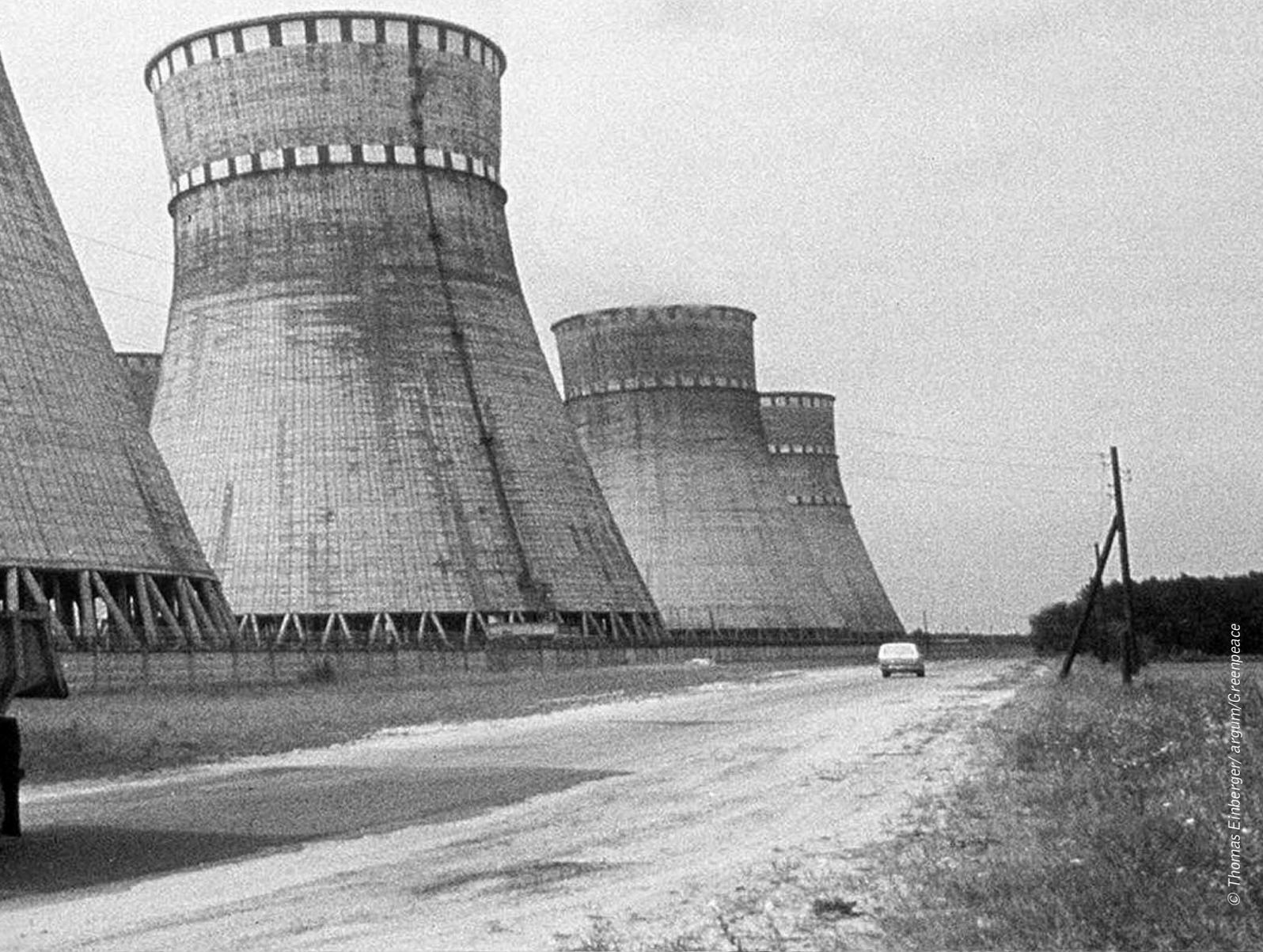


# **ENERGIA NUCLEARE: MITO E REALTÀ**

## **RISCHI E PROSPETTIVE DELL'ENERGIA NUCLEARE**

di GERD ROSENKRANZ



## L'Autore

Gerd Rosenkranz possiede un dottorato in scienza dei materiali e una laurea in ingegneria metallurgica. Dopo gli studi di perfezionamento in scienza delle comunicazioni, ha lavorato circa 20 anni come giornalista per quotidiani e riviste a diffusione nazionale (negli ultimi cinque anni, fino al 2004, come editore dell'ufficio berlinese del *Der Spiegel*), occupandosi in particolare di politica ambientale ed energetica. Dall'ottobre 2004 ricopre l'incarico di direttore delle politiche dell'ufficio di Berlino della Deutsche Umwelthilfe e.V.

## Indice

1 Uno sguardo al passato, per non dimenticare . . . . .	3
2 Sicurezza: il punto cruciale dell'energia nucleare . . . . .	5
3 Attentati suicidi: una nuova dimensione del pericolo . . . . .	10
4 Centrali nucleari: obiettivi radioattivi in una guerra convenzionale . . . . .	13
5 Legati a doppio filo: usi civili e militari dell'energia nucleare . . . . .	14
6 Ciclo aperto: falle in entrata e in uscita . . . . .	17
7 Protezione nucleare dell'ambiente: proposte ingenuie . . . . .	22
8 Energia nucleare a buon prezzo: se lo Stato paga la fattura . . . . .	27
9 Conclusione: la rinascita delle dichiarazioni . . . . .	35

Energia nucleare: mito e realtà. Rischi e prospettive dell'energia nucleare  
di Gerd Rosenkranz

© Heinrich Böll Foundation 2006

Tutti i diritti riservati

Il documento non riflette necessariamente il punto di vista della Heinrich Böll Foundation.

## Contatti:

Heinrich-Böll-Stiftung, Rosenthaler Str. 40/41, 10178 Berlin, Germania

Telefono: ++49 30 285 340; Fax: ++49 30 285 34 109; [info@boell.de](mailto:info@boell.de); [www.boell.de/nuclear](http://www.boell.de/nuclear)

# **ENERGIA NUCLEARE: MITO E REALTÀ**

## **RISCHI E PROSPETTIVE DELL'ENERGIA NUCLEARE**

di GERD ROSENKRANZ

I profondi contrasti sull'energia nucleare sono vecchi quasi quanto il suo sfruttamento commerciale. I prematuri sogni di coloro che la sostenevano sono svaniti, mentre restano gli alti rischi ad essa connessi e il pericolo di un uso improprio a fini militari. Il terrorismo ha poi aggiunto una drammatica e concreta minaccia. Il riscaldamento globale e il non lontano esaurirsi dei combustibili fossili non hanno dissipato le gravi preoccupazioni sulla sicurezza di questo tipo d'energia: i reattori "a prova d'incidente" sono oramai da decenni una promessa non mantenuta.

Il riscaldamento dell'atmosfera dovuto alle attività umane sarà senza alcun dubbio una delle più grandi sfide del XXI secolo, ma per affrontare il problema esistono strade meno pericolose di quella nucleare, in pratica non sostenibile: i materiali fissili impiegati sono limitati quanto gli altri combustibili fossili oggi adoperati (carbone, petrolio e gas naturale), e i suoi sottoprodotti radioattivi devono inoltre essere isolati dalla biosfera per periodi di tempo che sfidano l'immaginazione umana.

Senza adeguate le sovvenzioni statali, l'energia nucleare – una tecnologia estremamente rischiosa, non soltanto in termini di sicurezza ma anche d'investimento finanziario – non ha nessuna possibilità in una economia di mercato. Certo, le aziende continueranno a trarre profitti dal suo uso (grazie alle condizioni speciali e controllate offerte dagli Stati), l'estensione delle licenze concesse ai vecchi reattori viene giudicata dagli operatori un'opzione interessante (anche se aumenta in modo abnorme il rischio di gravi incidenti), vi saranno sempre regimi che favoriranno l'uso civile della fissione nucleare (perché lo considereranno un passo fondamentale per arrivare a possedere la bomba atomica). Ma come appare evidente, quanto meno a partire dall'11 settembre 2001, le centrali, ad alto rischio ed estremamente vulnerabili, rappresentano un ulteriore obiettivo per forze irregolari violente e senza scrupoli. È anche per questo che, fin quando verrà usata, l'energia nucleare continuerà a dividere l'opinione pubblica.

### **1 UNO SGUARDO AL PASSATO, PER NON DIMENTICARE**

I fatti occorsi nella tarda serata del 10 aprile 2003 nella vasca di stoccaggio del combustibile della centrale nucleare di Paks hanno riportato alla memoria due incidenti che hanno segnato la storia degli impianti nucleari a uso civile: il disastro di Harrisburg nel marzo 1979 e quello di Chernobyl nell'aprile 1986.

Difetti di progettazione inammissibili, monitoraggio caotico, istruzioni operative incorrette, valutazioni scadenti in situazioni di stress, e, ultimo ma non meno importante, cieca fiducia in una tecnologia estremamente sensibile: tutti problemi ben noti anche prima di quel giovedì sera in Ungheria, e non solo alla luce degli avvenimenti di Harrisburg e Chernobyl, ma anche di quelli dell'impianto di ritrattamento britannico di Sellafield, del reattore autofertilizzante di Monju, dell'impianto di ritrattamento giapponese di Tokaimura, dell'impianto tedesco di Brunsbüttel (sulle rive dell'Elba). Ovunque ci sono uomini che lavorano, ci sono possibilità di errori; e quegli uomini possono considerarsi fortunati se la catena di errori – invariabilmente definita "inesplicabile" – non ha sempre le conseguenze disastrose che ebbe invece in Ucraina e nei paesi vicini nel lontano 1986. Nel blocco 2 della centrale nucleare di Paks (115 chilometri a sud di Budapest, la capitale ungherese) il danno si limitò al surriscaldamento e alla distruzione di 30 barre di combustibile estremamente radioattive che si trasformarono in una massa irradiante sul fondo di una vasca di acciaio riempita d'acqua, e al successivo rilascio massiccio di gas inerte radioattivo nella stanza del reattore, dalla quale gli addetti erano fuggiti in preda al panico. Una ventilazione forzata di oltre 14 ore disperse poi il gas non filtrato nell'atmosfera esterna, per consentire al personale di accedere ai locali indossando le apposite tute protettive.

Il nome Paks è legato al più grave incidente accaduto in un reattore nucleare europeo dopo Chernobyl. Il materiale altamente radioattivo si surriscaldò oltre le pareti di contenimento in cemento armato, ma al di là delle frontiere ungheresi vi fu una scarsissima eco dell'incombente inferno nucleare che si stava preparando nell'installazione mobile di pulizia degli elementi di combustione. Gli specialisti ungheresi e stranieri che a tarda notte ricostruirono la catena di eventi si resero conto con orrore che le conseguenze avrebbero potuto essere catastrofiche. Il mancato allarme mondiale per l'incidente di Paks non è però la sola peculiarità di questa storia; il drammatico evento si è aggiudicato anche un altro primato. Per la prima volta, i responsabili di reattori dell'Europa occidentale e orientale sono stati, assieme e virtualmente come un solo uomo, all'origine di gravi carenze dovute a una catena di disattenzioni, a errori di gestione, a procedure superficiali. I responsabili erano i progettisti e i gestori del gruppo franco-tedesco di energia nucleare Framatome ANP (una controllata della francese Areva e della tedesca Siemens), i gruppi operativi della centrale nucleare di Paks (di tipo sovietico), gli esperti dell'ente di controllo nucleare ungherese. Avevano tutti la loro parte di responsabilità, e tutti se la sono cavata con poco danno.

Le 30 barre di combustibile, circa un decimo del nucleo del reattore, non si raffreddarono sufficientemente nel corso del processo di pulizia chimica. Dapprima portarono l'acqua della vasca al punto di ebollizione, poi la fecero completamente evaporare riscaldandola fino a 1200° centigradi, infine si sbriciolarono come porcellana quando gli operatori, oramai superati dagli avvenimenti, le ricoprirono con una massa di acqua fredda dopo aver tentato invano di evitare l'incidente. Secondo i fisici del reattore, avrebbe potuto avere luogo un'esplosione nucleare, in altre parole una reazione a catena limitata, ma incontrollata, con conseguenze disastrose per le aree attorno a Paks e oltre.

## 2 SICUREZZA: IL PUNTO CRUCIALE DELL'ENERGIA NUCLEARE

I sostenitori della produzione di elettricità a partire dall'energia nucleare sono visibilmente soddisfatti che il dibattito sul suo uso si sia smorzato, e che, grazie al cambiamento climatico e all'esplosione dei prezzi petroliferi, il tono sia diventato più "sobrio e compassato". Sono inoltre particolarmente contenti di una cosa: le discussioni sulla politica nucleare si sono spostate dai problemi fondamentali legati alla sicurezza a quelli legati all'economia, alla protezione ambientale, alla salvaguardia delle risorse. La loro speranza è che l'opinione pubblica muti il suo punto di vista e consideri quella nucleare una tecnologia tra le tante, alla pari delle centrali a carbone o delle fonti eoliche. La fissione nucleare viene sempre più esaminata alla luce dei tre punti di riferimento che gli economisti usano per inquadrare il dibattito sulla politica energetica: fattibilità economica, fornitura affidabile, compatibilità ambientale. I pro-nucleare non sono particolarmente turbati dal fatto che, anche nell'ambito di questo quadro di riferimento, restino comunque molti dubbi sulla affidabilità dell'energia nucleare, anzi se ne compiacciono: per quel che li riguarda, il punto importante è che sta diventando sempre più facile nascondere le potenziali catastrofi dell'energia nucleare dietro un muro di argomenti che distraggono l'attenzione dal problema fondamentale della sicurezza. Non si tratta di un'evoluzione casuale, ma del risultato di una deliberata e tendenziosa strategia portata avanti per anni dagli operatori e dai fornitori dei principali paesi produttori di energia nucleare.

Le tattiche diversive possono smorzare i toni dei dibattiti pubblici, ma non riducono le possibilità di catastrofi: il rischio di gravi incidenti, di incidenti cioè che oltrepassino i limiti per i quali i sistemi di sicurezza sono stati pensati, e il fatto che non li si possa mai escludere del tutto, resteranno sempre punti di conflitto fondamentali nelle discussioni sull'energia nucleare. In ultima istanza, sono il punto di partenza di tutti gli argomenti addotti contro questa forma di conversione energetica: ne dipende l'accettazione o il rigetto a livello regionale, nazionale e mondiale. Dai fatti di Harrisburg in poi, e ancor di più dagli avvenimenti di Chernobyl, l'industria del settore ha cercato di riguadagnare il favore del pubblico promettendo reattori a prova d'incidente. Venticinque anni orsono, i fabbricanti avevano formulato in termini sibillini la promessa di una "centrale nucleare intrinsecamente sicura". Gli americani avevano chiamato le future centrali "reattori vincenti", affermando che la fusione del nucleo, o altri incidenti gravi di questo tipo, sarebbero stati materialmente impossibili: "Anche nell'ipotesi del peggior incidente che si possa immaginare" proclamava all'epoca il vice presidente di un fabbricante americano di reattori "potreste sempre rincasare, pranzare, fare la pennichella, e tornare poi ad occuparvi del problema, senza il minimo motivo di panico"<sup>1</sup>. L'impegnativa dichiarazione è ancora oggi quella che era all'epoca: una promessa non mantenuta per il futuro. Già nel 1986, lo storico tedesco della tecnologia Joachim Radkau suggeriva che le centrali nucleari a prova d'incidente fossero "una promessa irrealizzabile, formulata in tempo di crisi e mai realizzata"<sup>2</sup>.

Quando discutono il futuro della tecnologia dei reattori, l'EURATOM (la Comunità europea dell'energia atomica) e i 10 Stati che gestiscono centrali nucleari parlano in

<sup>1</sup> Citato da Peter Miller "Our Electric Future – A Comeback for Nuclear Power", in *National Geographic*, Agosto 1991, p. 60. Ritradotto dal tedesco.

<sup>2</sup> "Chernobyl in Deutschland?" in *Spiegel* 20/1986; pp. 35-36

termini anodini di "Generazione IV". La futura serie di reattori, dotata d'innovativi sistemi di sicurezza, non viene più definita a prova d'idiota come quelle precedenti (in realtà mai diffuse), ma dovrebbe essere più economica, più piccola, meno esposta al rischio di uso improprio militare, e quindi meglio accettata dall'opinione pubblica. I primi esemplari della serie dovrebbero cominciare a generare elettricità verso il 2030. Almeno questa è la versione ufficiale; perché in via ufficiosa persino molti dei più accesi fautori si aspettano che le operazioni commerciali non prendano il via "prima del 2040 o 2045"<sup>3</sup>. Queste promesse per il futuro richiamano fatalmente alla memoria quelle fatte dai ricercatori della fusione, che già nel 1970 spiegavano come la fusione nucleare – una fusione controllata degli atomi di idrogeno simile a quella che si constata nel sole – avrebbe prodotto elettricità entro il 2000. Oggigiorno nessuno si azzarda ad affermare che la sua commercializzazione possa cominciare, se mai comincerà, prima della metà del XXI secolo.

L'industria nucleare promette una quarta generazione di reattori privi di una sicurezza *assoluta*, ed ha pian piano lasciato cadere nell'oblio le passate garanzie; nelle discussioni ci si contenta nel frattempo anche di una sicurezza *relativa*, in particolare dell'affermazione, mal compresa ma allegramente ripetuta dai profani, secondo cui "le nostre centrali nucleari sono le più sicure al mondo". La veridicità della dichiarazione, che gode di grande popolarità soprattutto in Germania, non è mai stata realmente dimostrata, e non è particolarmente credibile che centrali nucleari la cui costruzione era stata avviata negli anni '60 e '70 (il che significa che erano state progettate usando conoscenze e tecnologie degli anni '50 e '60) possano in effetti offrire un adeguato livello di sicurezza. Ma fino a quando nessuno impedisce ai sostenitori dell'energia nucleare in Corea del Sud, Francia, Giappone, Svezia e Usa di affermare esattamente la stessa cosa a proposito dei loro reattori, tutti sono contenti: non esiste una "comunità nucleare" nazionale che non consideri le proprie centrali all'avanguardia della tecnologia mondiale, o che almeno non lo affermi in pubblico. Persino nell'Europa orientale circola con sempre maggiore frequenza l'opinione secondo cui i programmi di ammodernamento degli ultimi 15 anni avrebbero portato i reattori di progettazione sovietica ai livelli di sicurezza di quelli occidentali, e per certi aspetti ancora più avanti. Ad esempio si afferma che sono meno sensibili ai guasti meccanici del reattore. Non c'è bisogno di un accordo formale su queste versioni ufficiali: il senso del messaggio è che non c'è alcun motivo per allarmarsi.

E l'inquietudine, a livello nazionale e internazionale, si sta infatti riducendo, mentre il punto cruciale rimane quindi il prezzo che l'umanità è disposta a pagare per questa calma sul fronte nucleare. Che cosa significa per la sicurezza internazionale dei reattori il fatto che le quasi catastrofi come quella di Paks vengano discusse solo nei circoli chiusi degli specialisti? I sostenitori dell'energia nucleare sono arrivati ad attribuire il livello di sicurezza relativamente elevato delle centrali tedesche, tra le altre cause, alla forza del movimento antinucleare della Germania occidentale e all'atteggiamento ostinatamente scettico verso i reattori di una parte del pubblico informato. Secondo questo punto di vista, le ricerche puntigliose e la nascita di "una opinione pubblica critica e informata" avrebbero permesso alle centrali nucleari di approntare le più sofisticate misure di protezione contro gli incidenti mai concepite nella storia della tecnologia, misure di cui

<sup>3</sup> Dichiarazione del 23 novembre 2003 di François Roussely, all'epoca presidente di EDF, al Comitato economico e ambientale dell'Assemblea nazionale francese. Citata da Mycle Schneider, *Der EPR aus französischer Sicht. Memo im Auftrag des BMU*, p. 5.

ancora oggi dispongono. Ma se questo è vero, è vero però anche il contrario: se la consapevolezza pubblica si riduce, si riduce anche la sicurezza.

Vent'anni dopo Chernobyl, come dovrebbe essere un controllo realistico della sicurezza? Dopo l'accresciuta consapevolezza dei rischi che ha fatto seguito alla catastrofe in Ucraina, si sono ottenuti veri progressi nella sicurezza dei reattori? O è vero il contrario, ed il successivo grave incidente è già dietro l'angolo?

Nessuno può negare che, come qualsiasi altro settore, anche quello nucleare abbia profittato dei progressi dello sviluppo tecnologico. La rivoluzione nella tecnologia dell'informazione e delle comunicazioni, sopravvenuta quando i reattori commerciali nel mondo erano già stati in buona parte costruiti, ha reso più semplice controllare e monitorare i processi e più affidabili le operazioni di routine. Al momento di costruire le centrali più antiche oggi ancora in uso, i computer erano allo stadio delle schede perforate. In molti impianti, compresi i più vecchi, sono stati installati, o sono in corso d'installazione, moderni sistemi di controllo. Le simulazioni al computer e gli esperimenti possono chiarire la meccanica e gli altri fattori complessi del funzionamento dei reattori, a maggior ragione in caso di malfunzionamento. Oggi gli operatori delle centrali usano le simulazioni per testare risposte a situazioni d'emergenza che 20 o 30 anni fa non avrebbero nemmeno potuto essere modellizzate, e che in alcuni casi non erano nemmeno prevedibili. Anche i responsabili della sicurezza usano complesse analisi probabilistiche e altri perfezionamenti dei sistemi di test e monitoraggio, ora gradualmente introdotti anche negli impianti più vetusti.

*Il fatto che dopo Chernobyl e Harrisburg non vi siano stati incidenti che abbiamo portato alla fusione del nucleo non significa che l'evento non possa ripetersi.*

Gli operatori dei reattori sono ben decisi ad imparare dagli errori del passato, e sottolineano l'importanza della nascita della WANO (World Association of Nuclear Operators), che assicura ai propri membri lo scambio d'informazioni e la trasmissione immediata dei dati di tutti gli incidenti. Gli operatori possono far tesoro delle esperienze di oltre 11.000 anni/funzionamento dei reattori in tutto il mondo, ma ciò non garantisce agli impianti un "nuovo livello di sicurezza". Il fatto che dopo Chernobyl e Harrisburg non vi siano stati incidenti che abbiamo portato alla fusione del nucleo non significa che l'evento non possa ripetersi; negli ultimi tempi, Paks ci è andato molto vicino. Su quattro reattori oggi in funzione, all'incirca tre erano già in funzione nel 1986, e i calcoli di probabilità indicano che una catastrofe potrebbe verificarsi oggi stesso o non verificarsi per i prossimi cento anni. Undicimila anni/funzionamento dei reattori non possono dimostrarci il contrario. Quando nel 1979 l'industria nucleare si trovò a dover fronteggiare la prima fusione del nucleo nell'impianto commerciale di Harrisburg, i contestatori del nucleare distribuirono nella Germania meridionale volantini che ironizzavano pesantemente sulle roboanti affermazioni di sicurezza formulate dagli ingegneri: "Non più di un incidente ogni 100.000 anni: come vola il tempo!"

Harry Roels, il CEO del gruppo energetico tedesco RWE, definisce gli sforzi per prorogare le licenze d'uso dei reattori in tutto il mondo "del tutto ragionevoli in termini di sicurezza tecnologica"<sup>4</sup>. E Walter Hohefelder, CEO della E.ON Ruhrgas e presidente del Forum

<sup>4</sup> Frankfurter Rundschau, 12 agosto 2005, p.11

tedesco sull'energia atomica, ha spiegato con la massima serietà che prorogare le licenze rende "la fornitura elettrica più sicura"<sup>5</sup>. Quello che lascia a bocca aperta, nelle affermazioni di questo genere, è l'ampio segmento di pubblico che non le mette più in dubbio. Per gli operatori, riuscire a dare l'impressione che le centrali nucleari – a differenza delle auto o degli aerei – diventino sempre più sicure con il passare del tempo rappresenta un'audace scommessa, che va non solo contro il buonsenso ma anche, sfortunatamente, contro le leggi della fisica.

<sup>5</sup> *Berliner Zeitung*,  
9 agosto 2005, p. 6

Il parco mondiale dei reattori sta "invecchiando": il termine anodino è come una facciata che nasconde un'intera massa di conoscenze accumulate nella tecnologia dei materiali e dei metalli, due discipline che non si occupano semplicemente di "usura", ma anche e soprattutto dei cambiamenti estremamente complessi della superficie e della struttura dei materiali metallici. Questi cambiamenti, e le conseguenze che comportano, sono estremamente difficili da calcolare a livello atomico; così come è estremamente difficile per i sistemi di monitoraggio identificarli in modo sicuro, e soprattutto rapido, quando le componenti cruciali per la sicurezza sono sottoposte contemporaneamente a temperature elevate, forti carichi meccanici, contesti chimici aggressivi e bombardamento di neutroni della fissione nucleare. Negli ultimi decenni vi sono stati numerosi casi di corrosione, danni da radiazione, lesioni sulle superfici e sui giunti saldati degli elementi delle centrali. I sistemi di monitoraggio o i controlli di routine hanno di solito scoperto in tempo il problema e hanno evitato gravi incidenti, ma qualche volta è avvenuto per puro caso.

Dobbiamo inoltre considerare gli effetti della liberalizzazione dei mercati dell'energia in molti paesi in cui funzionano le centrali nucleari. La liberalizzazione obbliga a una maggiore "attenzione ai costi" di ciascun impianto, con conseguenze sotto gli occhi di tutti: riduzione di personale, maggiori intervalli tra i controlli, pressioni sui responsabili per effettuare in tempi più brevi le riparazioni e la sostituzione delle barre di combustibile. Tutte misure che non aumentano certo la sicurezza.

In sintesi, se gli operatori delle centrali riusciranno ad ottenere una proroga delle licenze di funzionamento fino a 40 o addirittura 60 anni, l'attuale età media dei reattori in funzione nel mondo (22 anni) in futuro sarà doppia o addirittura tripla, con un aumento sostanziale del rischio complessivo di catastrofi. La costruzione di nuovi impianti della cosiddetta "Generazione III" cambierà poco o niente; per vari decenni rappresenteranno solo una percentuale minima del parco mondiale di reattori, e neppure loro sono comunque meccanicamente esenti da possibili gravi incidenti. I critici affermano ad esempio che l'EPR (European Pressurized Water Reactor), il reattore europeo ad acqua pressurizzata progettato sin dalla fine degli anni '80 e il cui prototipo viene attualmente costruito in Finlandia, è solo un ulteriore problematico sviluppo dei reattori pressurizzati in funzione in Francia e in Germania sin dagli anni '80. L'EPR è stato progettato in modo da prevenire le conseguenze della fusione del nucleo grazie a una sofisticata unità di contenimento ("core catcher"), che impone però notevoli costi supplementari; le dimensioni della centrale sono state quindi progressivamente aumentate per far sì che risulti più economica di quelle delle generazioni anteriori. Resta invece ancora da vedere

se l'unità di contenimento, basata sugli standard delle serie tedesche più recenti (KONVOI), potrebbe resistere allo schianto deliberato di un aereo passeggeri a pieno carico.

Neppure gli operatori d'impianti credono che una maggiore esperienza di funzionamento e una più lunga durata di vita delle centrali possa ridurre la probabilità di gravi incidenti. Nel 2003 i partecipanti alla riunione berlinese della WANO (World Association of Nuclear Operators) elencarono otto "incidenti gravi" accaduti negli ultimi anni che avevano destato serie preoccupazioni (anche se quasi solo tra gli esperti in reattori, come nel già discusso guasto a Paks). L'elenco degli incidenti che avrebbero potuto avere conseguenze disastrose include:

- perdite nelle barre di controllo del nuovissimo reattore britannico Sizewell B (ha cominciato a funzionare nel 1995);
- insufficiente concentrazione di boro nel sistema per il raffreddamento di emergenza del reattore Philippsburg-2 a Baden-Württemberg;
- incendio con caratteristiche mai prima riscontrate nel blocco 3 della centrale francese di Cattenom;
- grave esplosione d'idrogeno in un condotto del reattore ad acqua bollente di Brunsbüttel, nelle immediate adiacenze di un contenitore pressurizzato;
- massiccia corrosione, a lungo trascurata, in un contenitore pressurizzato dell'impianto statunitense di Davis-Besse. Solo un sottile rivestimento in acciaio inossidabile ha evitato perdite rilevanti;
- falsificazione dei dati sulla sicurezza nell'impianto di ritrattamento britannico di Sellafield;
- falsificazione dello stesso tipo da parte dell'operatore giapponese Tepco.

Incidenti e negligenze di questo tipo, e soprattutto la loro maggiore frequenza rispetto al passato, stanno preoccupando e sensibilizzando gli operatori più che i fautori politici di una rinascita dell'energia nucleare. I responsabili del funzionamento dei reattori temono le conseguenze di un fenomeno profondamente radicato nella natura umana: l'assuefazione al lento veleno dell'abitudine, che rende quasi impossibile svolgere un'attività, anno dopo anno, con un livello invariato di concentrazione. Alla conferenza WANO di Berlino, gli operatori si erano lamentati non solo delle sensibili conseguenze finanziarie dei guasti (fino a ottobre 2003, circa 298 milioni di dollari per i soli incidenti di Philippsburg, Paks, e Davis-Besse; 12 dei 17 reattori ad acqua bollente della giapponese Tepco avevano dovuto essere spenti dopo le indagini sulla falsificazione dei dati), ma ancor più della superficialità e della trascuratezza degli operatori, che, come aveva messo in guardia un partecipante svedese alla riunione di esperti, "minacciano la sopravvivenza del nostro settore di attività"<sup>6</sup>. L'allora presidente giapponese della WANO, Hajimu Maeda, aveva addirittura diagnosticato un "profondo malessere" in grado di minare l'attività dall'interno, segnata da perdita di motivazione, trascuratezza, e "superficialità nel far propria la cultura della sicurezza, a causa della forte pressione sui costi imposta dalla liberalizzazione dei mercati elettrici". Un malessere da studiare a fondo e combattere; in caso contrario, prima o poi "una catastrofe ... finirà col distruggere l'intera industria"<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> *Nucleonics Week*,  
6 agosto 2003.  
Ritradotto dal tedesco.  
<sup>7</sup> *ibid.*

### **3 ATTENTATI SUICIDI: UNA NUOVA DIMENSIONE DEL PERICOLO**

Le considerazioni fin qui fatte non hanno affrontato la nuova dimensione del pericolo venuta in primo piano dopo gli attacchi terroristici dell'11 settembre 2001 a New York e Washington e dopo le ammissioni degli islamici successivamente catturati. Ma proprio queste minacce rendono necessario riconsiderare l'uso dell'energia nucleare.

Le confessioni di due leader di al-Qaida in prigione indicano inequivocabilmente che le centrali nucleari sono tra gli obiettivi presi in considerazione dai terroristi. Secondo quanto da loro dichiarato, Mohammed Atta, che più tardi avrebbe portato un Boeing 767 a schiantarsi contro la North Tower del World Trade Center, aveva già scelto come possibili bersagli due blocchi del reattore della centrale Indian Point sul fiume Hudson, e aveva già scelto il nome di codice – "electrical engineering" – per l'attacco all'impianto, situato a soli 40 chilometri da Manhattan. Il piano fu poi scartato perché i terroristi temevano che un aereo diretto contro la centrale potesse essere distrutto dai missili antiaerei prima di riuscire a colpirla. Piani precedenti, ma ancora più mostruosi, elaborati dal leader di al-Qaida Khalid Sheik Mohammed prevedevano il dirottamento simultaneo di dieci aerei passeggeri, e, per sua stessa ammissione, varie centrali nucleari rientravano tra i possibili obiettivi. Al momento di valutare i rischi delle centrali nucleari, è dunque indispensabile tenere in debito conto la possibilità di attacchi terroristici: dopo l'incubo dell'11 settembre 2001, le probabilità di attentati di questo tipo sono aumentate di vari ordini di grandezza.

Sembra certo che nessuno dei 443 reattori in funzione a fine 2005 potrebbe resistere all'impatto deliberato di un aereo di grandi dimensioni e con i serbatoi a pieno carico, come gli stessi operatori di centrali avevano unanimemente affermato subito dopo gli attacchi di New York e Washington. L'immediata ammissione conteneva però una giustificazione tattica: prevenire un dibattito sui siti nucleari più vetusti e vulnerabili, ed evitare che l'opinione pubblica esigesse la loro chiusura. Nel frattempo vari studi scientifici hanno tuttavia confermato le prime dichiarazioni dei responsabili: molti impianti nucleari dei paesi occidentali industrializzati erano stati progettati pensando a schianti casuali di aerei militari o di piccola stazza, e alcuni scenari avevano anche tenuto conto di attacchi terroristici con lanciarazzi anticarro, obici, o altre armi di questo calibro. L'impatto casuale con un grande aereo passeggeri a pieno carico era stato però considerato estremamente improbabile, e nessun paese aveva preso serie contromisure per casi simili. E comunque la possibilità di un attacco deliberato con un aereo passeggeri trasformato in missile andava al di là delle più accese fantasie dei progettisti di reattori.

Subito dopo gli attentati negli Stati Uniti, la GRS (*Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit*), un'organizzazione di Colonia che si occupa della sicurezza dei reattori nucleari e di altre strutture, aveva avviato uno studio globale sulla vulnerabilità agli attacchi aerei delle centrali nucleari tedesche. Lo studio, commissionato dal governo federale, non si era limitato a esaminare la resistenza strutturale degli impianti tipici;

usando un simulatore di volo dell'Università tecnica di Berlino, una mezza dozzina di piloti si erano schiantati migliaia di volte – con differenti velocità, angoli e punti d'impatto – sulle centrali nucleari tedesche, dettagliatamente visualizzate in video nella cabina del simulatore. Proprio come i terroristi di New York e Washington, anche i volontari del test avevano pilotato in precedenza solo piccoli aerei; ma anche così sembra che circa la metà dei finti attacchi suicidi siano perfettamente riusciti.

I risultati dello studio furono considerati talmente preoccupanti da non essere mai pubblicati ufficialmente; arrivarono al pubblico solo più tardi e sotto forma di riassunto classificato e confidenziale. Secondo il documento, ogni impatto – in particolare nel caso dei reattori più vetusti – darebbe luogo a un inferno nucleare, indipendentemente dal tipo, dalla grandezza e dalla velocità d'urto dell'aereo passeggeri: l'enorme shock da impatto e il successivo incendio del carburante danneggerebbero direttamente la zona di contenimento o distruggerebbero il sistema di tubature, e in ogni caso un urto diretto causerebbe molto probabilmente la fusione del nucleo con un rilascio massivo di radioattività. Le strutture interne temporanee, nelle quali le barre esaurite con un enorme contenuto di radiazioni vengono raffreddate in vasche di acqua, rappresenterebbero un ulteriore grosso rischio: è vero che nella maggior parte dei paesi i reattori delle serie più recenti dispongono di un contenimento più stabile, ma, secondo lo studio della GRS, nemmeno per questi reattori si può escludere la possibilità che un impatto diretto ad alta velocità provochi un incidente nucleare di grandi proporzioni in grado di contaminare una vasta area circostante.

*Dopo l'incubo dell'11 settembre 2001, le probabilità di attentati di questo tipo sono aumentate di vari ordini di grandezza.*

Lo scenario terroristico di un attacco aereo mirato non esclude altri motivi di timore, che serpeggiavano nel mondo già prima dell'11 settembre 2001; offre anzi loro una base più realistica e concreta. Alcuni paesi industrializzati con attività nucleari avevano già attentamente esaminato l'eventualità di attacchi terroristici contro siti nucleari (o dall'esterno con armi e esplosivi, o dall'interno, dopo essere penetrati con la forza o con l'inganno nelle aree ad accesso limitato), ma non avevano pensato a kamikaze disposti a morire deliberatamente. La strabiliante possibilità di un attacco condotto da individui preparati ad essere tra le prime vittime lascia intravedere dozzine di scenari alternativi che devono ancora essere presi in considerazione.

Dal punto di vista degli estremisti suicidi, un attacco contro le strutture nucleari non è certo una scelta irrazionale. Al contrario, sanno benissimo che un attacco "riuscito" non solo causerebbe immediatamente un inferno e innumerevoli sofferenze per milioni di persone, ma spingerebbe probabilmente alla chiusura precauzionale di molte altre centrali nucleari, provocando così nei paesi industrializzati un terremoto economico al cui confronto le conseguenze commerciali dell'11 settembre sembrerebbero poca cosa. Per quanto mostruosi e senza precedenti, gli attentati contro il World Trade Center e il Pentagono si proponevano come principale obiettivo colpire e umiliare simbolicamente la superpotenza americana nel suo cuore economico, politico e militare. Un attacco contro le centrali nucleari lascerebbe da parte ogni apparato simbolico: distruggerebbe direttamente la produzione di energia elettrica, e di conseguenza il centro nevralgico e l'intera



© Paul Langrock/Zenit/Greenpeace

infrastruttura della società industriale. La contaminazione radioattiva di un'intera regione, con la conseguente probabile evacuazione di centinaia di migliaia (se non milioni) di persone, finirebbe con l'eliminare ogni distinzione tra guerra e terrore. Nessun altro tipo di attacco, nemmeno ai terminali petroliferi di Rotterdam, potrebbe avere un effetto psicologico comparabile sui paesi occidentali industrializzati. Quand'anche l'attentato non riuscisse a provocare una catastrofe, avrebbe comunque risultati terrificanti: la reazione del pubblico infiammerebbe fino a un punto mai raggiunto prima il dibattito sui rischi distruttivi dell'energia nucleare, e, in buona parte dei paesi industrializzati, porterebbe alla chiusura di molte centrali, se non di tutte.

#### **4 CENTRALI NUCLEARI: OBIETTIVI RADIOATTIVI IN UNA GUERRA CONVENZIONALE**

Le nuove forme di terrorismo stanno anche ridando vigore al dibattito sull'uso "pacifico dell'energia nucleare" e sulla guerra, argomento ancora in buona parte tabù in seno alla comunità nucleare. Nelle aree di tensione (penisola coreana, Taiwan, Iran, India, Pakistan), i reattori esistenti possono avere conseguenze tanto più letali in quanto impreviste. Con le centrali in funzione, le forze nemiche non hanno bisogno di possedere bombe atomiche per provocare una catastrofe radioattiva; l'aviazione convenzionale o l'artiglieria sono più che sufficienti. Alla luce di tali considerazioni, è chiaro che chi lega l'energia nucleare all'idea di "fornitura energetica sicura" non è andato molto a fondo nella sua analisi. Non esiste un'altra tecnologia nella quale un singolo evento possa portare al collasso di un intero pilastro della fornitura energetica; un'economia che dipende da una tecnologia di questo tipo non dispone certo di una fornitura energetica sicura, anzi, in caso di guerra, è più vulnerabile agli attacchi convenzionali di un'economia che invece non ne dipende.

Per spiegare il suo passaggio dalla schiera dei sostenitori dell'energia nucleare a quella dei suoi oppositori, il fisico e filosofo Carl Friedrich von Weizsäcker dichiarò nel 1985 che "la proliferazione mondiale dell'energia nucleare esige un radicale cambiamento globale delle strutture politiche di tutte le attuali culture. Esige di andare oltre l'istituzione politica della guerra, che è esistita quanto meno dagli albori della nostra cultura"<sup>8</sup>. Von Weizsäcker aggiungeva però che i fondamenti politici e culturali per la pace mondiale non erano ancora in vista. In tempi di "violenza asimmetrica", in cui estremisti totalmente ideologicizzati preparano la guerra contro i potenti stati industriali o lo "scontro delle culture" generalizzato, l'idea di una pace mondiale durevole è ancora più lontana di quanto non lo fosse nel 1985, quando Von Weizsäcker esprimeva il suo pensiero.

Le minacce agli impianti nucleari nel corso di un conflitto armato non sono una pura ipotesi di lavoro. Nel conflitto balcanico dei primi anni '90, ad esempio, il reattore nucleare della città slovacca di Krsko avrebbe potuto essere colpito in varie occasioni: i bombardieri jugoslavi sorvolavano l'impianto per sottolineare una possibile scalata delle ostilità. Anche se nel 1981 il reattore di ricerca iracheno da 40MW fosse stato già

<sup>8</sup> Citato da Klaus Michael Meyer-Abich e Bertram Schefold in *Die Grenzen der Atomwirtschaft*, (Monaco, 1986), pp.14/16

operativo, non è per niente detto che gli israeliani si sarebbero astenuti dal procedere comunque al bombardamento aereo del sito (l'operazione fu giustificata come un attacco preventivo per bloccare il tentativo di Saddam Hussein di costruire la prima "bomba islamica"). Nel 1991 i bombardieri americani colpirono nuovamente il sito di costruzione nel corso della guerra del Golfo, e per ripicca Saddam Hussein rivolse i suoi missili Scud contro il quartier generale nucleare israeliano di Dimona. Dulcis in fundo, a fine 2005 si è parlato di piani israeliani per colpire presunte strutture nucleari segrete in Iran.

Esistono quindi numerosi scenari plausibili in cui le parti coinvolte in una guerra o in un conflitto armato potrebbero decidere di distruggere le strutture nucleari in territorio nemico: ad esempio come attacco preventivo per bloccare le presunte ambizioni dell'avversario di costruire una bomba (situazione spesso strettamente collegata alle strutture nucleari nei paesi in via di sviluppo o di transizione), o come tentativo di seminare il panico nella maggior misura possibile. È una brutale verità che uno Stato i cui nemici potenziali o reali dispongono di centrali nucleari può esimersi dalla difficile decisione di costruire una sua bomba atomica. Distruggere le centrali civili del nemico offre gli stessi vantaggi di avere una propria bomba: la radioattività di una centrale nucleare a uso commerciale supera di un ordine di grandezza quella rilasciata dall'esplosione di una bomba atomica, e la contaminazione radioattiva a lungo termine dovuta a un attacco "riuscito" contro un impianto nucleare sarebbe di gran lunga superiore a quella di una bomba.

## **5 LEGATI A DOPPIO FILO: USI CIVILI E MILITARI DELL'ENERGIA NUCLEARE**

Sin da quando è nata l'idea d'imbrigliare la potenza nucleare per generare energia controllata, è sempre esistita la possibilità di sfruttare quella stessa energia per scopi militari. La cosa non dovrebbe sorprendere. Dopo tutto le bombe atomiche sganciate nell'agosto 1945 su Hiroshima e Nagasaki traumatizzarono l'intera umanità. Il programma "Atomi per la pace", annunciato nel 1953 dal presidente americano Dwight D. Eisenhower per promuovere "l'uso pacifico dell'energia atomica", era nato dalla necessità e dalla preoccupazione: con la sua generosa offerta di conoscenze all'epoca in massima parte ancora segrete, gli USA volevano evitare che altri paesi portassero avanti propri programmi di armamento nucleare.

Ora che la bomba aveva definitivamente confermato lo status di superpotenza del paese, l'accordo che il presidente americano offriva al mondo non avrebbe potuto essere più semplice: tutti coloro che lo desideravano avrebbero potuto profittare dell'uso pacifico dell'energia nucleare, a condizione di rinunciare all'ambizione di costruire armi nucleari. Lo scopo era di bloccare le ricerche che pochi anni dopo la II guerra mondiale avrebbero permesso a Cina, Francia, Gran Bretagna e Unione Sovietica di avere a disposizione armi nucleari. Anche altri paesi – compresi alcuni che oggi come allora erano considerati profondamente amanti della pace, come Svezia e Svizzera – stavano lavorando in modo

più o meno intenso e clandestino a sviluppare l'arma finale. La Repubblica federale di Germania, che dalla fine della II guerra mondiale al 1955 non poteva essere formalmente definita uno Stato sovrano, aveva cullato ambizioni simili nel periodo in cui Franz-Josef Strauss aveva ricoperto il ruolo di ministro dell'energia nucleare.

Il Trattato di non proliferazione nucleare (TNP), entrato infine in vigore nel 1970, era il risultato dell'iniziativa di Eisenhower, così come lo era l'IAEA (International Atomic Energy Agency), un'agenzia con base a Vienna fondata sin dal 1957 con lo scopo di promuovere in tutto il mondo la tecnologia nucleare destinata a generare elettricità (e allo stesso tempo evitare che un sempre maggior numero di paesi sviluppasse la bomba atomica). Dopo quasi mezzo secolo dalla sua creazione, i risultati dell'IAEA sono dubbi, così come lo era sin dall'origine il suo programma: grazie alla stretta sorveglianza delle installazioni nucleari civili e del materiale fissile usato, ha significativamente scoraggiato la proliferazione (ed è per questo che nel 2005 all'Agenzia e al suo direttore, Mohamed El-Baradei, è stato assegnato il Premio Nobel per la pace), senza però riuscire a bloccarla. Dalla fine della guerra fredda tre nuovi paesi (Israele, India e Repubblica del Sud Africa) si sono aggiunti al plotone delle cinque potenze nucleari "ufficiali". Con la fine dell'apartheid agli inizi degli anni '90, la Repubblica del Sud Africa ha poi distrutto le sue armi nucleari. Dopo la guerra del Golfo nel 1991, gli ispettori hanno scoperto nell'Iraq di Saddam Hussein, paese firmatario del Trattato di non proliferazione, un programma segreto per la produzione di armi nucleari che, malgrado la stretta sorveglianza dell'IAEA, era già molto avanzato. Nel 1998, India e Pakistan (che, come Israele, avevano costantemente rifiutato di firmare il TNP) hanno scioccato il mondo provando le loro armi. Nel 2003, la Corea del Nord, sotto controllo comunista, ha denunciato la sua adesione al TNP e ha dichiarato di possedere armi nucleari.

*Ogni paese che disponga della tecnologia nucleare per usi civili posta dall'IAEA e dall'Euratom sarà prima o poi capace di costruire la sua bomba.*

Molti esperti affermano che proprio questi ultimi sviluppi potrebbero incoraggiare altri regimi autoritari: se alla base della decisione americana d'invasione dell'Iraq nel 2003 c'era la convinzione che il paese stesse tentando di costruire una bomba atomica – di cui in realtà il paese non era in possesso –, il governo comunista nordcoreano ha annunciato di aver già raggiunto il suo obiettivo. E mentre il governo di Saddam Hussein è crollato sotto la forza delle bombe convenzionali e i missili da crociera della superpotenza, il non meno autoritario dittatore Kim Jong-il è sfuggito a questa sorte. Oltre all'assenza di quegli interessi militari americani che hanno giocato a favore di un'invasione dell'Iraq e dell'Afganistan, sembra probabile che una delle ragioni per risparmiare la Corea del Nord sia stato il timore che il paese potesse rispondere con le armi nucleari a un attacco convenzionale. Anche la semplice convinzione a posteriori che un tale timore abbia avuto un suo ruolo nella vicenda potrebbe spingere paesi ostili agli Usa a seguire i passi della Corea del Nord: un buon esempio attuale è quello dell'Iran, pur se i suoi dirigenti insistono sul fatto che tutte le strutture nucleari del paese sono destinate esclusivamente a fini civili.

Tutte queste situazioni nascono da un problema di base intrinsecamente legato alla tecnologia nucleare: anche con la migliore buona volontà del mondo e l'aiuto di sistemi di monitoraggio futuristici, non è possibile separare nettamente gli sviluppi civili da quelli

militari. In particolare, i cicli del combustibile e della fissione nelle applicazioni pacifiche e non pacifiche funzionano spesso in parallelo; tecnologie e conoscenze sono spesso adatte ai due usi... con conseguenze disastrose. Ogni paese che disponga della tecnologia nucleare per usi civili proposta dall'IAEA e dall'Euratom sarà prima o poi capace di costruire la sua bomba. Nel corso degli ultimi 50 anni, capi di governo senza scrupoli e ambiziosi hanno più e più volte creato programmi nucleari militari clandestini a fianco di quelli civili. Ma anche senza specifici programmi clandestini, i passaggi più importanti della catena nucleare civile possono essere facilmente sfruttati per soluzioni militari abusive:

- gl'impianti di arricchimento dell'isotopo fissile dell'uranio U-235 producono combustibile per i reattori ad acqua leggera, il più diffuso a livello mondiale, ma se si porta avanti il processo si ottiene uranio altamente arricchito (HEU, highly enriched uranium), un materiale fissile che può essere usato per i reattori di ricerca... o per le bombe atomiche del tipo sganciato su Hiroshima;
- i reattori di ricerca e commerciali possono rispettare gli obiettivi ufficialmente dichiarati, o possono essere deliberatamente usati per produrre Pu-239, il plutonio di tipo militare adatto a bombe atomiche del tipo sganciato su Nagasaki. E questo vale anche per i reattori autofertilizzanti veloci;
- anche gl'impianti di ritrattamento, concepiti soprattutto per separare il plutonio del reattore dagli altri radioisotopi prodotti in precedenza nella fissione del reattore, possono essere usati per separare isotopi di Pu-239, un ottimo esplosivo per la bomba atomica;
- la tecnologia del ritrattamento può essere usata per trattare il materiale fissile radioattivo in "celle calde" isolate nel quadro di un ciclo del combustibile per usi civili, o per trattare componenti destinati a una bomba atomica;
- i siti provvisori di stoccaggio per plutonio, uranio e altri materiali fissili possono servire come depositi del combustibile degli impianti di produzione dell'energia nucleare, o come depositi di materiali esplosivi per la costruzione di bombe atomiche.

Le componenti civili del ciclo del combustibile possono essere trasformate in componenti militari – sanzionate dai rispettivi stati – nell'ambito di programmi militari clandestini svolti in parallelo. Questi programmi possono riconvertire il combustibile destinato a scopi civili ed evadere così i controlli nazionali e internazionali. C'è inoltre la possibilità del furto diretto delle sostanze, del corrispondente know-how e dell'attinente tecnologia militare.

Subito dopo la fine della guerra fredda, molti si erano tempo illusi che le potenze nucleari avrebbero agito nell'interesse comune per limitare la diffusione delle tecnologie e dei materiali sensibili, e ridurre così il rischio di una proliferazione delle armi nucleari. Allo stesso tempo era però cresciuta la minaccia di "falle" in quelle che un tempo erano state severe misure di sicurezza delle strutture nucleari sia civili che militari, soprattutto dopo la caduta dell'Unione sovietica. Sotto la spinta di loschi profittatori e gruppi criminali, era nato un vero e proprio mercato nero di tutti i tipi di dotazioni nucleari: in buona parte, i materiali radioattivi offerti a prezzi esorbitanti negli ambienti criminali, soprattutto agl'inizi degli anni '90, non erano adatti alla produzione di bombe, ma il fatto stesso che

fossero improvvisamente disponibili materiali prima ermeticamente chiusi nei depositi era molto preoccupante.

Come a nessuno può sfuggire, ogni nuovo paese che si aggiunge agli attuali 31 in possesso della tecnologia nucleare per usi civili rende più difficile evitare la proliferazione militare. Un nuovo boom dell'energia nucleare come quello degli anni '70 porterebbe a 50 o 60 (o anche più) il numero totale di paesi in possesso della tecnologia di fissione e creerebbe insormontabili problemi di monitoraggio per l'IAEA, costantemente sovraccarica di lavoro e cronicamente sottofinanziata. E questo non aiuta a risolvere la nuova minaccia posta dai terroristi, che probabilmente non esiterebbero a usare le "bombe sporche": far detonare un esplosivo convenzionale assemblato con materiale radioattivo di provenienza civile non solo causerebbe un elevato numero di vittime, facendo aumentare in modo smisurato i timori e le incertezze nei paesi possibili futuri obiettivi, ma renderebbe inabitabile l'area dell'esplosione.

## 6 CICLO APERTO: FALLE IN ENTRATA E IN USCITA

Il "ciclo del combustibile nucleare" è una sorprendente definizione che negli ultimi decenni è entrata nel linguaggio comune, anche se non ha nessun riscontro con la realtà. Il mito del ciclo del combustibile nucleare nasce da un antico sogno degli ingegneri nucleari, quello di poter separare negli impianti di ritrattamento il plutonio fissile generato dai reattori commerciali e di poterlo poi riutilizzare nei reattori autofertilizzanti veloci, dando così vita a un *passaggio perpetuo* da U-238 (uranio non fissile) a Pu-239 (plutonio) destinato a ulteriori reattori dello stesso tipo. L'idea era di creare un ciclo industriale a grande scala con migliaia di reattori autofertilizzanti veloci e dozzine d'impianti di ritrattamento, come quelli che oggi si trovano solo in Francia, a La Hague, e in Gran Bretagna, a Sellafield. Verso la metà degli anni '60, i pianificatori immaginavano che entro il 2000 la sola Repubblica federale tedesca ne avrebbe posseduto una schiera, con una capacità totale di 80.000 MW. Purtroppo, l'entrata del plutonio nella tecnologia nucleare – che Klaus Traube, esperto tedesco ed ex direttore del progetto del reattore Kalkar sul basso Reno, definì più tardi "l'utopia degli anni '50" (*Erlösungsutopie der 50er Jahre*)<sup>9</sup> – si trasformò in quello che è probabilmente il più clamoroso fiasco della storia economica. La tecnologia del reattore autofertilizzante è enormemente cara, tecnicamente poco sviluppata, ancora più controversa – dal punto di vista della sicurezza – degli impianti nucleari convenzionali, e particolarmente vulnerabile agli usi militari. Deve ancora aprirsi una sua strada nel mondo, e solo Francia e Russia hanno ciascuna un reattore di questo tipo, la cui progettazione risale al primo boom del settore. Il Giappone, il cui prototipo Monju è stato arrestato dopo un grave incendio da sodio nel 1995, e l'India stanno ufficialmente portando avanti ricerche in questa area.

Senza prospettive di ulteriori sviluppi nella tecnologia autofertilizzante, la principale giustificazione storica per separare il plutonio negli impianti di ritrattamento ha ora perso ogni valore. Ciononostante Francia, Giappone, Gran Bretagna e Russia mantengono in

<sup>9</sup> Klaus Traube:  
*Plutonium-Wirtschaft?*  
(Amburgo, 1984), p. 12

attività piccoli impianti di ritrattamento, con il dichiarato scopo di utilizzare il plutonio prodotto, sotto forma di cosiddette barre combustibili ad ossidi misti (MOX, mixed oxide), nei reattori convenzionali ad acqua leggera. Se non sono fermi per problemi tecnici, gli impianti di ritrattamento producono non solo plutonio e uranio, ma anche costi smisurati; producono inoltre rifiuti nucleari estremamente radioattivi, che richiedono siti di stoccaggio permanenti, e livelli di radiazioni che superano decine di migliaia di volte quelli dei reattori ad acqua leggera. Il ritrattamento impone frequenti trasporti poco sicuri di materiali altamente radioattivi – alcuni dei quali adatti a scopi militari o terroristici – e amplia quindi il numero di possibili obiettivi dei gruppi terroristici.

Solo una parte relativamente piccola dei rifiuti nucleari radioattivi delle centrali nucleari commerciali viene ritrattata, e le barre MOX esaurite di solito non lo sono. Tutto ciò che rimane del ciclo del combustibile nucleare è dunque il nome; in realtà è un ciclo pieno di falle. Oltre all'elettricità, le centrali nucleari producono rifiuti con un livello di radioattività da moderato ad alto, ma in ogni caso tutti estremamente tossici. Sono quindi necessari siti di stoccaggio sicuri e per un periodo enormemente lungo, che dipende dal cosiddetto tempo di dimezzamento dei radionuclidi (un fenomeno naturale estremamente variabile: l'isotopo di plutonio Pu-239 dimezza la sua radioattività in 24.110 anni, l'isotopo di cobalto Co-60 arriva allo stesso risultato in 5,3 giorni).

Ancora oggi, mezzo secolo dopo l'avvio della produzione di elettricità di origine nucleare, non esiste un solo sito di stoccaggio permanente autorizzato e operativo per i rifiuti altamente radioattivi: una situazione che richiama alla memoria la ben nota immagine dell'aereo atomico che decolla senza che nessuno abbia la minima idea di dove atterrerà. In alcuni paesi – ad esempio Francia, Giappone, Repubblica del Sud Africa e Usa – i rifiuti con tempi di decadimento relativamente brevi e tasso di radioattività scarso o medio vengono stoccati in contenitori speciali a poca profondità. La Germania ha destinato la "Galleria Konrad" di una ex miniera di ferro a Salzgitter (Bassa Sassonia) a deposito sotterraneo dei rifiuti che non generano calore provenienti da centrali nucleari, reattori di ricerca e strutture di medicina nucleare. Lo stoccaggio dei rifiuti nucleari in questa ex miniera di ferro è però ancora al centro di una controversia legale.

L'iniziale mancanza di preoccupazioni per la sorte dei rifiuti nucleari appare evidente in questa dichiarazione del 1969 del già prima citato fisico e filosofo Carl Friedrich von Weizsäcker: "Non creeranno il minimo intoppo. Mi è stato assicurato che tutti i rifiuti atomici che si accumuleranno in Germania fino al 2000 entreranno facilmente in un contenitore cubico di 20 metri. Se verrà chiuso, sigillato e interrato in una miniera, potremo sperare di aver risolto il problema"<sup>10</sup>. Le prime fantasiose proposte – stoccare i rifiuti nello spazio, in fondo al mare, o tra i ghiacci dell'Antartico – sono nel frattempo svanite nel nulla, e gli esperti non arrivano ancora a decidere se il miglior substrato per lo stoccaggio a lungo termine dei rifiuti altamente radioattivi e che generano calore sia il granito, il sale, l'argilla, o un qualche altro minerale: per ogni opzione citano vantaggi e svantaggi.

<sup>10</sup> Citato da B. Fischer, L. Hahn, et altri in *Der Atommüll-Report* (Amburgo, 1989), p. 77

*Ragionare sulla possibilità di isolare dalla biosfera i rifiuti radioattivi, con una sicurezza assoluta e per centinaia o migliaia di milioni di anni, è in ultima analisi un esercizio puramente filosofico che sfida l'immaginazione umana.*

Ragionare sulla possibilità di isolare dalla biosfera i rifiuti radioattivi, con una sicurezza assoluta e per centinaia o migliaia di milioni di anni, è in ultima analisi un esercizio puramente filosofico che sfida l'immaginazione umana; in fin dei conti le piramidi sono state costruite appena 5.000 anni orsono. Ma una cosa è sicura: poiché i rifiuti nucleari esistono, e non esiste una soluzione definitiva per il loro stoccaggio a lungo termine, bisogna sfruttare le nostre più aggiornate conoscenze per individuare e mettere in pratica la migliore soluzione tecnica. In ogni caso non si migliora certo la situazione tentando di eludere il problema, come per esempio con la cosiddetta trasmutazione, i cui sostenitori propongono di costruire speciali reattori in grado di frazionare i rifiuti più pericolosi e persistenti in isotopi, che resterebbero radioattivi solo per poche centinaia di anni. Per decenni solo un esiguo gruppetto di scienziati ha preso sul serio questa possibilità, ma anche quelli che l'hanno proposta probabilmente non credono veramente che possa ridurre in modo significativo i sottoprodotti più pericolosi della tecnologia nucleare.

Per mettere in pratica la tecnologia della trasmutazione bisognerebbe prima costruire nuovi tipi d'impianto di ritrattamento per frantumare in singoli elementi il miscuglio d'isotopi altamente radioattivi delle centrali nucleari, usando complessi processi chimici e sistemi di gran lunga più sofisticati di quelli adoperati negli impianti oggi esistenti, al cui confronto gli impianti al plutonio di La Hague e Sellafield farebbero la figura di semplici laboratori chimici. Bisognerebbe inoltre creare una schiera di reattori in cui gli isotopi separati vengano bombardati selettivamente dai cosiddetti neutroni veloci, frammentati, e trasmutati in radionuclidi meno pericolosi. Anche se la costruzione degli impianti fosse tecnicamente possibile, nessuno vorrebbe o potrebbe finanziare infrastrutture simili: un tale metodo di stoccaggio implicherebbe rischi indubbiamente molto superiori a quelli dei sistemi di stoccaggio finale oggi adottati in vari paesi, soprattutto nel caso di siti sotterranei scelti con la dovuta attenzione. Il fatto che, nonostante queste considerazioni, si continui a parlare di trasmutazione, soprattutto in Francia e Giappone, è dovuto più ai progetti di autorigenerazione ancora accarezzati nelle rispettive comunità nucleari che a una reale possibilità di metterla in pratica.

I maggiori paesi produttori di energia nucleare stanno lentamente arrivando alla conclusione che la scelta di un deposito permanente è ben più di un semplice problema scientifico o tecnico. I programmi nazionali di selezione dei siti finali di stoccaggio, avviati in genere negli anni '70, non sono ancora riusciti a individuarne e autorizzarne nemmeno uno, soprattutto perché le procedure di selezione hanno per troppo tempo ignorato o respinto l'opinione pubblica che dissentiva, la partecipazione democratica e la trasparenza. Nel tentativo di far tesoro di questi errori, la Germania ha sviluppato e formulato una procedura di selezione in più tappe con una costante partecipazione pubblica, ma non è ancora ben chiaro se tale procedura, accettata nel 2002 dagli scienziati dei due schieramenti (pro e antinucleare) dopo anni d'intensi dibattiti, ha realistiche possibilità di successo. La coalizione governativa CDU/CSU e SPD, eletta nell'autunno 2005, ha in un primo tempo rimandato ogni decisione sull'opportunità di prendere in considerazione altri siti di stoccaggio finale in alternativa al duomo salino di Gorleben approvato negli anni '80.

In Finlandia e Stati Uniti, i piani di stoccaggio finale sono oggi relativamente avanzati, anche se il gigantesco sito nella Yucca Mountain in Nevada è stato per decenni al centro di aspre controversie. In Finlandia, il sito di Olkiluoto, in massima parte terminato, ha profittato della relativamente ampia disponibilità delle popolazioni locali e regionali, rassicurate soprattutto dal fatto che per molti anni nella vicina centrale nucleare non si sono registrati seri incidenti e dall'esistenza di un sito di stoccaggio finale per rifiuti a bassa o media radioattività già in funzione.

Il ciclo del combustibile non ha però problemi solo nella fase finale: sin dagli inizi ha creato enormi grattacapi anche nella fase iniziale. Le operazioni di estrazione dell'uranio dalle miniere, per ottenere il materiale fissile – per la bomba prima e per gli impianti civili poi – hanno imposto un elevato pedaggio, soprattutto nella fase pionieristica. Grandi quantità di nuclidi radioattivi, prima protetti dalla crosta terrestre, sono passati nella biosfera: mantenere o generalizzare l'energia nucleare farà aumentare considerevolmente i costi sanitari e ambientali legati all'estrazione dell'uranio.

La ricerca di questo metallo pesante, non particolarmente raro ma di cui esistono pochi siti ad alta concentrazione, cominciò poco dopo la II guerra mondiale: gli sconvolgenti effetti dei bombardamenti americani in Giappone non bloccarono - ma anzi stimolarono - le ambizioni alleate per sviluppare risorse strategiche, e furono intrapresi grandi sforzi per ampliare e garantire l'accesso all'uranio. All'epoca, fu prestata un'attenzione molto marginale ai problemi di salute dei minatori e quelli ambientali. Gli Usa sfruttarono miniere sia sul proprio territorio che in Canada, mentre l'Unione sovietica sfruttò quelle in Germania orientale, Cecoslovacchia, Ungheria e Bulgaria. Dopo anni di duro lavoro in gallerie poco ventilate e polverose, contaminate dal radon radioattivo, migliaia di minatori andarono incontro a una morte penosa provocata dal tumore polmonare. Tra i più colpiti, i minatori del sito tedesco orientale di "Wismut", che all'epoca impiegava oltre 100.000 persone. Le concentrazioni di uranio nel terreno differiscono di solito solo per decimi di percentuale, ed enormi masse di terra rimossa vennero liberamente ammassate all'aperto. I cumuli contenevano concentrazioni relativamente elevate di gas radon e di altri nuclidi radioattivi, e non solo i minatori, ma anche l'area circostante e i residenti furono perciò esposti a elevate e prolungate radiazioni. I procedimenti di estrazione con reagenti liquidi – che contaminavano il territorio circostante, le acque superficiali e le falde freatiche – non resero certo più facile la situazione.

Le cose andarono migliorando col boom della produzione di energia nucleare degli anni '70, quando i governi non furono più i soli acquirenti di materiale fissile: si sviluppò un mercato privato dell'uranio, e non fu più possibile giustificare con lo specifico status militare e strategico delle miniere di uranio le condizioni di lavoro estremamente dure. La fine della guerra fredda portò poi a un secondo drastico cambiamento: la richiesta di uranio per usi militari si ridusse notevolmente, i depositi non più necessari agli Usa o all'ex Unione sovietica potevano oramai alimentare il mercato civile di materiale fissile, e col procedere del disarmo nucleare le oramai superflue riserve nucleari sovietiche e americane resero rapidamente disponibili grandi quantità di uranio militare a elevato

contenuto fissile. Si era dinanzi al più completo programma di tutti i tempi per riconvertire strumenti di guerra a fini commerciali civili: materiale bellico altamente esplosivo veniva "diluito" in grandi quantità con uranio naturale o cosiddetto depleto (U-238 dal quale è stato estratto l'isotopo U-235) e poi usato come combustibile per le centrali nucleari convenzionali. L'evoluzione completamente inattesa del mercato provocò il crollo internazionale dei prezzi dell'uranio per reattori, e come conseguenza da quel momento solo le miniere a concentrazioni relativamente elevate continuarono ad essere sfruttate: nel 2005, quasi la metà dell'uranio adoperato negli impianti nucleari in tutto il mondo non proveniva più dal minerale di uranio "fresco" e arricchito, ma dalle riserve militari delle superpotenze.

Nel prevedibile futuro, tuttavia, le forniture di uranio garantite dalla fine della guerra fredda finiranno. I prezzi del minerale hanno già cominciato a salire, e continueranno a farlo con sempre maggiore rapidità. Se le centrali nucleari dovranno funzionare ai livelli odierni, o se il loro numero aumenterà, sarà necessario riaprire le vecchie miniere e trovarne altre con concentrazioni ancora più basse: ancora più piccole quantità di uranio e ancora più grandi quantità di rifiuti con una presenza d'isotopi radioattivi superiore alla media, con tutti i rischi ambientali e per la salute dei lavoratori che ciò significa. L'industria ha inoltre bisogno di tempo per ampliare le capacità di estrazione dell'uranio, e non ne avrà a sufficienza se la produzione di energia nucleare si espanderà rapidamente. Come avviene anche nei periodi di petrolio a basso prezzo, la disponibilità di riserve militari oramai superflue aveva fatto drasticamente ridurre gli sforzi di ricerca, e di conseguenza oggi conosciamo relativamente pochi giacimenti. In media, sono inoltre necessari dieci anni tra il momento in cui viene individuato un giacimento di uranio e il momento in cui si può effettivamente iniziarne l'estrazione.

L'imminente rarefazione delle forniture di uranio sarà aggravata dall'ampio squilibrio tra paesi produttori e paesi consumatori. Canada e Repubblica del Sud Africa sono i soli che producono energia nucleare senza dipendere dalle importazioni di uranio; tutti gli altri grandi Stati con centrali nucleari in servizio o non hanno una produzione propria di uranio (Corea del Sud, Francia, Germania, Giappone, Gran Bretagna, Spagna, Svezia) oppure hanno una produzione di molto inferiore a quella necessaria al funzionamento a lungo termine dei propri reattori (Russia, Usa). Per quanto riguarda la disponibilità di combustibile, praticamente in nessun paese al mondo l'energia nucleare è una fonte solo locale, e la Russia, in particolare, rischia di dover affrontare tra una quindicina di anni una grave crisi di disponibilità del minerale, probabilmente scaricata sugli operatori dell'UE, che acquistano attualmente dalla Russia circa un terzo del combustibile. Se amplieranno il numero di reattori come annunciato, anche Cina e India potrebbero dover far fronte a una mancanza di combustibile.

Quanto sopra esposto ci porta a concludere che sul lungo termine non siamo in grado di garantire né la fornitura di combustibile né lo stoccaggio definitivo dei rifiuti degli impianti nucleari del mondo; i nuovi reattori in fase di progetto o di costruzione in alcuni paesi peggioreranno inevitabilmente il problema. Con riserve di uranio limitate o accessibili in

quantità sufficiente solo a prezzi esorbitanti, le strategie di espansione pianificate imporranno ben presto il passaggio irreversibile al plutonio, e provocheranno una proliferazione degli impianti di ritrattamento e dei reattori a tecnologia autofertilizzante. Una simile strategia incancrenirebbe i problemi odierni, moltiplicherebbe la quantità di rifiuti altamente radioattivi per i quali è necessario un sito di stoccaggio permanente, obbligherebbe ad estendere la ricerca di siti finali per il combustibile spento in modo da disporre di un maggior numero di siti con volumi totali di rifiuti più elevati.

## **7 PROTEZIONE NUCLEARE DELL'AMBIENTE: PROPOSTE INGENUE**

Il nuovo risveglio d'interesse per l'energia nucleare che si rileva in alcuni paesi industrializzati è in buona parte dovuto alla sua presunta capacità di ridurre i livelli globali di emissione dei gas a effetto serra, una presunta capacità che sta spingendo i sostenitori della tecnologia nucleare a sperare e spingere per una "rinascita" del settore, dopo decenni di stagnazione. Le centrali nucleari rilasciano solo piccole quantità di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), e i sostenitori considerano questo un argomento centrale di qualsiasi campagna per combattere il riscaldamento globale. In altre parole, i gas a effetto serra alimentano la speranza che la pluridecennale stagnazione nel settore nucleare possa essere fermata e la tendenza invertita. Wulf Bernotat, CEO della E.ON Ruhrgas di Düsseldorf, afferma ad esempio che "un programma per l'energia che vada oltre il breve termine deve affrontare il problema fondamentale del conflitto tra eliminare l'energia nucleare e ridurre sensibilmente le emissioni di CO<sub>2</sub>. Non si possono ottenere i due risultati allo stesso tempo; è una pura illusione"<sup>11</sup>. Ma, come molti altri importanti personaggi delle tradizionali industrie del settore energetico, il capo della più importante azienda privata mondiale del settore manipola il principale argomento a favore dell'elettricità di origine nucleare, e cioè che la protezione del clima sarebbe destinata a fallire senza l'aiuto dell'energia nucleare. Tocca ora a coloro che a buon motivo ne vogliono contrastare la rinascita decidere se esiste il conflitto fondamentale indicato dai suoi sostenitori.

<sup>11</sup> *Berliner Zeitung*,  
3 dicembre 2005

La stragrande maggioranza degli esperti è oggi convinta che il riscaldamento globale sia un pericolo reale. Per mantenere la temperatura a un livello che gli uomini e gli ecosistemi mondiali possano tollerare – con un aumento, cioè, non superiore ai 2° centigradi rispetto all'era preindustriale – nei prossimi decenni non possiamo non diminuire drasticamente le emissioni di CO<sub>2</sub>. I climatologi raccomandano ai paesi industrializzati di ridurre dell'80% entro la metà del XXI secolo. I paesi in via di transizione dovranno quantomeno contenere il notevole aumento percentuale delle loro emissioni; nella comprensibile ricerca di prosperità, i paesi del sud, densamente popolati, non possono semplicemente imitare il tipo di sviluppo ad alto consumo energetico adottato dai vecchi paesi industrializzati del nord, grazie alla disponibilità di combustibili fossili. Il punto da esaminare è dunque il seguente: l'energia nucleare ha la capacità di limitare il rilascio di gas a effetto serra in misura tale da costringerci ad accettare, senza possibili alternative, gli innegabili gravi rischi di questa tecnologia?



© Andreas Schoelzel/Greenpeace

La situazione è resa più complicata dal fatto che riscaldamento globale e possibili gravi incidenti negli impianti nucleari rappresentano due tipi diversi di rischio, ognuno dei quali avrebbe però conseguenze catastrofiche specifiche e a lungo termine. Se non verrà contrastato in modo deciso e totale, molto probabilmente il riscaldamento globale accelererà e innescherà vari e drammatici peggioramenti; un grave incidente nucleare si basa invece su probabilità più difficili da concettualizzare. Una catastrofe nucleare avrebbe inoltre conseguenze disastrose e a lungo termine che il paese colpito difficilmente potrebbe affrontare da solo, con probabili gravi ripercussioni sull'economia mondiale (come è successo dopo il disastro di Chernobyl, avvenuto ai margini delle più importanti aree economiche).

Secondo le statistiche dell'IAEA, l'agenzia internazionale per l'energia atomica con sede a Vienna, a fine 2005 nel mondo operavano 443 centrali nucleari, con una capacità elettrica combinata di quasi 370.000 MW. Ma negli ultimi decenni l'espansione, specialmente nei paesi occidentali industrializzati, ha stagnato, e fino al 2030 l'OCSE non si aspetta variazioni nella tendenza (l'aumento medio annuo previsto della capacità totale è di 600 MW). Dato che si stanno fermando i vecchi reattori, l'espansione marginale aggiungerà complessivamente 4.000 o 5.000 MW all'anno, l'equivalente di 3 o 4 grandi impianti. Secondo le previsioni dell'IEA – l'agenzia internazionale per l'energia che dipende dall'OCSE – nello stesso arco di tempo la domanda mondiale di elettricità subirà un forte aumento, facendo così scendere la quota di energia di origine nucleare dal 17% del 2002 a solo il 9% nel 2030. Dal canto suo, la rivista *Nuclear Engineering International* ha fornito nel giugno 2005 dei dati differenti: considerato che 79 reattori sono stati in attività per oltre 30 anni, ha previsto che sarà "virtualmente impossibile nei prossimi 20 anni mantenere l'attuale numero d'impianti nucleari"<sup>12</sup>. Tenuto conto delle centrali che verranno spente, solo per mantenere la situazione attuale bisognerebbe infatti progettare, costruire e mettere in servizio 80 nuovi reattori nei prossimi 10 anni (uno ogni sei settimane). Nel decennio successivo bisognerebbe mettere in rete 200 nuovi reattori (uno ogni 18 giorni). Pensare che l'energia nucleare possa essere usata a breve e medio termine per contrastare il riscaldamento globale è quindi una pura illusione.

<sup>12</sup> *Nuclear Engineering International*, giugno 2005

Studi sul lungo termine hanno tuttavia sviluppato vari scenari per controllare se, nel quadro di ambiziosi sforzi globali per proteggere il clima, l'energia nucleare potrebbe ridurre le emissioni. Per aumentare di 10 volte la quantità di elettricità di origine nucleare entro il 2075, bisognerebbe ad esempio mettere in rete 35 nuovi reattori ogni anno fino a metà secolo; per una strategia di espansione relativamente modesta che consenta di portare entro il 2050 la capacità elettrica a 1,06 milioni di MW (1060 gigawatt) bisognerebbe triplicare la produzione degli impianti nucleari. In questo modo nel 2050 le emissioni di CO<sub>2</sub> risulterebbero inferiori di 5 miliardi di tonnellate rispetto a uno scenario di normale espansione della produzione elettrica con impianti a carbone o a gas. Il punto comune di tutti questi calcoli è che non hanno niente a che vedere con la realtà nucleare o con le esperienze del passato.

Secondo le previsioni dell'IEA e gli appelli dei climatologi all'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), entro il 2050 il mondo dovrebbe tagliare dai 25 ai 50 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Se tutte le risorse oggi disponibili fossero immediatamente destinate a espandere l'energia nucleare per arrivare, ad esempio, allo scenario sopra indicato di triplicare entro il 2050 la produzione di elettricità di origine nucleare, il risultato rappresenterebbe solo il 12,5%–20% della produzione elettrica totale, e alleggerirebbe la pressione sul clima nella stessa proporzione. Non sarebbe certo una cifra marginale, ma non sarebbe comunque sufficiente a eliminare la necessità di ricorrere anche ad altri mezzi; e il prezzo per questo successo non sarebbe solamente elevato in termini economici, ma implicherebbe anche:

- aprire in tutto il mondo un gran numero di nuovi siti, potenziali cause di disastri;
- creare nuovi obiettivi per attacchi militari o terroristici nei paesi in via di sviluppo e in transizione, incluso nelle aree di crisi;
- aggravare enormemente in tutte le regioni del mondo il problema dei siti di stoccaggio finali e il pericolo di proliferazione incontrollabile delle armi nucleari;
- sostituire presto e ovunque, vista la scarsità di uranio, gli attuali standardizzati reattori ad acqua leggera con sistemi a base di plutonio che prevedono reattori autofertilizzanti veloci e sistemi di ritrattamento, vulnerabili in caso di catastrofi e in caso di attacchi militari o terroristici;
- stornare nelle aree di crisi del mondo enormi somme dai programmi contro la povertà a vantaggio dell'espansione dell'infrastruttura nucleare.

*Stime realistiche indicano che anche i più ambiziosi obiettivi per la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra possono essere raggiunti senza l'aiuto dell'energia nucleare.*

Visti gli ovvi e seri effetti collaterali, un tale modello di strategia avrebbe senso solo se le tendenze climatiche non potessero essere contrastate con altri e meno problematici mezzi; ma sulla base di quel che sappiamo oggi, non è così. Stime realistiche indicano che anche i più ambiziosi obiettivi per la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra possono essere raggiunti senza l'aiuto dell'energia nucleare. Secondo tali stime, è possibile ridurre entro metà secolo le emissioni di anidride carbonica di 40 o 50 miliardi di tonnellate (il minimo indispensabile si colloca tra i 25 e i 40 miliardi di tonnellate) a condizione di:

- migliorare l'efficienza energetica degli edifici;
- portare l'efficienza energetica e materiale delle industrie agli standard tecnologici già oggi disponibili;
- innalzare allo stesso livello l'efficienza energetica nel settore trasporti;
- utilizzare meglio le detrazioni per la produzione e l'uso nel settore energetico;
- generare elettricità con un maggior ricorso al gas naturale, in sostituzione del carbone o del petrolio (selezione del combustibile);
- diffondere sistematicamente l'uso delle energie rinnovabili di origine solare, eolica, idrica, di biomassa e geotermica;
- sviluppare e applicare, infine, a grande scala le tecnologie pulite del carbone (separazione e stoccaggio del biossido di carbonio prodotto dalla combustione del carbone degli impianti).

Un approfondito studio commissionato dal parlamento tedesco nel 2002 ha dimostrato che tutta una serie di strategie e strumenti differenti possono permettere a un paese

industrializzato, come la Germania, di ridurre dell'80% le emissioni di CO2 entro la metà del secolo. Lo studio ha indicato che aumentare l'efficienza energetica è importante quanto aumentare sensibilmente l'uso di fonti rinnovabili. Di contro, non ha trovato prove a favore della tesi secondo cui, per aver successo, le strategie di protezione del clima dovrebbero mantenere o ampliare l'uso dell'energia nucleare; una produzione percentualmente importante, o in aumento, di elettricità di origine nucleare potrebbe anzi danneggiare le strategie di salvaguardia del clima. È difficile combinare gli elementi cruciali dell'energia rinnovabile e dell'efficienza energetica con centrali come quelle nucleari, a grande scala, centralizzate, a produzione costante e svincolata dalla domanda. Dopo aver raggiunto un certo livello di produzione, le energie rinnovabili intermittenti come quelle di origine solare o eolica richiedono impianti con capacità di controllo flessibile – come i moderni impianti a gas – per compensare le fluttuazioni e tenere conto delle diverse condizioni geografiche, e una struttura di produzione elettrica generalmente meno centralizzata.

Inoltre, l'espansione a grande scala nel settore dell'energia nucleare – perché solo l'espansione, in contrasto con il già strenuo compito di mantenere i livelli attuali, può permettere all'energia nucleare di svolgere un ruolo importante nel controllo climatico – creerebbe enormi incertezze economiche. Per arrivarvi, l'industria dovrebbe riuscire a sostituire gli attuali reattori ad acqua leggera con la tecnologia autofertilizzante e il ritrattamento, in cui già una volta ha fallito. Su nessuna altra tecnologia pende inoltre una tale spada di Damocle: un solo incidente grave o un solo attacco terroristico sarebbe sufficiente ad azzerarne per sempre l'accettazione a livello nazionale o internazionale. A scopo precauzionale, sarebbe probabilmente necessario chiudere un gran numero di reattori. Per finire, gli interminabili dibattiti sull'energia nucleare nei maggiori paesi industrializzati non fanno che procrastinare la necessità assoluta di mettere in atto strategie coerenti di efficienza energetica. A conti fatti, è possibile ed auspicabile sviluppare politiche nazionali e internazionali che minimizzino i due grandi rischi di riscaldamento globale e di catastrofe nucleare. I pericoli specifici associati all'energia nucleare rendono le strategie climatiche che la prevedono meno solide e innovative di quelle che la scartano. Il citato conflitto fondamentale tra energia nucleare e protezione del clima si rivela dunque per quello che è: una creazione dei sostenitori del nucleare, che perseguono fini differenti. Il supposto conflitto è inesistente: non c'è bisogno di fare una scelta insensata tra il diavolo e il profondo mare azzurro.

## 8 ENERGIA NUCLEARE A BUON PREZZO: SE LO STATO PAGA LA FATTURA

Gl'impianti nucleari svolgono un ruolo variabile ma sempre importante nelle strutture di distribuzione dell'energia dei paesi che l'utilizzano, e quindi nei rispettivi sistemi economici. In mancanza di superiori interessi militari o strategici, è dunque la stessa economia energetica a determinarne in buona misura il futuro. E normalmente lo fa in base a sobrie considerazioni economiche; che l'impianto nucleare sia una macchina per stampare moneta o piuttosto un pozzo senza fondo di spese viene deciso dalle singole circostanze. Se il reattore ha prodotto senza problemi elettricità per 20 anni e vi sono buone ragioni di credere che continuerà a farlo per altri 20 anni, allora è la prima alternativa quella più appropriata (quantomeno fino a quando la possibilità latente d'incidenti in questo impianto, come in qualsiasi altro, non diventa realtà). Se viceversa l'impianto nucleare dev'essere ancora costruito, e per di più è il prototipo di una nuova serie, allora è meglio stare alla larga dal progetto; salvo che, naturalmente, non si riesca a scaricare su terzi il rischio finanziario.

Per gl'investitori che in condizioni normali di mercato devono decidere se sostituire le centrali o costruirne altre, gl'impianti nucleari non sono certo la prima scelta, come dimostra ampiamente l'evidenza empirica. Negli Usa i fabbricanti di reattori non hanno ottenuto dal 1973 un solo contratto che non sia poi stato cancellato, e in Europa occidentale (ad eccezione della Francia) hanno dovuto aspettare 25 anni prima di ricevere nel 2004 un contratto per un nuovo impianto (adesso ne hanno uno per un impianto a Olkiluoto, in Finlandia). Secondo l'IAEA, nel 2005 in tutto il mondo erano in costruzione 28 centrali nucleari (con una capacità complessiva di circa 27.000 MW), i cui progetti, in una buona metà dei casi, sono rimasti in incubazione tra i 18 e i 30 anni. In molti casi, nessuno pensa seriamente che gl'impianti arriveranno un giorno a produrre veramente elettricità (il termine corretto per questi progetti è "abbandonati"); e quelli di cui si prevede il completamento a breve termine sono quasi tutti in Asia orientale, costruiti in condizioni che hanno poco o niente a che vedere con un'economia di mercato. In sintesi, la situazione del pacchetto ordini di impianti nucleari è disastrosa, soprattutto se si tiene conto della concorrenza. Dagli inizi del nuovo millennio, la capacità elettrica mondiale è aumentata di circa 150.000 MW all'anno, ma le centrali nucleari pesano per uno scarso 2% del totale. Nei soli Usa, tra il 1999 e il 2002 gl'impianti tradizionali a combustibile fossile hanno aggiunto una capacità supplementare di 144.000 MW. In Cina, tra il 2002 e il 2005, è stato costruito un nuovo impianto a carbone con una capacità di 160.000 MW. Persino l'energia eolica, ancora nella sua infanzia, è riuscita a fornire nuove capacità per oltre 10.000 MW.

Per quanto marginale sia il ruolo dell'energia nucleare rispetto alla gigantesca espansione delle capacità di produzione a livello mondiale, gli operatori d'impianti stanno facendo decisi sforzi per prorogare le licenze dei reattori esistenti ben oltre le scadenze fissate in origine. L'età media dell'insieme dei reattori in funzione nel 2005 era di circa 22 anni, ma questo non ha impedito all'ex CEO della Siemens Heinrich von Pierer, nel corso della

campagna elettorale di quello stesso anno, di sollecitare il candidato Cancelliere Angela Merkel a studiare la possibilità di prolungarne la vita operativa fino ai 60, nonostante l'accordo formale raggiunto in Germania per un graduale smantellamento. Dopotutto, la maggior parte dei sostenitori delle centrali nucleari, in Europa e in nord America, sta appunto chiedendo di arrivare a una vita operativa di questa durata. Negli Usa, la domanda di proroga della licenza della maggior parte delle 103 centrali nucleari è già stata approvata, presentata, o in via di presentazione. Von Pierer ha citato il "senso degli affari" come punto di partenza della sua posizione, e la cosa ha una sua logica. Fino a quando non vi sono guasti gravi o riparazioni costose, e fino a quando l'usura o la corrosione non impongono la sostituzione di parti della centrale (ad esempio il generatore di vapore), l'elettricità può essere prodotta a prezzi bassi e virtualmente senza confronti da vecchi reattori del tipo da 1000 MW, oramai da lungo tempo ammortizzati. La proroga delle licenze di funzionamento permette inoltre di rimandare il cosiddetto "grasso problema" di metter fine all'energia nucleare, cioè chiudere e smantellare i grandi reattori, una sfida formidabile dal punto di vista non solo della sicurezza ma anche economico. Inoltre, poiché il costo del combustibile per gli impianti nucleari rappresenta una quota relativamente minima del totale, gli operatori possono aspettarsi sostanziosi rendimenti supplementari. Se i reattori tedeschi potessero rimanere in funzione per 45 anni invece dei 32 fissati nell'accordo di smantellamento (45 anni è la vita media operativa dei grandi impianti a combustibile fossile) l'industria potrebbe contare su un interessante profitto supplementare di circa 30 miliardi di euro. L'enormità di questa cifra spiega perché in molti paesi gli operatori stiano sollecitando discussioni sulla proroga delle licenze; ma questo mercanteggiare non ha niente a che vedere con una possibile rinascita dell'energia nucleare, piuttosto il contrario. Il fatto che gli operatori sollecitino i "tempi supplementari" mostra che il senso degli affari li dissuade dall'investire in nuovi impianti. Invece d'investire in nuove tecnologie, nucleari o meno, le aziende spremono il massimo dai reattori, senza preoccuparsi della sempre maggiore probabilità di guasti.

I decenni di declino dell'industria nucleare non sono per niente terminati: tra Stati Uniti e Europa occidentale, vi è solo un nuovo sito in costruzione, sulle coste baltiche della Finlandia (ne parleremo dettagliatamente più avanti). Nel frattempo, numerosi approfonditi studi condotti negli ultimi anni lasciano intendere che le nuove centrali nucleari sono più concorrenziali delle corrispondenti centrali a combustibile fossile. Il grosso handicap di questi studi è però quello di non convincere nessuno – tranne gli autori e gli editori – e men che mai i potenziali finanziatori dei nuovi impianti. È questa la principale ragione del totale grado d'incertezza quanto alle spese esatte da sostenere per una nuova generazione di centrali nucleari. Sono disponibili pochissimi dati affidabili sulle grandi voci di costo (in particolare edifici, depositi per rifiuti, smantellamento) o su attività quali il funzionamento e la manutenzione, soprattutto perché gli analisti accolgono con molto scetticismo quasi tutte le stime rese pubbliche. Dopotutto si tratta di stime formulate dal settore commerciale – che cerca di costruire nuovi impianti, e che tende quindi a dare alle cifre un profilo basso, non alto – o da governi, associazioni e gruppi di pressione, che cercano d'influenzare un'opinione pubblica riluttante attirandola con la prospettiva di costi energetici suppostamente bassi.

*Oggi però la situazione è cambiata: gli attuali esorbitanti costi d'investimento e i periodi di ammortamento che si estendono su vari decenni rendono l'energia nucleare incompatibile con i mercati liberalizzati.*

Ma al di là d'interessi particolari esistono anche problemi oggettivi. Ogni nuova serie di reattori è stata funestata da costosi "problemi di crescita" e da lunghi periodi di arresto; i potenziali finanziatori considerano con notevole sospetto le sempre superficiali e ottimistiche previsioni dei fornitori. In realtà è impossibile prevedere le "prestazioni" di un nuovo impianto, ancor meno quando si tratta di reattori di nuovo tipo basati su una tecnologia in gran parte nuova, e quindi non testata. In quasi tutti i settori tecnici – inclusi quelli al di fuori del campo delle centrali elettriche – i fabbricanti possono seguire una "curva di apprendimento" in una percentuale relativamente consistente e prevedibile verso prezzi sempre più bassi. Mezzo secolo dopo il lancio della fissione nucleare commerciale, i costruttori di reattori partono ancora da zero. Negli anni '70 e '80, i fornitori proponevano reattori sempre più grandi, partendo dal principio parzialmente giustificato che impianti più grandi avrebbero prodotto elettricità a prezzi più bassi rispetto a impianti piccoli. Ma lo spostamento verso le "economie di scala" non ha risolto il problema, e una chiara tendenza verso reattori meno costosi deve ancora manifestarsi. Nel frattempo, la situazione si è incancrenita per la prolungata stagnazione del mercato, il che significa che gli impianti nucleari più avanzati esistono solo sulla carta (o più recentemente sullo schermo dei computer); e ciò a sua volta aumenta gli imponderabili per i potenziali finanziatori. L'energia nucleare è diventata una tecnologia ad alto rischio, non solo in termini di sicurezza ma anche economici.

Costruire un nuovo reattore significa dunque attirare capitale di rischio, con gli alti costi correlati. A parte la costruzione, le spese in conto capitale rappresentano la più importante voce di finanziamento del progetto, e nei maggiori paesi industrializzati il problema è andato peggiorando dopo la liberalizzazione dei mercati energetici. All'epoca dei grandi monopoli sostenuti dallo Stato, gli investitori potevano dare per scontato che, se necessario, il loro capitale sarebbe stato rifinanziato dai consumatori, anche in caso di scadenti prestazioni del reattore. Oggi però la situazione è cambiata: gli attuali esorbitanti costi d'investimento e i periodi di ammortamento che si estendono su vari decenni rendono l'energia nucleare incompatibile con i mercati liberalizzati. Le spese in conto capitale sono esplose, ammesso che i finanziatori non preferiscano altre tecnologie che non presentano gli stessi problemi. In effetti, in molti paesi in cui negli ultimi due decenni si è assistito a un boom di centrali a gas estremamente efficienti, i costi di costruzione per kw/ora installato sono significativamente inferiori, il periodo che intercorre tra l'aggiudicazione del contratto e l'avvio dei lavori è più breve, e molte componenti dell'impianto sono prodotte in fabbriche in "condizioni controllate". E il prezzo relativamente contenuto del gas naturale, che sul totale delle spese operative grava molto meno del combustibile uranio, avrebbe in ogni caso lasciato poche speranze alle centrali nucleari.

Ulteriori fattori imponderabili trasformano le centrali nucleari in una vera e propria scommessa per gli investitori: il periodo che intercorre tra la decisione d'investire e l'avvio delle operazioni è di gran lunga superiore a quello necessario per qualsiasi altro tipo d'impianto, e possono intervenire enormi problemi di pianificazione o ritardi nelle concessione delle autorizzazioni (perché le agenzie governative sono controllate dall'opinione pubblica e sono quindi particolarmente caute, o perché i nuovi sviluppi legati alla



*La Hague, Francia. © Pierre Gleizes/Greenpeace*

sicurezza impongono modifiche ai criteri di autorizzazione, o ancora perché gl'interessi di coloro che si oppongono al nucleare riescono a bloccare in tribunale gli avanzamenti del progetto). Ad esempio, la decisione di costruire l'ultimo reattore britannico Sizewell B fu presa nel 1979, ma la centrale ha cominciato le operazioni commerciali solo 16 anni più tardi. Nel caso di un prototipo, nessuno può essere sicuro che riuscirà a raggiungere i livelli di prestazione previsti, cosa che in ultima analisi influisce sui guadagni. Un elemento ancora più importante è l'affidabilità del reattore nell'intero arco della sua vita operativa, il cosiddetto fattore di carico, che però, a differenza delle spese in conto capitale, può essere calcolato. In genere si sa per quanto tempo un impianto nucleare ha funzionato, quanto a lungo è stato fermo per riparazioni, sostituzione delle barre di combustibile, o per guasti: il fattore di carico è la produzione effettiva (kw/ore) in percentuale della produzione totale teorica in caso di funzionamento ininterrotto. I fattori di carico previsti dai fornitori si sono sistematicamente dimostrati superiori alla realtà, soprattutto per i primi esemplari di una nuova serie. Se un reattore raggiunge un fattore di carico del 60% invece del 90% previsto, i costi aumentano di un terzo, così come aumentano i costi supplementari di manutenzione e riparazione. In tutto il mondo, solo il 2% circa dei reattori ha raggiunto fattori di carico del 90% o più, e solo l'1% ha superato l'80%.

Nei primi tempi d'euforia, gli operatori promettevano entusiasticamente che le centrali nucleari avrebbero funzionato con procedure essenzialmente automatiche e avrebbero quindi occasionato costi inferiori di quelli degli altri tipi d'impianto con produzione elettrica comparabile. Anche queste previsioni si sono però dimostrate troppo ottimistiche. È vero che il combustibile rappresenta solo una piccola parte dei costi operativi totali, ma il suo peso aumenta se invece dell'ossido di uranio "fresco" si usa il cosiddetto ossido misto con un elemento di plutonio ritrattato. I costi di funzionamento e manutenzione sono superiori, perché i costi di personale superano di gran lunga quelli, ad esempio, degli impianti a gas. Alla fine degli anni '80 e nei primi anni '90, negli Usa vennero addirittura chiuse alcune centrali nucleari perché era economicamente più interessante costruire e far funzionare nuove centrali di quest'ultimo tipo.

*A differenza di quel che succede in altri casi, gl'impianti nucleari impongono costi enormi anche dopo la cessazione delle attività.*

A differenza di quel che succede in altri casi, gl'impianti nucleari impongono costi enormi anche dopo la cessazione delle attività: bisogna infatti stoccare i rifiuti radioattivi, sorvegliare i reattori spenti, e infine smantellare i reattori dopo un più o meno lungo periodo di "raffreddamento". Tutti questi investimenti devono essere risparmiati nell'arco di vita dell'impianto e accantonati per essere usati in epoca di molto posteriore. I costi, compresa l'assicurazione incidenti, variano da un paese all'altro, e sono comunque difficili da stimare (dato che le normali curve di sconto non possono essere applicate ai periodi di tempo attesi). A un tasso di sconto del 15%, ad esempio, i costi sostenuti dopo 15 o più anni sono trascurabili. Poiché però nella realtà peseranno sui nostri figli, costituiscono un'ulteriore causa d'incertezza nel finanziamento dei reattori e nella determinazione del prezzo dell'elettricità prodotta.

Le ipotesi formulate in alcuni paesi su un possibile nuovo boom del nucleare, simile a quello degli anni '70, non hanno dunque avuto alcun riscontro nella realtà. È successo ben

poco, a parte il dibattito sulla proroga delle licenze di funzionamento, e i nuovi progetti concreti sono una rarità assoluta. I nuovi impianti in costruzione si basano in massima parte su tecnologia cinese, indiana, o russa. Il pacchetto ordini dei principali fornitori dell'Europa occidentale continua ad essere desolatamente vuoto: in 25 anni l'azienda americana Westinghouse ha ricevuto un solo contratto di reattore, e per la Framatome ANP (posseduta al 66% dal gruppo nucleare francese Areva e al 34% dalla Siemens) e le società che l'avevano preceduta il reattore finlandese Okiluoto costituisce il primo contratto in circa 15 anni. Più che dai fornitori, l'idea di una rinascita dell'energia nucleare viene conclamata da politici e da giornalisti, secondo i quali inserirla nelle attuali politiche energetiche dovrebbe rendere più facile assolvere gli obblighi di controllo a breve termine del clima e dovrebbe permettere di evitare riduzioni nelle forniture. La posizione non è senza conseguenze, perché più i politici e l'opinione pubblica chiedono la rinascita dell'energia nucleare, più i potenziali investitori sollecitano l'aiuto statale.

Negli Usa, l'amministrazione Bush sostiene con vigore la proroga delle licenze dell'ormai obsoleto parco reattori, e sta anzi chiedendo, dopo le spettacolari interruzioni e i tagli elettrici in importanti Stati (come la California), la costruzione di nuove centrali nucleari. La discussione si sta infuocando anche per le preoccupazioni sul riscaldamento globale, a loro volta innescate dai disastrosi uragani del 2005. Fino a questo momento, però, non si è ancora arrivati alla costruzione di nuovi reattori, e nemmeno alla concessione di permessi. Vari consorzi stanno cercando di ottenere una licenza combinata per la costruzione e la gestione di nuove centrali. Ma, come non si stancano di sottolineare, il tentativo non andrà a buon fine senza il sostegno del governo: la sola procedura di autorizzazione per una nuova serie di reattori può costare circa 500 milioni di dollari, e per il momento nessuno è in grado di dire quale sarà il prezzo del reattore stesso. Per restare coperti, le aziende sollecitano sussidi, che Bush sta adesso pianificando, per un miliardo di dollari. La nuova legge sull'energia approvata dal Congresso nell'estate 2005 fornisce 3,1 miliardi di dollari di aiuti su un arco di 10 anni. Tra gli altri rischi, il governo dovrebbe anche assicurarsi contro i ritardi. I potenziali investitori hanno già chiesto un completo e rassicurante pacchetto: come condizione per investire domandano un finanziamento esentasse e la vendita di elettricità a prezzi garantiti dallo Stato, che dovrà anche assumersi la responsabilità di eventuali catastrofi e, non meno importante, risolvere il problema dello stoccaggio dei rifiuti. Dopo un lungo ritardo, nel 2004 il gruppo EDF (ora parzialmente privatizzato) ha scelto Flamanville, nel dipartimento della Manche, come sito per il progetto pilota EPR (European Pressurized Water Reactor). Ma l'abituale entusiasmo del governo francese nel finanziare progetti di questo tipo si è affievolito. L'ex direttore di EDF, François Roussely, ha anche affermato che la costruzione in un prevedibile futuro di un simile reattore si giustifica con la necessità non tanto di produrre elettricità quanto piuttosto di "preservare le conoscenze dell'industria europea nel settore"<sup>13</sup>. In altre parole, la costruzione in Francia di un impianto pilota EPR si giustifica non come una scelta energetica ma come obiettivo politico/industriale.

<sup>13</sup> François Roussely, op.cit.

Le motivazioni politiche hanno svolto un ruolo importante anche nella estremamente controversa decisione del parlamento finlandese di costruire un nuovo reattore. La spinta

principale è venuta dalla sempre crescente fame di energia elettrica del paese negli ultimi vent'anni, che ha collocato il consumo pro capite finlandese al doppio della media dell'UE, e dal concomitante timore dei politici per l'eccessiva dipendenza dal gas russo e per la possibilità di non riuscire, senza un maggior sviluppo del nucleare, a rispettare gli obblighi assunti dal paese nell'ambito del Protocollo di Kyoto. Il contratto assegnato al fabbricante di reattori franco-tedesco Framatome ANP per la costruzione di un reattore pilota EPR (European Pressurized Water Reactor) sulla costa finlandese del mar Baltico è stato messo a punto dall'azienda di servizi TVO, di cui lo Stato è proprietario al 43%. La costruzione è ufficialmente cominciata nell'agosto 2005, e la comunità nucleare internazionale ha considerato l'avvio del progetto Olkiluoto 3 come una prova che l'energia nucleare rappresenta ancora oggi un buon investimento, anche in un mercato dell'elettricità liberalizzato. Ma è un punto di vista da prendere con le pinze; difficilmente un reattore di questo tipo potrebbe infatti avere qualche possibilità in condizioni concorrenziali normali.

Il finanziamento è stato reso possibile da un accordo che ha compensato i circa 60 azionisti, soprattutto aziende del settore elettrico, garantendo loro che l'elettricità prodotta dal reattore verrà venduta a tariffe relativamente elevate. TVO e Framatome ANP hanno inoltre concordato un prezzo fisso per il reattore finito, "chiavi in mano", di 3,2 miliardi di euro. Questo tipo di contratto, tanto interessante quanto insolito dal punto di vista dell'acquirente, è stato possibile perché, dopo più di un decennio di progettazione dell'EPR, Framatome ANP aveva bisogno a tutti i costi di un permesso di costruzione. Ancor prima della posa della prima pietra è apparso evidente che il consorzio Areva/Siemens aveva fatto dei calcoli molto serrati per posizionarsi con il suo prototipo dinanzi ai concorrenti del settore nucleare e di quello dei combustibili fossili.

Negli anni '90, la capacità del reattore è andata aumentando a misura che il progetto EPR si sviluppava. Le dimensioni erano state pensate per garantirne la redditività. Con una capacità prevista di 1.750 MW (lordi) e una produzione di 1.600 MW, l'EPR è la centrale nucleare di gran lunga più potente al mondo, cosa che ne complica notevolmente l'inserimento nella maggior parte delle reti elettriche. Varie altre previsioni che sulla carta hanno dato al reattore un vantaggio competitivo sulle alternative proposte (incluse quelle non nucleari) potrebbero in futuro dimostrarsi promesse difficili da mantenere: un periodo di costruzione di soli 57 mesi, un fattore di carico del 90%, un livello di efficienza del 36%, una vita di funzionamento tecnico di 60 anni, un consumo di uranio inferiore del 15% rispetto ai reattori precedenti, costi di funzionamento e manutenzione considerevolmente inferiori a quelli dei reattori esistenti.

Gli esperti giudicano ognuna di queste previsioni estremamente ottimistica. Nessun impianto pilota ha mai rispettato il periodo di costruzione indicato o il fattore di carico promesso; e la joint-venture franco-tedesca non può sperare di evitare ritardi di costruzione, inconvenienti nelle prime operazioni, o arresti non previsti. Nonostante tutto ciò, i costi di funzionamento e manutenzione preventivati dovrebbero essere inferiori a quelli degli attuali reattori standard, e per di più su un periodo di vita di 60 anni. Al tempo

stesso, le strutture supplementari di sicurezza (come ad esempio il serbatoio del nucleo) dovrebbero rendere l'EPR più sicuro ma non più caro dei suoi predecessori.

Sembra impossibile che nel sito di Olkiluoto tutti questi impegni vengano rispettati. Anche se tutti gli obiettivi – ad esempio il periodo di costruzione – venissero davvero raggiunti, il prezzo calcolato di 3,2 miliardi di euro sembra addomesticato: era stato in origine indicato nel quadro della produzione di una serie di circa 10 reattori, che non è nemmeno lontanamente in predicato. In altri settori un comportamento di questo tipo ha un nome ben preciso, "dumping".

Se i costi di costruzione dovessero aumentare, il prezzo fisso concordato con gli acquirenti finlandesi potrebbe trasformare rapidamente il progetto in un incubo finanziario per Framatome ANP, e non tarderebbe a essere lanciata una richiesta di aiuto dello Stato. È già successo al momento del montaggio finanziario, operazione nella quale la Bayerische Landesbank ha svolto un ruolo importante. Lo Stato bavarese possiede il 50% della banca, la cui sede centrale è a Monaco di Baviera, dove ha sede anche la Siemens, fabbricante del reattore. La banca è partner di un consorzio internazionale che garantisce all'EPR finlandese un prestito di 1,65 miliardi di euro a basso interesse (il tasso dichiarato è del 2,6%). Il governo francese sostiene – attraverso l'agenzia di crediti all'esportazione Coface – la Areva, casa madre della Framatome ANP, con una garanzia di credito all'esportazione (normalmente riservata agli investimenti nei paesi politicamente ed economicamente instabili) di 610 milioni di euro. Visti gli sforzi coordinati di vari paesi con interessi specifici nel progetto, l'EREF (European Renewable Energies Federation) ha presentato una denuncia alla Commissione europea per supposta violazione delle norme europee sulla concorrenza.

Una cosa è chiara: senza il sostegno dello Stato, anche nel caso del reattore finlandese la decisione sarebbe stata differente. In questa occasione, il sostegno è arrivato dai paesi del fabbricante e dell'acquirente. È evidente che l'energia nucleare è concorrenziale solo se riceve consistenti sussidi, o nei paesi in cui la tecnologia nucleare è più o meno radicata nella filosofia dello Stato, e in cui di conseguenza i costi sono un fattore secondario. Se esistono piani per costruire nuovi reattori in paesi con efficienti economie di mercato, possiamo esser sicuri che gli investitori contano sul sostegno dello Stato: per garantirsi dagli aumenti dei costi di costruzione, dai periodi di arresto non previsti, dalle fluttuazioni del prezzo del combustibile, dalla difficoltà di prevedere il costo di fermi, smantellamento e stoccaggio dei rifiuti. Per finire, i governi dovranno affrontare le conseguenze di eventuali catastrofi che provochino un rilascio massiccio di radioattività. Nessun paese al mondo lo può fare da solo. Le compagnie di assicurazione approntano politiche che variano da un paese all'altro, in base ai rispettivi costi globali previsti, ma è chiaro che la parte totale di danni di cui si faranno carico sarà in ogni caso irrisoria.

La tecnologia nucleare si trova dunque in una posizione assolutamente inusuale. Mezzo secolo dopo il suo ingresso nei mercati commerciali, e nonostante sussidi di vari miliardi, per ogni nuovo progetto continua a richiedere e ottenere il sostegno dello Stato, proprio

come se stesse sollecitando aiuto per entrare sul mercato. Cosa sorprendente, questa straordinaria procedura viene sostenuta e sollecitata proprio da quei politici che in altre occasioni non cessano di chiedere rumorosamente "migliori condizioni di mercato" nel settore energetico e che, in molti paesi industrializzati, elaborano teorie di mercato per schierarsi contro i sussidi all'introduzione delle nuove energie rinnovabili (solari, eoliche, idriche, da biomassa e geotermiche). Con una differenza essenziale: il futuro dell'energia nucleare è finito, quello delle energie rinnovabili sta appena cominciando.

## 9 CONCLUSIONE: LA RINASCITA DELLE DICHIARAZIONI

Sulla spinta del riscaldamento climatico e delle crisi energetiche, in molti importanti paesi ha preso il via una nuova serie di discussioni sull'energia nucleare. Favorita dai fornitori di reattori e dai loro portavoce nei media, l'idea di una "rinascita dell'energia nucleare" è anche un sintomo dell'improrogabile necessità di decisioni di ampio respiro. Le centrali mondiali costruite durante il primo – e quindi lontano – boom dell'energia atomica si avvicinano in gran numero alla fine della prevista vita operativa. Nei prossimi dieci anni, la produzione di elettricità di origine nucleare si ridurrà rapidamente e dovrà essere rimpiazzata. Bisognerà dunque decidere se costruire nuove centrali non nucleari o se prolungare nel futuro la produzione di elettricità di fonte nucleare. Alcuni grandi paesi si stanno già interrogando sull'opportunità di mantenere in rete i vecchi reattori al di là del periodo di vita operativo previsto in origine. Le proroghe sono interessanti per le aziende elettriche, che possono in questo modo rimandare ogni decisione sugli investimenti di vari miliardi di euro e profittare dei bassi costi di produzione dei vecchi reattori oramai ammortizzati. I responsabili vedono gli inevitabili rischi supplementari in termini soggettivi: non si aspettano incidenti gravi, e di certo non in un impianto gestito dalla propria società, e meno ancora in uno da loro stessi diretto. È a questo punto che i loro interessi divergono da quelli del pubblico. Prolungare la vita operativa dei reattori crea un rischio di disastro sproporzionato: se tutti – o la maggior parte – degli impianti nucleari continuano a funzionare per periodi di tempo più lunghi, il rischio globale aumenta sostanzialmente.

*Il futuro dell'energia nucleare è finito, quello delle energie rinnovabili sta appena cominciando.*

Le future decisioni su come garantire la fornitura globale di energia in un mondo contraddistinto da un'elevata crescita della popolazione e da enormi discrepanze di benessere vanno ben oltre il problema di cosa fare in futuro con l'energia nucleare. La responsabilità ricade su tutti i paesi industrializzati e su molti paesi di recente sviluppo che non la hanno ancora usata, o che l'hanno usata in misura trascurabile. Una cosa è chiara: la nuova struttura energetica non dipenderà più solamente, e probabilmente nemmeno principalmente, dalle grandi centrali. Ed è chiara anche un'altra cosa: il futuro non poggia sulla rinascita di una rischiosa tecnologia della metà del secolo scorso, giustificata solo da tradizionali interessi economici del settore.

Una rinascita dell'energia nucleare è ancora di là da venire, ma vi è invece una rinascita delle dichiarazioni che la riguardano. L'imminente 20° anniversario della catastrofe di

Chernobyl ha inoltre visto moltiplicarsi le critiche – e per alcuni le speranze – di questo tipo di produzione elettrica. Il dibattito sociale e politico si è riaperto in un certo numero di paesi che determineranno il futuro dell'energia nucleare, con risultati non chiari. L'unico progetto di centrale nucleare in Finlandia non prova niente, e il numero di progetti di nuovi siti annunciati in tutto il mondo non è nemmeno sufficiente a mantenere costante la quota globale di energia nucleare, né in termini assoluti né meno ancora in termini relativi. Le nuove centrali nucleari sono state fino ad oggi costruite solo dove la filosofia del governo sostiene questo tipo di produzione elettrica, o dove le agenzie statali sono disposte a offrire garanzie per la sicurezza e i rischi finanziari. Quelli che vogliono costruire nuovi impianti nucleari – o che sono sollecitati a farlo dai politici, come negli Usa – hanno bisogno dell'aiuto governativo quasi quanto i pionieri del settore negli anni '60.

Sembra paradossale: l'energia nucleare fu introdotta con successo sul mercato perché non esisteva abbastanza libero mercato da renderla antieconomica. Grazie al monopolio di rete che esisteva all'epoca, la fornitura di elettricità era considerata un "monopolio naturale" e una esigenza fondamentale di vita, e come tale era sostenuta da aziende di Stato, o sostenute dallo Stato, o comunque di tipo monopolistico. Come conseguenza, nella maggior parte dei paesi industrializzati lo Stato dettò i tempi per l'introduzione dell'energia nucleare, dapprima per ragioni militari dichiarate o nascoste, poi per ragioni esclusivamente o parzialmente industriali. I governi si fecero carico degli enormi costi di ricerca, sviluppo e introduzione della nuova tecnologia sul mercato, o direttamente o scaricandoli sui consumatori grazie alla possibilità d'influenzare i prezzi praticati dalle aziende. Oggi costruire nuove centrali nucleari non è più un'opzione interessante per le aziende che operano sui mercati liberalizzati<sup>14</sup>: esistono alternative meno costose che non comportano rischi economici dello stesso genere. Ecco perché – in condizioni di mercato normali, e anche in caso di forte crescita della domanda globale di elettricità o delle capacità di produzione – non verranno costruite nuove centrali nucleari, a meno che i governi non si addossino una volta ancora gli enormi rischi, come hanno già fatto una volta per il lancio dell'energia nucleare. Ed è proprio quello che è successo in Finlandia. Un'altra ragione che rende impraticabile questa strada è il fatto che in un mercato che funziona correttamente i fornitori concorrenti di altri settori non se ne staranno a lungo da parte a guardare lo Stato che fornisce un aiuto unilaterale per una tecnologia vecchia di 50 anni. Il progetto finlandese è unico anche perché 20 anni dopo aver cominciato a sviluppare l'EPR (European Pressurized Water Reactor), il fabbricante Framatome ANP doveva infine dimostrare la validità della sua tecnologia con un vero reattore e le aziende madri, Areva e Siemens, sembravano apparentemente disposte ad accollarsi considerevoli rischi finanziari per permetterlo. Se riandiamo indietro nel tempo, nel 1992 Siemens e Framatome avevano definito il reattore un "impianto nucleare franco-tedesco per l'Europa e per il mercato mondiale", che avrebbe dovuto prima soddisfare i "mercati interni" sulle due rive del Reno e poi i "paesi terzi". La costruzione di due reattori pilota avrebbe dovuto cominciare nel 1998. E nel 1990 la rivista tedesca *Wirtschaftswoche* aveva già annunciato la fine della stagnazione nucleare in un articolo dal titolo "Rinascita nucleare".

<sup>14</sup> Adolf Hüttl: "Ein deutsch-französisches Kernkraftwerk für Europa und den Weltmarkt", Bonn 1992.

Agl'inizi del XXI secolo, una valutazione equilibrata di tutti gli aspetti dell'energia nucleare continua a offrire una chiara conclusione, essenzialmente la stessa di 30 anni orsono. Il rischio d'incidenti catastrofici, che ha reso sin da allora l'energia nucleare la forma di produzione elettrica più controversa, non è affatto diminuito. I nuovi rischi legati al terrorismo vietano categoricamente di esportare questa tecnologia nelle regioni del mondo poco stabili. La diffusione dell'elettricità di origine nucleare su base globale condurrebbe a una scarsità di combustibile uranio ancora più rapidamente che mantenendo la situazione attuale; in alternativa renderebbe necessaria una conversione generalizzata alla tecnologia autofertilizzante. Una riconversione tecnica di questo tipo equivarrebbe in effetti a un passaggio ai sistemi a base di plutonio, e porterebbe a un livello più elevato e più critico i rischi di incidenti disastrosi, attacchi terroristici, proliferazione di armi. In fin dei conti, dopo gli ostacoli del passato quasi tutti i paesi hanno già abbandonato la strada dei reattori autofertilizzanti. Con o senza questa tecnologia, resta comunque da risolvere il problema dello stoccaggio dei rifiuti. E bisognerà farlo perché già esiste. Ma potrà essere solo una soluzione parziale, e già questo dovrebbe essere sufficiente per non aggravare i grandi problemi dell'umanità aumentando il volume dei rifiuti.

L'energia nucleare non può neppure risolvere il problema climatico. Anche triplicando entro la metà del secolo la capacità nucleare, si otterrebbe solo una modesta riduzione della pressione sul clima. E sarebbe una soluzione irrealistica e irresponsabile, considerate le capacità industriali insufficienti, i costi enormi, i rischi di gran lunga più elevati. È molto più verosimile, e le prime indicazioni in questo senso sono già evidenti, che nei prossimi decenni la produzione complessiva dei reattori si ridurrà sensibilmente a causa della vetustà degli impianti esistenti. Al tempo stesso, serie valutazioni dimostrano che una strategia energetica globale – basata principalmente su una maggiore efficienza di gestione dell'energia nell'industria, nel settore trasporti e nel riscaldamento, e su un deciso sviluppo delle energie rinnovabili – può consentire le riduzioni di emissioni di anidride carbonica richieste dai climatologi senza ricorrere all'energia nucleare. Le sfide associate sono ovviamente senza precedenti e richiedono una politica globale del clima appoggiata da tutti i più importanti paesi che rilasciano gas a effetto serra. Il conclamato conflitto fondamentale "protezione del clima o smantellamento del nucleare" resta, ad eccezioni di aree o momenti speciali, una chimera diffusa dell'industria nucleare.

Abbiamo visto che nell'immediato futuro non vi sarà alcuna rinascita del nucleare senza massicci sussidi governativi. Una tale possibilità non è da escludere. Anche se le aziende di servizi vogliono sfruttare i vecchi e ormai ammortizzati investimenti, i politici sono ancora più interessati a riaprire il discorso sul nucleare, perché temono un aumento sfrenato dei prezzi dell'energia e più severi controlli sul clima. Queste due preoccupazioni hanno infiammato ormai da anni il dibattito negli Usa, portato alla costruzione di un nuovo reattore in Finlandia, bloccato lo smantellamento del nucleare in Germania, e favorito recenti discussioni su nuovi impianti in Gran Bretagna. I politici preferiscono continuare a lavorare con le strutture e le persone con cui hanno familiarità, e in molti casi non sarebbero riluttanti a concedere di nuovo, oltre mezzo secolo dopo il lancio delle

centrali nucleari, sussidi di avviamento alle industrie del settore, come se si trattasse di una cosa assolutamente normale.

Dategli una piccolissima possibilità, e il dibattito sui nuovi reattori riprenderà vigore. Ma i nuovi reattori non ci permetteranno di ottenere una sufficiente riduzione del riscaldamento globale, e nel lungo termine non potranno mantenere bassi i prezzi dell'elettricità. Al contrario, aumenteranno i rischi di catastrofi e allontaneranno l'attenzione dalle strategie di protezione climatica che potrebbero davvero funzionare. In sintesi: come nei giorni migliori dei primi dibattiti degli anni '70 e '80 sull'energia nucleare, le forze antinucleari avranno dalla loro parte i migliori argomenti.

## FONDAZIONE HEINRICH BÖLL

La Fondazione Heinrich Böll, affiliata al Partito Verde e con sede nel cuore di Berlino (Hackesche Höfe), è una fondazione giuridica politicamente indipendente che lavora con uno spirito di apertura intellettuale.

Il principale obiettivo della Fondazione è sostenere, in Germania e all'estero, la formazione politica e favorire il coinvolgimento politico, l'attivismo sociopolitico, la comprensione multiculturale.

La Fondazione favorisce inoltre l'arte e la cultura, la scienza e la ricerca, la cooperazione allo sviluppo. Le sue attività sono guidate dai valori politici fondamentali dell'ecologia, la democrazia, la solidarietà e la non violenza.

Grazie alla collaborazione internazionale con numerosi partner di progetto – attualmente circa 100 progetti in 60 paesi – la Fondazione cerca di rafforzare l'attivismo ecologico e civile a livello mondiale, intensificare lo scambio d'idee ed esperienze, sensibilizzare l'attenzione al cambiamento.

La collaborazione della Fondazione Heinrich Böll nei programmi di formazione socio-politica con i partner esteri è una collaborazione a lungo termine. Ulteriori importanti strumenti di cooperazione internazionale sono i programmi di scambio, che rafforzano lo scambio di esperienze e la messa in rete politica, e i programmi di base e avanzati per gli attivisti impegnati.

La Fondazione Heinrich Böll conta 180 dipendenti a tempo pieno e 320 membri sostenitori, che forniscono assistenza finanziaria o intellettuale.

L'attuale Consiglio esecutivo è composto da Ralf Fücks e Barbara Unmüßig. Il CEO della Fondazione è il dr. Birgit Laubach.

Due ulteriori corpi del lavoro di formazione della Fondazione sono la "Green Academy" (Accademia verde) e il "Feminist Institute" (Istituto femminista).

La Fondazione dispone attualmente di uffici esteri e di progetto negli Usa e nel Medio oriente arabo, in Afghanistan, Bosnia-Herzegovina, Brasile, Cambogia, Croazia, Georgia, India, Israele, Kenya, Libano, Messico, Nigeria, Pakistan, Polonia, Repubblica ceca, Repubblica del Sud Africa, Russia, Salvador, Serbia, Tailandia, Turchia, e un ufficio presso l'UE a Bruxelles.

Nel 2005 la Fondazione ha ricevuto fondi pubblici per 36 milioni di euro.

Heinrich-Böll-Stiftung, Hackesche Höfe, Rosenthaler Str. 40/41, D-10178 Berlin, Germania, Tel.: 030-285 340, Fax: 030-285 31 09, E-mail: info@boell.de, Internet: www.boell.de