

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Nuovo nucleare da fissione Studi in ambito internazionale

Obiettivi

Scopo del Progetto è la conduzione di attività e studi concernenti le partecipazioni a gruppi e comitati internazionali e accordi bilaterali, relativamente ai reattori attuali e innovativi di varia taglia, compresi Small Modular Reactor (SMR).

Nell'ambito del Progetto è inoltre prevista la conduzione di studi relativi all'incidente nucleare di Fukushima, alla significatività degli stress test e allo stato di sviluppo dei reattori EPR in costruzione.

Gli obiettivi specifici individuati sono:

- supporto al Ministero dello Sviluppo Economico per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti ed accordi internazionali;
- partecipazione a comitati e gruppi internazionali;
- rafforzamento dell'accordo bilaterale di collaborazione con il CEA e con l'IRSN;
- consolidamento della partecipazione all'Halden Reactor Project;
- studio di scenari per un ipotetico futuro impiego di reattori nucleari di diversa taglia e relative valutazioni economiche.

Risultati

Supporto al Ministero dello Sviluppo Economico per studi di scenario e partecipazione a gruppi e comitati nazionali e internazionali

L'ENEA ha garantito il supporto al MSE per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti e accordi internazionali nel campo del nuovo nucleare da fissione, garantendo:

- Supporto tecnico-scientifico alla Direzione Generale Energia e Risorse Minerarie MSE;
- Presidio delle attività istituzionali internazionali su energia nucleare, sicurezza e salvaguardie nucleari, e partecipazione ai

relativi Comitati e Gruppi di Lavoro nazionali e internazionali;

- Supporto per la definizione del posizionamento nazionale nell'ambito del VII Programma Quadro Europeo (parte Euratom).

Partecipazione a comitati e gruppi di lavoro internazionali

È stata prodotta una ricognizione di tutti i comitati e i gruppi di lavoro internazionali in cui sono presenti delegati ENEA.

Inoltre, su richiesta del MSE si sono implementate le seguenti attività:

- *Analisi dell'evento incidentale di Fukushima.* L'ENEA, attivatasi immediatamente per lo studio in tempo reale dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima, ha proseguito le proprie analisi sull'evento e sulle sue conseguenze, promuovendo tra l'altro una giornata di studio rivolta alla comunità nucleare nazionale un anno dopo l'incidente;
- *Analisi degli "stress test" approvati dall'ENSREG.* Sono state analizzate le tappe principali che hanno condotto alle procedure adottate dalla Comunità Europea e da alcuni paesi limitrofi e i risultati degli "stress test" conseguiti nei vari paesi;
- *Studi relativi allo stato di avanzamento dei reattori EPR.* Sono stati analizzati gli stati di avanzamento dei tre cantieri di costruzione: due in Europa, in ritardo; uno in Cina, con avvio come previsto nel 2013.

Studi di scenario

Le attività hanno riguardato:

- *Il ciclo del combustibile nucleare: confronto tra ciclo aperto in reattori termici e ciclo chiuso in reattori veloci a piombo.* Indubbi vantaggi del ciclo chiuso sono la diminuzione delle risorse di uranio da utilizzare e la riduzione di massa (e volume)

del combustibile da stoccare nel deposito geologico. La radiotossicità totale per unità di energia è ridotta, nel lungo termine, di circa 100 volte.

- *Mix energetici con bassa emissione di gas serra.* Sono stati analizzati i costi connessi all'attuazione della EU Roadmap 2050 per l'azzeramento delle emissioni di gas serra nel settore elettrico per l'anno 2050. Sono state quantificate le conseguenze per un sistema elettrico con rilevante percentuale di fonti intermittenti, con particolare riferimento alla situazione italiana. I risultati mostrano i benefici determinati dall'introduzione nel mix della fonte nucleare in termini di minori emissioni, abbassamento del costo del kWh e garanzia di raggiungimento dell'obiettivo prefissato.
- *Rapporto sull'impatto dell'energia nucleare su sostenibilità ed economicità per varie opzioni di mix energetici e studio delle variabili macroscopiche energetico-ambientali.* Sono stati considerati gli aspetti economico-finanziari dell'impiego di SMR in diversi scenari di mix di energie rinnovabili, studiando l'effetto sul mercato elettrico italiano di una centrale nucleare SMR da 500 MWe accoppiata con un parco eolico da 500 MWe, più un sistema di stoccaggio di energia ad aria compressa. I risultati dimostrano l'efficacia di tale scenario per la riduzione del prezzo dell'energia elettrica per i cittadini, nelle ore di punta.

- *Rapporto sull'impatto dell'energia nucleare su sostenibilità ed economicità per varie opzioni di mix energetici, con relativi scenari economici.* Sono stati analizzati i diversi scenari per la generazione di energia elettrica in Italia al 2050, compatibili con gli obiettivi di de-carbonizzazione della Energy Roadmap 2050, e i relativi costi.

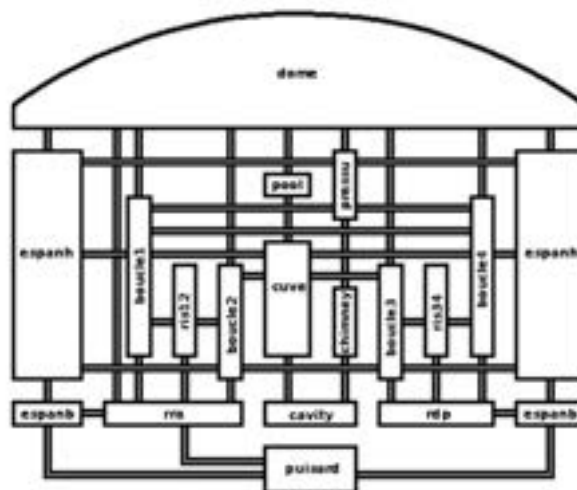
Studi nell'ambito di accordi bilaterali

Collaborazione con IRSN

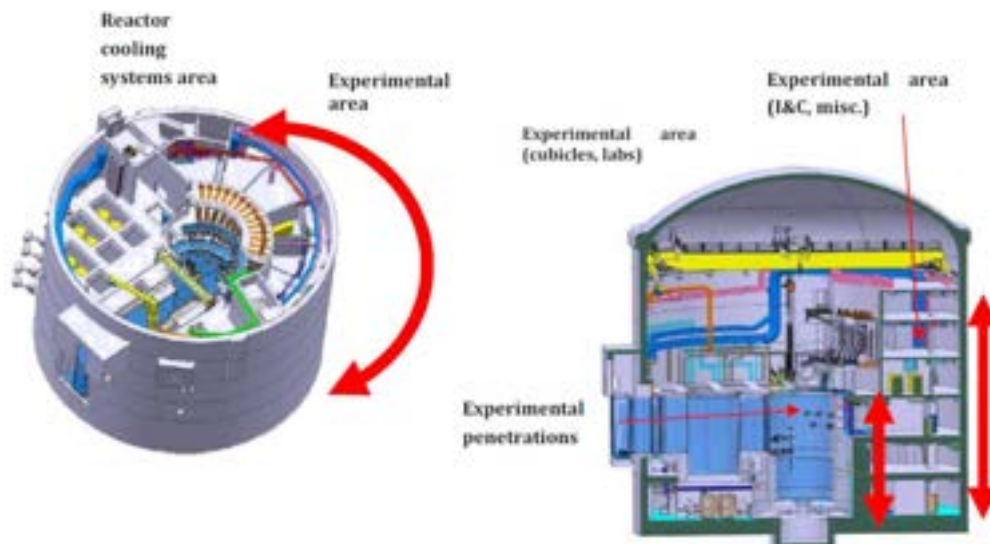
La collaborazione tra ENEA e IRSN, iniziata nel 2011, verte principalmente sul tema della simulazione di reattori nucleari ad acqua in pressione ai fini della valutazione della sicurezza di impianto, in particolare sullo sviluppo del simulatore SOFIA. Nella presente annualità, l'ENEA ha collaborato al miglioramento del modello dell'edificio di contenimento per la configurazione del simulatore SOFIA a 4 loop da 1300 MWe basata su codice CATHARE 2.

Accordo con CEA

La collaborazione tra ENEA e CEA si è incentrata su temi legati allo sviluppo dell'impianto sperimentale Jules Horowitz Reactor (JHR) in costruzione a Cadarache (Francia) da parte di un consorzio internazionale (comprendente anche l'UE) sotto l'egida dell'OECD/NEA.



Nodalizzazione dell'edificio di contenimento di un PWR 1300 MWe della filiera francese con codice CATHARE 2



Aree sperimentali del Jules Horowitz Reactor

L'ENEA partecipa, secondo varie forme di collaborazione, direttamente con i propri ricercatori e attraverso le singole Università italiane, con attività di termoidraulica, neutronica e sistemi di controllo per le facilities sperimentali. È stato sviluppato un impianto termoidraulico di piccola taglia con caratteristiche prototipiche degli impianti ad alta pressione e temperatura (180 bar, 360 °C), che sarà destinato ad attività sperimentali, con finalità formative e di supporto, anche in stretta collaborazione con le Università. Si sono implementati studi sui rivestimenti di materiali strutturali adottati per migliorare la resistenza alla corrosione da metalli liquidi pesanti. L'attività ha riguardato la simulazione, mediante il codice termomeccanico agli elementi finiti CAST3M, delle tensioni generate da carichi termici a simmetria assiale su rivestimenti depositati su acciaio. Nell'ambito del progetto europeo NESC-7 sullo studio degli effetti del "Warm Pre-Stressing" (WPS) applicato al vessel di reattori nucleari soggetti a transitori termici severi come i PTS (Pressurized Thermal Shocks), l'ENEA ha collaborato con il CEA nella simulazione di uno dei test sperimentali effettuati presso la sua sede di Saclay. Un altro obiettivo è stato dotare il codice di calcolo CAST3M di uno strumento completo di analisi che accoppi al modulo termo-igrometrico già esistente (HTCTRAN), un modulo in grado di valutare la risposta termo-meccanica di un calcestruzzo sottoposto

sia a carichi meccanici che a sollecitazioni di indotte dalla termica. Infine, si è esaminato l'impatto del tipo di combustibile sulle caratteristiche di sicurezza intrinseche di reattori veloci al sodio. Le risposte ai diversi transitori sono stati esaminati per combustibile metallico ed ossido.

Collaborazioni internazionali per studi su SMR

È stato esplorato lo stato dell'arte sulla tecnologia Small Modular Reactor (SMR), che può rappresentare una concreta opzione sostenibile nel contesto del dopo-Fukushima e della crisi finanziaria planetaria. Lo studio effettuato ha prodotto una rassegna aggiornata delle principali offerte presenti sul mercato e sui progetti di ricerca in corso, comprendente le possibili chiavi di successo sul mercato globale futuro.

Partecipazione ad attività, gruppi e comitati internazionali

Iniziative EURATOM: SNETP, ESNII, EERA

Scopo dell'attività è stata la partecipazione ai comitati e gruppi di lavoro internazionali. Nel più ampio contesto del Progetto EERA JPNM, sono state svolte prove sperimentali di diffusione neutronica ai piccoli angoli e diffrazione neutronica presso il Reattore ad Alto Flusso dell'Institut Max Von Laue - Paul Langevin (ILL) di Grenoble su materiali di interesse per il nucleare da fissione.

Partecipazione a comitati e gruppi internazionali

L'attività, svolta in sinergia con il CIRTEN, ha riguardato la partecipazione a gruppi tecnici nei vari comitati internazionali (AIEA, OECD-NEA, GIF, IFNEC ecc.) in diversi settori del nucleare. Si è inoltre studiato lo schema di procedura del NESA, con l'identificazione di un possibile NES (Nuclear Energy System) d'interesse nazionale (NESA_Italia).

Partecipazione al progetto Halden Reactor Project

È continuata la partecipazione dell'ENEA al Progetto internazionale dell'OECD/NEA Halden Reactor Project (HRP). In tale ambito si è collaborato allo sviluppo di una tecnica di modellazione, il Multilevel Flow Modeling (MFM), utilizzata per monitoraggio, diagnostica e prognostica ai fini della sicurezza per impianti attuali e futuri. I risultati generali sin qui ottenuti serviranno come base per applicazioni future a impianti reali. Parallelamente si è investigato il problema della chiusura del gap nella camiciatura di una barra di combustibile. Per analizzare tale fenomeno è stato condotto un esperimento con database Studvisk sulla risposta del cladding a rampe di potenza. Lo studio serve come base di riferimento per esperimenti dello stesso tipo in corso di svolgimento ad Halden ai quali si prenderà parte in futuro.

Infrastrutture nucleari per la ricerca

Un parte rilevante dell'attività di ricerca è stata strettamente correlata all'utilizzo del reattore TRIGA RC-1 Mark II del Centro Ricerche ENEA della Casaccia. Sono stati sviluppati una metodologia di misura del rateo di fluenza neutronica termica e un programma per il calcolo dei parametri necessari per l'applicazione delle norme ASTM E262-08. Sono state anche condotte misure sperimentali

del rateo di fluenza neutronica per diverse posizioni di irraggiamento del reattore TRIGA, con un confronto fra misure e calcoli effettuati con il codice Montecarlo MCNP5.

Non proliferazione e Safety & Security

Resistenza alla proliferazione (GIF, IAEA, NEA, CEA)

È stato delineato lo stato dell'arte delle attività in ambito GIF (Proliferation Resistance and Physical Protection Working Group, PR&PP WG) e IAEA-INPRO. Si sono sviluppate considerazioni su come i codici di scenario possano fornire, oltre a dati utili nelle valutazioni qualitative sulla resistenza alla proliferazione di sistemi nucleari, anche informazioni utili al progettista di nocciolo per inserire nel sistema elementi che incrementino la resistenza alla proliferazione.

Dati nucleari per la chiusura ciclo del combustibile (NEA, CERN)

Sono stati analizzati modelli e strumenti di calcolo utilizzati nell'analisi delle sezioni d'urto di fissione indotta da neutroni, misurate a partire dal 2002 presso l'impianto n-TOF (neutron-TIME-OF-FLIGHT), situato al CERN di Ginevra. In particolare si è fatto riferimento agli isotopi dell'americio 241 Am e 243 Am.

Valutazioni su interfaccia safety and security e normativa (IRSN)

È stata affrontata la tematica dell'interfaccia Safety-Security che, associata a quella della non proliferazione, viene denominata in ambito internazionale Safety, Security, Safeguards (3S). Il lavoro si è soffermato su alcune considerazioni di carattere generale su Safety e Security e, anche alla luce delle conseguenze dell'incidente di Fukushima, sull'acquisizione di tali concetti nella normativa nazionale, francese e americana.

Area di ricerca: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto 1.3.1: Nuovo nucleare da fissione - Studi sul nuovo nucleare in ambito internazionale

Referente: Massimo Sepielli, massimo.sepielli@enea.it

Novembre 2012

Documenti tecnici e aggiornamenti disponibili sul sito ENEA: www.enea.it

