

L'altra faccia subdola del nucleare: i microreattori

Angelo Baracca e
Giorgio Ferrari

Today it is mainly the Eastern countries that build traditional large-scale nuclear reactors, while in the West the attention goes rather to the Small modular reactors and micro-reactors (also called nuclear batteries) developed in the USA which represent a "subtle" proposal given their characteristics, neglected not only by politicians, but also by environmentalists and anti-nuclearists.

Keyworde: *Micro-reactors, Small modular reactors*

L'esasperazione della crisi climatica ha ridato fiato ai sostenitori dell'energia elettronucleare, nonché ovviamente ai colossali interessi dell'industria nucleare, che promuove questa soluzione spacciandola come *carbon free*. Non stiamo qui a ripetere che questa definizione è ovvia se ci si riferisce al fatto che i processi di fissione *nucleare* che avvengono all'interno del reattore comportano trasmutazioni nucleari ma non reazioni chimiche, ma se si considera l'impatto del ciclo complessivo dell'uranio che sta a monte e a valle della generazione elettrica vera e propria, il nucleare contribuisce sensibilmente alle emissioni di CO₂ in atmosfera. Schematicamente si tratta delle emissioni associate ai processi di estrazione e raffinazione del minerale di partenza, arricchimento dell'uranio, fabbricazione del combustibile che stanno a monte, mentre a valle le attività impattanti riguardano il riprocessamento del combustibile e il trattamento e la sistemazione dei rifiuti radioattivi.

Diversamente dagli anni '70-80 del secolo scorso però, quando la costruzione dei reattori nucleari era concentrata in Occidente, oggi sono i paesi orientali (Cina, Corea del Sud, India con l'aggiunta della Russia) a costruire reattori tradizionali di grossa taglia, mentre in Europa e negli USA l'attenzione è concentrata sulle cosiddette nuove tecnologie come gli SMR (Small Modular Reactors) che tanto appassionano diversi uomini politici nostrani, ivi incluso il Ministro della Transizione ecologica. In realtà gli SMR, dal punto di vista dello sfruttamento dell'energia nucleare, non costituiscono né una novità, né una opportunità a portata di mano: dei 72 progetti di SMR censiti dall'IAEA nello yearbook del 2020, molti sono in fase di progettazione concettuale, mentre gli altri non hanno mai superato la fase del prototipo, tanto che 7-8 di questi progetti furono esaminati dall'Enel



Small Modular Reactor

già 40 anni fa. Se di novità si deve parlare, essa riguarda le modalità di costruzione che, come indicato dalla sigla, sono realizzate per moduli, cioè parti di impianto assemblate in fabbrica e poi montate sul sito allo scopo di accorciare i tempi di costruzione e diminuire i costi. Ciò implica, però, che i reattori abbiano una potenza contenuta come il prototipo della NuScale, recentemente licenziato dalla NRC (Autorità di sicurezza USA), che sviluppa appena 77 MWe per cui, nel caso di potenze più elevate come quelle richieste nella produzione di energia elettrica, viene meno il concetto di economia di scala e quindi la redditività dell'impresa.

Diverso è il caso dei microreattori, sviluppati negli USA, che rappresentano una delle proposte che potremmo definire più "subdole" date le caratteristiche intrinseche di cui, sulla carta, sono dotati e che, sorprendentemente, vengono trascurate non solo dai politici, ma anche da ambientalisti e antinuclearisti.

Tecnicamente si presentano come un derivato della filiera Pwr (reattori ad acqua in pressione) di origine militare, ma con ibridazioni che rimandano ai reattori a gas e alla chimica degli accumulatori di calore. I più avanzati sono il modello "eVinci" della Westinghouse e i prototipi realizzati dall'Argonne national laboratory nell'ambito dei programmi di ricerca del DoE (Department of Energy degli Stati Uniti). Si tratta di reattori a fissione che usano combustibile arricchito fino al 20% (vale a dire 4-5 volte più elevato di quello dei reattori in esercizio¹); sono moderati a grafite e raffreddati ad elio in circolazione naturale (senza bisogno di pompe) ed hanno una potenza variabile appunto da 1 a 10 MWe. Le dimensioni di questi modelli sono tali da stare in un normale container da trasporto, sia su strada che per ferrovia, arrivando ad un peso massimo di 40 t per quelli più potenti. Il progetto di questi microreattori (detti anche "nuclear battery") è ispirato

1. Oltre la soglia di arricchimento del 20% l'uranio è considerato di interesse militare: anche se la realizzazione di ordigni nucleari richiede un ar-

ricchimento superiore al 90%, arrivare comunque al 20% richiede un maggiore dispendio di energia.

al concetto del "plug-and-play", cioè si attacca la spina e si mette in funzione come un normale elettrodomestico. Queste macchine sono completamente assemblate in fabbrica; hanno una vita utile tra di 30-40 anni; la manutenzione è a carico del fabbricante ed hanno tempi di installazione dell'ordine dei mesi.

Negli Usa, per motivi di sicurezza nazionale, il Dipartimento della Difesa ha messo a punto un programma operativo per rendere più sicuro ed affidabile il funzionamento di circa 500 basi dell'apparato militare statunitense attraverso l'uso di microreattori. In questo modo l'alimentazione di queste basi sarà resa indipendente dalla rete elettrica che potrebbe essere comunque soggetta a interruzioni e sabotaggi. Il primo di questi microreattori è stato assegnato alla base aeronautica di Eielson in Alaska e dovrebbe essere operativo nel 2027.

Ancora più esteso si presenta il campo di applicazione civili di questi reattori, spaziando dalle miniere alle comunità isolate, dalla produzione di energia elettrica, a quella di calore per usi industriali e civili, a quella della potabilizzazione e desalinizzazione delle acque. Se si pensa poi al settore della mobilità elettrica, la diffusione dei microreattori può risultare ancora maggiore dato che si prestano ad essere impiegati quali fonti di energia elettrica indipendente per alimentare le migliaia e migliaia di stazioni di ricarica per veicoli elettrici (auto e camion) che saranno



Microreattore

costruite nelle grandi vie di comunicazione. Qui si schiudono orizzonti impensabili per l'energia nucleare se appena la si collocasse nello schema concettuale che molti "esperti" (ambientalisti e non) propugnano come modello di produzione elettrica distribuita sul territorio, simbolicamente rappresentata dalla "Smart grid", cioè una rete "intelligente" che proprio in virtù di una produzione elettrica non più concentrata in grandi impianti, è in grado di regolare i flussi di energia in modo bidirezionale (dai nodi periferici al centro di una rete elettrica e viceversa). Concettualmente infatti non c'è nulla di più *feasible* di un microreattore nucleare per far funzionare una smart grid.

In questo sta la l'insidiosa "novità" del *nucleare che verrà* e a cui dovremo far fronte: non più la macchina imponente e minacciosa dei vecchi grandi reattori (anche se non scompariranno del tutto), ma un apparato di dimensioni ridotte e dalle architetture leggere in modo da renderlo più "friendly" e farlo entrare nel novero dei congegni tecnologici con cui le persone si relazionano quotidianamente, facendone una presenza discreta e non invadente: in poche parole, un nucleare "domestico".

Ma al di là di questi aspetti "accattivanti", i problemi di fondo comuni a tutta la tecnologia nucleare non cambiano, anzi: a parte il tema - ancora tutto da investigare - dei possibili incidenti, ciò che si aggrava e si complica è il problema delle scorie. Si aggrava perché l'estrema compattezza dei microreattori fa sì che tutto il reattore sia considerato come un unico grande rifiuto ad alta attività; si complica perché, ove mai questa tecnologia prendesse piede, ci troveremmo di fronte ad una vera e propria proliferazione nucleare, soggetta ad attentati, sabotaggi ed usi impropri che porta con sé, inevitabilmente, una militarizzazione del territorio senza precedenti. ●



Le "generazioni" del nucleare

La questione del nucleare è tornata di attualità con la crisi energetica. Nel luglio scorso il Parlamento Europeo ha approvato di fatto – respingendo una mozione contraria – l'inserimento del nucleare nella "tassonomia" (un elenco di attività economiche considerate sostenibili dal punto di vista ambientale) prevista dal *Green Deal* europeo. Non sono ovviamente mancate le polemiche né le critiche. Il report favorevole del JRC (*Joint Research Center*, l'ufficio per la scienza della Commissione europea) è stato commentato da gruppi di esperti (*Group of experts on radiation protection* e *Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks*) che, pur concordando sui risultati principali del JRC, hanno rilevato la sottovalutazione del rischio di incidenti, del problema dello smaltimento delle scorie e dell'impatto delle radiazioni sull'ambiente.

Ma di quale nucleare si parla? Dopo la fase pionieristica dei reattori di *prima generazione* del nucleare (anni '60 e '70) sono stati sviluppati reattori di *seconda e terza generazione* (la stragrande maggioranza di quelli attualmente in funzione), sempre più grandi per realizzare economie di scala, come quello di Montalto di Castro (chiuso dopo il referendum) e quello tristemente famoso di Fukushima in Giappone.

La *quarta generazione* è ancora allo stadio di progetto, prototipo, esperimento e dimostrazione perché non abbastanza matura da consentire un utilizzo industriale in sicurezza. Promette molto – minimizzare la produzione di scorie, abbassare i costi, aumentare il livello di sicurezza – ma richiede anche nuovi strumenti di valutazione dell'impatto economico e ambientale.

Francesca Meriggio

Stato e tendenze dei programmi nucleari nel mondo

Fare una valutazione dello sviluppo degli impianti nucleari nel mondo è un esercizio problematico per diversi motivi dovendo tener conto degli impianti in esercizio, di quelli in costruzione, di quelli pianificati e di quelli proposti che, salvo il caso di quelli in esercizio, presentano criteri di classificazione alquanto elastici, riferibili ad accordi o intese che non di rado restano solo sulla carta o vengono ridimensionati. Inoltre, tenuto conto che i tempi di costruzione medi di una centrale nucleare non sono inferiori agli otto anni, ha poco significato confrontare questi dati complessivi da un anno all'altro, per cui è preferibile prendere a riferimento un arco di tempo di almeno dieci anni. In questa breve nota vengono considerati i dati esposti dalla World Nuclear Association (WNA), non perché siano più attendibili di altri, ma perché provengono da una fonte non sospetta di ostilità verso il nucleare, così da non correre il rischio di sottostimare l'andamento complessivo.

Un rapido confronto tra i dati WNA del dicembre 2011 e quello dell'ottobre 2021 non mostra cambiamenti significativi; anzi, a fronte di un aumento dei reattori in esercizio pari ad 8 unità nel 2021, tutte le altre casistiche risultano in diminuzione con un marcato calo dei reattori pianificati che da 156 del 2011 passano a 101 nel 2021. Nello stesso arco di tempo i paesi interessati a costruire impianti nucleari diminuiscono da 48 a 42 facendo registrare le defezioni di Cile, Italia, Indonesia, Israele, Malesia, Corea del Nord, Vietnam, con la sola nuova presenza dello Uzbekistan. Un quadro tutto sommato stabile, semmai con qualche accenno di flessione che però, al suo interno, mostra delle polarizzazioni e alcune significative novità che saranno utili per interpretare le linee di tendenza dello sviluppo nucleare.

Da un punto di vista geo-politico risulta evidente il ruolo trainante di alcuni paesi asiatici (Cina, Corea, India) oltre a Russia e Pakistan che nel periodo considerato hanno messo in servizio complessivamente 50 nuovi impianti e ne mostrano altri 308 tra pianificati e proposti. Altrettanto evidente è la novità rappresentata dai paesi dell'area medio orientale (Emirati arabi, Arabia Saudita, Egitto, Giordania, Turchia) a cui sono attribuiti 30 nuovi impianti tra pianificati e proposti oltre ai 2 già in funzione negli Emirati arabi.

Per quanto riguarda il continente europeo (Russia esclusa) i dati della WNA non risultano del tutto aggiornati in quanto non tengono conto delle ultimissime dichiarazioni di intenti dei governi di alcuni paesi europei che stimano di voler costruire:

- Francia: 6 EPR (modello di punta della tecnologia francese) e 10 reattori SMR;
- Inghilterra: 4 EPR e 16 reattori da 460 MW;
- Polonia: 6 EPR oltre ad un numero imprecisato di SMR del tipo BWRX300 della General Electric;
- Romania: 2 reattori CANDU (reattore ad acqua pesante di progettazione canadese);
- 17 nuovi reattori suddivisi tra Lituania, Bulgaria, Ungheria, Ucraina, Bielorussia, Repubblica Ceca, Slovacchia, Slovenia.

Gli Stati Uniti infine, secondo i dati forniti dalla WNA, rappresentano la grande incognita di questa fase dal momento che, apparentemente, non risultano che pochi nuovi reattori in costruzione o pianificati ma, come vedremo, bisogna tener conto di altri fattori che non sono contemplati nelle tabelle della WNA.

In conclusione l'insieme dei reattori che a tutt'oggi risultano pianificati e proposti somma a circa 440 unità che se sommati a quelli in costruzione e in esercizio darebbero una cifra molto vicina a 1000: è il numero auspicato dalla WNA nelle sue proiezioni al 2050, numero che però non è del tutto attendibile in quanto occorre considerare che molti di questi reattori pianificati non saranno mai realizzati e che, inoltre, numerosi reattori oggi in funzione saranno chiusi (nel decennio considerato sono stati messi fuori servizio 45 reattori) per raggiunti limiti di età (sempre che non ne venga prolungata la vita utile come, peraltro, è già successo in Francia e negli Usa).

Quali sono dunque le chances di una ripresa effettiva del nucleare e su quali basi poggiano? Per tentare di comprenderlo occorre tener conto di diversi fattori che, oltre ad esaminare le annunciate novità del nucleare da un punto di vista tecnologico, lo pongano in relazione all'attuale contesto socio-politico ed in particolare alle scelte di politica energetica e industriale che rappresentano i punti fondamentali dell'agenda politica internazionale. Tra queste strategie occupa sicuramente un posto di rilievo la decisione della Commissione Europea di inserire il nucleare (ma anche il gas naturale) fra le "attività transitorie" riconosciute nella tassonomia dell'Unione Europea come attività che contribuiscono alla mitigazione degli effetti dovuti ai cambiamenti climatici e che, quindi, possono essere finanziabili subordinatamente al rispetto di specifici requisiti prescritti dal regolamento di applicazione della UE.

Giorgio Ferrari