

SCHEMA TECNICA

Che cosa è la fusione nucleare

La Fusione è la sorgente d'energia del sole e delle stelle. Riprodurre questo meccanismo sulla terra per ottenere energia in modo sicuro, pulito e rispettoso dell'ambiente è la grande sfida che sta impegnando la comunità scientifica di tutto il mondo nei grandi progetti internazionali **ITER, Broader Approach e DEMO** che coinvolgono laboratori, università, istituzioni e centri di ricerca dei paesi **dell'Unione Europea (più la Svizzera), India, Corea del Sud, Cina, Giappone, Stati Uniti e Russia.**

L'obiettivo della ricerca sulla fusione è di dimostrare la fattibilità di questo processo per ottenere grandi quantitativi di energia elettrica per soddisfare le necessità di una popolazione mondiale in forte crescita, sostituire i combustibili fossili e raggiungere i target di decarbonizzazione, attraverso una tecnologia economicamente competitiva, innovativa e sostenibile.

Un processo sicuro, opposto al nucleare da fissione

La fusione nucleare si basa su un processo del tutto diverso e opposto a quello della fissione, **senza rischi e senza produrre scorie**. L'energia scaturisce dall'unione di due nuclei di elementi molto leggeri quali ad esempio l'idrogeno, e i prodotti della reazione sono un neutrone e un gas nobile ampiamente utilizzato nella vita quotidiana, l'elio.

Nella fissione, ovvero nel nucleare tradizionale, l'energia viene invece generata dall'urto fra un neutrone e nuclei di atomi molto pesanti (fissili, quali l'uranio) che si rompono in frammenti più piccoli e producono scorie radioattive.

L'assenza di scorie radioattive esclude la possibilità di incidenti che coinvolgano la popolazione ed eventuali criticità future da materiali residui. L'unico materiale radioattivo è all'interno della camera di reazione che non ha contatti con l'esterno. Inoltre, la fusione non produce gas serra ed è quindi una tecnologia che supporta il contrasto al cambiamento climatico e il raggiungimento degli obiettivi di riduzione. Si tratta inoltre di una fonte praticamente inesauribile, data l'estrema abbondanza della 'materia prima' utilizzata: l'acqua.

Per questi motivi è possibile affermare che la fusione costituisce un processo intrinsecamente sicuro, pulito e inesauribile.

La ricerca sulla fusione, inoltre, ha portato allo **sviluppo di tecnologie innovative applicabili nel campo della salute, dei materiali hi-tech e della difesa del territorio**. Fra i vantaggi della fusione vi sono quindi:

- **abbondanza ed economicità dei combustibili, facilità di estrazione, distribuzione geografica omogenea**
- **assenza di scorie**
- **rispetto dell'ambiente e zero impatto da estrazione dei combustibili**
- **assenza di emissioni di gas a effetto serra**

- **sicurezza intrinseca**
- **sviluppo di tecnologie innovative applicabili in numerosi campi**

Come avviene la fusione

Ad oggi per riprodurre il meccanismo che accende gli astri, la ricerca scientifica utilizza una macchina denominata **Tokamak**, di forma toroidale, caratterizzata da un involucro cavo, con all'interno un'apposita 'camera di reazione' rivestita da un mantello costituito da contenitori di litio, un metallo presente in abbondanza sulla terra. Fra le diverse configurazioni magnetiche studiate (Stellarator, Tokamak etc) il Tokamak si è dimostrato la soluzione tecnologica più efficace per la sua stabilità e capacità di assicurare i lunghi tempi di confinamento necessari a mantenere il plasma in condizioni di temperatura e densità sufficientemente lunghe per farle collidere e fondersi.

La reazione di fusione viene riprodotta all'interno del Tokamak utilizzando il litio presente nel rivestimento, il deuterio, una forma di idrogeno di cui è ricca l'acqua di mare (30 g/m³) e il trizio, generato direttamente all'interno del Tokamak, in un ciclo chiuso. Deuterio e trizio vengono immessi nella camera di reazione e portati a temperature di 200 milioni di gradi, oltre dieci volte l'interno del sole, trasformandosi in un composto di particelle cariche separate, nuclei ed elettroni, ovvero in *plasma*. Per arrivare a questo risultato si impiegano sistemi altamente sofisticati, basati sull'uso di onde elettromagnetiche o di fasci di particelle neutre.

Per evitare che le particelle di plasma si muovano disordinatamente, urtando e danneggiando le pareti, perdendo energia preziosa e, di conseguenza, inibendo la reazione di fusione, intorno alla camera di reazione all'interno del Tokamak vengono collocati grandi magneti che hanno il compito di produrre campi magnetici in grado di 'confinare' il plasma. Il passaggio dalla reazione di fusione alla produzione di energia elettrica avviene attraverso i neutroni generati dall'unione fra il deuterio e il trizio: l'energia dei neutroni viene depositata all'interno del mantello della camera di reazione dove viene trasformata in vapore che alimenta una gigantesca turbina per produrre energia elettrica. L'elio che residua nei diversi passaggi del processo viene smaltito senza problemi.

La caratteristica fusione è la capacità di autosostenersi grazie all'energia prodotta nella fusione stessa; tuttavia, il processo va costantemente alimentato iniettando gas di deuterio e trizio nella camera di reazione e rimuovendo l'elio prodotto. Infatti, se l'iniezione cessa, la reazione si spegne immediatamente. Da qui l'intrinseca sicurezza del sistema.

I progetti internazionali

ITER è l'International Thermonuclear Experimental Reactor, un progetto al quale partecipano Cina, Giappone, India, Corea del Sud, Russia, USA e UE, Svizzera compresa, per realizzare un impianto sperimentale per dimostrare la fattibilità della produzione di energia da fusione. L'impianto è in fase avanzata di costruzione a Cadarache, in Francia con un investimento di 20 miliardi di Euro e l'obiettivo di produrre 500 MW di potenza di fusione.

Il progetto **Broader Approach** vede insieme Europa e Giappone per la realizzazione della macchina da fusione "JT60-SA". L'obiettivo è di affiancare la sperimentazione di ITER con attività complementari, per accelerare la realizzazione dell'energia da fusione. L'ENEA partecipa con la progettazione e la realizzazione di metà del magnete toroidale e del sistema di alimentazione.

DEMO E' il reattore che dopo il 2050 dovrà produrre e immettere in rete energia elettrica da fusione nucleare. L'Europa lo sta progettando così come altri paesi quali ad esempio la Cina.

DTT, il centro di eccellenza italiano Nel campo della fusione, il nostro Paese sta portando avanti il Divertor Tokamak Test facility (DTT), un'infrastruttura che si pone quale "anello" di collegamento tra ITER e DEMO. Si tratta di un polo scientifico-tecnologico di eccellenza internazionale da realizzare presso il Centro di ricerche ENEA di Frascati che darà vita a 1500 posti di lavoro direttamente e nell'indotto e ad un ritorno di 2 miliardi di euro, a fronte di un investimento di circa 500 milioni di euro. L'obiettivo è di fornire risposte scientifiche e tecnologiche ad alcune problematiche del processo di fusione, come la gestione delle elevatissime temperature. Il progetto coinvolge molte tra le più prestigiose istituzioni di ricerca e Università italiane.

Le prospettive per l'occupazione e per l'industria

Ad oggi la ricerca sulla fusione e la partecipazione ai progetti ITER e Broader Approach ha portato oltre un miliardo di euro di commesse alle imprese italiane coinvolte, oltre il 60% del valore totale delle commesse europee. E l'obiettivo è di generare nuovi contratti per altre centinaia di milioni di euro nei prossimi anni. Lavorano direttamente nel campo della fusione o nell'indotto aziende come Angelantoni Test Technologies, ASG superconductors, CECOM, Delta TI, Ansaldo, Mangiarotti, OCEM Energy Technology, SIMIC, Walter Tosto, Tratos, Criotec, Zanon solo per citarne alcune.

La ricerca ENEA sulla fusione

L'ENEA con i Centri di Ricerca di Frascati e del Brasimone è un punto di riferimento internazionale per la fusione, tra i primi a realizzare impianti per lo studio dei plasmi a confinamento magnetico e macchine come il Frascati Tokamak (FT) e il Frascati Tokamak Upgrade (FTU). Contributi sostanziali sono stati forniti nei campi della superconduttività, dei componenti interfacciati al plasma, della neutronica, della sicurezza, del remote handling e della fisica del plasma. Negli ultimi 20 anni, dalle attività sulla fusione sono nati oltre 50 brevetti. L'Agenzia coordina il programma nazionale di ricerca sulla fusione e il Consorzio ICAS (Italian Consortium for Applied Superconductivity) che ha un ruolo attivo nella produzione di componenti per Broader Approach e ITER.