

Enrico Turrini\*

## *Dalle centrali nucleari alle bombe atomiche: un legame pericoloso\*\**

### *Origini del nucleare*

Un aspetto inquietante tenuto troppo tempo nascosto alla popolazione: *il legame tra impianti nucleari "a scopi pacifici" ed armi nucleari.*

Non va dimenticato che il nucleare è una fonte di energia a potenza specifica (potenza per unità di peso) estremamente alta (rispetto al combustibile fossile vi è un fattore  $10^6$ ) e quindi particolarmente adatta per applicazioni militari. Del resto il suo primo utilizzo è stato a scopi distruttivi: il 2 dicembre 1942 andò critico il primo reattore nucleare progettato da Enrico Fermi e costruito all'Università di Chicago. Questo reattore produceva plutonio a ritmo costante, che fu poi utilizzato per la costruzione di bombe atomiche. Il 16 luglio 1945 vi fu la prima esplosione nucleare di prova nel Nuovo Messico presso una base aerea statunitense. A meno di un mese di distanza furono sganciate due bombe atomiche, non più di prova, una all'uranio 235 su Hiroshima (il 6 agosto) e una al plutonio 239 su Nagasaki (il 9 agosto). Solo 10 anni più tardi vennero realizzati i primi reattori nucleari di potenza.

I legami tra nucleare civile e militare sono numerosi: verranno discussi succintamente gli aspetti fondamentali.

Come noto, sia i reattori nucleari per la produzione di energia elettrica, sia le armi nucleari funzionano sul principio della *fissione nucleare e della reazione a catena*, controllata nei primi, libera nelle seconde (vedi fig. 1).

\* Giudice tecnico della Camera dei Ricorsi (ultima istanza) di fisica presso l'Ufficio Europeo dei Brevetti a Monaco - Germania Federale. Membro dell'Associazione degli scienziati per la pace della Repubblica Federale Tedesca.

\*\* Questo è il primo di una serie di articoli sul tema: «Scelte energetiche per un futuro di pace». I dati dell'articolo sono stati presi dalla rivista americana "*Bulletin of the Atomic Scientists*" e dalla rivista della Germania Federale "*Mediatus*".

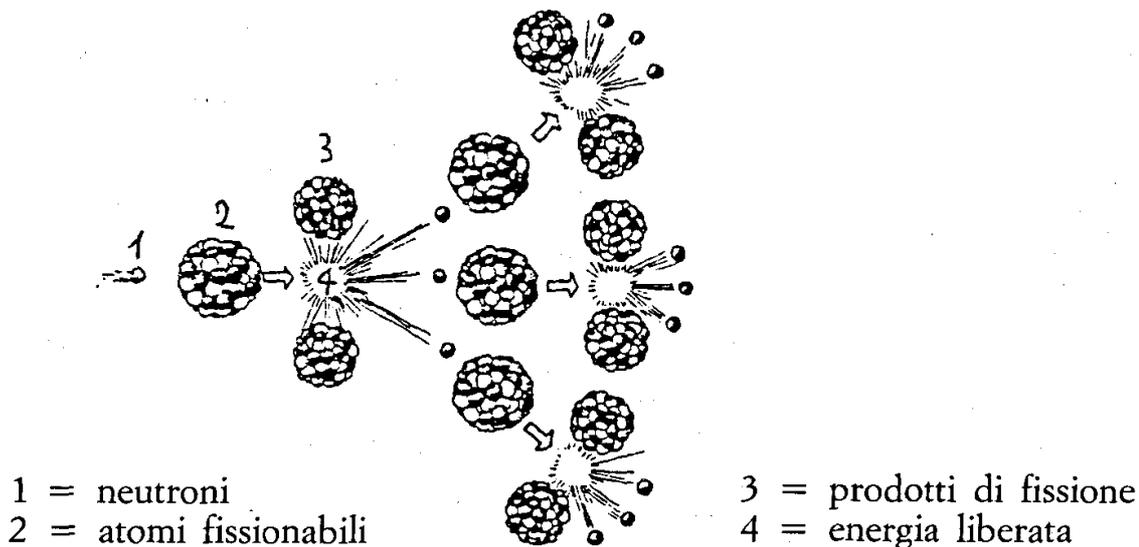


Fig. 1 - *Reazione a catena*

### *I tipi di reattori*

I reattori nucleari si dividono in termici e veloci a seconda che i neutroni utilizzati nella reazione a catena siano a bassa (inferiore a 1 volt-elettrone) oppure ad alta energia (uguale o superiore a  $10^5$  volt-elettroni). Occorre precisare che i cosiddetti «reattori intrinsecamente sicuri» (in fase di studio) appartengono ai termici e vengono progettati in modo che, in caso di guasti tecnici o manovre errate, abbiano una accentuata tendenza a spegnersi anche in caso di malfunzionamento delle catene elettroniche di sicurezza. In questo modo può essere ridotta (non eliminata) la possibilità di catastrofi dovute appunto a difetti tecnici o sbagli umani. Tuttavia, i problemi ben più gravi trattati in questo articolo non ne sono minimamente influenzati.

*I reattori termici* utilizzano generalmente uranio (U) arricchito al 3-4% in U235. In natura infatti più del 99% dell'uranio è U238 non fissionabile e solo lo 0,7% è U235.

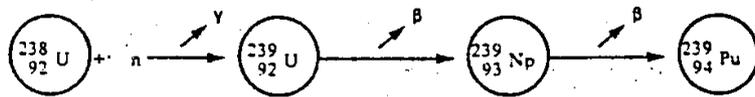
*I reattori veloci* utilizzano generalmente uranio e plutonio (Pu) fortemente arricchiti (circa il 60% in U235 e Pu239 rispettivamente).

È da notare che nelle bombe atomiche l'arricchimento in U235 o Pu239 supera normalmente il 90%.

*I reattori autofertilizzanti*, che possono essere sia veloci che termici, sono reattori che producono più materiale fissionabile di quanto ne consumano. Per questo si dice che hanno un rapporto di conversione maggiore di 1.

Un reattore autofertilizzante termico utilizza generalmente U233 fissionabile (inesistente in natura) come combustibile e torio (Th)232 come materiale fertile, capace cioè di trasformarsi durante il funzionamento del reattore, in U233.

Un reattore autofertilizzante veloce, di cui l'esempio più noto è il Superphenix francese, utilizza normalmente Pu239 fissionabile (non esistente in natura) come combustibile e U238 come materiale fertile. Quest'ultimo si trasforma in Pu239 come indicato schematicamente nella figura 2.



n = neutrone  
Np = nettunio

$\gamma$  = radiazione gamma  
(onda elettromagnetica)  
 $\beta$  = radiazione beta  
(elettrone)

Fig. 2 - Trasformazione U238-Pu239

L'utilizzo di U235 al posto del Pu239 in quest'ultimo tipo di reattore, non è indicato perché l'uranio libera un numero medio di neutroni veloci per ogni neutrone assorbito di molto inferiore a quanti ne libera il plutonio e di conseguenza si avrebbe un rapporto di conversione troppo basso.

Il grande interesse per i reattori autofertilizzanti veloci è dovuto alla grande quantità di U238 disponibile in natura ed alla forte produzione di Pu239 ad alto grado di purezza che, come si vedrà in seguito, è utilizzato oltre che come combustibile nucleare, anche per la produzione di bombe atomiche.

### *Ciclo dell'uranio: dalla miniera al reattore o alla bomba*

Per comprendere il legame tra nucleare civile e nucleare militare è importante esaminare il ciclo del combustibile dal momento della sua estrazione in miniera come è riassunto nella figura 3 a pagina seguente.

*1° fase:* Il combustibile viene innanzitutto portato in una stazione di arricchimento dove, come già accennato, si concentra il contenuto di U235 fino al valore voluto: 3-4% per i reattori termici, 60% per i veloci e più di 90% per le bombe atomiche.

Il procedimento consiste nel legare l'uranio al fluoro, ottenendo esafluoruri di uranio e applicando poi dei processi di centrifugazione.

Un sistema di arricchimento ad elevato rendimento dell'U235, consiste nel far passare esafluoruro di uranio in una corrente di idrogeno e nell'utilizzare un sistema di centrifugazione a doppia deflessione a molti stadi. Questo sistema è stato proposto nel progetto di cooperazione tra Germania Federale e Brasile (si veda a questo proposito "Nuclear Technology", vol. 52, gennaio 1981, Danville, Illinois, USA).

*2° fase:* da qui l'uranio arricchito al 3-4% passa alla fabbrica degli elementi di combustibile per reattori termici. Vengono realizzate delle barre normalmente costituite da ossidi di uranio che assemblate formano il nocciolo del reattore, cioè il cuore del reattore.

*3° fase:* il nocciolo viene montato nel reattore dove vi rimane per 2-3 anni.

*4° fase:* il combustibile, ancora fortemente radioattivo, forma le cosiddette scorie che devono essere depositate in ambienti che non permettano la fuoriuscita di radioattività.

*5° fase:* oppure le scorie vengono portate ad una stazione di ritrattamento dove vengono estratti gli elementi ancora utilizzabili: U235 e Pu239. Infatti quest'ultimo si forma, se pur in piccole quantità, anche in un reattore termico sotto

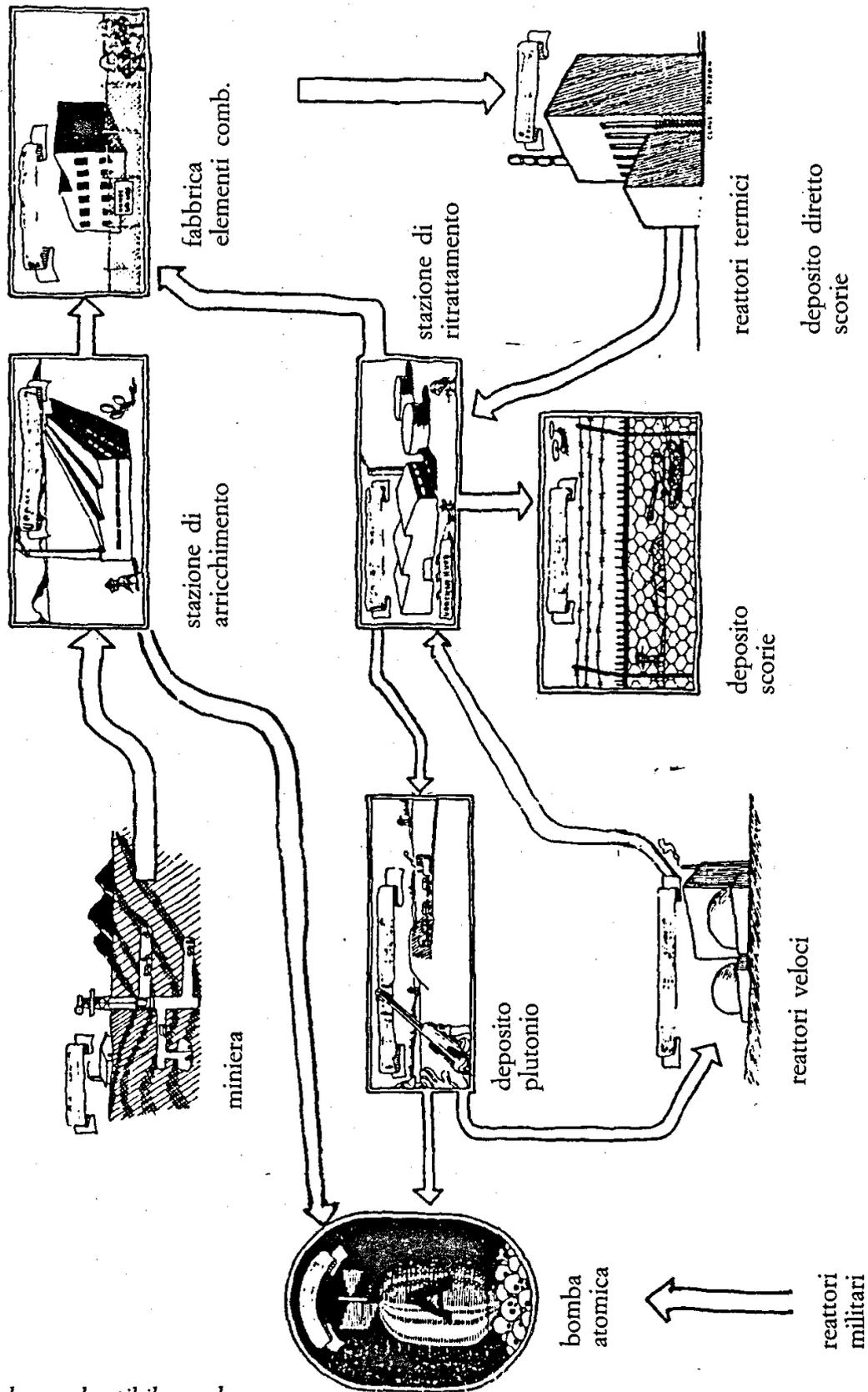


Fig. 3 - *Ciclo combustibile nucleare*

forma di differenti isotopi: Pu238, 239, 240, 241, 242. Quanto inferiore è il tempo di permanenza del combustibile in un reattore termico, tanto maggiore è la percentuale di Pu239 rispetto agli altri isotipi di plutonio.

Una percentuale di Pu239 del 90-95% corrisponde al "plutonio per

bombe" in gergo militare. Tuttavia anche percentuali inferiori come quelle ottenute nel caso di combustibile bruciato in reattori termici (si hanno generalmente valori di Pu239 compresi tra il 70% e l'80%), permettono la realizzazione di bombe se pur meno efficaci.

Nel 1976 Victor Gilinsky, allora membro della commissione americana per il rilascio delle concessioni per la costruzione delle centrali nucleari, in una dichiarazione ufficiale si espresse nel modo seguente: «Con riferimento al plutonio prodotto nei reattori, è un dato di fatto che è possibile utilizzare questo materiale per la realizzazione di bombe atomiche in situazioni assai diverse di sviluppo tecnologico. In altre parole, Paesi che pur essendo meno progrediti dei principali Paesi industrializzati, portano avanti programmi per l'energia nucleare, sono in grado di realizzare bombe di qualità non trascurabile».

È importante notare che la fase di ritrattamento non riduce le scorie, ma anzi queste aumentano in quantità, perché nei procedimenti chimico-fisici impiegati viene fatto uso di solventi, catalizzatori, etc. che a loro volta diventano radioattivi. Il problema delle scorie, quindi, si aggrava invece di diminuire come si cerca a volte di far credere. *La stazione di ritrattamento ha un senso solo per la tecnologia dei reattori veloci e delle bombe atomiche.* Una stazione di ritrattamento (p. es. Windscale in Gran Bretagna) emette nell'ambiente circostante, in condizioni normali di funzionamento, quantità di radionuclidi anche migliaia di volte superiori a quelle emesse da un reattore nucleare.

Inoltre, in una stazione di ritrattamento è impossibile controllare in maniera esatta i quantitativi di plutonio presenti, cosicché è facile farne sparire dosi sufficienti per costruire bombe atomiche (con meno di 10 Kg di Pu239 si realizza una bomba atomica).

Per esempio, nella stazione di Windscale sopra menzionata, dove si trattano circa 1100 Kg di plutonio all'anno, si registrarono negli anni dal 1978 al 1982 i seguenti quantitativi (espressi in Kg) in più o in meno rispetto ai valori calcolati:

1978	1979	1980	1981	1982
+ 22,1	+ 20,2	+ 5,5	- 9,9	- 10,5

Si possono facilmente estrapolare i calcoli per la stazione di Wackersdorf in costruzione in Baviera (Germania Federale), dove dovrebbero essere trattati annualmente circa 5700 Kg di plutonio.

6° fase: le scorie vengono poi depositate.

7° fase: l'U235 estratto passa alla fabbricazione di elementi di combustibile descritta precedentemente (o alla stazione di arricchimento) ed il Pu239 viene raccolto in un deposito e quindi portato alla fabbrica di elementi di combustibile per reattori autofertilizzanti veloci, dove viene realizzato il nocciolo per reattori veloci, che è appunto costituito da una parte centrale ad alto tenore di Pu239 e da un mantello di U238 non fissionabile.

8° fase: il nocciolo viene installato nella centrale veloce. In funzionamento, i neutroni veloci colpiscono il mantello di U238 che si trasforma, come ricordato precedentemente, dopo alcune fasi intermedie, in Pu239.

Una centrale veloce da 1000 MW elettrici produce in questo modo non solo energia elettrica, ma anche Pu239 in grande quantità: circa 400 Kg all'anno ad altro grado di purezza.

Un esempio: il reattore veloce *Superphenix* francese (1200 MW elettrici) di cui l'Italia è comproprietaria per 1/3 attraverso l'Enel, produce Pu239 sufficiente per realizzare circa 60 bombe atomiche all'anno.

Rispecchia dunque esattamente la realtà quanto scrisse Klaus Traube, un ex-manager del *team* di "progettazione reattori veloci" nella Germania Federale: «I reattori veloci autofertilizzanti rappresentano la simbiosi ideale di sfruttamento militare e civile dell'energia nucleare».

Naturalmente il Pu239 della fase 7 o l'U235 della fase 1 e 7 possono essere utilizzati direttamente per la produzione di bombe atomiche. Per completare il quadro, si deve anche ricordare che esistono reattori nucleari detti "militari" i quali sono reattori termici con barre di combustibile a uranio metallico e non ad ossido di uranio. Questi, rispetto ai reattori termici normali, hanno un rendimento maggiore per quanto riguarda la produzione di Pu239, ma sempre di gran lunga inferiore a quello dei reattori autofertilizzanti veloci.

Uno schema dettagliato della connessione nucleare-militare e nucleare-civile è riportato nella figura 4 a pag. seguente.

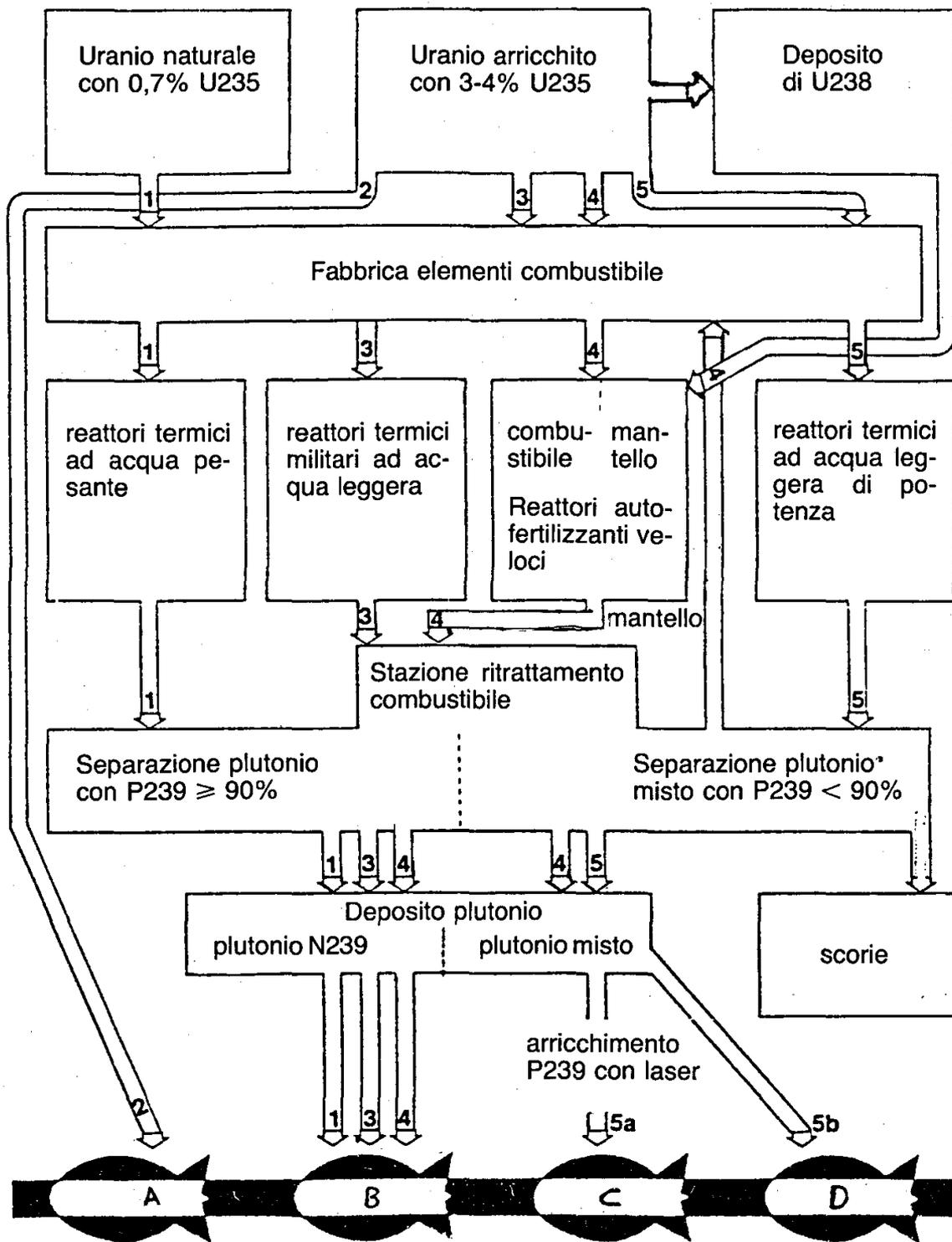
### *Considerazioni riassuntive*

La pericolosità del nucleare civile a seguito di incidenti non solo casuali, ma dovuti per es. a sabotaggi o azioni di guerra, e la forte militarizzazione dello Stato che il nucleare civile comporta per ragioni di sicurezza, sono altri aspetti che mostrano la stretta parentela nucleare civile - nucleare militare <sup>1</sup>.

La scelta nucleare per la produzione di energia, oltre ad un accentramento del potere e ad una limitazione evidente di libertà per ragioni di sicurezza (le forti analogie dei sistemi di addestramento e controllo del personale degli impianti nucleari civili e dei centri di costruzione e deposito di armi nucleari sono a questo proposito emblematiche), comporta i seguenti gravi pericoli:

- a) possibilità di catastrofi dovute a guasti od errori operativi di dimensioni nuove nello spazio e nel tempo: l'inventario di radioattività di un reattore nucleare da 1000 Mw<sub>el</sub>, dopo alcuni anni di funzionamento, può raggiungere quello corrispondente a 1000 bombe di Hiroshima; nel caso di Cernobyl ne è fuoriuscito solo qualche per cento;
- b) liberazione di forti quantitativi di radioattività in caso di sabotaggi. A questo si aggiunga il fatto che una "guerra convenzionale" in un Paese con centrali elettro-nucleari si può trasformare automaticamente in "guerra nucleare";
- c) problema delle scorie radioattive del tutto irrisolto e ancora più preoccupante dei precedenti. Nel caso di scelta definitiva del nucleare civile (sarebbero previsti entro il 2050 la messa in funzione di alcune migliaia di reattori nucleari, molti dei

<sup>1</sup> Interessante, a proposito di "legame pericoloso" tra nucleare civile e militare, una dichiarazione di Theodore Taylor, lo scienziato che progettò la bomba atomica più leggera, denominata "*Davy Crockett*", e la superbomba H "*Orallay*" con una potenza dell'ordine delle megatonellate equivalenti di tritolo. La dichiarazione è riportata sulla rivista "*Mediatas*" del noto "*Forschungsinstitut für friedenspolitik*" presso Monaco di Baviera. Di fronte alle dichiarazioni provenienti dalle file del partito CDU/CSU della Germania Federale, secondo cui la stazione di ritrattamento in costruzione a Wackersdorf in Baviera non aprirebbe in alcun modo la porta alla costruzione di bombe atomiche, Taylor disse: «Non sanno di cosa parlano. Non c'è nessuna ragione di credere che si rendano conto di ciò che dicono».



- A = bomba atomica uranio 235
- B,C = bomba atomica plutonio 239
- D = bomba atomica plutonio misto (ad efficacia ridotta)

Fig. 4. - Cinque possibili vie che conducono alla bomba atomica

quali veloci; attualmente ve ne sono in funzione alcune centinaia), verrebbero prodotte nel mondo decine di migliaia di tonnellate di scorie l'anno che rimarrebbero radioattive per centinaia di anni dal momento del deposito; verrebbero altresì prodotte centinaia di tonnellate di plutonio altamente tossico (un solo Kg di plutonio vaporizzato può uccidere un milione di persone);

d) proliferazione inevitabile delle armi nucleari. Si pensi che il combustibile nelle stazioni di arricchimento e le scorie dopo opportuno riprocessamento possono essere utilizzati per la costruzione di armi nucleari. Paesi come il Brasile, l'Argentina, il Sud Africa, l'India, il Pakistan, hanno potuto facilmente avviare la costruzione di bombe atomiche grazie al *knowhow* per la realizzazione di reattori di potenza fornito dai Paesi industrializzati.

Credo che tutto questo imponga una seria meditazione sulla via da seguire in campo energetico, tanto più che la via alternativa esiste ed è equivalente a quella nucleare sia dal punto di vista degli investimenti finanziari necessari, sia dal punto di vista dei risultati ottenuti (prestazioni agli utenti), come lo confermano studi a livello mondiale (si veda per es. *Annual Review of Energy* – vol. 10/1985, Palo Alto – California, USA) o i risultati della *Enquête Kommission* del 1979 nominata dal Parlamento della Repubblica Federale Tedesca e diretta da una *equipe* di prestigiosi scienziati quali C.F. von Weizsäcker, K.M. Meyer-Abich, B. Schefold.

Gli Stati Uniti stanno già avviandosi in questa direzione, come pure, in Europa, Svezia, Danimarca ed Austria. Per l'Italia, dopo l'esito del referendum sul nucleare, si presenta una grossa *chance*: l'utilizzo intelligente dell'energia (recupero calore con impianti di cogenerazione, risparmio, etc.) abbinato allo sviluppo delle fonti rinnovabili (solare in tutte le sue componenti: fotovoltaico, miniidro, vento, biomassa, etc.) può permettere al nostro Paese di uscire dall'*impasse* attuale, che è frutto della mentalità tipica del vecchio industrialismo favorevole ad un forte accentramento del potere per la difesa di interessi di gruppo, e di promuovere, con l'aiuto delle nuove tecnologie oggi a disposizione, uno sviluppo rispettoso della natura e delle esigenze di vera democrazia dei popoli. ■