

Molto risalto è stato dato dai media al rapporto dell'Agencia Internazionale dell'Energia sullo sviluppo dell'energia da fonte nucleare come unica soluzione al contenimento delle emissioni di gas serra. Ma quanto c'è di vero e quanto è praticabile una soluzione siffatta?

Come illustrato dal recente rapporto dell'Mit di Boston ci sono quattro aspetti che devono essere considerati nel caso di un'espansione della tecnologia nucleare per la produzione di energia.

Aspetti critici del nucleare

Primo, il costo dell'energia prodotta da fonte nucleare attualmente non è competitivo con il costo del kWh generato con il gas naturale oppure con il carbone; tuttavia ci sono alcune variabili che potrebbero abbassare questo costo: riduzione dei costi capitale per i nuovi impianti, dei costi di operativi e di manutenzione (O&M) e la riduzione dei tempi di costruzione. Inoltre la vera variabile potrebbe essere il costo della tonnellata di CO₂ o meglio, in linguaggio tec-

nico, il costo delle CO₂ *allowances*.

La sicurezza degli impianti è il secondo problema: infatti, se da un lato i nuovi reattori nucleari hanno un altissimo indice di sicurezza, dall'altro esistono pochi casi per documentare la sicurezza effettivamente operativa, tecnicamente si parla di numero di giorni cumulati di funzionamento. Inoltre in questi nuovi reattori lo studio completo sul ciclo del combustibile non è completamente conosciuto in tutti i suoi impatti.

Il terzo problema, non trascurabile, è quello dei rifiuti e delle scorie. Il confinamento geologico è un'opzione tecnicamente possibile ma i suoi costi non sono stati analizzati a sufficienza. Attualmente non è stato ancora prodotto un caso convin-

IL CONTROLLO DELLE EMISS



cente che documenta i benefici del confinamento a lungo termine delle scorie. In oltre quaranta anni di funzionamento dei reattori nucleari non è stato risolto il problema delle scorie di materiale ad alta radioattività e nessun deposito di lungo termine ha procedure gestionali che garantiscano la salvaguardia per la salute di chi sorveglia e la stabilità del confinamento a lungo termine. Allo stesso modo i costi sociali, ambientali ma soprattutto tecnici del confinamento non sono stati analizzati in modo esauriente.

Per l'estrema tossicità dei depositi il primo obiettivo da perseguire è l'efficacia dell'isolamento che deve essere mantenuta indefettibilmente nel tempo poiché la radioattività si estingue con tempi dell'ordine di migliaia



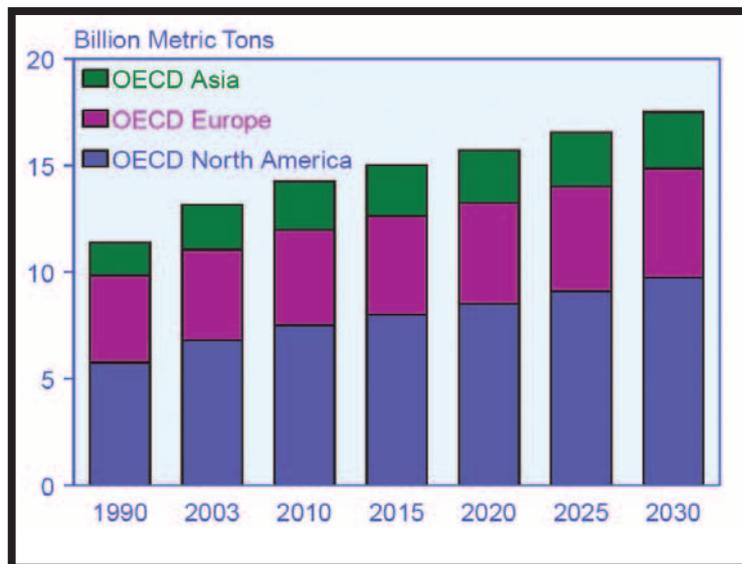
d'anni. Inoltre esistono numerosi stadi intermedi nei quali deve essere garantita la salvaguardia degli operatori e delle popolazioni potenzialmente esposte. Il materiale prima di essere stoccato viene temporaneamente confinato all'interno dell'impianto di produzione, quindi trasportato trattato ed infine preparato per il confinamento finale. Si tratta,

tecnicamente, di *nuclear waste management* ed è implicito che le modalità operative di ogni fase, oltre alla localizzazione degli impianti, hanno impatti diversi e cambiano il rischio di contaminazione.

Oltre a ciò bisogna aprire una discussione sul livello di accettabilità del rischio. I cittadini italiani venti anni fa hanno deciso

IONI E L'ENERGIA NUCLEARE





Emissioni di CO₂ nei Paesi Oecd.

[Fonte: 1990 and 2003: Eia, *International Energy Annual 2003 (May-July 2005)*, 2010-2030: Eia, *System for the Analysis of Global Energy Markets, 2006.*]

che, per quanto possibile, hanno un indice di accettabilità nullo limitatamente al loro Paese. Ma deve essere posta la domanda su quale sia un livello accettabile di esposizione alle radiazioni. Se lo Stato è in grado di decidere (e periodicamente di aggiornare e cambiare) il livello di esposizione ai diversi inquinanti chimici, allora anche la contaminazione può avere il suo indice. Per l'ambiente già è regolamentato ma per l'esposizione umana in un deposito di scorie? Negli Stati Uniti per l'Epa (Environmental Protection Agency) il livello accettabile è di una esposizione di 15 millirem/anno per i primi 10.000 anni di confinamento finale del rifiuto. Questa misura equivale circa ad un ventesimo dell'esposizione annuale alla radioattività ambientale media sul suolo americano che si traduce, in termini epidemiologici, nella probabilità di sviluppare il cancro di 1 ogni 100.000. Le soluzioni che, invece di un confinamento delle scorie, prevedono un riprocessamento in cicli chiusi delle stesse sembrano più convenienti in termini di costi industriali e di rischi. I costi di trattamento dei rifiuti rimangono un'incognita per l'intero processo produttivo sia a livello industriale sia a livello di esternalità per l'ambiente e la popolazione.

Infine il problema della proliferazione: la crescita di numerosi impianti nucleari a livello mondiale per evitare nuove emissioni di

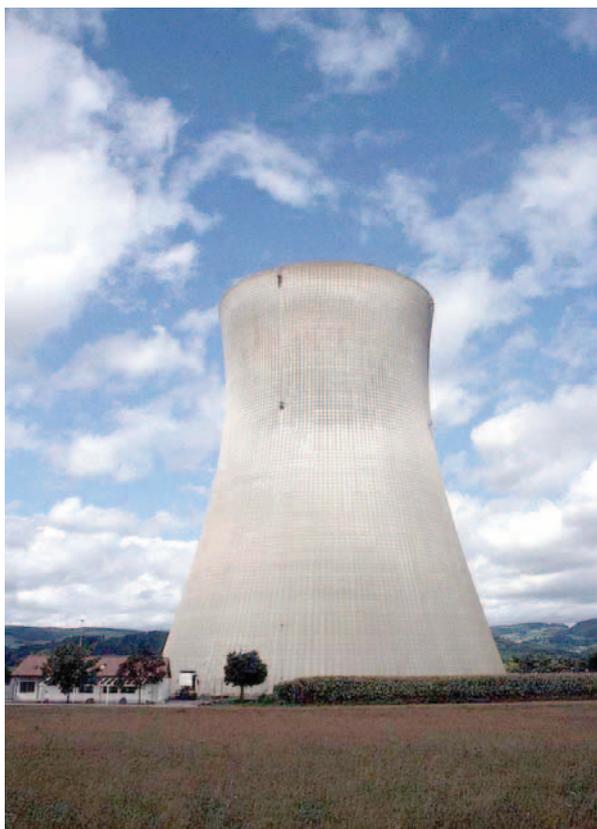
CO₂ non sarebbe compatibile con le attuali esigenze di protezione internazionale. I sistemi di riprocessamento del materiale fissile (separazione e riciclo del plutonio), attualmente in uso in America, in Europa ed in Giappone, offrono garanzie sufficienti alla non proliferazione in base ai trattati internazionali ed al monitoraggio dell'International Atomic Energy Agency (Iaea). Ma negli altri paesi con sistemi democratici deboli o nei sistemi dittatoriali queste garanzie vengono a mancare ed il potere dell'agenzia è nullo in quanto non esiste un sistema di sanzioni concordato ed accettato. Si pensi solo ai recenti casi dell'ultimo decennio di Iran, Iraq e Corea del Nord.

La variabile terrorismo

A questi problemi possiamo aggiungere la variabile che incombe dall'11 settembre 2001: i potenziali di attacchi terroristici a obiettivi sensibili quali le centrali nucleari ed i depositi scorie. Questa variabile non è tecnicamente valutabile ma influenza i costi di costruzione, perché i reattori di nuova generazione sono teoricamente progettati per sopportare l'eventuale impatto di un aereo di linea: nonostante ciò, la critica mossa da alcuni progettisti è di non tener conto in caso di impatto degli effetti del carburante del velivolo. Per quanto riguarda i depositi delle scorie il conto economico finora non prevede i costi di una sorveglianza antiterroristica. Inoltre il progetto di alcune parti delle centrali nucleari di ultima generazione non prende in considerazione la variabile terroristica, ad esempio nelle modalità costruttive del deposito di stoccaggio del combustibile (le vasche di stoccaggio hanno standard di sicurezza inferiori al reattore vero e proprio).

Impianti nuovi o sostituzione di vecchi?

Dal 1978 non vengono costruite nuove centrali negli Stati Uniti e dal 1993 in Europa per il semplice motivo che manca la convenienza economica. Se nelle precedenti economie di monopolio energetico la fonte nucleare era strategica per la padronanza di



tecnologie e conoscenze, con la liberalizzazione del mercato e la privatizzazione degli ex monopolisti le logiche industriali sono cambiate entrando in un'ottica di mercato. Al tempo dell'energia nazionale il costo del kWh generato era regolato con politiche di *cost-plus pricing* cioè con il prezzo fissato stabilendo una percentuale di ricarico sul costo del prodotto, indipendentemente dalla domanda (e quindi contro le logiche di mercato), oltre ad essere oscurati i prezzi di produzione e di vendita. Ricordiamo che in Italia stiamo ancora pagando gli oneri nucleari in bolletta a venti anni dal referendum, oltre alla mancanza di un deposito per le scorie prodotte, che costringe ad una dispersione delle stesse in numerosi piccoli stoccaggi sull'intero territorio nazionale, con grave pregiudizio della sicurezza.

È proprio il mercato la causa prima e principale dell'arresto di nuove costruzioni. Oltre a questa possiamo aggiungere le preoccupazioni ambientali, ad esempio per la politica energetica tedesca e le ostilità dei cittadini alle nuove installazioni oppure all'atomo come forma di energia (referendum italiano del 1986, sull'onda delle preoccupazioni post Chernobyl). Le nuove costruzioni attualmente a progetto sono in massima parte per la sostituzione ed il rinnovo di impianti ormai obsoleti ad esclusione dei Paesi asiatici.

A livello mondiale, nel 2006, ci sono 440 reattori nucleari attivi (Tabella) e ben 82 di nuova costruzione previsti per il 2015. Tuttavia le nuove costruzioni sono per la maggior parte sostituzioni o ripotenziamento di vecchi impianti per quanto riguarda Europa e Stati Uniti. La Russia ha un programma di sostanziale mantenimento della quota di energia prodotta da fonte nucleare (8 GW di potenza aggiuntiva al 2015) mentre i programmi più ambiziosi sono localizzati in Asia con Cina, India e Giappone che prevedono di sviluppare complessivamente 40 GWe di energia nucleare, vale a dire oltre il 60% della nuova potenza a livello mondiale. L'India ha in progetto 15 nuove centra-

	Centrali operative nel 2006	2015 Nuovi	Chiusi	Totali Operative	Nuova potenza GWe
America	127	8	0	135	+ 8,5
Asia	106	57	1	162	+ 54,6
Europa	154	6	13	147	+ 0,4
Russia e Europa dell'Est	51	9	2	58	+ 7,9
Totale	440	82	16	506	+ 71,7

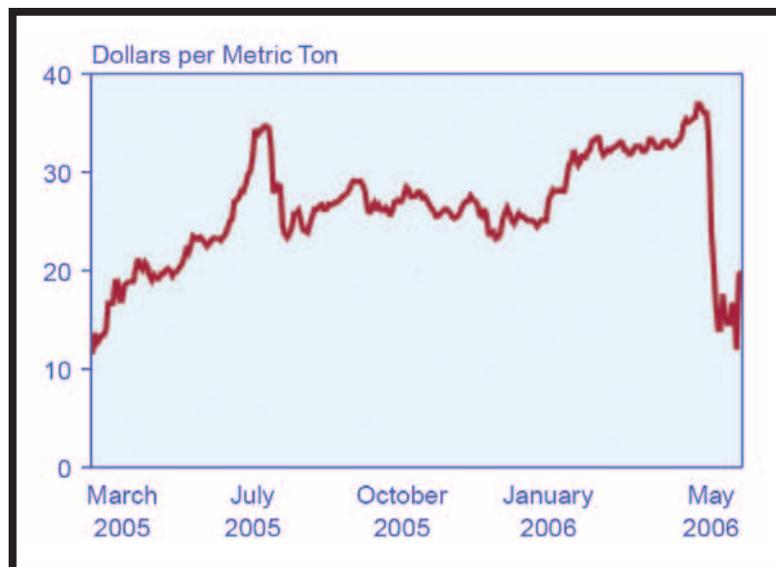
li da sviluppare con tecnologia americana in seguito agli accordi dell'autunno scorso. Il Giappone prevede 10 nuovi reattori per un totale di 13 GWe, mentre la Cina prevede di triplicare la sua attuale potenza passando dagli attuali 9 reattori a 27 nel 2015, per un totale di 17 GWe.

Costo dell'uranio e costo delle emissioni

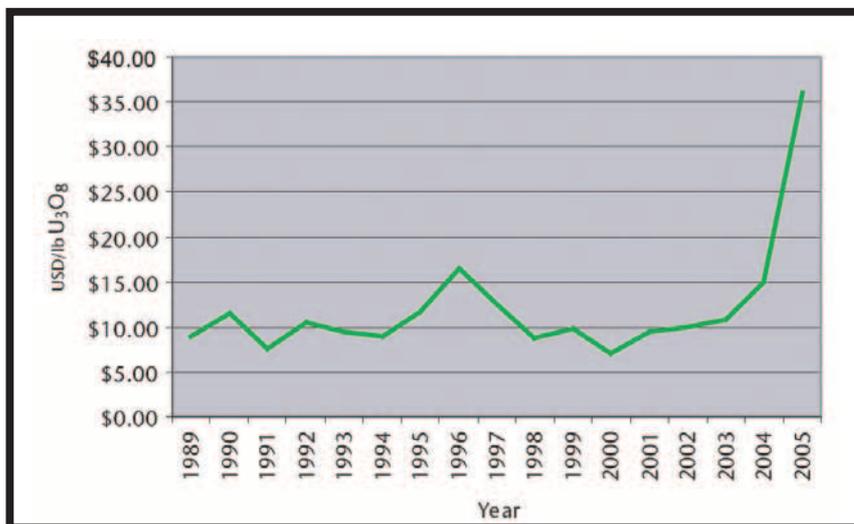
Tuttavia questi sono solo programmi dei governi nazionali che dovranno tener conto anche del fatto che il prezzo del combustibile (uranio, U_3O_8) è destinato a salire senza possibilità di riduzione, in quanto le riserve sono finite e nel prossimo decennio si prevede il superamento della domanda rispetto all'offerta. Il prezzo dell'uranio è cresciuto del 300% negli ultimi 18 mesi passando da 11 \$/lb a 37 \$/lb. Il mercato, che era stabile e basato su contratti di lungo termine, è stato perturbato dalla crescita della domanda da parte delle nuove economie nucleari, India e Cina soprattutto ma anche Russia. Inoltre, la crescita della



Prezzo delle emissioni di carbonio nell'Unione Europea (marzo 2005-Maggio 2006).



documento



*Andamento del prezzo dell'uranio.
[Fonte: Evolution Markets Executive
Brief – February 14, 2006]*



domanda è coincisa con la fine delle riserve aggiuntive, create con il decommissioning delle testate nucleari ed il riprocessamento del materiale fissile in seguito agli accordi di non proliferazione tra Usa e Russia dei primi anni '90. L'80% dell'offerta mondiale di U₃O₈ è concentrata in pochi Paesi e, sostanzialmente, in 8 compagnie produttive. I maggiori paesi produttori sono il Canada, la Russia ed alcune ex repubbliche, l'Australia ed alcuni Paesi africani. Tornando al problema del contenimento delle emissioni è possibile ipotizzare un contributo significativo da parte dell'energia nucleare solo nel caso in cui il prezzo della tonnellata di CO₂ divenisse davvero così elevato da rendere economicamente sostenibile l'investimento in nuovi impianti nucleari. L'Energy Information Administration (Eia), nel suo ultimo rapporto,

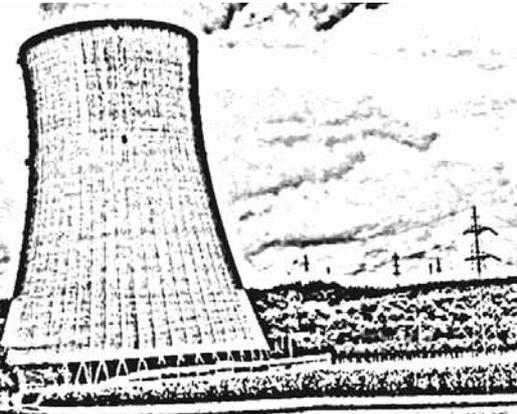
prevede un contributo crescente dell'energia nucleare solo dopo il 2030 quando anche le risorse di gas, secondo le sue previsioni, saranno in declino. Secondo lo studio dell'Mit nell'ipotesi di 100 Usd/tonC la generazione elettrica da fonte nucleare sarebbe competitiva e vantaggiosa rispetto alle fonti tradizionali (carbone e gas).

Le esternalità

A questo bisogna aggiungere il costo delle esternalità che spesso non vengono contabilizzate nelle analisi di convenienza di una determinata tecnologia.

Lo studio dell'Mit indica tra le esternalità:

- il beneficio sociale derivante dalla curva di apprendimento della tecnologia nucleare, cioè il beneficio della maggiore conoscenza della tecnologia;
 - il beneficio della ricerca e sviluppo che si attuerebbe attraverso nuove società a questo scopo nel caso di un vero sviluppo nucleare;
 - la compensazione dovuta alle incertezze di regolamentazione del mercato;
 - la correzione delle imperfezioni del mercato come l'asimmetria informativa e il mancato investimento capitale;
 - le esternalità derivanti dal danno ambientale.
- Queste esternalità sono in ogni caso applicabili a tutte le tecnologie energetiche e non spostano il giudizio a favore del nucleare a discapito di altre tecnologie, ad esempio quelle che sfruttano le fonti rinnovabili. Ma, nonostante la convenienza eco-



nomica, nel caso di alti prezzi delle *carbon allowances*, ci sarebbero a sfavore del nucleare due aspetti per nulla marginali. *In primis* la percezione della popolazione rispetto all'uso dell'atomo con una sensibilizzazione crescente e negativa non solo sui siti di produzione dell'energia e su quelli di stoccaggio delle scorie ma anche sul trasporto del materiale fissile. I cittadini sono sempre più sensibili alle tematiche ambientali e soggetti alla *Nimby (Not in my backyard) syndrome*; anche se l'energia nucleare divenisse economicamente sostenibile l'atteggiamento non cambierebbe e non sembra percorribile la strada di costruire centrali contro il parere dei cittadini. Secondo aspetto è che la produzione di energia nucleare non è liberamente regolamentata dal solo mercato ma ha bisogno di meccanismi politici e democratici di sorveglianza e sicurezza sugli aspetti più pericolosi del processo cioè la proliferazione e lo stoccaggio delle scorie. A questo bisogna aggiungere che il settore pubblico dovrebbe dare garanzie di regolamentazione e di scenario per il nucleare che, anche nel caso di ipotetica economicità del prezzo del kWh generato, avrebbe tempi di sviluppo non compatibili con le attuali tempistiche di mercato. Infatti nessuna banca è disponibile ad investire del capitale in impianti con tempi di costruzione superiori ai 7 anni e con tempi di ritorno dell'investimento praticamente non valutabili.



Energia buona o cattiva?

In conclusione l'energia nucleare non può essere definita buona o cattiva *tout court* ma deve essere analizzata nel contesto economico e nel panorama energetico. Nel caso in cui le politiche di contenimento delle emissioni facessero lievitare il prezzo della tonnellata di CO₂ l'opzione nucleare sarebbe una tra quelle possibili. Ma bisogna anche tener conto che con alti prezzi della CO₂ tutti gli scenari sarebbero sconvolti (basti pensare al settore dei trasporti, al momento fuori da Kyoto) portando nuove tecnologie *carbon free* alla convenienza economica e, sperabilmente, con impatti per l'ambiente e la popolazione inferiori e valutabili.

Probabilmente il nucleare sarà nel paniere delle tecnologie industriali per un futuro privo di

emissioni e pertanto deve essere sviluppato in modo da non perdere competitività ed aumentare la sicurezza. Resterà comunque prioritario educare i cittadini a pensare in termini di emissioni evitate e di tecnologie pulite se si vuole fare in modo che l'opzione nucleare possa acquistare un diverso livello di accettabilità.



Per approfondire

web.mit.edu/nuclearpower/

Energy Information Administration/International Energy Outlook 2006

www.eia.doe.gov/iea

www.eia.doe.gov/oiaf

Government of Canada, Project Green: Moving Forward on Climate Change (Ottawa, Canada, April 2005), web site www.climatechange.gc.ca/kyoto_commitments/report_e.pdf

www.epa.gov

www.cameco.com