

NUCLEARE: SERVE? CONVIENE?

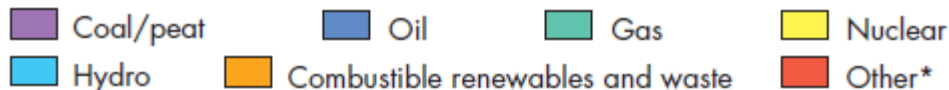
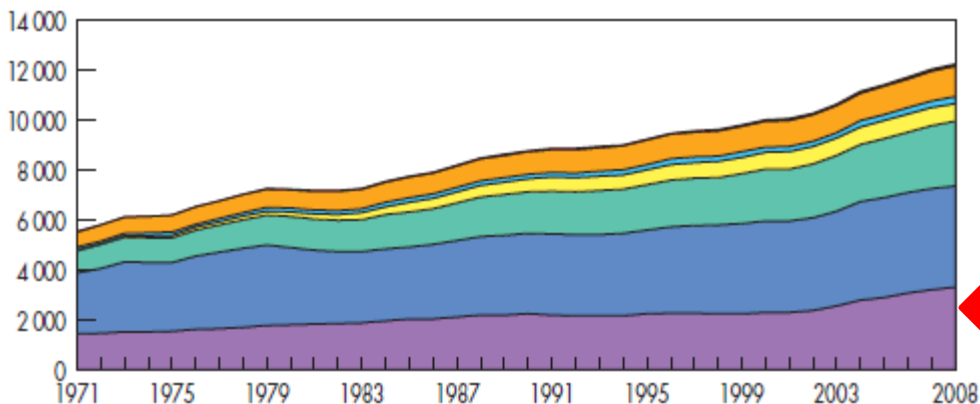


- ❑ **Scenario energetico**
- ❑ **Radioattività e storia nucleare**
- ❑ **Reattori e ciclo dell'uranio**
- ❑ **Natura delle scorie**
- ❑ **Critica alle ragioni dei sostenitori**
- ❑ **Alternative e prospettive**

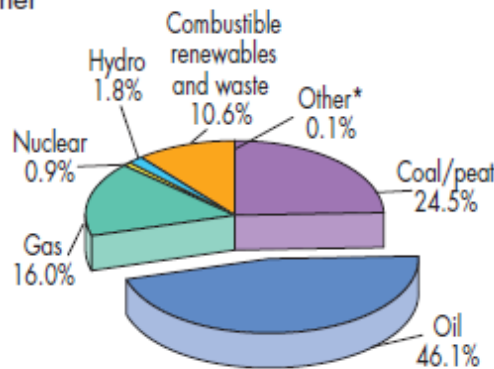


PRODUZIONE MONDIALE DI ENERGIA PRIMARIA

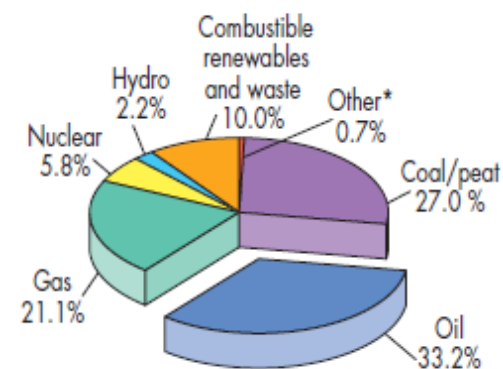
Evolution from 1971 to 2008 of world total primary energy supply by fuel (Mtoe)



3.9 miliardi di persone 1973 6.7 2008



6 115 Mtoe



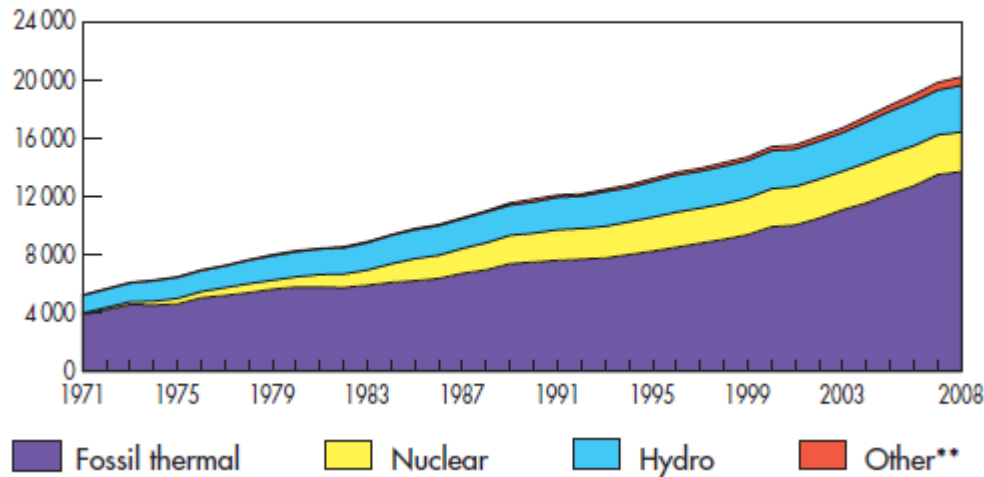
12 267 Mtoe

fonte IEA 2010
Mtoe = Million tonnes oil equivalent

*Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

GENERAZIONE MONDIALE DI ELETTRICITA'

Evolution from 1971 to 2008 of world electricity generation* by fuel (TWh)

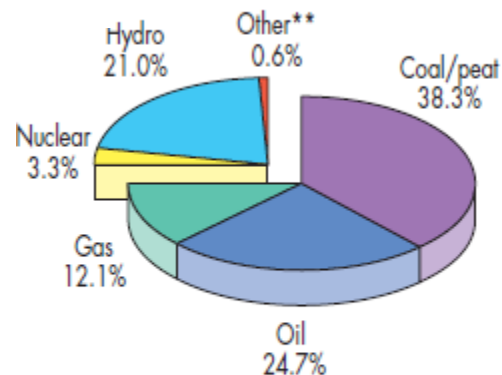


In 35 anni:

1. La produzione di energia primaria è duplicata (100%)
2. La produzione di energia elettrica è triplicata (150%)
3. La popolazione è cresciuta del 72%
4. L'energia elettrica è il 14% della primaria

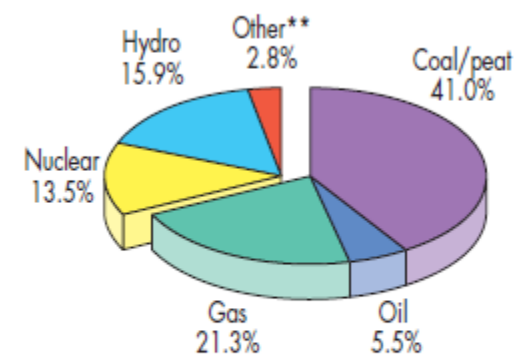
3.9 miliardi di persone 6.7

1973



6 116 TWh

2008



20 181 TWh

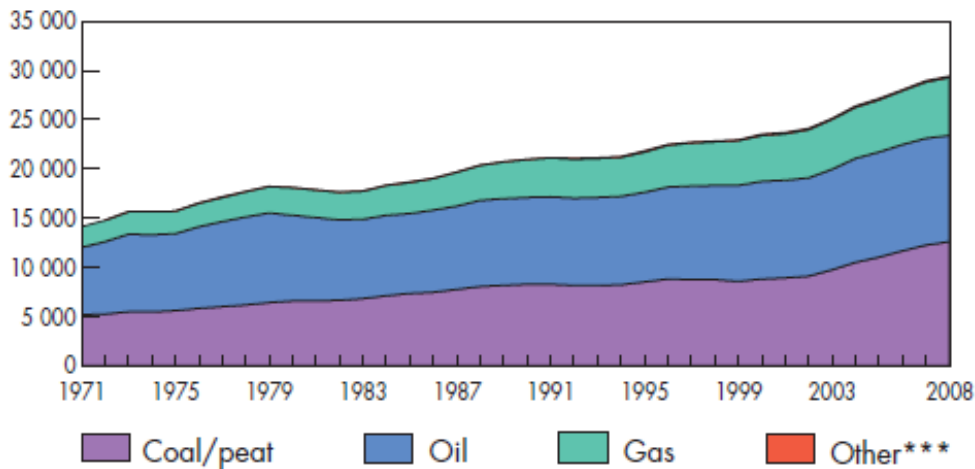
*Excludes pumped storage.

**Other includes geothermal, solar, wind, combustible renewables and waste, and heat.

fonte IEA 2010
20181 TWh=1735 Mtoe

EMISSIONI CO2 PER FONTE PRIMARIA

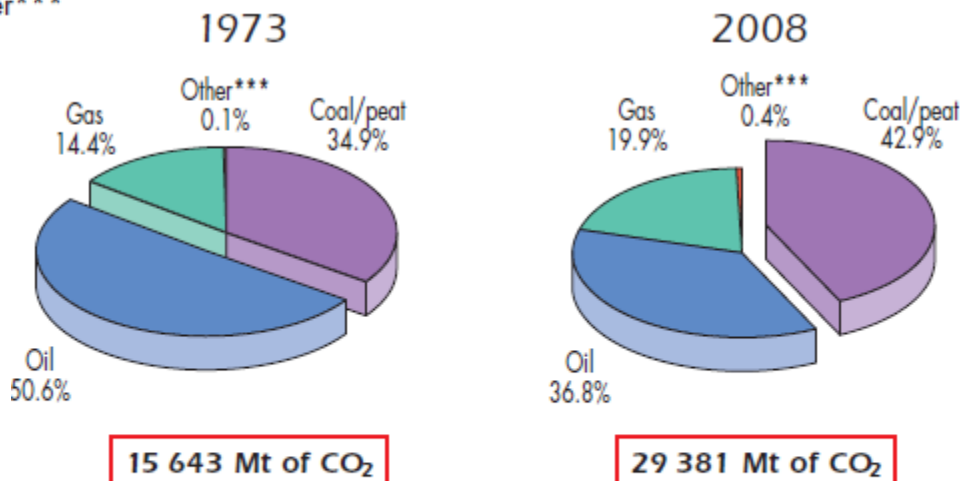
Evolution from 1971 to 2008 of world* CO₂ emissions** by fuel (Mt of CO₂)



In 35 anni:

1. Le emissioni di CO₂ sono aumentate del 88%
2. La popolazione è cresciuta del 72%

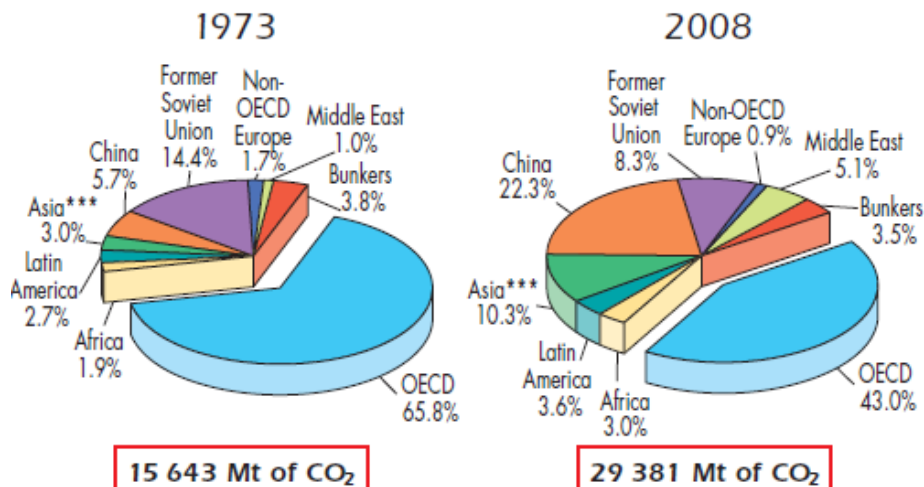
3.9 miliardi di persone 6.7



fonte IEA 2010

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

EMISSIONI CO2 PER REGIONE E PER FONTE

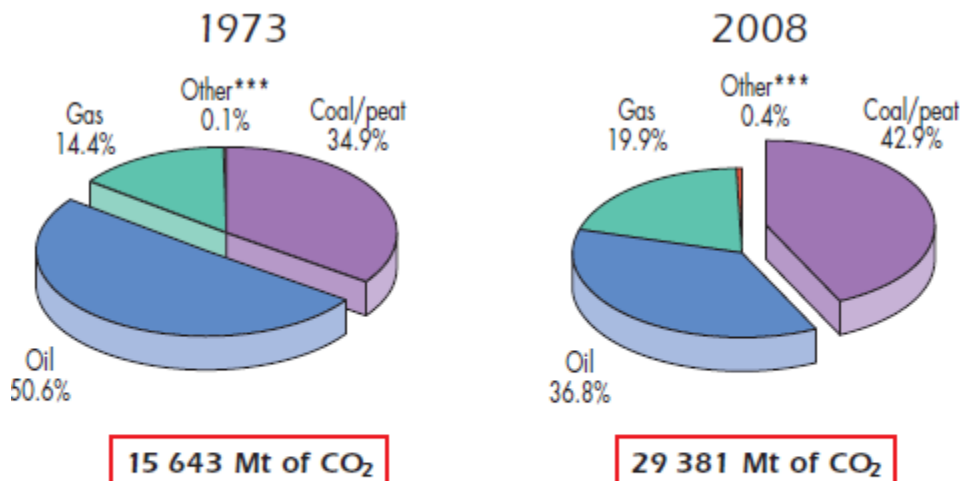


*World includes international aviation and international marine bunkers, which are shown together as Bunkers. **Calculated using the IEA's energy balances and the Revised 1996 IPCC Guidelines. CO₂ emissions are from fuel combustion only. ***Asia excludes China.

In 35 anni:

1. Le emissioni di CO₂ sono aumentate del 88%
2. La popolazione è cresciuta del 72%
3. I consumi paesi non OECD sono saliti rapidamente

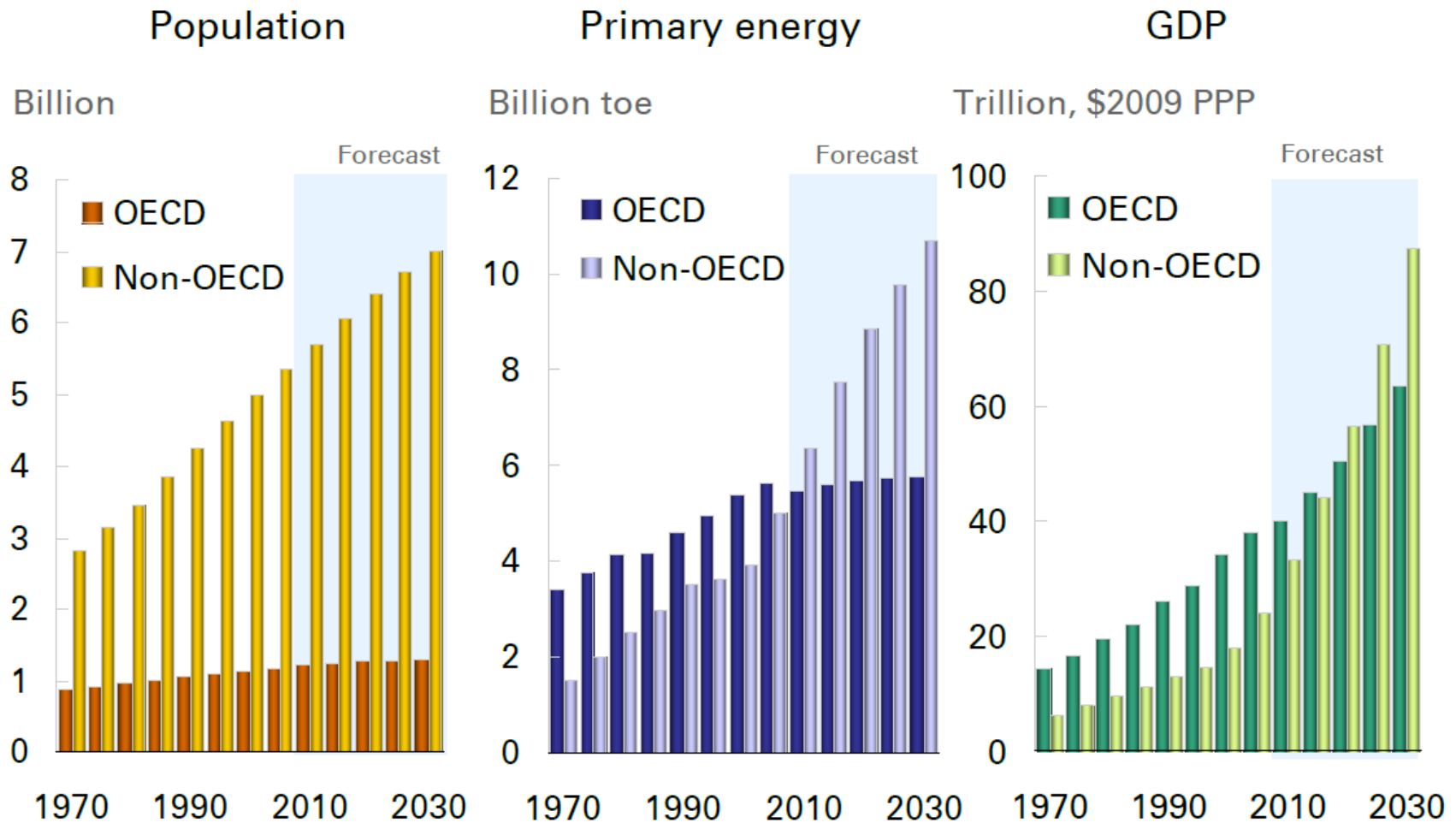
3.9 miliardi di persone 6.7



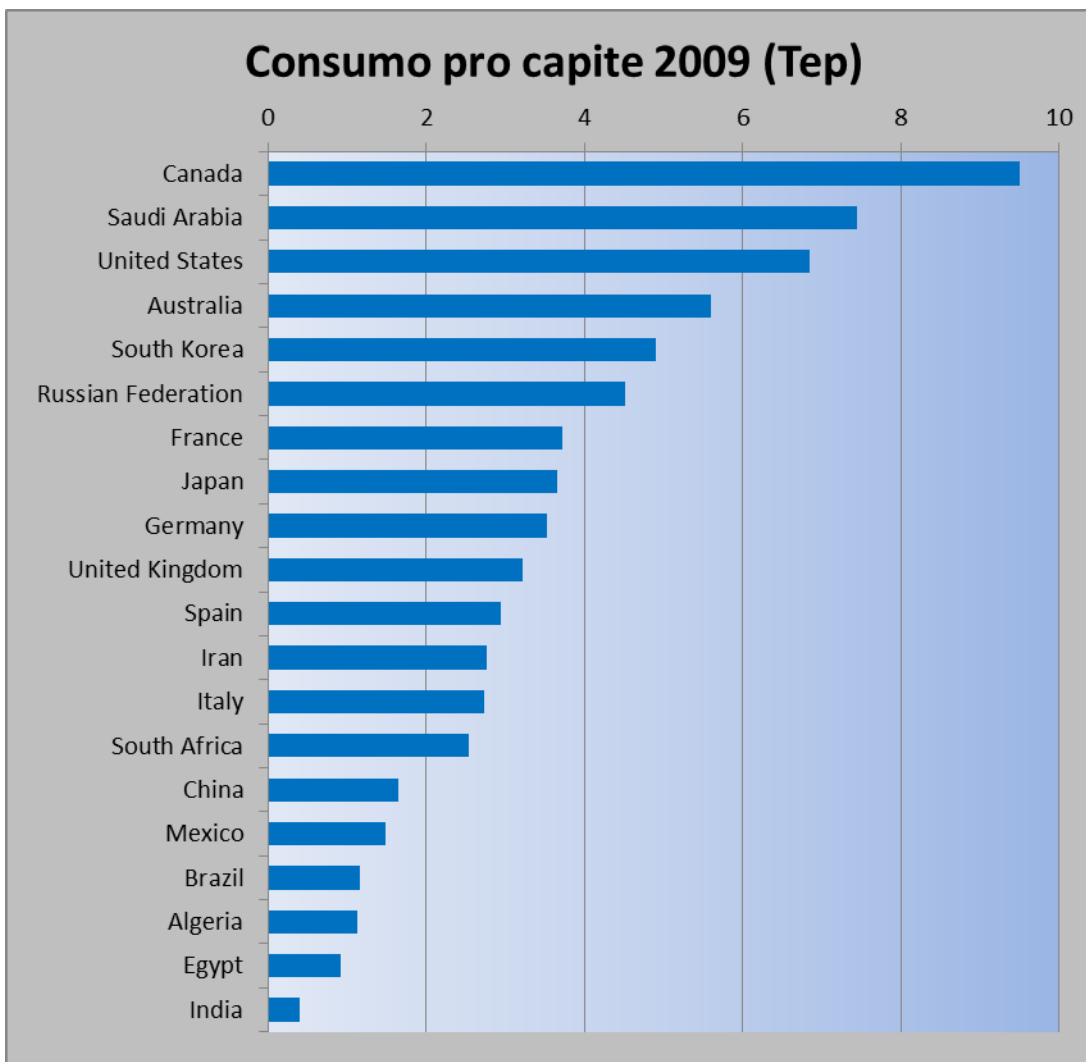
*World includes international aviation and international marine bunkers. **Calculated using the IEA's energy balances and the Revised 1996 IPCC Guidelines. CO₂ emissions are from fuel combustion only. ***Other includes industrial waste and non-renewable municipal waste.

fonte IEA 2010

GLOBAL ENERGY TRENDS



ENERGIA PRIMARIA – Consumo pro capite



fonte BP/ONU

ENERGIA PRIMARIA – Consumo x km x passeggero

ETR 500 freccia rossa **50 Wh**



Jumbo B747-400 ER **300 Wh**



Panda 1.2 MyLife (misto) **450 Wh**



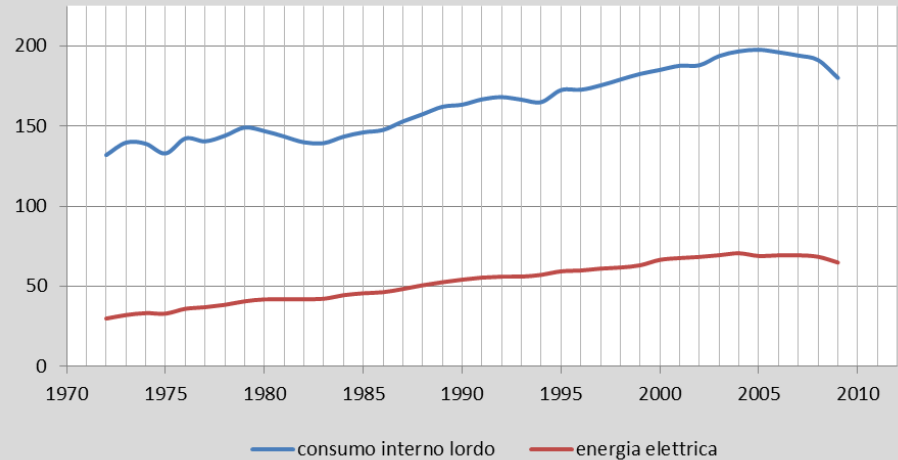
SUV BMW X4 (misto) **900 Wh**



Fonte. Calcoli da schede tecniche di prodotto

CONSUMO ITALIANO ENERGIA PRIMARIA

Consumo interno lordo fonti primarie (Mtep)



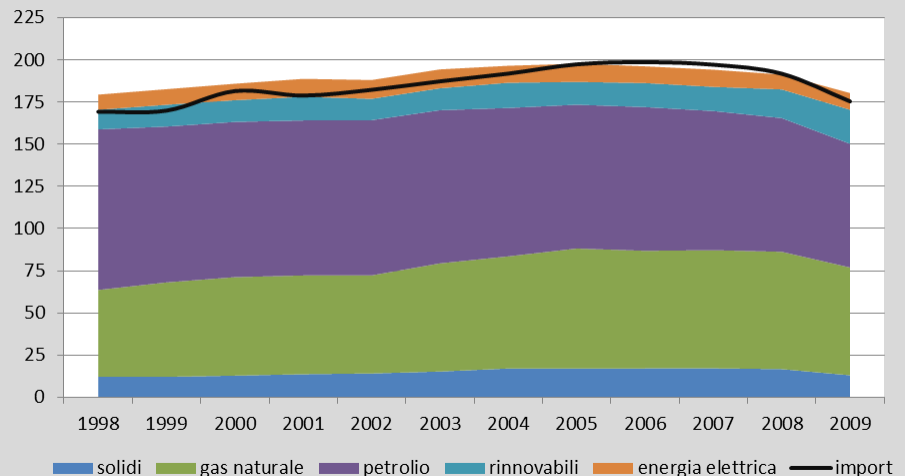
fonte TERNA 2010

In 35 anni:

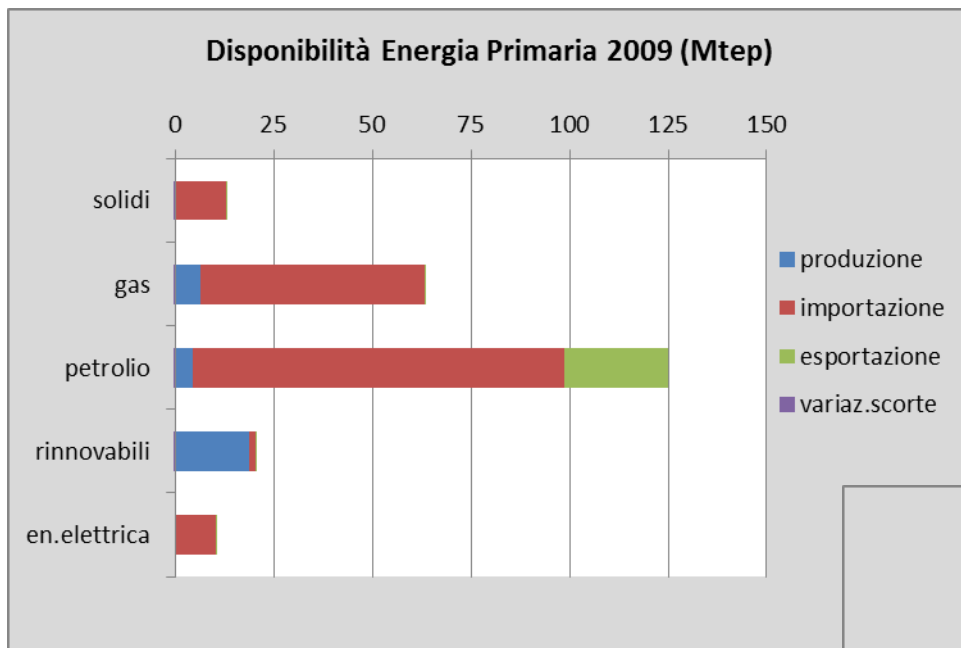
1. Il consumo di energia primaria è aumentato del 36%
2. La produzione di energia elettrica è duplicata (100%)
3. La popolazione è cresciuta del 9%
4. L'energia elettrica è il 35 % della primaria

Fonte BEN min. sviluppo econ.

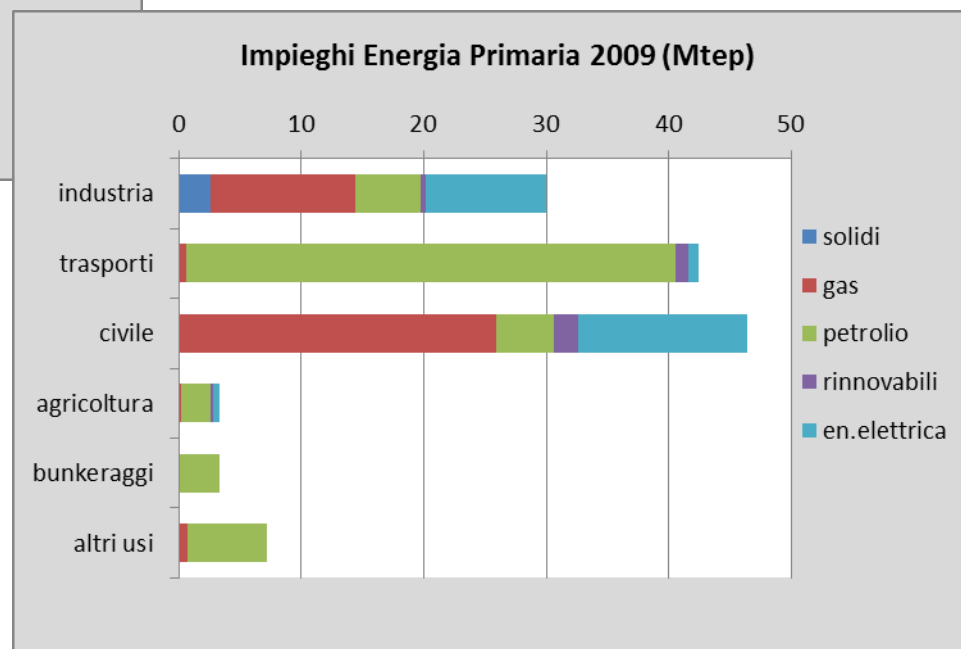
Consumo interno energia primaria (Mtep)



BILANCIO ENERGETICO NAZIONALE 2009

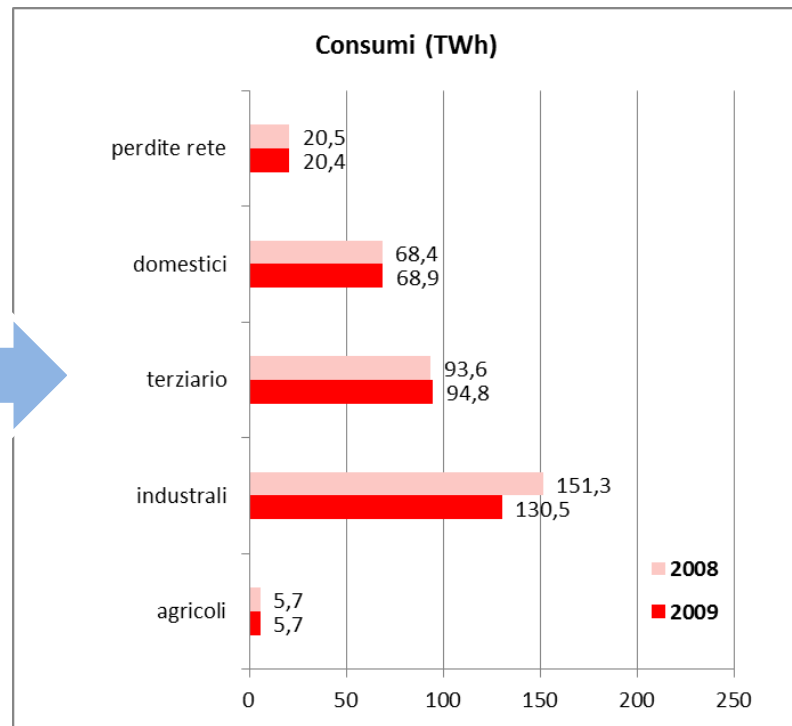
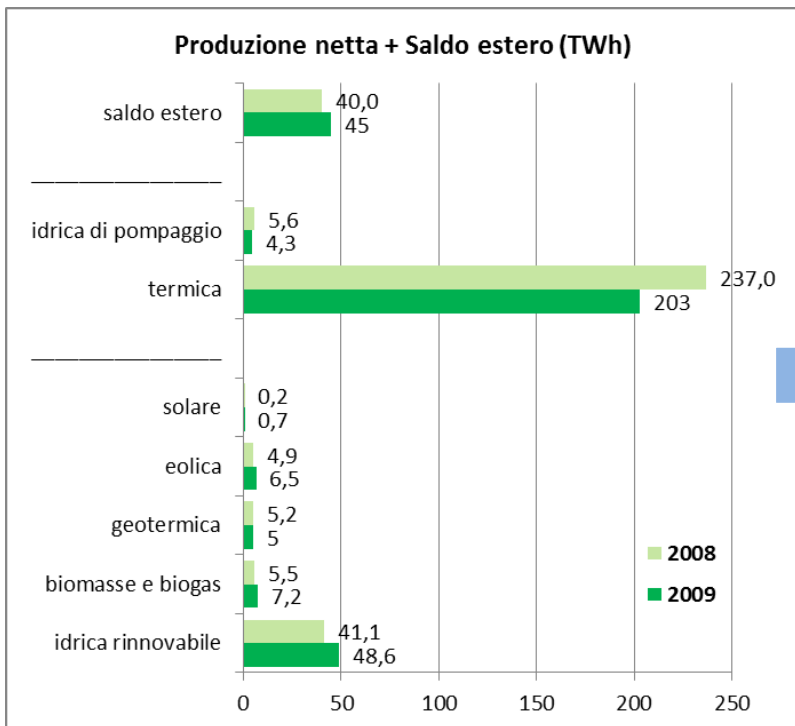


Fonte BEN min. sviluppo econ.



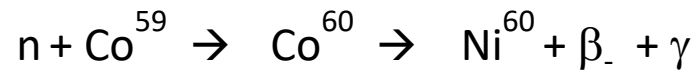
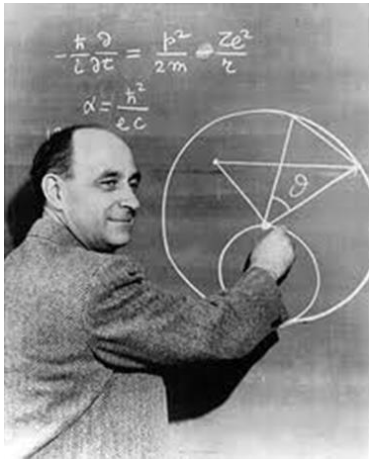
GSE - BILANCIO ELETTRICO NAZIONALE 2008 e 2009

Elaborazione dati GSE.



2008 - 339,5 TWh saldo estero 11,8% non rinnovabili 71,5% rinnovabili 16,7%
2009 - 320,3 TWh saldo estero 14,1% non rinnovabili 64,7% rinnovabili 21,2%

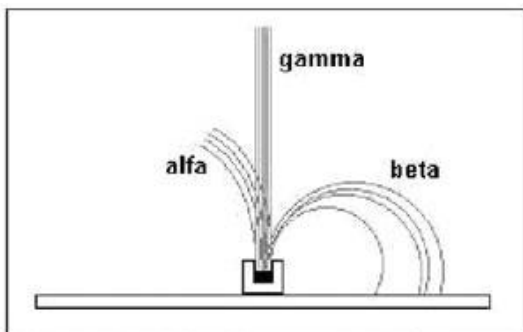
FERMI IL RUOLO DELLA FISICA ITALIANA



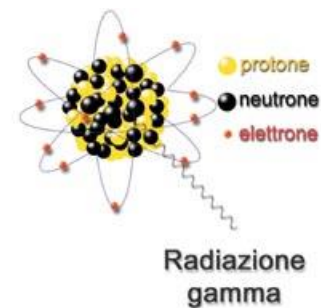
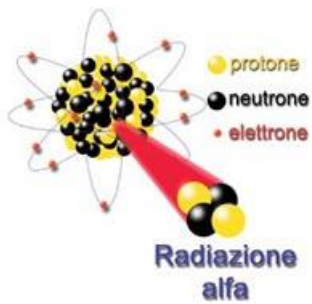
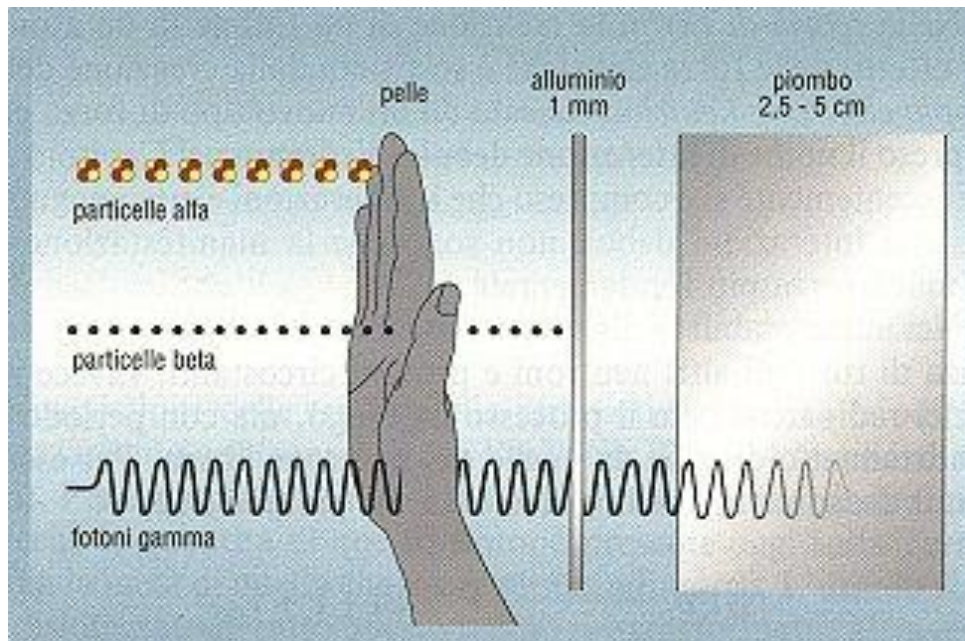
17 set 1942
02 dic 1942



RADIOATTIVITA'



The alpha, beta and gamma radiation can be separated using the magnetic field. The alpha and beta particles have the contrary charges - they undergo aberration in the opposite directions; the gamma rays don't transfer any charge - they don't undergo aberration.



RADIOATTIVITA'

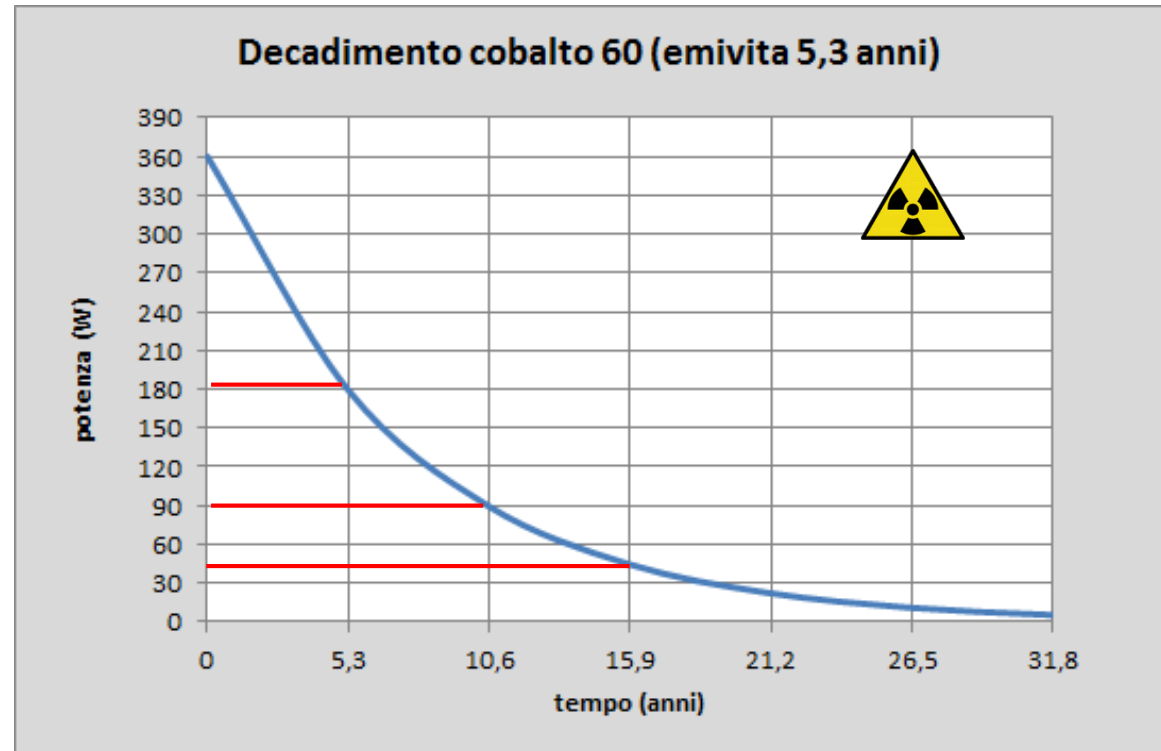
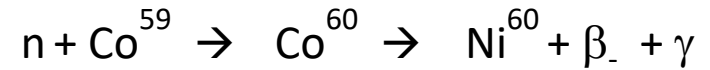
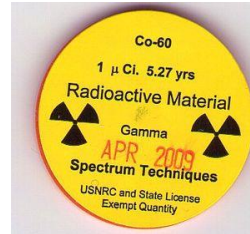


The water is being boiled by the heat given off by a small capsule of cobalt 60. This capsule, the first ever made to produce heat from radioactive cobalt, was generating heat at the rate of 360 watts when this photo was taken.

A Component of the Project Physics Course



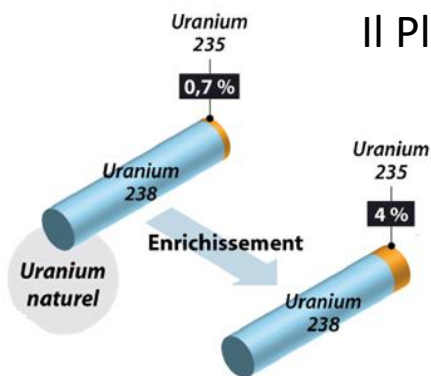
Published by HOLT, RINEHART and WINSTON, Inc. New York, Toronto



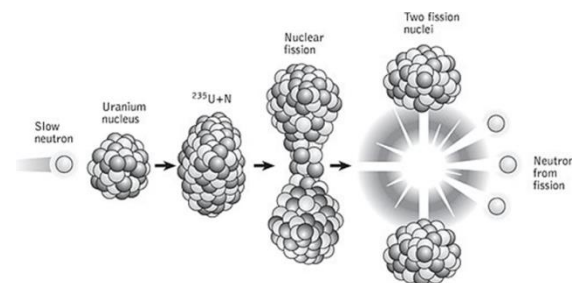
RADIOATTIVITA'

Radioisotopo	emivita (anni)		attività relativa
Iodio 131	0,022		46.014.970.750
Rubidio 90	0,24		28.644.105.854
Cobalto 60	5,3		560.310.372
Stronzio 90	28,1		20.379.542
Cesio 137	30,0		41.254.264
Plutonio 239	24.400	elemento fissile	225.242
Uranio 235	710.000.000	elemento fissile	6,9
Uranio 238	4.510.000.000	elemento fertile	1

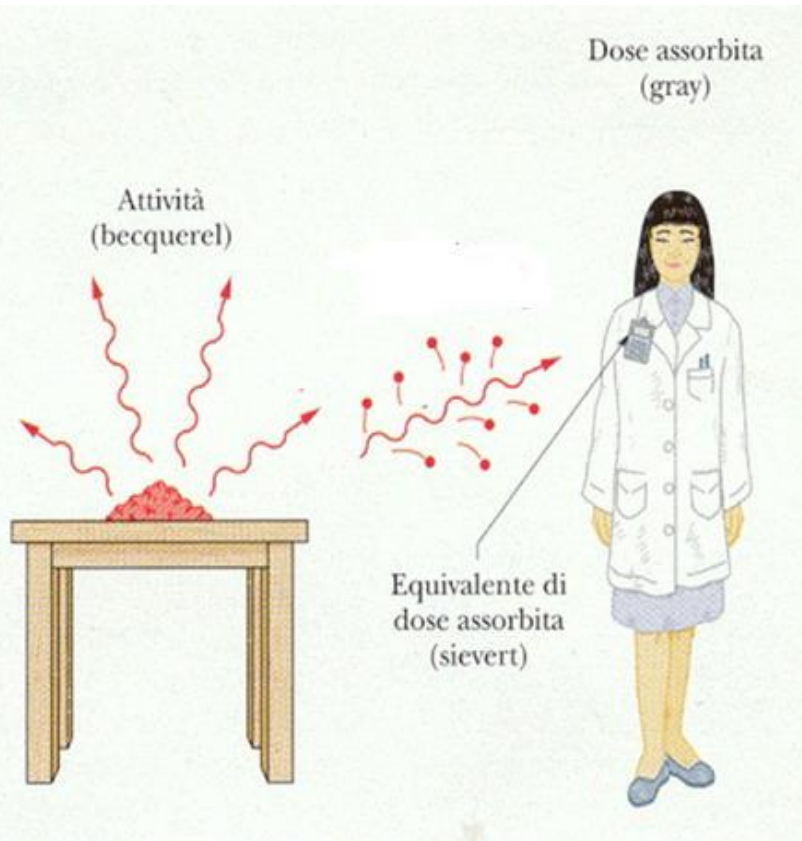
elaborazione dati estratti da Handbook of Chemistry and Physics



Il Plutonio è **225 mila volte** più radioattivo dell'uranio naturale



RADIOATTIVITA'



Attività $Bq = \text{disintegrazioni/sec}$

Dose assorbita $Gy = \text{Joule/Kg}$

Dose equivalente $Sv = k * Gy$

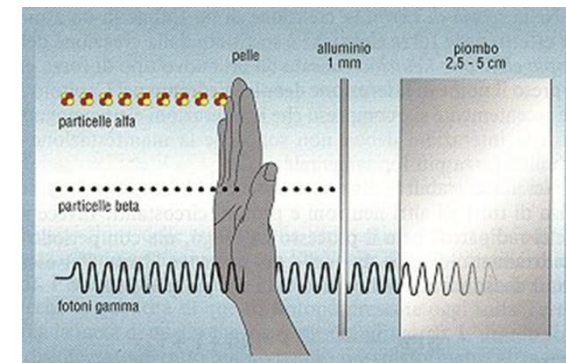
Raggi X, γ $k=1$

Radiazione β $k=1$

Neutroni lenti $k=5$

Neutroni veloci $k=20$

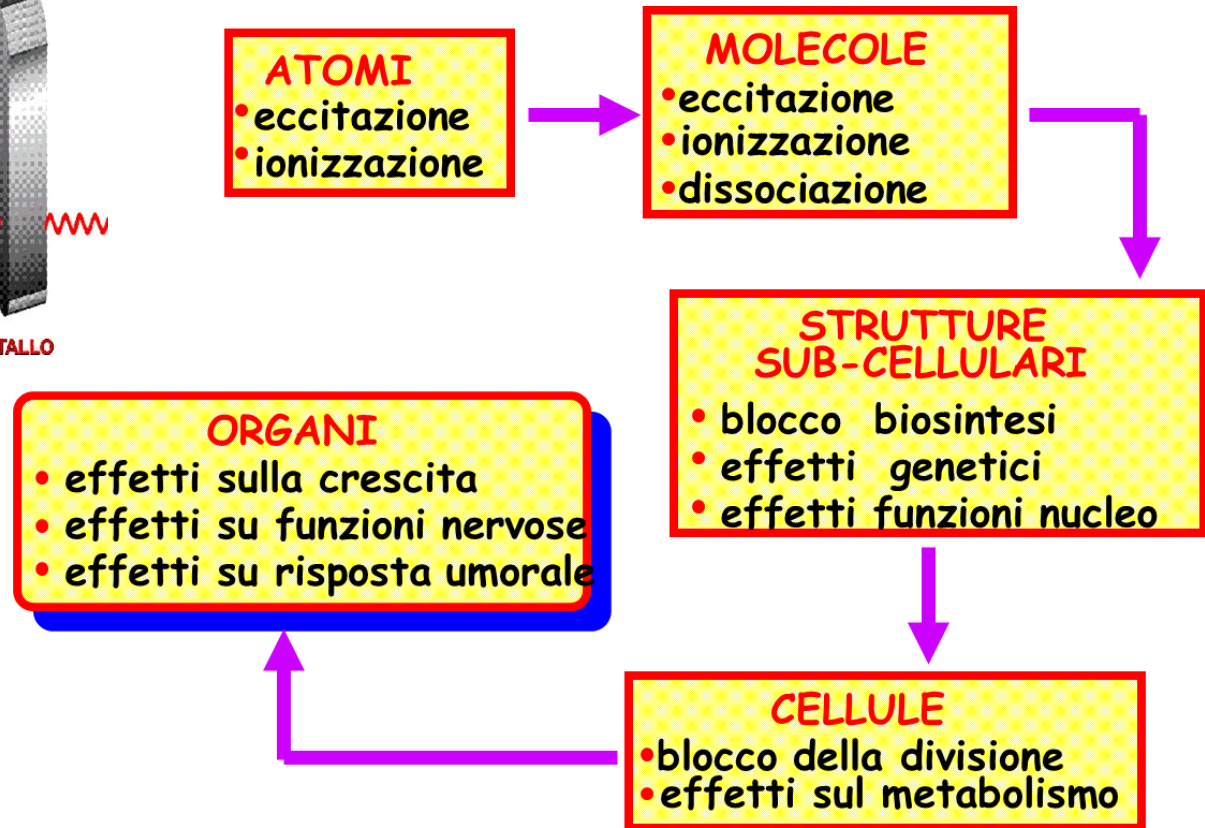
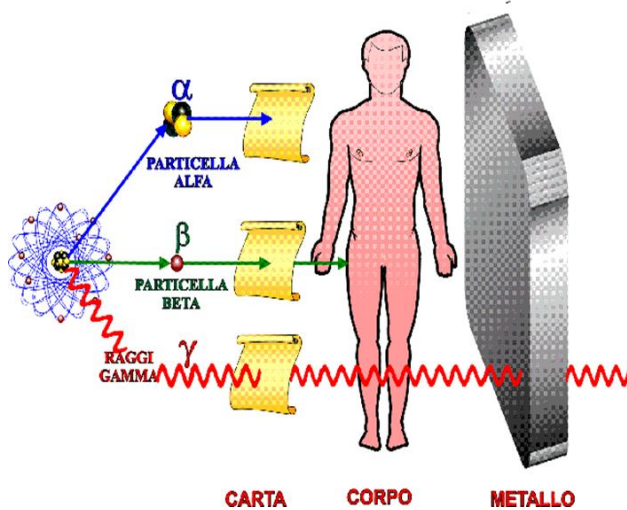
Radiazione α $k=20$



La dose equivalente indica il danno Biologico di una radiazione per ogni kg di tessuto vivente

EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI

RADIAZIONI E LORO POTERE DI PENETRAZIONE



EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI



The upper portion of the photo above shows normal plant cell chromosomes divided into 2 groups. Below that the same cell is shown after x-ray exposure. Fragments and bridges between groups are typical radiation-induced abnormalities.



Damaged trees surround a radioactive cesium 137 capsule which had been kept there for nearly 6 months in an experiment to study the effects of ionizing radiation on biological systems.

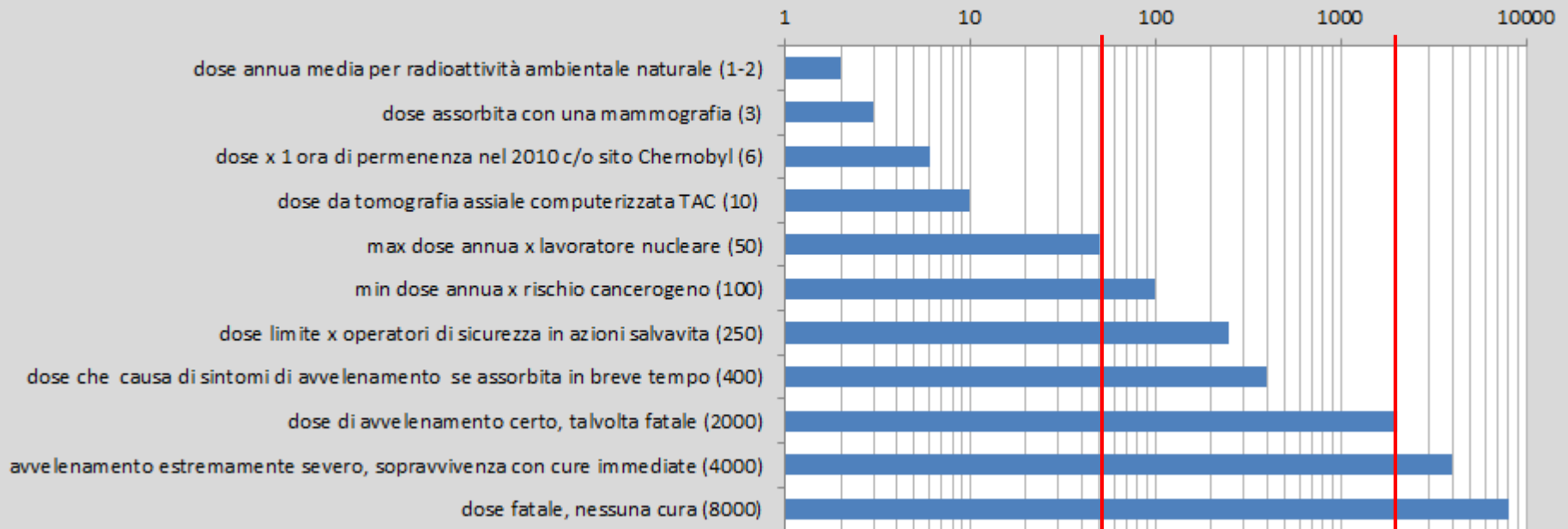
A Component of the
Project Physics Course



Published by
HOLT, RINEHART and WINSTON, Inc.
New York, Toronto

RADIOATTIVITA'

Scala dosi equivalenti (mSv)

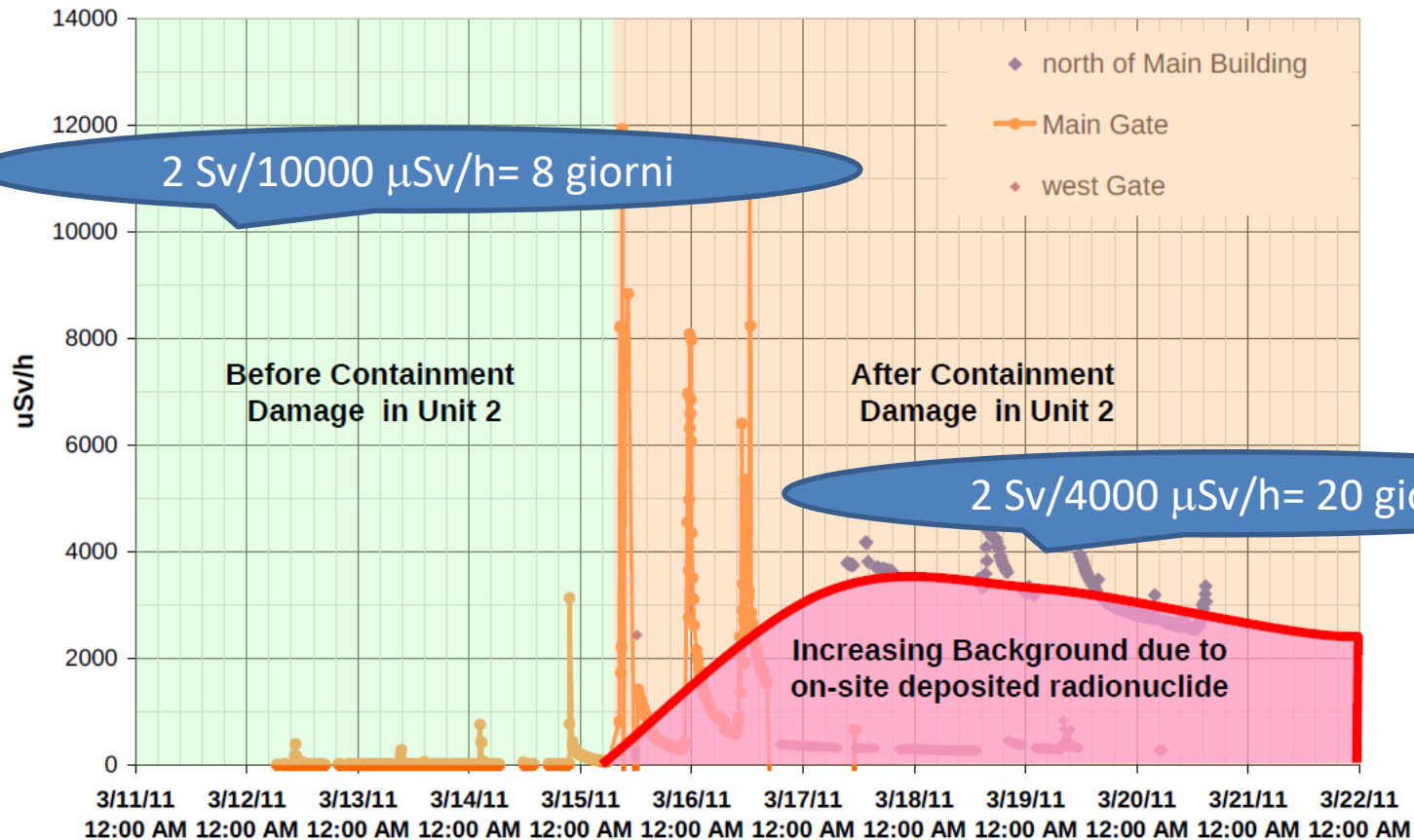


Lo stesso numero di mSv assorbiti in poco tempo sono più dannosi.
L'accumulo di dosi nel lungo periodo giocano comunque rischi cancerogeni



RADIOATTIVITA'

The Fukushima Daiichi Incident 3. Radiological releases



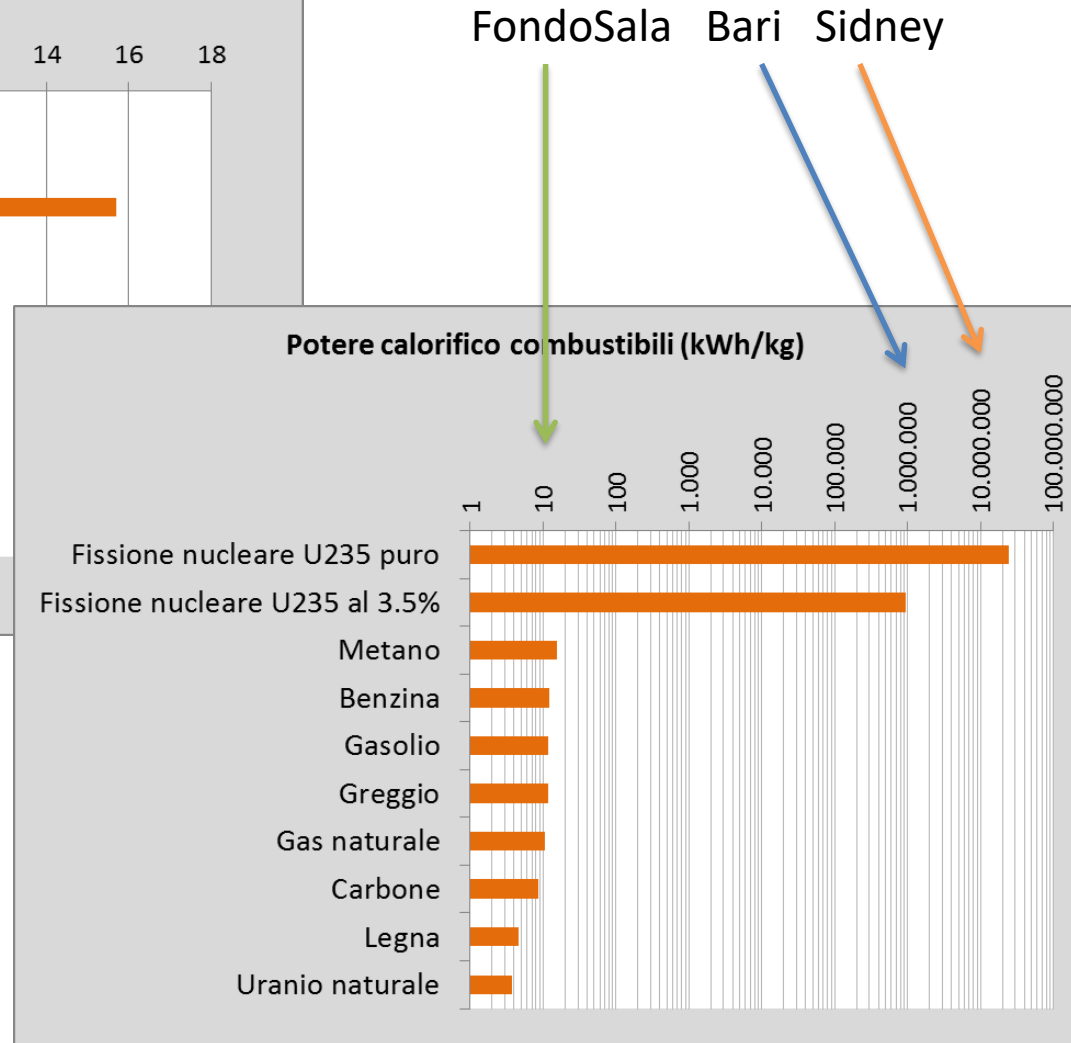
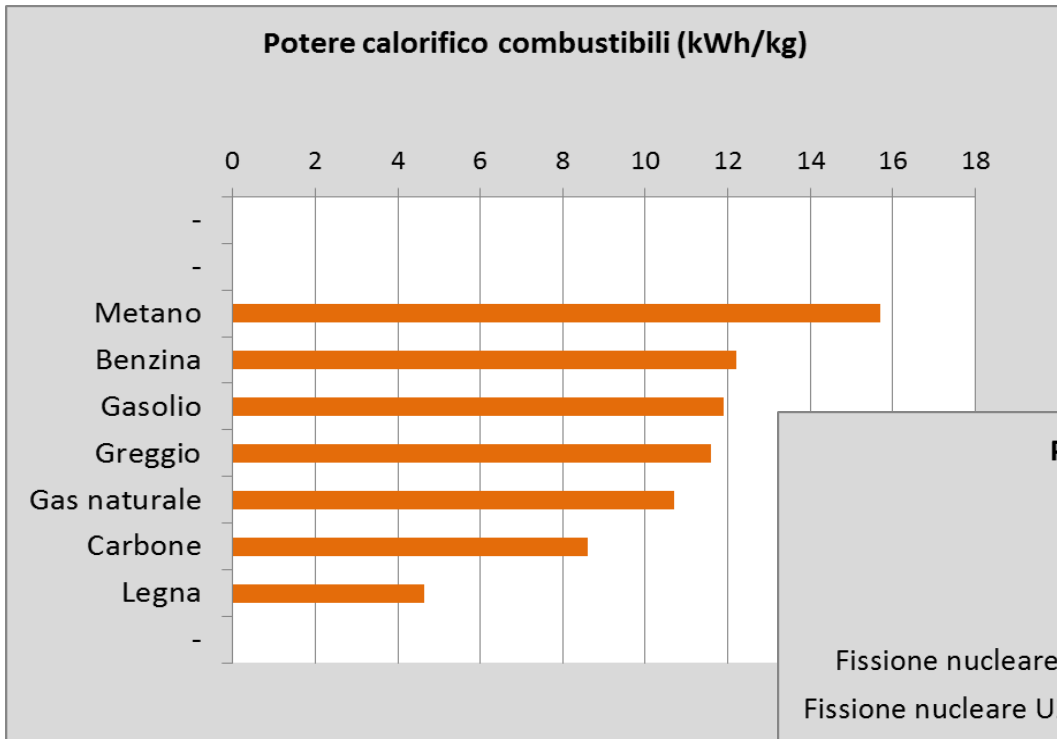
The Fukushima Daiichi Incident – Dr. Matthias Braun - 7 April 2011 © AREVA 2011

p.28

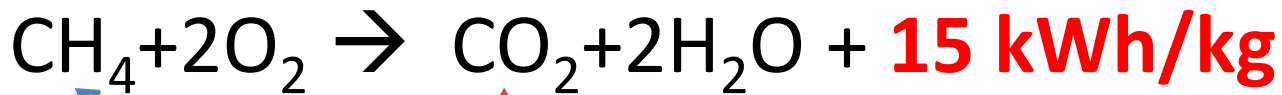
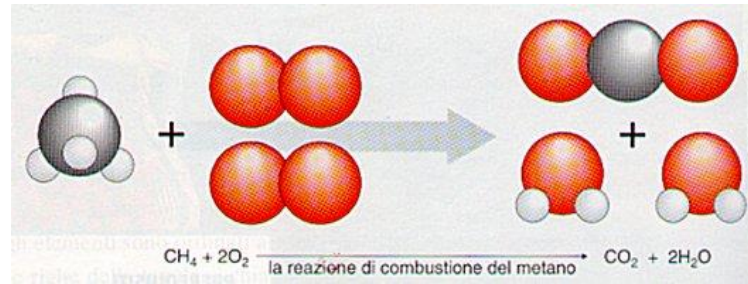
The data and information contained herein are provided solely for informational purposes. None of the information or data is intended by AREVA to be a representation or a warranty of any kind, expressed or implied with respect to the design and sustainability of the Japanese Reactors, product disparagement of the Japanese Reactors design and/or engineering or an infringement on any intellectual property rights of any third party. AREVA assumes no liability for the use of or reliance on any information or data disclosed in this document.



ENERGIA DAI COMBUSTIBILI



REAZIONE CHIMICA DI COMBUSTIONE vs CO2

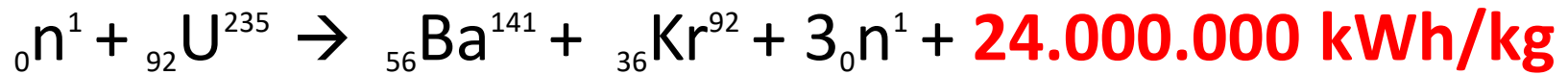
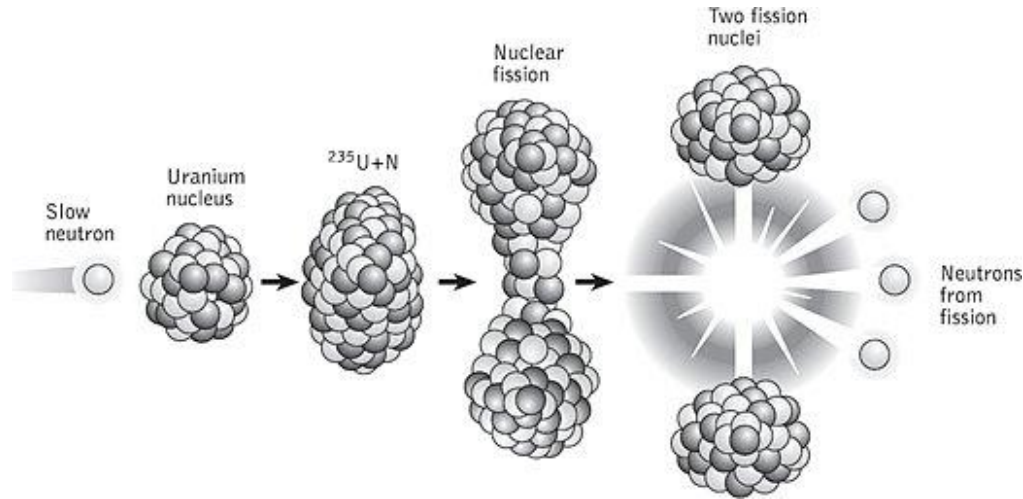


$$\frac{12 + 16 \cdot 2}{12 + 4} = 2,75$$

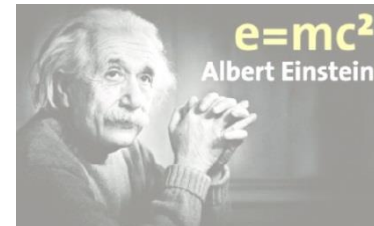
1 kg di metano libera **2,75 kg di anidride carbonica** e 2,25 kg di vapore

1 kg di benzina libera **3,09 kg di anidride carbonica** e 1,41 kg di vapore

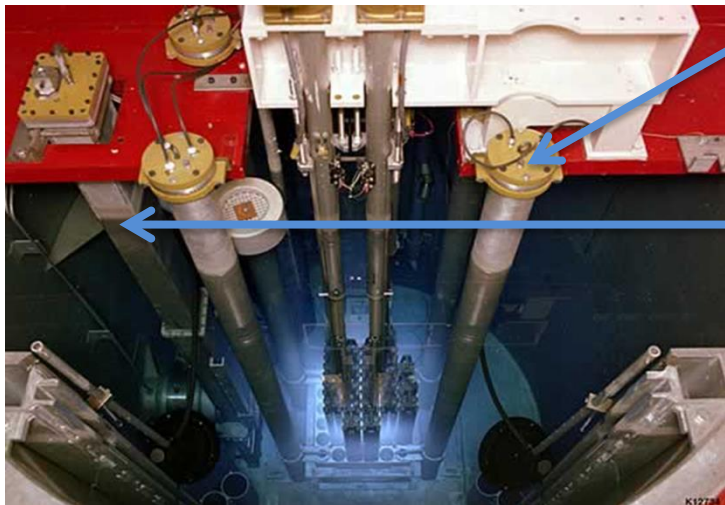
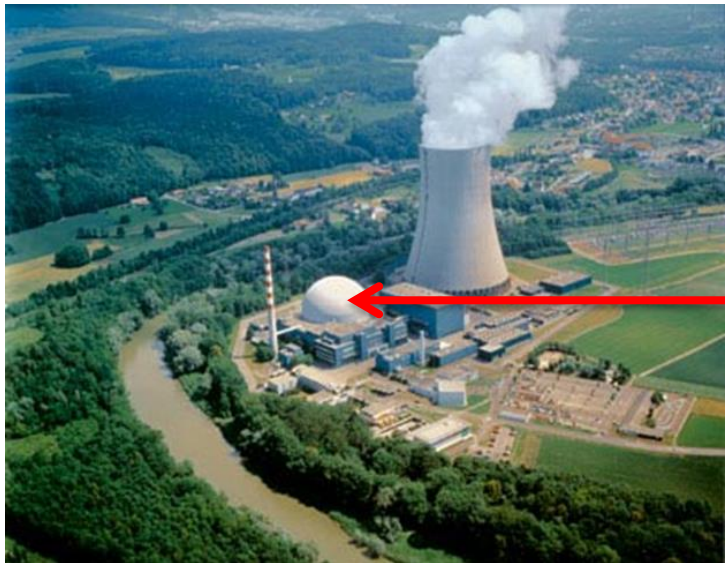
REAZIONE DI FISSIONE NUCLEARE vs ENERGIA



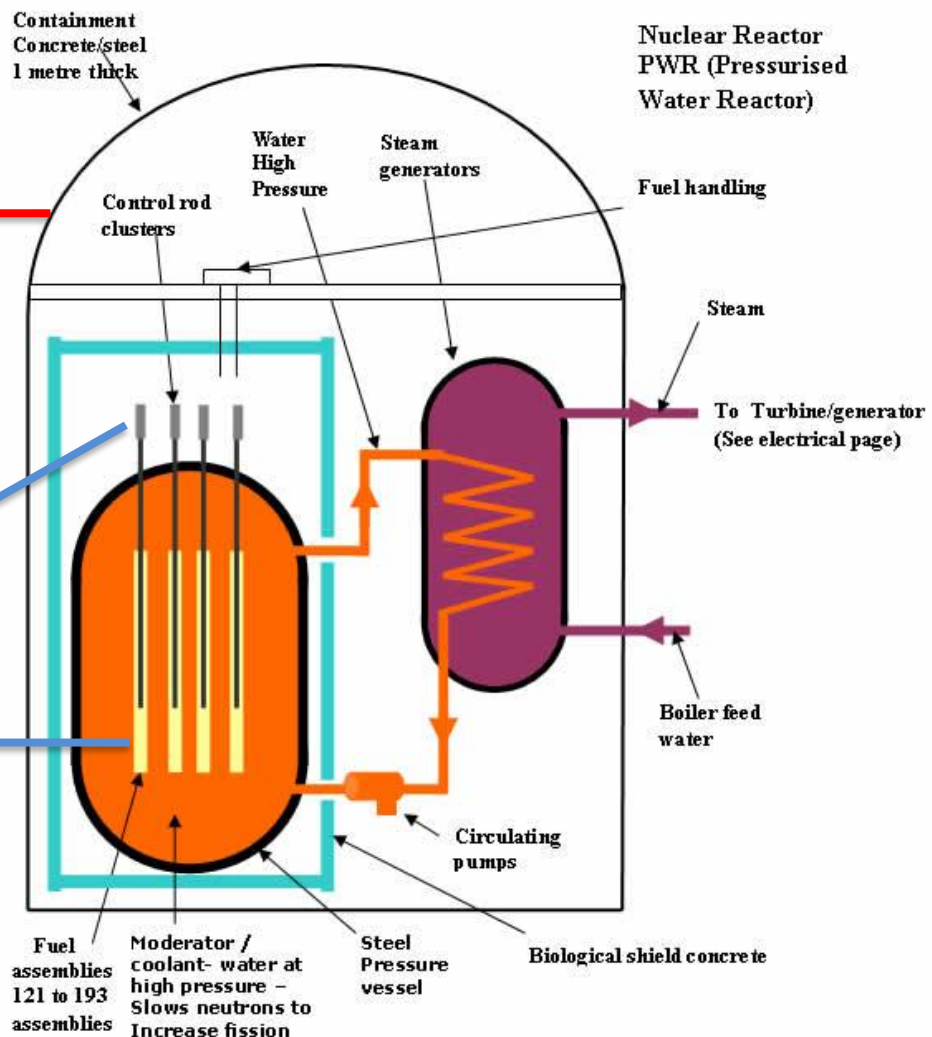
1 kg di ${}_{92}^{235}\text{U}$ libera **0 kg di anidride carbonica**, **1 g di energia** e ??????



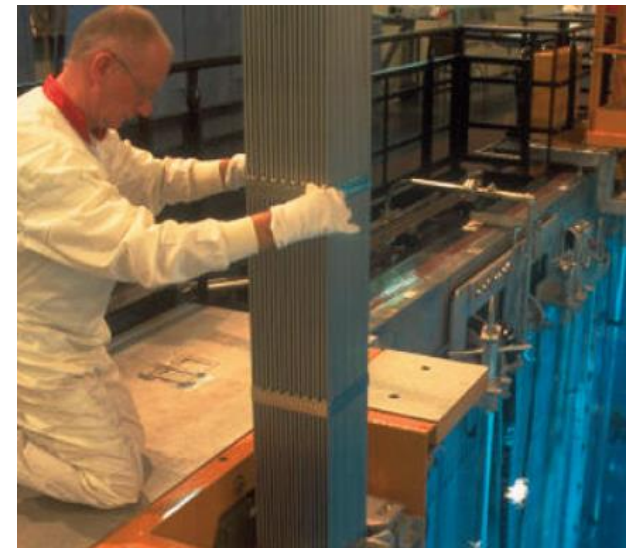
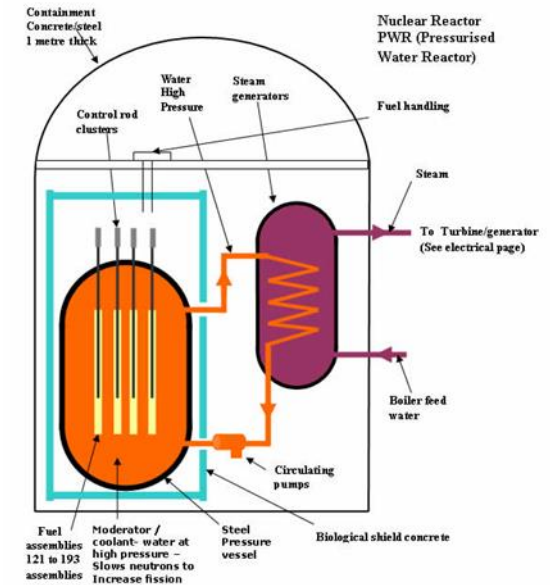
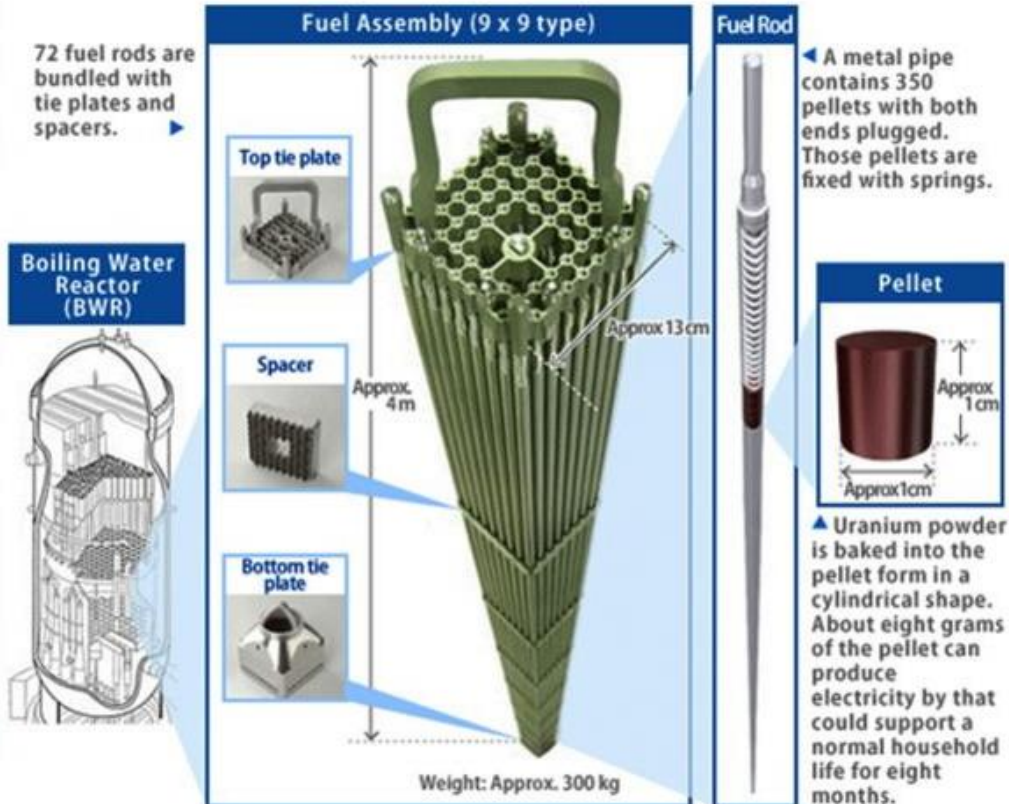
REATTORE NUCLEARE - elementi del nocciolo



barre combustibile, barre controllo, moderatore

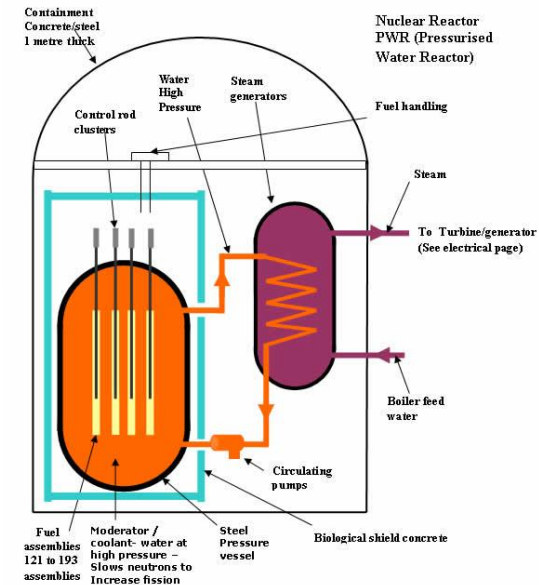
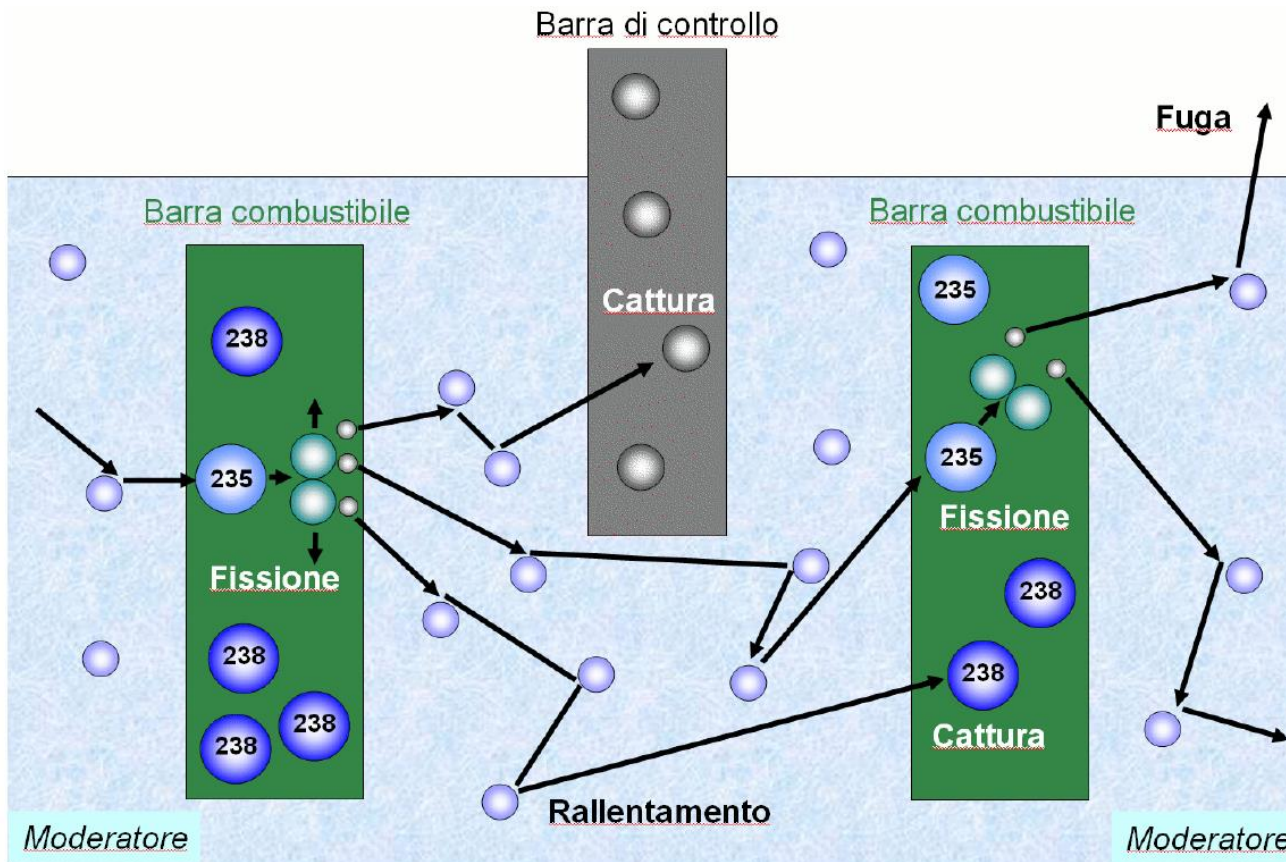


REATTORE NUCLEARE - il combustibile



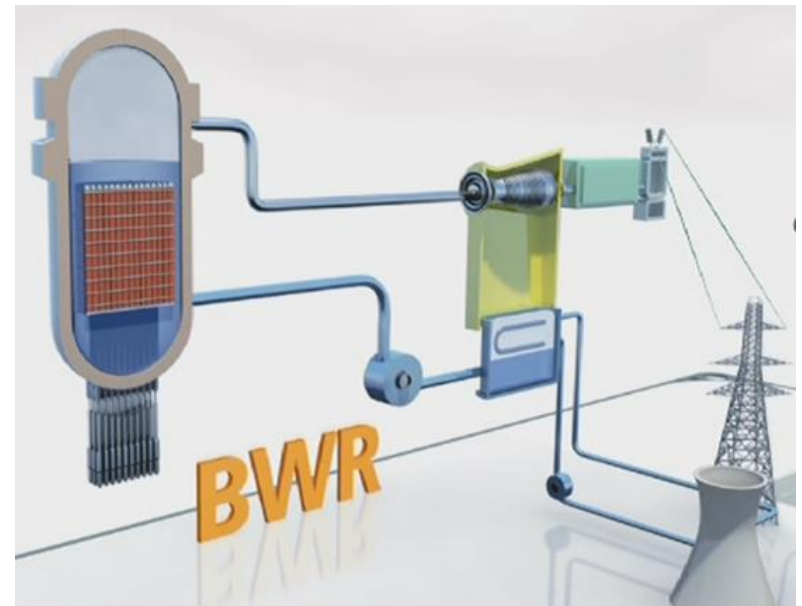
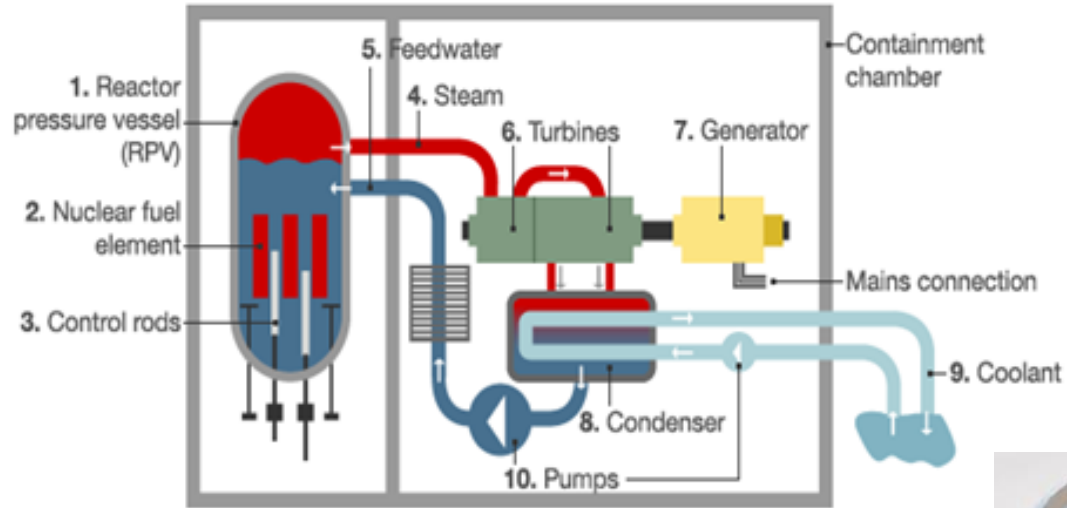
REATTORE NUCLEARE - principio funzionamento

- moderatore
- barra combustibile
- barra controllo

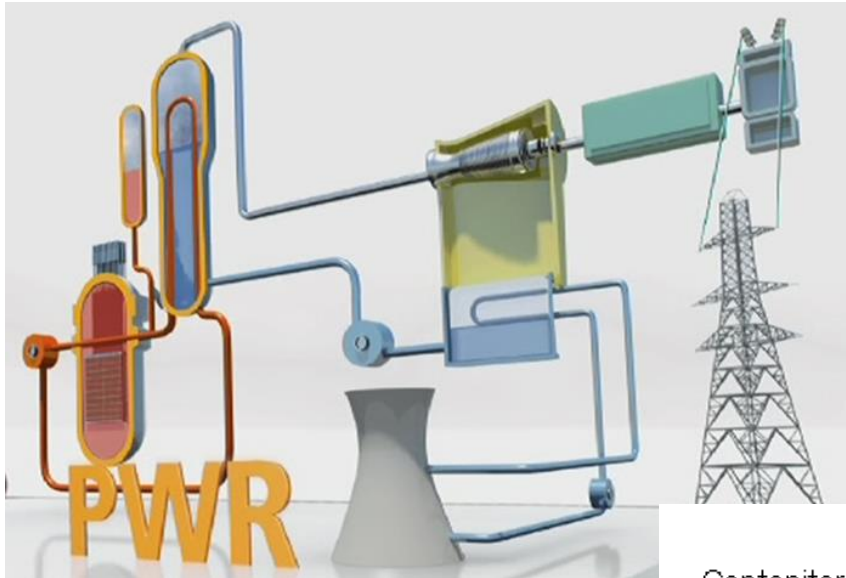


CENTRALE TERMONUCLEARE BWR

Boiling Water Reactor system

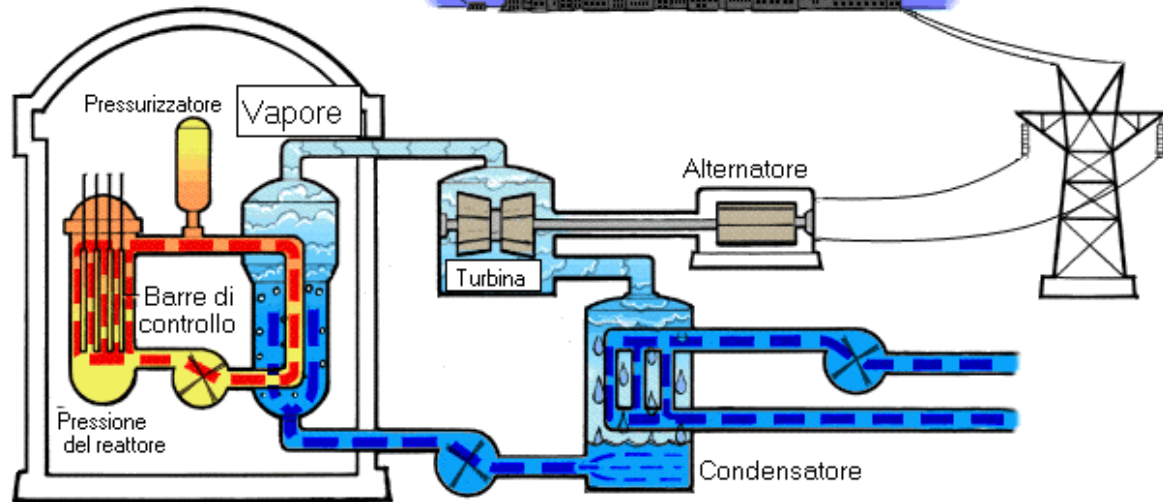


CENTRALE TERMONUCLEARE PWR

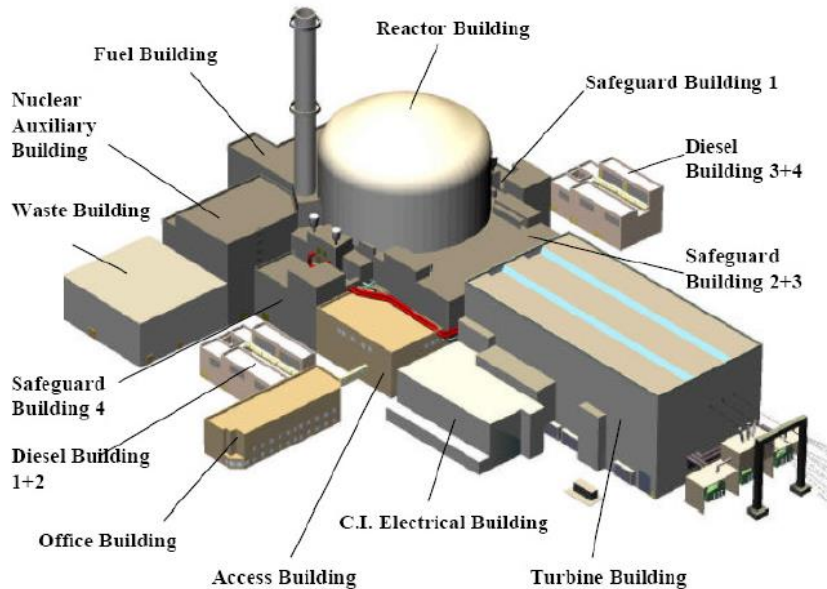


Pressurized Water Reactor system

Contenitore del nocciolo



PROGETTO NUCLEARE ITALIANO (EPR)



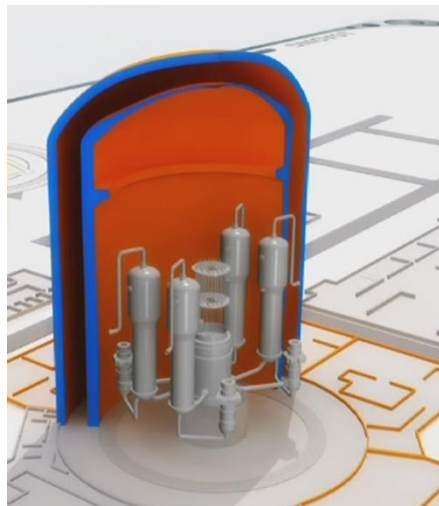
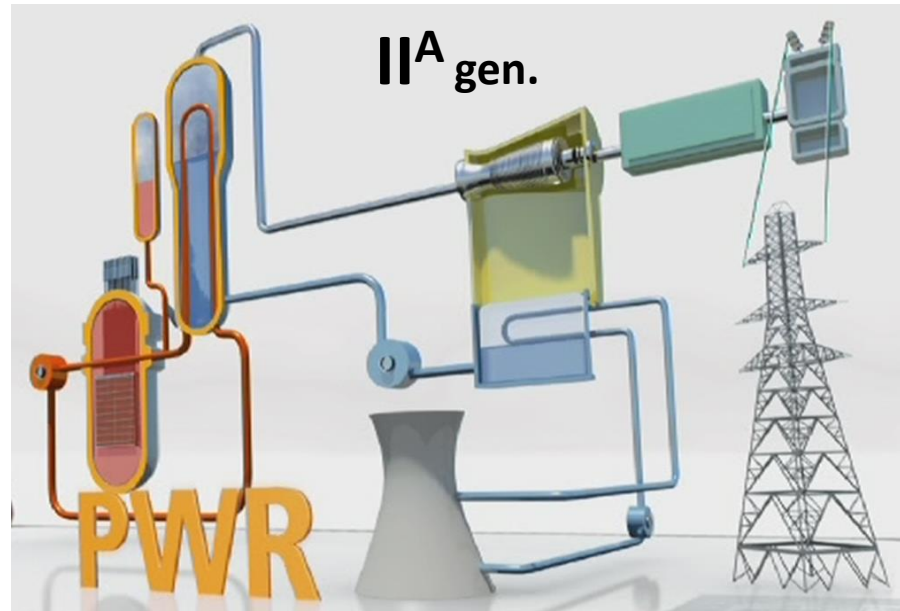
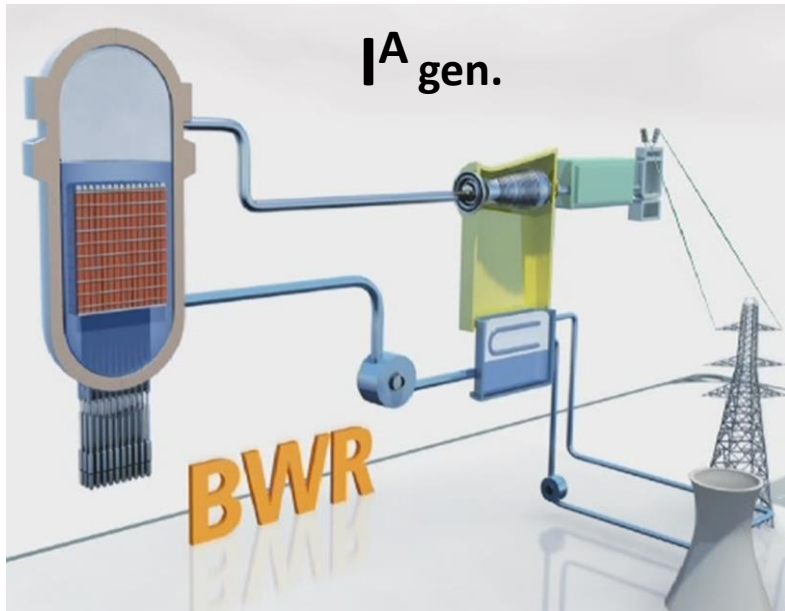
- EPR = PWR evoluto III generazione
 - Rendimento da 33% a 36,6%
 - Combustibile al 5% + MOX
 - Maggiore sicurezza passiva e attiva
1. quattro sistemi indipendenti di refrigerazione d'emergenza
 2. un contenimento metallico attorno al reattore
 3. un contenitore ed un'area di raffreddamento passivo dell'eventuale materiale fuso
 4. doppia parete esterna in calcestruzzo armato, con uno spessore totale di 2,6 metri

Gran parte di questi sistemi di sicurezza sono per la verità già presenti anche in reattori più vecchi. Alla data odierna vi sono 4 EPR in costruzione, i primi due partiti in Francia e Finlandia sono entrambi in notevole ritardo con costi altamente levitati.

4 unità EPR da 1.600 MWe ciascuna per 48 TWh/anno - prima unità 2013-2020

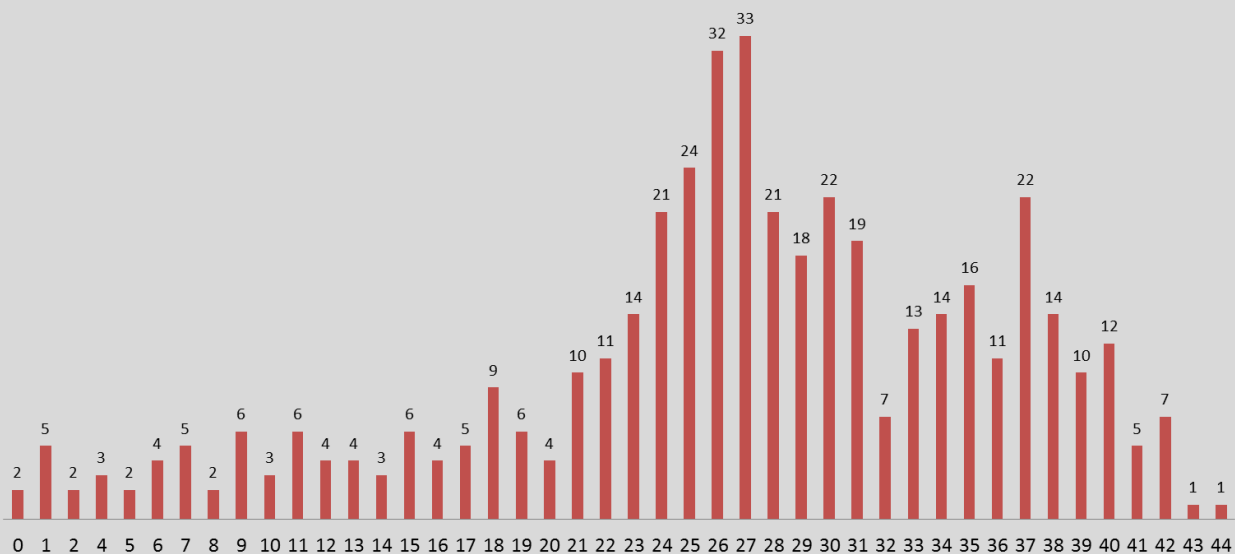
costo totale 20 miliardi Euro - Non emissioni per 16 Mton CO2 - 14.000 posti di lavoro

EVOLUZIONE REATTORI NUCLEARI



REATTORI NUCLEARI ATTIVI E IN COSTRUZIONE

Operational Reactors by Age (No. of Units) - total 443 - IAEA apr 2011



NUCLEAR POWER REACTORS (IAEA jan 2010)	in operation	under construction
United States of America	104	1
France	59	1
Japan	54	1
Russian Federation	31	9
Korea, Republic of	20	6
United Kingdom	19	
Canada	18	
India	18	5
Germany	17	
Ukraine	15	2
China	11	20
Sweden	10	
Spain	8	
Belgium	7	
Czech Republic	6	
Taiwan	6	
Switzerland	5	
Finland	4	1
Hungary	4	
Slovakia	4	2
Argentina	2	1
Brazil	2	
Bulgaria	2	2
Mexico	2	
Pakistan	2	1
Romania	2	
South Africa	2	
Armenia	1	
Netherlands	1	
Slovenia	1	
Iran		1
Total	437	52
	370,2 GWe	

NUCLEARE E RINNOVABILI vs CO2

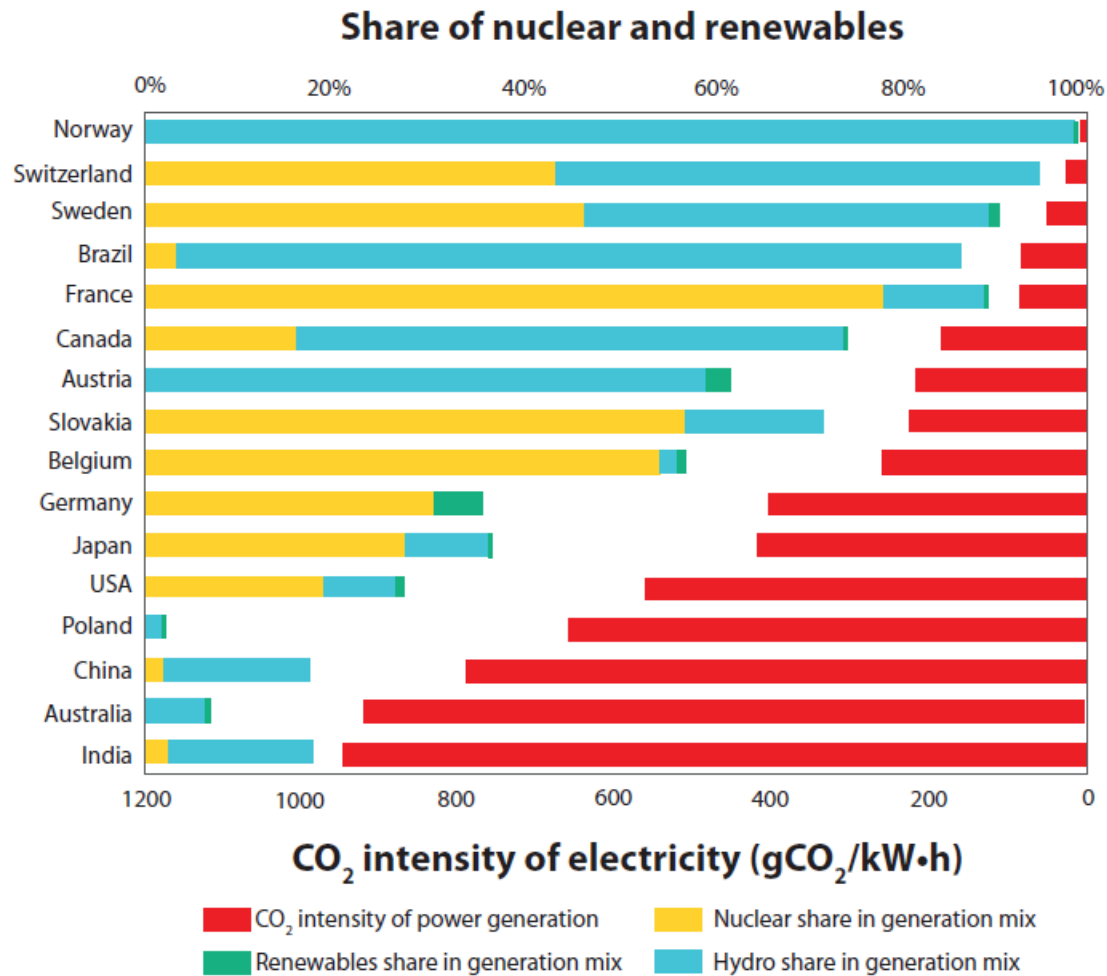
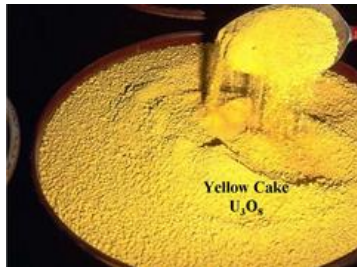


FIG. 1. Intensity of carbon dioxide and the shares of non-fossil sources in the electricity sector of selected countries. (Source: Agency calculations based on IEA data.)

PRODUZIONE COMBUSTIBILE NUCLEARE (1 anno x 1.6 MWe)



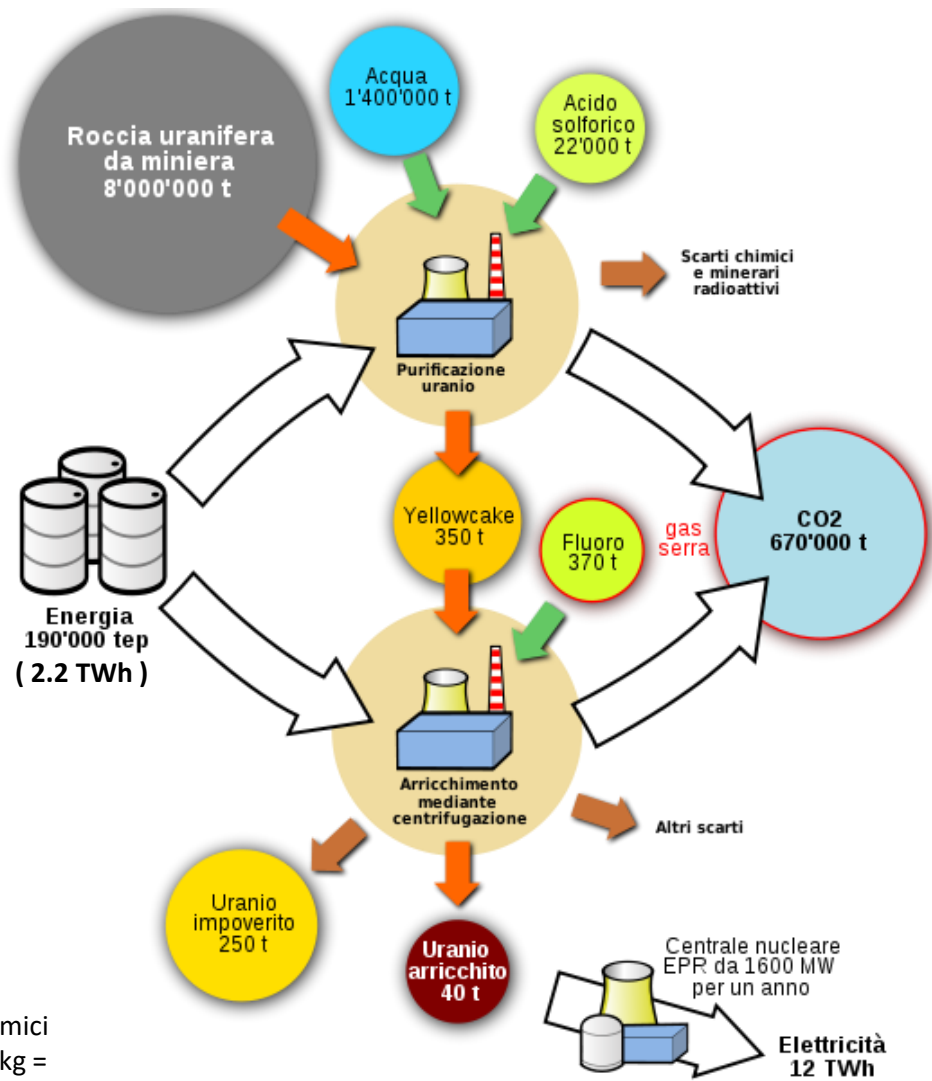
Combustibile d'uranium sous la forme qu'il présente pour son utilisation dans les centrales nucléaires. Deux de ces pastilles d'oxyde d'uranium (UO₂) permettent de couvrir la consommation d'électricité d'un ménage de quatre personnes pendant un an.

sono escluse le risorse energetiche e le emissioni relative alla costruzione della centrale (~12 grammi di CO2 per KWh) e delle infrastrutture, nonché alla gestione delle scorie (30~65 gCO2/KWh) ed allo smantellamento finale degli impianti

$$12 \text{ TWhe}/0,33 = 36 \text{ TWh termici}$$

$$36 \cdot 10^{12} \text{ Wh} / 8.000.000 \cdot 10^3 \text{ kg} =$$

$$= 36 \cdot 10^9 \text{ kWh} / 8 \cdot 10^9 = 4,5 \text{ kWh/kg}$$

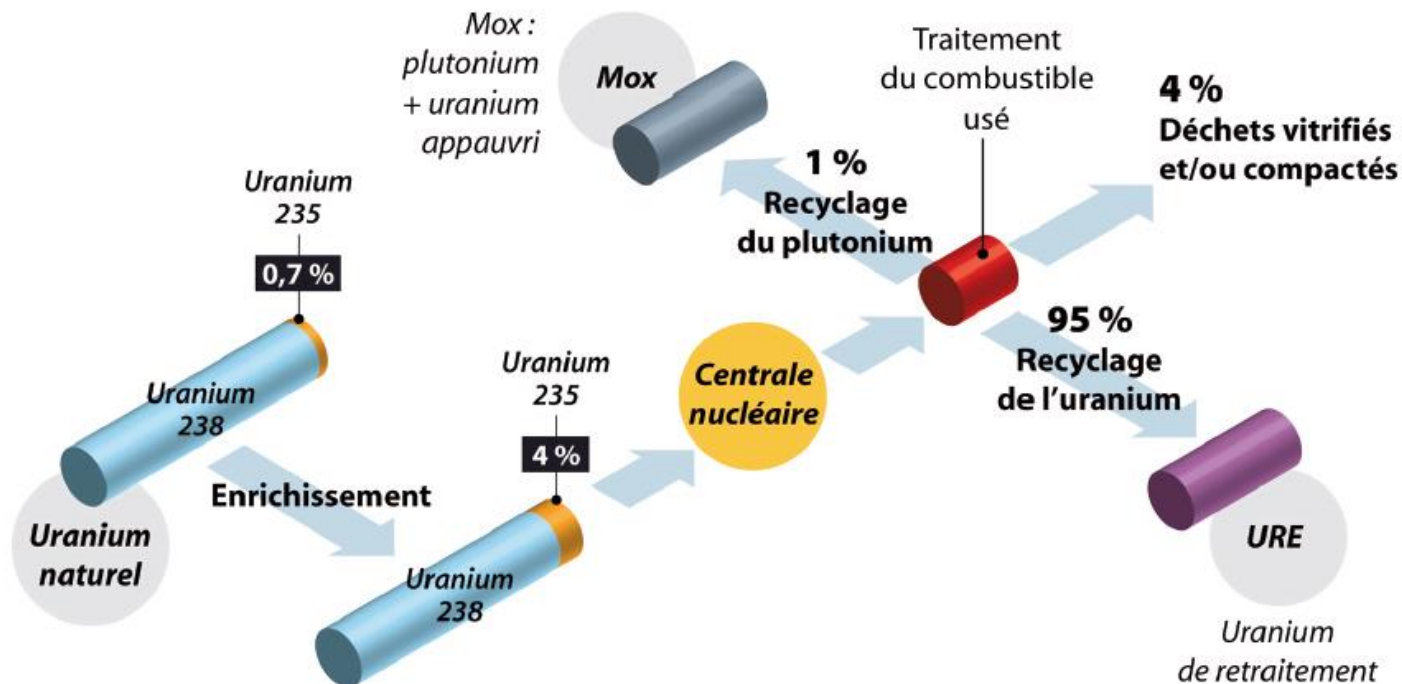


Fonte EDF - 3 ton/TWhe

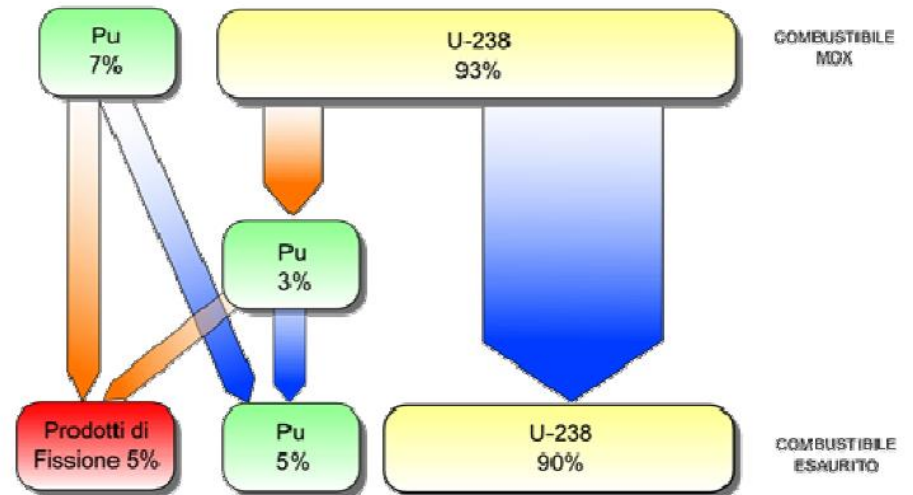
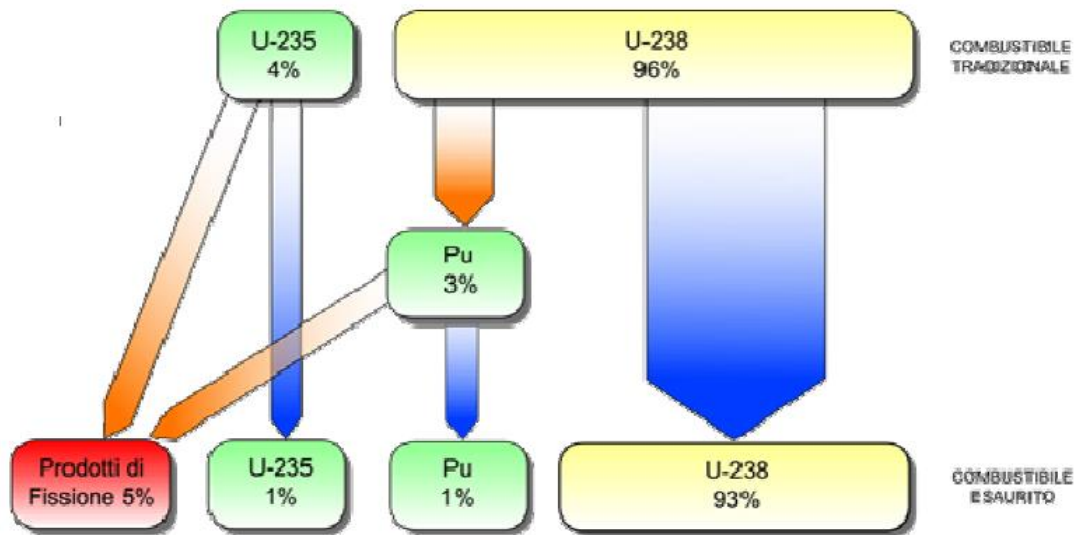
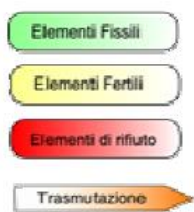
SMALTIMENTO SCORIE RADIOATTIVE

Le barre di combustibile esaurite contengono una massa di rifiuti radioattivi pari a circa 25 tonn/anno per un reattore da 1000 MWe risultano costituite per il:

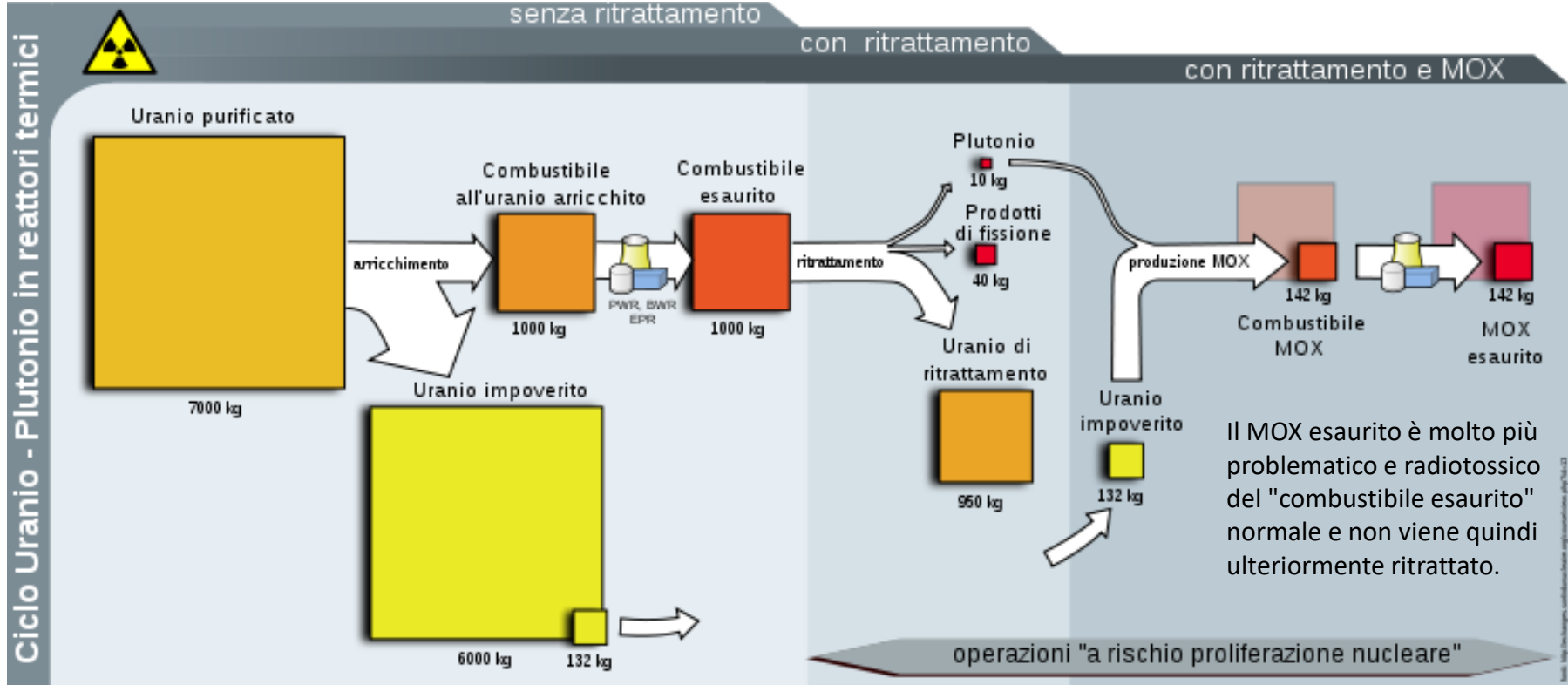
- 95% principalmente da U235 non bruciato e U238
- 1 % di plutonio Pu239 che è un combustibile fissile
- 4 % da materiali radioattivi a vita media lunga (frammenti di fissione)



SMALTIMENTO DELLE SCORIE RADIOATTIVE



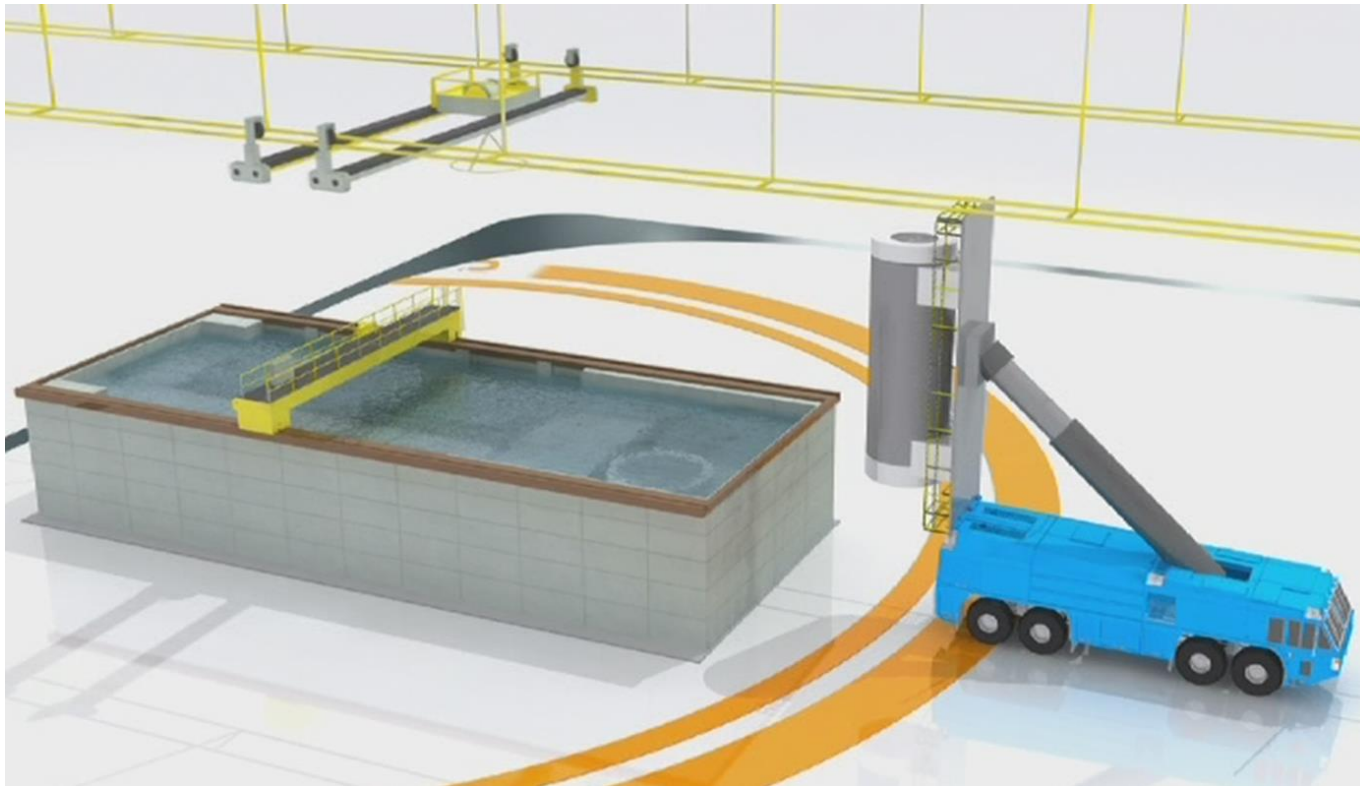
SMALTIMENTO DELLE SCORIE RADIOATTIVE



Smaltimento Once through: utilizzato nella maggior parte dei reattori ora in funzione il combustibile esausto viene immagazzinato integralmente. La presenza del plutonio e degli attinidi richiede un sito dove le sostanze pericolose non vengano a contatto con la biosfera, isolate dall'acqua e dai fenomeni sismici.

Smaltimento per riprocessamento: Adottato nei reattori attualmente in costruzione il combustibile esaurito viene riprocessato per separare i diversi elementi che lo compongono. Uranio e Plutonio sono riutilizzati come combustibili, gli attinidi e i prodotti di fissione (4%) sono vetrificati e inviati al deposito sotterraneo a lungo termine.

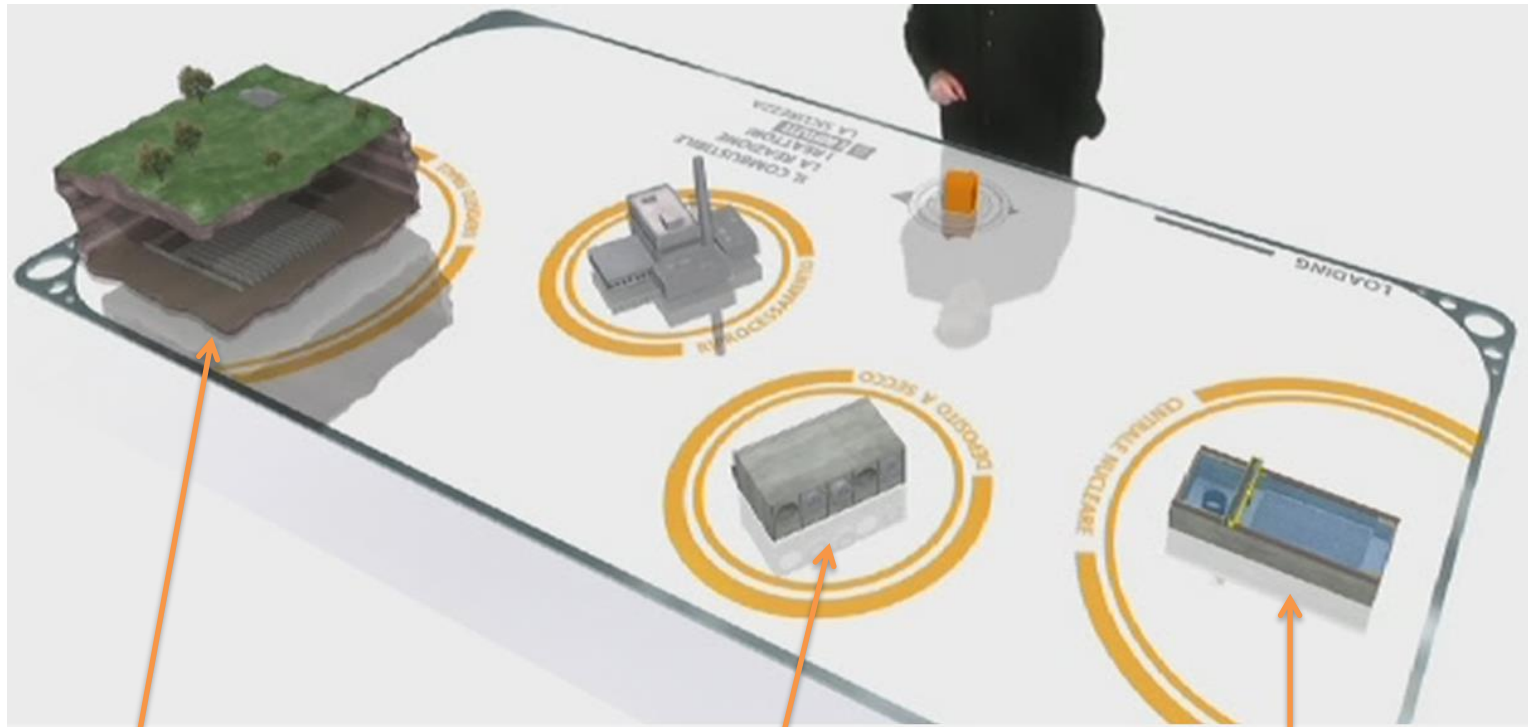
SMALTIMENTO DELLE SCORIE RADIOATTIVE



Piscina raffreddamento combustibile esaurito (prof 13 m).

Malfunzionamento del sistema di raffreddamento, ebollizione dell'acqua della piscina, esposizione e surriscaldamento del combustibile in aria e reazioni di ossidazioni delle guaine di zirconio. Queste tramite reazioni chimiche a contatto con vapore acqueo ed aria, possono rilasciare idrogeno che può poi dare luogo ad esplosione e contaminare l'ambiente con Iodio, Cesio, Stronzio e altro. Mantenere il combustibile coperto d'acqua mantiene basso il rischio di contaminazione.

SMALTIMENTO DELLE SCORIE RADIOATTIVE

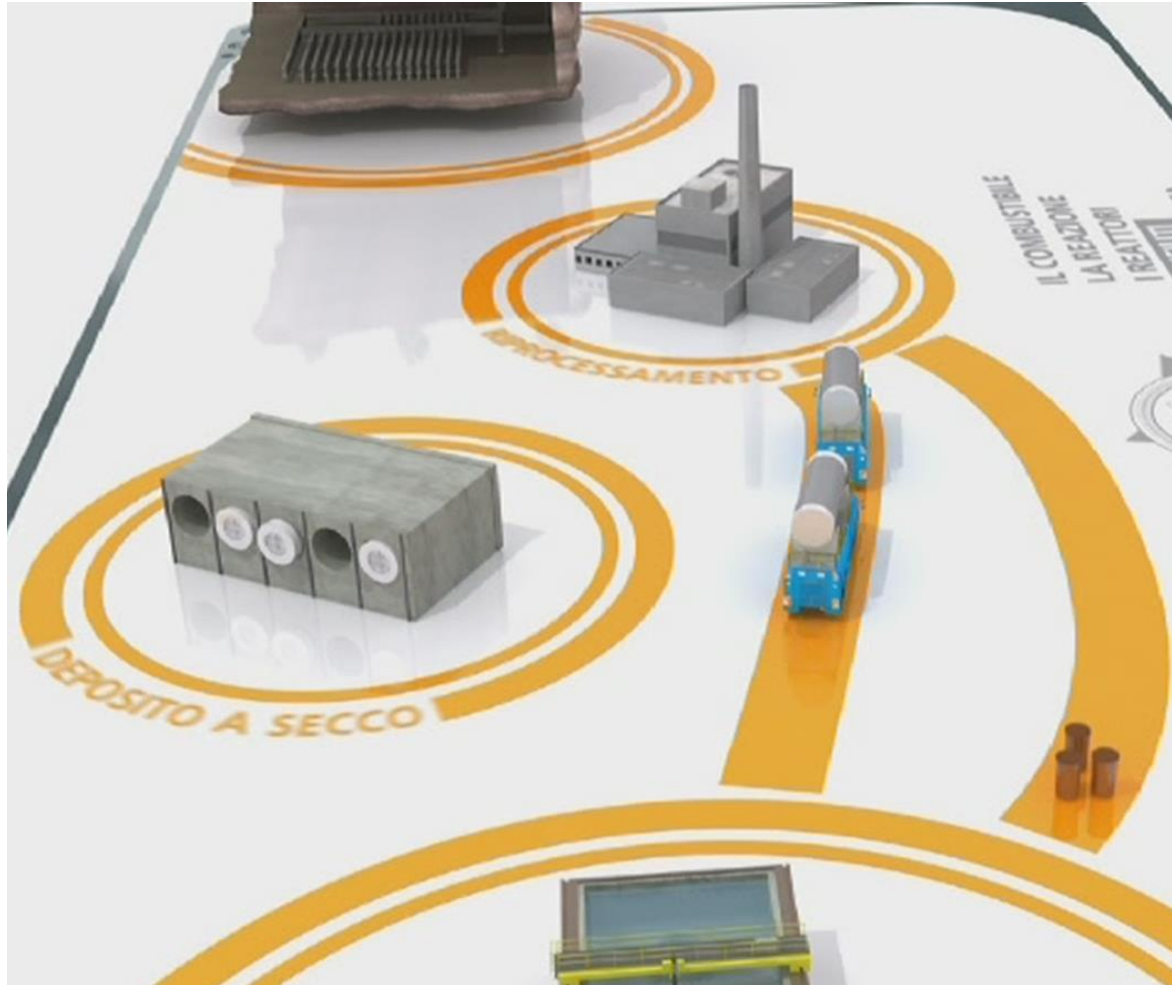


Terza tappa di confinamento definitivo in siti geologicamente stabili.

Seconda tappa di raffreddamento in silos di cemento esposti all'aria

Prima tappa di raffreddamento combustibile esaurito in piscine

SMALTIMENTO DELLE SCORIE RADIOATTIVE



NUCLEARE: la voce dei sostenitori

Renato Angelo Ricci, Presidente AIN, Presidente onorario SIF

Impatto ambientale degli impianti nucleari

- Il problema dei rifiuti radioattivi prodotti negli impianti nucleari si pone per quantitativi molto limitati, inferiori di molti ordini di grandezza ai quantitativi di rifiuti tossico-nocivi prodotti nelle centrali termoelettriche convenzionali e nelle attività industriali comunemente accettate.

■ Centrale nucleare da 1.000 MWe:

combustibile movimentato	20 t = <u>2 carri ferroviari all'anno</u>
rifiuti ad alta attività	2 t
rifiuti a bassa e media attività	20 t

radioattività (effluenti a lunga vita) 2 GBq

■ Centrale termoelettrica (gas, olio combustibile, carbone) da 1.000 MWe:

combustibile movimentato	1-2 Mt = <u>100 carri ferroviari al giorno (se carbone)</u>
CO ₂	4-7 Mt
CO	600-2.000 t
ossidi di zolfo	4.500-120.000 t
ossidi di azoto	4.000-27.000 t
particolati in atmosfera	1.500-5.000 t
ceneri	25.000-100.000 t
metalli pesanti nelle ceneri	1-400 t

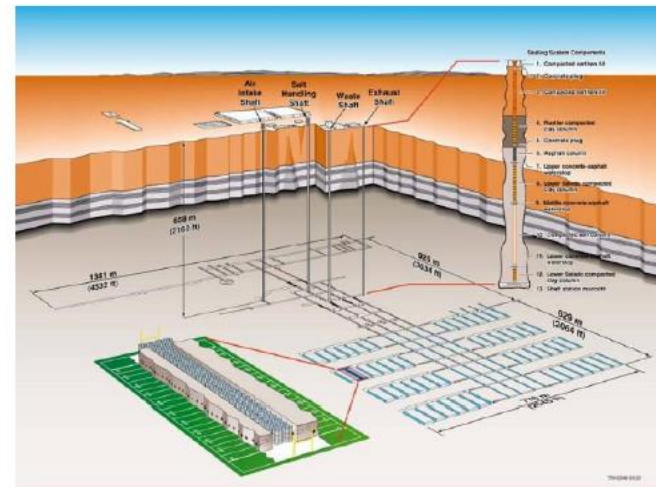
radioattività (effluenti a lunga vita) 1-50 GBq

NUCLEARE: la voce dei sostenitori

Renato Angelo Ricci, Presidente AIN, Presidente onorario SIF

Gestione dei materiali radioattivi

- Lo smaltimento dei **materiali ad alta attività** (che costituiscono solo il 5% dei materiali radioattivi prodotti) **non è un problema urgente**.
- **Possono essere stoccati** per molti anni in modo assolutamente sicuro **presso le stesse centrali o presso i depositi per i materiali a bassa e media attività**.
- Lo smaltimento definitivo è di tipo **geologico**

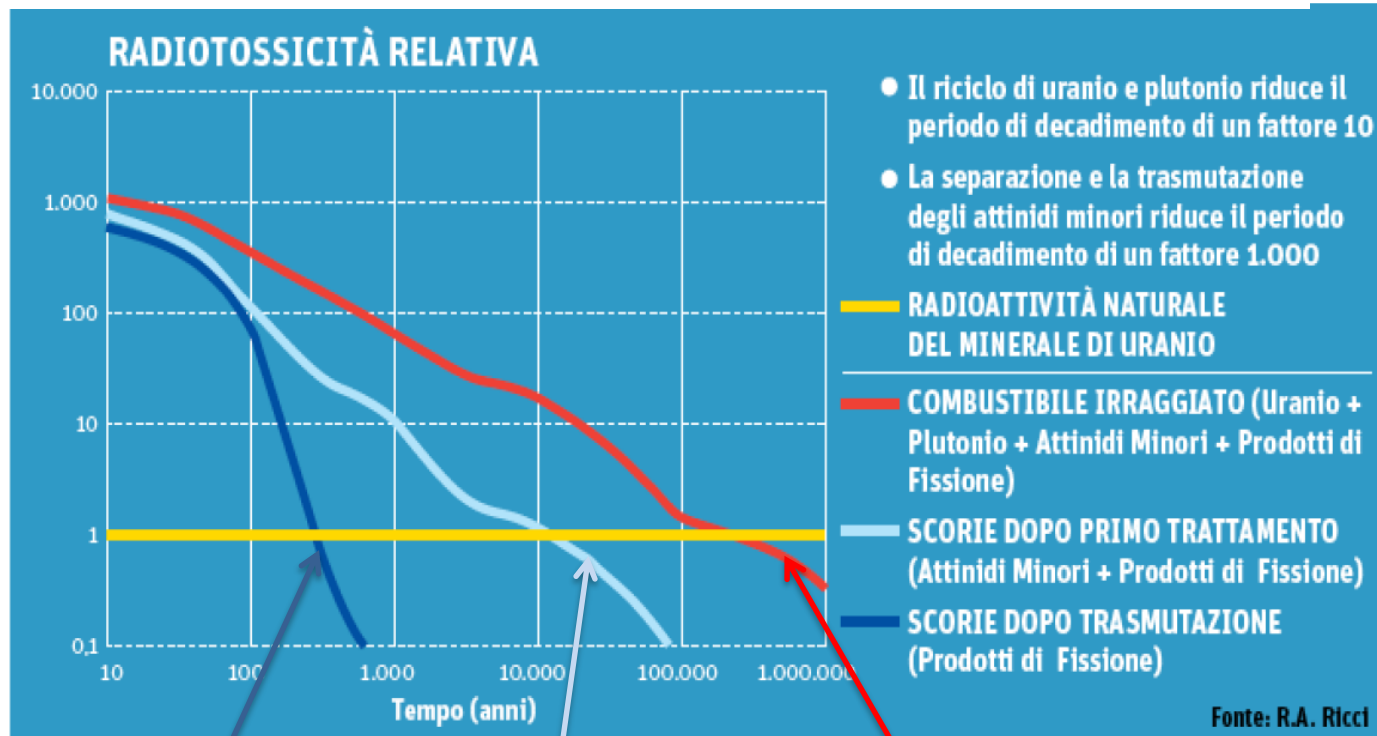


NUCLEARE: la voce dei sostenitori

Renato Angelo Ricci, Presidente AIN, Presidente onorario SIF

Gestione dei materiali radioattivi

Il problema delle scorie ad alta attività è in via di soluzione sistematica attraverso le ricerche sulla separazione e sulla trasmutazione delle componenti ad alta attività e a lunga vita. Le tecniche in fase di sviluppo in Francia, Regno Unito e Stati Uniti consentiranno di ridurre il tempo di decadimento a circa 300 anni (analogo a quello dei materiali a media attività).

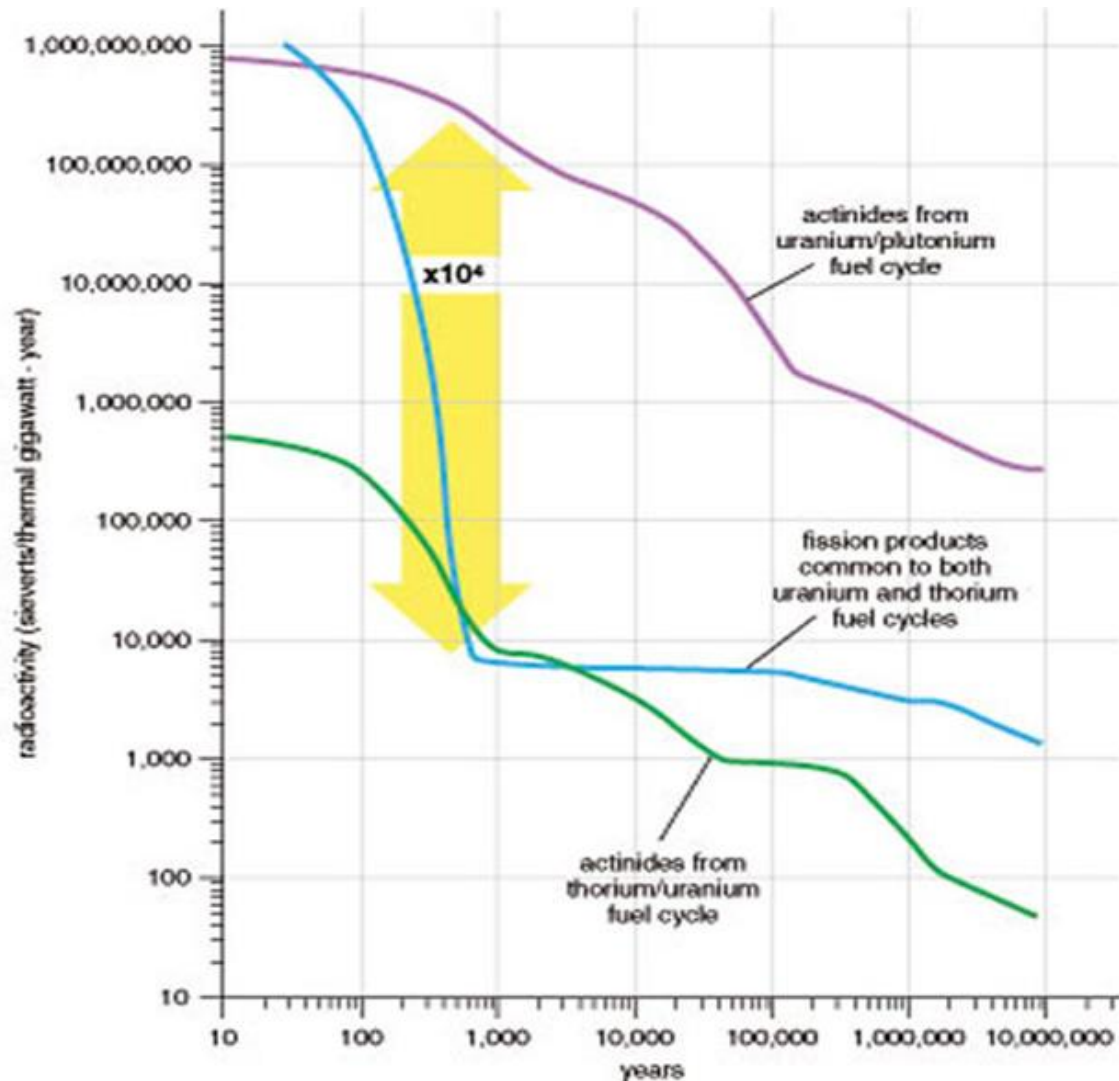


Centrali IV gen

Centrali III gen (ABWR)

Centrali II gen (PWR,BWR)

NUCLEARE: la voce dei sostenitori



NUCLEARE: la voce dei sostenitori

Renato Angelo Ricci, Presidente AIN, Presidente onorario SIF

Conclusioni

■ La tecnologia nucleare...

- ...è molto **conveniente** sul piano economico, soprattutto in Italia.
- ...è tra le più **compatibili** dal punto di vista ambientale
- ...è l'unica utilizzabile su vasta scala per **ridurre le emissioni di gas-serra**.

■ Il problema della gestione dei materiali radioattivi...

- ...è stato **tecnicamente risolto** in tutti i paesi aventi un programma elettronucleare
- ...è in via di **soluzione definitiva** attraverso le ricerche in corso

■ I reattori della terza generazione avanzata...

- ...sono **100 volte più sicuri** di quelli della terza generazione
- ...sono **più efficienti** dal punto di vista tecnico-economico

■ I reattori della quarta generazione...

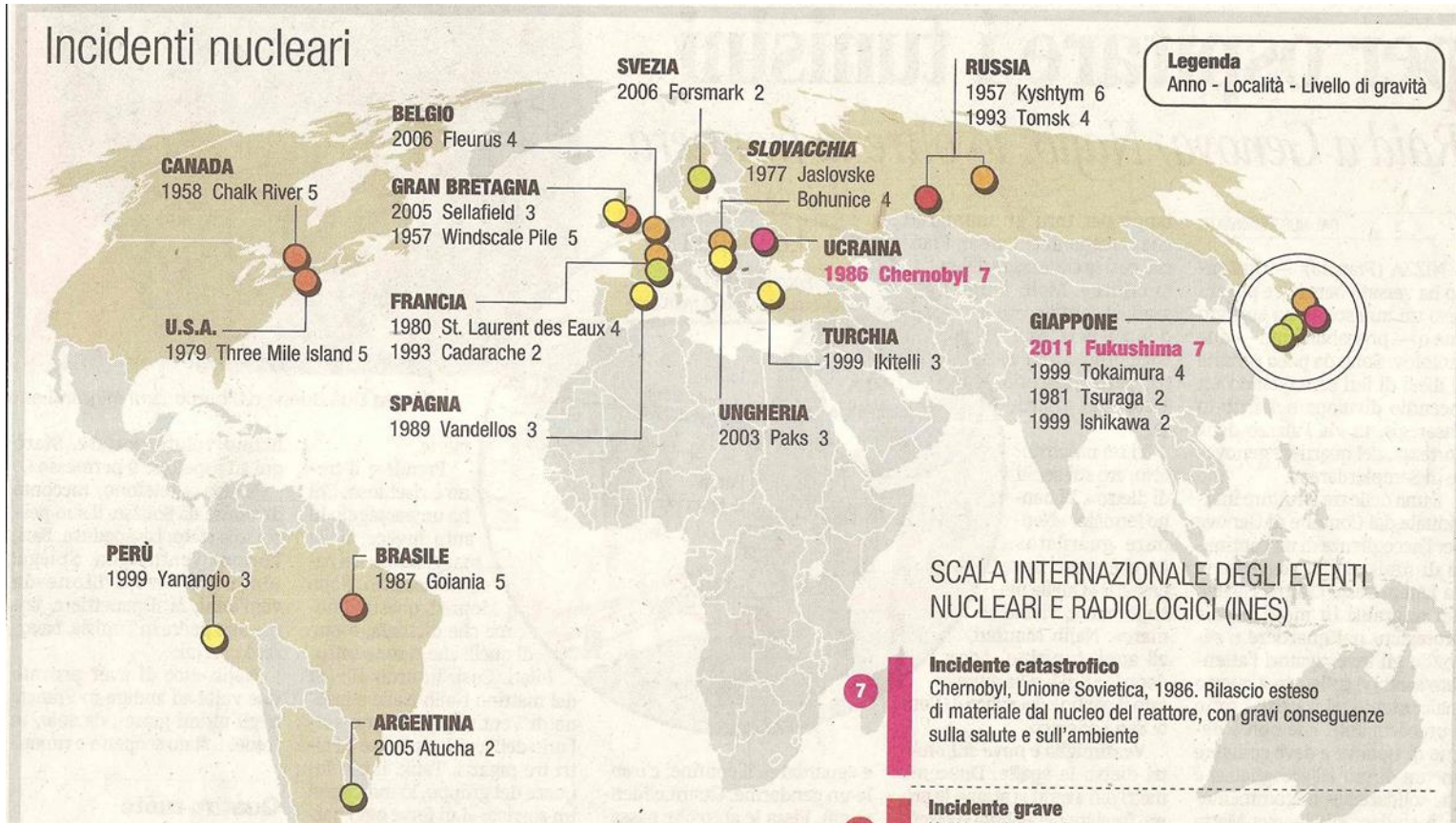
- ...non saranno disponibili prima del **2025-2030**
- ...avranno **le stesse caratteristiche di sicurezza** di quelli della terza generazione avanzata

■ Non ci sono dunque motivazioni serie per aspettare i reattori di quarta generazione.

■ La pubblica opinione italiana è abbastanza consapevole, ma...

- ...è necessaria una **infrastruttura di gestione dei materiali radioattivi**
- ...è necessaria una efficace **campagna di informazione istituzionale**

INCIDENTI NUCLEARI



Dati Associazione Italiana Nucleare al 18-3-2011	Quantità di attività rilasciata dagli impianti di Fukushima Dai-ichi		Quantità di attività rilasciata nell'incidente di Chernobyl
	Stima NISA	Stima NSC	
I ¹³¹ (a)	1.3×10 ¹⁷ Bq	1.5×10 ¹⁷ Bq	1.8×10 ¹⁸ Bq
Cs ¹³⁷	6.1×10 ¹⁵ Bq	1.2×10 ¹⁶ Bq	8.5×10 ¹⁶ Bq
Cs ¹³⁷ equivalente in I ¹³¹ (b)	2.4×10 ¹⁷ Bq	4.8×10 ¹⁷ Bq	3.4×10 ¹⁸ Bq
Totale I ¹³¹ equivalente (a)+(b)	3,7×10 ¹⁷ Bq	6.3×10 ¹⁷ Bq	5.2×10 ¹⁸ Bq

Lev 7 = 5*10¹⁶ Bq x IAEA

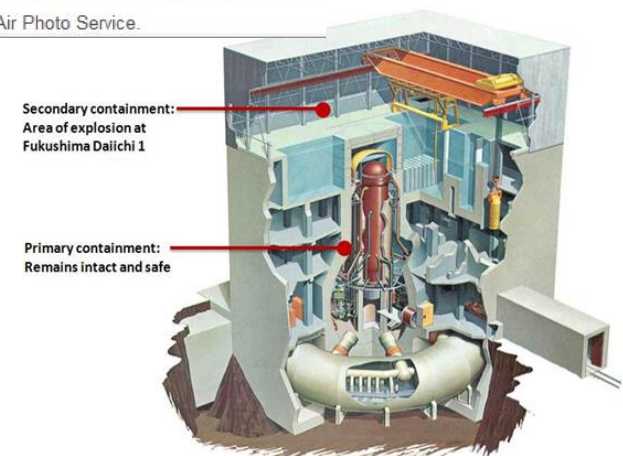
INCIDENTI NUCLEARI (Fukushima)



The four crippled reactors at Fukushima, picture from unmanned drone, 20 March. From right to left; reactors 1, 2, 3 and 4. Picture: AP/Air Photo Service.

Dati Associazione Italiana Nucleare al 18-3-2011	Quantità di attività rilasciata dagli impianti di Fukushima Dai-ichi		Quantità di attività rilasciata nell'incidente di Chernobyl
	Stima NISA	Stima NSC	
$I^{131}(a)$	1.3×10^{17} Bq	1.5×10^{17} Bq	1.8×10^{18} Bq
Cs^{137}	6.1×10^{15} Bq	1.2×10^{16} Bq	8.5×10^{16} Bq
Cs^{137} equivalente in I^{131} (b)	2.4×10^{17} Bq	4.8×10^{17} Bq	3.4×10^{18} Bq
Totale I^{131} equivalente (a)+(b)	$3,7 \times 10^{17}$ Bq	6.3×10^{17} Bq	5.2×10^{18} Bq

Lev 7 = 5×10^{16} Bq x IAEA Tsunami 11 marzo 14:46



Boiling Water Reactor Design

INCIDENTI NUCLEARI (Fukushima)

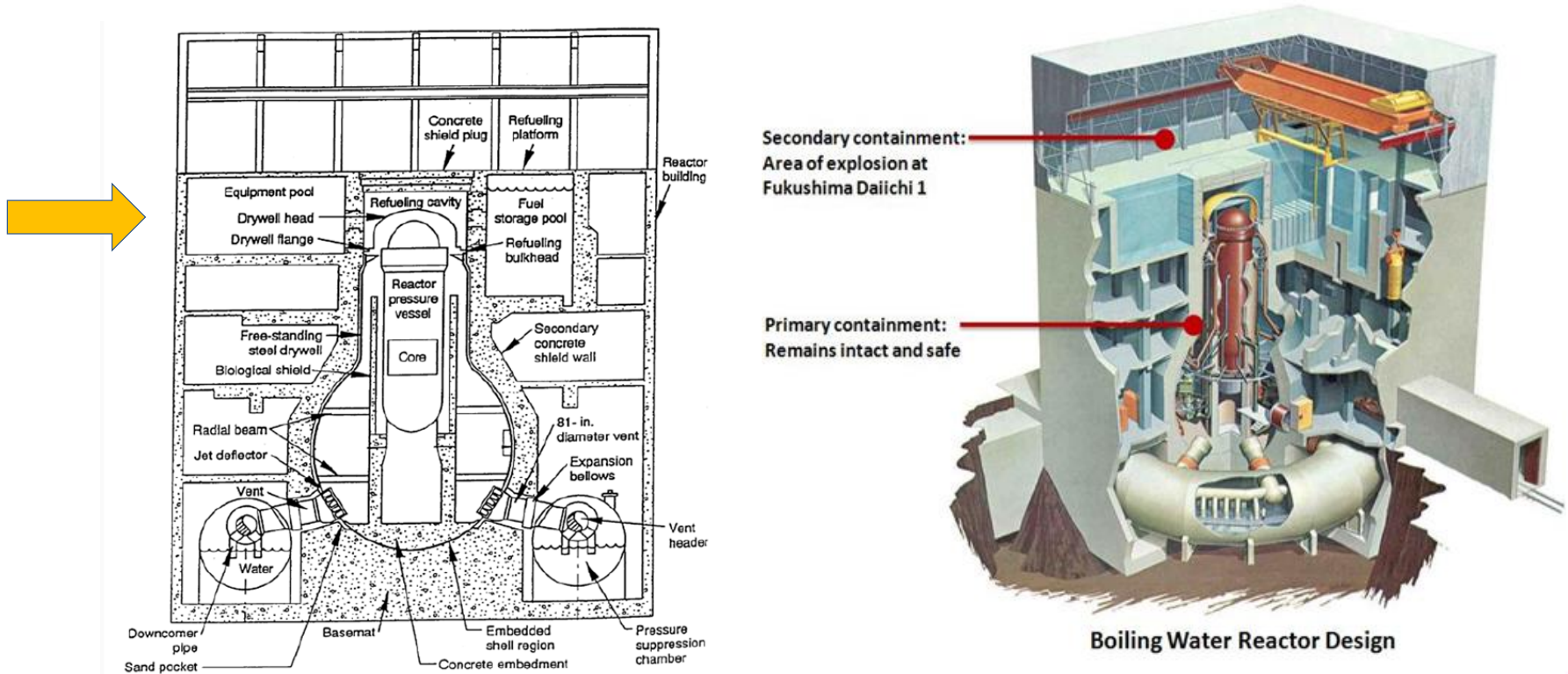
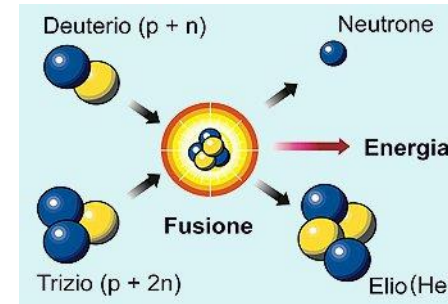
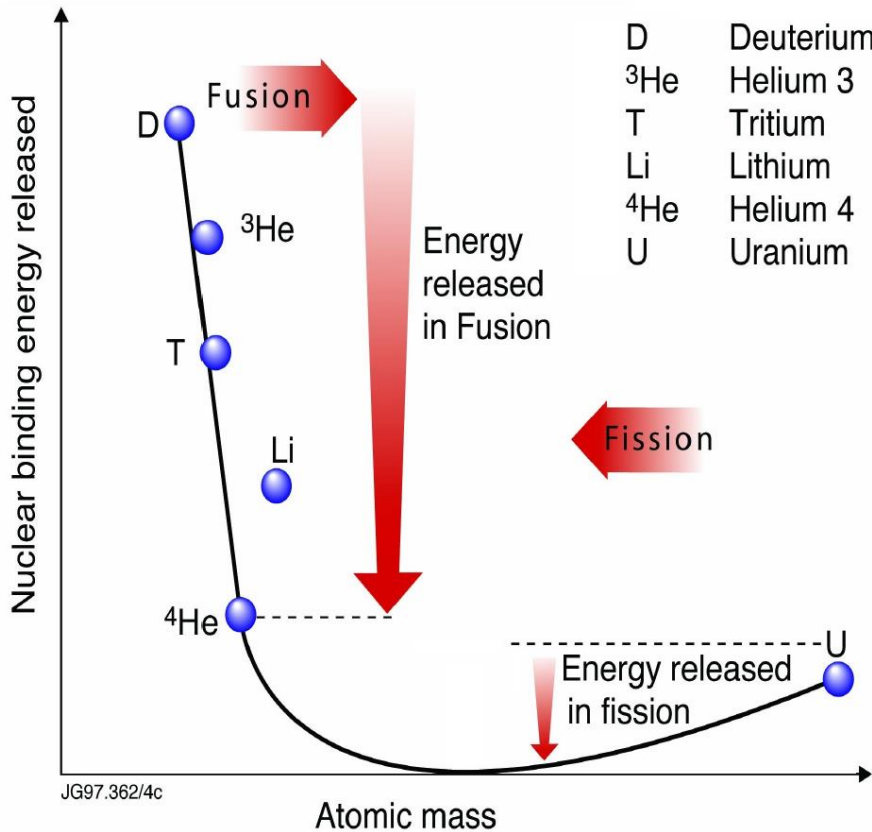
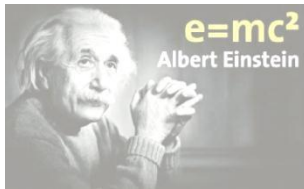


Figure 20. Mark I General Electric, GE BWR Containment.

Lev 7 = 5×10^{16} Bq x IAEA

Dati Associazione Italiana Nucleare al 18-3-2011	Quantità di attività rilasciata dagli impianti di Fukushima Dai-ichi		Quantità di attività rilasciata nell'incidente di Chernobyl
	Stima NISA	Stima NSC	
$I^{131}(a)$	1.3×10^{17} Bq	1.5×10^{17} Bq	1.8×10^{18} Bq
Cs^{137}	6.1×10^{15} Bq	1.2×10^{16} Bq	8.5×10^{16} Bq
Cs^{137} equivalente in I^{131} (b)	2.4×10^{17} Bq	4.8×10^{17} Bq	3.4×10^{18} Bq
Totale I^{131} equivalente (a)+(b)	$3,7 \times 10^{17}$ Bq	6.3×10^{17} Bq	5.2×10^{18} Bq

FUSIONE NUCLEARE – BARRIERA D'INGRESSO



LA FUSIONE è UNA SORGENTE RINNOVABILE

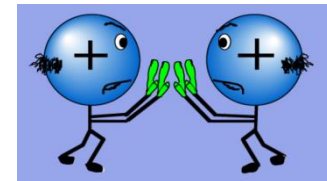
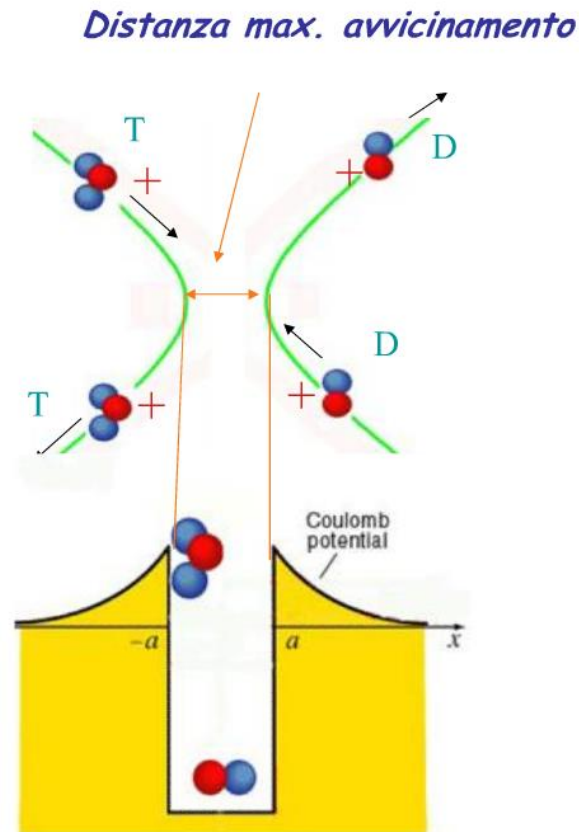
L'uso dello 0.1% delle risorse di **DEUTERIO** garantirebbe l'attuale livello di consumo di energia elettrica per circa 200 milioni di anni...

L'uso dello 5% delle risorse di **LITIO** garantirebbe l'attuale fabbisogno di energia elettrica per circa 2000 anni... (serve per estrarre il trizio)

FUSIONE NUCLEARE – BARRIERA D'INGRESSO

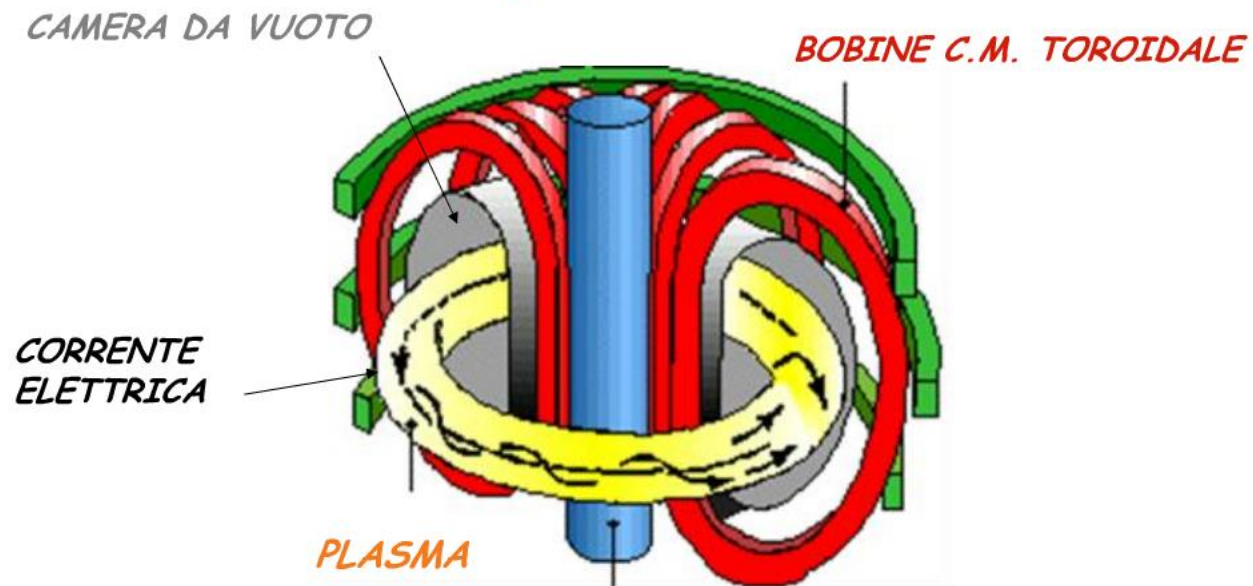
Per fondere due nuclei
devono vincere
la repulsione elettrica.

e portarsi a una distanza
così piccola (10^{-14} m) da far
entrare in gioco la forza
nucleare attrattiva.

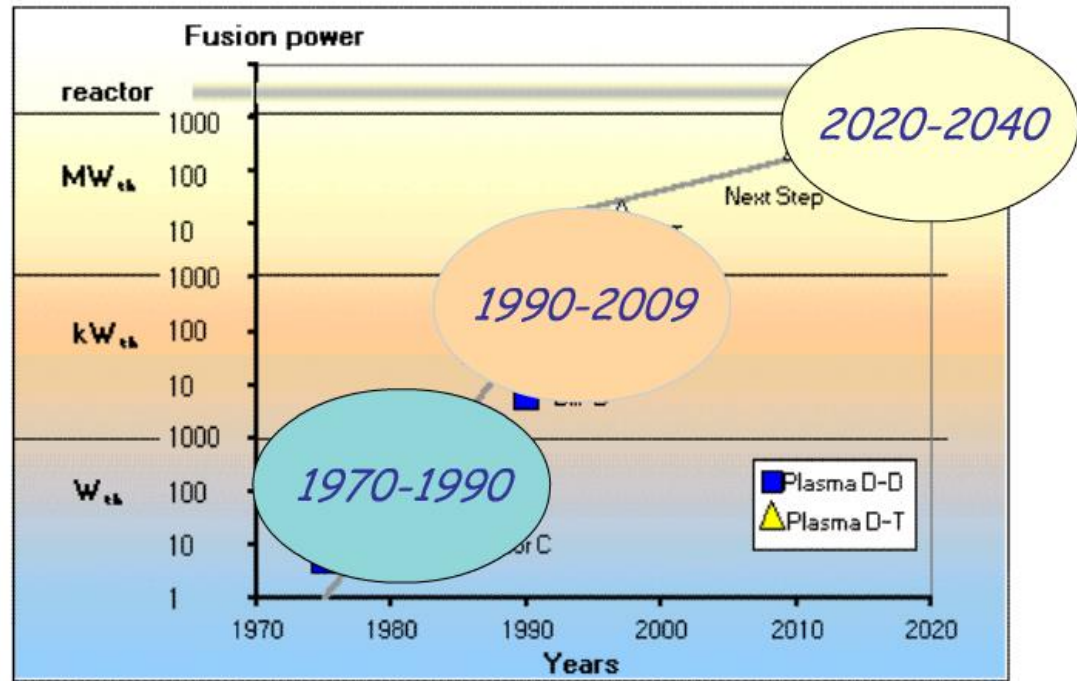
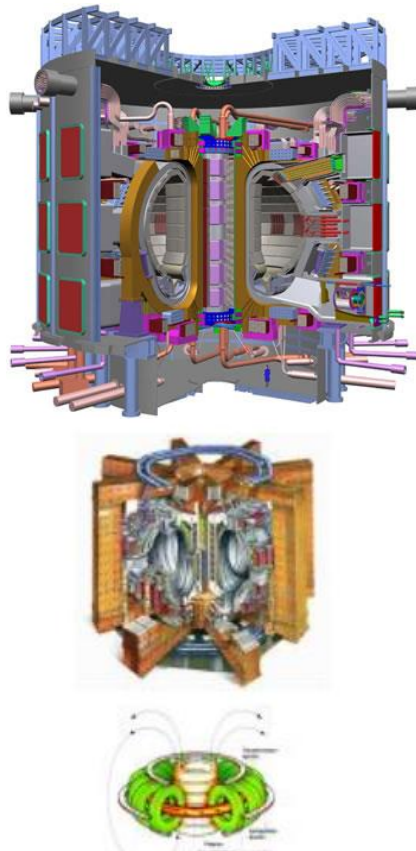


FUSIONE NUCLEARE – CONFINAMENTO TOKAMAK

Il tokamak e' una configurazione magnetica toroidale atta a confinare il plasma



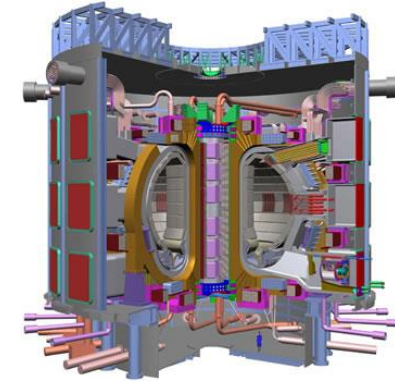
FUSIONE NUCLEARE: LA LUNGA RICERCA



FUSIONE NUCLEARE: PROGETTO ITER



Parigi 26 nov 2006



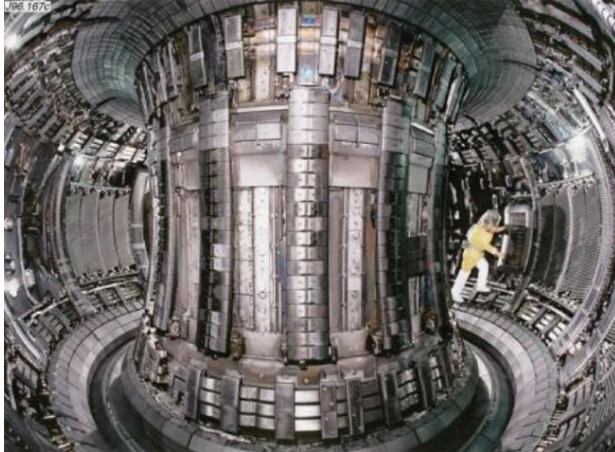
Timeline

Date	Event
2006-11-21	Seven participants formally agreed to fund the creation of a nuclear fusion reactor. ^[9]
2008	Site preparation start, ITER Itinerary start ^{[12][Full citation needed]}
2009	Site preparation completion ^{[12][Full citation needed]}
2010	Tokamak complex excavation start ^[citation needed]
2011	Predicted: Tokamak complex construction start ^[12]
2015	Predicted: Tokamak assembly start ^[12]
2018	Predicted: Tokamak assembly completion, start torus Pump down ^[12]
November 2019	Predicted: Achievement of first plasma ^[18]
2026	Predicted: Start of deuterium-tritium operation ^[18]
2038	Predicted: End of project



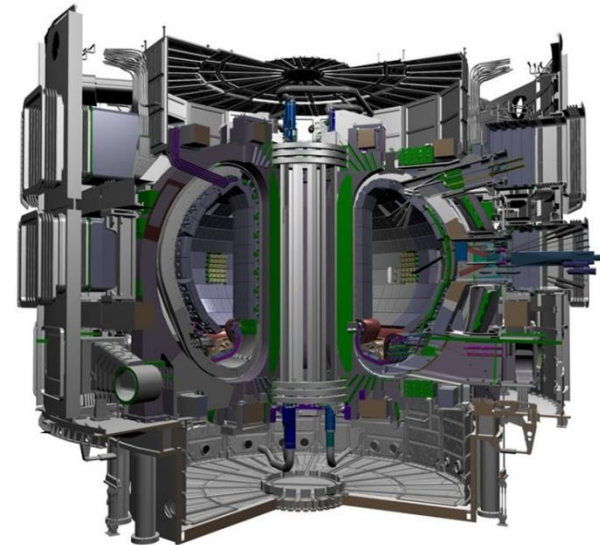
RFX: UNIPD-INFN - Acciaierie Venete SpA

FUSIONE NUCLEARE: PROGETTO ITER



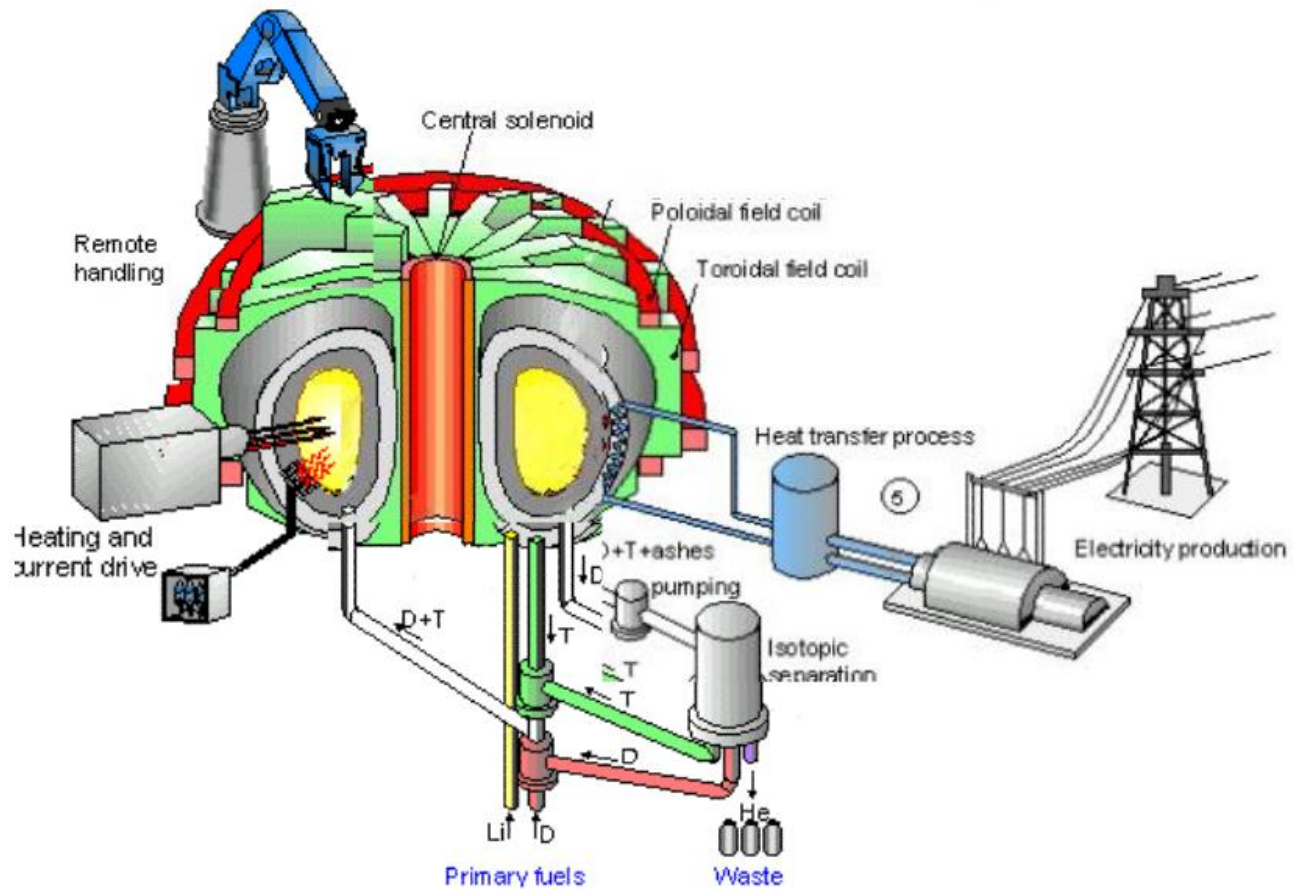
Potenza totale di fusione	500 MW
$Q = \text{Pot. Fusione}/\text{Pot. Riscald.}$	10
Durata della scarica	300 s
Raggio maggiore del toro	6,2 m
Raggio minore del toro	2 m
Corrente di plasma	15 MA
Intensità campo toroidale BT	5,3 T
Volume del plasma	837 m³
Superficie del plasma	678 m²
Temperatura tipica	20 keV

Total cost: 5 B€



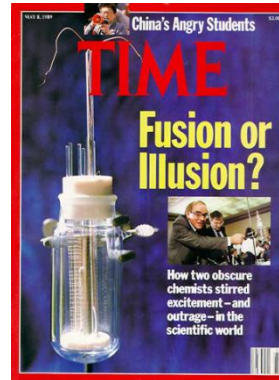
Obiettivo ITER: dimostrazione della fattibilità scientifica e tecnica di un reattore a fusione nucleare di dimensioni paragonabili a quelli di una centrale elettrica convenzionale

FUSIONE NUCLEARE: SCHEMA CENTRALE ELETTRICA



FUSIONE NUCLEARE fredda

1989 Pons & Fleischmann



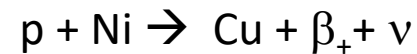
2011 Rossi & Focardi



(19) **United States**
 (12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2011/0005506 A1**
 Rossi (43) **Pub. Date: Jan. 13, 2011**

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR CARRYING OUT NICKEL AND HYDROGEN EXOTHERMAL REACTION** (30) **Foreign Application Priority Data**
 Apr. 9, 2008 (IT) MI2008A 000629

(76) **Inventor: Andrea Rossi, Roma (IT)** (51) **Int. Cl.**
Publication Classification



4 BUONE RAGIONI PER UN **SI** ABROGATIVO

IL NUCLEARE È PERICOLOSO

Il governo Berlusconi vuole utilizzare una tecnologia vecchia e non sicura per costruire centrali che comincerebbero a funzionare solo dopo il 2020.

IL NUCLEARE È COSTOSO

Ci sono costi enormi per costruire una centrale nucleare, smaltire le scorie radioattive, smantellare la centrale a fine ciclo. È così costoso che i privati chiedono garanzie

IL NUCLEARE PRODUCE RIFIUTI RADIOATTIVI

Non esistono depositi sicuri per le scorie. L'Italia non sa ancora dove smaltire quelle prodotte dalle centrali chiuse negli anni Ottanta.

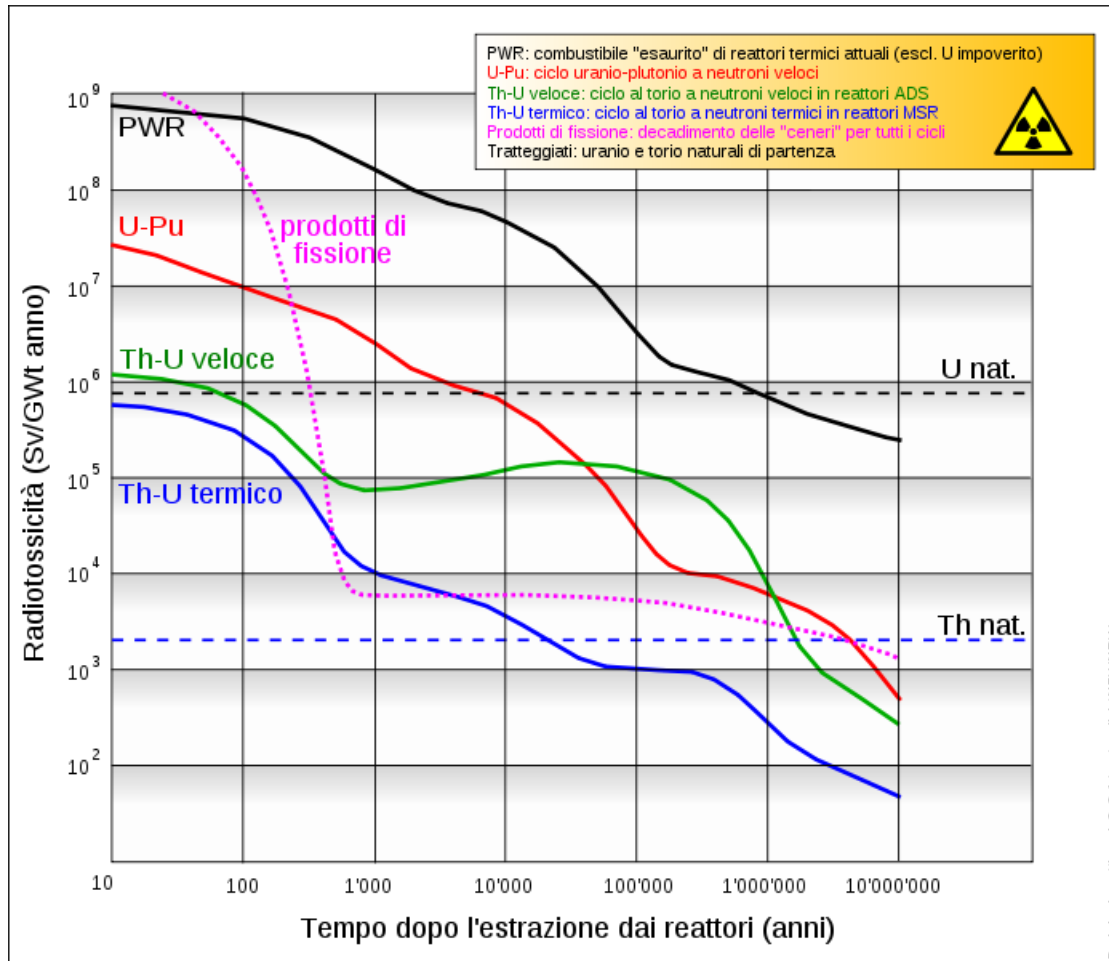
L'ITALIA NON HA BISOGNO DEL NUCLEARE

Quattro centrali produrrebbero meno del 5% del fabbisogno energetico nazionale. Oltre a importare petrolio e gas bisognerebbe importare anche uranio, altro che autosufficienza.

LE NOSTRE PROPOSTE

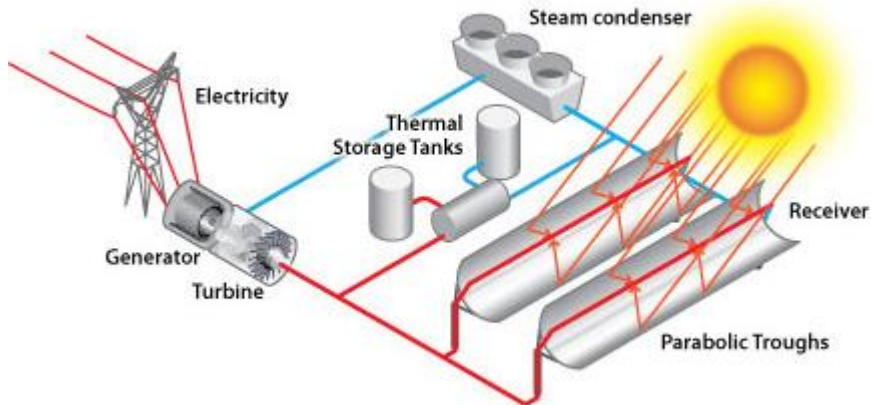
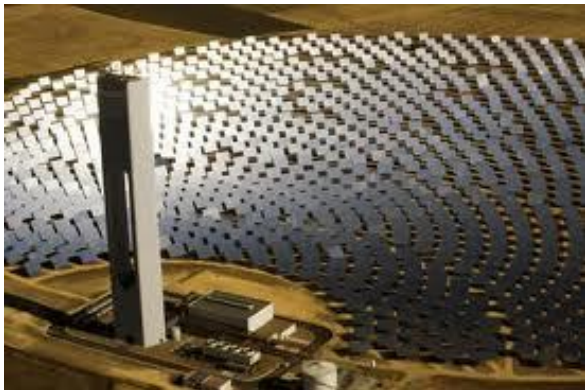
Economia verde per lo sviluppo. Sì all'efficienza energetica e alle fonti rinnovabili per creare posti di lavoro e migliorare l'ambiente guardando al futuro

NUCLEARE: la voce dei sostenitori

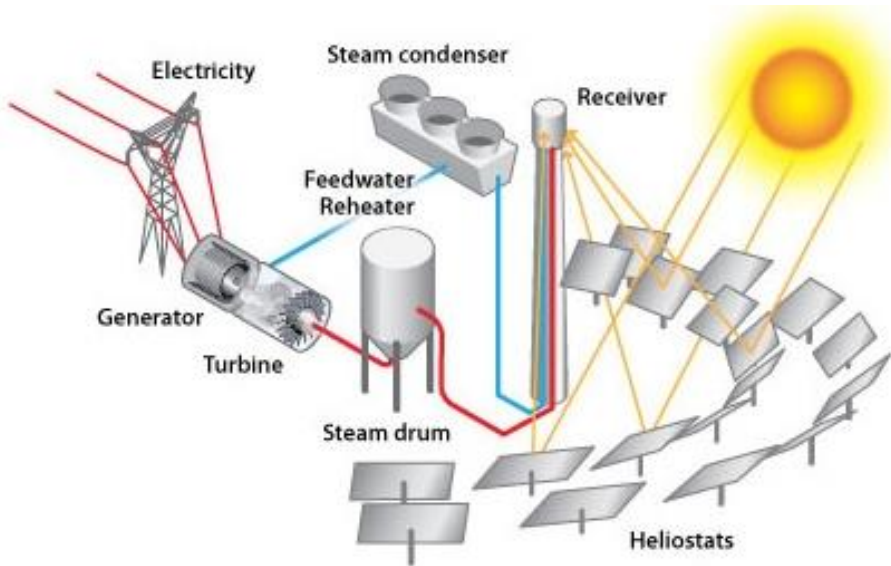


Radiotossicità (in **sievert** per gigawatt termico all'anno) del combustibile esausto scaricato dai reattori per diversi cicli del combustibile, in funzione del tempo a partire dal momento dell'estrazione dal reattore. È altresì indicato l'andamento dei prodotti di fissione (approssimativamente simile per tutti i cicli) e la radiotossicità dell'**uranio** naturale e del **torio 232** di partenza. Si noti che i cicli all'uranio determinano scarichi nettamente più radiotossici e di lunga vita rispetto ai cicli al torio, e che gli attuali reattori (2° e 3° gen. ad uranio) determinano i risultati di gran lunga peggiori con ben un milione di anni per ridurre la radiotossicità al valore dell'uranio di partenza. Per dare un'idea del valore di un sievert, si tenga presente che la dose che in media un uomo assorbe in un anno per esposizione alla radioattività naturale è di 0,0024 Sv.

CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER



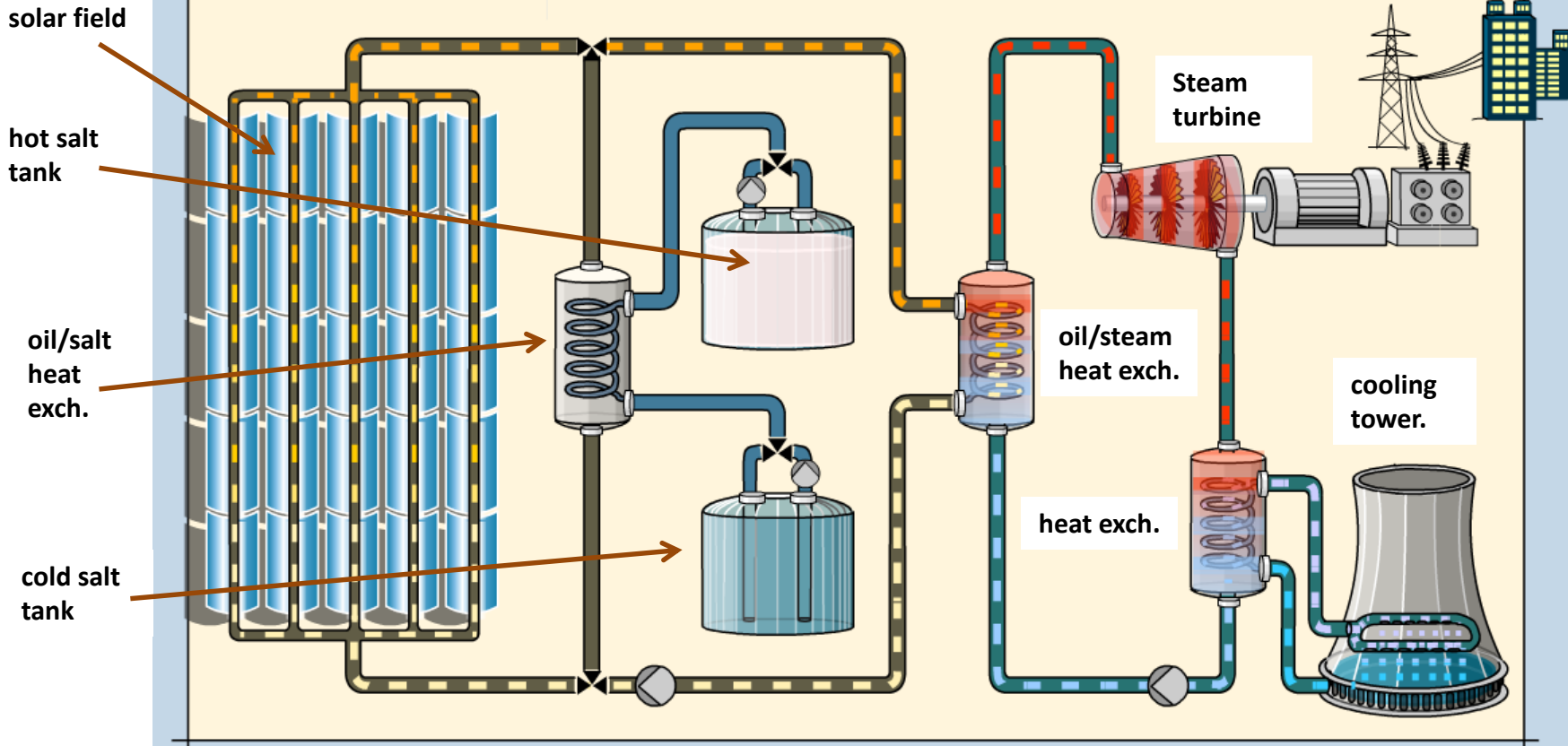
A linear concentrator power plant using parabolic trough collectors.



A power tower power plant.



CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER

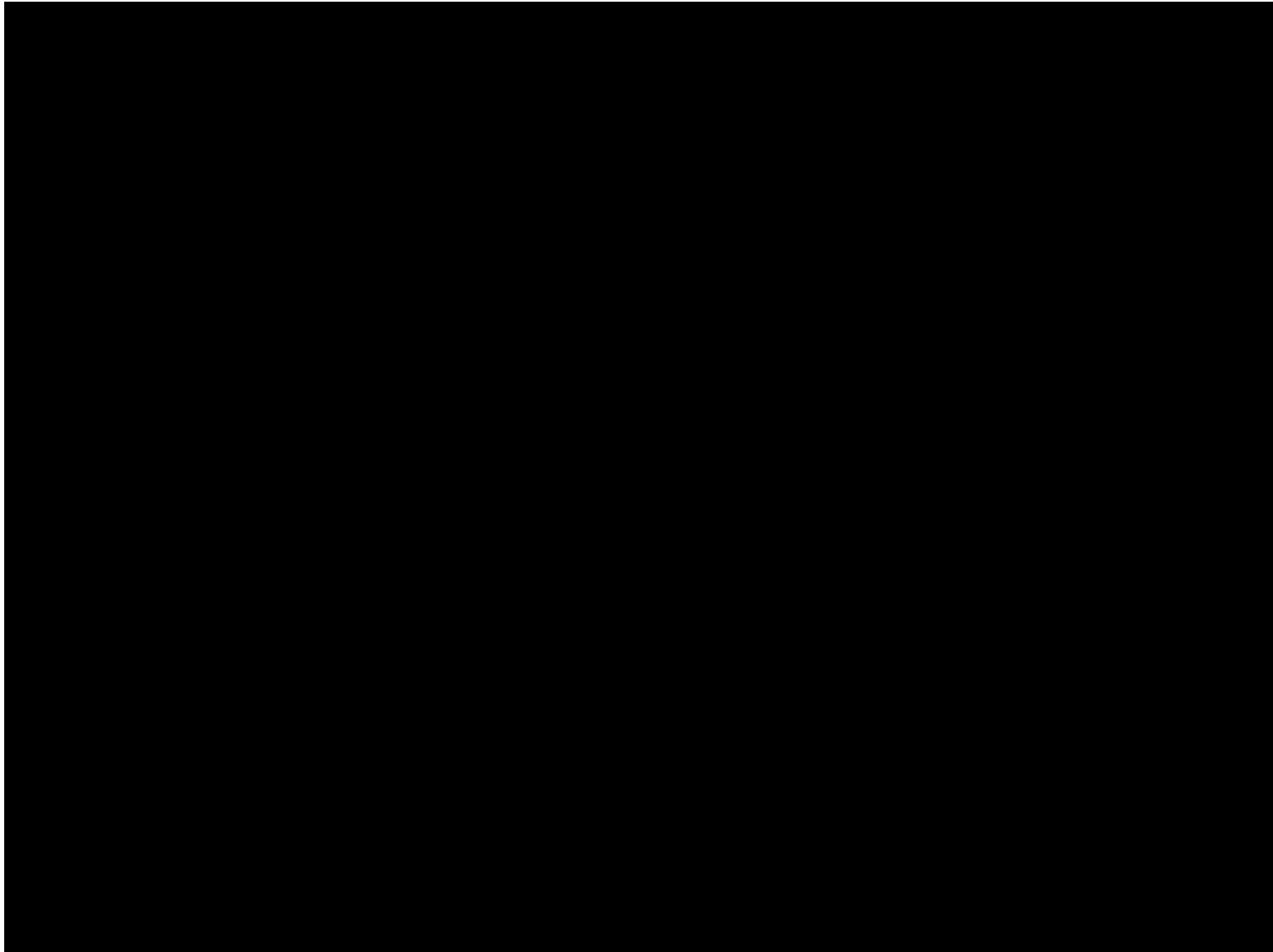


During the day

If sun radiation is strong enough, the solar field supplies sufficient energy to generate electricity and fill up the storage system simultaneously. The storage system is filled with liquid salt. It consists of a "hot" tank (appr. 380°C) and a "cold" one (appr. 280°C). When the storage system is being filled up, cold salt is pumped into the hot tank through an oil to salt heat exchanger.



CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER



CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER



Nine Solar Thermal Projects that bring Green Jobs and Clean Energy to California

More than **4,300** megawatts of solar power will be added if all nine projects are approved. The [high priority](#) projects are:

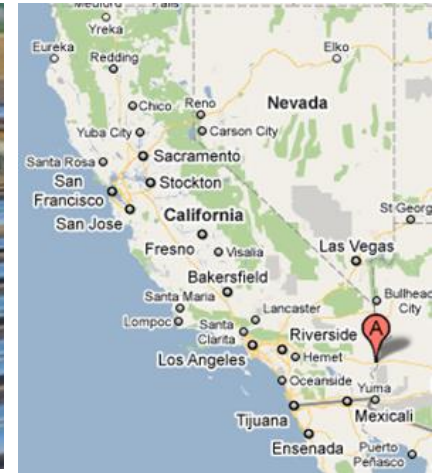
1. The 250 MW Abengoa Mojave **Solar Project**
2. the 250 MW Beacon **Solar Energy Project**;
3. the 1000 MW Blythe **Solar Power Project**;
4. the 850 MW Calico **Solar Project**;
5. the 250 MW Genesis **Solar Energy Project**;
6. the 709 MW Imperial Valley **Solar Project**;
7. the 370 MW Ivanpah **Solar Electric Generating System Project**;
8. the 500 MW Palen **Solar Power Project**;
9. the 150 MW Rice **Solar Energy Project**.

The project would start construction in the fourth quarter of 2010, with commercial service by the first quarter of 2013.

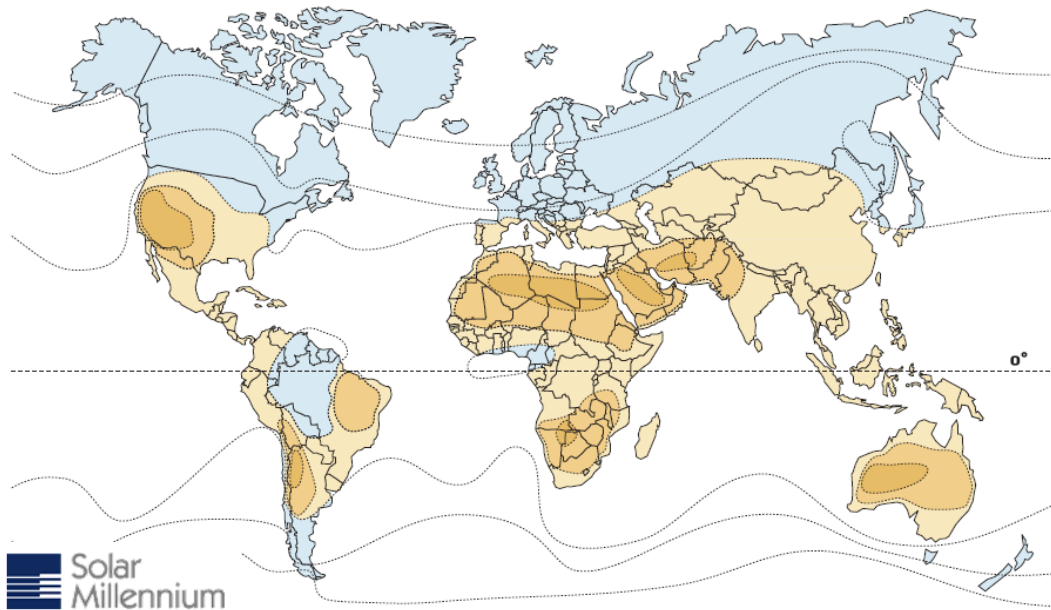
CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER (BLYTHE)

THE BLYTHE SOLAR POWER PROJECT

- Potenza 1000 MW
- Investimento 6 miliardi \$
- Inizio 25-10-2010 Fine Q4-2013
- 1100 posti di lavoro x 5 anni
- 220 manutentori per 30 anni
- minori emissioni CO2 per 884.000 t
- ingombro: 28 km²



CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER (Andalusia 1-2-3)



THE ANDASOL SOLAR POWER PROJECT

- Potenza 50 MW ciascuna
- Investimento 300 M€ ciascuna
- 1 e 2 in esercizio dal 2009
- ingombro: 2 km² ciascuna
- Andasol 3 in esercizio nel 2011



CSP - CONCENTRATING SOLAR POWER (PRIOLO)

ENEL A PRIOLO INAUGURA LA CENTRALE "ARCHIMEDE"

- *Prima al mondo a usare la tecnologia dei sali fusi integrata con un impianto a ciclo combinato.*

Roma, 14 luglio 2010 – Enel ha inaugurato oggi, a Priolo Gargallo (Siracusa), la centrale solare termodinamica "Archimede".

.....

I sali fluidi utilizzati sono composti da una miscela di nitrati di sodio e potassio che hanno la proprietà di accumulare il calore per tempi prolungati.

La capacità dell'impianto solare centrale è di circa 5 MW di energia elettrica, con un risparmio all'anno di 2.100 tonnellate equivalenti di petrolio, riducendo le emissioni di anidride carbonica per circa 3.250 tonnellate.

L'impianto solare termodinamico è costituito da un campo composto da circa 30.000 metri quadrati di specchi (collettori parabolici) che concentrano la luce del sole su 5.400 metri di tubazioni percorse dal fluido. L'energia termica raccolta produrrà vapore ad alta pressione che, convogliato nelle turbine della centrale, consentirà la produzione di energia elettrica, riducendo il consumo di combustibili fossili e migliorando, di conseguenza, le prestazioni ambientali dell'attuale impianto a ciclo combinato.

.....

L'impianto è chiamato "Archimede" per gli enormi specchi parabolici in fila per "catturare" i raggi del sole, che ricordano gli "specchi ustori" di Archimede con i quali lo scienziato avrebbe incendiato le navi romane che assediavano Siracusa durante la guerra punica del 212 a.C.



+5 MW
-2.100 tep
-3.250 t CO2

??????

Estratto da comunicato stampa Enel (-2400)

(-7300)



SITI NUCLEARI vs CAMPI SOLARI (Andasol images)



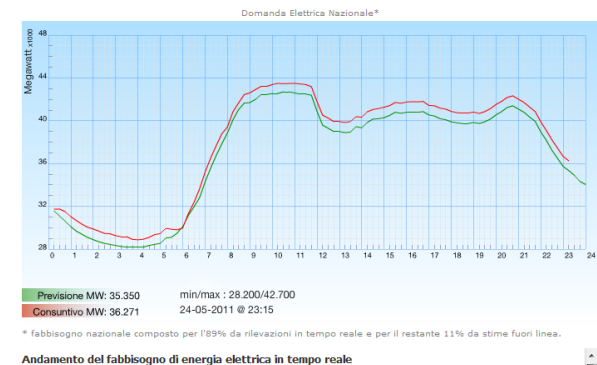
 Solar
Millennium



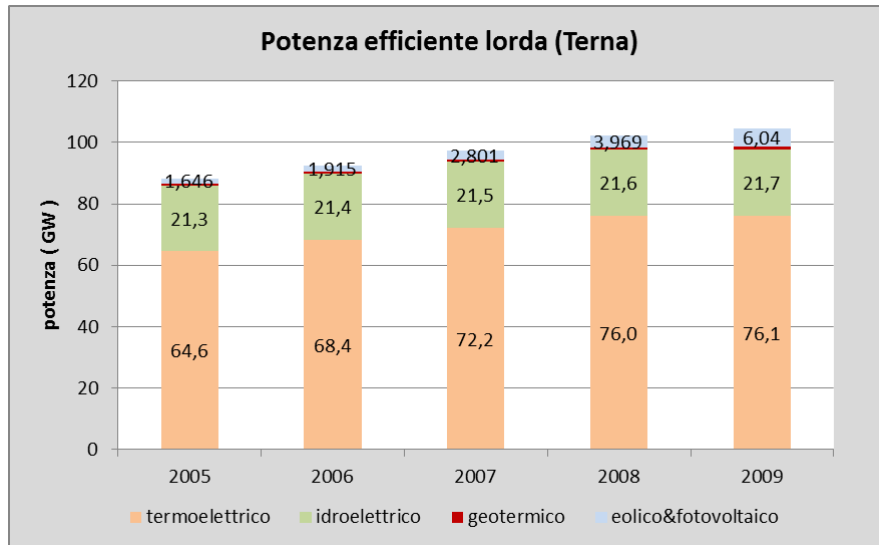
SITI NUCLEARI vs CAMPI SOLARI (Concepts)

4 unità EPR da **1.600 MWe** prima unità 2013-2020

- Fotovoltaico è energia distribuita
- Solare termico CSP è energia centralizzata
- Tutta l'energia elettrica è comunque in rete
- Si possono fare centrali CSP con potenze paragonabili a quelle nucleari (a costo minore)
- Maggiori ingombri campi solari → Distribuzione sul territorio di centrali solari più piccole.
- 1,6X4 GW con 32 centrali da 200 MW con 8 kmq di ingombro ciascuna
- 4 siti nucleari contro 32 campi solari
- Lo scambio con l'estero si fa per i picchi di potenza (diurni) e il solare è quello che serve



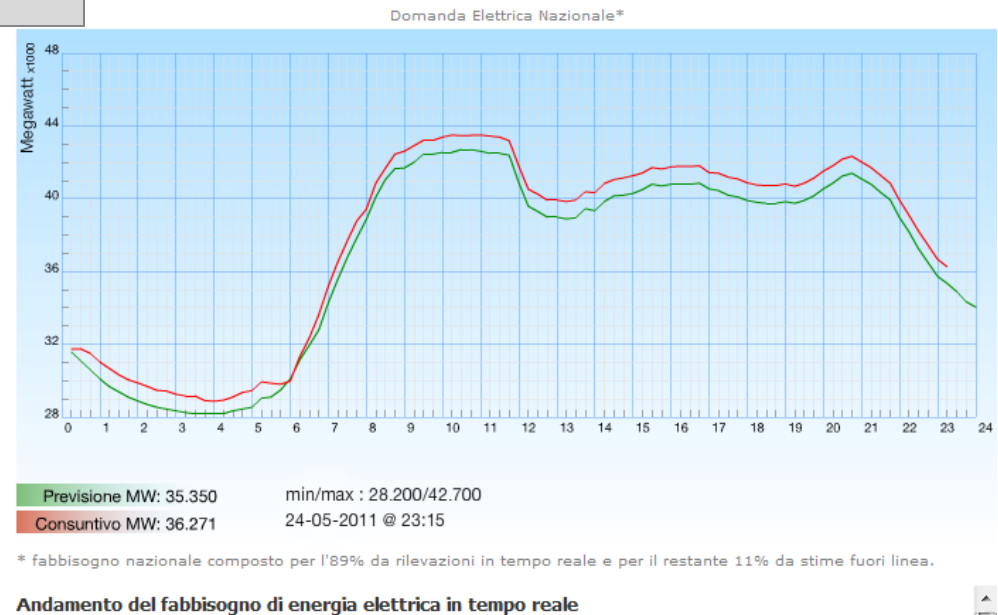
SITI NUCLEARI vs CAMPI SOLARI (potenza istantanea)



La potenza erogabile è potenzialmente più del doppio del picco giornaliero medio

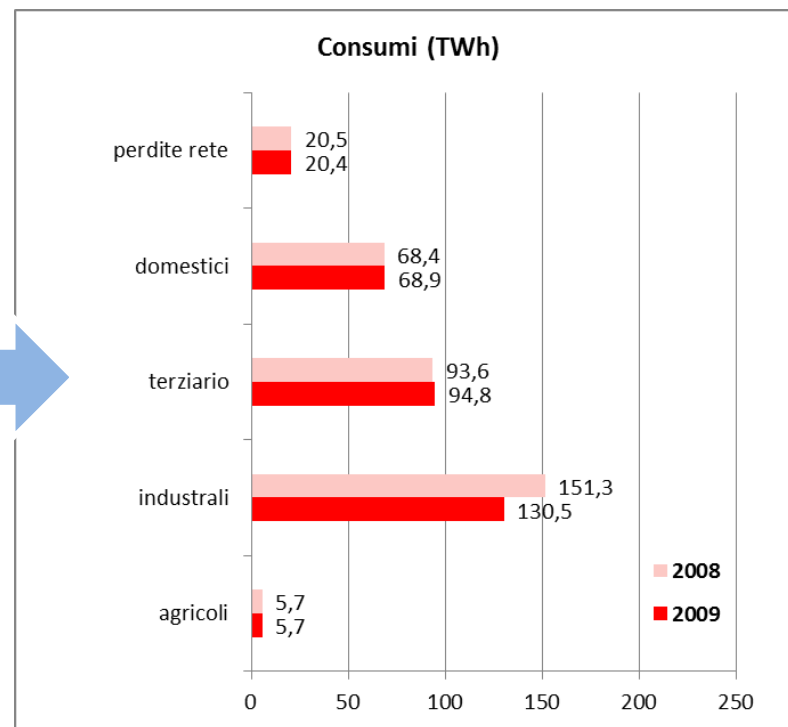
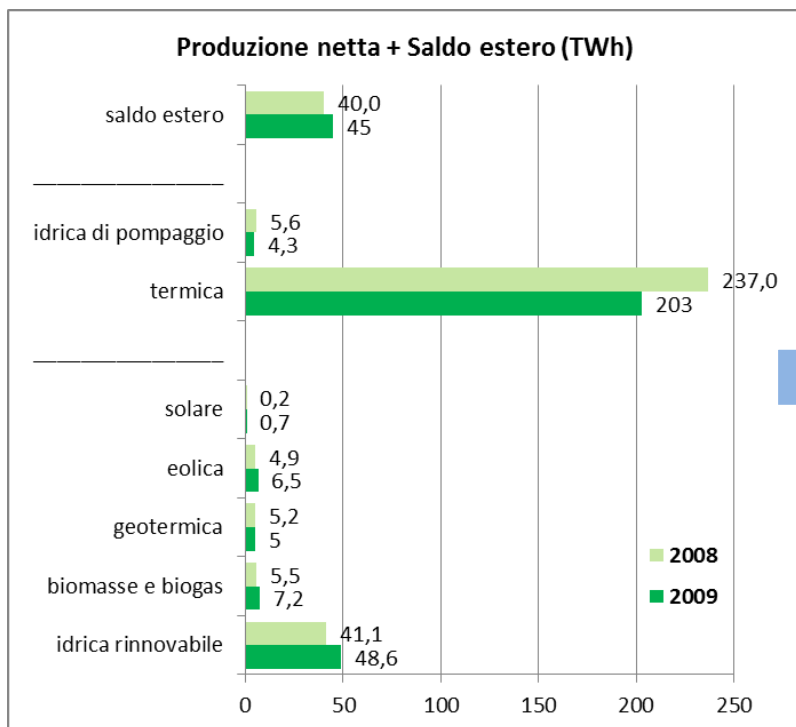
R&D in efficienza gestionale ?

- CSP solare termico 25-35 W/m²
- Fotovoltaico monocristallino 150 W/m²
- Fotovoltaico policristallino 100 W/m²
- Fotovoltaico film 70 W/m²
- 1600 MW centrale nucleare, or
- 8 centrali CSP 200 MW 5 km², or
- 530.000 fotovoltaici domestici 3 kW



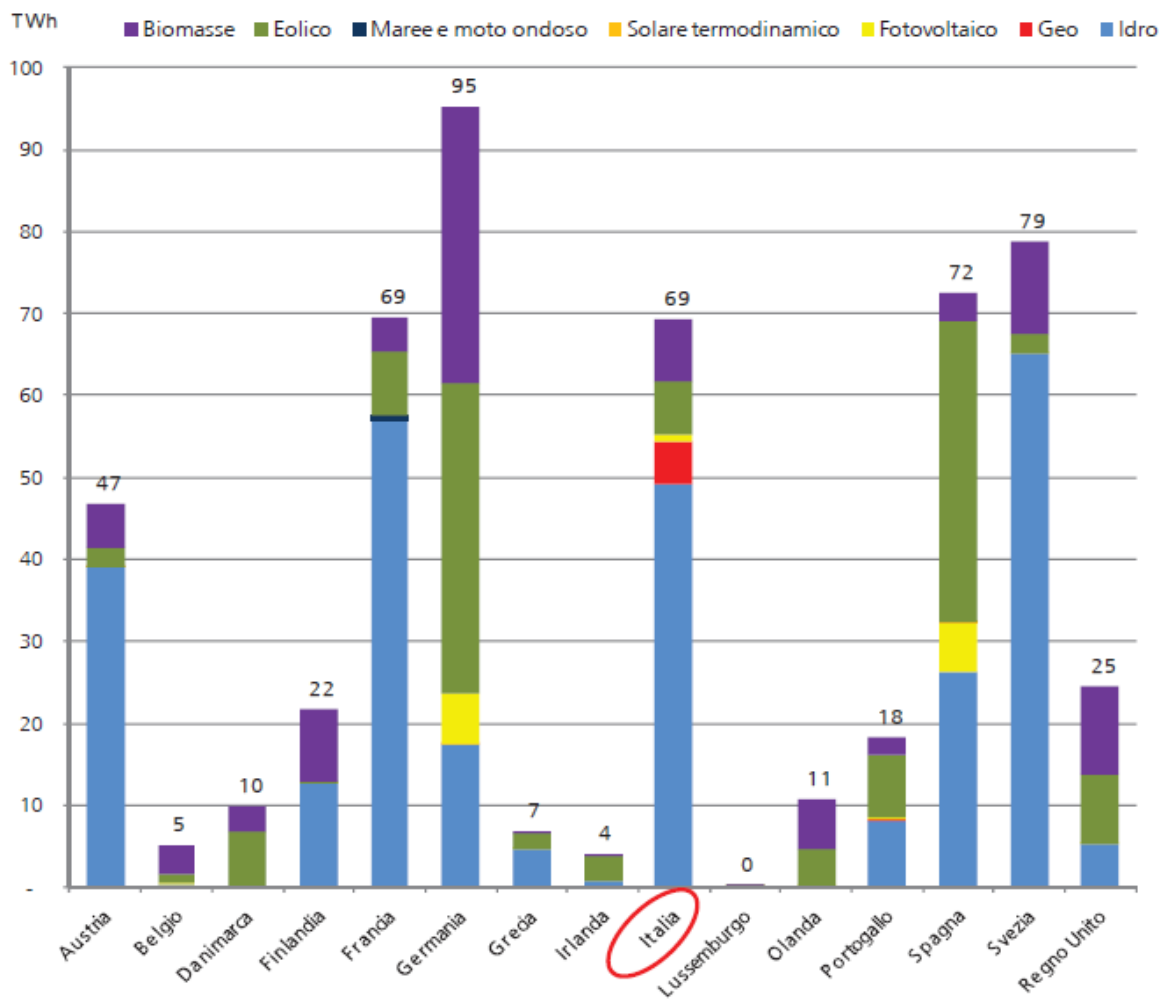
GSE - BILANCIO ELETTRICO NAZIONALE 2008 e 2009

Elaborazione dati GSE.

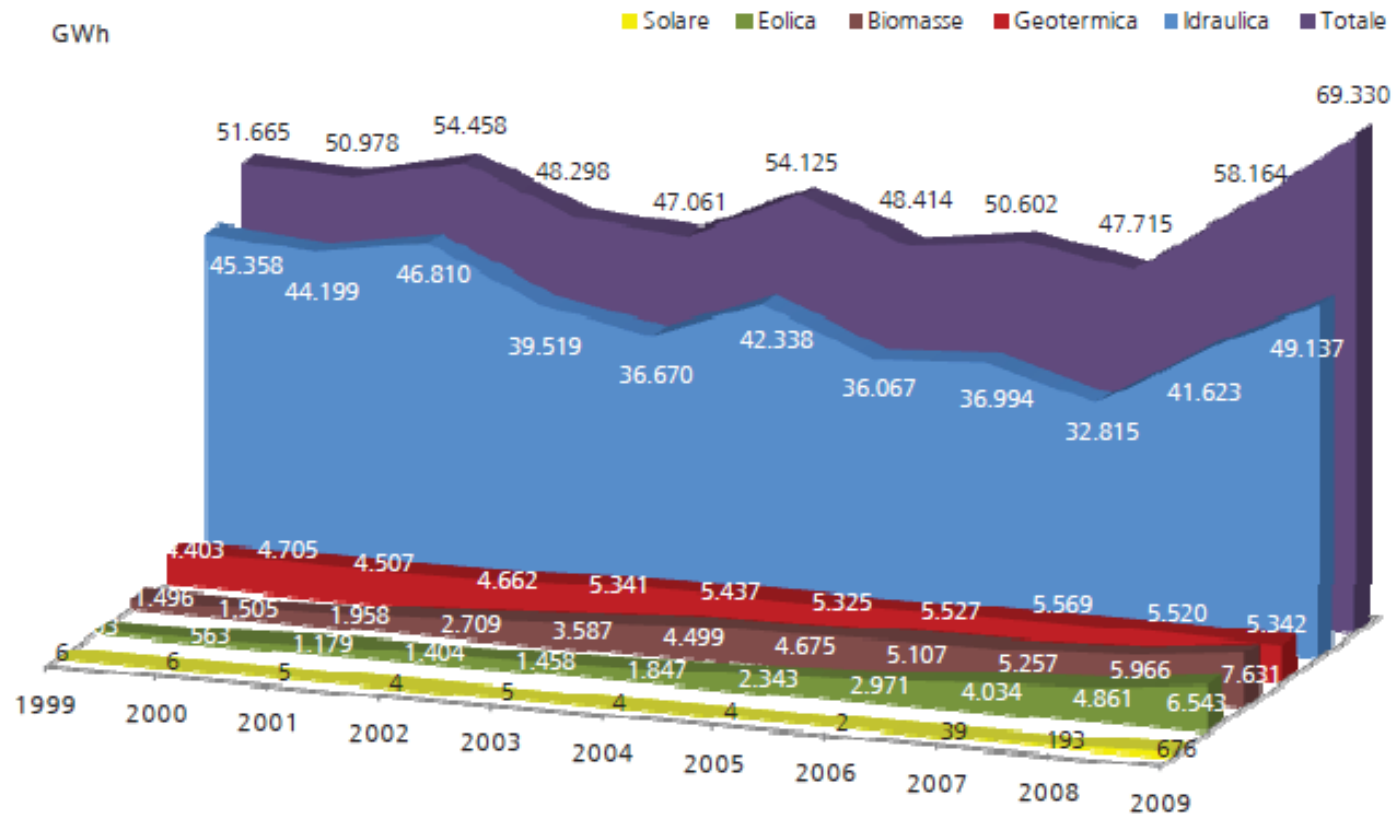


2008 - 339,5 TWh saldo estero 11,8% non rinnovabili 71,5% rinnovabili 16,7%
2009 - 320,3 TWh saldo estero 14,1% non rinnovabili 64,7% rinnovabili 21,2%

EU - ENERGIA ELETTRICA DA RINNOVABILI NEL 2009

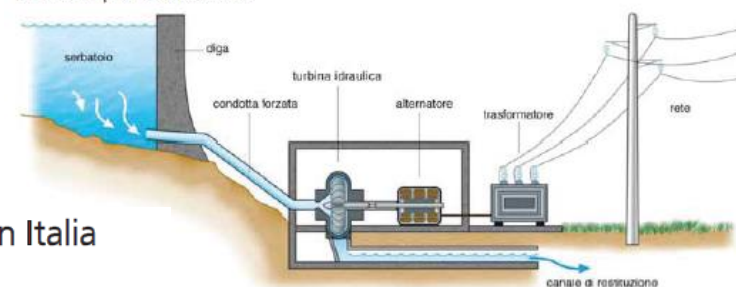


IT - ENERGIA ELETTRICA DA RINNOVABILI 1999-2009

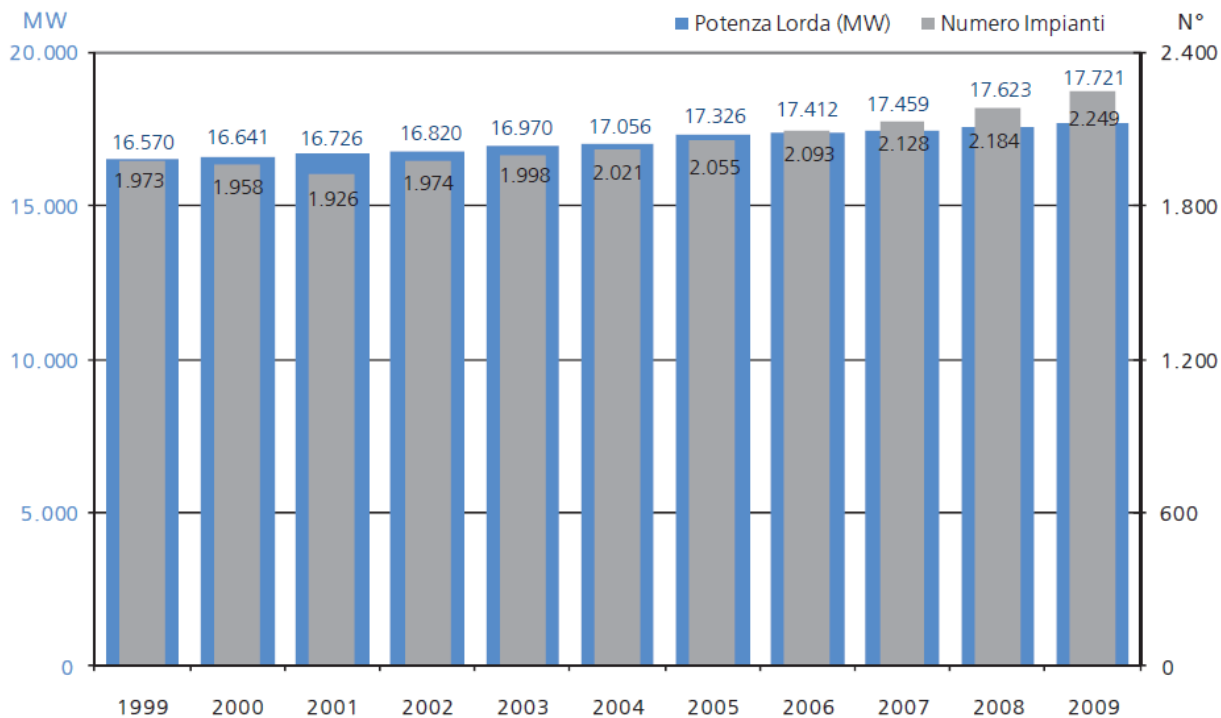


IT - ENERGIA IDROELETTRICA 1999-2009

Schema impianto idroelettrico



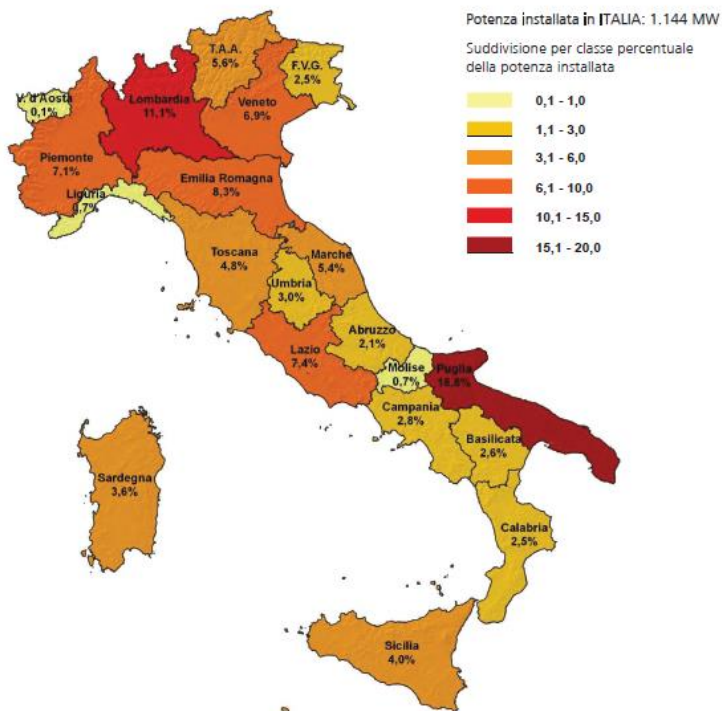
Evoluzione della numerosità e della potenza degli impianti idroelettrici in Italia



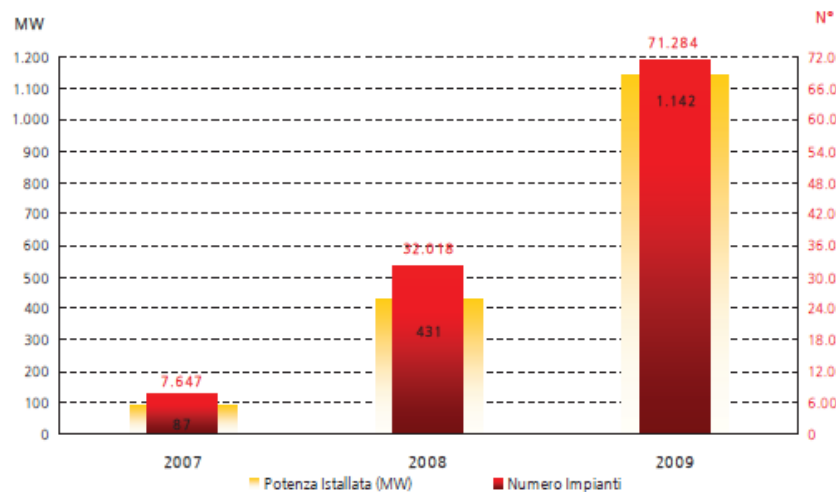
P₂₀₀₉ = 11,0 EPR

IT - ENERGIA ELETTRICA DA FOTOVOLTAICO NEL 2009

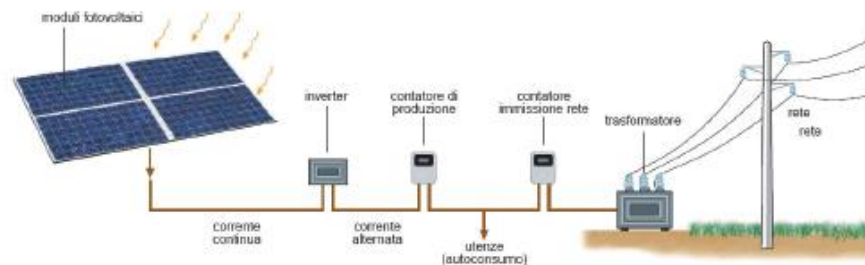
Distribuzione regionale % della potenza fotovoltaica a fine 2009



Evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti fotovoltaici in Italia

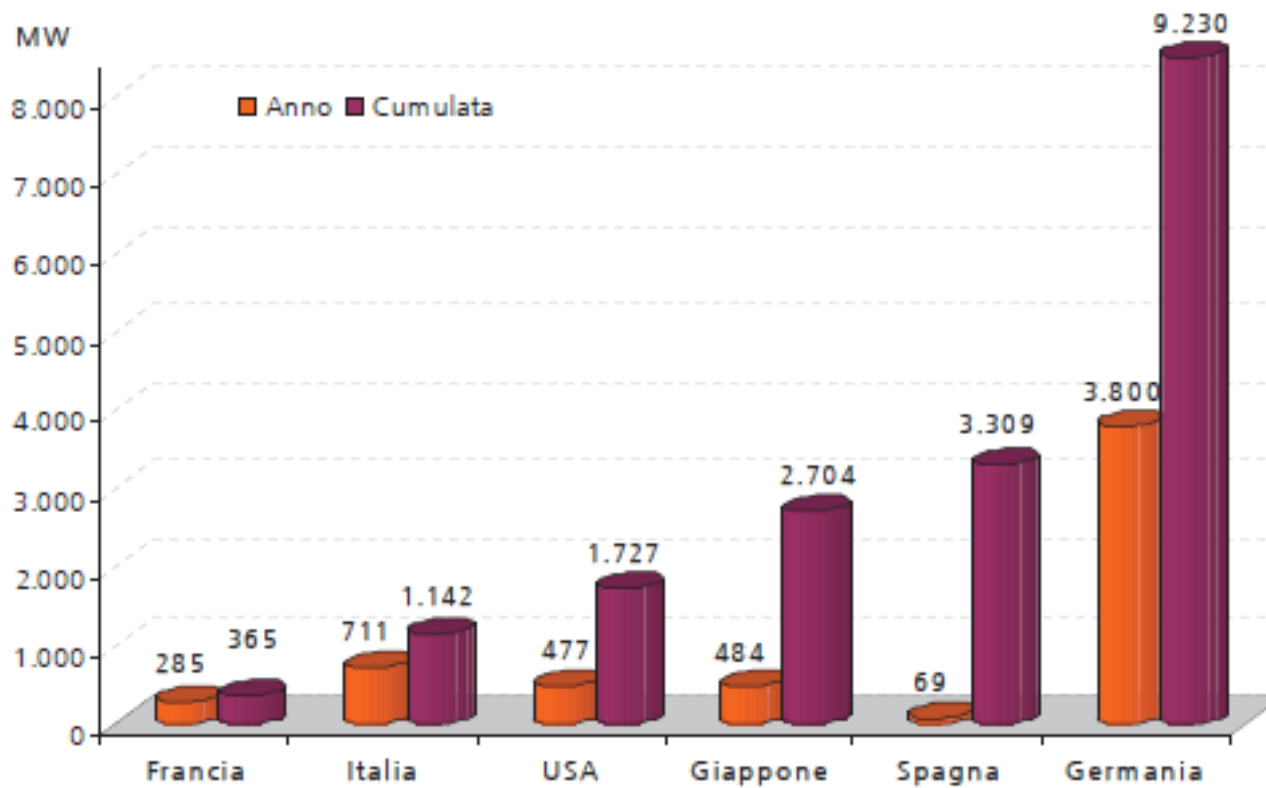


$$P_{2009} = 0,7 \text{ EPR}$$

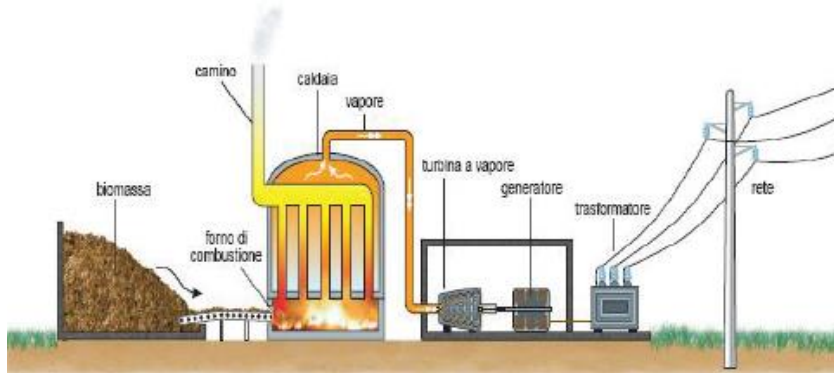
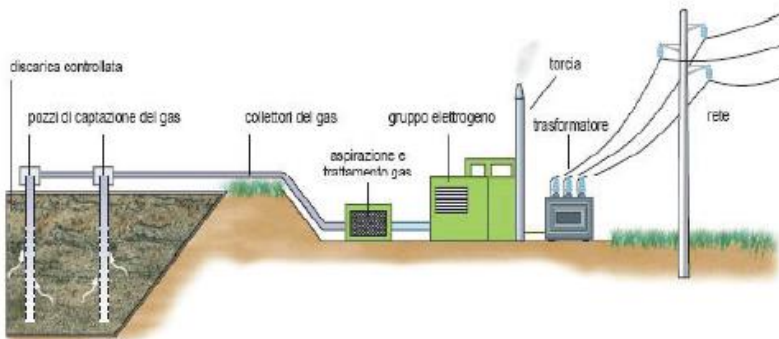


WW- ENERGIA ELETTRICA DA FOTOVOLTAICO

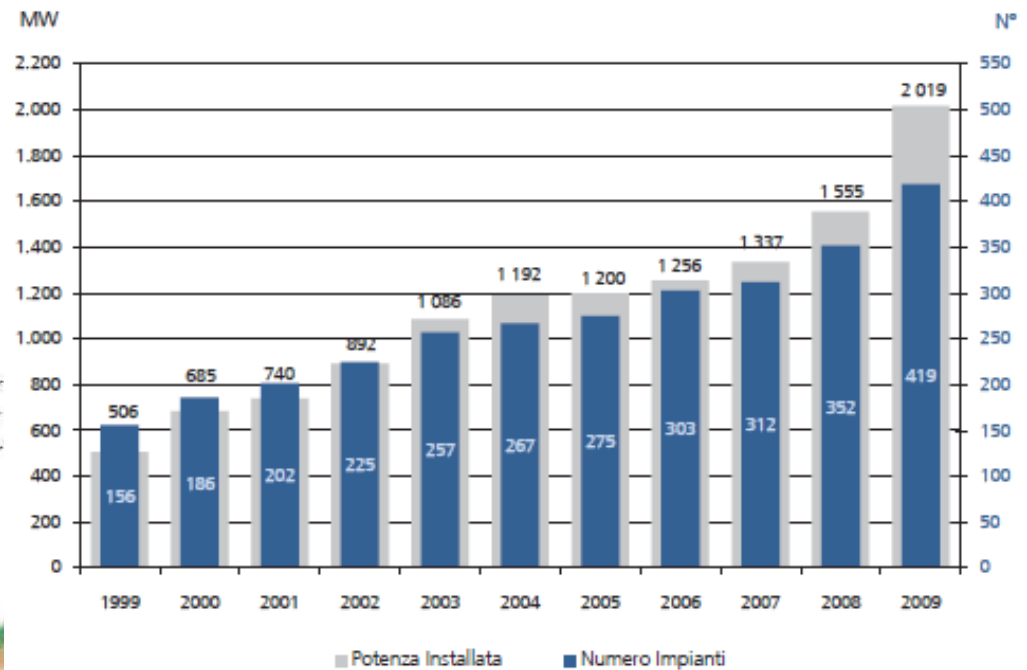
Potenza degli impianti fotovoltaici installata nell'anno 2009 e cumulata a fine 2009 nei principali paesi



ENERGIA ELETTRICA DA BIOMASSE

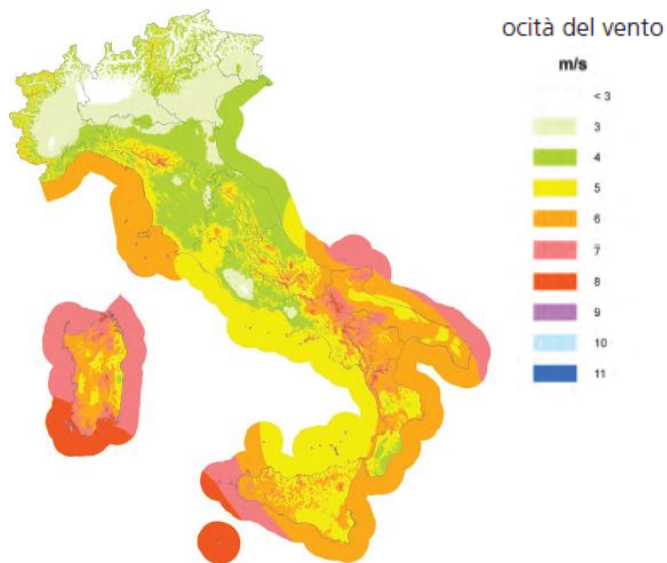
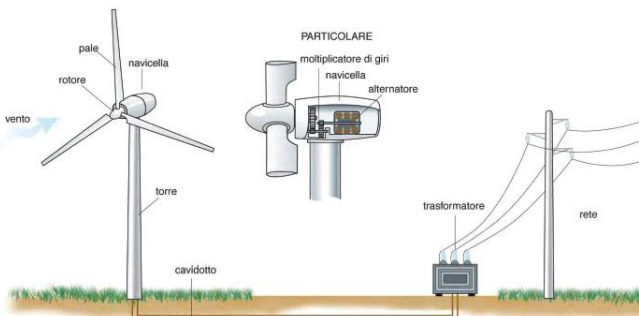


Evoluzione della numerosità e della potenza degli impianti a biomasse in Italia

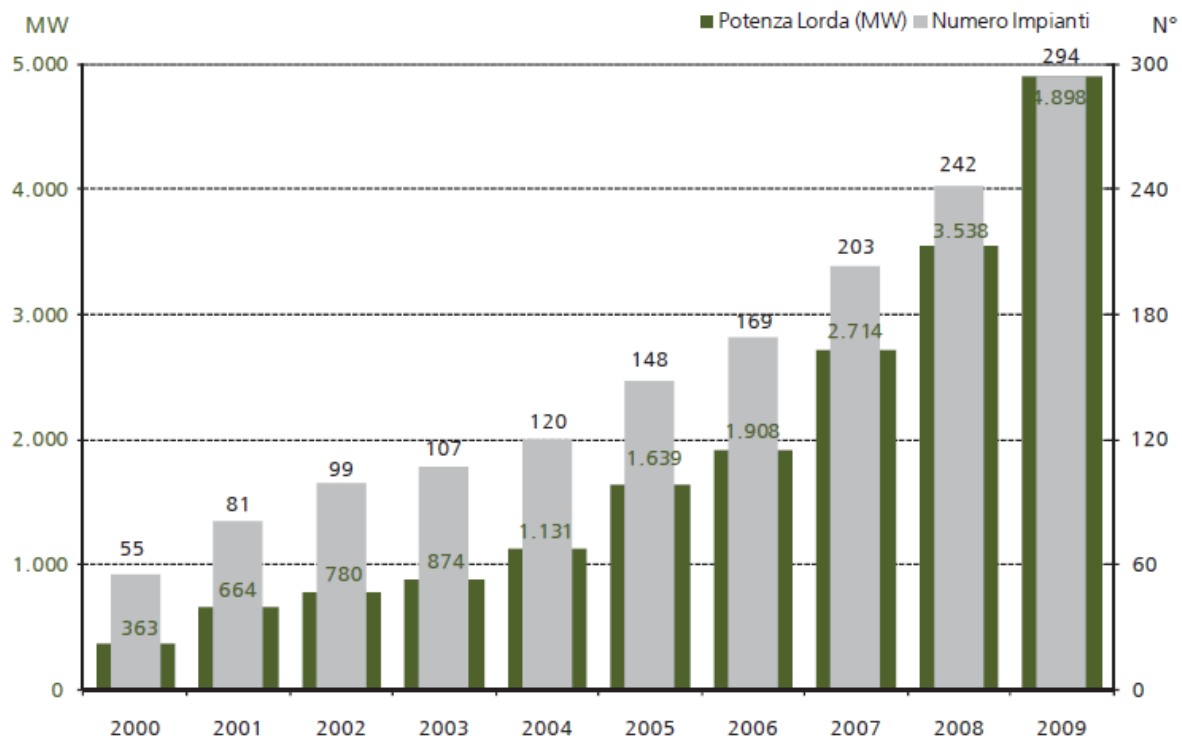


$$P_{2009} = 1,3 \text{ EPR}$$

ENERGIA ELETTRICA DA IMPIANTI EOLICI



Evoluzione della numerosità e della potenza degli impianti eolici in Italia

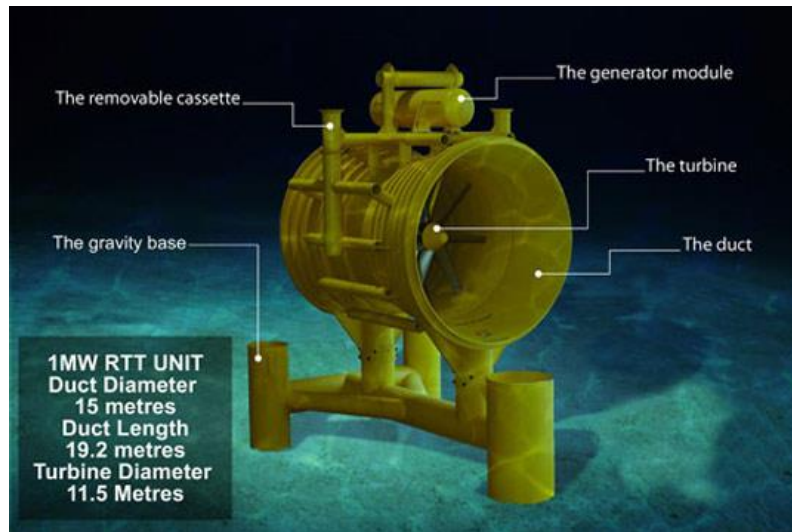


$P_{2009} = 3,0 \text{ EPR}$

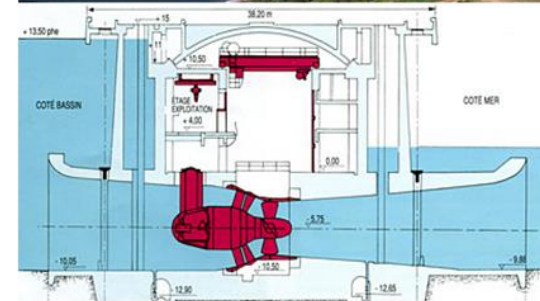


ENERGIA DALLE MAREE

E' stato annunciato il più **grande progetto al mondo** di produzione di energia dalle maree, grazie alla collaborazione tra la [Lunar Energy](#), società inglese leader mondiale nel settore e la **Korean Midland Power Co (KOMIPO)**. Il progetto prevede **entro il 2015** l'installazione di una centrale costituita da **300 turbine** al largo delle **coste sudcoreane**, per una capacità produttiva di energia elettrica pari a circa **300 MW**,



Centrale francese sull'estuario del RENCE (Bretagna)
240 MW con 24 turbine del 1967 per 600 milioni kWh/anno



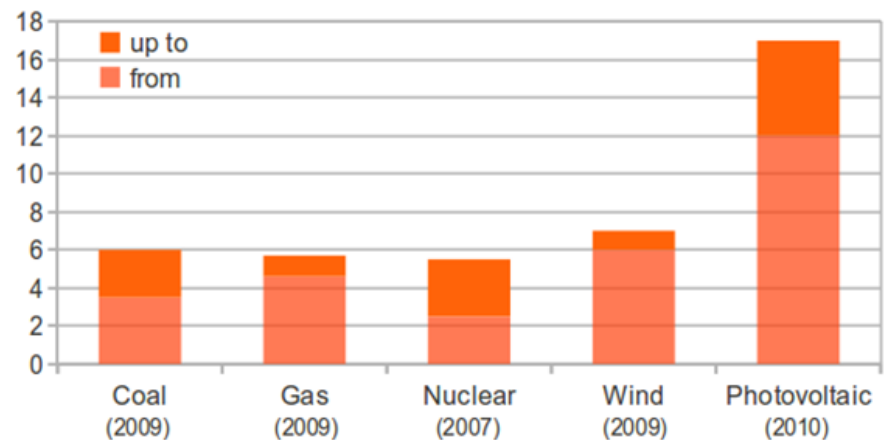
COSTO SPECIFICO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Costo dell'elettricità per varie fonti alla generazione secondo studio del MIT del 2003 ed aggiornamento del 2009					
	Costo di costruzione \$/KW	Costo carburante \$/mmBtu	Caso base c\$/kWh	con aggiunta di Carbondax a 25\$/tCO2 c\$/kWh	Stessi interessi sul finanziamento c\$/kWh
Studio del 2003, è stato utilizzato il valore del \$ del 2002					
Nucleare	2000	0.47	6.7		5.5
Carbone	1300	1.20	4.3	6.4	
Gas	500	3.50	4.1	5.1	
Studio del 2003 con aggiornamento del 2009, è stato utilizzato il valore del \$ del 2007					
Nucleare	4000	0.67	8.4		6.6
Carbone	2300	2.60	6.2	8.3	
Gas	850	7.00	6.5	7.4	

Solare termico 9-13 €/kWh

scenderà a 6 C\$/kWh nel 2020 (intervista a Rubbia)

Cost of electric energy from different sources [€/ kWh]



Sources: World Energy Council, European Photovoltaic Industry Association, European Wind Energy Association.
Get more information www.ingdemurtas.it/energia/costo