

Il nucleare di quarta generazione

A cura di Emilio Santoro

L'espressione "reattori di quarta generazione" è stata coniata negli USA in relazione ad un progetto del DoE (Department of Energy – Dipartimento dell'Energia) iniziato nel 2000, noto come "Generation (Gen) IV Initiative", promosso dagli Stati Uniti con la partecipazione di Argentina, Brasile, Canada, Francia, Giappone, Corea del Sud, Sud Africa, Svizzera e Regno Unito. Tale progetto ha come obiettivo lo studio di reattori e di cicli del combustibile innovativi capaci di garantire la "sostenibilità" della fonte nucleare (utilizzo efficiente del combustibile e minimizzazione dei rifiuti), nonché di permettere lo sviluppo di applicazioni dell'energia nucleare parallele alla produzione di energia elettrica (uso industriale del calore e desalinizzazione dell'acqua marina).

Il progetto mira a mettere in commercio nei prossimi decenni una "quarta generazione" di reattori a fissione con caratteristiche migliori rispetto a quelle delle tre generazioni precedenti (figura 1). Queste ultime sono in particolare:

Gen I: i primi impianti di bassa potenza (qualche decina o centinaia di MW) costruiti negli ultimi anni 50 e primi anni 60.

Gen II: gli impianti di tipo LWR (Light Water Reactor, cioè Reattore ad Acqua Leggera), di grande potenza (dell'ordine di 1000 MW) realizzati nelle due filiere, rispettivamente ad acqua bollente (BWR: Boiling Water Reactor) e ad acqua pressurizzata (PWR: Pressurized Water Reactor). Sono di questo tipo quasi tutti gli impianti in funzione negli USA, e per fare un esempio più vicino a noi, era un BWR da 860 MW il reattore di Caorso.

Gen III: impianti di tipo PWR, installati a partire dagli anni 90 soprattutto in Giappone e Corea, come evoluzioni più affidabili e meno costose degli impianti PWR Gen II. Si tratta di una nuova generazione di reattori che beneficiano della vasta esperienza acquisita nella Gen II e dalla lezione appresa durante l'evoluzione dell'incidente di Three Mile Island (TMI), in USA, nel 1979. I reattori ad acqua sono ancora dominanti, ma vengono introdotti nuovi miglioramenti per aumentare la sicurezza, benché la competitività economica resti l'obiettivo principale. Diversi sono gli approcci nella competizione industriale: gli impianti sono di piccola/grande taglia, con maggiore attenzione alla sicurezza passiva/attiva. La mitigazione delle conseguenze di un eventuale incidente grave è comunque un aspetto di particolare rilevanza, in questa tipologia di reattori.

Gen IV: rappresenta invece un progetto non evolutivo ma rivoluzionario. Le più importanti caratteristiche innovative rispetto a quelle dei reattori attuali sono:

- migliore utilizzazione del combustibile nucleare. Contemporaneamente si renderebbe più difficile il recupero di materiale fissile a scopo bellico dal combustibile esausto e verrebbe diminuita la quantità di isotopi radioattivi a lunga vita media presenti nel combustibile esaurito;
- funzionamento a temperature molto più elevate: questo consentirebbe sia di migliorare l'efficienza termodinamica nella produzione di potenza elettrica sia di ottenere, con processi termochimici ed elettrochimici ad alta efficienza, idrogeno da usare come carburante per veicoli a bassissime emissioni;
- smaltimento sicuro e passivo, cioè senza intervento massiccio di sistemi esterni di pompaggio, della potenza termica generata dal decadimento dei prodotti di fissione nel caso di arresto d'emergenza del reattore. Questo aspetto è particolarmente critico per la sicurezza di funzionamento, come si è visto nel caso dell'incidente di TMI, nel

quale la perdita dell'acqua di refrigerazione provocò il surriscaldamento degli elementi di combustibile con la formazione di una bolla di idrogeno e ossigeno che avrebbe potuto provocare un'esplosione, e che per fortuna fu eliminata senza danni solo dopo molti sforzi. In estrema sintesi, vengono individuati sei tipi (concetti) di reattori a fissione, tre a neutroni lenti:

VHTR *Very-High-Temperature Reactor System*, reattore nucleare a temperatura molto alta;

SCWR *Supercritical-Water-Cooled Reactor System*, reattore nucleare ad acqua supercritica;

MSR *Molten Salt Reactor System*, reattore nucleare a sali fusi;

e tre a neutroni veloci:

GFR *Gas-Cooled Fast Reactor System*, reattore nucleare a neutroni veloci refrigerato a gas;

SFR *Sodium-Cooled Fast Reactor System*, reattore nucleare a neutroni veloci refrigerato a sodio;

LFR *Lead-Cooled Fast Reactor System*, reattore nucleare a neutroni veloci refrigerato a piombo;

che nel giro di alcuni decenni verranno studiati, collaudati e poi immessi nell'uso commerciale.



Figura 1
(elaborato da: A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems)

In definitiva, la quarta generazione di sistemi nucleari dovrà essere autorizzata, costruita e fatta funzionare in maniera tale che fornisca energia in modo economico, tenendo in debito conto un ottimale uso delle risorse e al tempo stesso affrontando i problemi di sicurezza, dei rifiuti, di resistenza alla proliferazione e le preoccupazioni del pubblico di quei paesi dove tali sistemi verranno impiegati.

Lo sviluppo di questi nuovi sistemi richiede tempo e la loro introduzione su scala industriale è prevedibile verso il 2030 o oltre. L'impegno richiesto dal progetto è veramente considerevole sotto tutti gli aspetti (scientifico, tecnologico, organizzativo, finanziario). La strada di grandi progetti transnazionali sembra la sola percorribile con prospettive ragionevoli di successo.