

SPECIALE "RIFIUTI: GESTIONE E SMALTIMENTO"

Le scorie nucleari: un "falso" problema o una "vera" risorsa?

di E. Bomboni¹, N. Cerullo², G. Lomonaco³, V. Romanello⁴

Le scorie sono probabilmente l'ultimo baluardo degli oppositori della fonte energetica nucleare. Tuttavia, questa fonte è l'unica che attualmente può far fronte alla crescita della domanda mondiale di energia e all'esigenza di ridurre le emissioni di gas serra.

Le scorie nucleari prodotte da un attuale reattore ad acqua leggera (LWR) sono estremamente limitate in volume e solo una piccola parte di esse, se stoccata tal quale, resta altamente radiotossica per migliaia di anni. Di fatto, nei Paesi che producono energia per via nucleare, le scorie costituiscono solo l'1 per cento del totale dei rifiuti industriali.

Con una nuova concezione si può dimostrare che il 96 per cento di esse è riciclabile per uso energetico, e molti isotopi presenti nel combustibile esaurito sono elementi utilizzabili in applicazioni mediche e/o tecnologiche. Infatti i cicli di combustibile innovativi, con i nuovi reattori della IV Generazione, hanno la potenzialità di moltiplicare di diversi ordini di grandezza la disponibilità delle risorse di uranio e torio e di ridurre a poche centinaia di anni la pericolosità della estremamente limitata quantità di scorie residua da stoccare nei depositi geologici.

Pertanto la realizzazione del ciclo chiuso del combustibile migliora ulteriormente la posizione dell'energia nucleare quale fonte sostenibile a tutti gli effetti, anche a lungo termine. Inoltre, il riciclo integrale delle scorie costituisce un rilevante impedimento alla proliferazione.

Esaminiamo ora in dettaglio il perché delle precedenti affermazioni. Innanzitutto, bisogna ricordare che il principale punto di forza del combustibile nucleare è la sua "concentrazione". Infatti, a parità di taglia (potenza disponibile ed energia prodotta) un impianto convenzionale necessita ogni anno di una massa di combustibile circa un milione di volte superiore di quella richiesta da un impianto nucleare dell'attuale generazione. Parimenti, l'impianto convenzionale produce una quantità di "scorie" (fra ceneri e gas nocivi e/o serra) un milione di volte più abbondante rispetto a quest'ultimo. A ciò si aggiungano i seguenti fatti: prima di tutto, si tenga presente che l'uso degli idrocarburi come combustibili è a dir poco aberrante, in quanto essi costituiscono gli elementi di base (e sostanzialmente insostituibili) per tutta la chimica organica. Al contrario, l'uranio (e, eventualmente, il torio) è un elemento che ha solo applicazioni marginali al di fuori della produzione di energia per via nucleare.

Inoltre, con gli attuali cicli del combustibile nucleare le risorse minerali sono sfruttate soltanto per circa l'1 per cento (anche se, nonostante ciò, il volume di rifiuti è drasticamente inferiore rispetto a qualunque altra applicazione industriale). Ciò è dovuto alle caratteristiche intrinseche dei reattori LWR: problemi legati alla resistenza dei materiali (burnup metallurgico del combustibile) nonché al comportamento dinamico del nocciolo (controllo dell'impianto) limitano sia la capacità di sfruttamento del combustibile fresco, sia la quantità massima

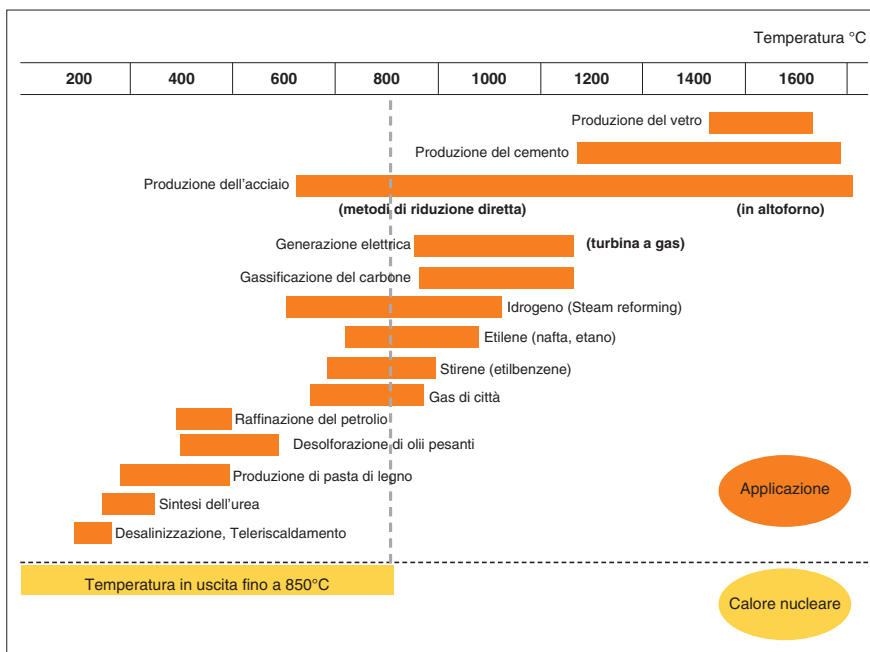


Figura 1 - Applicazioni industriali che utilizzano calore ad alta temperatura (prudenzialmente la temperatura in uscita dal reattore è stata limitata a 850 °C)

di elementi transuranici caricabili al suo interno. Gli attuali reattori LWR sono una tecnologia provata e che ha dato ottimi risultati in termini di sicurezza ed affidabilità, di cui si ha ormai esperienza pluridecennale. Tuttavia, in una prospettiva futura, non è più ragionevole pensare ad un parco reattori costituito, per la quasi totalità, da reattori di questo tipo. Infatti, condizione necessaria e sufficiente per rendere la fonte nucleare sostenibile (nel lungo periodo) è la chiusura del ciclo del combustibile. Essa può essere ottenuta soltanto tramite reattori che, grazie al

riciclo integrale delle scorie costituisce un rilevante impedimento alla proliferazione

la innovativa tecnologia del combustibile, permettano di ottenere elevate fluenze neutroniche (cioè prevedano lunghi tempi di permanenza del combustibile all'interno del nocciolo) e consentano una flessibilità nella scelta dello stesso. Chiudere il ciclo significa infatti sfruttare integralmente le risorse nucleari, rendendole disponibili per decine di migliaia di anni senza il rischio di una penuria, come sta invece avvenendo con le risorse fossili, e mandare in discarica solo minime quantità di materiale non più utilizzabile, almeno sotto il profilo energetico (prodotti di fissio-

ne). Tali scorie restano pericolose (al più) per 200-300 anni contro gli oltre 100'000 anni di quelle provenienti dal ciclo attuale (se non trattate). Poiché i nuclidi transuranici (cioè con numero di massa superiore a quello dell'U) hanno un comportamento, sotto il profilo neutronico, piuttosto diverso dall'uranio, per sfruttarli occorrono reattori che, in virtù delle loro caratteristiche intrinseche, possano essere alimentati da combustibili piuttosto diversi. Ciò non è fattibile nel caso degli LWR, che, solo per fare un esempio, anche nelle loro versioni più nuove (es. EPK) pos-

sono essere caricati al massimo per il 50 per cento da elementi di tipo MOX (ossidi misti di U e Pu). Per mettere meglio in luce la portata della chiusura del ciclo del combustibile, è importante sottolineare che:

- Un comune impianto a carbone da 1.000 MW_e scarica ogni anno circa 30 tonnellate di combustibile, avente la seguente composizione:
 - 94 per cento di U²³⁸
 - 1 per cento di U²³⁵ (N.B. L'uranio naturale contiene lo 0,7 per cento di U²³⁵)
 - 0,4 per cento di U²³⁶
 - 1 per cento di Pu (Reactor Grade, cioè non utilizzabile

al fine della proliferazione) • 0,1 per cento di attinidi minori (Np, Am, Cm) • 3-4 per cento di prodotti di fissione (il solo materiale realmente non più utilizzabile per fini energetici) ■ Se si recuperasse integralmente tale materiale di "scarto" (ad eccezione dei prodotti di fissione, 3-4 per cento), esso potrebbe produrre l'equivalente di circa 5 · 10¹⁰ TEP, ovvero la quantità di energia generata dallo stesso reattore in ben 2.300 anni a piena potenza

Si noti inoltre che: ■ Un impianto a carbone da 1.000 MW_e richiede ogni anno l'estrazione dalla miniera, il trasporto, lo stoccaggio e il bruciamento di 3,2 · 10⁹ t di combustibile e produce i seguenti rifiuti: 2 · 10⁵ t di ceneri, 6 · 10⁵ t di CO₂, 2,5 · 10⁴ t di NO_x, 7 · 10⁴ t di SO_x ■ Il rapporto scorie prodotte-energia erogata è 3,42 g/MWh nel caso di un impianto LWR mentre diviene 2,3 · 10⁵ g/MWh per un impianto a carbone della stessa taglia (quantità di scorie circa 10'000 volte maggiore).

È comunque importante evidenziare anche un aspetto poco conosciuto del carbone: esso contiene non trascurabili quantità di elementi radioattivi quali l'uranio e il torio. Difatti, recentemente, è stata dimostrata la possibilità di estrarre uranio dalle ceneri di un impianto a carbone. Siccome il carbone, come qualunque altro combustibile fossile, deve essere bruciato in grosse quantità per produrre energia elettrica a causa del relativamente "basso" (enormemente se paragonato al combustibile nucleare) potere calorifico, il risultato è che la popolazione che vive nelle vicinanze di un impianto a carbone riceve (nonostante tutti i sistemi di filtraggio presenti) una dose radioattiva dieci volte superiore di chi vive nelle vicinanze di un impianto nucleare!

Ciò prescindendo dal danno alla salute derivante dalle emissioni chimiche inquinanti e nocive degli impianti fossili. Si ricordi infine che soltanto il 16 per cento dell'energia utilizzata nel mondo serve per fini di produzione elettrica. Tutto il resto è energia necessaria per produrre calore richiesto da una innumerevole serie di impieghi industriali e non (fig. 1).

In questo senso, alcuni concetti di reattore nucleare della IV Generazione (in particolare il VHTR di fig. 2, tra l'altro alimentabile con le scorie), permetterebbero di eliminare anche questo settore di impiego delle risorse fossili (e quindi anche questa fonte di emissioni di gas nocivi e serra) in virtù di un fluido refrigerante che esce dal nocciolo a oltre 1.000 °C. A questo punto non sembra superfluo sottolineare che uno degli impieghi del calore ad alta temperatura potrebbe riguardare la generazione di idrogeno, del quale tanto si parla senza preoccuparsi di come produrlo (non essendo ancora stato scoperto alcun giacimento di idrogeno).

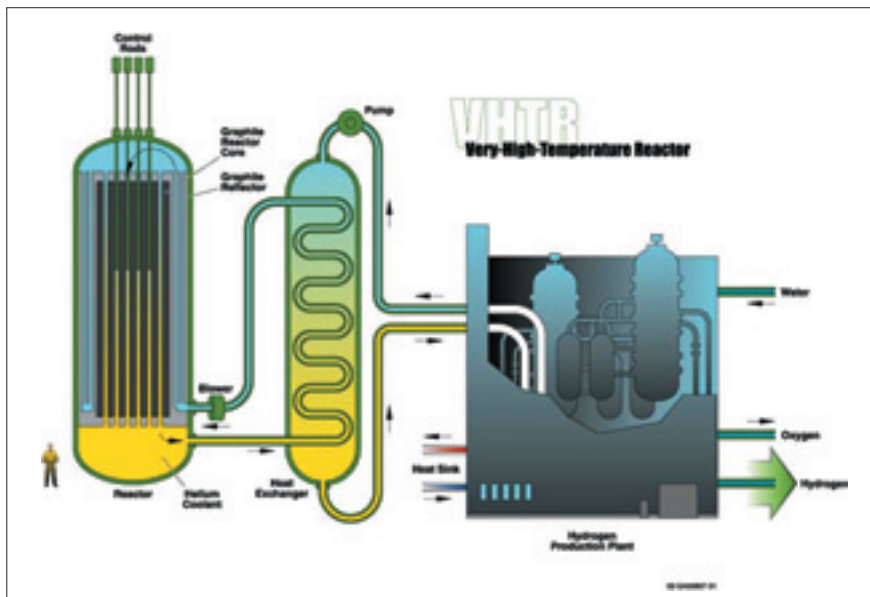


Figura 2 - Un esempio di reattore della IV Generazione utilizzabile per bruciare le scorie: il VHTR

¹ Dottoranda in Sicurezza Nucleare ed Industriale - Università di Pisa
² Professore presso le Università di Genova e di Pisa
³ Ph.D. - Assegnista di Ricerca presso l'Università di Pisa
⁴ Ricercatore - FZK (Germania)