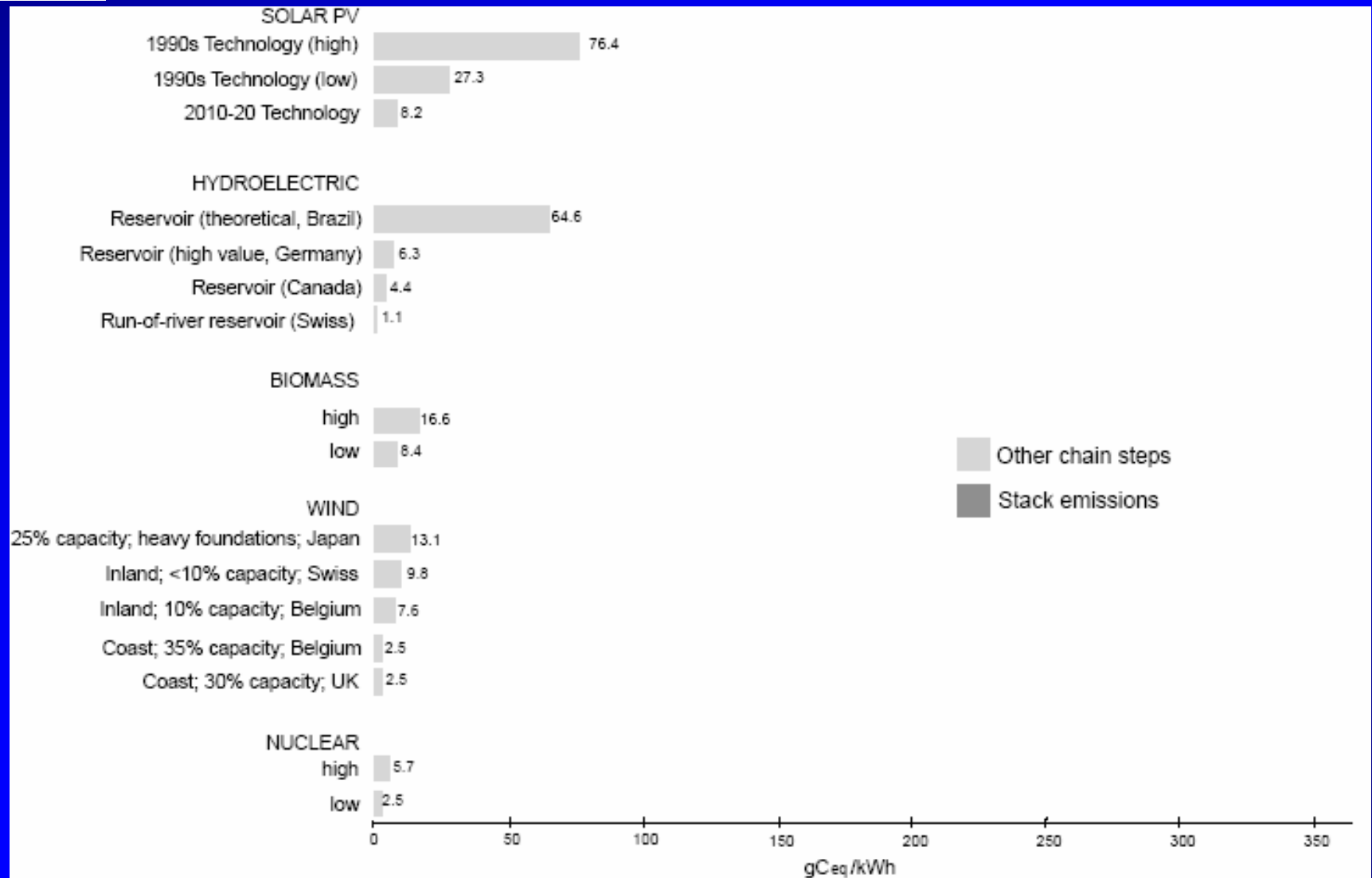
Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche

RANGE OF TOTAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM ELECTRICITY PRODUCTION CHAINS



Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche

RANGE OF TOTAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM ELECTRICITY PRODUCTION CHAINS



Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche



FONTE WNA 2006

FONTE WNA 2006	Nuclear generation 2005		OPERABLE at May 2006		Approx CO ₂ avoided per year
	billion kWh	% e	No.	MWe	million tonnes
Argentina	6.4	6.9	2	935	6
Armenia	2.5	43	1	376	6
Belgium	45.3	56	7	5728	45
Brazil	9.9	2.5	2	1901	9
Bulgaria	17.3	44	4	2722	17
Canada	86.8	15	18	12595	85
China	50.3	2	10	7587	50
Taiwan	38.4	20	6	4884	36
Czech Rep.	23.3	31	6	3472	23
Finland	22.3	33	4	2676	22
France	430.9	79	59	63473	430
Germany	154.6	31	17	20303	154
Hungary	13	37	4	1755	13
India	15.7	2.8	15	2993	15
Japan	280.7	29	55	47700	280

Eco-compatibilità delle Fonti Energetiche

FONTE WNA 2006

**Nuclear generation
2005**

**OPERABLE at May
2006**

**Approx CO₂ avoided per
year**

billion kWh

% e

No.

MWe

million tonnes

Korea RO (S)

139.3

45

20

16840

139

Lithuania

10.3

70

1

1185

10

Mexico

10.8

5

2

1310

10

Netherlands

3.8

3.9

1

452

3

Pakistan

2.4

2.8

2

425

2

Romania

5.1

8.6

1

655

5

Russia

137.3

16

31

21743

130

Slovakia

16.3

56

6

2472

16

Slovenia

5.6

42

1

676

5

South Africa

12.2

5.5

2

1842

12

Spain

54.7

20

8

7442

50

Sweden

69.5

45

10

8938

69

Switzerland

22.1

32

5

3220

22

Ukraine

83.3

49

15

13168

83

UK

75.2

20

23

11852

75

USA

780.5

19

103

98054

780

WORLD

2,626

16

441

369,374

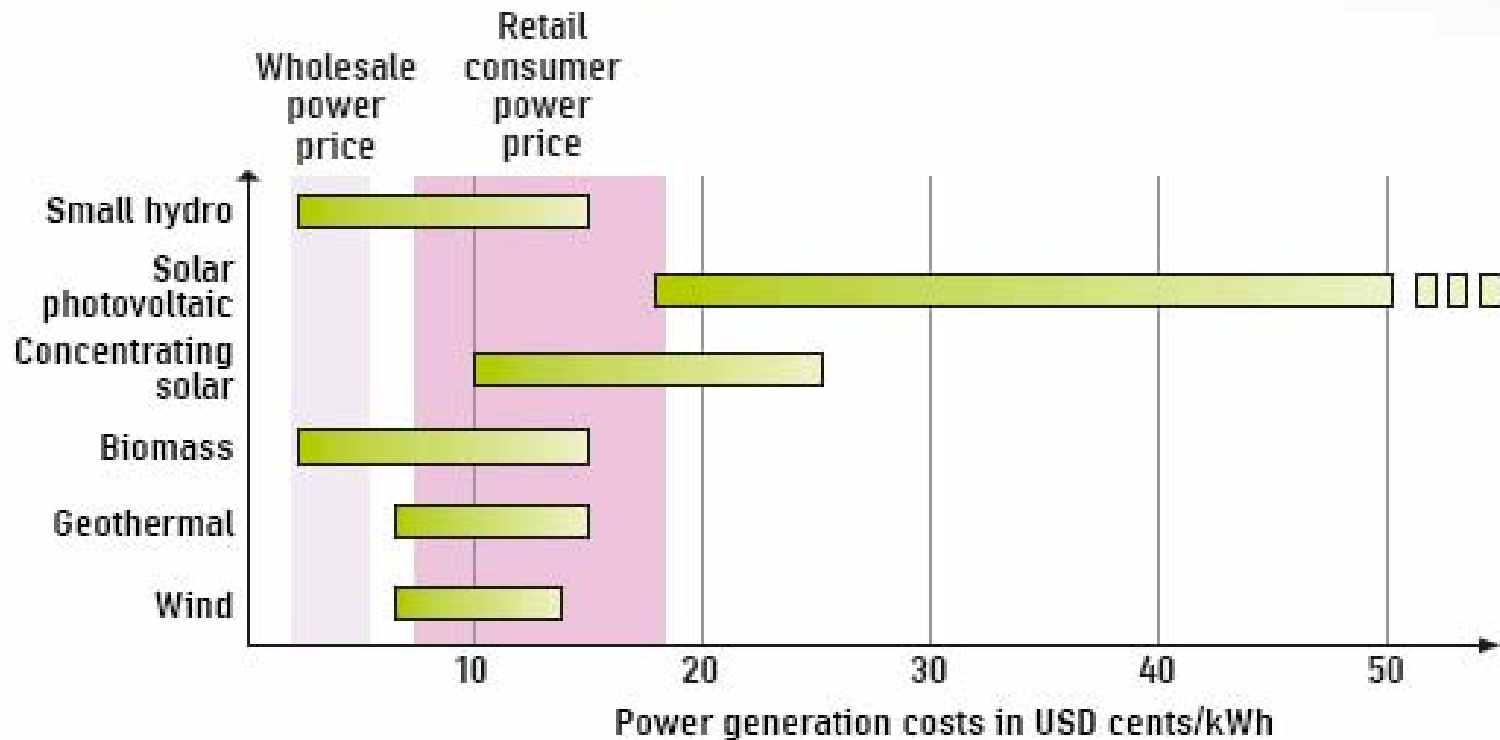
2600

- La **Germania** è il paese in Europa che fa il più largo impiego di energia eolica. Nel **2005** la **potenza eolica installata** era di **18.428 MW** che ha generato **27.2 TWh** di energia elettrica pari al **4.6%** del fabbisogno nazionale di energia elettrica (586 TWh).
- Nello stesso anno la **potenza nucleare installata** era di **20.339 MW** che ha prodotto **163.0 TWh** di energia elettrica pari al **27.8%** del fabbisogno nazionale di energia elettrica .

- L'energia elettrica prodotta da **tutto il parco eolico della Germania equivale** all'energia elettrica prodotta da **3 impianti termoelettrici** da ~ 1000 MWe (costo di costruzione ~ **3 MLD €**) o da **2 impianti nucleari** da ~1600 MWe (EPR - costo di costruzione ~ **6 MLD €**).
- Quindi, la **Germania** ha investito circa **20 MLD €** per **ridurre il consumo di combustibile fossile** del **7%** per la produzione di energia elettrica e di poco più del **2%** per la produzione di energia totale. In questo modo ha ridotto **l'emissione di CO₂** in atmosfera di circa **26 milioni di ton equivalenti**.
- Se lo stesso investimento fosse stato utilizzato per la costruzione di **7 impianti nucleari** da 1600 MWe la Germania avrebbe **ridotto il consumo di combustibile fossile** del **22%** e ridotto le emissioni di **CO₂** in atmosfera di circa **85 milioni di ton equivalenti** producendo il **triplo dell'energia elettrica** a un terzo del costo!

Il costo dell' Energia Elettrica

Figure 6 • Cost-competitiveness of Selected Renewable Power Technologies



Source: Renewable Energy: RD&D Priorities, OECD/IEA 2006.

Il costo dell' Energia Elettrica



- Sebbene il costo di costruzione di un impianto nucleare sia piuttosto elevato rispetto a quello di altri impianti di produzione di energia elettrica (2.000 – 2.500 \$/kWe), il costo del kilowattora da fonte nucleare è spesso il più economico e comunque sempre estremamente competitivo se confrontato con quello prodotto dalle altre fonti convenzionali (carbone, olio combustibile e gas naturale).

Il costo dell'Energia Elettrica

country	nuclear	coal	gas
Finland	2.76	3.64	-
France	2.54	3.33	3.92
Germany	2.86	3.52	4.90
Switzerland	2.88	-	4.36
Netherlands	3.58	-	6.04
Czech Rep	2.30	2.94	4.97
Slovakia	3.13	4.78	5.59
Romania	3.06	4.55	-
Japan	4.80	4.95	5.21
Korea	2.34	2.16	4.65
USA	3.01	2.71	4.67
Canada	2.60	3.11	4.00

US 2003 cents/kWh, Discount rate 5%, 40 year lifetime, 85% load factor.
 Source: OECD/IEA NEA 2005.

Il costo dell'Energia Elettrica



Voci di Costo della fonte Nucleare	Valore cent €/kWh (*)	%
Investimento Capitale (**)	1.27	40
Approvvigionamento e fabbricazione combustibile	0.42	14
Esercizio e Manutenzione (O&M)	1.11	35
Gestione delle scorie (***)	0.16	5
Smantellamento Impianto (****)	0.19	6
TOTALE costo di produzione	3.15	100

Calcolo sulla base dei dati ricavati da Fonte OECD/IEA NEA 2005

(*) Cambio 1 € = 1.15 \$

(**) Tasso 5% annuo – ammortamento in 30 anni – Investimento iniziale 1,5 MLD €

(***) 5% del costo di produzione del kWh

(****) 15% del costo capitale iniziale

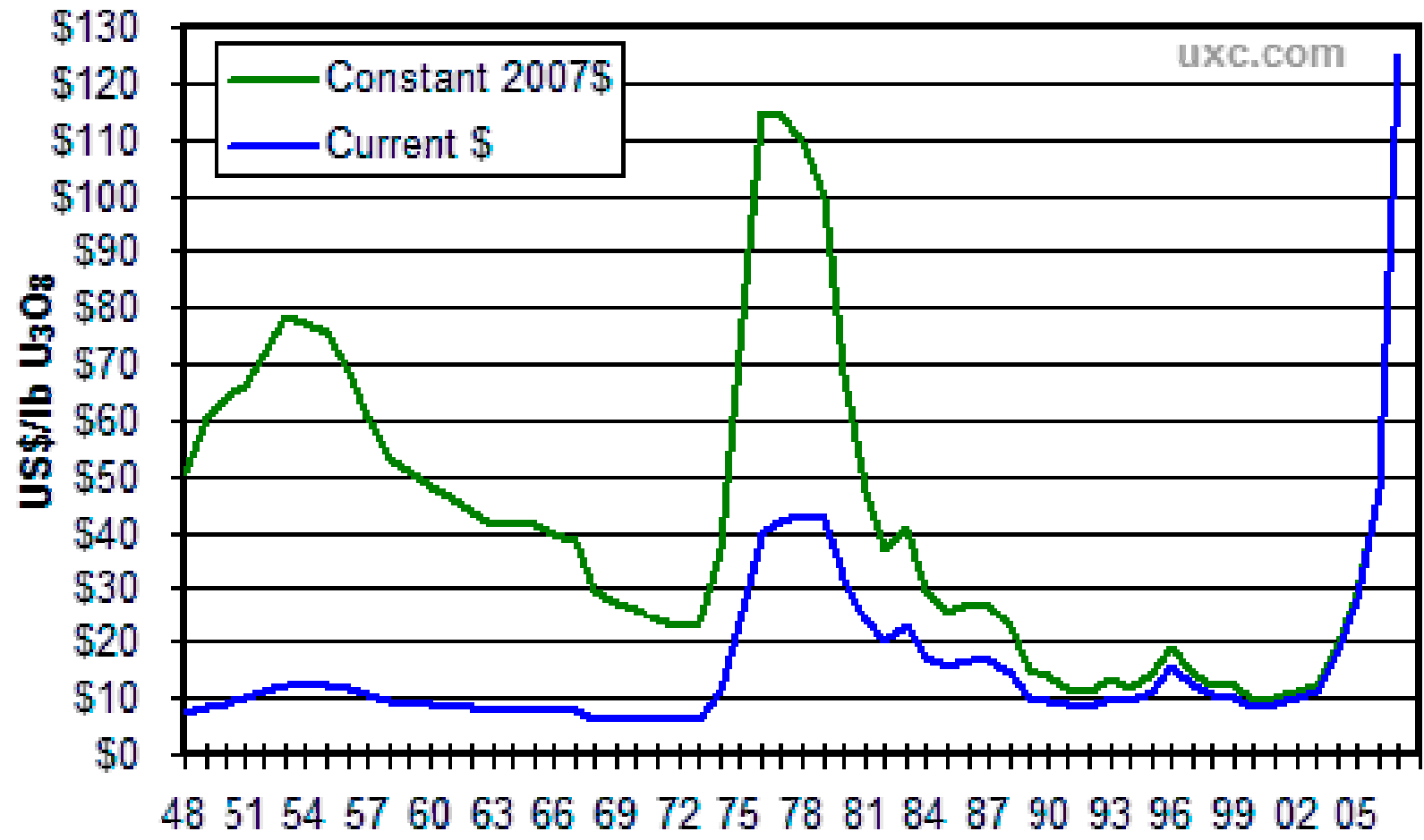
Il costo dell'Energia Elettrica

Fase di Produzione del combustibile nucleare		Costo Totale	%
Acquisto U_3O_8	8 kg x \$90.20	US\$ 722	44
Conversione	7 kg U x \$12	US\$ 85	5
Arricchimento	4.8 SWU x \$122	US\$ 586	36
Fabbricazione	per kg	US\$ 240	15
TOTALE per kg di combustibile:		US\$ 1633	100

FONTE WNA 01.2006 (1 kg di U_3O_2 ~ 315,000 kWh)

- Se l'uranio grezzo costasse 1000 \$/kg il kilowattora nucleare sarebbe ancora competitivo!
- Questo perchè il costo dell'uranio grezzo incide solo per il 4% - 6 % sul costo finale del kilowattora da fonte nucleare.
- Se il costo dell'uranio grezzo raddoppiasse il prezzo del kilowattora aumenterebbe solo del 4% - 6 %; un analogo aumento del prezzo del gas comporterebbe un aggravio di costo del kilowattora del 50 - 60 %.

Il costo dell' Energia Elettrica



Source: 48-68 US/AEC, 69-86 Mexico EV, 87-Present U₃O₈ Price

1 US\$/lb of U₃O₈ = 2.6 US\$/kg of U; 1 ton U = 1.18 ton U₃O₈

Il Sistema ITALIA



- L'Italia importa l'84,6% del suo fabbisogno energetico globale (~190 Mtep) e l'84,7% del fabbisogno di energia elettrica (~330 TWh) che è così coperto (*dati società TERNA 2004*): 37.3% gas naturale, 16.4% fonti rinnovabili (di cui 14.3% idroelettrico, 1.6% geotermoelettrico, 0.5% eolico e solare), 13.6% derivati petroliferi, 13.0% carbone, 13.1% importazione diretta di energia elettrica (principalmente dalla Francia dove ben 6 centrali nucleari delle dimensioni dell'impianto di Caorso lavorano per noi), 6.6% "altri combustibili" (1.6% biomasse e rifiuti).

- Risultato: per produrre energia elettrica l'Italia brucia più petrolio di qualunque altro Paese europeo e il costo di produzione del nostro kilowattora risulta il più caro d'Europa (circa 5,7 centesimi di euro), il 60% sopra la media europea, il doppio della Francia e il triplo della Svezia.

Il Sistema ITALIA

Producers, Exporters and Importers of Crude Oil

Producers	Mt	% of World total
Saudi Arabia	507	12.9
Russia	477	12.1
United States	310	7.9
Islamic Rep. of Iran	216	5.5
People's Rep. of China	184	4.7
Mexico	183	4.6
Canada	151	3.8
Venezuela	151	3.8
Kuwait	139	3.5
United Arab Emirates	134	3.4
Rest of the World	1 484	37.8
World	3 936	100.0

2006 data

Exporters	Mt
Saudi Arabia	364
Russia	253
Islamic Rep. of Iran	132
Nigeria	119
Norway	115
Mexico	100
Venezuela	97
United Arab Emirates	97
Kuwait	84
Canada	84
Rest of the World	733
World	2 178

2005 data

Importers	Mt
United States	582
Japan	213
People's Rep. of China	127
Korea	115
Germany	112
India	99
Italy	95
France	84
Netherlands	62
Spain	60
Rest of the World	709
World	2 258

2005 data

4.2%

Il Sistema ITALIA

Producers, Exporters and Importers* of Natural Gas

Producers	Mm ³	% of World total
Russia	656 290	22.0
United States	524 368	17.6
Canada	189 179	6.4
Islamic Rep. of Iran	98 123	3.3
Norway	91 834	3.1
Algeria	88 785	3.0
United Kingdom	83 821	2.8
Netherlands	77 295	2.6
Indonesia	72 096	2.4
Turkmenistan	67 052	2.3
Rest of the World	1 027 709	34.5
World	2 976 552	100.0

2006 data

Exporters	Mm ³
Russia	202 844
Canada	102 102
Norway	86 169
Algeria	64 363
Netherlands	54 660
Turkmenistan	50 000
Indonesia	34 865
Malaysia	31 230
Qatar	31 224
United States	20 521
Rest of the World	206 516
World	884 494

2006 data

Importers	Mm ³
United States	1 118 569
Germany	93 730
Japan	88 633
Italy	77 399
Ukraine	50 221
France	45 278
Spain	34 409
Korea	32 981
Turkey	30 219
Netherlands	25 175
Rest of the World	276 378
World	872 992

2006 data

8.87%

Il Sistema ITALIA

Producers, Exporters and Importers of Coal

Producers	Hard Coal (Mt)	Brown Coal (Mt)
People's Rep. of China	2 481	*
United States	990	76
India	427	30
Australia	309	71
South Africa	244	0
Russia	233	76
Indonesia	169	0
Poland	95	61
Kazakhstan	92	5
Colombia	64	0
Rest of the World	266	595
World	5 370	914

2006 data

Exporters	Hard Coal (Mt)
Australia	231
Indonesia	129
Russia	92
South Africa	69
People's Rep. of China	63
Colombia	60
United States	45
Canada	27
Kazakhstan	26
Vietnam	22
Rest of the World	51
World	815

2006 data

Importers	Hard Coal (Mt)
Japan	178
Korea	80
Chinese Taipei	64
United Kingdom	51
Germany	41
India	41
People's Rep. of China	37
United States	33
Russia	26
Italy	25
Rest of the World	243
World	819

2006 data

3.05%

Il Sistema ITALIA

Electricity Production from Fossil Fuels

Oil	TWh
Japan	146
United States	141
Saudi Arabia	90
Mexico	69
People's Rep. of China	61
Italy	47
Indonesia	41
Kuwait	36
Iraq	33
Islamic Rep. of Iran	33
Rest of the World	504
World	1 201

2005 data

Coal	TWh
United States	2 154
People's Rep. of China	1 972
India	480
Japan	309
Germany	305
South Africa	229
Australia	201
Russia	166
Korea	149
Poland	145
Rest of the World	1 241
World	7 351

2005 data

Gas	TWh
United States	783
Russia	439
Japan	231
United Kingdom	153
Italy	149
Islamic Rep. of Iran	132
Thailand	94
Saudi Arabia	86
Mexico	85
Egypt	81
Rest of the World	1 364
World	3 597

2005 data

4.14%

3.91%

- Nello Scenario di Riferimento (RF) della *IEA (World Energy Outlook 2007)* la domanda mondiale di petrolio dagli **84 milioni di barili al giorno del 2005** raggiungerà i **99 milioni di barili al giorno nel 2015** e i **116 milioni nel 2030 (+38%)**

Il Sistema ITALIA

Tabella 4 - Previsione della domanda in energia elettrica nelle aree geografiche

	Scenario di sviluppo			2005-2016
	2005	2010	2016	
	(TWh)	(TWh)	(TWh)	t.m.a. %
<i>Nord</i>	180.5	202.9	229.1	2.2
<i>Centro</i>	60.4	67.0	77.2	2.3
<i>Sud</i>	55.6	61.3	70.9	2.2
<i>Isole</i>	34.0	38.1	42.9	2.1
ITALIA	330.4	369.3	420.0	2.2

+27%

Nord: Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Emilia Romagna

Centro: Toscana, Umbria, Marche, Lazio

Sud: Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria

Isole: Sicilia, Sardegna

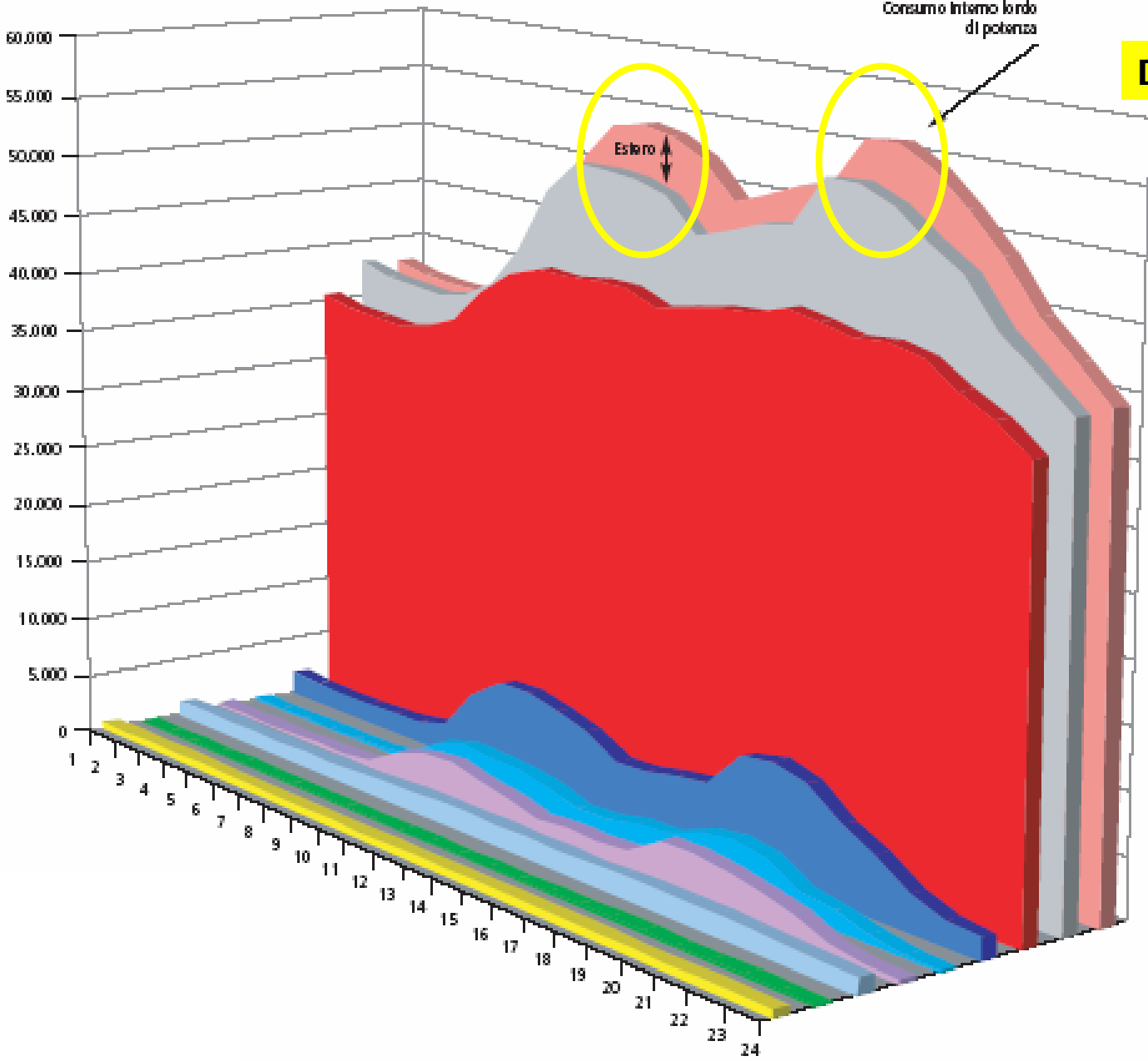
Tabella 7- Fabbisogno in potenza 2006 – 2015

+26%

MW	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2016
	Inverno						Estate
ITALIA CONTINENTALE	61 900	63 400	65 000	66 600	68 300	70 000	78 000
SICILIA	5 100	5 200	5 400	5 500	5 600	5 800	6 500
SARDEGNA	3 500	3 600	3 700	3 800	3 900	4 000	4 500

Dati TERNA s.p.a. 2006

MW



Dati Terna s.p.a. 2006

Potenza elettrica
lorda richiesta
giornaliera
(dicembre 2005)

- Geotermica
- Eolica
- Fluente
- Bacino
- Serbatoio
- Idrica
- Termica
- Totale
- Consumo interno lordo

Il Sistema ITALIA

Producers, Exporters and Importers of Electricity

* Gross production minus production from pumped storage plants.

** Total exports and total imports (including transit).

Producers*	TW/h	% of World total
United States	4 268	23.4
People's Rep. of China	2 497	13.7
Japan	1 094	6.0
Russia	951	5.2
India	699	3.8
Canada	628	3.4
Germany	613	3.4
France	571	3.1
Brazil	403	2.2
United Kingdom	398	2.2
Rest of the World	6 113	33.6
World	18 235	100.0

2005 data

Exporters**	TW/h
France	68
Germany	61
Paraguay	44
Canada	44
Switzerland	32
Czech Republic	25
Russia	23
Sweden	22
United States	20
Austria	18
Rest of the World	270
World	627

2005 data

Importers**	TW/h
Germany	57
Italy	50
United States	45
Brazil	39
Switzerland	38
Netherlands	24
Austria	20
Canada	20
Finland	18
Hungary	16
Rest of the World	285
World	612

2005 data

8.17%

- Secondo il *Rapporto Annuale Energia e Ambiente 2005* dell'ENEA, solamente per quanto riguarda il settore energetico, dal 1990 al 2003 le emissioni annue di CO₂ equivalente in Italia sono aumentate di 54 milioni di ton, ossia, del +13.4%. Nel 2004 l'Italia ha riversato nell'ambiente complessivamente 583 milioni di ton di CO₂ equivalente, ben 96 milioni di ton in eccedenza rispetto a quanto previsto dall'applicazione del Protocollo di Kyoto.

- Si stima che, in assenza di immediati interventi correttivi, per poter ottemperare all'impegno di tagliare le emissioni di gas serra (biossido di carbonio, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi e esafluoro di zolfo) del 6,5% rispetto ai livelli del 1990, **l'Italia dovrà ridurre nel 2012 le emissioni di CO₂ equivalente di circa 129 milioni di tonnellate/anno, ossia di ~ 21%!**

- Sulla base delle valutazioni della Banca Mondiale, il raggiungimento di tale obiettivo costerà al nostro Paese diverse decine di miliardi di euro. Per confronto è bene notare che, grazie alle sue 59 centrali nucleari, la Francia evita di rilasciare nell'ambiente ogni anno ben 430 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente e che, proprio per questo motivo, il costo che dovrà sostenere per l'applicazione del Protocollo di Kyoto sarà decine di volte inferiore a quello che dovrà sostenere l'Italia.

- Supponiamo di installare in Italia nei prossimi anni **10 GWe** di impianti eolici (~ 14% della potenza elettrica totale installata) con una spesa di circa **11 MLD €**.
- In questo modo potremmo produrre circa 15 TWh di energia elettrica da fonte eolica, pari a **4,5%** del **fabbisogno** nazionale di energia elettrica riducendo il **consumo di combustibile fossile** del **7%** per la produzione di energia elettrica e di poco più del **2%** per la produzione di energia totale
- In questo modo potremmo ridurre **l'emissione di CO₂** in atmosfera di circa 15 milioni di ton equivalenti, ossia **del 2,6%**.

- Se lo stesso investimento fosse utilizzato per la costruzione di **4 impianti nucleari** da 1600 MWe potremmo ridurre il **consumo di combustibile fossile** del **24%** e le **emissioni di CO₂** in atmosfera di circa 50 milioni di ton equivalenti (ossia del **8,6%**) producendo il **15%** del fabbisogno nazionale di **energia elettrica (50 TWh)** a un **terzo del costo!**
- Con la costruzione di **10 impianti nucleari** da 1600 MWe (30 MLD €), l'Italia sarebbe in grado di **soddisfare il protocollo di Kyoto!**

- Il **Giappone** è uno Stato povero di materie prime simile all'Italia che soddisfa il suo fabbisogno di **energia primaria** con (*Fonte IEA 2005*):

Carbone **21.1%**

Oil **47.4%**

Nucleare **15.0%**

Gas Naturale **13.3%**

Idroelettrico **1.3%**

Combustibili rinnovabili & Waste **1.2%**

Geotermico, Eolico, Solare **0.7%**

Il Sistema GIAPPONE



- Il Giappone soddisfa il fabbisogno di energia elettrica con (*Fonte IEA 2005*):

Carbone 28.1%

Nucleare 27.6 %

Gas Naturale 21.0%

Oil 13.2%

Idroelettrico 7.8%

Combustibili rinnovabili & Waste 1.8%

Geotermico 0.3%

Eolico 0.2%

CONCLUSIONE

- L'energia nucleare da fissione è attualmente l'unica fonte disponibile che è contemporaneamente abbondante, economicamente ed energeticamente conveniente ed eco-compatibile (in particolare per quanto riguarda l'effetto serra)
- I reattori di nuova generazione, alcuni dei quali sono già in fase di costruzione (GEN III), sono caratterizzati da livelli di sicurezza più elevati, da una migliore capacità di gestione delle scorie e del combustibile e da una maggior economicità
- Almeno per i prossimi 100 anni l'energia nucleare sarà una fonte energetica indispensabile e, probabilmente, lo sarà per molto più a lungo

CONCLUSIONE

- A livello mondiale tale prospettiva è ampiamente condivisa: dimostrazione ne è la ripresa massiccia della costruzione di nuovi impianti nucleari di potenza e l'intensa attività di ricerca e sviluppo nell'ambito degli impianti di nuova generazione.
- In questo panorama internazionale l'Italia ha mostrato un timido cambiamento di rotta:
 - l'ENEL ha acquistato il 66% della Slovenske Elektrarne, ex società energetica di stato della Slovacchia che possiede due reattori nucleari in esercizio
 - Sempre l'ENEL, ha siglato un'importante accordo con la francese EDF per partecipare al programma per la realizzazione del nuovo reattore nucleare EPR (12% di partecipazione)

CONCLUSIONE

- Queste iniziative sono certamente un passo avanti rispetto al passato ma **non sono minimamente sufficienti.**
- Infatti, se si vorrà **garantire all'Italia un futuro competitivo e agli Italiani una elevata qualità della vita** sarà necessario predisporre **un serio Piano Energetico Nazionale** che non potrà certamente prescindere dall'impiego dell'energia nucleare.
- Per sostenere tale nuova politica energetica sarà necessario anche un **progetto di rilancio della cultura nucleare in Italia** nel quale **le Università italiane** avranno il ruolo (e il dovere) fondamentale di preservare e promuovere la **cultura scientifica nucleare** e di garantire una **formazione tecnica adeguata** a coloro che saranno chiamati a gestire tale sistema produttivo in Italia.

CONCLUSIONE



- Tenendo presente che, data la situazione, la domanda alla quale siamo chiamati a rispondere non è **SE** l'Italia dovrà realizzare nuovi impianti nucleari, ma **QUANDO?**
- ... e prima sarà ... meglio sarà!



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Le Scorie „Convenzionali“



- Nonostante gli avanzati sistemi di abbattimento, anche le **polveri rilasciate** in atmosfera sono tutt'altro che trascurabili: **100 ton all'anno per le centrali a gas**, **1.300 ton all'anno per quelle a carbone** e **1.600 ton all'anno per le centrali a olio combustibile**.
- Vale anche la pena ricordare che una **centrale a carbone da 1.000 MWe** rilascia in atmosfera **ogni anno**, sotto forma di polveri che ricadono nelle immediate vicinanze dell'impianto, **da 13 a 39 chili di uranio** e **da 32 a 96 chili di torio**

Una centrale elettronucleare da **1000 MW elettrici** (in grado di soddisfare il fabbisogno energetico di circa un milione di persone) produce ogni anno circa **100 metri cubi** (equivalenti al volume di una stanza quadrata di 5 metri di lato e 4 metri di altezza) di rifiuti solidi e liquidi così ripartiti:

- **3 m³ di rifiuti a alta attività**
- **7 m³ di rifiuti a media attività**
- **90 m³ di rifiuti a bassa attività**

Le SCORIE nucleari si possono suddividere in tre categorie:

- **Low-level Wastes (LLW):** Comprendono carta, oggetti vari, vestiti, filtri, etc. che contengono piccoli quantitativi di radioisotopi prevalentemente a breve vita media. Non richiedono schermature per la manipolazione né per il trasporto e possono essere collocate in depositi superficiali senza problemi. Spesso, per ridurre il volume, vengono compattate o incenerite prima di essere collocate nei depositi. Rappresentano il 90% del volume totale delle scorie ma solamente il 1% di inventario di radioattività.
- **Intermediate-level Wastes (ILW):** Contengono un maggior quantitativo di radioattività ed alcune richiedono di essere schermate. Comprendono tipicamente resine, fanghi, camicie del combustibile, materiali e componenti contaminati che provengono dall'impianto. Gli oggetti più piccoli e i materiali non-solidi possono essere inglobati nel cemento o nel bitume prima di essere collocati nei depositi. Rappresentano il 7% del volume totale delle scorie e il 4% di inventario di radioattività
- **High-level Wastes (HLW):** Derivano dall'impiego del combustibile nucleare. Contengono prodotti di fissione e elementi transuranici generati durante il funzionamento dell'impianto. Sono altamente radioattive e calde, quindi necessitano di pesanti schermature e di sistemi di raffreddamento. Possono essere considerate le "ceneri" del bruciamento del combustibile nucleare. Rappresentano il 3% del volume totale delle scorie ma ben il 95% di inventario di radioattività

Le Scorie Nucleari



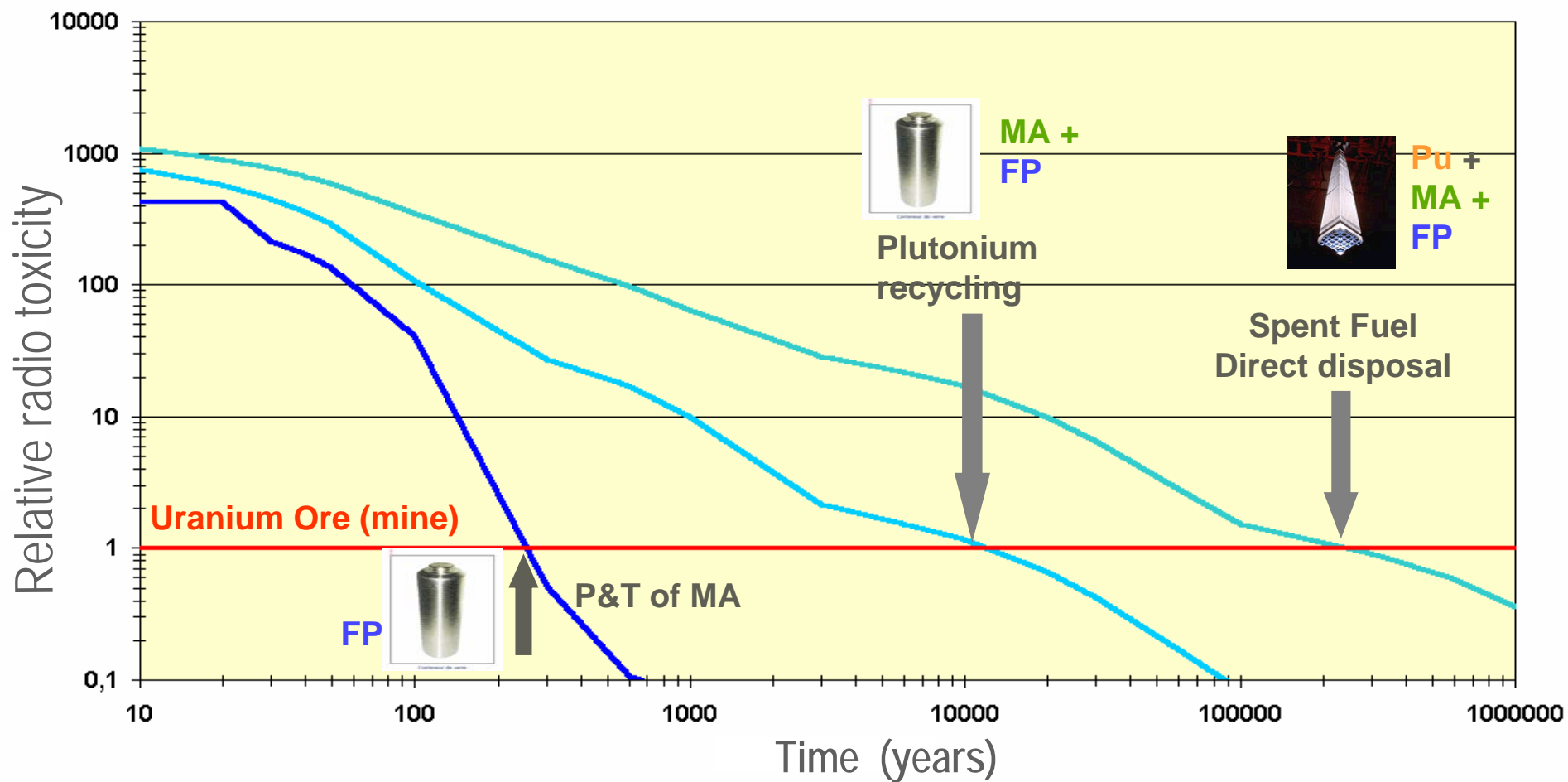
- I **rifiuti a media e bassa attività** sono confezionati in fusti in acciaio e temporaneamente stoccati in depositi di superficie presso l'impianto o inceneriti in appositi impianti di trattamento.
- I **rifiuti ad alta attività** sono condizionati mediante cementazione, vetrificazione, ceramizzazione, ed altri processi di trattamento e sono custoditi temporaneamente in depositi localizzati presso gli impianti (**Interim Site Repository**) in attesa di essere trasferiti nei **depositi per lunga giacenza** (2.4 ha per un impianto PWR). In queste condizioni di deposito, il materiale all'interno dei fusti non è suscettibile di essere vaporizzato o diffuso su vaste estensioni.

Le Scorie Nucleari

- I depositi “definitivi”, verranno costruiti all’interno di formazioni geologiche particolarmente stabili quali formazioni saline o di rocce granitiche
- Negli USA esistono già due depositi definitivi: quello di Carlsbad, nel New Mexico, e quello di Savannah River, nella Carolina del Sud, che ospitano all’interno di una formazione salina scorie nucleari militari. Sempre gli USA stanno iniziando la costruzione di un altro deposito definitivo a Yucca Mountain, nel Nevada
- Il Belgio, la Finlandia, la Svizzera, la Svezia, il Canada e il Giappone stanno approntando depositi definitivi. La Francia, nella regione della Meuse, a 445 metri di profondità, sta scavando gallerie sperimentali in una formazione di argille stabile da 155 milioni di anni.

- La localizzazione delle scorie in tali depositi, congiuntamente alla realizzazione di adeguati contenitori, può garantire il confinamento per tempi molto lunghi senza rischi significativi per l'ambiente e per la salute delle popolazioni.
- il confinamento delle scorie nucleari è una attività certamente migliorabile ma già oggi tecnicamente gestibile e i depositi in costruzione nel mondo dimostrano che con una adeguata informazione della popolazione tale soluzione risulta accettabile anche da un punto di vista sociale.
- Le nuove tecnologie per il riprocessamento (o riciclaggio) del combustibile nucleare esausto e l'impiego futuro di reattori autofertilizzanti con ciclo del combustibile chiuso e di sistemi di bruciamento delle scorie contribuiranno in maniera determinante ad ottimizzare la gestione dei rifiuti nucleari ad alta attività e a migliorare l'accettabilità sociale della produzione di energia elettrica da fonte nucleare.

Le Scorie Nucleari



Gli Incidenti Nucleari

- In 50 anni di storia e in 12.000 anni cumulativi di esercizio si sono verificati solamente 2 incidenti importanti in impianti nucleari ad uso civile per la produzione di energia elettrica:
 - Three Miles Island (USA 1979) livello INES 5
 - Chernobyl (UKR 1986) livello INES 7
- Grazie alla presenza del contenitore esterno, qualunque tipologia di incidente nucleare in una moderna centrale occidentale già oggi non può superare il livello 5 della scala INES (parziale attivazione delle misure protettive di emergenza).
- Nel caso dell'EPR non viene superato il livello 4 (incidente senza rischi esterni al sito). Quindi, nel caso dell'EPR nessun incidente può comportare conseguenze rilevanti né per la salute delle popolazioni residenti nell'intorno del sito né per l'ambiente.

Gli Incidenti Nucleari

Nel 2006 è stato pubblicato dall'WHO (Organizzazione Mondiale della Sanità) il rapporto *"Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Healthcare Programmes"*. Il Rapporto stabilisce che allo stato attuale delle conoscenze la valutazione delle conseguenze dell'incidente di Chernobyl è la seguente:

Among the 134 emergency workers involved in the immediate mitigation of the Chernobyl accident, severely exposed workers and fireman during the first days, 28 persons died in 1986 due to ARS, and 19 more persons died in 1987-2004 from different causes. Among the general population affected by the Chernobyl radioactive fallout, the much lower exposures meant that ARS cases did not occur.

Epidemiological studies of residents of areas contaminated with radionuclides in Belarus, Russia and Ukraine performed since 1986, so far have not revealed any strong evidence for radiation-induced increase in general population mortality, and in particular, for fatalities caused by leukaemia, solid cancers (other than thyroid), and non-cancer diseases.

FONTE WHO 2006

Gli Incidenti Nucleari

Table 5. Number of cases of thyroid cancer diagnosed between 1986 and 2002 by country and age at exposure

Age at exposure (yr)	No of Cases			
	Belarus ¹	Russian Federation ²	Ukraine ³	Total
0-14	1 711	349	1 762	3 822
15-17	299	134	582	1015
Total	2 010	483	2 344	4 837

¹ Cancer Registry of Belarus, 2006

² Cancer subregistry of the Russian National Medical and Dosimetric Registry, 2006 (for the 4 most contaminated regions)

³ Cancer Registry of Ukraine, 2006

From more than 4000 thyroid cancers in children and adolescents (0–18 years) diagnosed in 1992-2002 in Belarus, Russia and Ukraine, less than 1% of patients have died from this disease, and the rest were treated successfully.

FONTE WHO 2006

Gli Incidenti Nucleari



The Expert Group has seen no evidence indicating that there is decreased fertility among males or females in the general population as a direct result of radiation exposure. Based on the scientific literature such effects would not be expected at the low dose levels of the general population.

No discernable increase in hereditary effects was expected based on the low induction rates estimated by UNSCEAR in 2001 and in previous reports of Chernobyl health effects. Since 2000, there has been no evidence provided to the Expert Group to change this conclusion.

While reported congenital malformations rose until about 1994, there is no evidence of a difference between low-level or high-level contaminated areas. This is consistent with other scientific literature indicating a likely threshold for congenital malformations at or above fetal dose levels of 100 mSv.

FONTE WHO 2006

Gli Incidenti Nucleari

Decessi POTENZIALI in 95 anni

Table 12. Predictions of background and excess deaths from solid cancers and leukaemia in populations exposed as a result of the Chernobyl accident (Cardis et al., 1996).

Population	Population size/average dose	Cancer type	Period	Background number of cancer deaths		Predicted excess cancer deaths		
				Number	Percent	Number	Percent	AF ^a (%)
Liquidators, 1986-1987	200,000 100 mSv	Solid cancers	Lifetime (95 y)	41,500	21	2,000	1	5
		Leukaemia	Lifetime (95 y)	800	0.4	200	0.1	20
			First 10 years	40	0.02	150	0.08	79
Evacuees from 30 km zone	135,000 10 mSv	Solid cancers	Lifetime (95 y)	21,500	16	150	0.1	0.1
		Leukaemia	Lifetime (95 y)	500	0.3	10	0.01	2
			First 10 years	65	0.05	5	0.004	7
Residents of SCZs	270,000 50 mSv	Solid cancers	Lifetime (95 y)	43,500	16	1,500	0.5	3
		Leukaemia	Lifetime (95 y)	1,000	0.3	100	0.04	9
			First 10 years	130	0.05	60	0.02	32
Residents of other "contaminated" areas	6,800,000 7mSv	Solid cancers	Lifetime (95 y)	800,000	16	4,600	0.05	0.6
		Leukaemia	Lifetime (95 y)	24,000	0.03	370	0.01	1.5
			First 10 years	3,300	0.05	190	0.003	5.5

~ 933,000 ~ 9,000 < +1%

^a AF: attributable fraction = (excess deaths/total death from the same cause) x 100

- Fondo naturale** in diverse zone del mondo:
- Graniti di Bretagna : 5,2 mSv/an
 - Graniti di Finlandia : 7,4 mSv/an
 - Spiagge di Rio de Janeiro : 6 mSv/an
 - Sabbie di Kerala (India) : 15 mSv/an
 - Graniti di Ceylan : 30 mSv/an
 - Un volo transatlantico : 0,1 mSv

FONTE WHO 2006

Gli Incidenti per la produzione di Energia

Incidenti non-nucleari collegati all'industria di produzione dell'energia elettrica

Place	year	number killed	comments
Machhu II, India	1979	2500	hydro-electric dam failure
Hirakud, India	1980	1000	hydro-electric dam failure
Ortuella, Spain	1980	70	gas explosion
Donbass, Ukraine	1980	68	coal mine methane explosion
Israel	1982	89	gas explosion
Guavio, Colombia	1983	160	hydro-electric dam failure
Nile R, Egypt	1983	317	LPG explosion
Cubatao, Brazil	1984	508	oil fire
Mexico City	1984	498	LPG explosion
Tbilisi, Russia	1984	100	gas explosion
northern Taiwan	1984	314	3 coal mine accidents
Piper Alpha, North Sea	1988	167	explosion of offshore oil platform
Asha-ufa, Siberia	1989	600	LPG pipeline leak and fire
Dobrnja, Yugoslavia	1990	178	coal mine
Hongton, Shanxi, China	1991	147	coal mine
Belci, Romania	1991	116	hydro-electric dam failure
Kozlu, Turkey	1992	272	coal mine methane explosion
Cuenca, Ecuador	1993	200	coal mine

Gli Incidenti per la produzione di Energia



Place	year	number killed	comments
Durunkha, Egypt	1994	580	fuel depot hit by lightning
Seoul, S.Korea	1994	500	oil fire
Minanao, Philippines	1994	90	coal mine
Dhanbad, India	1995	70	coal mine
Taegu, S.Korea	1995	100	oil & gas explosion
Spitsbergen, Russia	1996	141	coal mine
Henan, China	1996	84	coal mine methane explosion
Datong, China	1996	114	coal mine methane explosion
Henan, China	1997	89	coal mine methane explosion
Fushun, China	1997	68	coal mine methane explosion
Kuzbass, Russia/Siberia	1997	67	coal mine methane explosion
Huainan, China	1997	89	coal mine methane explosion
Huainan, China	1997	45	coal mine methane explosion
Guizhou, China	1997	43	coal mine methane explosion
Donbass, Ukraine	1998	63	coal mine methane explosion
Liaoning, China	1998	71	coal mine methane explosion
Warri, Nigeria	1998	500+	oil pipeline leak and fire
Donbass, Ukraine	1999	50+	coal mine methane explosion
Donbass, Ukraine	2000	80	coal mine methane explosion
Shanxi, China	2000	40	coal mine methane explosion
Guizhou, China	2000	150	coal mine methane explosion
Shanxi, China	2001	38	coal mine methane explosion
Sichuan, China	2002	23	coal mine methane explosion
Jixi, China	2002	115	coal mine methane explosion
Gaoqiao, SW China	2003	234	gas well blowout with H ₂ S
Kuzbass, Russia	2004	44	coal mine methane explosion

Gli Incidenti per la produzione di Energia



- In Cina, nel 2000 sono deceduti 5300 minatori nelle miniere di carbone; nel 2001 i decessi sono stati 5670!
- A seguito degli incidenti alle petroliere, ogni anno, a ridosso delle coste, vengono riversati in mare circa 270.000 barili di petrolio!

I cinque incidenti più importanti:

- Ixtoc-I oil Well, Gulf of Mexico, 1979: 500,000 tons
- Atlantic Express, Caribbean, 1979 : 300,000 tons
- Castillo de Beliver, South Africa, 1983: 250,000 tons
- Amoco Cadiz, coast of NW France, 1978: 223,000 tons
- Torrey Canyon, coast of SW Englan, 1967: 119,000 tons