



Il Brasimone, centro di eccellenza internazionale per la ricerca nucleare

Oggi il Centro ENEA del Brasimone è un centro di eccellenza a livello internazionale sulle tecnologie per il nucleare del futuro, soprattutto sulle tecnologie dei metalli liquidi, e si caratterizza per la sua particolare predisposizione culturale e strumentale per le tecnologie innovative.

DOI 10.12910/EAI2023-064



di **Mariano Tarantino**, *Responsabile della Divisione Sicurezza e Sostenibilità del Nucleare ENEA*

Quando ci si avvicina al Centro ENEA del Brasimone, la prima cosa che si nota è la “cupola” del reattore, come un monolite incastonato fra i monti dell’Appennino tosco-emiliano e il lago. È una vista che la-

scia affascinati, come se quell’opera concepita dall’uomo per governare le leggi della natura, non potesse che essere costruita altro che lì. Eppure, è un’opera incompiuta, testimone di quello che l’Italia era quasi riuscita a diventare, ovvero un

Paese all’avanguardia nel nucleare, una delle tecnologie più sfidanti della storia dell’uomo.

Il reattore PEC “Prova Elementi Combustibili” non è mai stato ultimato. Dopo l’incidente di Chernobyl l’Italia ha abbandonato il proprio



Contenimento del Reattore PEC in fase di installazione

programma nucleare, e con esso il PEC. Questo però non ha minato la vocazione ad innovare del Centro e dell'ENEA, e la determinazione nel guardare al futuro, di tutti i ricercatori e i tecnici che lavorano presso il Brasimone.

Abbandonata la politica di produzione di energia elettrica da fissione, **dopo il referendum del 1987 iniziò un processo di riconversione delle risorse umane e strutturali, orientando le attività del Centro prevalentemente verso la tecnologia della fusione termonucleare controllata; ciò ha permesso di realizzare ulteriori investimenti che hanno profondamente modificato il Centro e le sue capacità operative, dotandolo di ulteriori infrastrutture, impianti e laboratori per ricerche tecnologiche, talora in grado anche di applicare le competenze a settori completamente diversi.**

Quello del Brasimone è quindi diventato un Centro di Ricerca, proiettato verso il futuro, a vocazione internazionale.

Perché il Brasimone è un centro di eccellenza a livello internazionale

Oggi il Centro ENEA del Brasimone è un centro di eccellenza a livello internazionale sulle tecnologie

per il nucleare del futuro, soprattutto sulle tecnologie dei metalli liquidi, e si caratterizza per la sua particolare predisposizione culturale e strumentale per le tecnologie innovative.

Ma cerchiamo di capire come mai e perché il Brasimone è un centro di eccellenza a livello internazionale.

Come noto, oggi sul tema dell'energia si gioca una partita dirimente per il futuro dell'Italia e dell'Europa: in un contesto globale di rilancio dell'energia nucleare da fissione (in attesa della fusione nucleare), necessaria alla decarbonizzazione del mix energetico e quindi alla transizione energetica della nostra società entro il 2050, non si può prescindere da un'analisi complessiva del ciclo nucleare focalizzandosi soprattutto sul miglioramento dell'efficienza del combustibile e sulla gestione/minimizzazione delle scorie radioattive a lunga vita.

Su questo ENEA ha lavorato negli ultimi 20 anni, creando una forte sinergia fra la vocazione sperimentale del Brasimone e quella progettuale e di analisi a Bologna. L'utilizzo nel medio-lungo termine di sistemi nucleari a spettro veloce, unitamente all'adozione di cicli del combustibile chiusi, sono considerati requisiti fondamentali ed imprescindibili di sostenibilità di questa forma di energia, sia in termini di disponibilità di materie prime sia di gestione dei rifiuti radioattivi. Infatti, come dimostrato da innumerevoli studi internazionali di analisi di scenario, effettuati in ambito OECD-NEA, IAEA, Euratom, ecc., cicli del combustibile avanzati che includano sistemi nucleari a spettro veloce critici; nonché tecniche di separazione del combustibile esaurito e trasmutazione degli attinidi, permettono un utilizzo più efficiente del combustibile nucleare. Ciò consente la mi-

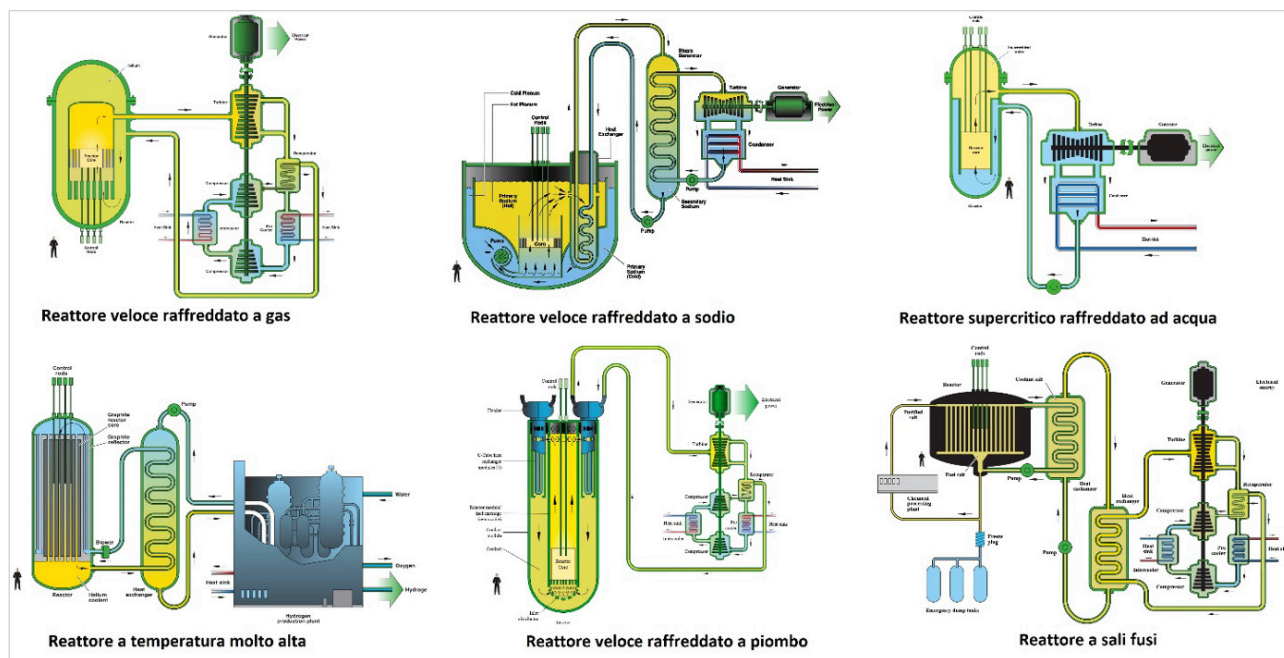
nimizzazione dei volumi e dei tempi di decadimento dei rifiuti radioattivi ad alta attività e, più in generale, la drastica riduzione dei requisiti del deposito geologico e una riduzione dei rischi di proliferazione, qualora vengano adottate opportune strategie di riciclo del combustibile che, in ogni punto del ciclo, evitino la separazione del plutonio dagli attinidi minori.

Tralasciando, in questa sede, le complesse strategie e scelte tecnologiche dell'intero ciclo del combustibile e limitandosi ai soli sistemi nucleari a spettro veloce in cui "bruciare" in maniera efficiente il combustibile, è noto che essi differiscono principalmente per il tipo di refrigerante primario. Dovendo evitare in un sistema veloce la presenza di materiali che assorbano o moderino i neutroni, le possibili scelte di fluido refrigerante primario sono tre: il gas, il sodio, i metalli liquidi pesanti (e in particolare il piombo).

Una soluzione vincente

Vale la pena ricordare che a questi tre refrigeranti primari corrispondono gli altrettanti sistemi nucleari a spettro veloce selezionati dal Generation IV International Forum e i tre concetti proposti in ESNII, la European Sustainable Nuclear Industrial Initiative della Sustainable Nuclear Energy Technology Platform europea.

I sistemi nucleari raffreddati a metallo liquido pesante (piombo) sono per ENEA la soluzione vincente. Negli ultimi 20 anni la tecnologia del piombo è stata ampiamente studiata e sviluppata in Europa e, in particolare, in Italia grazie a un considerevole numero di programmi finanziati dalla Commissione Europea e per molti anni (fino al 2018) nell'ambito dell'Accordo di Programma fra ENEA e MSE.



Le sei tecnologie candidate per la quarta generazione di reattori nucleari. Il fluido di raffreddamento utilizzato, cruciale nel processo di asportazione del calore dal nocciolo del reattore, rappresenta una delle principali differenze

Infatti, il vantaggio offerto dai metalli liquidi pesanti, quali il piombo, è di non reagire con l'acqua e con l'aria e di avere una temperatura di ebollizione di oltre 1700°C, consentendo semplificazioni impiantistiche che permettono un abbattimento dei costi a parità di prestazioni (es. potenza elettrica prodotta). Esistono problemi di compatibilità dei materiali strutturali a contatto con i metalli liquidi pesanti, ma negli ultimi anni si sono fatti enormi progressi nella direzione della mitigazione/soluzione del problema. Inoltre, grazie alle ridottissime sezioni d'urto di assorbimento neutronico e perdita di energia per scattering elastico, l'utilizzo del piombo come refrigerante primario permette di spaziare le barrette dell'elemento di combustibile molto di più che nel caso di altri refrigeranti (il rapporto passo/diametro della barretta di un elemento di combustibile di un reattore raffreddato a piombo è molto simile

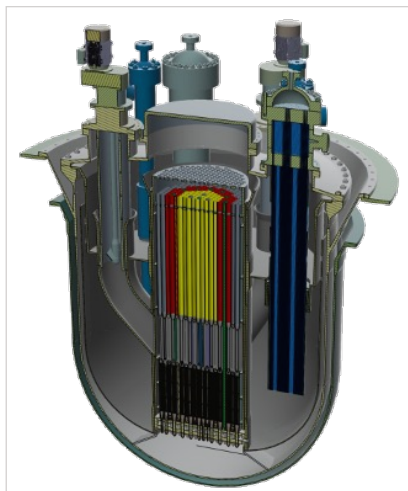
a quello dei reattori ad acqua). Ciò consente, da un lato di ridurre l'altezza del vessel, pur mantenendo grande capacità di asportazione del calore residuo in circolazione naturale, e dall'altro, di aumentare la portata primaria con conseguente possibilità di ridurre il salto termico attraverso il nocciolo, ottenendo quindi, potenze elevate con bassi salti termici. In tal modo si può prevedere una temperatura di uscita nocciolo di 480 °C pur in presenza di una elevata temperatura d'ingresso (circa 400 °C), imposta dall'alta temperatura di fusione del piombo. Questo regime termico permette di limitare i problemi di corrosione/erosione dei metalli liquidi pesanti e poter prendere in considerazione, nel breve termine, materiali commercialmente disponibili, senza lunghi tempi di R&S, consentendo al contempo efficienze non inferiori al 40%.

ENEA all'avanguardia nei reattori refrigerati a piombo liquido

Una volta risolti alcuni punti salienti della tecnologia del piombo, che costituiscono l'oggetto dei programmi di R&S portati avanti in Italia da ENEA e dai suoi partner, sarà possibile, in linea di principio, realizzare un impianto dimostrativo di un sistema veloce raffreddato a piombo in tempi (2030-2035) congruenti con quelli previsti dai programmi per la transizione energetica e gli obiettivi di decarbonizzazione entro il 2050.

Su questa tecnologia nucleare, nota come reattori refrigerati a piombo liquido (Lead-cooled Fast Reactor – LFR), l'Italia, tramite ENEA, è all'avanguardia.

Questi reattori oltre che sostenibili sono estremamente sicuri. I sistemi LFR, grazie alle caratteristiche fisiche del piombo, sono capaci di garantire la presenza del refrigerante in qualsiasi condizione incidentale, conservando la capacità di



Dimostratore Europeo del Reattore Veloce Avanzato al Piombo (ALFRED): rappresentazione del sistema primario del reattore, la parte in cui avviene la produzione del calore utilizzato per generare energia elettrica

poter raffreddare il nocciolo in ogni condizione, preservando l'integrità delle barriere ingegneristiche che imprigionano gli elementi radioattivi, prevenendone qualsiasi rilascio. Tali sistemi nucleari possono essere progettati in modo da consentire sempre l'instaurarsi della circolazione naturale che, anche in caso di blackout, continuerebbe a garantire il raffreddamento del reattore. **Tutte queste caratteristiche rendono estremamente sicura la tecnologia LFR, confidando esclusivamente su meccanismi intrinseci al reattore e su sistemi passivi, entrambi estremamente affidabili.**

Inoltre, grazie al potenziale di sicurezza garantito dall'utilizzo del piombo quale refrigerante, i sistemi LFR sono ideati e progettati per essere semplici. Ciò consente di ridurre la complessità e le dimensioni dell'impianto, dunque dei costi di approvvigionamento, installazione e manutenzione.

L'ENEA da sempre collabora con l'industria italiana nel settore, in primis Ansaldo Nucleare. Con Ansaldo

è stato sviluppato il DEMO ALFRED "Advanced Lead-cooled Fast Reactor European Demonstrator", da realizzarsi in Romania in collaborazione con RATEN-ICN, centro di ricerca nucleare rumeno, che con ENEA e Ansaldo ha dato vita al Consorzio FALCON "Fostering ALFRED Construction".

FALCON, tramite i fondi infrastrutturali europei messi a disposizione dal governo rumeno, sta realizzando una *Research Infrastructure* unica al mondo a supporto dello sviluppo tecnologico di ALFRED, con investimenti già stanziati di 23 M€ e ulteriori 100 M€ per il triennio 2024-2026, e l'obiettivo di realizzare ALFRED entro il 2035.

Recentemente ha visto la luce un nuovo accordo dedicato al potenziamento di FALCON in Romania, coinvolgendo oltre ENEA, Ansaldo e RATEN-ICN, anche SCK-CEN, centro di ricerca nucleare belga e leader sulla tecnologia degli ADS, e Westinghouse, player internazionale sulla tecnologia nucleare per la produzione di energia elettrica. L'obiettivo dell'accordo è potenziare la partnership di FALCON e ridurre la roadmap su una filiera commerciale di LFRs.

L'accordo con newcleo

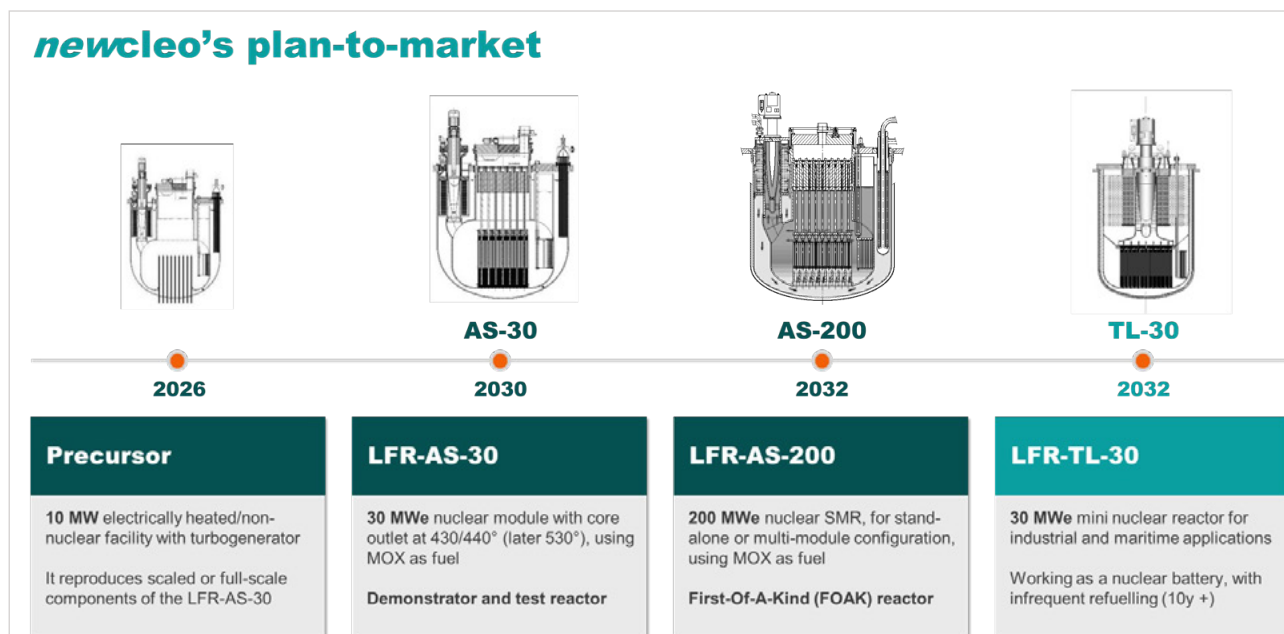
In ultimo ENEA, grazie al suo know-how e alle sue infrastrutture di ricerca situate al Brasimone, ha realizzato un accordo newcleo con la quale si sta avviando il passaggio di consegne fra mondo della ricerca e industria, con una novità mai vista in campo nucleare: finanziamenti completamente privati cosa che rende evidente la maturità tecnologica dei reattori raffreddati a piombo. newcleo si propone infatti di sviluppare i primi prototipi di reattori refrigerati a metallo liquido pesante entro il 2032-2033 e, succes-

sivamente, di commercializzarli a livello internazionale per sostituire gli attuali reattori nucleari di II e III generazione.

La collaborazione prevede, in particolare, la realizzazione di un prototipo elettrico del sistema LFR, senza l'uso di materiali radioattivi o combustibile nucleare, che permetta di studiare a fondo le prestazioni termo-fluidodinamiche, meccaniche e funzionali. ENEA metterà a disposizione infrastrutture, competenze e professionalità presenti nel suo Centro Ricerche del Brasimone per le attività di analisi della sicurezza, formazione e sperimentazione. Nell'ambito dell'accordo, inoltre, saranno implementate nuove infrastrutture di ricerca, favorendo, ove possibile, l'utilizzo e il rifacimento delle hall sperimentali e dei laboratori attualmente presenti, con investimenti da parte di newcleo che potranno superare i 50 -70 milioni di euro.

A livello operativo, è stato istituito un gruppo di lavoro con personale ENEA e newcleo che si scambierà informazioni e conoscenze e svilupperà congiuntamente apparecchiature e codici tecnologici. Oltre alla stretta cooperazione tra il personale scientifico, la collaborazione prevede l'allineamento di programmi sperimentali su sistemi nucleari innovativi, l'assistenza reciproca nella progettazione, la simulazione numerica e la costruzione di componenti chiave, sistemi e impianti.

Gli impianti nucleari veri e propri saranno poi realizzati in Francia e Regno Unito, due Paesi nucleari che hanno dimostrato ampio interesse a newcleo. Non a caso, la società ha il suo quartier generale a Londra (mentre in Italia, a Torino risiede il gruppo di progettazione) e una filiale in Francia che si sta dedicando alla realizzazione di una fabbrica per



Roadmap newcleo per la commercializzazione degli LFRs

il combustibile nucleare per reattori generazione IV che prevede di riciclare interamente l'uranio e il plutonio esistente senza alcuna attività di miniera.

In Italia si fa progettazione e ricerca e sviluppo, e si fa in ENEA al Brasimone a testimoniare il valore aggiunto che un Centro come questo può fornire ad un'industria dalle grandi ambizioni.

Non solo fissione

Il Brasimone però non è solo fissione. ENEA sta investendo, insieme alla Regione Emilia Romagna e alla Città Metropolitana di Bologna per il rilancio del C.R. ENEA del Brasimone, che nei prossimi anni potrà giocare un ruolo importante per lo sviluppo del territorio, come centro di nucleazione per nuove tecnologie, per supportare il trasferimento tecnologico e fare partnership pubblico-privato. Si lavora alla creazione di un centro di ricerca che, già

di caratura internazionale, diventi un polo di attrazione per giovani ricercatori, start-up, investitori nel settore delle nuove tecnologie.

In questo contesto ENEA sta investendo molto sulla fusione nucleare, giocando un ruolo di rilevanza internazionale sullo sviluppo delle tecnologie dei breeding blanket (mantello fertilizzante che circonda la camera a vuoto che contiene il plasma, e provvede alla generazione del combustibile e alla rimozione di parte della potenza generata per la produzione di energia elettrica).

Si sviluppano inoltre progetti finanziati dalla Regione:

- **SORGENTINA-RF** per la **produzione di radio-farmaci** mediante tecnologie derivate dal nucleare; il progetto è in fase di implementazione e potrebbe contribuire in maniera sensibile, una volta completato, alla fornitura di radio-farmaci per il Nord Italia;
- **LINCER**, per lo sviluppo di un

laboratorio di caratterizzazione di sorgenti neutroniche compatte per **applicazioni industriali e medicali** (esempio applicazioni di sorgenti neutroniche per terapia radiativa intraoperatoria);

- **EXADRONE** che realizza in Appennino un Centro di Eccellenza Permanente per la progettazione meccanica ed elettronica, attrezzato per la realizzazione e sperimentazione di droni industriali customizzati, perfezionati per operazioni di controllo e monitoraggio in ambienti critici, anche nucleari.

Infine, il Brasimone si propone come Centro per la progettazione e validazione di tecnologie nucleari per applicazioni spaziali per la generazione di energia elettrica nelle missioni di esplorazione lunare. Questo tramite un recente accordo siglato con ASI che ha visto l'avvio delle attività nel 2022.