

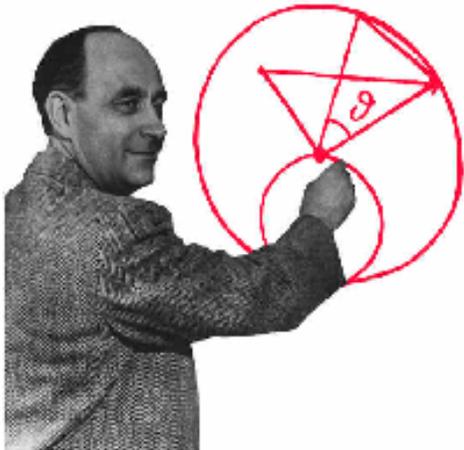
Ing. Ugo Spezia, Segretario Generale AIN

# EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA ELETTRONUCLEARE



Modena, 11 Dicembre 2008

# COS'È L'AIN



- L'**Associazione Italiana Nucleare (AIN)** è un'associazione tecnico-scientifica "no-profit" che rappresenta tutti i centri di competenza esistenti in Italia nel campo dell'energia e delle tecnologie nucleari.
- È stata **istituita a Roma il 12.11.1958** come FIEN (Forum Italiano dell'Energia Nucleare). Il 31.12.1998 il FIEN si è trasformato in AIN e nella nuova associazione sono confluite anche l'ANDIN (Associazione Nazionale di Ingegneria Nucleare) e la SNI (Società Nucleare Italiana).
- L'AIN ha ottenuto il riconoscimento di **personalità giuridica** il 14.09.2005. In tale veste è abilitata all'interlocuzione e alla collaborazione con le Istituzioni dello Stato.
- L'AIN è il punto d'incontro, di discussione e di unione tra quanti - **enti, istituzioni, imprese e persone fisiche** - sono interessati allo sviluppo delle **applicazioni pacifiche dell'energia e della tecnologia nucleare** in armonia con le norme di sicurezza internazionali e nazionali e con il trattato EURATOM.
- L'AIN Rappresenta il sistema nucleare italiano in seno alla **European Nuclear Society (ENS)** e al **Forum Atomico Europeo (FORATOM)**, organismo istituito il 12.07.1960 e dotato dello status consultivo presso l'**ONU-IAEA**, la **Commissione Europea** e il **Parlamento Europeo**. Accredita inoltre un rappresentante del sistema nucleare nazionale in seno all'**American Nuclear Society (ANS)**.

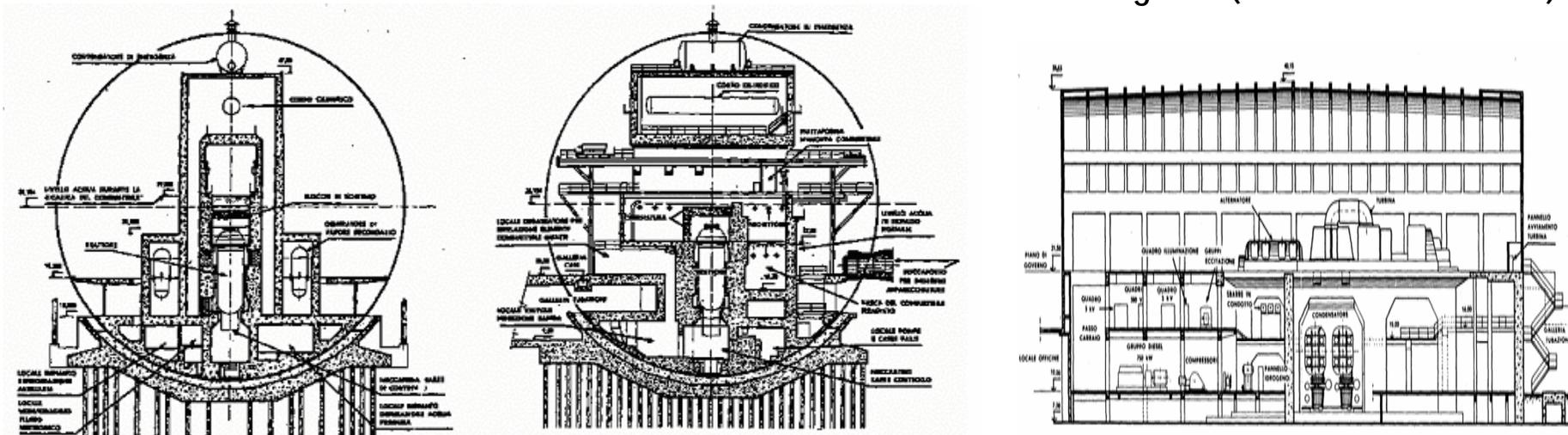
# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Gli impianti della prima generazione

- Le centrali nucleari della **prima generazione** sono sorte tra la fine anni Cinquanta e l'inizio anni Sessanta.
- Hanno caratteristiche di prototipo, potenza ridotta (200 MWe) e caratteristiche di sicurezza ormai superate rispetto alle concezioni successive.
- Hanno subito negli anni numerosi interventi di adeguamento alle norme di sicurezza più recenti.



Centrale del Garigliano (BWR General Electric)



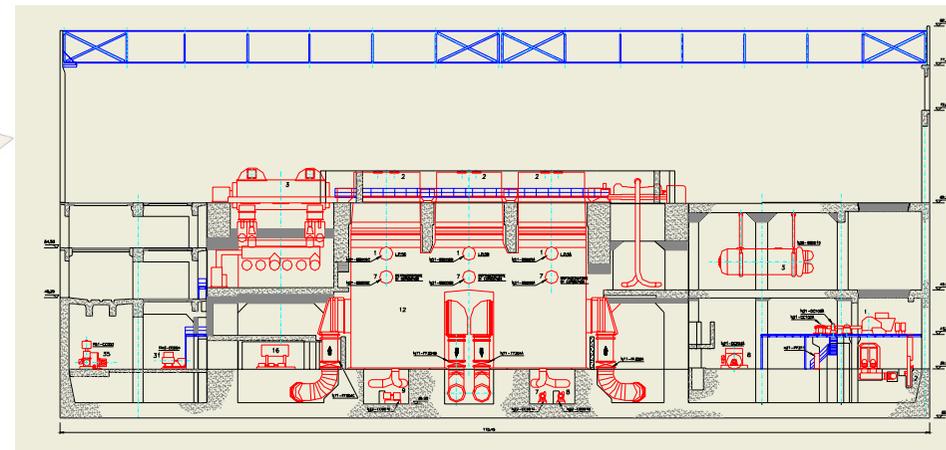
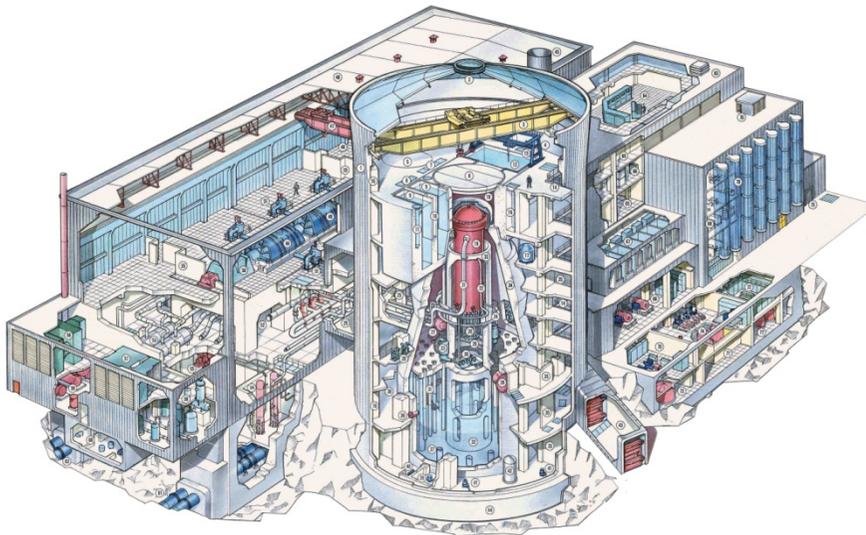
# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Gli impianti della seconda generazione

- Le centrali nucleari della **seconda generazione** sono quelle del “boom” nucleare degli anni Settanta e Ottanta.
- Hanno potenze più elevate (600-1.000 MWe) e caratteristiche di sicurezza fondate sull’analisi probabilistica sviluppata all’inizio degli anni Settanta.
- Sono state oggetto di numerosi interventi di adeguamento alle norme di sicurezza più recenti.



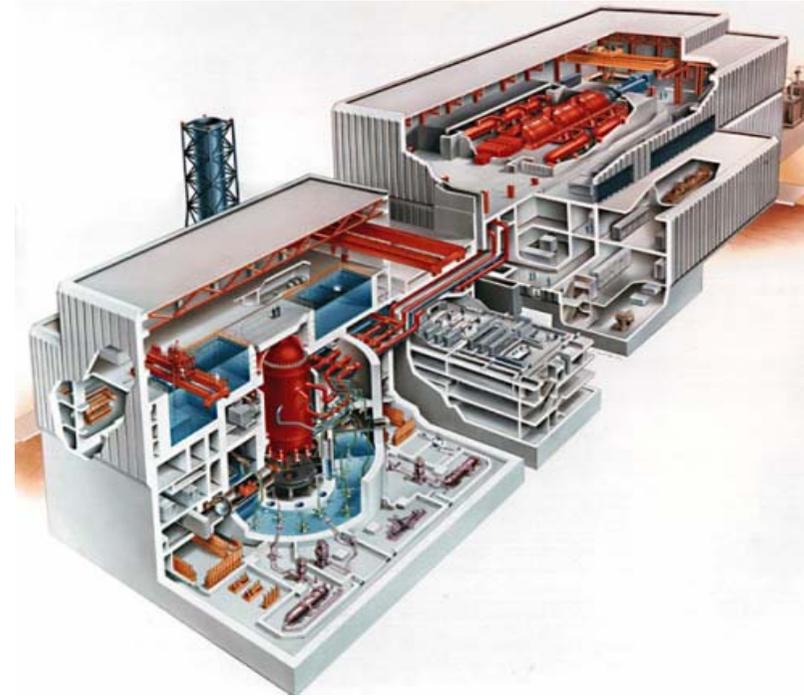
Centrale di Caorso (BWR General Electric)



# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Gli impianti della terza generazione

- Le centrali nucleari della **terza generazione** sono state realizzate negli anni Novanta e hanno fatto tesoro di tutte le esperienze precedenti.
- Sono caratterizzate da una potenza di 1.000-1.400 MWe e da un ulteriore sostanziale miglioramento della sicurezza.
- Sono presi in considerazione anche incidenti limite, quali la fusione del nocciolo, e provvedimenti ingegneristici per minimizzarne le conseguenze.

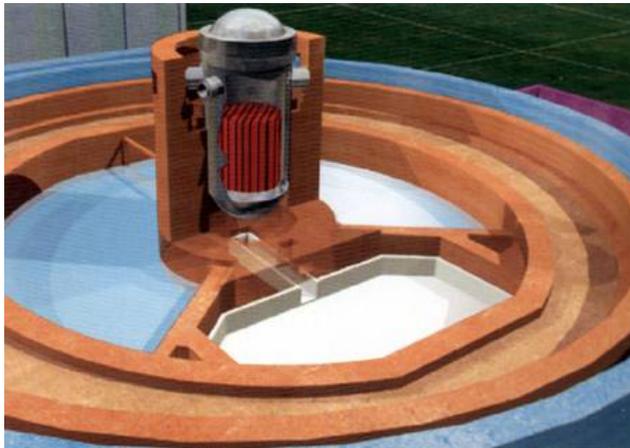


Centrale di Kashiwazaki – Unità n. 6 e n. 7  
(ABWR General Electric)

# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Gli impianti della terza generazione avanzata (III+)

- Le centrali della **terza generazione avanzata** sono caratterizzate da una potenza compresa fra 1.000 e 1.650 MWe e tengono conto dei miglioramenti tecnologici (materiali, sistemi di controllo) e dei risultati delle ricerche degli ultimi vent'anni.
- Attraverso l'adozione di sistemi passivi sono concepite per garantire la sicurezza anche in modo indipendente dalle azioni degli operatori.
- Le caratteristiche di sicurezza eliminano i rischi di contaminazione grave all'esterno dell'impianto.



AP-1000 Westinghouse

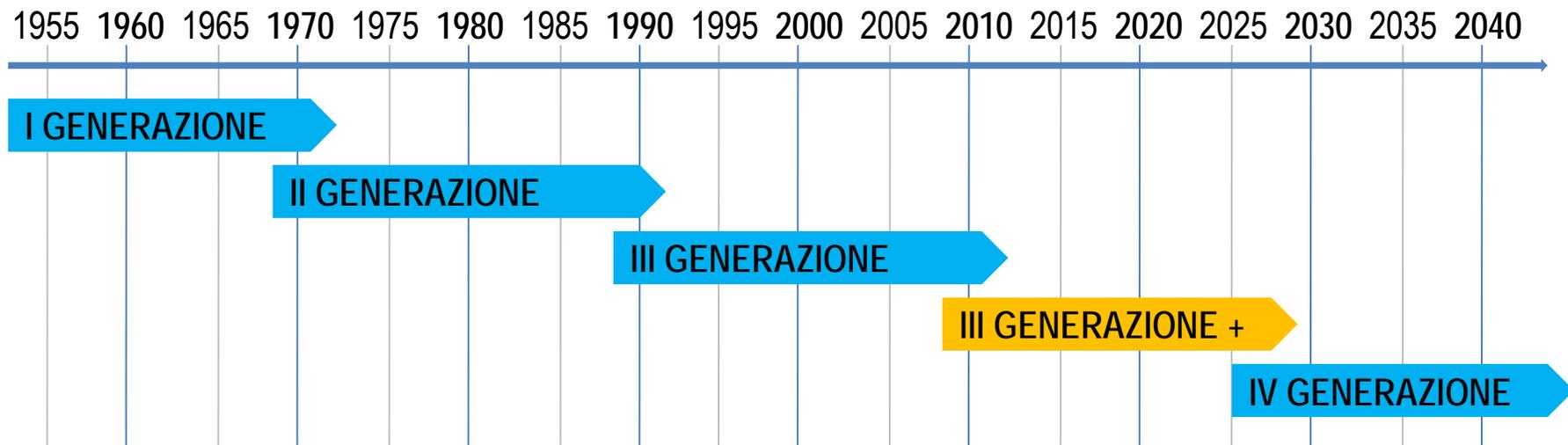


EPR Areva

# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Gli impianti della quarta generazione

- Gli impianti della **quarta generazione** sono oggetto di un programma di ricerca, sperimentazione e sviluppo industriale che dovrebbe rendere disponibili i primi prototipi non prima del 2025-2030.



- Gli obiettivi di sviluppo di questi reattori prevedono miglioramenti nei seguenti campi:
  - **sostenibilità** (uso ottimale dell'uranio e minimizzazione dei rifiuti)
  - **economia** (costi inferiori alle altre fonti di energia e basso rischio finanziario)
  - **resistenza alla proliferazione e protezione fisica**
  - **sicurezza** (gli stessi della generazione III+) e affidabilità

# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Caratteristiche di sicurezza della centrale AP1000 Westinghouse

### ■ Sistemi di sicurezza passivi adottati:

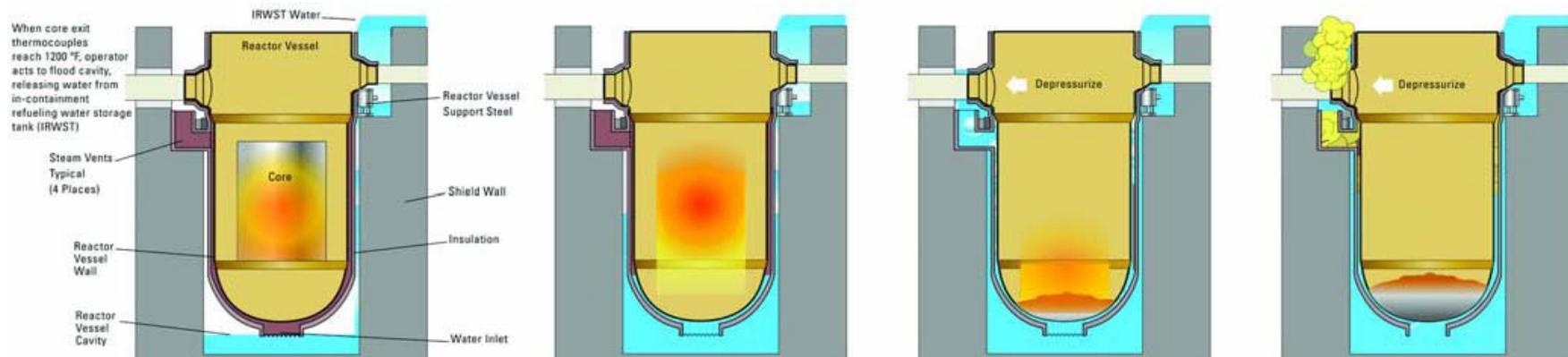
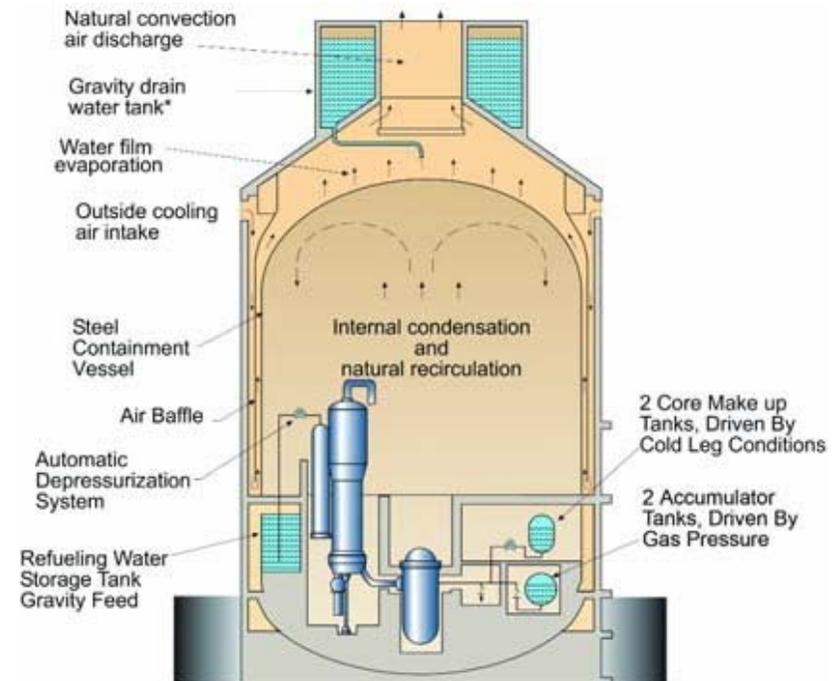
- sistema di raffreddamento del nocciolo
- sistema di isolamento del contenitore
- sistema di raffreddamento del contenitore
- sistema di isolamento della sala controllo

### ■ Probabilità di danneggiamento del nocciolo:

- $5 \times 10^{-7}$  per reattore e per anno
- $1/100$  rispetto ai reattori di II generazione

### ■ Probabilità di rilascio significativo di radioattività:

- $6 \times 10^{-8}$  per reattore e per anno



# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Caratteristiche di sicurezza della centrale EPR Framatome ANP

- L'analisi probabilistica di sicurezza applicata all'impianto EPR fornisce i seguenti valori:
  - probabilità di un qualsiasi guasto:  
  
1 su 100.000 ( $10^{-5}$ )  
per reattore e per anno
  - probabilità di guasto per eventi originati all'interno dell'impianto:  
  
minore di 1 su 1.000.000 ( $10^{-6}$ )  
per reattore e per anno  
  
(10 volte inferiore al valore tipico dei reattori attualmente in esercizio)
  - probabilità di fusione del nocciolo con perdita di radioattività all'esterno:  
  
minore di 1 su 10.000.000 ( $10^{-7}$ )  
per reattore e per anno  
  
(100 volte inferiore ai reattori attualmente in esercizio)



Il cantiere di Olkiluoto 3 (Finlandia)



Il cantiere di Flamanville 3 (Francia)

# EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Evoluzione della tecnologia nucleare

- Il miglioramento della tecnologia, dell'efficienza e della sicurezza dei reattori procede tuttora a livello internazionale con obiettivi di breve, medio e lungo termine.

- **A breve termine (0-5 anni): realizzazione di reattori di terza generazione avanzata (III+)**

Sono finalizzati ad aumentare la sicurezza, a migliorare lo sfruttamento del combustibile, a migliorare l'efficienza e ad allungare la vita media degli impianti. I reattori di questo tipo comprendono impianti già offerti sul mercato internazionale, come l'EPR (Areva-Siemens), l'APWR (Toshiba-Westinghouse) e l'ESBWR (General Electric). Due reattori di tipo EPR da 1.650 MW ciascuno sono attualmente in costruzione in Finlandia e in Francia.

- **A medio termine (5-10 anni): iniziativa Global Nuclear Energy Partnership (GNEP)**

È finalizzata allo sviluppo a medio termine di reattori multiscopo di piccola taglia esportabili nei paesi emergenti e con ciclo del combustibile gestito centralmente dal paese esportatore, al fine di garantire la sicurezza ed evitare ogni rischio di proliferazione nucleare. All'iniziativa GNEP hanno finora aderito 20 paesi, tra cui l'Italia.

- **A lungo termine (20 anni): iniziativa Generation IV International Forum (GIF)**

È finalizzata allo sviluppo di reattori di quarta generazione in grado di migliorare lo sfruttamento del combustibile (reattori veloci, in grado di utilizzare l'uranio 238), aumentare il rendimento degli impianti (reattori ad alta temperatura) e ridurre la produzione di scorie ad alta attività (separazione e trasmutazione delle scorie mediante irraggiamento negli stessi reattori). All'iniziativa GIF hanno finora aderito 18 paesi, oltre all'Euratom.

# DIFFUSIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

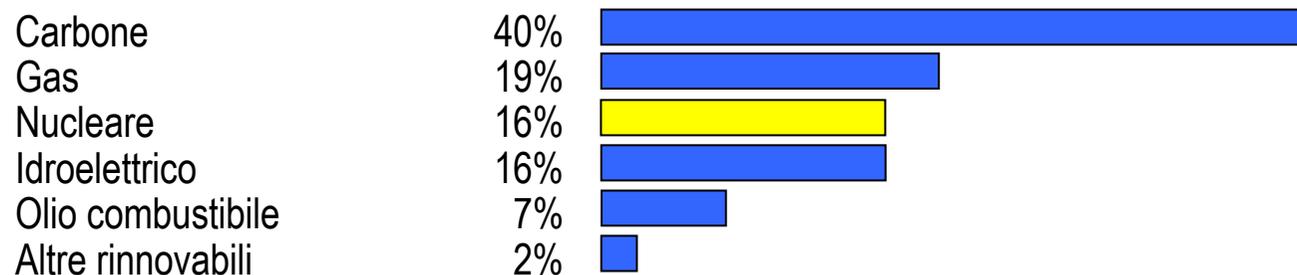
## Parco nucleare al 31.05.2008 e contributo alla produzione di energia elettrica nel 2007

- Nei paesi industrializzati l'energia nucleare svolge un ruolo fondamentale nel soddisfacimento del fabbisogno di energia elettrica in condizioni di sostenibilità economica e ambientale.

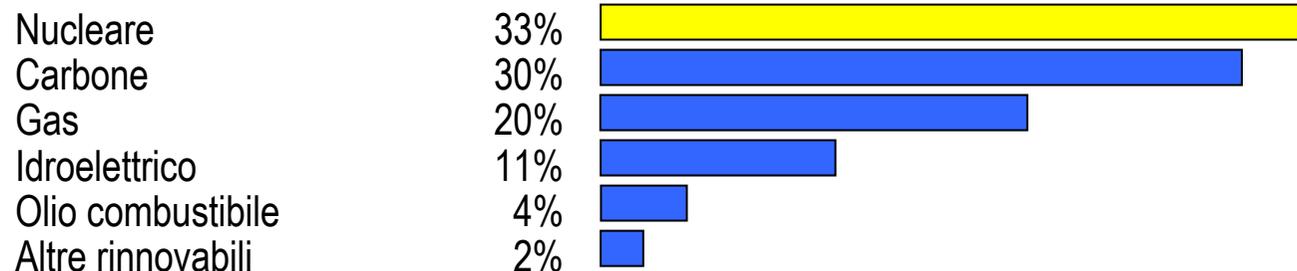
Produzione nucleare 2007		Reattori in esercizio		Reattori in costruzione		Reattori in progetto		Reattori in opzione	
TWh	% Ee	N	MWe	N	MWe	N	MWe	N	MWe
2.608	16	439	371.989	36	29.958	93	101.395	218	192.975

Fonte: IAEA, situazione al 31.05.2008

Contributi alla produzione elettrica nel mondo:



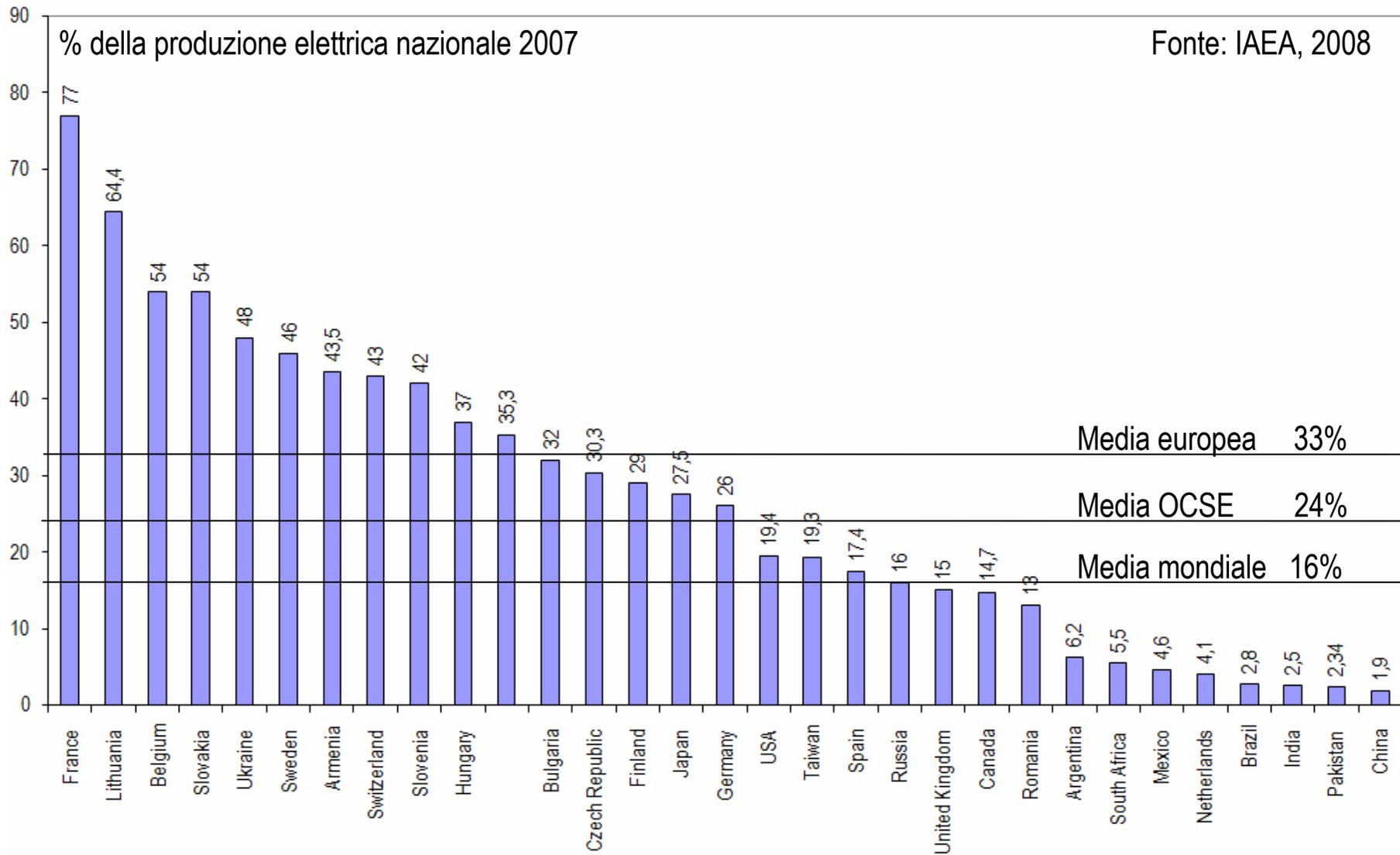
Contributi alla produzione elettrica in Europa (27 paesi):



# DIFFUSIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Contributo alla produzione di energia elettrica nel 2007

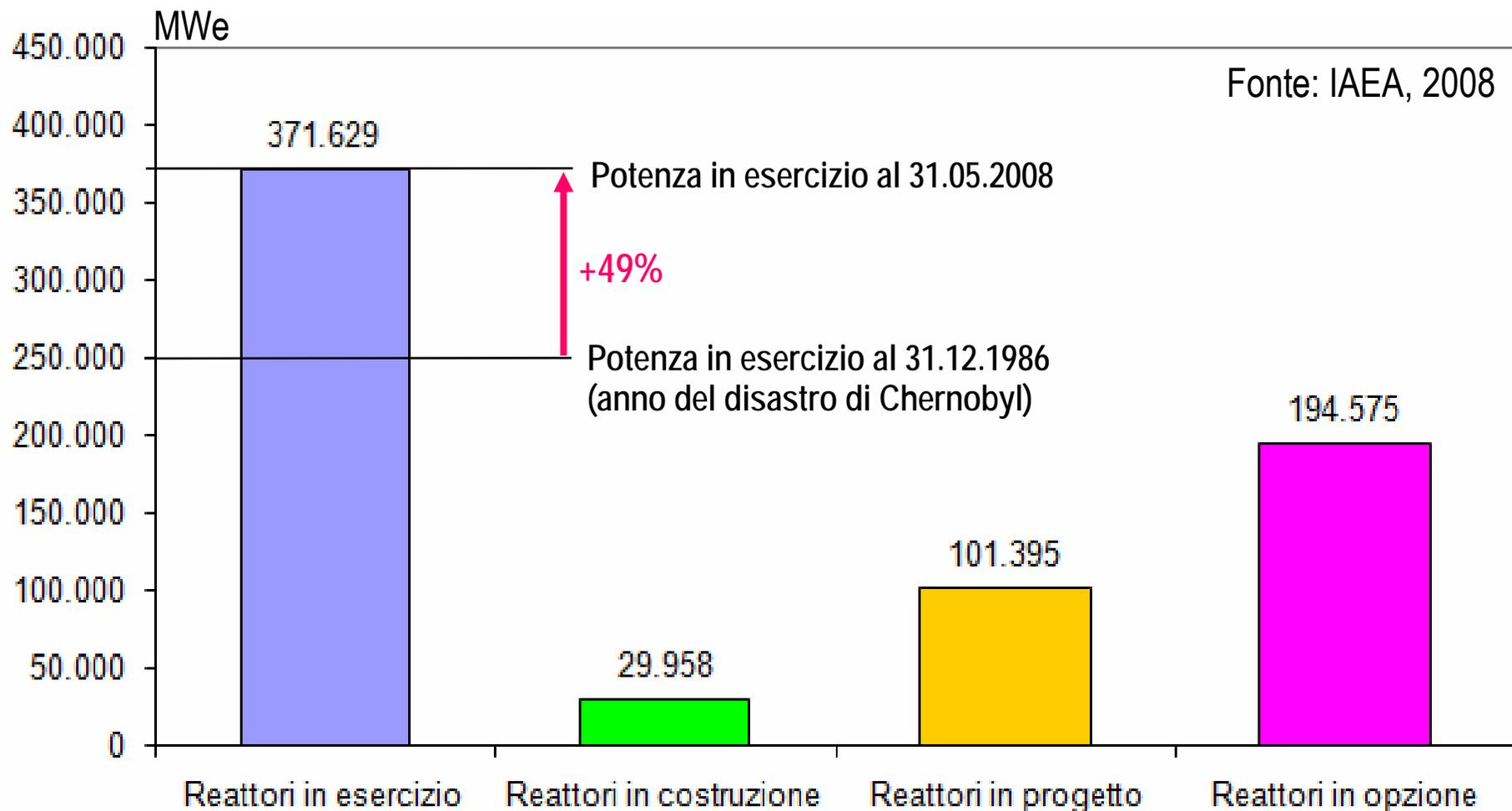
- La maggior parte dei paesi industriali ricava dal nucleare quote consistenti della produzione elettrica.



# DIFFUSIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Sviluppo del parco nucleare

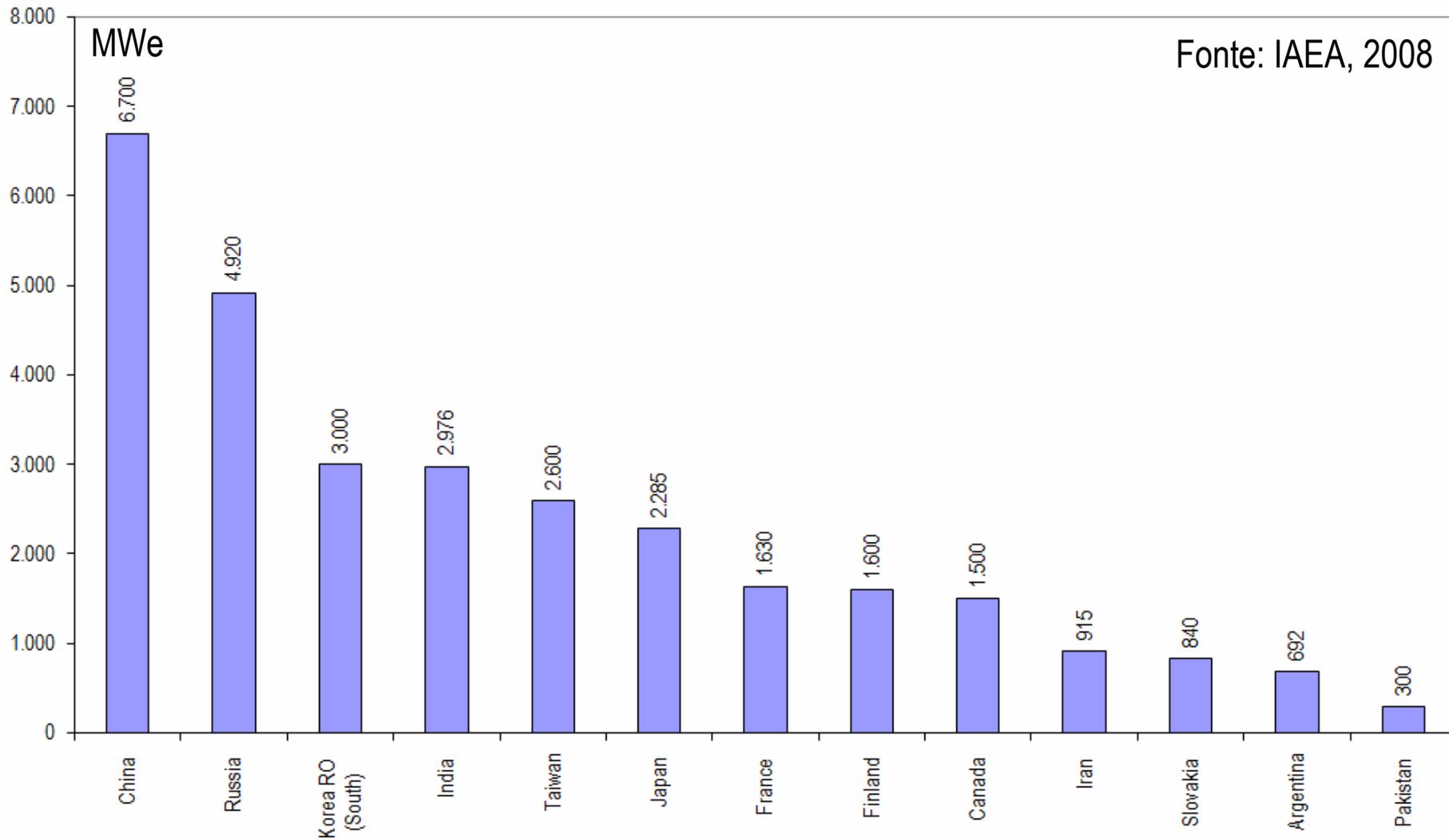
- Il disastro di Chernobyl ha motivato approfondite riflessioni in tutti i paesi che avevano impianti nucleari in esercizio, ma non ha avuto effetti particolari sull'evoluzione dei programmi.



# L'ENERGIA NUCLEARE: ASPETTI ECONOMICI E AMBIENTALI

## Sviluppo del parco nucleare

■ Potenza elettronucleare in costruzione nel mondo al 31.05.2008.



# DIFFUSIONE DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

## Posizioni politiche sull'energia nucleare

- La consapevolezza del ruolo che l'energia nucleare svolge per assicurare il soddisfacimento dei fabbisogni energetici in modo sostenibile sul piano economico e ambientale è riflessa in alcune recenti [prese di posizione in ambito politico internazionale](#):
  - Marzo 2007 - [Unione Europea](#) - Risoluzione sulla limitazione delle emissioni di gas serra con orizzonte 2020. L'energia nucleare, insieme alle fonti rinnovabili, è indicata come mezzo per il conseguimento degli obiettivi di riduzione.
  - Aprile 2007 - [Vertice dei Ministri delle finanze del G7](#) - Dichiarazione congiunta - "Al fine di assicurare la sicurezza delle forniture di energia e di contrastare i cambiamenti climatici (...) le azioni di diversificazione possono fondarsi su tecnologie energetiche avanzate come le rinnovabili, il nucleare e il carbone pulito".
  - Giugno 2007 - [Vertice G8 di Heiligendamm](#) - Dichiarazione congiunta - "La prosecuzione dello sviluppo dell'energia nucleare può contribuire alla sicurezza degli approvvigionamenti riducendo contemporaneamente l'inquinamento atmosferico e contrastando i cambiamenti climatici".
  - Ottobre 2007 - [Parlamento europeo](#) - Documento nel quale si dichiara che l'energia nucleare sarà indispensabile nel medio termine "per ragioni economiche e ambientali" al soddisfacimento del fabbisogno di energia dell'Europa.
  - Novembre 2007 - [International Panel on Climate Change \(IPCC\) dell'ONU](#) - Rapporto di sintesi conclusivo approvato a Valencia il 17 novembre 2007: "Per soddisfare la domanda energetica mondiale, e in particolare quella dei paesi emergenti, è necessario un mix produttivo che includa anche l'energia nucleare".