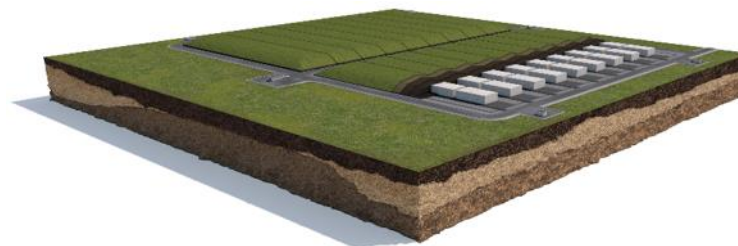


Impiego Pacifico dell'Energia Nucleare

La fisica, la tecnologia, la sicurezza e la storia



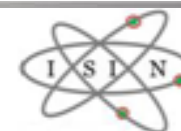
Lamberto Matteocci
Consulente Tecnico Scientifico
ISIN – Ispettorato Nazionale Sicurezza Nucleare e Radioprotezione



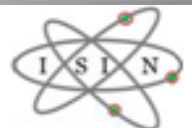
Seminario Lions International
Sala Consiliare Provincia di Rieti - 29 maggio 2026

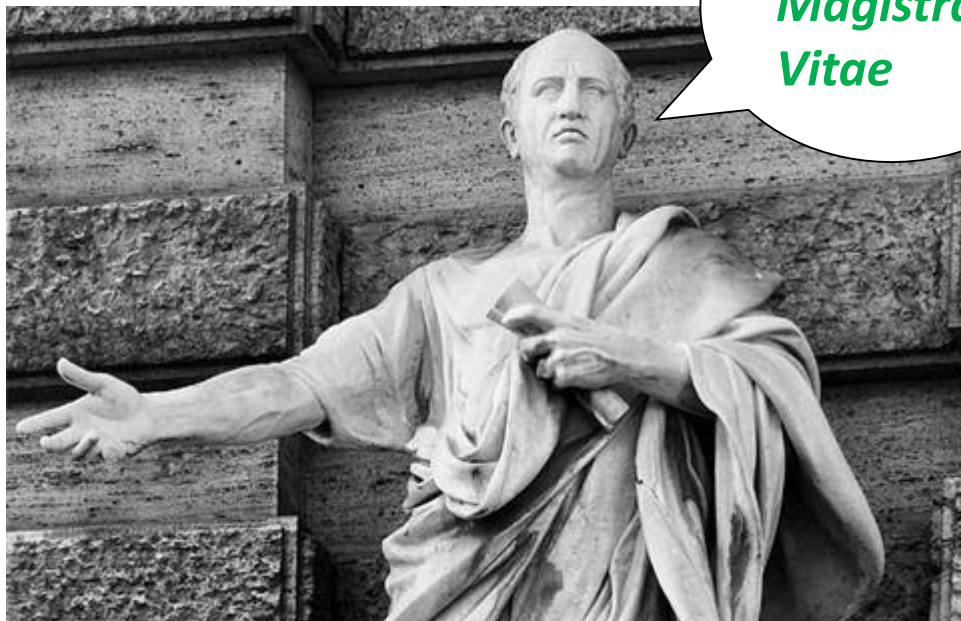


*Ispettorato nazionale
per la sicurezza nucleare e la radioprotezione*



La natura delle opportunità e dei problemi è nella natura delle cose





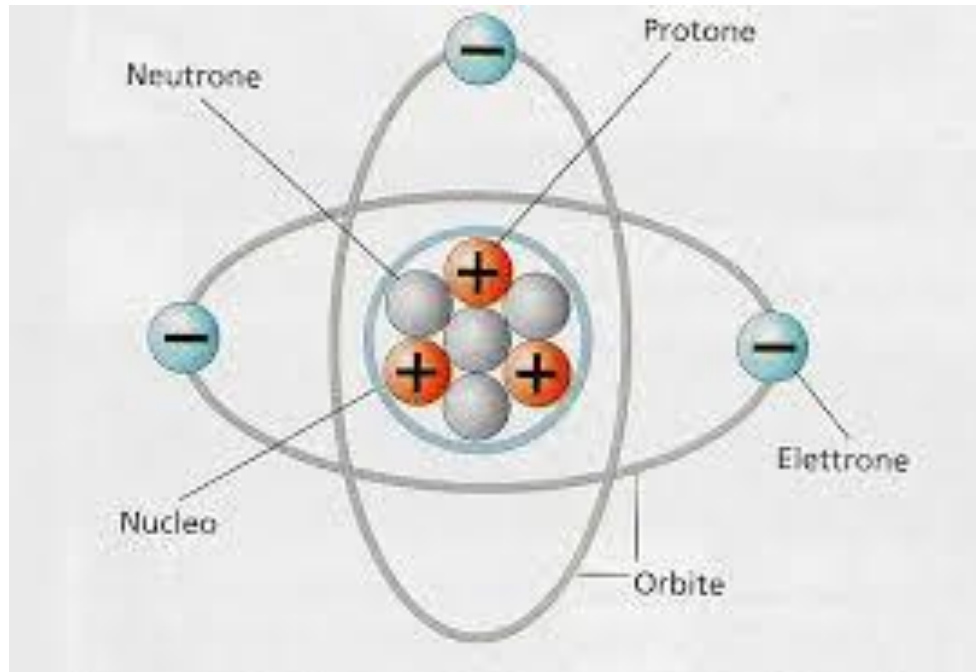
*Historia
Magistra
Vitae*

Cicerone
106-43 B.C.

La natura delle cose

La Radioattività

L'elemento più piccolo che compone la materia è l'atomo, costituito da un nucleo fatto di neutroni e protoni e da una nuvola de elettroni orbitanti



La natura delle cose

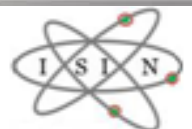
La Radioattività

Non tutti gli atomi sono stabili. Alcuni atomi sono instabili e si trasformano in altri atomi più stabili **emettendo radiazioni o particelle ad alta velocità**

https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/irsn/information-et-societe/Expo_radioactivite_v2022_Serie_1_Radioactivite%C2%A9A_SN_IRSN_compressed.pdf

Tale fenomeno si chiama radioattività

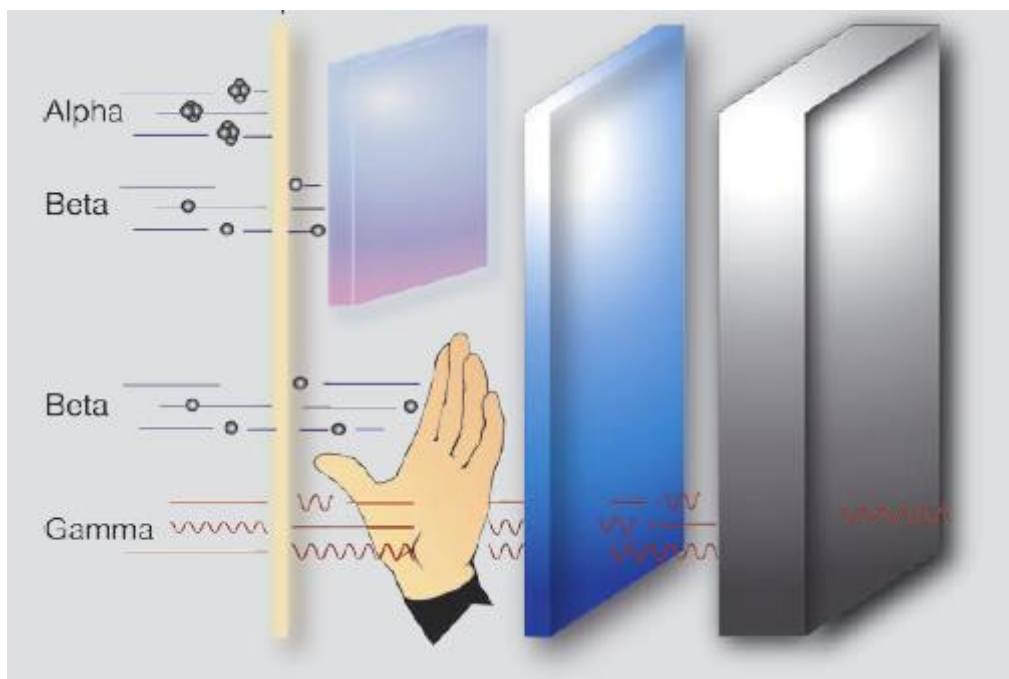
La radioattività è un fenomeno naturale, presente ovunque e comparso con l'origine della terra (Potassio-40, Carbonio-14, Uranio, Radio, etc)



La natura delle cose

Le capacità penetranti delle particelle e radiazioni emesse dal decadimento radioattivo di radionuclidi

Carta Plastica Acciaio Piombo



Radiazioni alfa (α)

- Costituite da nuclei di elio
- Poco penetranti (bastano pochi cm d'aria o un foglio di carta per fermarle)
- Molto pericolose se ingerite o inalate

Radiazioni beta (β)

- Elettroni o positroni
- Penetrazione media (attraversano la pelle ma sono fermate da materiali sottili come alluminio)
- Possono causare danni ai tessuti

Radiazioni gamma (γ)

- Onde elettromagnetiche ad alta energia
- Molto penetranti (servono piombo o cemento per schermarle)
- Usate anche in medicina (radioterapia)

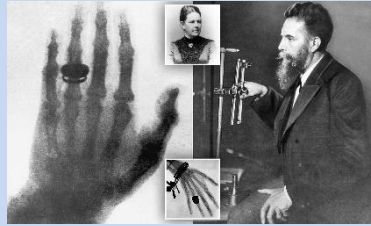
Raggi X

- Simili ai gamma ma prodotti artificialmente
- Usati per diagnostica medica

Tre date importanti

1895

Wilhelm Conrad Röntgen scopre i raggi X poi alla base dell'applicazione delle radiografia medica e industriale (Nobel 1901)



1896

Henry Bequerel scopre le proprietà radioattive dell'Uranio (Nobel 1903)



1898

Maria Skłodowska Curie (Nobel 1903)

Isola per la prima volta il Radio e il Polonio
Elementi radioattivi naturali dalla
pechblenda, minerale da cui si ricava l'Uranio

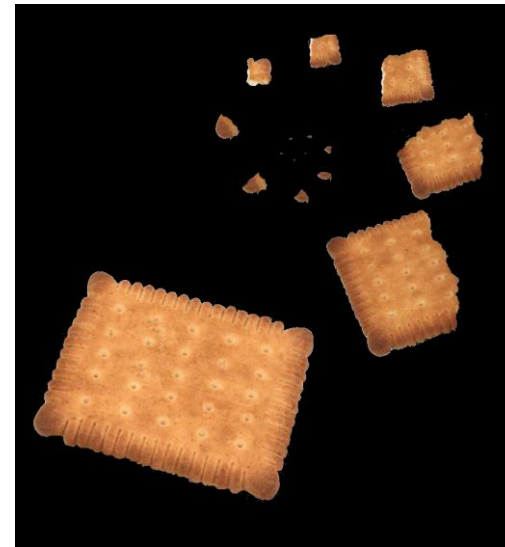
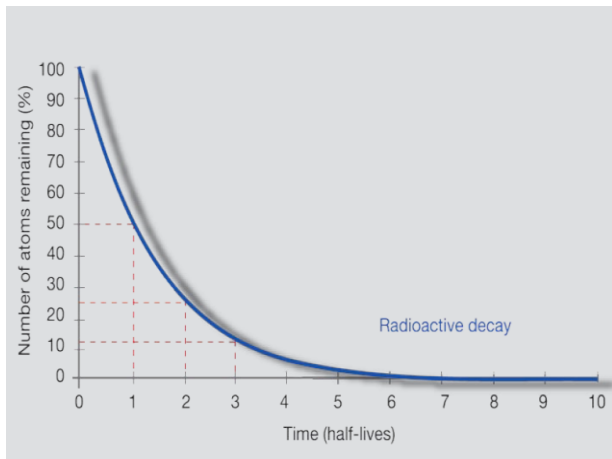


Alcuni anni dopo nasce la RadioTerapia

La natura delle cose

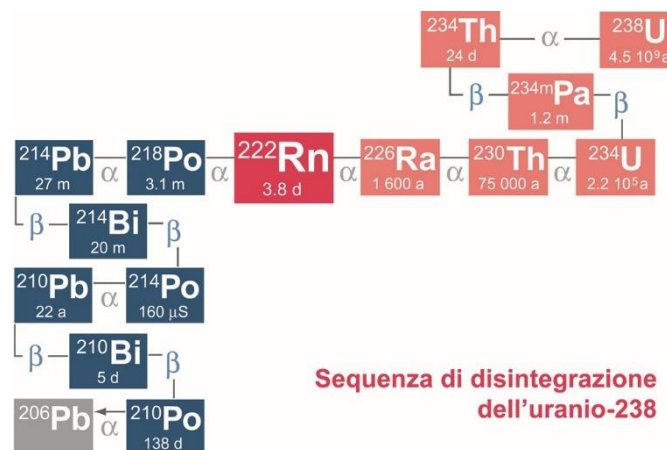
Quanto dura la radioattività

L'attività di un elemento radioattivo diminuisce nel tempo con andamento esponenziale. Ogni elemento ha un proprio tempo di dimezzamento, inteso come il tempo necessario a dimezzare la sua attività.



Il decadimento (2)

Ogni radionuclide ha un tempo unico di dimezzamento che può variare da frazioni di secondo a miliardi di anni. Ad esempio per lo **iodio-131** è di 8 giorni; per il **cesio-137** di 30 anni; per il carbonio-14 di 5730 anni; per il **plutonio-239** di 24000 anni; per l'uranio-238 di 4470 milioni di anni



L'Attività è quindi una caratteristica propria dei radionuclidi e su di essa non si può agire artificialmente

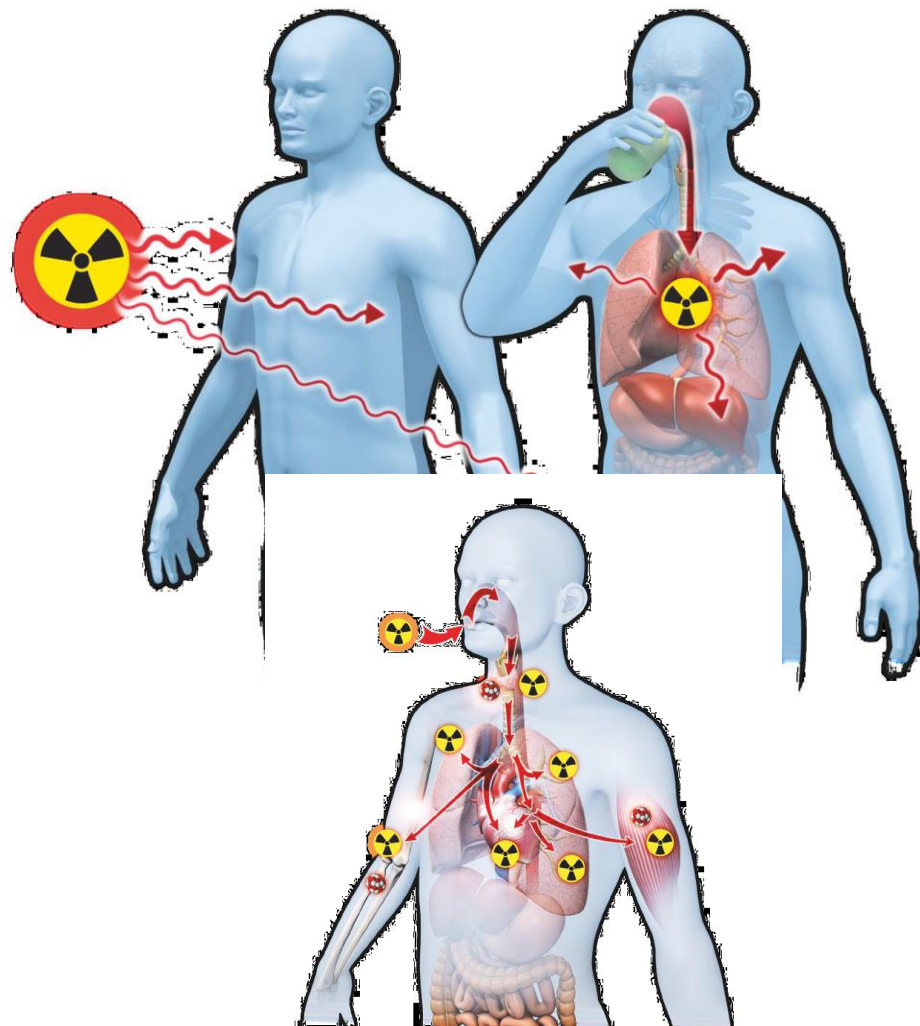
Gli effetti delle radiazioni sul corpo umano

Gli elementi radioattivi possono essere pericolosi se **non opportunamente confinati e controllati**

L'uomo può essere esposto per **irraggiamento esterno** o **contaminazione** (**esterna** attraverso la pelle o **interna** per ingestione o inalazione).

Le radiazioni possono danneggiare il DNA delle nostre cellule.

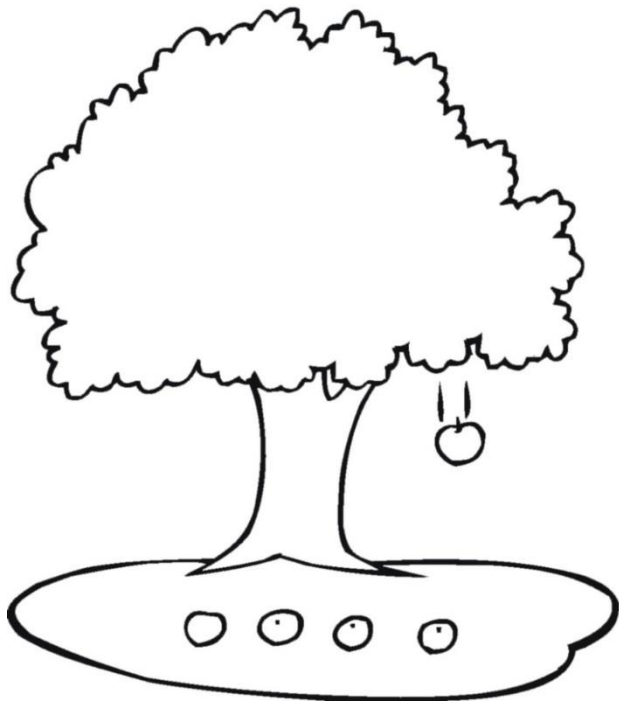
Gli effetti dipendono dalla dose ricevuta



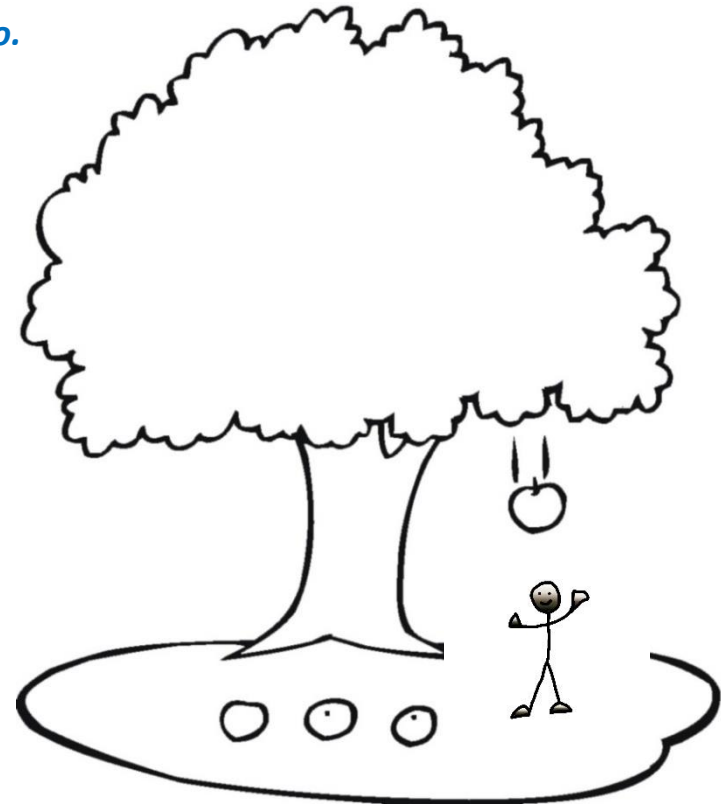
La natura delle cose

Misurare la radioattività e i suoi effetti

Paracelso « *Tutto è veleno: nulla esiste di non velenoso.
Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto* »



L' Attività di un elemento
radioattivo si misura in bequerel
- Bq



Gli effetti delle radiazioni
si misurano con la dose
assorbita (energia ceduta
ai tessuti) – Sievert - Sv

Effetti delle radiazioni

Effetti deterministici

A seguito di un'esposizione a dosi elevate di radiazioni le cellule possono venire distrutte ed i tessuti danneggiarsi. Gli effetti si palesano immediatamente e dopo qualche giorno in maniera certa.

La gravità degli effetti dipende dall'entità della dose assorbita.

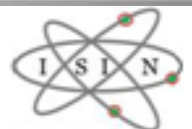
Effetti Stocastici

L'esposizione alle radiazioni può danneggiare il DNA. La dose di radiazioni assorbita può aumentare la probabilità di comparsa di formazioni cancerogene.

Le conseguenze si manifestano nel tempo e non su tutti gli individui.

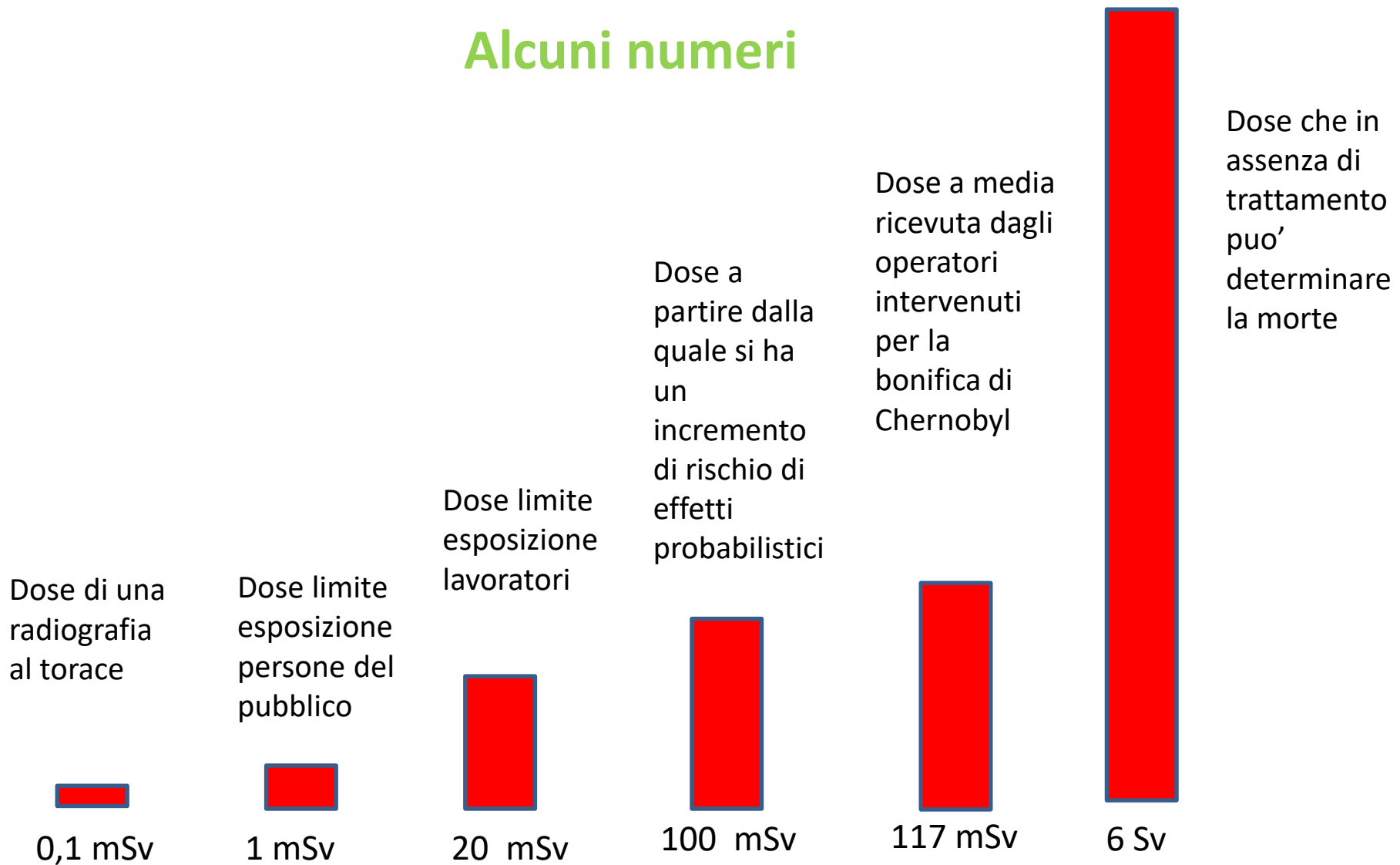
Siccome l'origine di fenomeni cancerogeni può dipendere da molte cause è difficile stabilire una relazione diretta causa effetto con l'esposizione alle radiazioni.

La Regolamentazione assume cautelativamente che non vi sia un valore soglia al di sotto del quale si possano escludere effetti probabilistici



Effetti delle radiazioni

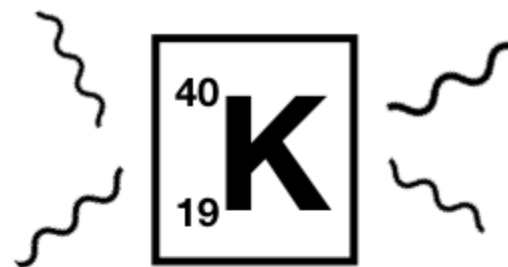
Alcuni numeri



Le banane sono ricche di potassio e una piccola frazione di questo elemento (0,012%) è presente in natura come ^{40}K , che è un **isotopo radioattivo**.

Ma quanto è radioattiva una banana?

 $\simeq 0,1 \mu\text{Sv}$



E cioè, a quanto corrisponde?

Dormire accanto a qualcuno

MENO DI UNA BANANA

Vivere un anno vicino a una centrale nucleare



Controllo di sicurezza in aeroporto

2,5 BANANE



Radiografia dentale

50 BANANE



Volo in aereo New York - Los Angeles (6 ore di volo)

400 BANANE



Sostare per 2 ore nei pressi di Fukushima 2 mesi dopo l'incidente

1000 BANANE ~ UN VOLO MILANO - LOS ANGELES



Fare una TAC

100MILA BANANE



Dose alla quale si ha evidenza sperimentale di aumento del rischio di tumore

1 MILIONE DI BANANE



Da Nuclear Engineering International

Gli usi impropri, senza consapevolezza e protezione, delle sostanze radioattive

Per la prima metà del '900 Europa e Stati Uniti furono pervasi dall'entusiasmo per qualsiasi prodotto che dichiarasse di contenere Radio. Il Radio brillava al buio e si pensava possedesse proprietà benefiche.

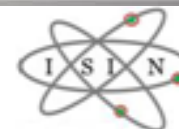
Nel febbraio 1921, per esempio, il dottor Charles G. Davis di Chicago pubblicava sull' "American Journal of Clinical Medicine":
“La radioattività è l'essenza stessa della vita [...] previene la pazzia, stimola le emozioni nobili, ritarda la vecchiaia e crea una splendida, lieta vita giovanile”.



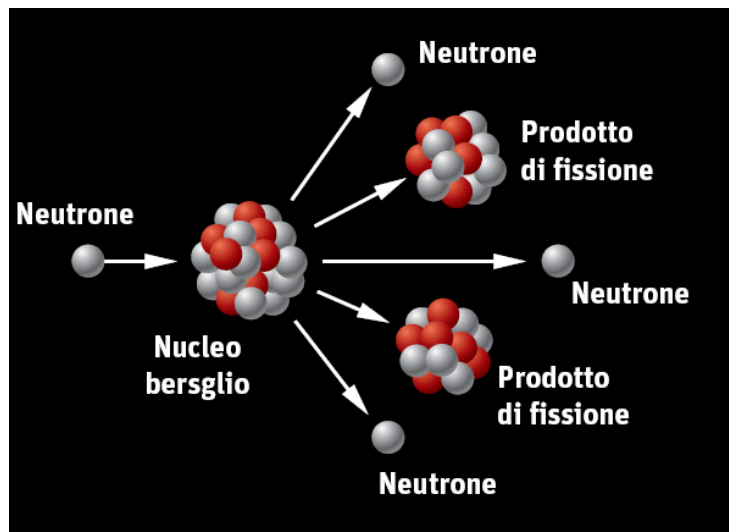
Le forme di energia nucleare

Fissione Nucleare

Fusione nucleare

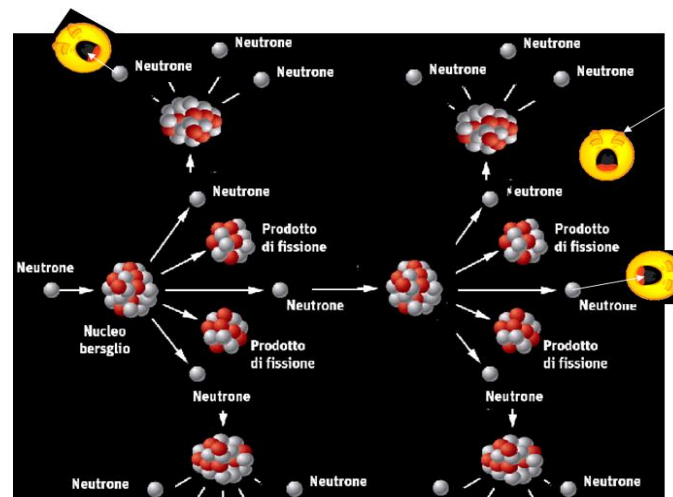


Fissione nucleare



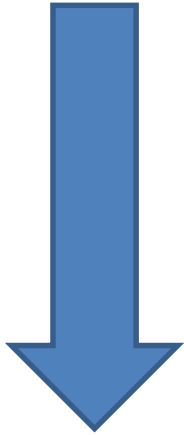
La fissione nucleare

La fissione genera radioattività artificiale, cioè elementi radioattivi che non esistono in natura



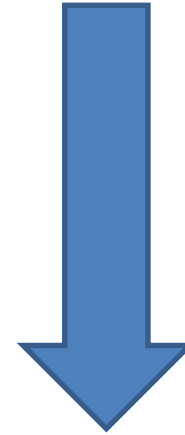
La reazione a catena

La fissione nucleare genera radioattività artificiale



Prodotti di Fissione

Cs-137
Iodio-131
Sr-90
Kripto-85



Attinidi

Plutonio

Fissione Nucleare: Alcune date importanti

1932	James Chadwick scopre il Neutrone (Nobel 1935)
1939	Prima Enrico Fermi (Nobel 1938) e poi nel 1939 Lisa Meitner e suo nipote Otto R. Frisch scoprono la fissione nucleare: i neutroni, rallentati mediante il passaggio attraverso opportuni materiali come l'acqua o la paraffina, acquistavano una straordinaria capacità di indurre trasmutazioni nucleari. Lettera di Einstein a Roosevelt – Nasce il Progetto Manhattan
1942	Fermi realizza la prima reazione nucleare a catena controllata e quindi il primo reattore nucleare Chicago Pile 1



La prima pila atomica di E. Fermi



1939- Lettera di Einstein a Roosevelt

2 agosto 1939

Signor Presidente,

*la lettura di alcuni recenti lavori di E.Fermi e di L.Szilard, comunicatimi sotto forma di manoscritto, **mi induce a ritenere che, tra breve, l'uranio possa dare origine a una nuova e importante fonte di energia.***

Ritengo quindi mio dovere richiamare la Sua attenzione su alcuni dati di fatto e suggerimenti.

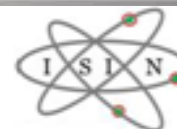
*Negli ultimi quattro mesi, grazie agli studi di Joliot in Francia e di Fermi e Szilard in America, ha preso sempre piu consistenza l'ipotesi che, **utilizzando un'adeguata massa di uranio, vi si possa provocare una reazione nucleare a catena, con enorme sviluppo di energia e formazione di un gran numero di nuovi elementi simili al radio:** non vi e dubbio che cio' si potra' realizzare tra breve.*

*In tal modo si potrebbe giungere alla **costruzione di bombe** che - e da supporre - **saranno di tipo nuovo ed estremamente potenti.***

.....Ella converrà con me, Signor Presidente, sull'opportunità di stabilire un collegamento permanente tra il governo e il gruppo di fisici che, in America, lavorano alla reazione a catena,

*Mi si dice **che la Germania, subito dopo l'occupazione della Cecoslovacchia, ha posto l'embargo sull'uranio proveniente da questo paese,** il che non stupisce, quando si pensi che il figlio del Sottosegretario di Stato tedesco, von Weisszacker, e' membro del Kaiser- Wilhelm-Institut di Berlino **dove sono attualmente in corso esperimenti con uranio, analoghi a quelli svolti in America.***

Distintamente Albert Einstein



Il Reattore Nucleare Naturale in Gabon Africa

<https://www.youtube.com/shorts/wrVQWevRWV8>

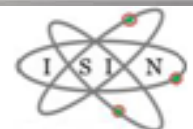


La Fusione Nucleare



Due atomi leggeri (Trizio e Deuterio) collidono, formando un terzo atomo (Elio) e rilasciando un neutrone più energia

L'Energia nucleare da fissione



Energia nucleare da fissione

I vantaggi

- ❑ L'atomo può soddisfare i **bisogni di energia** producendone grandi quantità (**10 grammi di uranio equivalgono a 1 tonnellata di carbone**)
- ❑ Gli impianti nucleari non producono **CO₂** e non emettono altri **gas "serra"**
- ❑ In assenza di incidenti le **emissioni di radioattività** nell'ambiente sono trascurabili



Energia nucleare da fissione

I problemi da affrontare

- ❑ La possibile **proliferazione** con la diversione d'uso di materie nucleari e tecnologie
- ❑ La **sicurezza** – possibilità del verificarsi di incidenti, pur se la loro probabilità è bassa, con rilascio di radioattività all'ambiente esterno
- ❑ La produzione di **rifiuti radioattivi** – alcuni conservano la loro pericolosità per centinaia di migliaia di anni

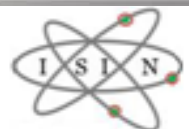


La fissione nucleare comporta

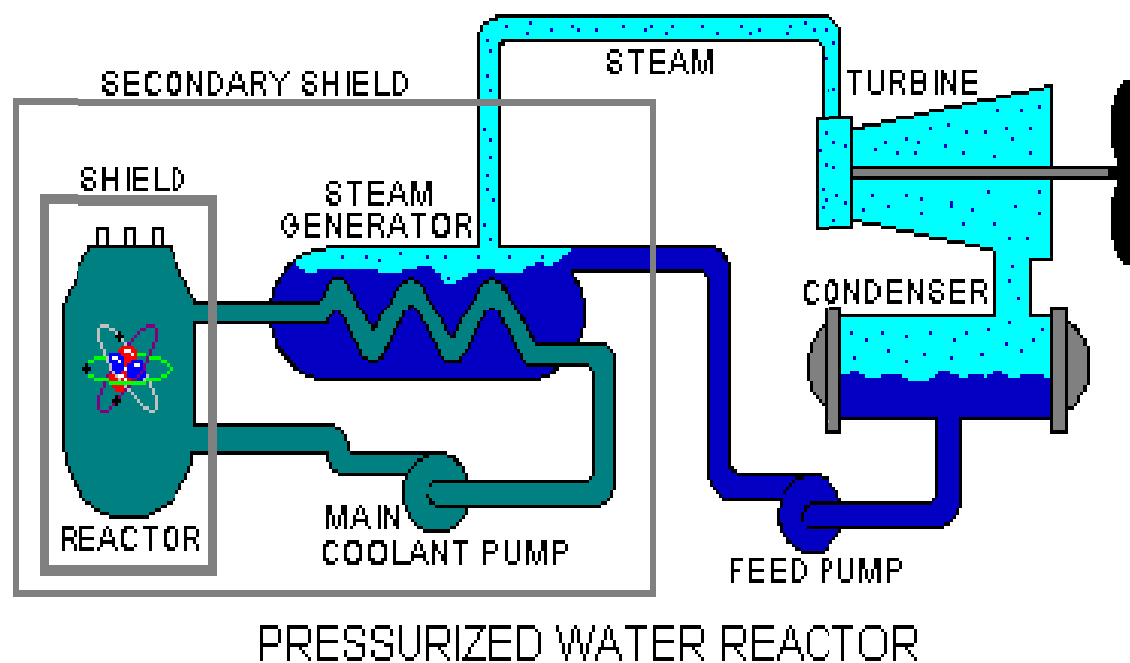
Impiego di materie nucleari ➡ **Diversione d'uso**
Reazione a catena ➡ **Assenza di controllo della**
potenza generata ➡ **Possibili incidenti**

Presenza di calore residuo per decadimento
radioattivo ➡ **Necessità di provvedere alla sua**
rimozione ➡ **Possibili incidenti**

Generazione di radioisotopi artificiali con emissione
di radiazioni ionizzanti anche per tempi molto
lunghi ➡ **Possibili rilasci di sostanze radioattive**
nell'ambiente a seguito d'incidenti



Funzionamento di una centrale nucleare



Riconosci la Centrale

A Carbone



A gas



Nucleare



Gli altri impieghi delle sorgenti radioattive

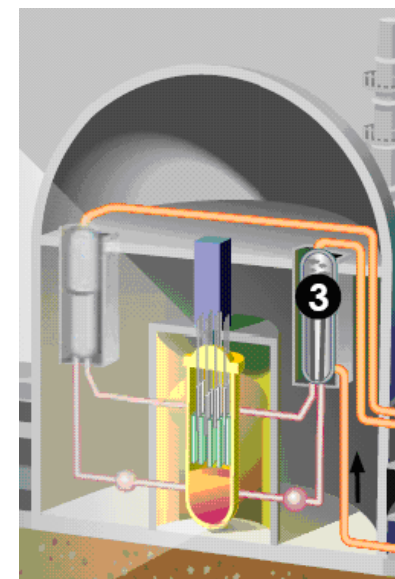
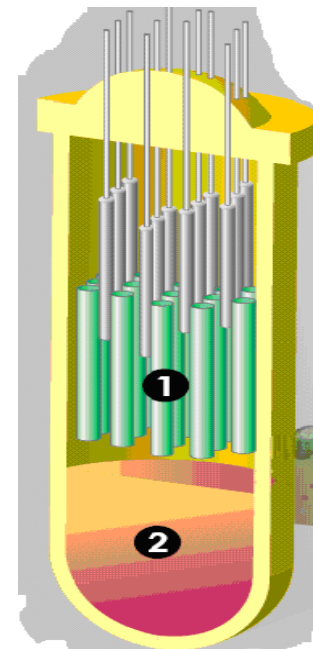
- **Industria**
- **Medicina (uso di sorgenti a scopo diagnostico e terapeutico)**
- **Ricerca**
- **Militare**



Ad Esempio il Co 60 viene prodotto irraggiando in un reattore di ricerca il Co 59 esistente in natura

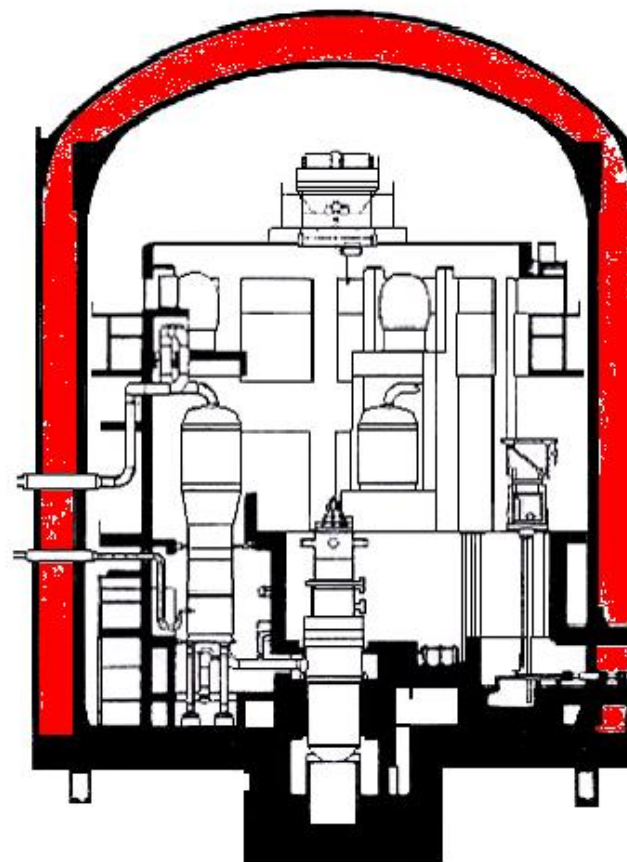
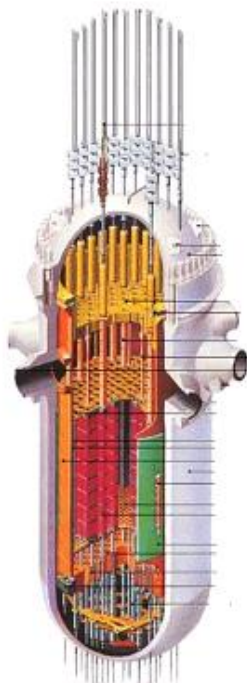
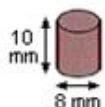
Le funzioni di sicurezza

- ❑ Controllo affidabile della **reazione a catena** e, all'occorrenza, arresto rapido del reattore, per evitare una eccessiva generazione di energia
- ❑ Asportazione del **calore generato** – anche dopo lo spegnimento del reattore - per mantenere condizioni di temperatura e di pressione compatibili con le caratteristiche del combustibile e dei componenti. In queste condizioni quasi tutta la **radioattività** resta confinata all'interno del combustibile
- ❑ Mitigazione dei rilasci di radioattività – **Sistema di contenimento**



La difesa in profondità

Le barriere che prevengono il rilascio di radioattività nell'ambiente



Le Funzioni di Sicurezza per un impianto nucleare

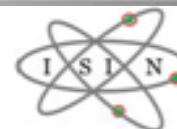
Confinamento degli isotopi radioattivi

Arresto rapido della reazione a catena

Rimozione del calore residuo

Contenimento eventuali rilasci di radioattività

Limitazione delle esposizioni





INTERNATIONAL GENERAL ELECTRIC OPERATIONS, S. A.
FOR
SOCIETA' ELETTRONUCLEARE NAZIONALE (SENN)
CENTRALE ELETTRONUCLEARE DEL GARIGLIANO
150 000 KW (E) INSTALLATION

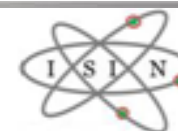


DECEMBER 27, 1962

No. 119



*Ispektorato nazionale
per la sicurezza nucleare e la radioprotezione*





1964



2016



1964



2016



**Centrale di Olkiluoto in Finlandia
entrata in funzione marzo 2023
che produrrà energia per il 14%
del fabbisogno nazionale**

L'evoluzione

Le tematiche chiave della regolamentazione in ambito nucleare

Salvaguardie - **Safeguards**

Sicurezza nucleare - **Safety**

Protezione fisica delle materie e delle installazioni nucleari -
Physical Protection/Security

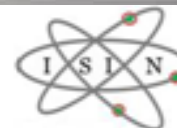
Radioprotezione - **Radiation Protection**

Le interazioni tra tematiche suddette sono tante e tali per cui è necessaria una gestione quanto più integrata possibile

Elementi chiave per la gestione sicura del nucleare

La Tecnologia
Il Diritto (Legislazione, regolamentazione e standard)
I Sistemi di Gestione

CULTURA DELLA SICUREZZA



I soggetti coinvolti

Gli esercenti per la committenza, l'avviamento, l'esercizio e la sorveglianza,

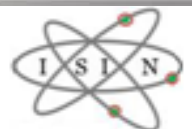
Il sistema industriale per la progettazione e la realizzazione

Le amministrazioni procedenti per le autorizzazioni

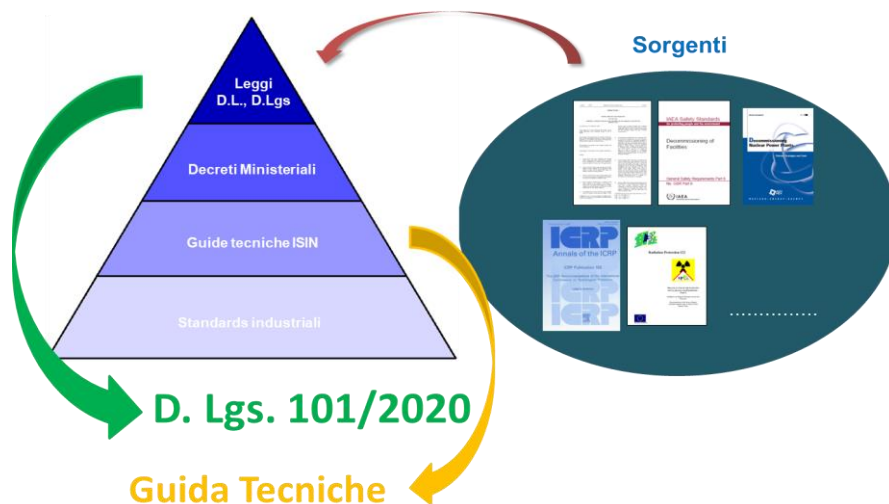
L'autorità di regolamentazione competente per le verifiche indipendenti a supporto delle autorizzazioni, le approvazioni, la vigilanza, il supporto alle autorità di protezione civile per le pianificazioni di emergenza

Le autorità di protezione civile per le pianificazioni d'emergenza

Le Amministrazioni Locali, I Cittadini ed i Media



Il ruolo dell'ISIN



Autorità di Regolamentazione Competente, come stabilito dalle Direttive Europee, sono attribuiti all'ISIN.

Tra i vari compiti legati alla sicurezza delle installazioni nucleari e alla gestione dei rifiuti radioattivi:

Controlli preventivi attraverso la revisione e la valutazione delle dimostrazioni di rispondenza e delle analisi di sicurezza fornite dall'esercente per l'approvazione dei relativi progetti.

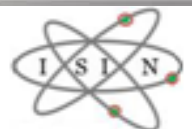
Vigilanza sullo svolgimento delle operazioni attraverso **controlli tecnici ed azioni ispettive** on-site.

Le fasi storiche

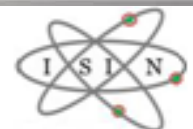
I primordi e la fase americana (anni 60-1986)

Il Post Chernobyl, attentato torri gemelle e l'allargamento dell'UE (1986-2006)

La fase delle direttive UE e il Post Fukushima (2007-2022)



I primordi e la fase americana (anni 50-1986)



Il discorso del Presidente degli Stati Uniti Eisenhower's "Atoms for Peace" all' Assemblea generale delle Nazioni Unite del 1953.

<https://www.youtube.com/watch?v=oxGSfOd1Dpc>

Si avvia l'era dell'impiego pacifico dell'energia nucleare

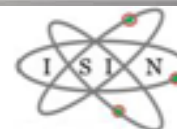
Viene costituita l'agenzia internazionale dell'Energia Atomica



[https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000091505/2/costituita-ufficialmente-vienna-l-agenzia-atomica-mondiale-3.html?startPage=20&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:\[%22*:*%22\],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22temi%22:\[%22\%22energia%20nucleare\%22%22\]}}](https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000091505/2/costituita-ufficialmente-vienna-l-agenzia-atomica-mondiale-3.html?startPage=20&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:[%22*:*%22],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22temi%22:[%22\%22energia%20nucleare\%22%22]}})

Statuto approvato nel 1956

<https://www.iaea.org/about/statute#a1-2>



Lo sviluppo dell'energia nucleare in Europa e nel mondo negli anni 60-80

Sotto la spinta del programma *Atoms for Peace* prima e la crisi energetica degli anni 70 vengono costruite la gran parte delle centrali nucleari ancora oggi in funzione nel mondo

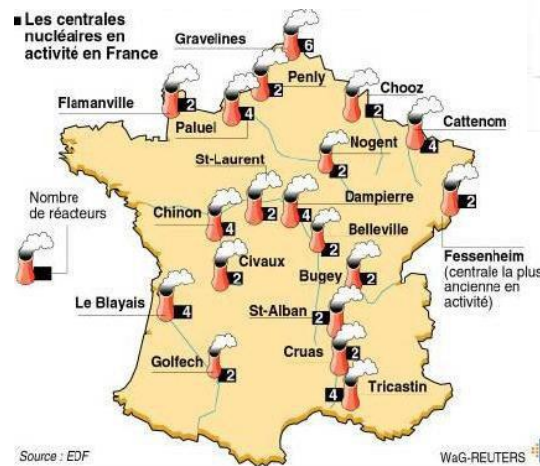
100 reattori negli Stati Uniti

56 reattori in Francia

19 in Canada

17 in Germania

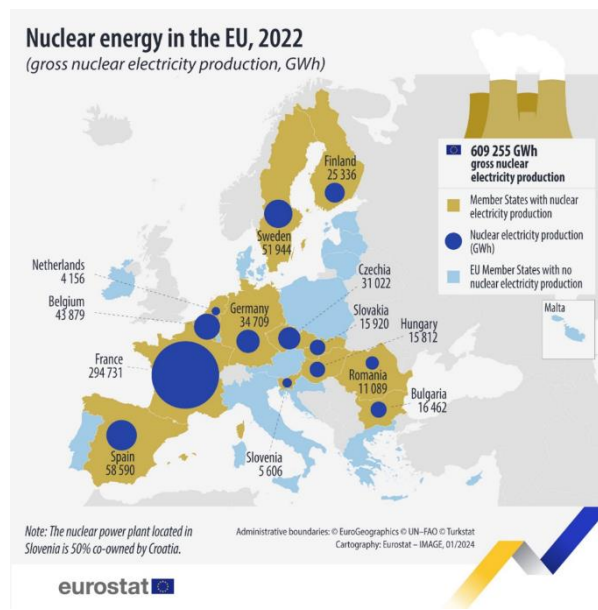
15 nel Regno Unito



Centrali Nucleari nell'Unione Europea

Nel 2022 erano in esercizio 100 reattori in 13 Stati Membri dell'Unione Belgium, Bulgaria, Cechia, **Germany**, Spain, France, Hungary, the Netherlands, Romania, Slovenia, Slovakia, Finland and Sweden.

L'energia elettrica prodotta ammonta a circa il 22%



E in Italia ?

L'Italia è paese pioniere nella realizzazione delle centrali nucleari

Si realizzano le tre centrali nucleari Latina (1963), Trino (1964), Garigliano (1964)

[https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000059600/2/trino-vercellese-grande-centrale-nucleare-3.html?startPage=0&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:\[%22centrale%20nucleare%20trino%22\],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20}}](https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000059600/2/trino-vercellese-grande-centrale-nucleare-3.html?startPage=0&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:[%22centrale%20nucleare%20trino%22],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20}})

[https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000092434/2/inaugurata-latina-centrale-nucleare-simea-che-sara-realizzata-dalla-agip-nucleare-licenziataria-della-britannica-nuclear-power.html?startPage=0&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:\[%22Centrale%20di%20Latina%22\],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20}}](https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000092434/2/inaugurata-latina-centrale-nucleare-simea-che-sara-realizzata-dalla-agip-nucleare-licenziataria-della-britannica-nuclear-power.html?startPage=0&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:[%22Centrale%20di%20Latina%22],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20}})



In Italia (2)

Alla fine degli anni 50 si avvia il reattore ISPRA 1 e il reattore Avogadro

https://www.google.it/search?q=reattore+ispra+1&authuser=0&source=lnms&tbm=vid&sa=X&ved=2ahUKEwi-xoOyvoD9AhUBSvEDHfbNB7UQ_AUoAHoECAEQCg&biw=1408&bih=624&dpr=1.36#fpstate=ive&vld=cid:63caa401,vid:OXGQy-jkU80

[https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000082588/2/ispra-e-nata-l-industria-nucleare-italiana-3.html?startPage=40&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:\[%22*:*%22\],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22temi%22:\[%22energia%20nucleare%22%22\]}](https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000082588/2/ispra-e-nata-l-industria-nucleare-italiana-3.html?startPage=40&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:[%22*:*%22],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22temi%22:[%22energia%20nucleare%22%22]})

<https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000091286/2/saluggia-inaugurazione-del-nuovo-reattore-nucleare-avogadro.html?startPage=0>

Negli anni 60-70 si avviano gli impianti pilota di riprocessamento EUREX ed ITREC del CNEN e poi ENEA

Si avvia l'impianto Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo



Negli anni 70 si realizza la centrale di Caorso



https://www.google.it/search?q=centrale+di+caorso&authuser=0&source=lnms&tbn=vid&sa=X&ved=2ahUKEwjo-aDWxYD9AhXyc_EDHcNjC28Q_AUoAHoECAEQCg&biw=1408&bih=624&dpr=1.36#fpstate=ive&vld=cid:40384bee,vid:SAT3Ks1JC8g

e si avvia la costruzione di quella di Montalto di Castro

Sono progettati e si avvia la costruzione degli impianti sperimentali PEC e CIRENE



Sul piano internazionale

IAEA



La IAEA fu istituita nel 1957 come risposta ai timori e alle aspettative generate dalla scoperta e dai diversi usi della tecnologia nucleare.

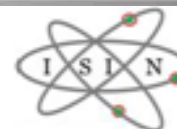
L'Agenzia trova la sua genesi nel discorso del Presidente degli Stati Uniti Eisenhower's "Atoms for Peace" all' Assemblea generale delle Nazioni Unite del 1953.

<https://www.youtube.com/watch?v=oxGSfOd1Dpc>

[https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000091505/2/constituita-ufficialmente-vienna-l-agenzia-atmica-mondiale-3.html?startPage=20&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:\[%22*:*%22\],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22temi%22:\[%22%22energia%20nucleare%22%22\]}}](https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000091505/2/constituita-ufficialmente-vienna-l-agenzia-atmica-mondiale-3.html?startPage=20&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:[%22*:*%22],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22temi%22:[%22%22energia%20nucleare%22%22]}})

Statuto approvato nel 1956

<https://www.iaea.org/about/statute#a1-2>



Sul Piano del Diritto Comunitario

TRATTATO EURATOM

Firmato a Roma nel 1957

Sviluppare la ricerca e assicurare la diffusione delle conoscenze tecniche

Stabilire e garantire l'applicazione di norme di sicurezza uniformi per la protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori

Agevolare gli investimenti e assicurare la realizzazione degli impianti fondamentali necessari allo sviluppo dell'energia nucleare nell'UE



[https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000032653/2/firmati-dai-rappresentanti-belgio-francia-germania-italia-lussemburgo-e-olanda-i-trattati-mercato-comune-e-l-euratom-1.html?startPage=80&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:\[%22trattato%20di%20roma%22\],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22archiveType_string%22:\[%22xDamsCineLuce%22\]}}](https://patrimonio.archivioluce.com/luce-web/detail/IL5000032653/2/firmati-dai-rappresentanti-belgio-francia-germania-italia-lussemburgo-e-olanda-i-trattati-mercato-comune-e-l-euratom-1.html?startPage=80&jsonVal={%22jsonVal%22:{%22query%22:[%22trattato%20di%20roma%22],%22fieldDate%22:%22dataNormal%22,%22_perPage%22:20,%22archiveType_string%22:[%22xDamsCineLuce%22]}})

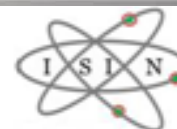
TRATTATO EURATOM (2)

Garantire il regolare e equo approvvigionamento di tutti gli utilizzatori dell'UE in minerali e combustibili nucleari

Garantire che le materie nucleari civili non siano distolte dalle finalità cui sono destinate (in particolare verso fini di tipo militare). A tal fine i controlli sono affidati alla Commissione Europea.

In virtù di questo sistema regionale di controllo gli accordi di verifica sono stati stipulati con la IAEA congiuntamente da tutti gli Stati non nucleari dell'Unione Europea e la Commissione (Euratom). I controlli sono pertanto svolti congiuntamente da Euratom e IAEA.

Regolamento (Euratom) n. 3227/76 della commissione, in data 19 ottobre 1976 («Gazzetta Ufficiale» della Comunità europea n. L 363 del 31 dicembre 1976), relativo all'applicazione delle disposizioni sul controllo di sicurezza dell'Euratom e direttamente applicabile negli Stati membri ai sensi dell'art. 161 del trattato istitutivo della C.E.E.A.;



Sul piano del diritto internazionale

Il TNP e Le Salvaguardie

Trattato di non proliferazione nucleare (TNP)

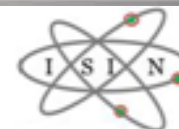
entrato in vigore il 5 marzo 1970, dopo essere stato aperto alla firma il 1 luglio 1968: attualmente aderiscono 188 Paesi.

<https://italiarappginevra.esteri.it/rappginevra/it/il-disarmo/trattati-e-convenzioni/trattato-no-proliferazione.html>

Disarmo, non-proliferazione e usi pacifici dell'energia nucleare

Ruolo di verifica della IAEA su contabilità e controllo delle materie nucleari

Accordi di salvaguardia



Sul piano del diritto internazionale (2)

Convenzione sulla protezione fisica delle materie nucleari

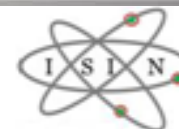
Dopo circa due anni di negoziati viene adottata a Vienna il 26 ottobre 1979.

IAEA - INFCIRC/274/Rev. 1, May 1980

Ratificata dall'Italia con LEGGE 7 agosto 1982, n. 704

<https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1982-10-07&atto.codiceRedazionale=082U0704&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=10&qId=&tabID=0.28878963650307643&title=lbl.dettaglioAtto>

Fissa gli obblighi degli Stati Parte in tema di protezione fisica delle materie nucleari durante il trasporto internazionale.



L'incidente di Three Miles Island (1979)

Cause

Errore umano

Poca affidabilità sistemi e carenze nelle procedure gestione

Lezioni

Affidabilità sistemi ausiliari

Training Operatori

Studi Probabilistici

Protezione del Contenimento

Rafforzamento predisposizioni per l'emergenza

Miglioramenti adottati ed estesi a tutti gli impianti negli USA ed in Europa

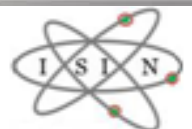


NUREG – 0737
Clarification of TMI Action Plan
Requirements

<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0737/final/index.html>



*Ispettorato nazionale
per la sicurezza nucleare e la radioprotezione*

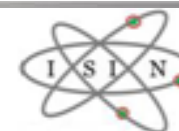


Le conseguenze dell'Incidente di Three Mile Island

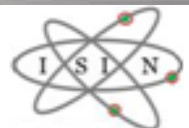
Nessun ferito, nessuna vittima o effetti sulla salute delle persone

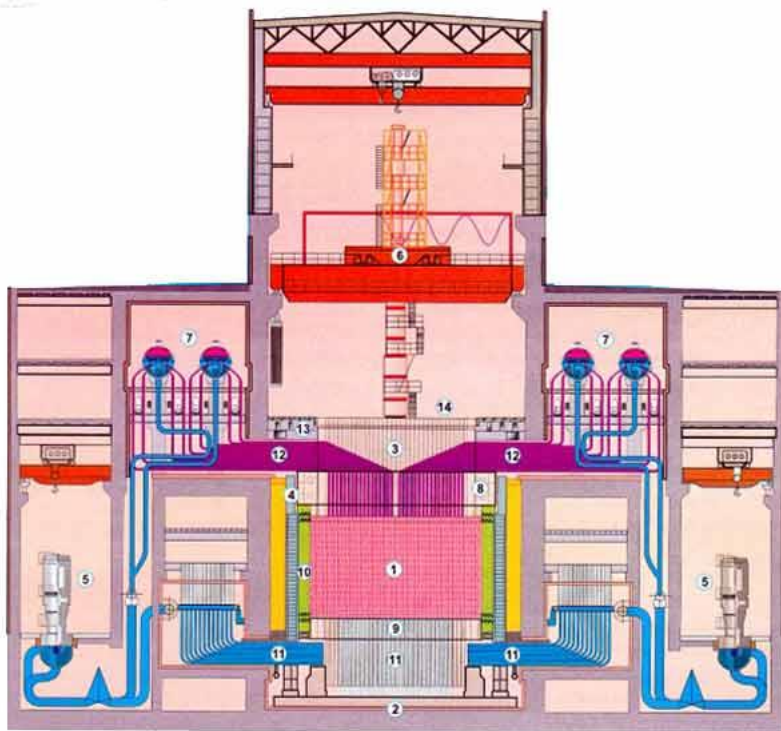


Intenso programma di interventi migliorativi sugli impianti promosso dalla Nuclear Regulatory Commission Americana



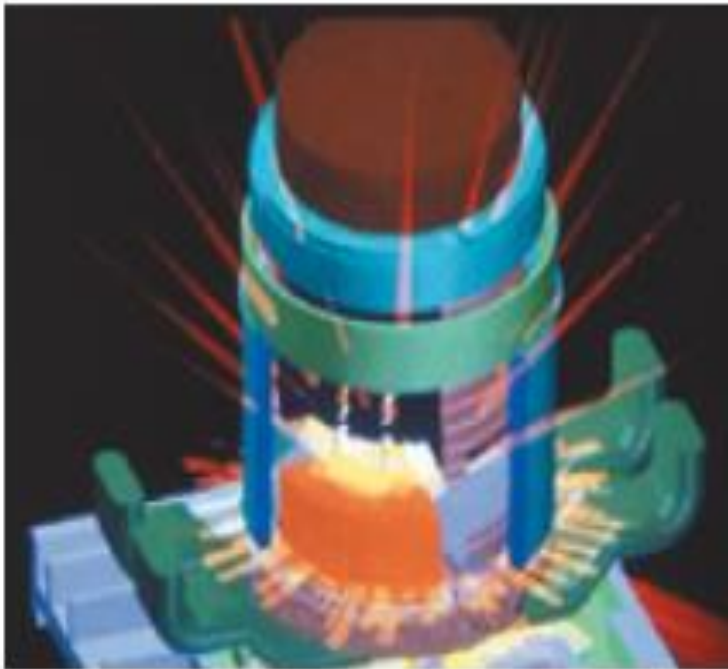
Il Post Chernobyl, l'attentato alle torri gemelle e l'allargamento dell'UE (1986-2006)



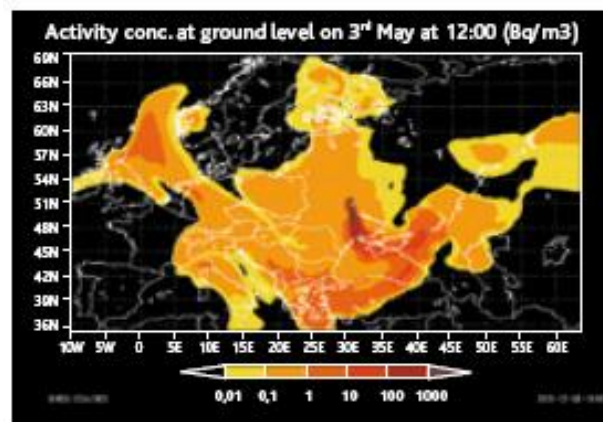
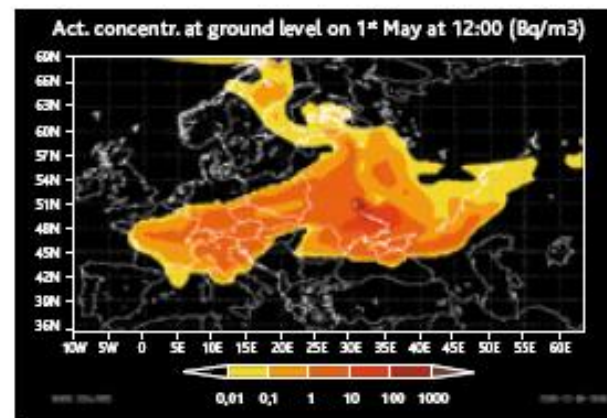
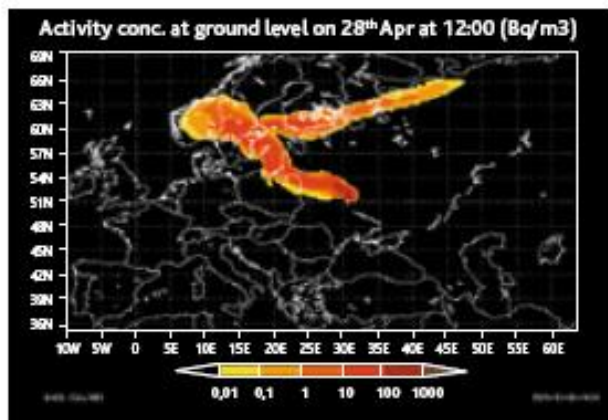


Chernobyl - 1986

L'esplosione nel reattore, generata dall'improvviso aumento della potenza generata, la fusione delle strutture, il contatto del materiale fuso con l'acqua
Non un'esplosione nucleare)



Dispersione della contaminazione a livello continentale - Le conseguenze transfrontaliere



Le cause dell'incidente

Rilevanti carenze progettuali

Insufficiente addestramento
e cultura della sicurezza del
personale

Carenza di un adeguato
sistema di regolamentazione
e controllo



Le conseguenze (dati UNSCEAR)

Lavoratori e popolazione esposti a tre principali elementi radioattivi che sono Iodio-131, Iodio 134, Cesio-137

Dei 600 lavoratori, 134 accusarono una sindrome acuta da radiazioni e 28 persero la vita in pochi giorni. Nel resto dei lavoratori, per quelli esposti a dosi più elevata si è registrata un'incremento dell'incidenza di leucemie e cataratte.

Circa 115,000 persone sono state evacuate dalle zone limitrofe

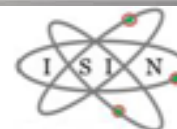
In Russia, Bielorussia e Ucraina dei 20000 casi di cancro alla tiroide registrati fino al 2015 circa 5000 sono ritenuti correlati all'esposizione per ingestione di latte contaminato

Rilevante contaminazione del territorio limitrofo (Zona di esclusione)



Cosa evidenziò l'incidente

- 1) Il carattere transfrontaliero delle conseguenze di un incidente grave
- 2) L'importanza
 - del controllo democratico su una tecnologia che può comportare gravi conseguenze se non correttamente gestita, che ha come prerequisito l'informazione e la trasparenza
 - di un organismo di controllo indipendente ed efficace (con competenze e risorse)
 - di un'adeguata organizzazione di preparazione e risposta alle emergenze
 - di una capacità di monitoraggio radiologico diffuso
 - dello scambio rapido d'informazioni tra stati, in particolare limitrofi



Cosa si è fatto dopo Chernobyl

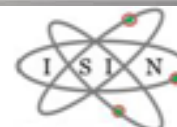
Miglioramento della sicurezza delle centrali analoghe e spegnimento definitivo di alcune di esse

Provvedimenti per la mitigazione degli incidenti molto gravi

Convenzioni internazionali (Sicurezza, pronta notifica e mutua assistenza)

Rafforzamento sistemi di gestione e della cultura di sicurezza e degli strumenti di gestione delle emergenze

Maggior trasparenza e informazione al pubblico



Gli strumenti di diritto internazionale e comunitario dopo Chernobyl

Convenzione sulla sicurezza nucleare - Ratificata il 19 gennaio 1998

<https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/convention-nuclear-safety>

Convenzione pronta notifica incidenti nucleari – Ratificata il 9 aprile 1990

<https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/convention-early-notification-nuclear-accident>

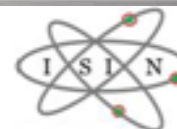
Convenzione mutua assistenza - Ratificata il 25.10.1990

<https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/convention-assistance-case-nuclear-accident-or-radiological-emergency>

In UE Decisione del Consiglio 87/600/Euratom

Istituzione ECURIE - European Community Urgent Radiological Information Exchange (ECURIE)

https://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwioqYjph6X9AhW_YPEDHVd1DtwQFnoECAGQAQ&url=https%3A%2F%2Feurlex.europa.eu%2Flegal-content%2FEN%2FTXT%2F%3Furi%3DCELEX%253A31987D0600&usg=AOvVaw09In6p2dCvFX4IaWtdhiKi



I principi sanciti nel diritto internazionale con la Convenzione sulla sicurezza nucleare

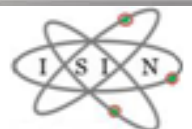
La **responsabilità**, nazionale e primaria dell'esercente

Il **regime autorizzativo**

Il sistema di controllo, tramite **un'autorità indipendente** dotata di adeguate risorse

Le **verifiche di sicurezza**
Etc

Meccanismo di **Peer review** internazionale



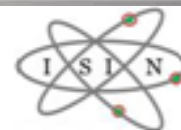
Cosa avviene all'estero sul piano realizzativo

In molti paesi si interrompono i programmi di realizzazione di nuovi impianti. **Nessun paese interrompe l'esercizio degli impianti già funzionanti o la realizzazione di quelli in costruzione**

Le società di progettazione si concentrano sullo sviluppo di progetti di più piccola taglia, cosiddetti a sicurezza intrinseca (SBWR, AP600)

Dopo la frammentazione dell'ex Jugoslavia e dell'ex Unione Sovietica si avviano consistenti programmi di assistenza a favore degli operatori e dell'autorità di sicurezza, finanziati dalla Commissione Europea, dalla BERS e dalla IAEA

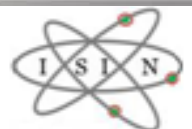
Il processo di allargamento dell'Unione Europea vede nella *sicurezza nucleare* un importante «acquis communautaire». L'accesso richiede ad alcuni paesi di spegnere definitivamente i loro impianti (ad esempio Bohunice 1&2 in Repubblica Slovacca (VVER-440) e Ignalina in Lituania, Kozloduy 1&2 in Bulgaria



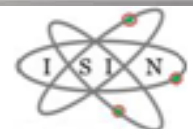
Cosa avviene in Italia

Con il referendum popolare del 1987, dopo l'incidente di Chernobyl, viene decisa la chiusura definitiva di tutte e quattro le centrali e di tutti gli altri impianti. Si interrompe altresì la costruzione della Centrale di Montalto di Castro

Restano in funzione i quattro reattori di ricerca



La fase delle direttive UE e il Post Fukushima (2007-2022)



Sul piano della protezione fisica e security



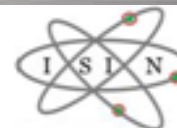
Attentato alle Torri gemelle del 2001

Si avviano ovunque miglioramenti dei piani di protezione fisica degli impianti

Con l'allargamento dell'Unione Europea il diritto comunitario in tema di sicurezza degli impianti nucleari e dei rifiuti radioattivi e di protezione dalle radiazioni fa un importante passo in avanti

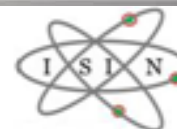
Sono emanate tre direttive

- **2009/71/Euratom su sicurezza impianti nucleari**
- **2011/70/Euratom sulla gestione in sicurezza dei rifiuti radioattivi**
- **2013/59/Euratom sulle norme fondamentali di radioprotezione**



L'incidente di Fukushima

<https://www.youtube.com/watch?v=eo9iP-Kj2e4>





Ore 14:46 del 11 marzo: terremoto magnitudo 9 seguito dopo 30 minuti da uno tsunami con onde anche oltre 14 metri di altezza



Al 12 maggio 15,000 morti e 10,000 dispersi

La sequenza degli eventi

Onda da tsunami di 14 m

Ingenti danni su più unità

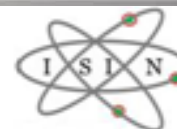
Perdita dell'alimentazione elettrica di emergenza e di tutti i generatori diesel (eccetto 1)

Perdita dei sistemi di sicurezza

Situazione prolungata di perdita dell'alimentazione elettrica

Una serie di esplosioni

Presenza di contaminazione e di alti campi di radiazioni





Le conseguenze dell'incidente

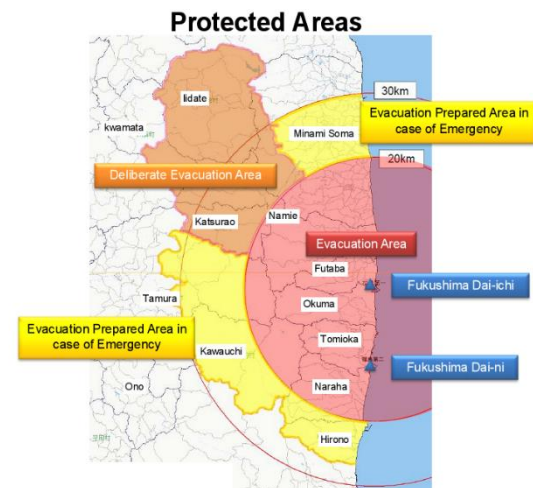
Non vi sono state vittime per l'esposizione alle radiazioni

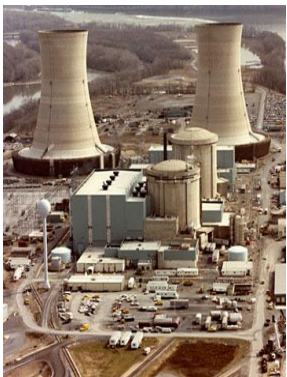
Larga parte della contaminazione rilasciata si è riversata nell'oceano

Un significativo incremento del rischio di cancro alla tiroide viene escluso per i livelli molto più bassi di esposizione alle radiazioni rispetto a Chernobyl

Gli effetti sanitari più significativi sono connessi a sindromi, soprattutto di natura psicologica, associate all'evacuazione ed all'allontanamento delle persone dalle loro abitazioni

Post Traumatic Stress Disease (PTSD)

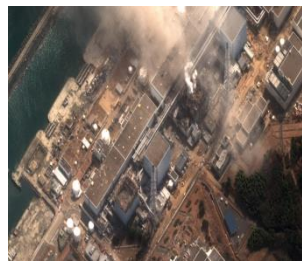




TMI - 1979



Chernobyl - 1986



Fukushima - 2011

....e che questa
casella resti per
sempre vuota

Dopo 2011 - Incidente di Fukushima

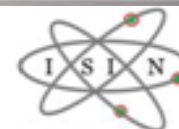


Stress Test in Europa

L'esercizio è stato svolto dagli Stati membri con il coordinamento dell'ENSREG, il Gruppo delle Autorità di regolamentazione competenti istituito dalla Commissione Europea

Revisione completa di tutte le centrali nucleari in esercizio in europa al fine di rafforzarne il livello di sicurezza rispetto ad incidenti gravi e fenomeni naturali estremi

Individuati molti miglioramenti attuati dagli Stati membri secondo specifici piani d'azione monitorati a livello comunitario



Dopo 2011 - Incidente di Fukushima



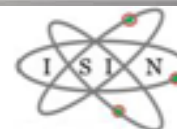
Nuova Direttiva UE sulla sicurezza delle installazioni nucleari “Direttiva 2014/87/Euratom”

https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2014.219.01.0042.01.ENG.

- Rafforzamento prevenzione e mitigazione incidenti, anche i più degradati di origine naturale e antropica
- Rafforzamento requisiti d'indipendenza delle Autorità di regolamentazione nazionali
- Topical Peer review (revisione congiunta tra gli Stati Membri ogni 6 anni di specifiche tematiche di sicurezza)

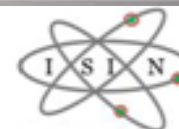


La **sicurezza** degli impianti nucleari in scenari di **conflitto bellico**

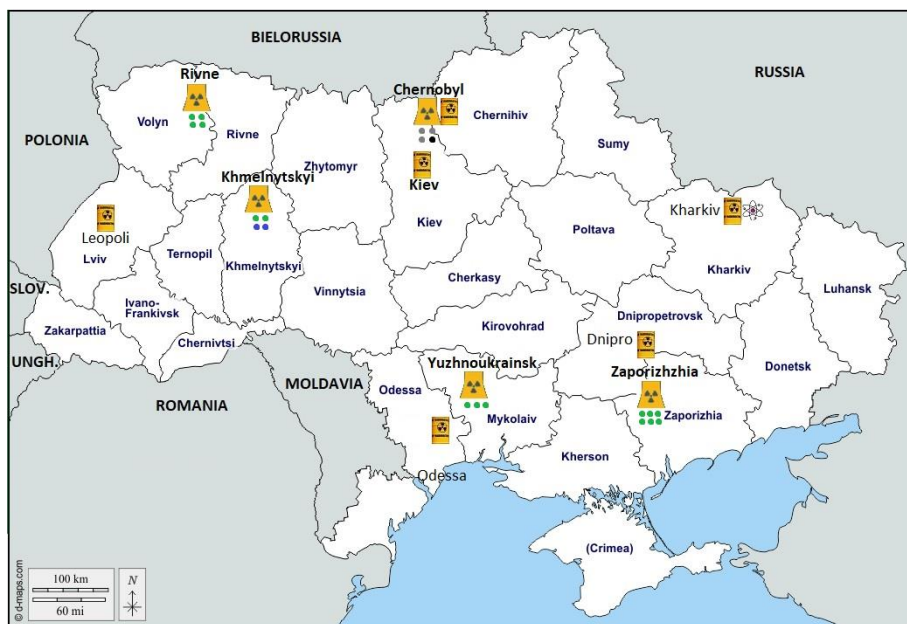


Il livello di sicurezza garantito dagli attuali standard internazionali, come evoluti anche sulla base dell'esperienza maturata a seguito degli incidenti occorsi, è molto elevato.

- Gli impianti nucleari sono forse le installazioni industriali più robuste
- Sono progettati per far fronte ad eventi naturali molto gravi
- Le strutture degli edifici hanno di norma pareti di cemento molto spesse
- I sistemi di sicurezza sono progettati secondo requisiti di ridondanza, separazione, diversificazione qualificazione a condizioni ambientali avverse



MAPPA DELLE INSTALLAZIONI NUCLEARI UCRAINE



Centrale di Zaporizhzhia

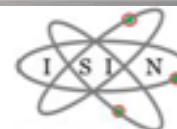
Azioni Belliche Contro la Centrale di Zaporizhzhia



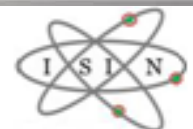
Le barriere ed i sistemi di sicurezza esistenti nelle centrali, progettati con ridondanze e capacità di resistenza ad eventi di origine antropica e naturale anche gravi, **possono contribuire a prevenire eventuali significativi rilasci di radioattività nell'ambiente anche nelle circostanze in cui un atto bellico**, pur se non assunto a riferimento nel progetto, colpisca e danneggi parti anche vitali della centrale. ridondanze e capacità di danneggiare parti anche vitali della centrale.

**Esse non sono però progettate per resistere
a tutti i possibili atti di guerra**

**Uno scenario di conflitto bellico può altresì rendere molto difficile
l'accesso ed il dispiegamento delle misure di gestione delle emergenze.**



Cosa avviene in Italia per gli impianti nucleari



Cosa avviene in Italia per gli impianti nucleari

L'Italia è l'unico paese che a seguito dell'incidente di Chernobyl decide, con il referendum popolare del 1987, la chiusura definitiva di tutti gli impianti (ad eccezione dei reattori di ricerca)



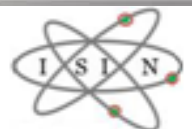
Cosa avviene in Italia per gli impianti nucleari

Gli impianti entrano in un periodo di *Conservazione in sicurezza* fino al 1999, anno nel quale viene costituita la SO.G.I.N.

Si avviano le operazioni di disattivazione (decommissioning) degli impianti, tuttora in corso

Si svolgono operazioni di condizionamento rifiuti, operazioni preliminari di disattivazione (con autorizzazioni ad hoc), si trasferisce all'estero (Inghilterra e Francia) il combustibile nucleare

Nel 2011 l'allora Governo Berlusconi propone una ripartenza del programma nucleare ma a seguito di un nuovo referendum le nuove normative emanate per regolamentare la realizzazione dei nuovi impianti vengono abrogate



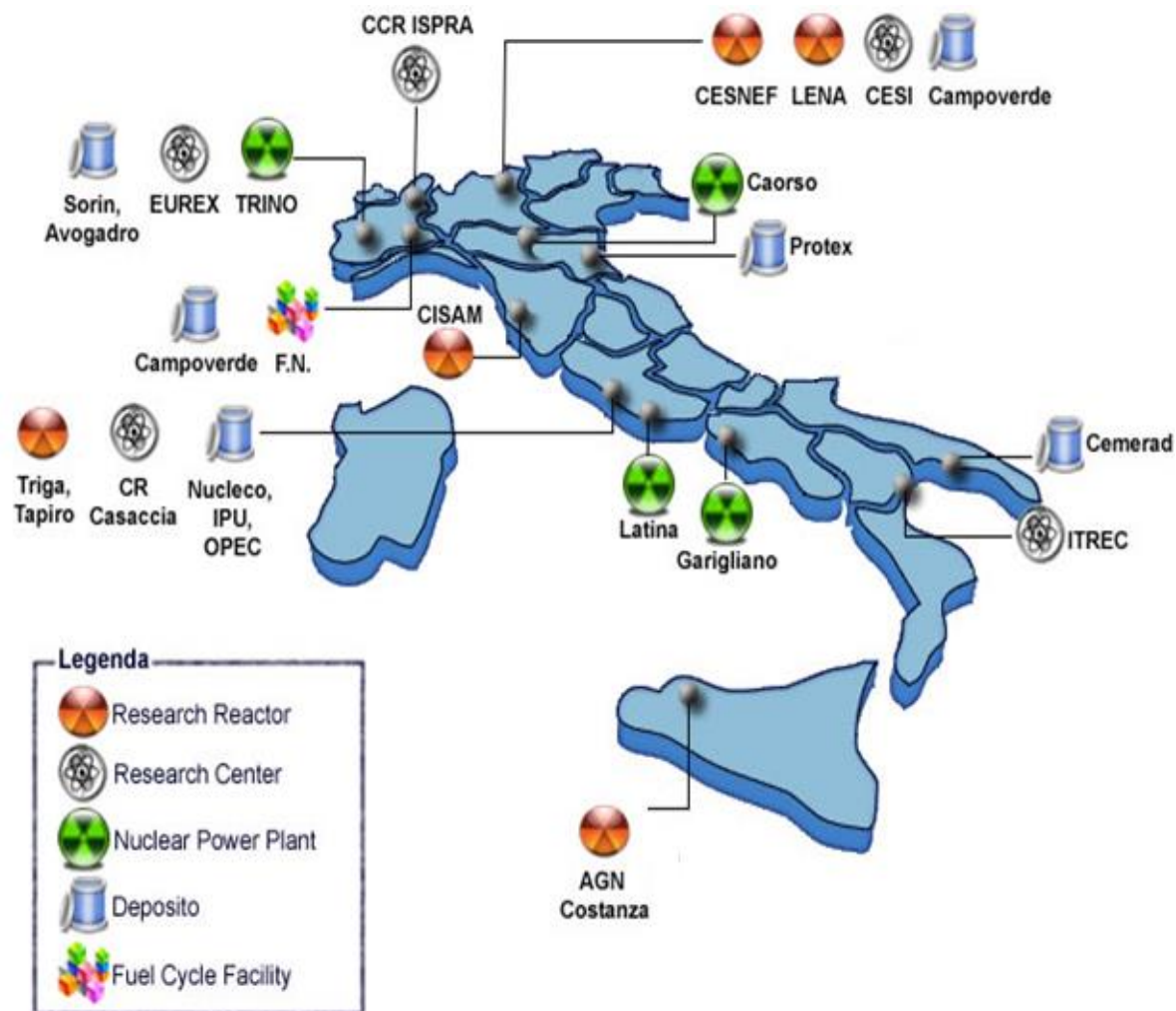
Sul piano realizzativo

Trasporti di combustibile esaurito verso la Francia da Caorso (2007-2010) e Trino (2014)



Trasporti di combustibile nucleare

Le Installazioni



Strategia (generale) di disattivazione

Gestione rifiuti e combustibile

Allontanamento
combustibile dal sito

Caratterizzazione rifiuti
pregressi

Trattamento &
condizionamento rifiuti

Stoccaggio temporaneo nel sito

Smantellamento strutture e componenti

Caratterizzazione radiologica
impianto

Operazioni di smantellamento

Trattamento e condizionamento
rifiuti da smantellamento

Decontaminazione &
allontanamento materiali solidi

Stoccaggio temporaneo nel sito

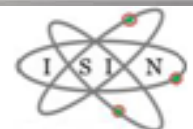
GREEN
FIELD

BROWN
FIELD

Trasferimento al Deposito
nazionale

Rilascio del
sito

Le centrali in Europa e i reattori di nuova generazione



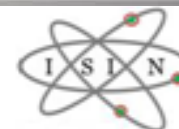
Situazione nel mondo e in Europa

Nel **mondo** vi sono **440** reattori nucleari che producono il 10% dell'elettricità

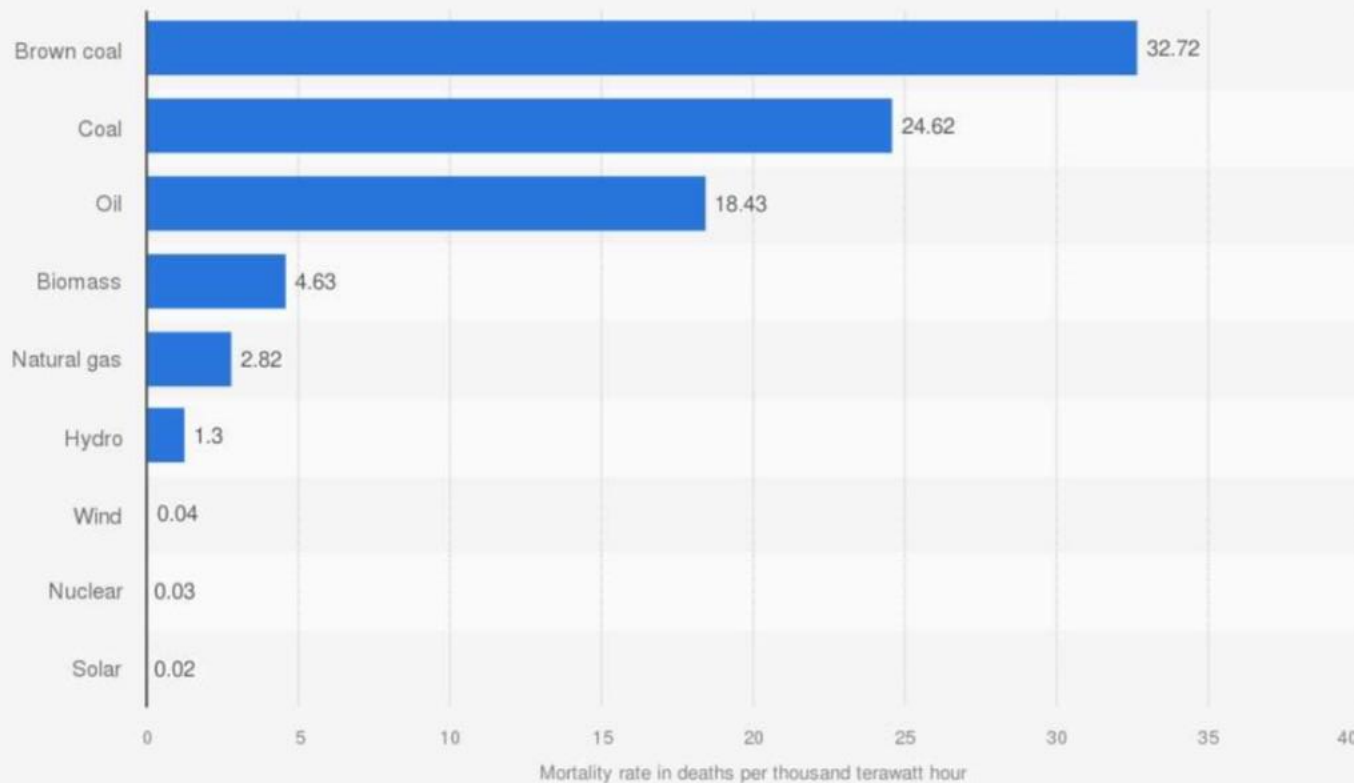
Nell'**Unione Europea** vi sono **100** reattori con circa il 30% dell'energia prodotta. 56 reattori sono in Francia

La gran parte dei reattori sono stati realizzati tra il 1970 e 2000

Due i reattori di recente realizzazione: Sono EPR di tecnologia francese, 1600 MWe e si trovano a Olkiluoto (FI) e Flamalville (FR) – Reattori Generazione III+



Mortality rate from accidents and air pollution per unit of electricity worldwide, by energy source (in deaths per thousand terawatt hour)



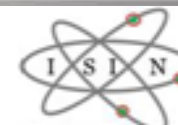
Sources

Canary Media; OWID; Expert(s) (Markandya & Wilkinson (2007); Sovacool et al. (2016); UNSCEAR (2008; & 2018))
© Statista 2024

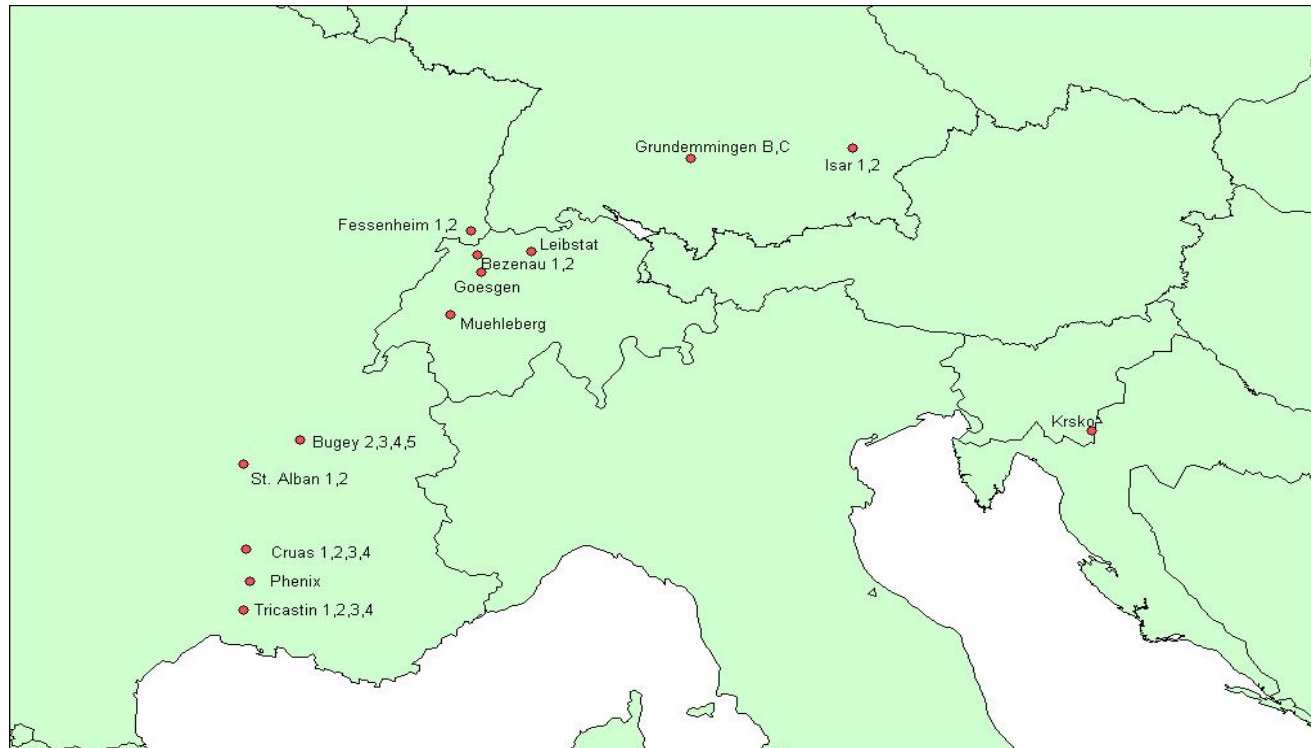
Additional Information:

Worldwide; 2018

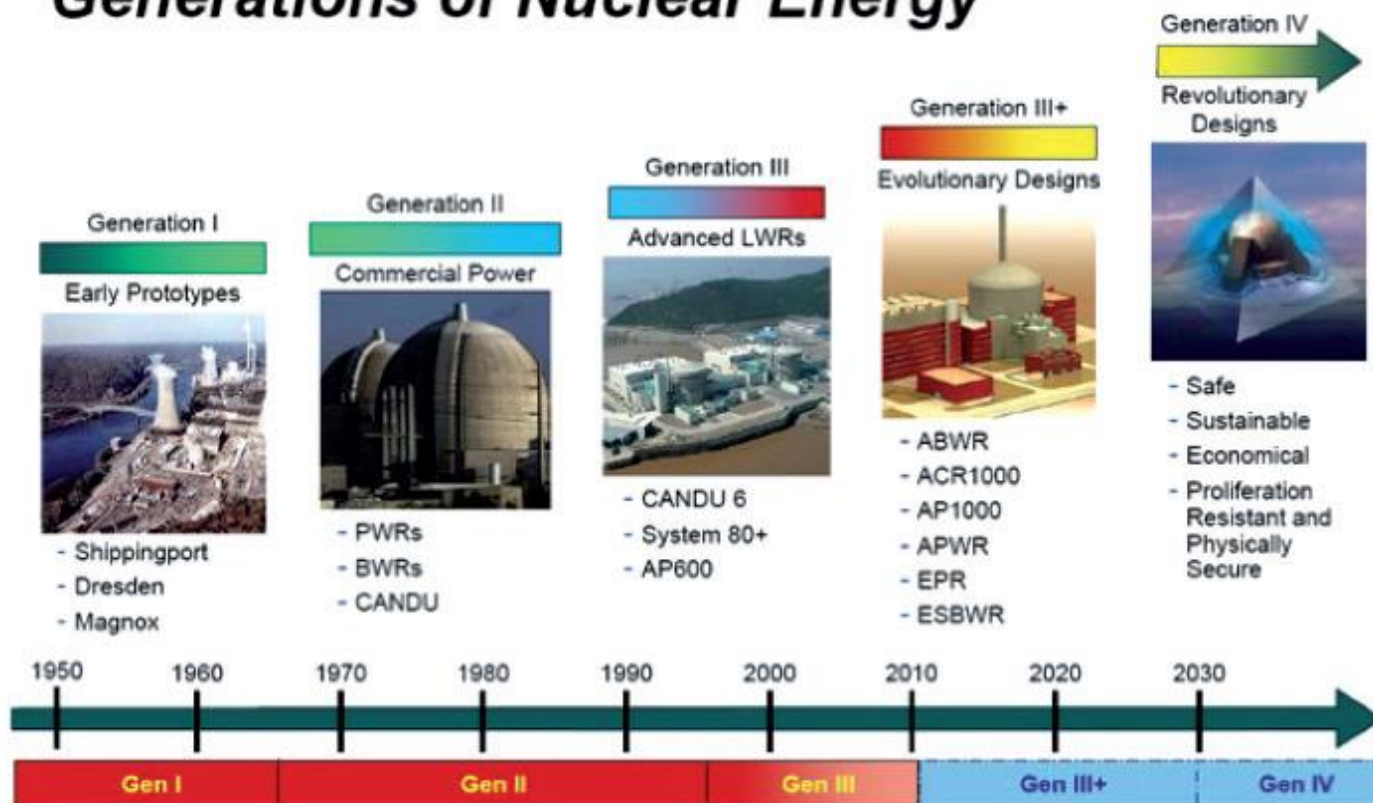
statista



Impianti ai confini nazionali



Generations of Nuclear Energy



Grazie per l'attenzione

