

Le armi nucleari

Alberto Rotondi

Dipartimento di Fisica Università di Pavia



**70 anni
di convivenza**





ISTITUTO BUDDISTA ITALIANO SOKA GAKKAI
per la pace, la cultura e l'educazione



PRINCIPI ISPIRATORI

Il fulcro della filosofia della Soka Gakkai può essere condensato nel concetto di “rivoluzione umana”: l’idea che un cambiamento profondo e automotivato di un singolo individuo può condizionare positivamente la rete della vita intesa nel senso più vasto, e portare al rinnovamento della società intera. Questo concetto e questo movimento si radicano nell’insegnamento di Nichiren Daishonin, un maestro Buddista che visse in Giappone nel 13esimo secolo.

Il Buddismo di Nichiren mette in risalto la profonda connessione tra la propria felicità e quella degli altri. Secondo questo insegnamento ogni individuo, indipendentemente dal genere, etnia, capacità personali e status sociale, ha la capacità di superare le inevitabili sfide esistenziali, sviluppare una vita di grande valore e creatività e influenzare positivamente la comunità, la società e il mondo intero.

Un paradosso dell'intelligenza e dell'autocoscienza

L'uomo ha inventato la bomba atomica, ma nessun topo al mondo costruirebbe una trappola per topi

Albert Einstein

Il problema nucleare è un problema metafisico ... si tratta infatti del suicidio dell'umanità. Da questo punto di vista l'elemento politico militare è puramente strumentale.

Alberto Moravia

Martin Klaproth, chimico tedesco, chiama il minerale Uranio (dal pianeta Urano)

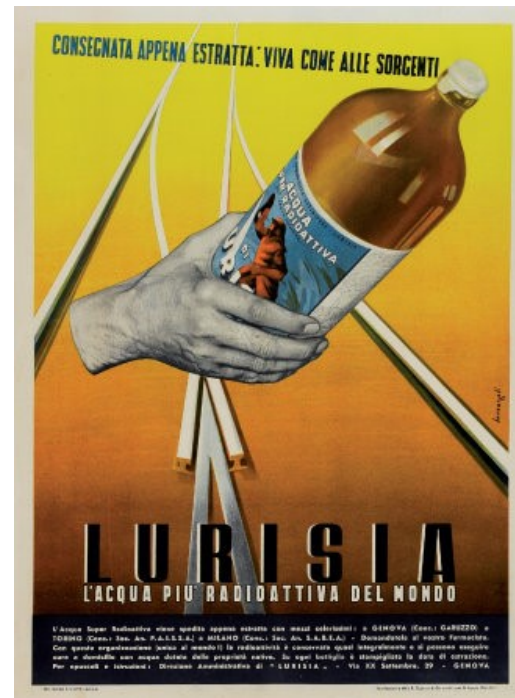
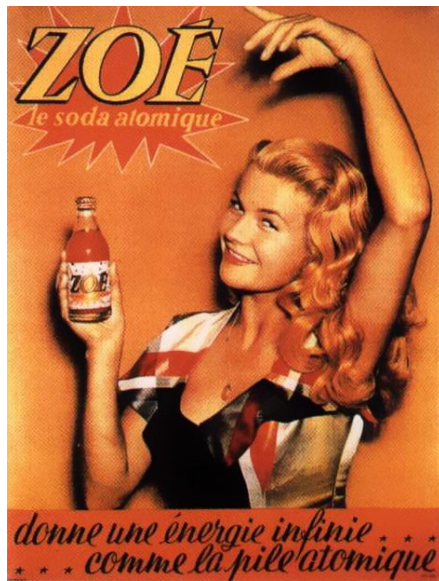
Wilhelm Roentgen nel 1895, accelerando un fascio di elettroni attraverso un tubo di vetro a vuoto, riesce a produrre raggi X in modo continuo.

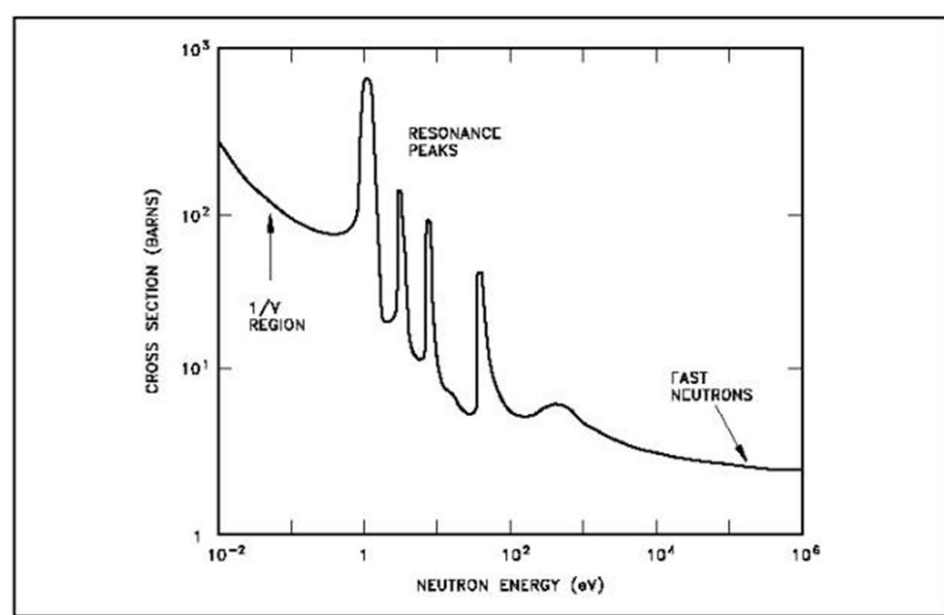
Poi, nel 1896 Pierre e Marie Curie danno il nome di 'radioattività' a questo fenomeno, e nel 1898 isolano il Polonio e il Radio dalla pechblenda. Il Radio è poi utilizzato nel trattamento medico. Nel 1898 Samuel Prescott dimostra che le radiazioni distruggono i batteri negli alimenti.

1902 Ernest Rutherford mostra che la radioattività avviene spontaneamente con l'emissione di particelle alfa o beta da parte di molte specie nucleari

In 1932 James Chadwick scopre il neutrone

Nel 1932 Cockcroft e Walton producono trasformazioni nucleari bombardando atomi con protoni accelerati. Nel 1934 Irene Curie e Frédéric Joliot scoprono che alcune di queste trasformazioni creano radionuclidi artificiali





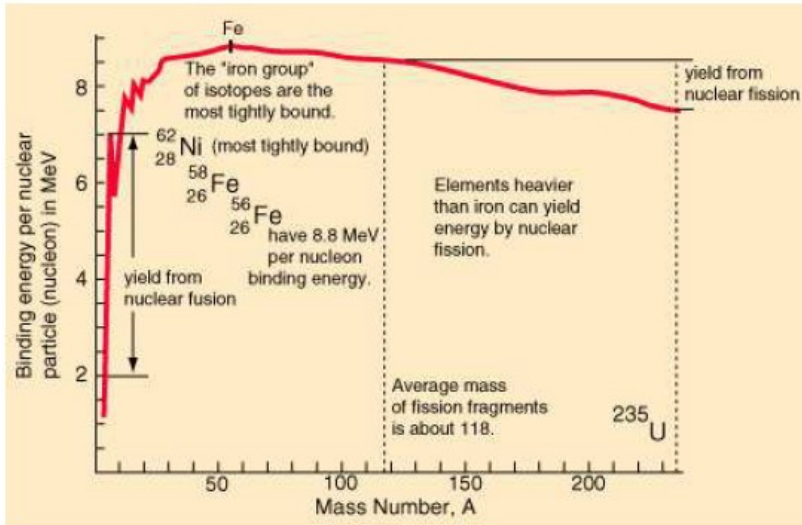
Nel 1933 Enrico Fermi scopre che una maggiore varietà di radionuclidi artificiali viene formata quando si usano neutroni al posto di protoni. Fermi osserva la produzione di molti elementi pesanti, ma anche, con l'uranio, di alcuni elementi molto più leggeri. Nel 1938 Otto Hahn e Fritz Strassmann a Berlino mostrano che i nuovi elementi più leggeri sono bario ed altri che sono circa la metà della massa dell'uranio, dimostrando così l'avvenuta fissione del nucleo.

Fermi riceve nel 1938 il Premio Nobel per la fisica, per "l'identificazione di nuovi elementi della radioattività e la scoperta delle reazioni nucleari mediante neutroni lenti".



«Le racconterò come arrivai a fare la scoperta che credo sia la più importante della mia carriera. Stavamo lavorando molto intensamente sulla radioattività indotta dai neutroni e i risultati che stavamo ottenendo erano incomprensibili. Un giorno, appena arrivato in laboratorio, mi venne in testa che avrei dovuto esaminare l'effetto prodotto da un pezzo di piombo piazzato davanti ai neutroni incidenti. E, contrariamente alle mie abitudini, misi un grande impegno a preparare un pezzo di piombo lavorato con grande precisione. Ero chiaramente insoddisfatto di qualcosa: cercai ogni scusa per tentare di rinviare la disposizione di quel pezzo di piombo al suo posto. Quando finalmente con grande riluttanza stavo per collocarlo, mi dissi: «No! Non voglio questo pezzo di piombo, ciò che voglio è un pezzo di paraffina!». Andò proprio così, senza nessuna premonizione e nessun precedente ragionamento conscio. Presi immediatamente un pezzo di paraffina che trovai sul momento a portata di mano e lo collocai dove avrebbe dovuto essere disposto il pezzo di piombo.»

Lise Meitner e il nipote Otto Frisch, mostrano che, quando il neutrone è catturato dal nucleo, avviene la divisione in due parti circa uguali. Calcolano l'energia rilasciata in circa 200 milioni di elettronvolts (MeV). Questà è la prima conferma sperimentale della relazione di Einstein tra massa ed energia.



$$\Delta(^{235}\text{U}) = 235 \times 7.5 = 1762 \text{ MeV}$$

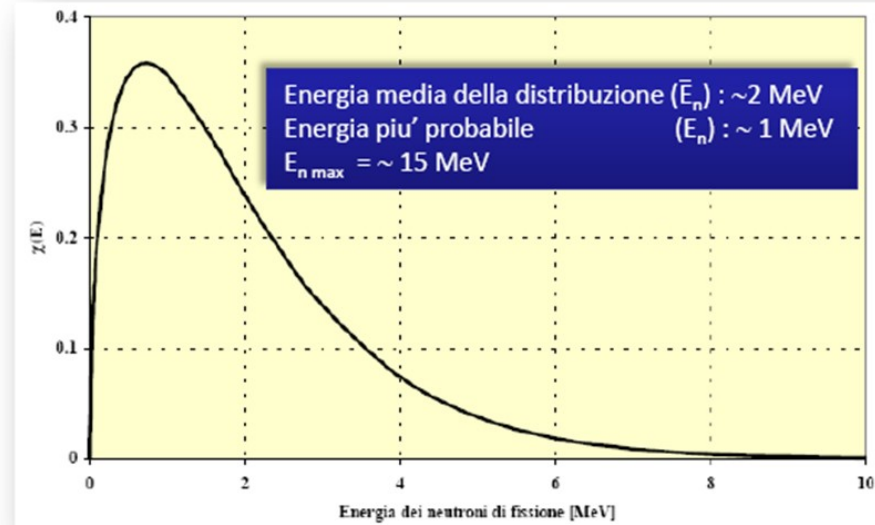
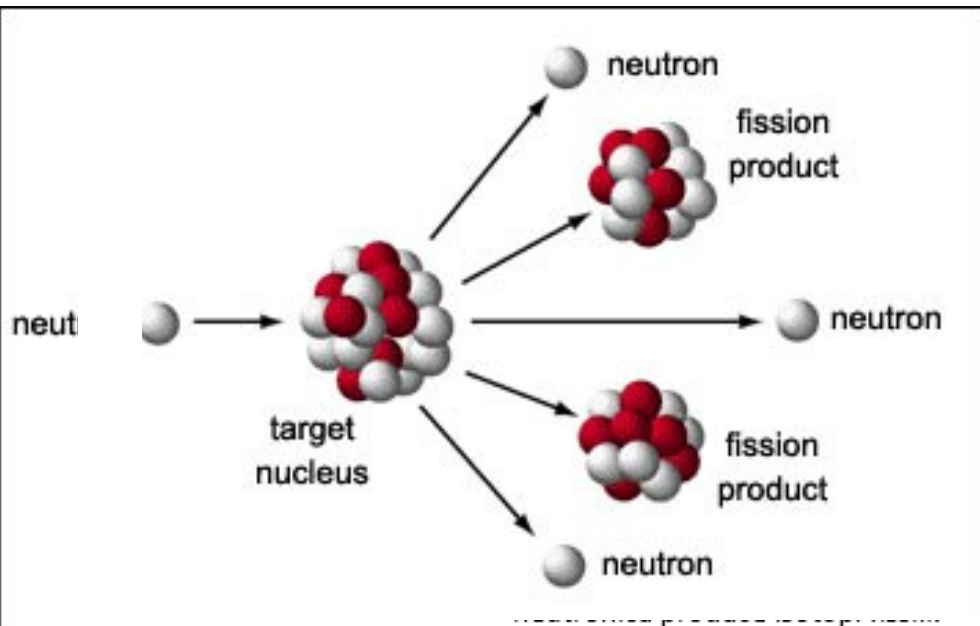
$$\Delta(^{135}\text{A} + ^{100}\text{A}) = 235 \times 8.4 = 1974 \text{ MeV}$$

Q-value: 212 MeV

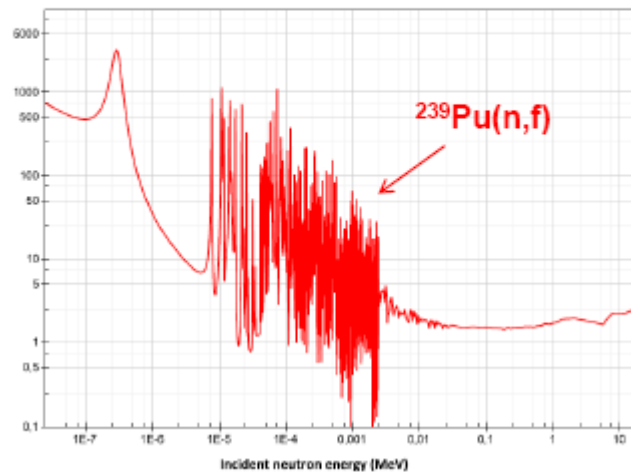
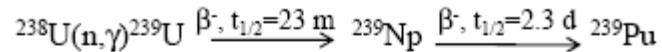
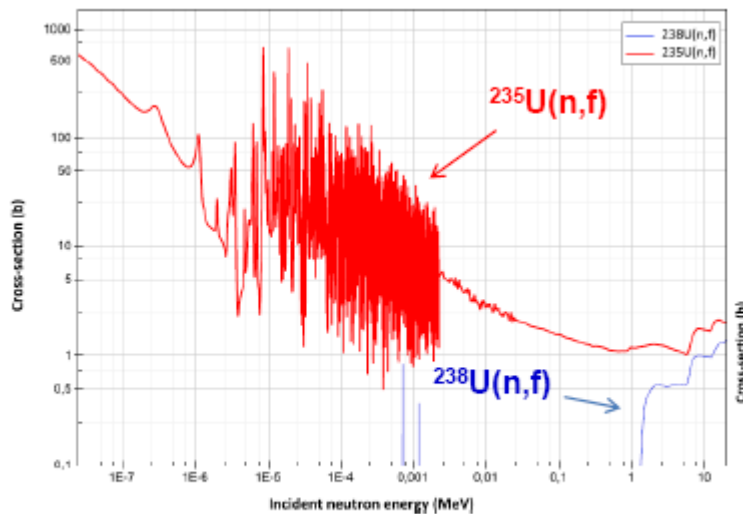
Questa ipotesi viene ben presto confermata sperimentalmente da Joliot e dai suoi collaboratori a Parigi e da Leo Szilard ed Enrico Fermi a New York.

Bohr fa notare che la fissione è molto più probabile con l'U235 che con l'U-238 e che la fissione è più probabile con neutroni lenti che con neutroni veloci. Quest'ultimo punto viene confermato da Szilard e Fermi, che propongono di utilizzare un 'moderatore' per rallentare i neutroni emessi.

Nuclei fissili: U235 e Pu239



^{235}U isotopo fissile, il ^{238}U no.



Nel 1939 Francis Perrin introduce il concetto di massa critica di uranio necessario per produrre un rilascio autosufficiente di energia. Le sue teorie sono estese da Rudolf Peierls presso l'Università di Birmingham. Il gruppo di Perrin a Parigi continua gli studi e dimostra che una reazione a catena può essere sostenuta in una miscela di uranio-acqua (l'acqua è utilizzata per rallentare i neutroni) se neutroni esterni sono stati iniettati nel sistema.



Sir Rudolf Ernst Peierls (1907–1995)

I fisici rifugiati Peierls e Frisch (che era rimasto in Inghilterra con Peierls dopo lo scoppio della guerra), danno un grande impulso al progetto della bomba atomica in un documento di tre pagine conosciuto come il memorandum di Frisch-Peierls. In questo documento prevedono che una quantità di circa 5 kg di U-235 puro basta per fare una bomba molto potente equivalente a diverse migliaia di tonnellate di dinamite. Essi suggeriscono anche come tale bomba possa essere fatta esplodere, come l'U-235 possa essere prodotto, e notano anche che gli effetti delle radiazioni si sarebbero sommati agli effetti esplosivi.

The Frisch-Peierls Memorandum

siderable. By a rough calculation we get the following expression for the energy liberated before the mass expands so much that the reaction is interrupted:

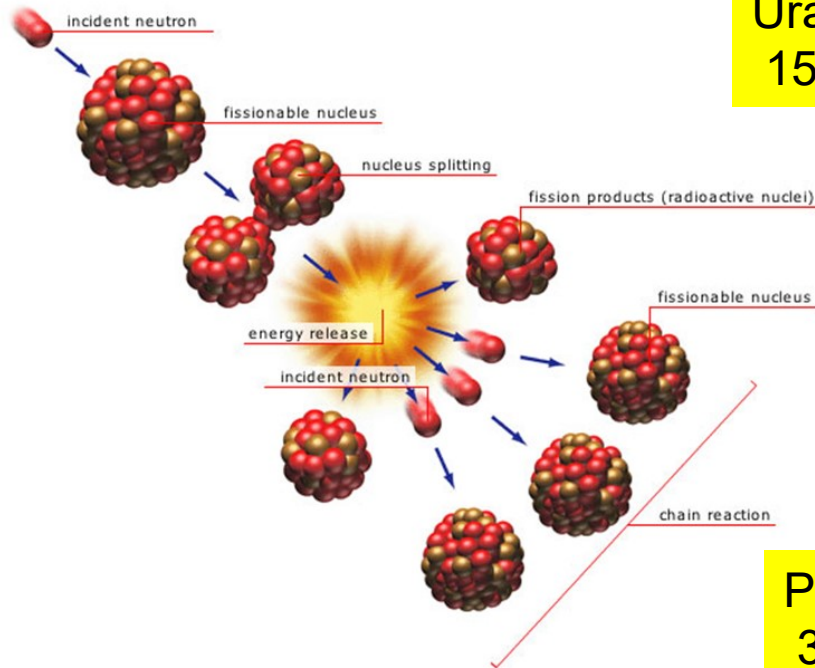
$$E = 0.2M(r^2 / \tau^2) \sqrt{(r / r_0) - 1} \quad (1)$$

(M , total mass of uranium; r , radius of sphere; r_0 , critical radius; τ , time required for neutron density to multiply by a factor e). For a sphere of diameter 4.2 cm ($r = 2.1$ cm), $M = 4700$ grams, $\tau = 4 \times 10^{-9}$ sec, we find $E = 4 \times 10^{22}$ ergs, which is about one-tenth of the total fission energy. For a radius of about 8 cm ($M = 32$ kg) the whole fission energy is liberated, according to formula (1). For small radii the efficiency falls off even faster than indicated by formula (1) because τ goes up as r approaches r_0 . The energy liberated by a 5 kg bomb would be equivalent to that of several thousand tons of dynamite, while that of a 1 kg bomb, though about 500 times less, would still be formidable.

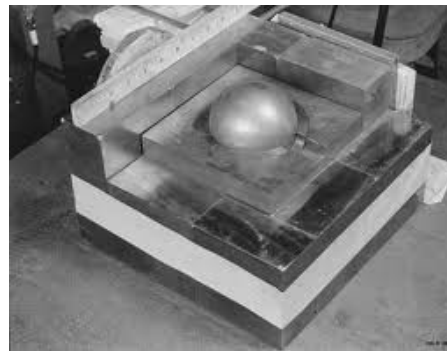
Massa Critica

Uranio 235
15 (58) kg

Pu239
3 (7) kg



plutonio



k = numero medio di neutroni di fissione che generano un'altra fissione nel volume considerato

Sistema sottocritico $k < 1$

Sistema critico $k = 1$

Sistema supercritico $k > 1$

Massa critica: massa necessaria per ottenere un sistema supercritico. Dipende dalle condizioni al contorno

BOMBA: sistema supercritico che prima di disintegrarsi raggiunge una energia esplosiva

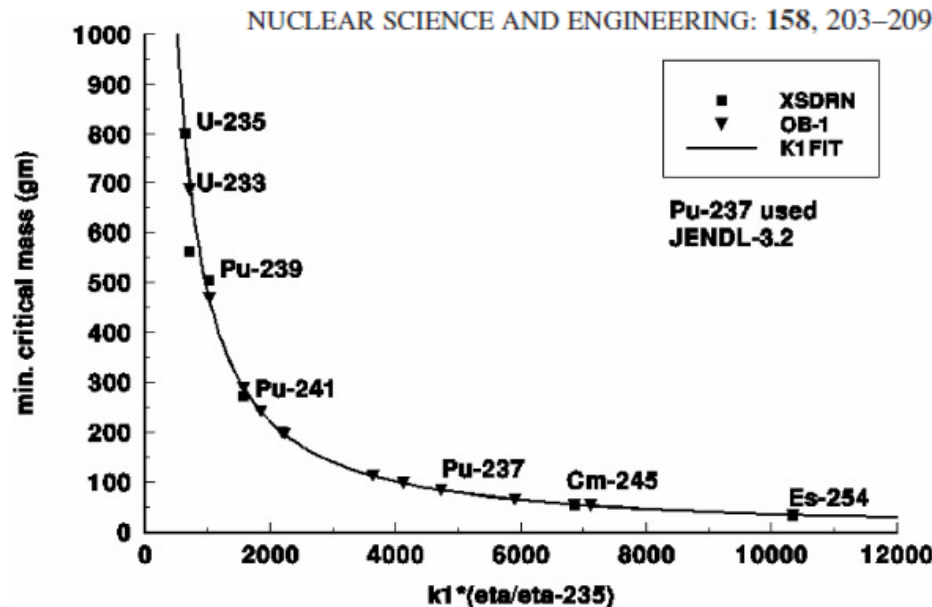


Fig. 2. Minimum critical masses, linear-linear plot. Values are listed in Table IV.



A 5.3 kg ring of 99.96% pure plutonium. Under some conditions, this is enough to produce a significant explosive output. In its current form — unreflected, at normal density, in a ring-shape that prevents any neutrons from finding too many atoms to fission with — it is relatively innocuous.



Esplosione: rilascio **rapido** di **grandi** quantità di energia
Deflagrazione: subsonica
Detonazione: supersonica, fino a 7000 m/s



$$1+2+4+8+16+32 = 63 \text{ (64)}$$

$$1+3+9+27+81 = 121 \text{ (243)}$$

$$2^{81} = 3^{51} = 2.5 \cdot 10^{24} = 18 \text{ kTon}$$

Per avere un ordine di grandezza: la massa critica per l'²³⁵U è intorno ai 15Kg: **81 generazioni in un milionesimo di s**

Per il Pu la massa critica è intorno a 3-7 kg ed occorrono almeno **51 generazioni**

Il 99.9% dell'energia si raggiunge nelle ultime 7 generazioni: il tempo è brevissimo, 0.07 milionesimi di secondo e il raggiungimento della massa critica è improvviso

Il progetto Manhattan parte nel 1942. 130 mila persone e 2 miliardi di dollari. Le tecnologie di arricchimento assorbirono l'80% del costo del progetto

“The Americans were pursuing three enrichment processes in parallel: Professor Lawrence was studying electromagnetic separation at Berkeley (University of California), E. V. Murphree of Standard Oil was studying the centrifuge method developed by Professor Beams, and Professor Urey was coordinating the gaseous diffusion work at Columbia University. Responsibility for building a reactor to produce fissile plutonium was given to Arthur Compton at the University of Chicago. “

Un reattore moderato a grafite viene costruito da Fermi presso l'Università di Chicago nel dicembre del 1942, realizzando la prima reazione nucleare a catena controllata. Reattori per la produzione su larga scala di plutonio vengono costruiti a Argonne, Oak Ridge e poi Hanford, oltre a un impianto di ritrattamento per estrarre il plutonio. Vennero realizzati quattro impianti per la produzione di acqua pesante, uno in Canada e tre negli Stati Uniti. Un team sotto Robert Oppenheimer a Los Alamos nel New Mexico lavora alla progettazione e costruzione di bombe a U-235 e Pu-239.



In June 1942, some six months before the American Chicago Pile-1 achieved criticality for the first time anywhere, Döpel's "Uran-Maschine" was destroyed by a chemical explosion introduced by hydrogen, which finished the work on this topic at Leipzig. Thereafter, despite increased expenditures the Berlin groups and their external branches didn't succeed in getting a reactor critical until the end of World War II

From 24 January to 4 February 1944, Heisenberg traveled to occupied Copenhagen, after the German army confiscated Bohr's Institute of Theoretical Physics. He made a short return trip in April. In December, Heisenberg lectured in neutral Switzerland. The United States Office of Strategic Services sent former major league baseball catcher and OSS agent Moe Berg to attend the lecture carrying a pistol, with orders to shoot Heisenberg if his lecture indicated that Germany was close to completing an atomic bomb. Heisenberg did not give such an indication, so Berg decided not to shoot him, a decision Berg later described as his own "uncertainty principle".

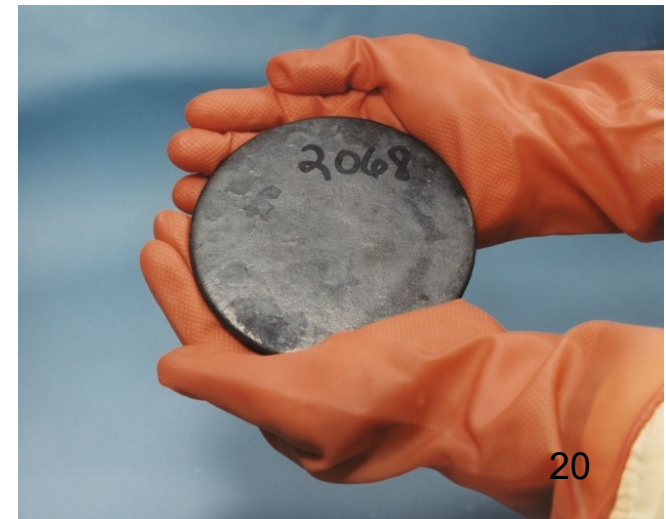
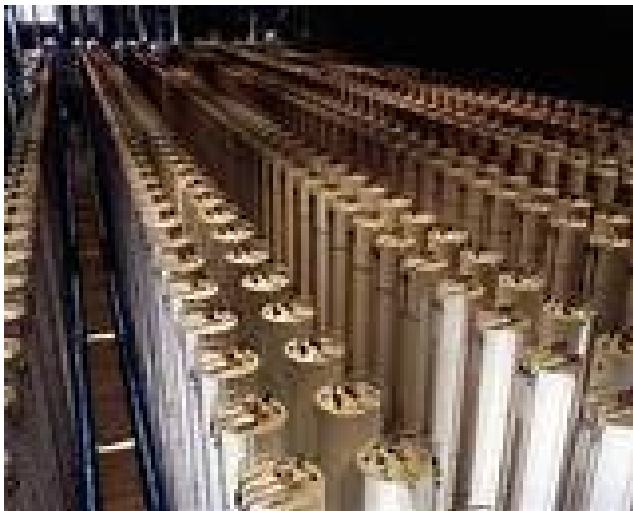


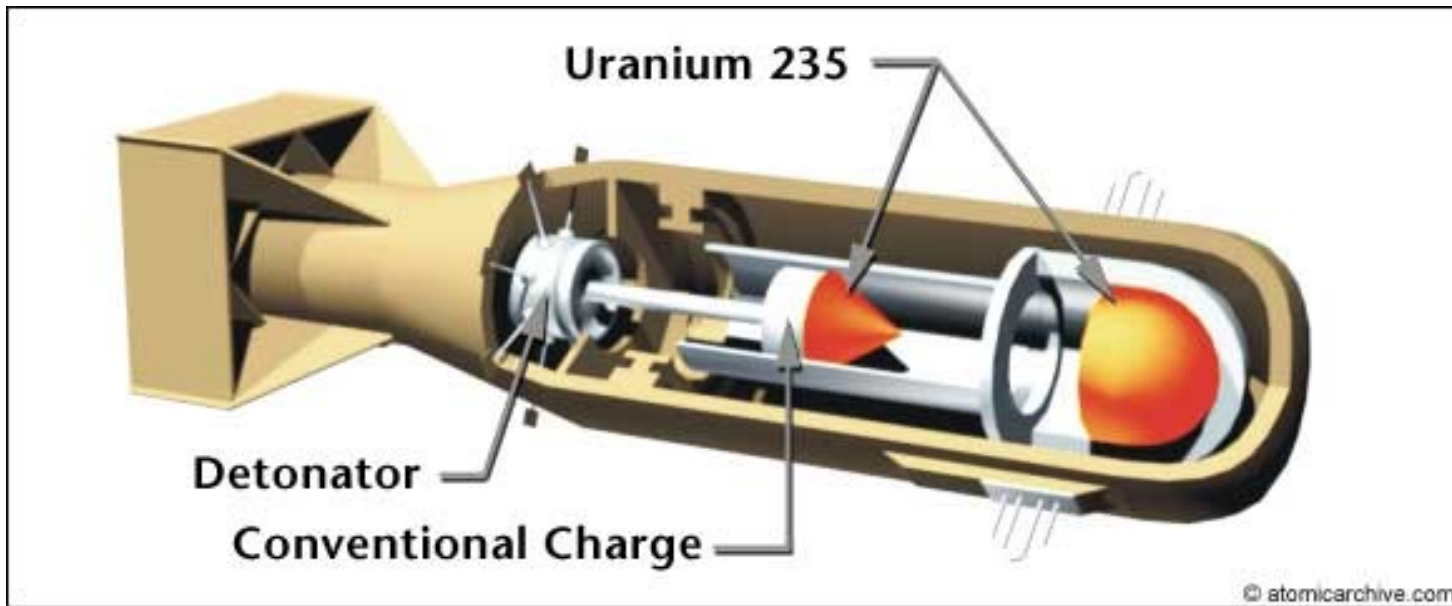
Energia

La fissione di un Kg di ^{235}U libera la stessa energia di circa 18 mila Tonnellate (18 kiloTon) di TNT ovvero l'energia elettrica consumata dall'Italia in $\frac{1}{2}$ ora.

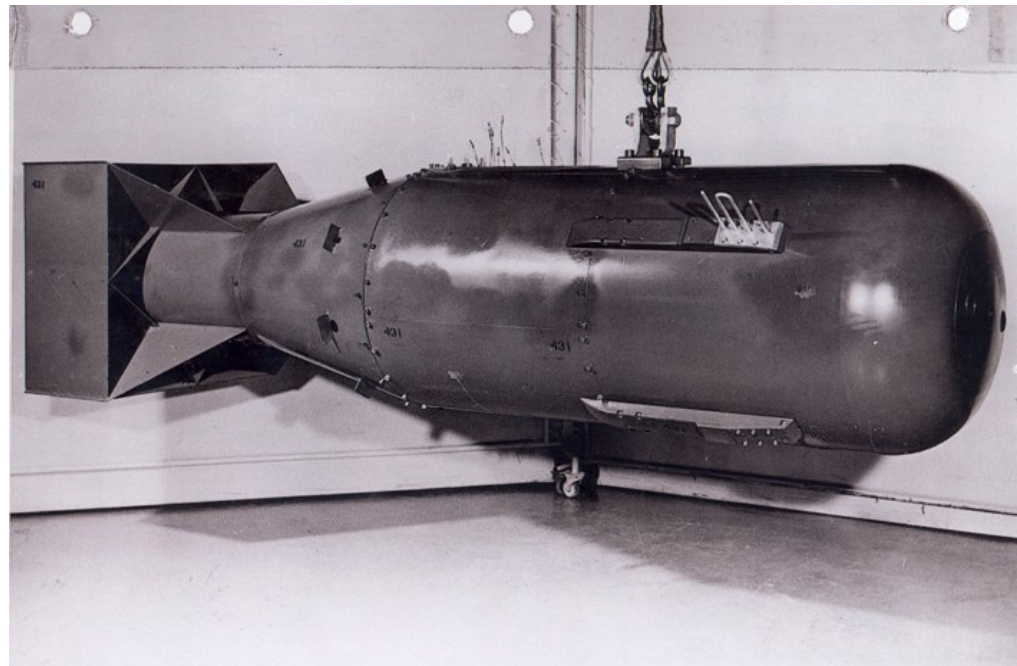
^{235}U si trova "diluito" nel minerale naturale di Uranio (0.7 %).
Va prodotto minerale arricchito per i reattori (5-20%) e per le bombe (>90%)

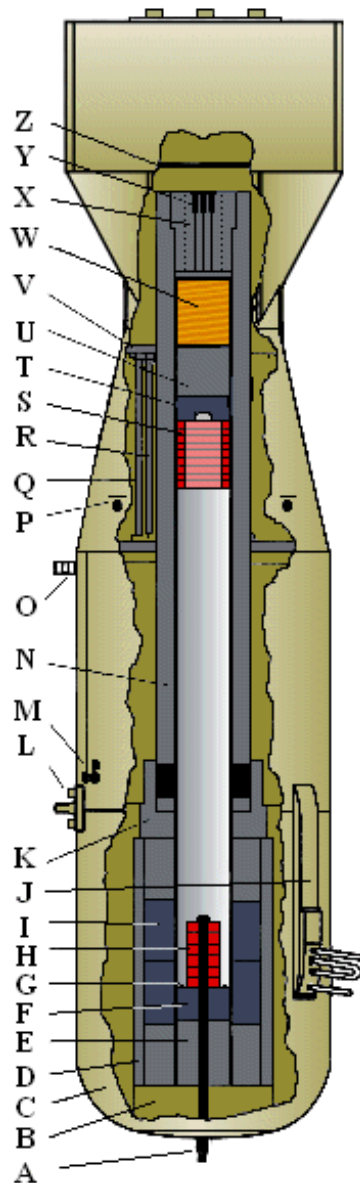
Il Pu239 non si trova in natura, ma viene prodotto dai reattori nucleari. Lo si estrae dal riprocessamento delle scorie





- Lunghezza: 3 metri
- Peso: 4 Ton.
- Combustibile: 60 Kg di U arricchito all'80%
- Hanno fissionato circa 650-700 g (efficienza 1.3%)
- Energia liberata: 13 KTon di TNT
- Esplosa a 550 m di altezza dal suolo
- *(n.b.: tutti i numeri sono da prendere con riserva)*



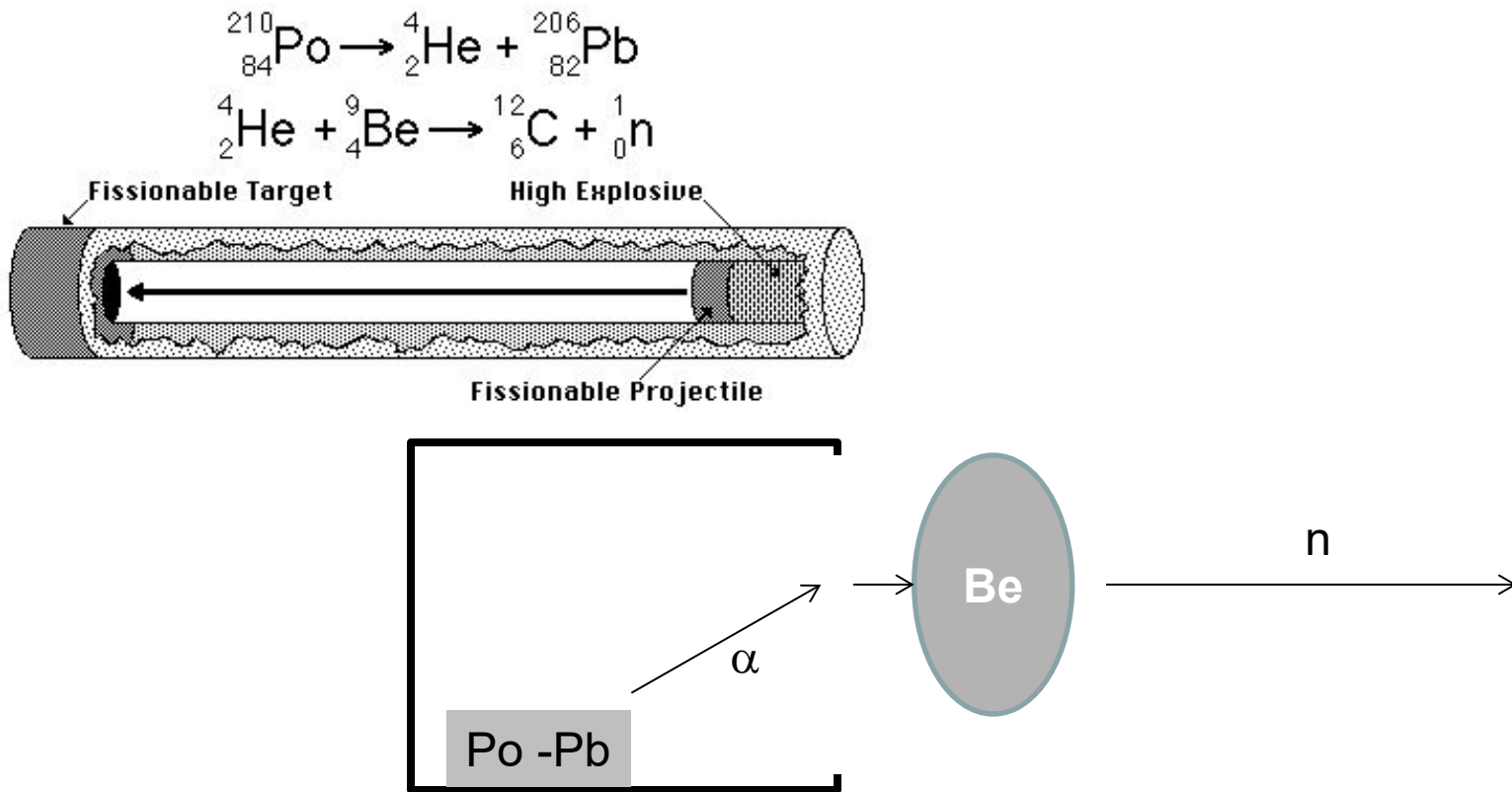


Cross-section drawing of Y-1852 Little Boy showing major mechanical component placement. Drawing is shown to scale. Numbers in () indicate quantity of identical components. Not shown are the APS-13 radar units, clock box with pullout wires, baro switches and tubing, batteries, and electrical wiring. (John Coster-Mullen)

- Z) Armor Plate
- Y) Mark XV electric gun primers (3)
- X) Gun breech with removable inner plug
- W) Cordite powder bags (4)
- V) Gun tube reinforcing sleeve
- U) Projectile steel back
- T) Projectile Tungsten-Carbide disk
- S) U-235 projectile rings (9)
- R) Alignment rod (3)
- Q) Armored tube containing primer wiring (3)
- P) Baro ports (8)
- O) Electrical plugs (3)
- N) 6.5" bore gun tube
- M) Safing/arming plugs (3)
- L) Lift lug
- K) Target case gun tube adapter
- J) Yagi antenna assembly (4)
- I) Four-section 13" diameter Tungsten-Carbide tamper cylinder sleeve
- H) U-235 target rings (6)
- G) Polonium-Beryllium initiators (4)
- F) Tungsten-Carbide tamper plug
- E) Impact absorbing anvil
- D) K-46 steel target liner sleeve
- C) Target case forging
- B) 15" diameter steel nose plug forging
- A) Front nose locknut attached to 1" diameter main steel rod holding target components

"Atom Bombs: The Top Secret Inside Story of Little Boy and Fat Man," 2003, p 112.
John Coster-Mullen drawing used with permission

a strong alpha emitter (like polonium-210) is required to achieve the neutron flux needed by an implosion weapon. A neutron generation rate of 10-100 million neutrons per second is needed to ensure the prompt initiation of the reaction, thus 100-1000 billion alphas per second are required (3-30 curies of radioactive material). The generator is located in the center of the pit. Clever designs (still classified in the US, though detailed descriptions now exist in the open literature) are needed to keep the alpha emitter and beryllium separate,



3 ng di Po danno 83.000 α/s -> **11 mg = 300 10^9 α/s**

Il Polonio 201 è un emettitore alfa, con una emivita di 138,39 giorni.

Un milligrammo di tale metalloide emette lo stesso numero di particelle alfa di 5 grammi di radio ($1.8 \cdot 10^{11}$ Bq) Mezzo grammo di polonio-210, se viene termicamente isolato dall'ambiente, può raggiungere rapidamente temperature di circa $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, e sviluppare circa 140 W/g in energia termica. Pochi curie (gigabecquerel) di polonio-210 emettono una luminescenza blu dovuta all'eccitazione dell'aria circostante.



**.Da 37 tonnellate di minerale di Uranio si ottengono 9 mg di Polonio.
Il Polonio si può ottenere anche irradiando il Bismuto.**

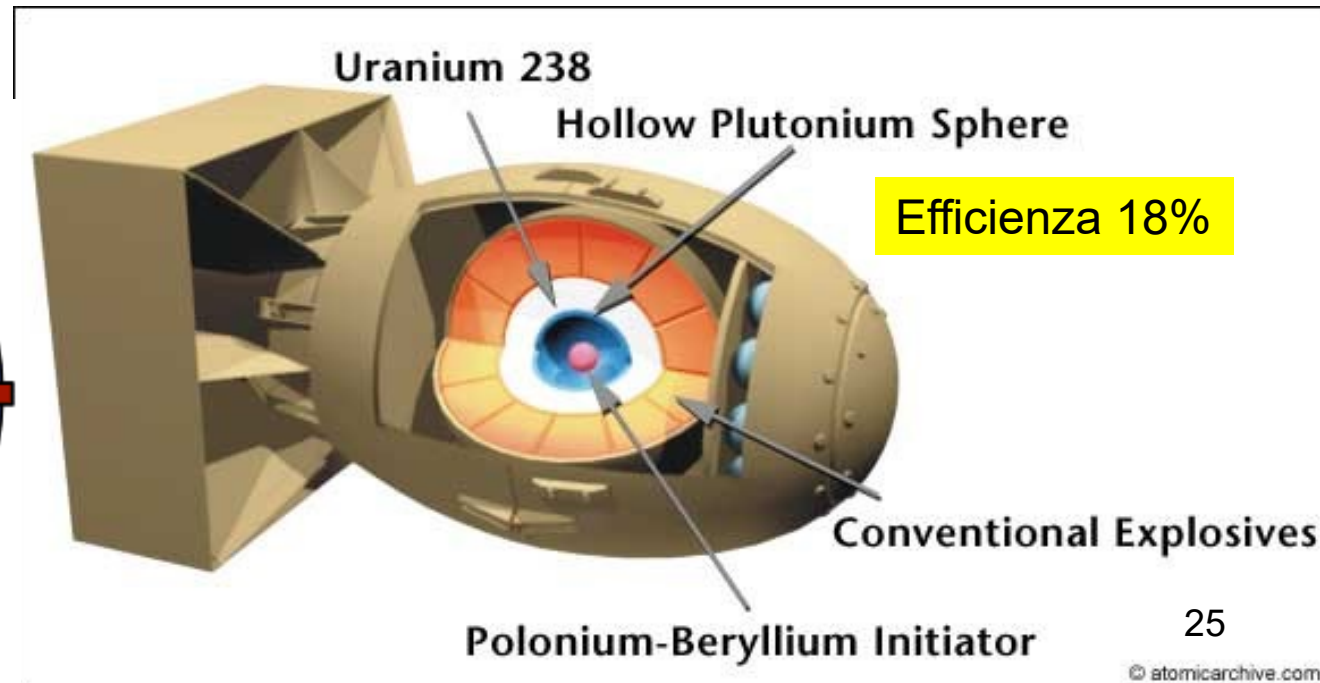
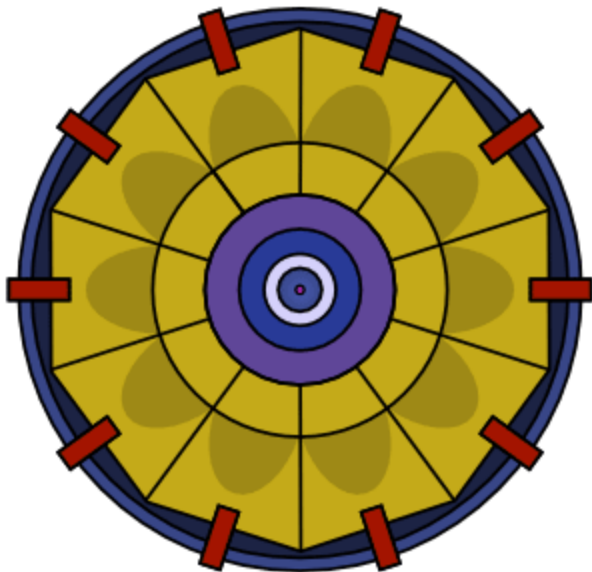
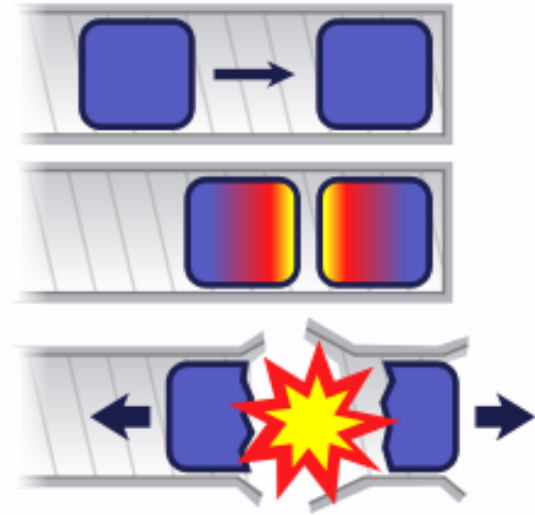
Il polonio è un elemento tossico, altamente radioattivo e pericoloso da manipolare, persino in quantitativi dell'ordine del milligrammo o meno. Le particelle alfa che emette viaggiano per pochi centimetri nell'aria e sono facilmente schermabili, ma in caso di penetrazione nell'organismo (ad esempio per inalazione o ingestione) possono danneggiarne i tessuti.

Il limite massimo tollerabile di radioattività da ingestione del polonio è 83 kBq , una quantità corrispondente a quella **prodotta da 3 ng di polonio** .

LD50 del botulino: 140 ng

Bomba al Plutonio (implosione)

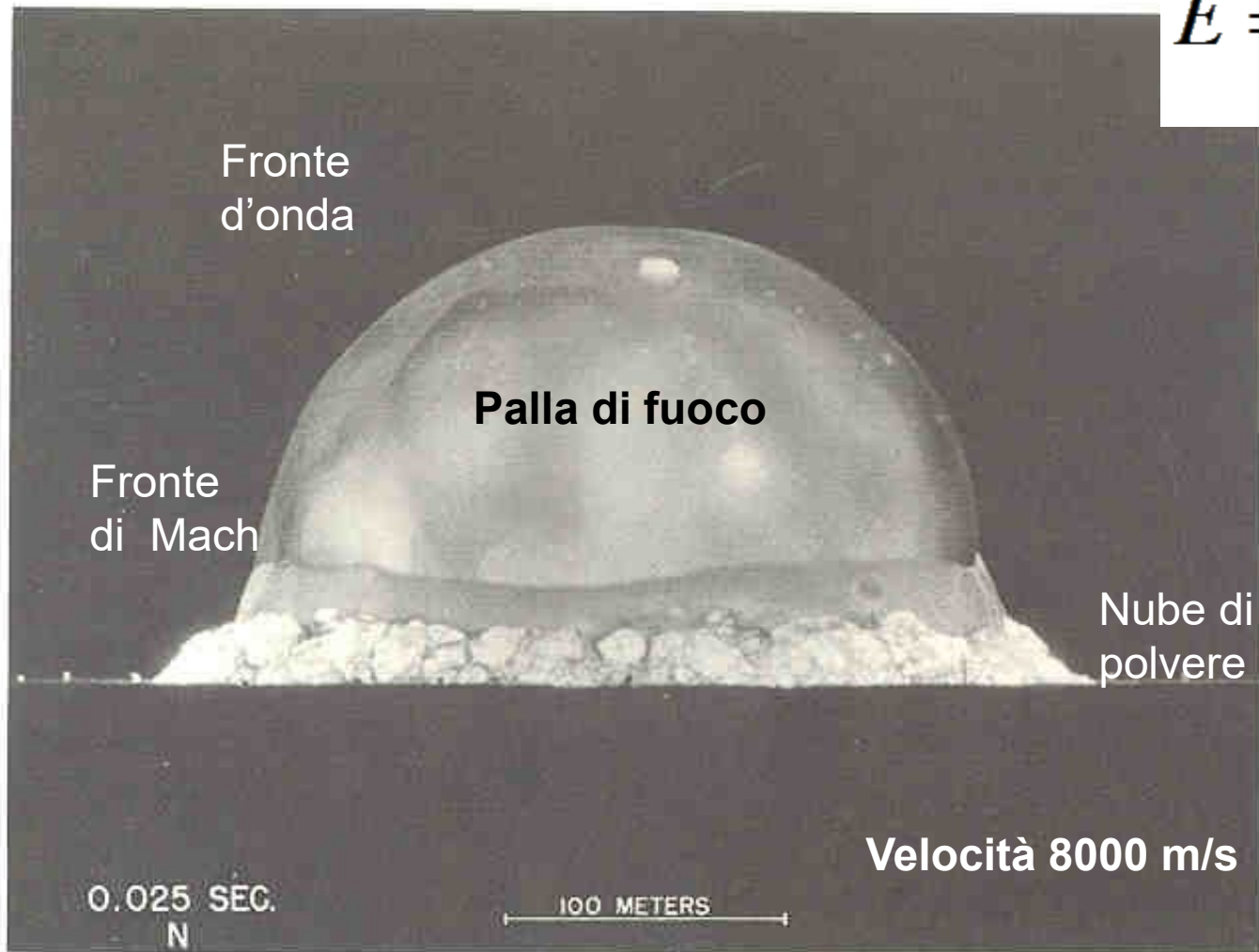
Col Pu 239 è pericoloso arrivare vicino alla massa critica, perché la massa è instabile per la presenza del Pu 240 e potrebbero verificarsi reazioni esplosive indesiderate





16 Luglio 1945 ore 5:29:45
L'esplosione di Trinity test dopo 0,025s
19 kilotoni

$$E = \frac{R^5 \rho}{t^2}$$



Esplosione: rilascio rapido di grandi quantità di energia



Nelle le esplosioni nucleari ...

- 1.** Si genera un **lampo elettromagnetico e gamma** che provoca ustioni e **una radiazione termica** di tipo incendiario (80% energia Primaria)
- 2.** Si forma un **onda d'urto** (di aria rovente) che si propaga velocissima radendo al suolo e fondendo tutto ciò che incontra. Finita la spinta propulsiva, l'aria raffreddata si ritira verso il centro formando un **onda di ritorno** (spesso più distruttiva della prima, perché contiene i detriti) Per effetto camino si forma una **colonna di aria ascendente** che forma il “gambo” del **fungo**
- 3.** Finita la spinta propulsiva verso l'alto, l'aria si espande orizzontalmente formando il **cappello del fungo**
Avviene la **ricaduta (fall-out) radioattivo** dal cappello del fungo

Nei primi 4 mesi, gli effetti acuti uccisero 90,000–166,000 persone a Hiroshima e 60,000–80,000 a Nagasaki,

Metà delle morti furono quelle del primo giorno

60% per il lampo di radiazione, 30% per l'onda d'urto e il 10% per altre cause.

Nei mesi seguenti, il 15–20% morì per le radiazioni, il 20–30% per le ustioni e il 50–60% per ferite e/o malattie.

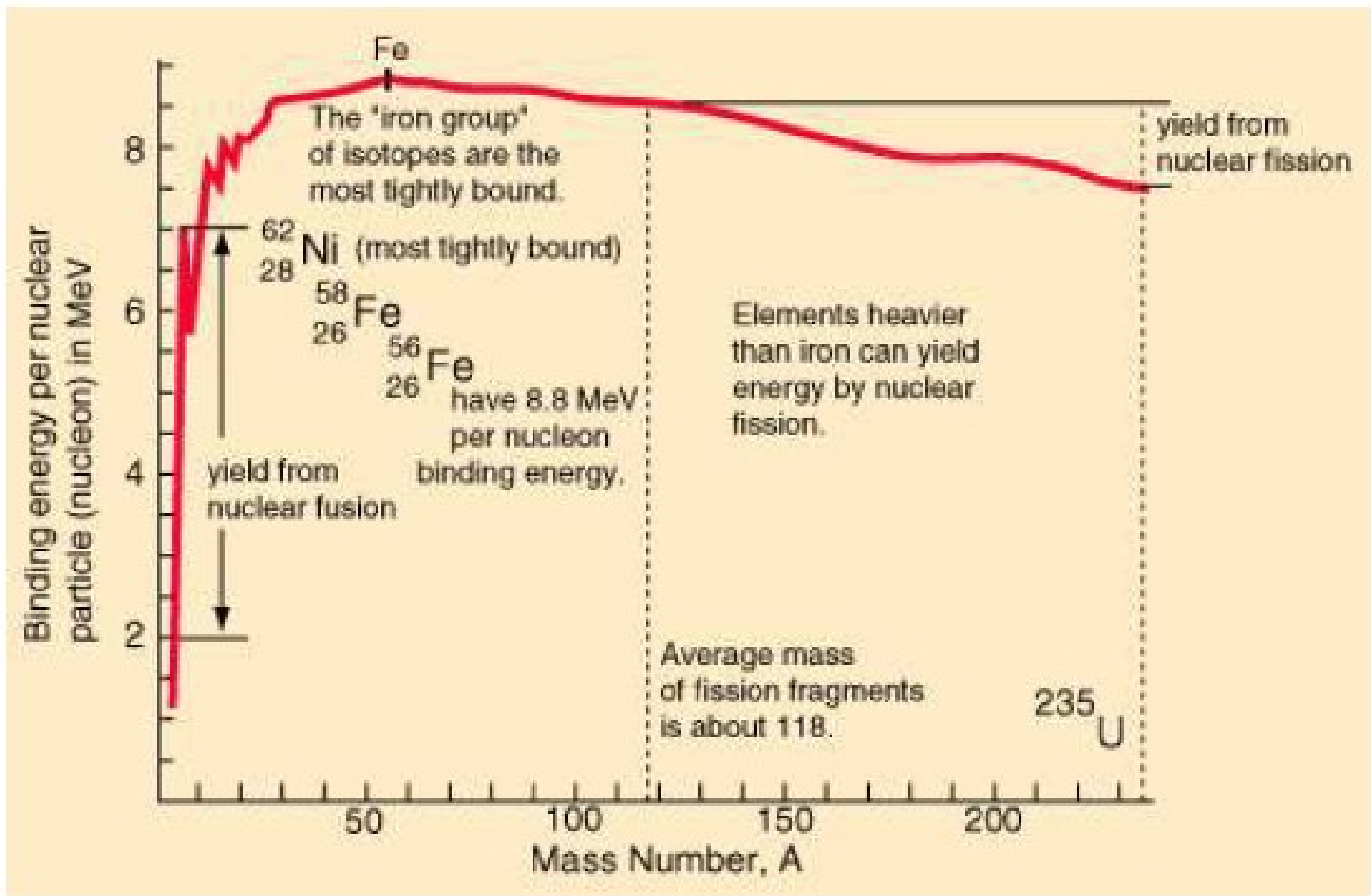


Un salto di “qualità”

La bomba all’Idrogeno



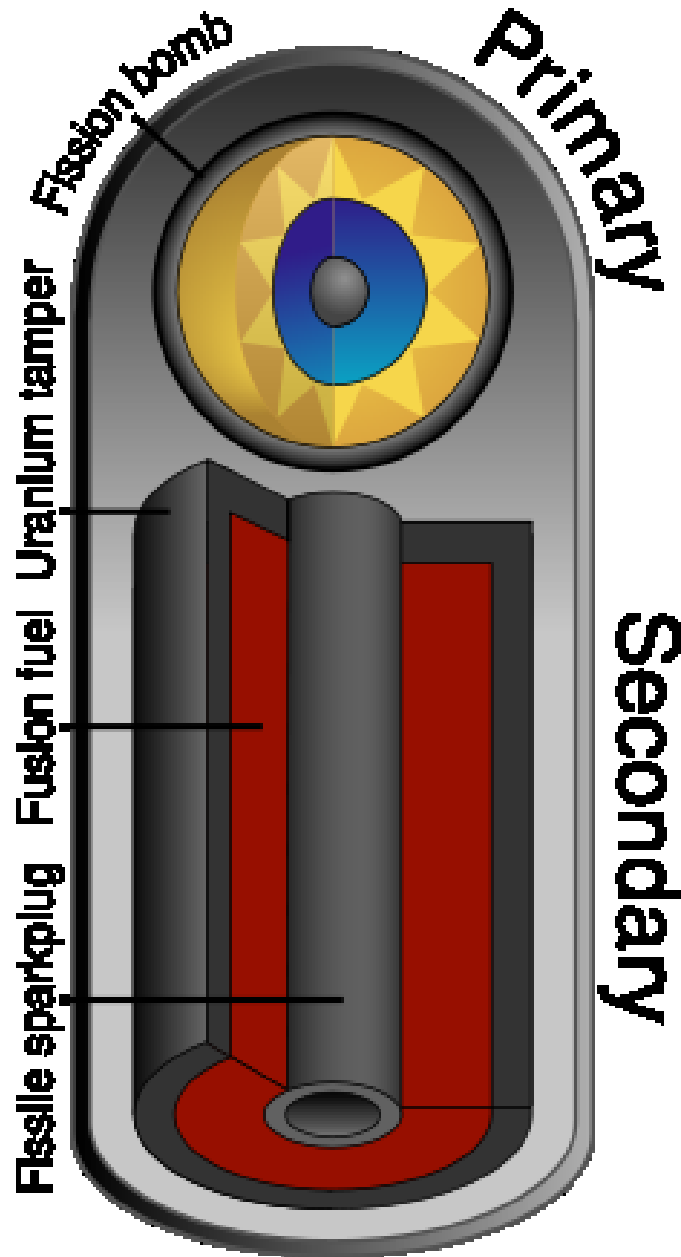
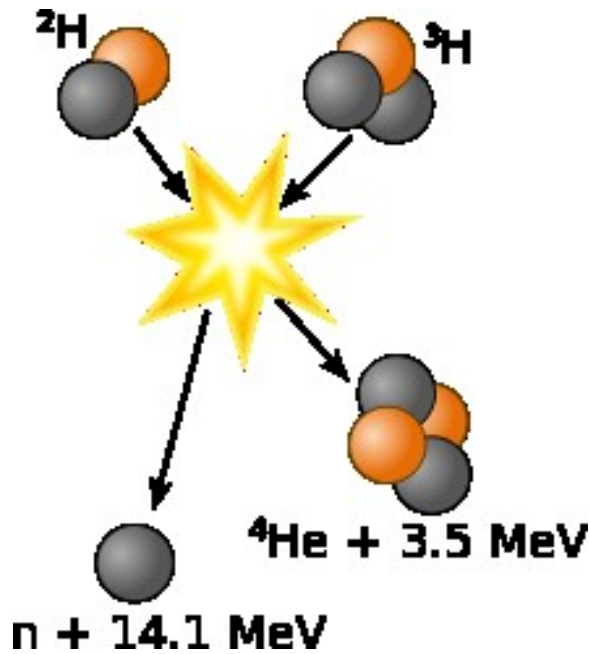
- Alla fine del 1941 E. Fermi, nell’ambito del progetto Manhattan, suggerì al collega ungherese E. Teller l’idea che l’energia prodotta in una esplosione di fissione poteva essere usata per innescare una **fusione D-T**.
- Il grosso problema era evitare che la violenza della esplosione “primaria” distruggesse la struttura che conteneva il **D-T**
- Ma il vantaggio enorme risiedeva nel fatto che in linea di principio si poteva realizzare **dispositivi con potenza grande a piacere, senza alcun limite, mentre le bombe a fissione avevano dei limiti intrinseci legati alla tecnica esplosiva della bomba.**



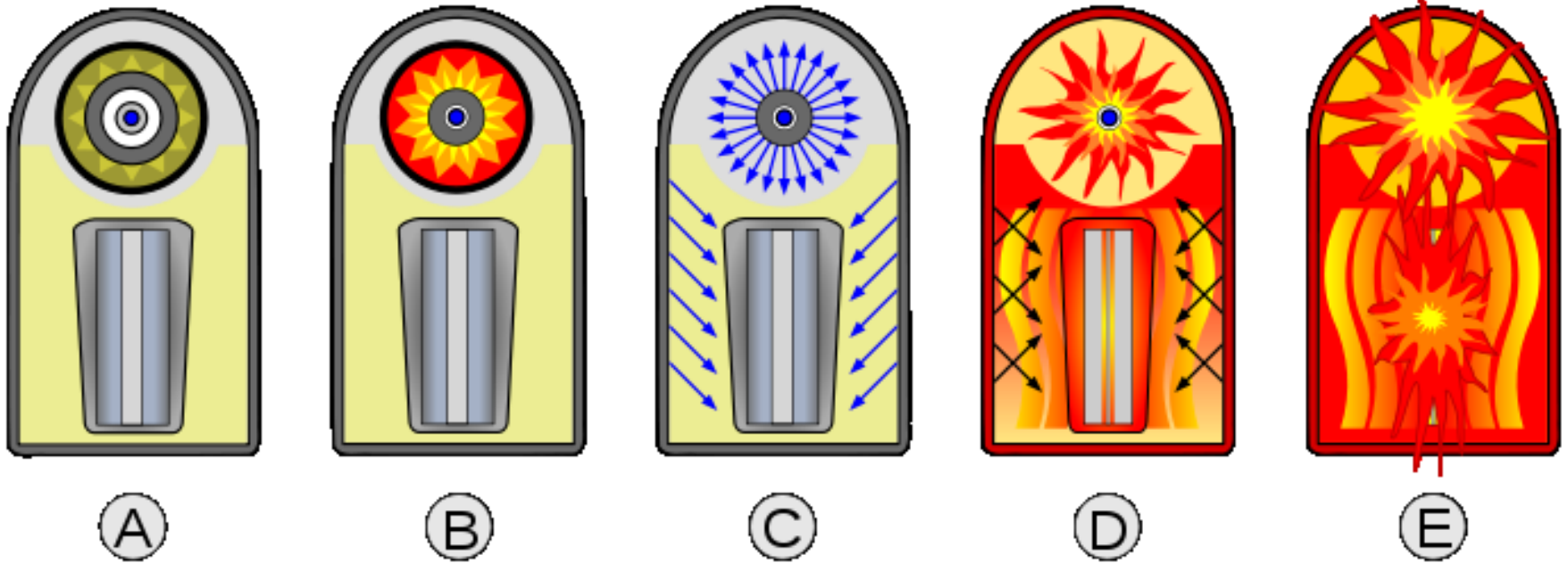
$$M_{\text{tot}} = M_{\text{fin}} + \Delta m c^2$$

«Il fatto che non esista limite alla capacità distruttiva di questa arma rende la sua stessa esistenza e la capacità di costruirla un pericolo per l'umanità intera. È inevitabilmente un ordigno diabolico sotto qualunque aspetto lo si consideri. Per questa ragione, noi crediamo che sia importante per il Presidente degli Stati Uniti dire all'opinione pubblica americana e al mondo di ritenere che sia sbagliato, per fondamentali principi etici, iniziare lo sviluppo di una simile arma.»

Enrico Fermi, Isaac Rabi,
ottobre 1949



- Peso: 82 Ton.
- Cilindro di diametro 2,0m alto 6,20m
- *Tecnologia molto complicata, non alla portata di terroristi*



- A.** bomba secondaria a fusione in cima, tutto immerso in una schiuma di polistirene
- B.** L'esplosivo convenzionale comprime il plutonio a densità supercritica e innesca la reazione di fissione
- C.** La fissione primaria emette un flusso di raggi X che irradia tutta la struttura e scalda la camicia esterna di Uranio
- D.** La schiuma di polistirene diventa plasma. La pressione di radiazione comprime il plutonio della camicia e innesca una seconda bomba a fissione..
- E.** Scaldato e compresso, il lithium-6 deuterato produce trizio e innesca la reazione di fusione. Il flusso di neutroni moltiplica le fissioni in una massa di uranio che sostiene la reazione e rende più radioattiva la bomba..



Ivy Mike, la prima bomba H (1952)

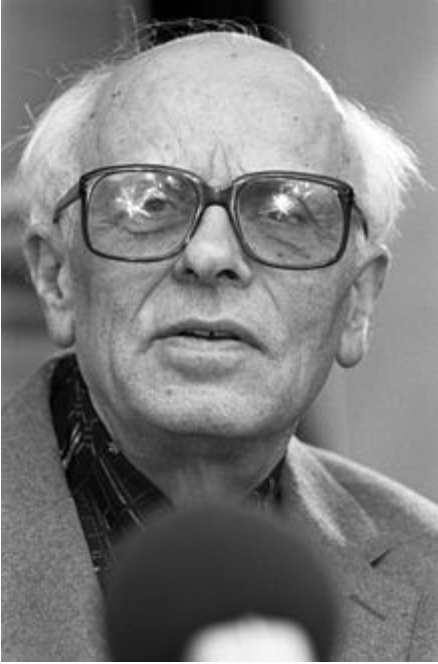
- Potenza: 10.4 Mton (1000 volte Hiroshima)
- Cratere prodotto: diam: 2100m, profondo 60 m
- Max altezza raggiunta: 40 Km
- Diam. Max (dopo 1 ora): circa 100Km
- Diam. Max Base: 15 Km



Dal 1946 Klaus Fuchs
passa informazioni sul
Progetto alla
Unione Sovietica



Bomba TSAR: 60 Mton 10 WWII



Andrej Dmitrievič Sakharov

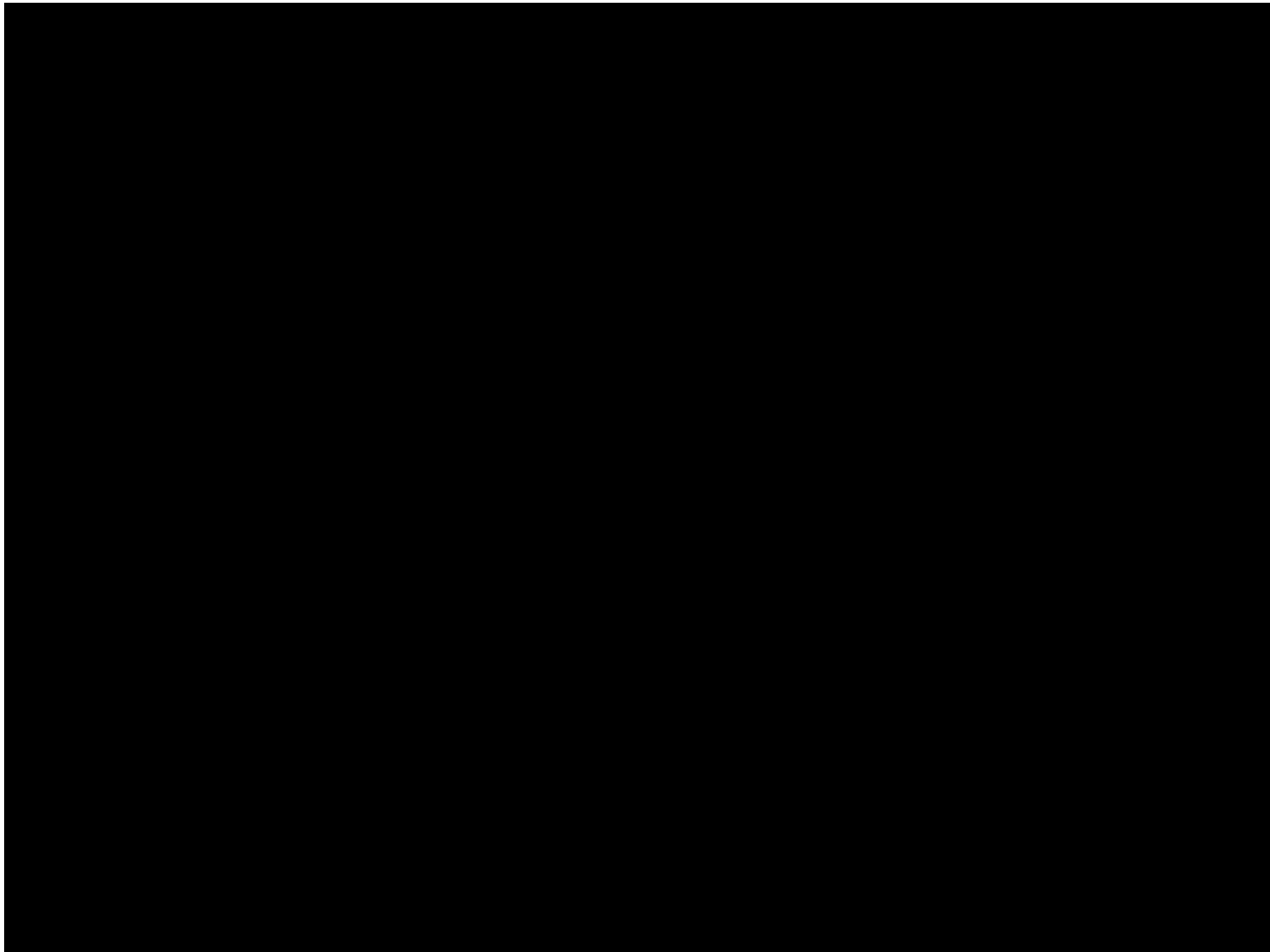
Padre della bomba TSAR (1961
premio Nobel per la pace

Poco dopo il test, Sakharov iniziò la
sua campagna contro le armi
nucleari, che culminò negli anni
settanta fino ad ottenere il [Premio
Nobel per la pace](#) nel [1975](#).



fu progettata in [Unione Sovietica](#) da un
gruppo di fisici capeggiati da [Andrej
Sacharov](#) tra luglio e fine ottobre del 1961.

Explosion time= 30 ns. Since 50 Mt is 2.1×10^{17} joules, the power produced during the burn was around 6×10^{24} watts. This is more than one percent of the entire power output of the Sun (4.3×10^{26} watts)!! The peak output was possibly even greater.



La bomba fu sganciata il 30 ottobre [1961](#) alle ore a nord del [Circolo Polare Artico](#). Fu fatta esplodere a 4.000 metri dal suolo e generò una **palla di fuoco che si espanse fino a un diametro di quasi 8 chilometri.**

La pressione fu sei volte quella di Hiroshima,

e il "fungo" causato raggiunse l'altezza di 64 chilometri.

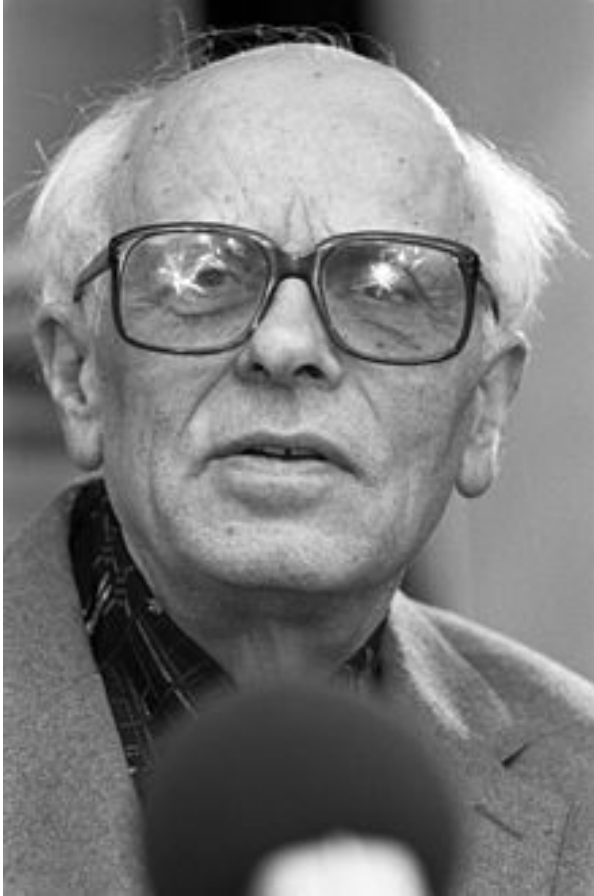
Vennero danneggiate le imposte in legno delle case sino a 900 km dall'ipocentro fino in [Finlandia](#).

Tutti gli edifici presenti sull'isola di Severniy, realizzati in mattoni e legno, situati a 55 km di distanza dall'impatto vennero completamente distrutti.

Anche a centinaia di chilometri, alcune case in legno vennero rase al suolo, mentre quelle in pietra persero il tetto, le finestre e le porte.

Le radiazioni prodotte ionizzarono l'aria e interruppero le comunicazioni radio per quasi un'ora.

Venne misurata un'onda sismica compresa tra 5,0 e 5,25 con un'onda d'urto propagata e percepita in tutto il mondo.^[2]



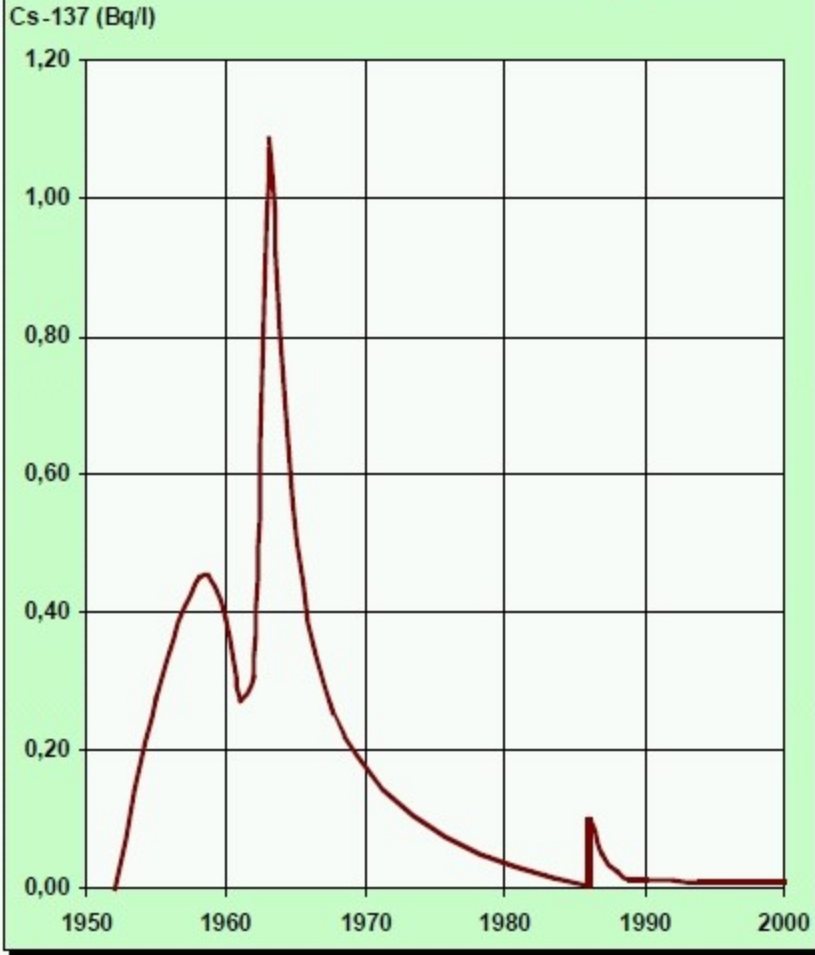
Nel [1975](#) ricevette il [Premio Nobel per la pace](#) ma non poté ritirarlo. Convinto sostenitore di una manifestazione contro l'[entrata delle truppe sovietiche in Afghanistan](#), fu arrestato e nel [1980](#) fu confinato nell'odierna [Nižnij Novgorod](#) da dove la moglie [Elena Bonner](#) costituì il suo unico contatto con il mondo esterno. Riabilitato da [Michail Gorbačëv](#) nel [1986](#), rientrò a Mosca e fu eletto deputato nel [1989](#). Morì nella capitale russa nel dicembre dello stesso anno.

URRS, Regno Unito e USA hanno interrotto gli esperimenti nell'atmosfera nel 1963, la Francia nel 1974, la Cina nel 1980.

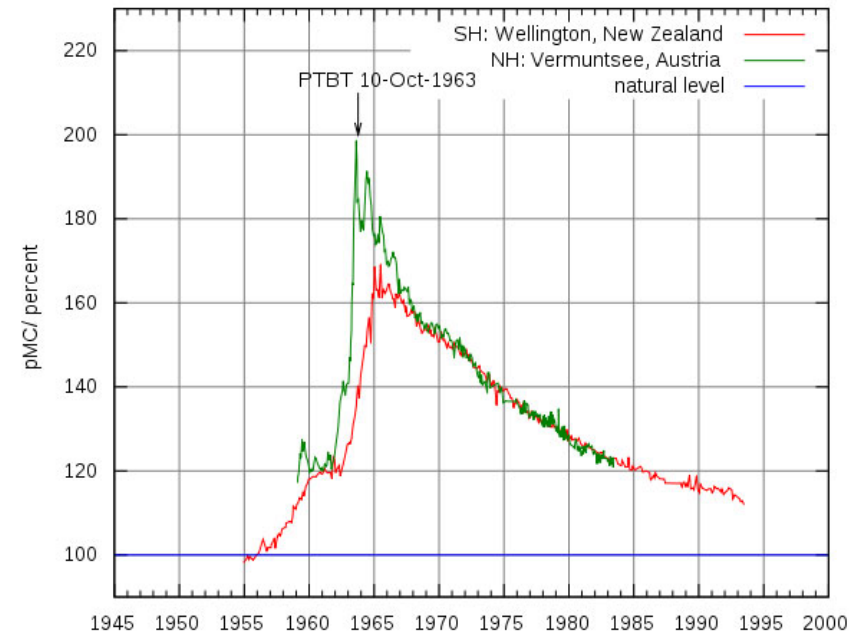
Dal 1996 sono sospese anche le esplosioni sotterranee.

India Pakistan (1998) e Corea del Nord (2016) non rispettano questi trattati.

Cesium 137 activity in the Bordeaux wine as a function of the vintage year



“The main man-made contribution to the exposure of the world's population [to radiation] has come from the testing of nuclear weapons in the atmosphere, from 1945 to 1980. Each nuclear test resulted in unrestrained release into the environment of substantial quantities of radioactive materials, which were widely dispersed in the atmosphere and deposited everywhere on the Earth's surface.”



Atmospheric carbon-14 spike caused by nuclear testing.

Da ricordare....

- **Prima fase (1945-1952)**

bombe A: “atomiche” **a fissione** (uranio-plutonio)
10-20 kiloTon *“facili da fare”*

- **Seconda fase (1952-oggi)**

boosted fission: bombe a fissione con un nucleo a fusione per aumentare l'efficienza

bombe H: termonucleari **a fusione** (idrogeno)
1-10 MegaTon (da 100 a 1000 volte più potenti delle bombe a fissione). Provata una bomba da 60 Mton.

“difficili da fare”

	USA	URSS	U.K.	Fr.	Cina	India	Pak.
Fiss	1945	1949	1952	1960	1964	1974	1998
Fus	1952	1953(5)	1957	1968	1967	?	-

Un po' di numeri (sconfortanti...)

- In tutta la seconda guerra mondiale sono stati usati esplosivi che, nel totale, hanno rilasciato un'energia esplosiva valutata in:
 - **6×10^6 Ton di TNT**
- Questa quantità di energia viene indicata come:
 - Second World War Unit
 - **WWII unit**

ancora numeri sconfortanti...

- Nel 1973 l'arsenale mondiale nucleare era stimato essere (circa):

- **3000 WWII unit**

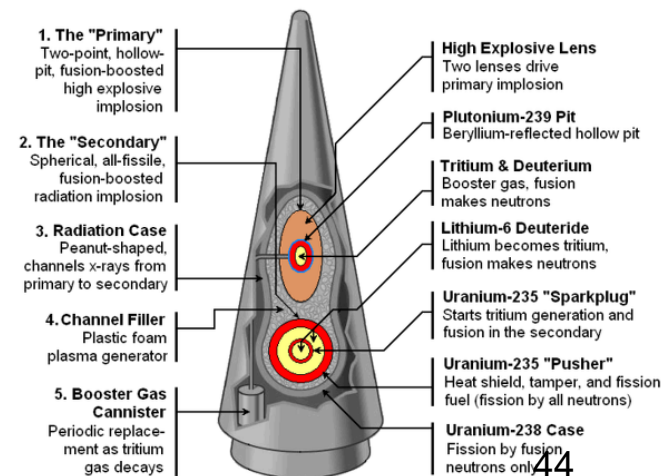
- *Per avere un'idea basti pensare che un sottomarino Trident, armato di 24 missili con 15 testate da 500KTon ciascuna, ha un potenziale di 180 MTon, cioè:*

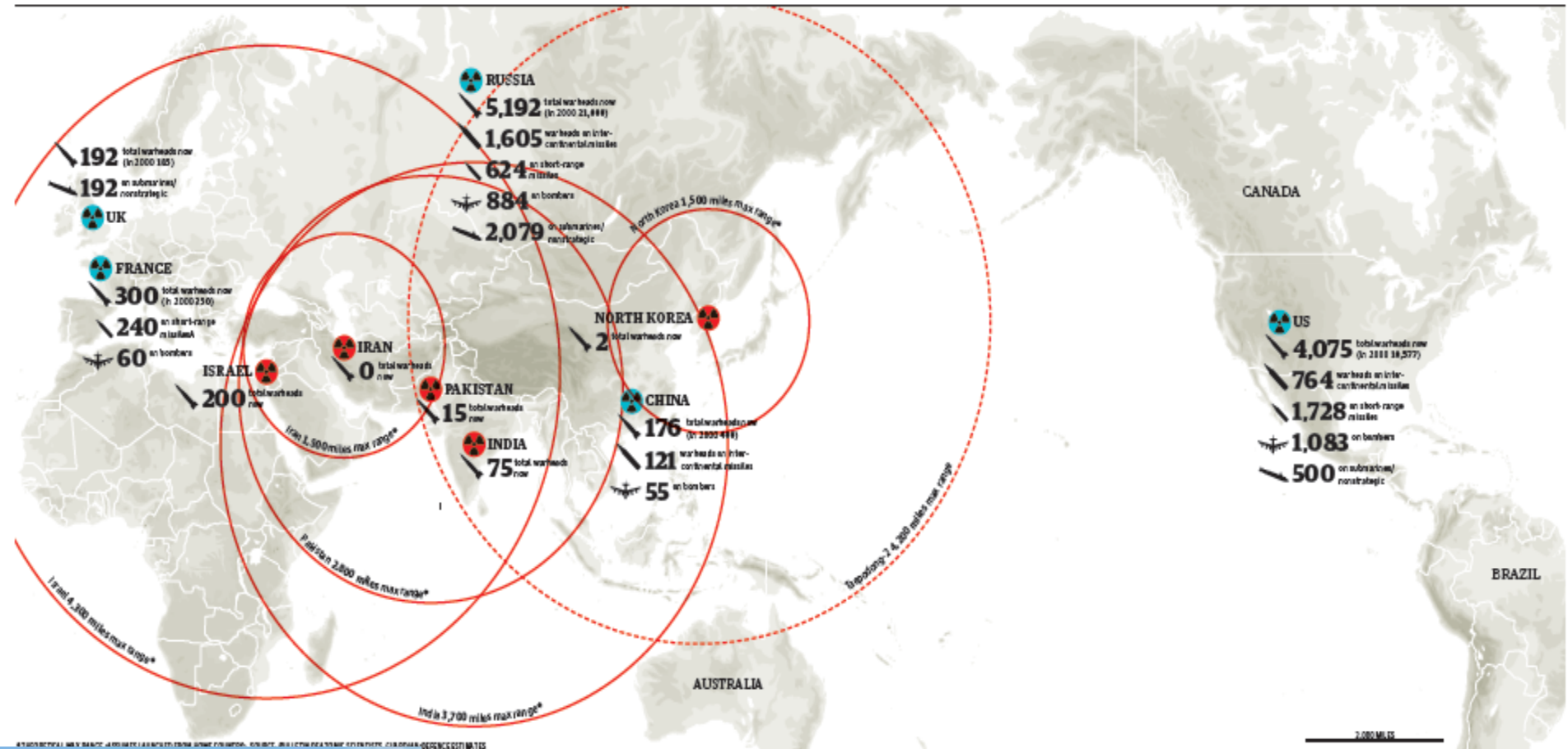
- **30 WWII unit**

- La singola bomba più distruttiva testata era da 60MTon, cioè:

- **10 WWII unit**

W88 Warhead for Trident D-5 Ballistic Missile



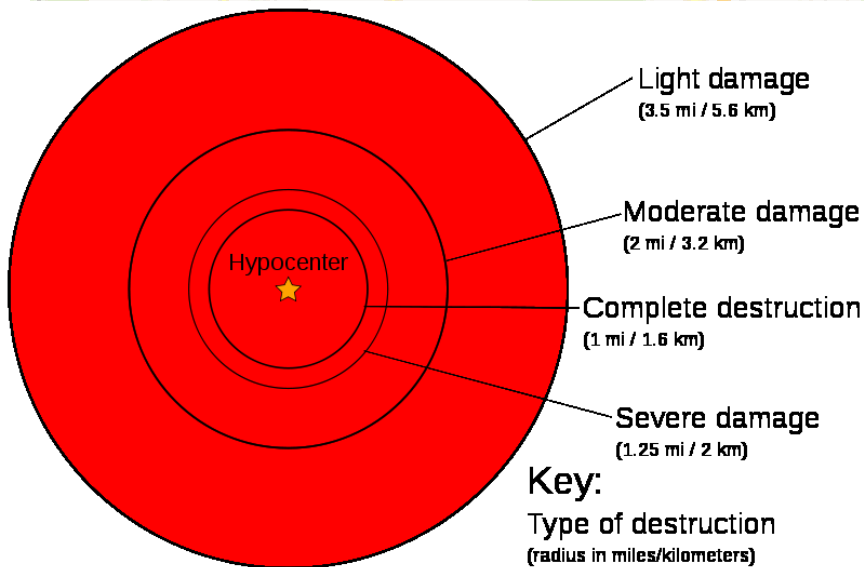
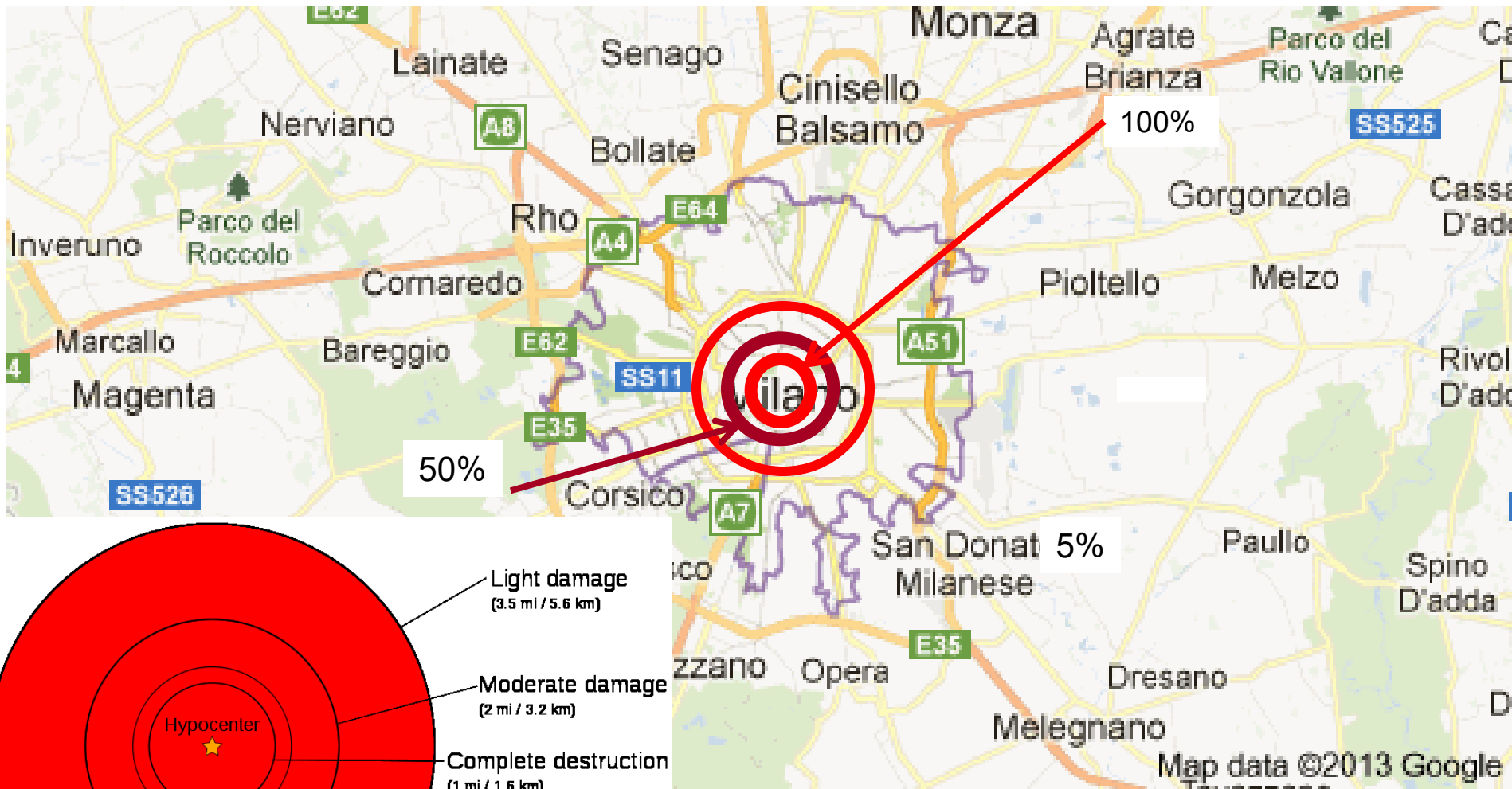


Nel 2012 gli USA avevano 8150 bombe, la Russia ne aveva 10400



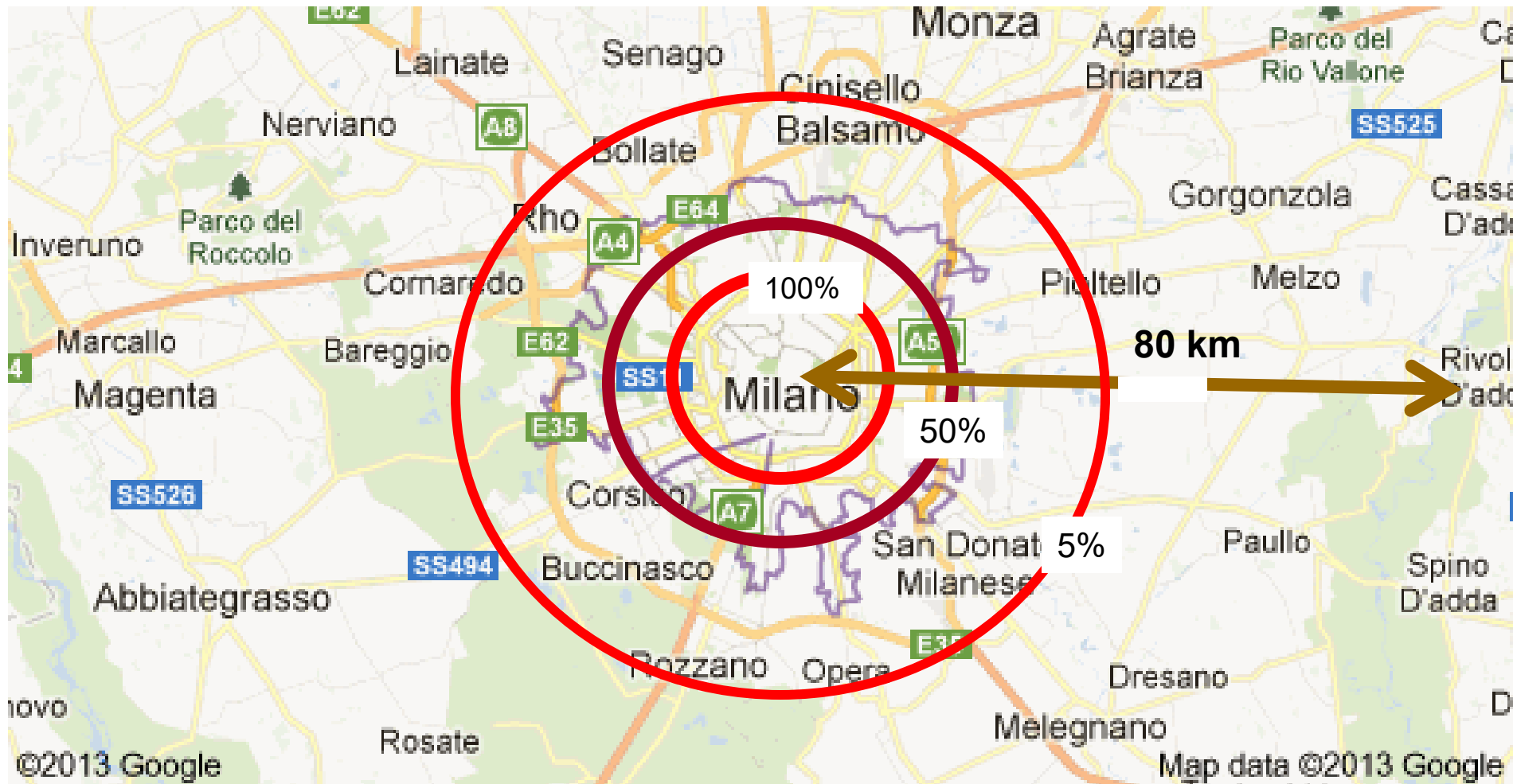
Strategia MAD (Mutually Assured Destruction): l'1% dell'arsenale deve essere sufficiente a distruggere il nemico

Bomba da 15 kT su Milano



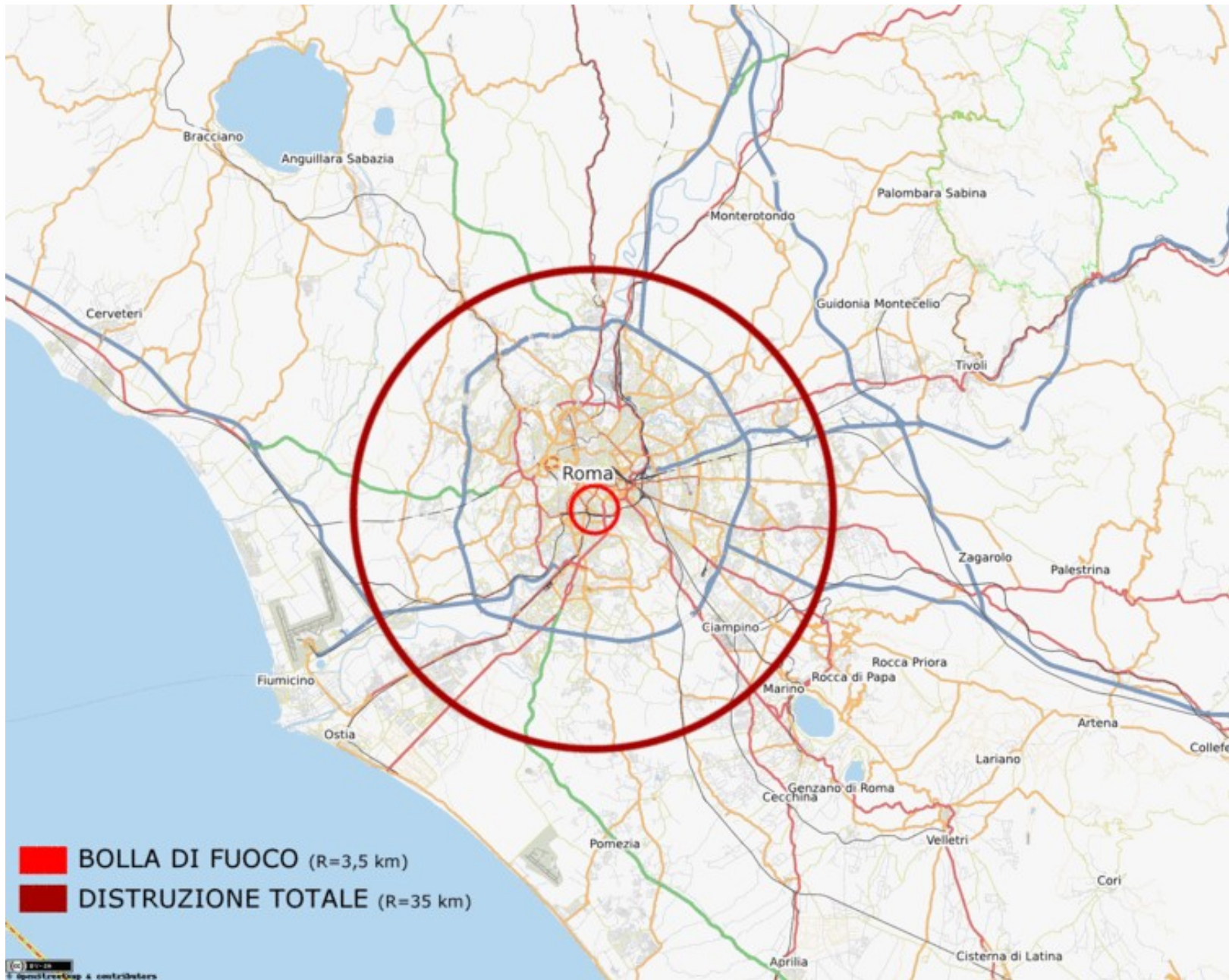
↔
2 miglia 3.2 km

Bomba da 1 MT su Milano

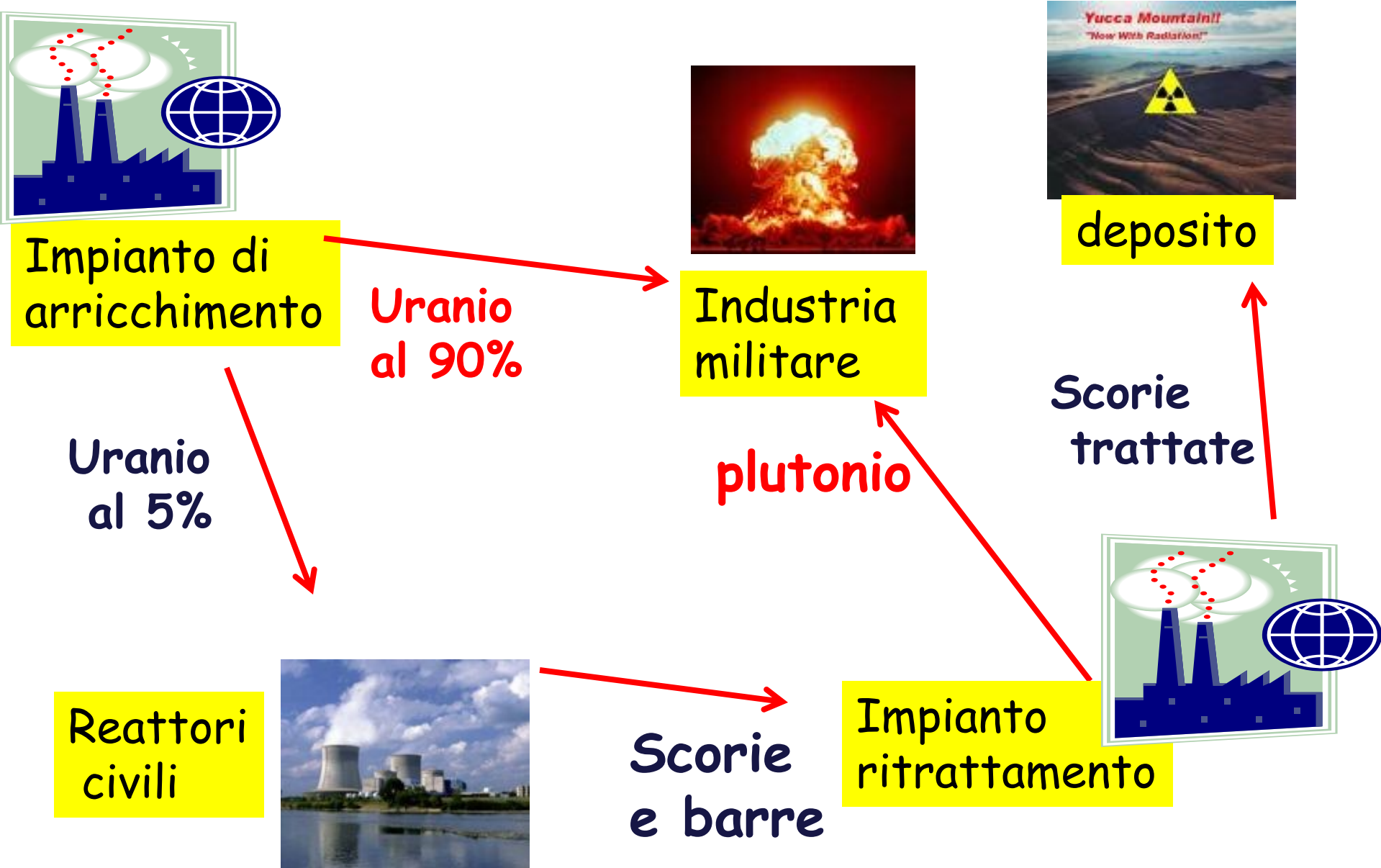


2 miglia 3.2 km

Bomba TSAR da 50 MT su Roma



Proliferazione nucleare



Proliferazione nucleare

Trattato di non proliferazione nucleare

Uranio
al 5%

Reattori
civili



plutonio

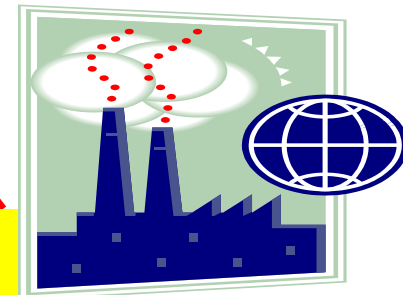
Scorie
e barre

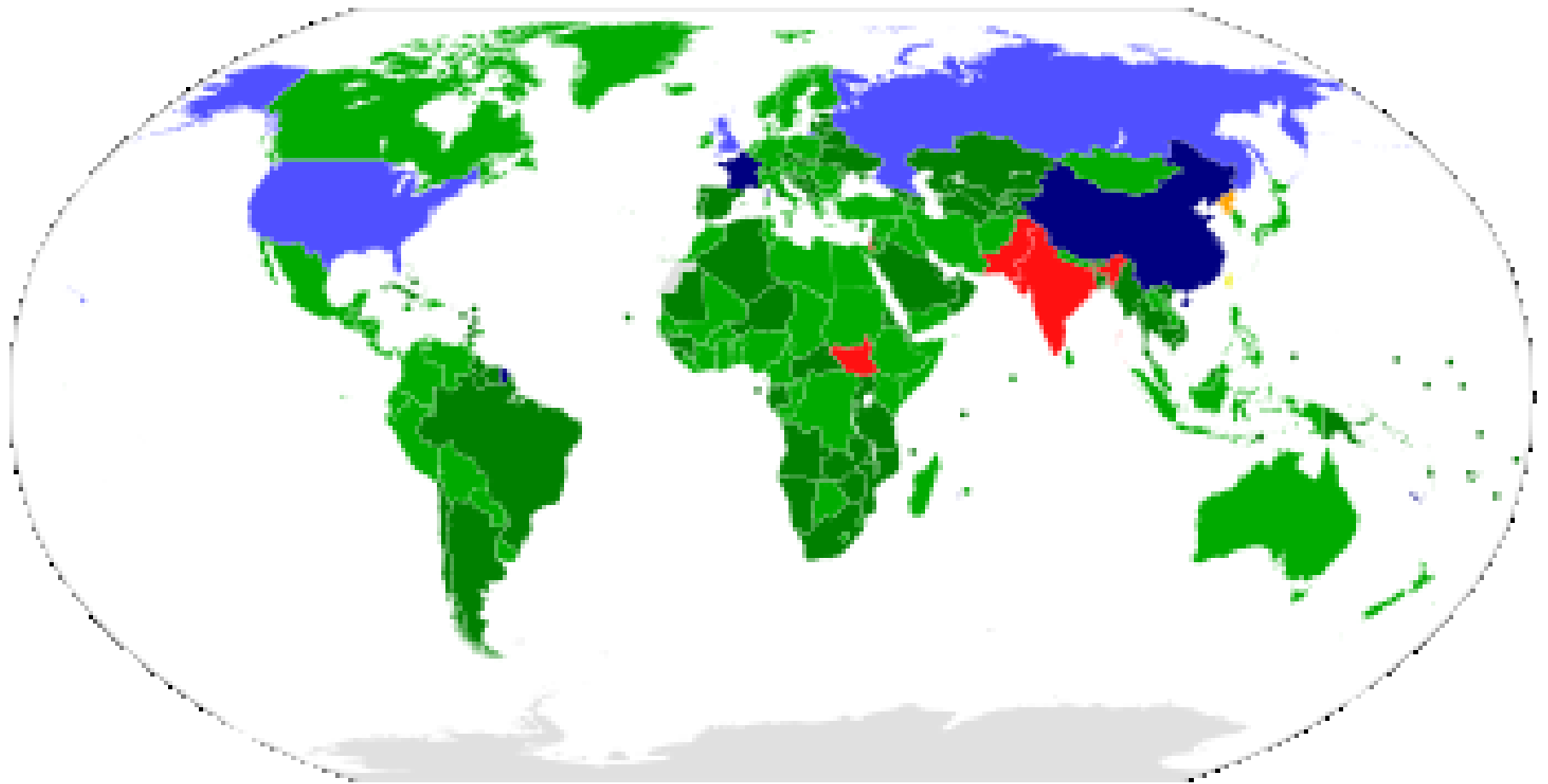
Impianto
ritrattamento



deposito

Scorie
trattate







Robert Rathbun Wilson (March 4, 1914 – January 16, 2000)

... It has only to do with the respect with which we regard one another, the dignity of men, our love of culture. It has to do with: Are we good painters, good sculptors, great poets? I mean all the things we really venerate in our country and are patriotic about. It has nothing to do directly with defending our country except to make it worth defending.

La nostra attività ha a che fare col rispetto che abbiamo gli uni degli altri, con la dignità degli uomini, col nostro amore per la cultura. Ha a che fare con questioni come queste: possiamo essere grandi pittori, scultori, poeti? Intendo dire tutte le cose che riteniamo veramente degne di considerazione e che sono patriottiche.

Non ha niente a che fare direttamente con la difesa del nostro paese, se non per il fatto che lo renderà degno di essere difeso.