

istituzionale e, in particolare, le tematiche connesse all'apertura del Governo all'opzione nucleare, l'affidamento all'ENEA di una specifica funzione nel campo dell'efficienza energetica di cui si è detto e le indicazioni del Ministro dello sviluppo economico contenute nella lettera al Presidente dell'ENEA dell'agosto 2008.

Il riferimento alla sostenibilità delle soluzioni energetiche sottolinea la priorità delle problematiche relative all'uso delle risorse e alla valutazione degli impatti delle diverse opzioni tecnologiche in una prospettiva di superamento della crisi e di crescita del sistema Italia. Rientra in questo ambito il riferimento ad una funzione di supporto al decisore pubblico attraverso la fornitura di servizi avanzati che comprendano, insieme all'analisi e alle valutazioni delle traiettorie delle tecnologie più rilevanti per il nostro Paese, le condizioni e le opportunità connesse ai diversi scenari di sviluppo.

Si intende quindi sviluppare gli "strumenti avanzati", a cui la legge istitutiva dell'Agenzia fa riferimento, a supporto delle azioni da intraprendere e delle decisioni da assumere sul piano legislativo e normativo, al fine di indirizzare investimenti, consumi e comportamenti con attenzione all'utilizzo delle risorse e in armonia con le decisioni assunte dal Paese in ambito comunitario.

Il quadro delineato impone per l'anno 2010 la ridefinizione delle priorità programmatiche e dell'impegno delle risorse su due direzioni principali:

a) Attività di ricerca e di trasferimento tecnologico ai settori della produzione e dei servizi con particolare riferimento alle esigenze di de carbonizzazione del sistema economico per affrontare la sfida del clima e dell'energia e supportare la competitività del sistema produttivo nazionale.

Assumono carattere di priorità le attività che riguardano lo sviluppo e la diffusione di tecnologie energetiche e ambientali e le metodologie di intervento finalizzate a:

- efficientamento dei sistemi e dei processi per la produzione e gli usi finali dell'energia;
- utilizzo sostenibile di fonti rinnovabili di energia ;
- utilizzo ambientalmente e socialmente sostenibile delle fonti fossili;
- utilizzo della fonte nucleare da fissione per la produzione di energia elettrica;
- utilizzo delle radiazioni ionizzanti per applicazioni industriali e mediche;
- sviluppo della fusione nucleare nell'ambito del programma internazionale che vede i laboratori ENEA in una funzione di guida nazionale;
- studio delle problematiche ambientali con particolare riferimento agli effetti dei processi industriali e di produzione e uso finale dell'energia;
- studio del clima e degli effetti ambientali dei cambiamenti climatici con particolare riferimento
- ai temi della protezione e dell'adattamento.

b) Funzioni di Advisor alla P.A. per la definizione degli interventi necessari al conseguimento degli obiettivi comunitari (efficienza energetica, fonti rinnovabili, emissioni serra) all'interno della politica nazionale per lo sviluppo economico sostenibile.

Nell'ambito di queste funzioni rivestono un particolare rilievo le attività dirette a:

- migliorare le capacità di analisi e modellizzazione del sistema energetico;
- sviluppare metodologie e strumenti per la valutazione degli effetti di politiche di accelerazione
- tecnologica sul sistema economico complessivo e sul livello di competitività dei settori produttivi nazionali;
- individuare e applicare metodologie e strumenti per la comunicazione di tali politiche.

La revisione in atto degli aspetti organizzativi dell'Agenzia è improntata ai temi già evidenziati dal Ministro Scajola nella lettera indirizzata al Presidente dell'ENEA nell'agosto 2008 che davano particolare enfasi agli aspetti connessi al processo di pianificazione, monitoraggio e valutazione progettuale.

Attraverso il processo in atto, che troverà la sua completa attuazione nel corso del 2010, si intende, rendere disponibili strumenti operativi che consentano di gestire le criticità, garantire flessibilità e supportare le scelte organizzative attraverso un sistema di governance basato sull'evidenza dei risultati di gestione. La realizzazione di questi obiettivi consentirà infatti di migliorare le procedure di gestione dei progetti, accrescendo in particolare la cultura del risultato mediante lo sviluppo di indicatori di performance.

Concorrerà a portare avanti il processo di cambiamento avviato al fine di perseguire gli obiettivi e i compiti dell'Agenzia un forte rinnovamento generazionale che potrà realizzarsi compiutamente solo attraverso un significativo inserimento di nuove competenze e profili professionali.

Ruolo delle partecipate

La strategia ENEA in merito alle partecipazioni societarie si dedicherà soprattutto a sviluppare ogni iniziativa che veda contemporaneamente coinvolti Enti Pubblici di Ricerca, Università ed Enti locali insieme a imprese industriali con l'obiettivo principale di raggiungere una proficua integrazione. Ciò determinerà, da un lato, una riduzione dei rischi derivanti dall'azione comunemente intrapresa e consentirà, dall'altro, di unire risorse sia economiche che strumentali allo scopo di affrontare tematiche complesse ed articolate.

Attraverso le sinergie con le società partecipate, l'Agenzia ENEA potrà assicurare quindi un importante contributo alla modernizzazione e alla crescita competitiva del sistema industriale con particolare riferimento alle PMI.

Nell'anno 2010 continuerà il processo di razionalizzazione delle partecipazioni, per ottimizzare nei modi più opportuni, l'asset patrimoniale derivante dal "portafoglio" delle partecipazioni ENEA e per rendere più sinergica l'azione delle partecipate con le attività dell'Agenzia. Ciò implica una attenta ricognizione e una valutazione delle opportunità delle partecipazioni ENEA alla luce della missione, degli obiettivi e dei compiti dell'Agenzia.

2 ELEMENTI DI SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Nel corso del 2009, anche sul piano della gestione del personale, sono intervenuti significativi cambiamenti a livello di Direzione Generale e di Direzione Centrale delle Risorse Umane, a livello di applicazione di pregressi istituti contrattuali (che nel caso delle progressioni economiche e verticali hanno interessato quasi un terzo del personale) e, soprattutto, per l'inserimento del personale ENEA nel comparto degli Enti di Ricerca a seguito della sottoscrizione presso l'ARAN, in data 13 maggio 2009, del Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro 2006-2009.

Il personale in organico al 31 dicembre 2009 era pari a 2.936 unità, delle quali 2.857 assunte a tempo indeterminato e 79 a tempo determinato; nel corso del 2009 erano inoltre operativi 141 assegni di ricerca.

In particolare, l'organico a tempo indeterminato comprende 2.289 unità di personale impegnato direttamente (Dipartimenti) o indirettamente (Direzioni Centrali e Centri) in attività programmatiche. Le restanti 568 unità delle Direzioni Centrali e Centri che forniscono supporto esterno al flusso di lavoro operativo (gestione delle risorse umane, affari generali, contabilità, servizi manutentivi e logistici, etc.) saranno progressivamente ricritte a circa 430 unità in coerenza con la Legge Finanziaria 2007 e in considerazione delle necessità di specifiche figure professionali per lo svolgimento delle nuove attività dell'Agenzia che interessano, per vari aspetti, l'utenza territoriale. A tale proposito verranno avviati, presso i vari Centri dell'Agenzia, corsi di formazione per il personale interessato. Circa il 70% del personale così formato sarà prioritariamente utilizzato a supporto del nuovo ruolo attribuito ai Centri.

Nel corso del 2009 sono state assunte 131 unità di personale a tempo indeterminato e 10 a tempo determinato. A tale contingente, se si sommano le stabilizzazioni del 2009, si arriva a circa 208 unità che, anche se non colmano il "turn over" sicuramente interrompono il trend negativo di continua diminuzione dell'organico degli ultimi anni.

Oltre a questo risultato l'ENEA, con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 29 ottobre 2009, è autorizzata a bandire, nel triennio 2009-2011, procedure di reclutamento a tempo indeterminato per un totale di 433 unità che, sommate all'autorizzazione a 167 assunzioni, consentiranno entro il 2011 un piano di assunzioni di circa 600-700 nuove posizioni.

Le assunzioni di personale precario previste potranno consentire di rispondere alle necessità operative delle Unità Tecniche e all'effettiva concentrazione degli sforzi sugli obiettivi prioritari. E' da sottolineare come la maggior parte del personale a tempo determinato è assunto con fondi provenienti da fonti diverse del contributo ordinario dello Stato e se l'attuale quadro normativo non cambia questa incidenza è destinata a crescere. Il dato relativo al personale a tempo determinato mostra comunque la capacità dell'Ente di procurarsi risorse e di investirle proficuamente anche dal punto di vista dell'occupazione intellettuale.

Lo sforzo dell'Agenzia riguardo al coinvolgimento di competenze tecnico-scientifiche a livello nazionale e internazionale nonché riguardo alle politiche di formazione di giovani laureati verrà principalmente rivolto alla creazione di strutture idonee a garantire ospitalità logistica (foresteria) e momenti di condivisione e confronto. A tale proposito, sono stati avviati specifici studi presso il Centro della Casaccia anche coinvolgendo le competenti Amministrazioni locali.

Tabella 1 – Personale in organico / Tipologia di attività

| | Dati al 31/12/2009 | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------|--------------|
| | T.D. | T.I. | Totale |
| Attività programmatiche | 45 | 2289 | 2.334 |
| Attività di gestione e supporto | 34 | 568 | 602 |
| Totale | 79 | 2.857 | 2.936 |

La migliore focalizzazione delle attività, l'interdisciplinarietà delle competenze e la razionalizzazione dei processi gestionali che rappresentano gli elementi di caratterizzazione della nuova progettualità dell'Agenzia, possono sicuramente essere gli strumenti coerenti per ottenere i risultati attesi. Infatti, pur se ancora a livello iniziale, l'approccio di natura progettuale e la migliore capacità dell'Ente di raccordarsi in modo più strutturato alle politiche di governo nazionale e regionale ha consentito la recente stipula di accordi e convenzioni con i Ministeri MSE e MATT e l'avvio della stessa procedura con alcune Regioni.

È da sottolineare che anche i finanziamenti che derivano dalla pubblica amministrazione sono acquisiti in una logica di mercato competitivo, seppure, a volte, a livello di soli enti di ricerca. I dati finanziari riguardo ai programmi UE confermano la capacità di integrazione delle diverse competenze dell'Agenzia con partner a livelli internazionali.

A tal fine, l'ENEA, a fronte di un'intensa attività di relazioni internazionali svolta anche attraverso il proprio ufficio di Bruxelles, ha implementato una serie di strumenti informativi interni, quale banche dati e seminari, mirati alla condivisione tra i ricercatori delle opportunità di partecipazione ad azioni e programmi dell'Unione Europea e di altri organismi internazionali.

Come già accennato in precedenza l'aumento delle spese di personale per il rinnovo di contratto e la costante diminuzione del Contributo dello Stato comportano la necessità di coprire, con altre entrate, le spese di funzionamento e gestione dell'Agenzia.

Le risorse finanziarie per attività di servizio e ricerca, commissionate da soggetti pubblici e privati, possono rappresentare un contributo, ancora da incrementare, nella giusta direzione.

Per quanto riguarda i Fondi POR (Programmi Operativi Regionali) c'è da considerare la grande opportunità offerta dalle Unità Tecniche dell'Agenzia che, integrato con la potenzialità delle società partecipate, sicuramente porterà risultati apprezzabili nel tempo soprattutto a livello territoriale.

Sotto il profilo tecnico-scientifico, i risultati delle attività svolte nel corso del 2009 sono stati oggetto di oltre 550 pubblicazioni su riviste internazionali (censite dall'ISI Web Knowledge – Web of Science) e oltre un migliaio di altre pubblicazioni (riviste non censite dall'ISI Web, proceedings di conferenze).

Nello stesso anno, inoltre, i risultati delle attività sono stati oggetto di 24 brevetti depositati in Italia e di 3 brevetti internazionali per un portafoglio complessivo di 255 brevetti in vigore in Italia e di 20 internazionali. Occorre anche evidenziare il fatto che la produzione brevettuale dell'ENEA risulta

d'interesse per l'industria: nel corso del 2009, sono stati formalizzati 2 nuovi contratti di licenza industriale per un complessivo di 83 contratti in corso.

Al fine di mantenere una coerenza complessiva rispetto ai dati finanziari, vengono anche riportati i principali risultati ottenuti nel corso del 2009 mantenendo una struttura per linee di attività.

3 PRINCIPALI RISULTATI CONSEGUITSI NEL CORSO DEL 2009

3.1 FUSIONE, TECNOLOGIE E PRESIDIO NUCLEARI

FAST (EX FT3) – LA MACCHINA ITALIANA PER LA FUSIONE

Il 2009 è stato caratterizzato dalla realizzazione di diversi ed importanti traguardi nel proseguo del cammino finalizzato alla realizzazione ed approvazione del Progetto stesso. A livello ENEA/EURATOM è stata formalizzata la realizzazione del gruppo di Progetto FAST: gruppo al quale prendono parte componenti di tutti i maggiori gruppi di ricerca Italiani (ivi compresi CNR, CREATE ed altre Università) coinvolti in attività sulla Fusione. La formalizzazione del gruppo di Progetto ha permesso di rilanciare le attività progettuali in modo più coordinato, al fine di essere pronti al momento in cui venisse dato il via, da parte dell'Euratom, ad un "esame" di fase 1 (analisi di validità della Fisica ed analisi della fattibilità ingegneristica). A livello Internazionale il progetto è stato presentato in vari seminari. A titolo esemplificativo è importante qui citare il seminario tenutosi in Luglio a Cadarache, nella sede di ITER, dove le principali idee di FAST sono state discusse e valutate (anche in discussioni con differenti gruppi tecnici) sulla base delle principali esigenze del programma ITER. Per concludere, sempre nel luglio 2009, il CCE-FU ha formalizzato la formazione di un gruppo Europeo per l'analisi di un possibile "Satellite Experiment" da realizzarsi in Europa. Le attività di questo gruppo devono espletarsi in due fasi. Nella prima, da completarsi per inizio 2010, il gruppo deve mettere in evidenza le principali carenze e necessità del presente programma Fusione. Nella seconda fase il gruppo dovrebbe cercare di tradurre questa analisi in una "proposta" di esperimento, tenendo anche in considerazione tutti i possibili vincoli economici. In parallelo è continuata l'attività di progettazione che si è concentrata particolarmente sui componenti affacciati al plasma e sugli scenari operativi.

SUPERCONDUTTIVITÀ

Nel corso del 2009 sono stati raggiunti notevoli successi culminati nella pubblicazione di 14 articoli alla "Applied Superconductivity Conference" e con la nomina, per i prossimi 6 anni, del responsabile della sezione superconduttività nel "Board of the Large Scale Application" della medesima conferenza.

Superconduttività a bassa temperatura critica

è stata messa a punto una nuova modellizzazione che permette di descrivere le prestazioni di fili superconduttori in NbTi nell'intero range della loro operatività. Un simile strumento era da tempo atteso dalla comunità scientifica mondiale di settore, in quanto i criteri sino ad ora utilizzati non riuscivano a coprire l'intero intervallo di funzionalità del materiale, ma si limitavano a predire in modo affidabile le performance o ad alti o a bassi campi magnetici.

Sono state dimostrate le eccellenti prestazioni del giunto per cavi superconduttori disegnato, sviluppato e brevettato da ENEA. Tale giunto verrà probabilmente utilizzato negli USA per la realizzazione del solenoide centrale di ITER, mentre è già stato da tempo adottato per il magnete dipolo della facility europea EDIPO (è stata completata la fornitura dei cavi superconduttori). Sono

stati inoltre realizzati i 4 campioni full-size prototipo del conduttore TF per le bobine di ITER basati su un nuovo layout suggerito dall'ENEA.

Supercondutività ad alta temperatura critica

L'attività sulla supercondutività ad alta temperatura critica si è concentrata su tematiche già attivate nel corso del 2007: aumento della corrente critica nei film di YBCO con l'introduzione di difetti nanometrici, deposizioni di film di YBCO con tecniche chimiche e lo studio della stabilità dei nastri coated conductors di YBCO. La tecnica d'introduzione di una seconda fase nanocristallina non superconduttriva di BaZrO₃ (BZO) inglobata nella matrice di un film di YBCO messa a punto dall'ENEA, ha prodotto risultati di assoluto rilievo portando ad aumentare le correnti critiche in campo magnetico alle temperature dell'azoto liquido. È stato condotto uno studio che sta mettendo in mostra come il massimo della $J_c(B)$ sia influenzato non solo dalla concentrazione della fase di BZO introdotta nella matrice dell'YBCO ma anche dalle condizioni di deposizione del film. In particolare le curve $J_c(B)$ dei film con BZO presentano un plateau in una regione di campo magnetico la cui estensione dipende dalla temperatura di crescita del film. Dal punto di vista applicativo, questo aspetto potrebbe rivelarsi uno strumento molto utile per adattare le proprietà di trasporto del film di YBCO al particolare progetto a cui è destinato. Altri studi hanno permesso di evidenziare che le nanoinclusioni danno benefici anche ai regimi delle radio frequenze e microonde, riducendo le dissipazioni. Si tratta della prima evidenza sperimentale di incremento del trasporto a questi regimi nei materiali HTS. L'attività si avvale della collaborazione dell'Università Tecnica di Cluj Napoca (Romania) per la preparativa dei target e Università Roma Tre per le misure alle microonde. In collaborazione con Università di Roma Tor Vergata e CNR Istituto di Struttura della Materia (ISM) è iniziato un progetto di studio del processo chimico di formazione dei film di YBCO impiegando soluzioni precursori con ridotto contenuto di fluoro con tecniche di spettroscopia elettronica. Le tecniche impiegate sono XPS X ray Photoelectron Spectroscopy e AES Auger Electron Spectroscopy. Le prime analisi hanno mostrato che, nonostante la differenza nei precursori, il processo chimico di conversione dovrebbe essere molto simile a quello presente nelle tecniche standard a elevato contenuto di fluoro. Sono stati condotti studi sulla stabilità termica di nastri di YBCO di ultima generazione provenienti da produzione industriale ed esperimenti di quench in condizioni adiabatiche che hanno evidenziato come grazie al continuo sviluppo dei processi di realizzazione, nonostante la struttura a strati tipica dei coated conductors, questi nastri mostrano ormai caratteristiche omogenee dal punto di vista elettrico e termico. I dati sperimentali sono stati confrontati con i risultati ottenuti con un codice di calcolo basato su un modello dei nastri coated conductors che permette di predirne il comportamento elettrico e termico. Il codice è stato validato e ha permesso di evidenziare che il quench è affetto da regimi transienti che rallentano la propagazione del calore. Questi studi sono stati condotti in collaborazione con il Laboratorio Regionale CNR-INFN SuperMat a Salerno.

FUSIONE A CONFINAMENTO MAGNETICO

FTU

Fisica - Dopo gli interventi di manutenzione straordinaria, del 2008, alla macchina rotante che alimenta i circuiti poloidali ed al sistema di raffreddamento all'azoto liquido, FTU ha operato regolarmente nel 2009. Una perdita sulla tenuta da vuoto del sistema di lancio della radiofrequenza a 140 GHz (electron cyclotron) ha richiesto una chiusura anticipata della campagna sperimentale autunnale. Fra i risultati più interessanti ottenuti va segnalato l'allargamento dello spazio dei parametri operazionali di FTU, operando con limiter di litio, fino a densità 1.6 volte più alte del limite previsto dallo scaling di Greenwald. In queste condizioni è stato possibile dimostrare che le onde di Lower Hybrid, essenziali per l'ottenimento ed il mantenimento di configurazioni di plasma avanzate possono

penetrare nei plasmi di alta densità come quelli previsti in ITER quando le condizioni del bordo del plasma sono controllate in termini di temperatura. Questo risultato dissipa definitivamente i dubbi ancora presenti sull'utilizzo della lower Hybrid su ITER. Altri contributi rilevanti per l'ottimizzazione delle operazioni dei plasmi di ITER sono stati forniti dagli studi sull'avvio delle scariche plasma con uso di ionizzazione assistita dalla radifrequenza a 140 GHz, dove si in questo modo è ottenuta una riduzione di un fattore 3 nel campo minimo necessario per iniziare la scarica. Di particolare rilevanza gli esperimenti che permettono di evitare le disruzioni in un tokamak mediante iniezione localizzata di ECRH sono stati effettuati su FTU (in disruzioni causate dal raggiungimento del limite di densità) ed in ASDEX Upgrade (in disruzioni per limite di densità ed elevato beta). La tecnica e' basata sull'accensione automatica del sistema di potenza addizionale al superamento di una soglia da parte del segnale di tensione sul giro in plasmi in cui naturalmente avviene una disruzione. I risultati, incoraggianti in vista della possibile applicazione in ITER, mostrano che la disruzione può essere evitata se una quantità sufficiente di potenza viene iniettata in corrispondenza di una superficie risonante, in modo da stabilizzare la crescita di modi magnetoidrodinamici.

Teoria - Le attività del gruppo di teoria di Frascati, in collaborazione con l'Università della California

Irvine (USA) e con l'Institute for Fusion Theory and Simulation, Zhejiang Univ., Hangzhou (PRC), hanno riguardato: la descrizione nonlineare coerente dell'evoluzione spaziotemporale autoconsistente di onde di deriva e flussi zonali, la formulazione teorica dei modi GAM/KGAM (Geodesic Acoustic Modes/Kinetic GAM) e dei modi di Alfvén guidati da un gradiente di pressione nella seconda regione di stabilità. Inoltre, con il codice ibrido MHD-Girocinetic HMGC è stata portata avanti una intensa attività di benchmark nell'ambito del ITPA topical Group sulle particelle energetiche, e, proseguendo le collaborazioni internazionali già in essere, è in corso l'estensione del codice (XHMGC) allo studio degli effetti cinetici di ioni termici su modi di Alfvén e alla presenza simultanea di due popolazioni di particelle energetiche (p. es., la prima descritta da una funzione di distribuzione maxwelliana e la seconda da una funzione di distribuzione slowing down). Una versione completamente rivista del codice ibrido MHD-Girocinetico è in corso di test: tale versione risolve le equazioni MHD complete, in geometria arbitraria e ad alto beta utilizzando l'ordinamento gyrocinetico più generale. Le proprietà fondamentali delle interazioni di onde di Lower Hybrid con plasmi di interesse fusionistico sono state studiate con i metodi di teoria delle perturbazioni Hamiltoniane e con un approccio "full-wave", adatto al calcolo della propagazione in regioni con forte gradienti di densità.

Attività per ITER

Componenti affacciati al plasma

Prototipo divertore E' stato realizzato in collaborazione con Ansaldo, il prototipo che ha superato la qualifica industriale prevista per i processi di fabbricazione del *divertore* di ITER basato sulle tecnologie proprietarie ENEA. Sono stati realizzati, in collaborazione con l'Ansaldo, numerosi prototipi del *divertore* di ITER utilizzati per verificarne il comportamento rispetto alle 'Halo Currents' e al variare delle caratteristiche dei materiali di protezione quali tungsteno e CFC (Carbon Fibre Composite). E' inoltre stata verificata con successo la capacità tecnologica di effettuare la riparazione di prototipi durante la fase di fabbricazione.

Materiali di prima parete ENEA ha inoltre acquisito numerosi tasks proposti dalla Task Force europea sull'interazione plasma parete e riguardanti lo sviluppo delle tecniche per la produzione di coatings di tungsteno, la diagnostica di polveri nei tokamak, la sperimentazione di limiter utilizzanti litio liquido, lo studio della ritenzione di gas nei componenti di prima parete, lo studio dell' effetto dell'introduzione di impurezze estrarre in FTU sull'erosione dei componenti di prima parete. Nell'ambito delle attività legate all'ITPA TG on Diagnostics, sono in corso le attività relative alla produzione e caratterizzazione di specchi metallici ricoperti di Rodio, che costituiscono una delle possibili opzioni per gli specchi da impiegare come primo elemento ottico di numerosissime

diagnostiche di ITER; l'esposizione di specchi ricoperti da strati dielettrici all'intensa sorgente di raggi X soft del laboratorio DAFNE Light dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Frascati, per valutarne l'effetto sulla loro riflettività.

Ciclo del combustibile Presso il laboratorio Membrane le attività di ricerca di tubi permeatori in lega di Pd hanno portato allo sviluppo di moduli di membrana per la produzione di idrogeno ultrapuro in particolare per applicazioni nel campo di generatori di idrogeno da laboratorio. Tubi di Pd a parete sottile sono stati anche utilizzati per realizzare catodi di celle elettrolitiche per la produzione di idrogeno di elevata purezza senza ricorrere ad ulteriori sistemi di purificazione.

Tutte queste attività hanno portato al deposito di 3 brevetti nazionali. (S. Tosti, R. Borelli, "Apparato di purificazione per generatori di idrogeno" Domanda di brevetto per modello di utilità n. RM2009U000023 del 10.02.2009 - S. Tosti, L. Bettinali, R. Borelli, D. Lecci, F. Marini "Dispositivo a membrana di permeazione per la purificazione di idrogeno" Domanda di brevetto per modello di utilità n. RM2009U000143 del 15.09.2009 - A. Pozio, S. Tosti, L. Bettinali, R. Borelli, M. De Francesco, D. Lecci, F. Marini "Elettrolizzatore alcalino con catodo tubolare in Pd-Ag per la produzione di idrogeno ultrapuro". Domanda di brevetto per modello di utilità n. RM2009U000200 del 23.12.2009).

Neutronica L'attività di progetto della Radial Neutron Camera (RNC) di ITER è proseguita con lo scopo di valutare la possibilità di utilizzare la RNC, oltre che per la misura del profilo di emissione neutronica, anche come monitor del profilo di temperatura ionica. I risultati delle simulazioni indicano che, nell'approssimazione di plasma termico, questa diagnostica è in grado di fornire una stima del profilo di temperatura ionica entro i limiti di accuratezza richiesti da ITER. In collaborazione con INFN-LNF, è stato sviluppato, con l'ausilio del codice MCNPX, un prototipo di rivelatore per neutroni di fusione basato sull'uso di GEM (Gas Electron Multiplier): il rivelatore, che è stato collaudato sul generatore di neutroni Frascati Neutron Generator, è caratterizzato da elevata capacità di conteggio e bassa sensibilità alla radiazione gamma.

ITER Precompression Rings – R&D e sperimentazione

Il sistema di precompressione con anelli di ITER è basato su due set di anelli realizzati in materiale composito e localizzati sulla parte superiore e inferiore del sistema di magneti toroidali.

ENEA ha sviluppato un materiale composito che consiste in un avvolgimento di fibra di vetro S2 e successiva impregnazione con resina sotto vuoto ottenendo una resistenza a rottura di 2200 MPa a temperatura ambiente su provini lineari. ENEA ha poi realizzato anelli in scala con diametro di 1 metro e contenuto di vetro di 68-70% in volume che ha testato su un impianto di prova idraulico a configurazione radiale progettato e realizzato in casa con capacità di carico totale di 1000 ton.

Nel 2009 ENEA ha completato una campagna sperimentale di caratterizzazione a rottura su 5 anelli ottenendo un valore massimo di hoop stress pari a 1827 MPa e un valore medio prossimo a 1600 MPa. Durante il 2009 il materiale è stato caratterizzato anche a taglio, compressione e creep.

Sviluppo e qualifica di saldature di chiusura delle casse dei magneti toroidali di ITER

ENEA ha condotto attività sperimentale sulle saldatura di chiusura dei magneti toroidali di ITER utilizzando tecnologie laser e concentrandosi sulla saldatura di radice ad alto spessore utilizzando laser di potenza in fibra Ytterbium fiber laser (Yb:fiber) e laser ibrido (Nd:YAG laser + GMAW) in singola passata. Le attività sono state condotte con la collaborazione del CSM di Castel Romano presso la IPG Photonics a Burbach in Germania e presso il CSM a Castel Romano.

Nel 2009 sono stati ottenuti e qualificati giunti con saldatura di radice di spessore 22 mm in singola passata su AISI 316 LN con laser di potenza e giunti di spessore 9 mm con laser ibrido.

L'attività è proseguita con la qualifica di un giunto completo multipass dello spessore di 75 mm con una passata laser di radice di spessore 22 mm più riempimento con 14 passate MIG (GMAW) fino ad uno spessore di 75 mm.

Sicurezza e impatto ambientale - Sono continue le attività di analisi di sicurezza ed impatto ambientale in supporto al licensing di ITER, quali preparazione del Rapporto Preliminare di Sicurezza per i due sistemi europei dedicati al test di moduli di blanket atti a dimostrare la capacità di produzione di trizio, calcoli di attivazione, identificazione e classificazione dei componenti di ITER rilevanti ai fini della sicurezza (Safety Important Components – SIC) e validazione codici. Contemporaneamente è proseguita la raccolta di dati di guasto da impianti sperimentali per la fusione nucleare ai fini sia dell'analisi statistica che della formazione di una banca dati di guasto utilizzabile per l'ITER

Attività per JET

Le capacità diagnostiche del Neutron Profile Monitor del JET, dotato di 19 linee di vista con rivelatori a scintillazione, sono state sensibilmente migliorate (funzionamento ad elevati tassi di conteggio e distribuzione energetica dei neutroni incidenti) con l'installazione per ciascun rivelatore di un sistema di acquisizione digitale (200 MHz, 14bit) interamente sviluppato in ENEA-Frascati. Inoltre, lo stesso tipo di rivelatore e sistema di acquisizione sono stati impiegati nel nuovo spettrometro neutronico compatto installato per la misura ad alta risoluzione energetica dei neutroni da 2.5 e 14 MeV. I dati raccolti durante l'intera campagna C27b con i due strumenti sono in corso di elaborazione.

FUSIONE A CONFINAMENTO INERZIALE

Relativamente alle attività incluse nel programma Euratom è stato effettuato il primo esperimento in collaborazione con INFN-LNS per la misura del fattore astrofisico S per la determinazione di sezioni d'urto per reazioni di fusione a bassa energia. Campioni di CR39 utilizzati come rivelatori durante lo sparo hanno dimostrato che i processi fisici teoricamente assunti alla base dei fenomeni che si vogliono studiare sono realistici e non dipendono da effetti secondari che possono essere attribuiti ad eventuali effetti sul CR9 della radiazione emessa durante l'interazione laser bersaglio.

Per quanto riguarda la partecipazione al progetto HiPER, per individuare possibili schemi di fusione inerziale di interesse per un possibile reattore, è stata svolta attività di supporto al gruppo Fus-TEC impegnato nello studio di aspetti cruciali relativi a safety, licensig e data base nucleari.

Riguardo al progetto FIGEX, sulla base dei risultati ottenuti, con particolare riguardo agli effetti elettrodinamici indotti da impulsi laser di alta energia e breve durata, è stato completato il modello fisico per la generazione di sorgenti di ioni pesanti con energie dell'ordine dei GeV per l'innesto della Fusione Inerziale secondo gli schemi della *fast ignition* e *della injected entropy* d'interesse anche per il progetto HiPER. In particolare si è dimostrato che, per un tempo sufficiente a raggiungere le energie di interesse, il processo di accelerazione del bersaglio irraggiato dal laser dovuto alla pressione di radiazione sopravvive all'effetto di espansione indotto dall'assorbimento finito della luce ed alla penetrazione di bolle dovute ad instabilità di Rayleigh-Taylor.

Nucleo di Agenzia

Il rapido aumento dell'attività di fornitura da parte di Fusion for Energy (F4E) verificatosi nel 2009, ha determinato un analogo intensificarsi delle attività di Industrial Liaison Officer per F4E/ITER, con il continuo monitoraggio delle procedure di gara pubblicate e l'assistenza ad un numero crescente di imprese (incontri presso ENEA CR Frascati, incontri presso le ditte, contatti con associazioni di categoria, organizzazione di visite di presentazione presso F4E e ITER, reperimento e distribuzione di informazioni e materiale tecnico, assistenza ad imprese straniere in cerca di collaborazioni con imprese italiane). Per una rapida diffusione dell'informazione, è stata messa a punto una procedura di divulgazione dei bandi per via posta elettronica, da parte della segreteria ILO, immediatamente dopo la loro pubblicazione da parte di F4E. Alla mailing list iniziale, che include anche tutte le Camere di Commercio, diverse associazioni di categoria, i direttori degli altri laboratori in Associazione

Euratom-ENEA, gli ILO di altri progetti, e DINTEC, si sono andate aggiungendo numerose altre imprese raggiunte nelle varie manifestazioni e interessate a lavorare per ITER. Inoltre, si sono realizzate diverse iniziative volte alla informazione e a alla sensibilizzazione delle imprese italiane potenzialmente interessate a partecipare alla costruzione.

- Organizzazione, in collaborazione con l'Associazione Italiana Vuoto (AIV), dell'*Workshop ITER* nell'ambito del XIX Congresso Nazionale AIV tenutosi a Senigallia il 21 maggio 2009
- Organizzazione del Meeting su *Sistema di acquisizione dati e controllo CODAC per ITER*, con imprese italiane e rappresentanti ITER e F4E, tenutosi a Frascati il 5 maggio 2009
- Partecipazione (presentazioni e supporto alla preparazione del programma) alla Conferenza Italiana sulla Fusione Termonucleare per l'Industria, nell'ambito di HTE-HI.TECH.EXPO 2009 tenutosi presso la Fiera Milano – Rho il 25 - 27 novembre 2009.

Ricadute scientifiche e tecnologiche in campi diversi dalla Fusione Magnetica

Programma di ricerca sulla produzione di eccesso di potenza in metalli deuterati - Gli studi in corso hanno consentito di identificare alcune caratteristiche dei materiali che manifestano una soddisfacente correlazione con la produzione di eccesso di potenza. Istituti di ricerca.

Partecipazione a programma AGILE - Il satellite italiano AGILE (Astrorivelatore Gamma ad Immagini LEggero) ha proseguito la sua missione nel 2009, analizzando le emissioni X e Gamma da numerose sorgenti celesti, giungendo alla scoperta di risultati notevoli da Cygnus X-3 (Nature, Vol. 462) e alla pubblicazione del suo primo catalogo di sorgenti Gamma astronomiche.

Sulla scia del successo del monitor X di AGILE, progettato e costruito con la collaborazione dell'ENEA, è iniziata l'attività di sviluppo di un nuovo rivelatore X per esperimenti futuri, basato sui Silicon Drift Detectors. Coi fondi dell'ASI, in collaborazione con l'INAF e l'INFN è stato realizzato un primo prototipo di tale rivelatore, in cui sono attivi 8 canali di deriva. I primi test hanno dato risultati molto promettenti, permettendo, oltre alla risoluzione spaziale, anche una risoluzione in energia di 300 eV nell'intervallo 2-20 KeV.

Il passo successivo sarà l'integrazione con un ASIC dedicato, che permetta di leggere tutti i canali di deriva del rivelatore. Se il dispositivo dovesse confermare la performance finora dimostrata, costituirebbe una diagnostica X molto interessante in diversi campi di applicazione.

BROADER APPROACH

Sono continue le attività relative alla progettazione di JT60 SA con il completamento del disegno delle bobine toroidali e la redazione delle specifiche funzionali in vista della firma dei "Procurement + Arrangement" tra Europa e Giappone e degli Accordi di collaborazione con Fusion for Energy.

NUCLEARE DA FISSIONE

Per il settore nucleare italiano il 2009 ha rappresentato un vero e proprio punto di svolta e di rilancio, grazie alla nuova politica governativa in tema di Energia Nucleare e, in particolare, alla promulgazione della legge 99/2009 richiamata in premessa.

La nuova strategia del governo in tema di energia nucleare e le nuove direttive all'Agenzia erano già state parzialmente recepite da ENEA sia con l'ampia partecipazione ai programmi Euratom dell'Unione Europea, sia nella definizione della prima e seconda annualità dell'Accordo di Programma col Ministero dello Sviluppo Economico, avviato nel 2007. Infatti, la parte nucleare di tale AdP si prefigge di contribuire a ricreare, attraverso collaborazioni internazionali e attività sia teoriche

sia sperimentali a supporto dello sviluppo di sistemi nucleari evolutivi/innovativi, le competenze del sistema Italia e le capacità industriali, per partecipare pienamente alla ripresa del settore nucleare e supportare dal punto di vista tecnico-scientifico l'Agenzia per la Sicurezza Nucleare per gli iter autorizzativi. Più specificamente le 6 linee progettuali dell'AdP MiSE-ENEA riguardano:

- LINEA PROGETTUALE 1: Studi sul nuovo nucleare e partecipazioni ad accordi internazionali/bilaterali sul nucleare da fissione. Funzione Advisor
- LINEA PROGETTUALE 2: Reattori evolutivi INTD
- LINEA PROGETTUALE 3: Reattori di IV Generazione
- LINEA PROGETTUALE 4 - Attività di ricerca e sviluppo relative alla caratterizzazione dei rifiuti radioattivi e alle fenomenologie di base tipiche di un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria
- LINEA PROGETTUALE 5 - Supporto all'Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter autorizzativi, anche al fine di elevare il grado di accettazione dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche
- LINEA PROGETTUALE 6: Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell'opzione nucleare in Italia

Per le prime quattro linee progettuali l'ENEA ha già prodotto rilevanti risultati messi a disposizione di tutto gli utenti del servizio elettrico tramite, in particolare, un sito WEB dedicato all'interno del sito ufficiale dell'ENEA.

Nel settore della R&S, nel corso del 2009 l'ENEA ha inoltre mantenuto un impegno rilevante in una decina di progetti del 6° e 7° Programma Quadro Euratom che spaziano dallo sviluppo dei sistemi nucleari di IV generazione ritenuti più promettenti, ai cicli del combustibile innovativi che prevedono l'utilizzo di tecnologie di *Partitioning & Transmutation*, dai materiali avanzati ad uso nucleare alle problematiche di sicurezza, senza trascurare il contributo italiano alla *Strategic Research Agenda della SNETP European Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*. A tale riguardo l'ENEA ha anche aderito e sta contribuendo attivamente a due rilevanti iniziative promosse da SNETP, ovvero la *European Sustainable Nuclear Industrial Initiative (ESNII)* e alla *European Energy Research Alliance (EERA)* sui materiali nucleari avanzati, entrambe inquadrate nello *Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)*

Il quadro dell'impegno sulla R&S nel campo del nucleare da fissione a livello nazionale, europeo e internazionale è completato dalla partecipazione ai principali comitati e gruppi di lavoro della NEA *Nuclear Energy Agency* e della IAEA e all'iniziativa INPRO della stessa IAEA, nonché da accordi bilaterali con l'*Argonne National Laboratory* (per lo sviluppo del DEMO di LFR), con l'*Oak Ridge National Laboratory* (per lo sviluppo di IRIS) e col CEA *Commissariat à l'Energie Atomique* francese per lo sviluppo di tutte le principali tematiche nucleari (tecnologie per LWR, sistemi GENIV e relative tecnologie, sviluppo e validazione piattaforme di calcolo, scenari e chiusura del ciclo, normativa, *life extension*, ecc.). Rilevante è anche un primo impegno ENEA sul progetto Jules Horowitz Reactor di realizzazione di un *Material Test Reactor* a spettro neutronico termico presso il Centro CEA di Cadarache. Il rinnovo di quest'ultimo storico accordo col CEA acquista particolare significato alla luce del recente *Memorandum of Understanding* sul nucleare siglato fra Italia e Francia e fra EDF ed ENEL.

Sono state, inoltre, avviate le attività in ambito *Global Nuclear Energy Partnership (GNEP)* partecipando attivamente all'*Infrastructure Development Working Group (IDWG)* ed al *Reliable Nuclear Fuel Services Working Group (RNFSWG)*.

Gli studi e le analisi di carattere generale e trasversali sono stati condotti da uno specifico *Comitato di Coordinamento per le attività sulla fissione nucleare*, che ha avuto lo scopo di coordinare da un punto di vista strategico le attività e mantenere le relazioni con il mondo dell'industria e della ricerca.

Il Comitato, raccordandosi con i Dipartimenti e le Unità interessate, ha svolto analisi, studi, incontri e workshops con gli stakeholder istituzionali, industriali e della ricerca, definendo lo stato dell'arte e le

prospettive di sviluppo del nucleare da fissione per la produzione di energia. Sono stati, inoltre, organizzati incontri tecnici con i vendors di EPR, AP1000 e con i rappresentanti della tecnologia VVER1000.

Per quanto riguarda la definizione, selezione e qualificazione dei siti per l'installazione di centrali nucleari di potenza, di reattori di ricerca, di impianti di fabbricazione e ritrattamento del combustibile, nonché depositi ed impianti per lo smaltimento dei rifiuti radioattivi, è stata prodotta una specifica monografia *"Criteri di Selezione dei siti per l'installazione di impianti nucleari - considerazioni preliminari e capacità e competenze specifiche dell'ENEA"*. In particolare, per il sito di smaltimento dei rifiuti radioattivi un'analisi puntuale e le azioni propedeutiche alla progettazione e gestione del sito sono state svolte nell'ambito delle attività dell'Accordo di Programma ENEA-MSE. Oltre alle attività di R&S sui sistemi innovativi e i cicli del combustibile avanzati, l'Ente ha anche continuato a sviluppare i programmi di caratterizzazione e trattamento dei rifiuti radioattivi pregressi e di sistemazione delle materie nucleari, attraverso lo svolgimento di tutte quelle azioni di competenza, necessarie a fornire a SOGIN un supporto qualificato per lo svolgimento delle attività programmatiche in tema di smantellamento degli impianti del ciclo del combustibile nucleare e gestione dei rifiuti radioattivi.

L'ENEA inoltre ha provveduto, all'esercizio in sicurezza dei due reattori nucleari di ricerca TRIGA e TAPIRO, in cui vengono svolte attività di radiografia e tomografia neutronica nonché attività di ricerca in campo medicale e a mantenere e migliorare i laboratori di ricerca della filiera nucleare da fissione. In questo contesto ha completato il progetto concettuale ed ha avviato la parte progettuale per il *licensing* e la realizzazione di un Laboratorio di Radiochimica presso il Centro di Saluggia.

Infine, per la revisione della normativa tecnica nucleare, l'ENEA ha partecipato ai gruppi di lavoro dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNICEN), dove sono stati attivati, con una qualificata partecipazione di specifiche competenze a livello nazionale, 12 gruppi di lavoro, relativi a tutti gli aspetti normativi di settore.

Programmi di Ricerca e Sviluppo.

Le attività sui reattori evolutivi e innovativi si sono concentrate sullo sviluppo del reattore IRIS di generazione III+ e sui reattori LFR *Lead Fast Reactor* e VHTR *Very High Temperature Reactor* di IV generazione. Allo stesso tempo non sono state trascurate attività nazionali e internazionali focalizzate sui reattori attualmente in funzione, volte ad ampliare la sfera di conoscenze legate al prolungamento del loro ciclo di vita in sicurezza e all'individuazione di eventi incidentali, catalogati come di bassa probabilità per l'arco di vita standard, ma da valutare specificamente per l'arco di prolungamento temporale del loro funzionamento. Tutte le attività sono state portate avanti nell'ambito di collaborazioni internazionali o di programmi europei del 6° e 7° Programma Quadro, ma in maniera sinergica e integrata con quanto previsto nell'AdP MiSE-ENEA.

Per quanto riguarda il progetto IRIS *International Reactor Innovative and Secure*, l'attività più rilevante, portata avanti in massima parte dalla partecipata SIET, ha riguardato la progettazione definitiva dell'impianto sperimentale SPES3, destinato all'effettuazione di prove integrali di sistema e di sicurezza per la certificazione del reattore, e le relative analisi di pre-test. Relativamente allo sviluppo di IRIS sono state anche effettuate varie analisi termoidrauliche di sistemi e componenti chiave dell'impianto quali il generatore di vapore e il sistema di rimozione del calore in condizioni di emergenza. Altri studi hanno riguardato le analisi sismiche, le verifiche di schermaggio e lo sviluppo di noccioli innovativi con lungo tempo di residenza in reattore.

Per quanto riguarda il *Lead-cooled Fast Reactor* di IV generazione, le attività sono inquadrate sia nell'AdP MiSE-ENEA sia nel progetto europeo ELSY *European Lead-cooled SYstem*, coordinato da Ansaldo Nucleare e nel quale ENEA ha la responsabilità della progettazione del nocciolo a configurazione quadrata aperta, del sistema di contenimento e delle tecnologie del piombo. E' stata completata un'importante campagna sperimentale atta a studiare le conseguenze della rottura del generatore di vapore nel reattore ELSY. L'evento incidentale denominato SGTR (Steam Generator

Tube Rupture) è stato simulato in scala ridotta utilizzando l'impianto Lifus5 presente presso ENEA-Brasimone. In particolare è stata iniettata acqua a 185 bar e 300 °C nel vessel di prova di Lifus5 contenente metallo liquido a 400 °C. I risultati sperimentali sono stati simulati mediante il codice SIMMER in collaborazione con l'Università di Pisa.

Oltre al supporto alla progettazione concettuale del LFR, l'impegno ENEA sulla tecnologia del piombo e sue leghe ha riguardato anche attività trasversali svolte nell'ambito del progetto europeo GETMAT del 7° Programma Quadro e dell'Iniziativa europea VELLA - *Virtual European Lead Initiative*.

L'iniziativa VELLA (www.vella.brasimone.enea.it), che si è conclusa nel settembre 2009, ha permesso la realizzazione di un network europeo sulla tecnologia dei metalli liquidi pesanti quali refrigeranti per sistemi nucleari di nuova generazione.

L'ENEA, come coordinatore del progetto, ha affermato la sua leadership in tale ambito nel contesto europeo, e a dimostrazione del successo dell'iniziativa, coordina importanti workpackage nei progetti di Coordination Action del 7°PQ della Commissione Europea, quali HeLiMNet (Heavy Liquid Metal Network) ed ADRIANA (Advanced Reactor Initiative And Network Arrangement).

In particolare GETMAT è dedicato allo sviluppo e caratterizzazione di nuovi materiali strutturali adatti a operare nelle condizioni estreme di funzionamento dei sistemi nucleari di nuova generazione (Generation IV, ADS, ecc.). Nel 2009 sono state eseguite attività di progettazione ingegneristica di tre dispositivi sperimentali per la caratterizzazione di acciai ODS in diverse condizioni. Si tratta di un dispositivo per prove di Low Cycle Fatigue (LCF) in atmosfera rilevante per il Gas Fast Reactor (GFR), di un impianto per prove di fretting in piombo liquido a 500 °C e di un dispositivo per prove di corrosione in elio fino a 900 °C nelle condizioni del GFR.

Nell'ambito dell'AdP MSE-ENEA, le attività sul LFR hanno riguardato l'installazione e l'esecuzione dei collaudi preliminari di un sistema di rimozione del calore di decadimento (DHR) prototipico, della potenza di 1 MW.

Il componente, installato sull'impianto a metallo liquido CIRCE in configurazione di prova integrale, dovrà essere testato e caratterizzato presso il CR Brasimone in una estesa campagna sperimentale che si svolgerà a partire da Marzo 2010.

Per quanto riguarda il VHTR di IV generazione, nell'ambito dell'AdP MSE-ENEA è stata realizzata un'estesa campagna sperimentale sulla sezione denominata 7PIN sulla facility He-FUS3 del Centro del Brasimone. Sono stati realizzati diversi test sia in condizioni stazionarie per ottimizzare la caratterizzazione del loop ad elio sia in regime di transitorio simulanti transitori operazionali e incidentali (LOFA e LOCA) del VHTR. La campagna sperimentale è stata preceduta da simulazioni di pre-test tramite codice RELAP 5 ed è proseguita con la validazione del codice di termoidraulica RELAP 5 tramite la comparazione coi transitori realizzati sulla facility. E' stato inoltre sviluppato un modello di calcolo per la progettazione neutronica del nocciolo di VHTR.

Infine l'ENEA, come sopra ricordato, ha partecipato alle attività della *European Sustainable Nuclear Energy Technology Platform* della *European Sustainable Nuclear Industrial Initiative* (ESNII) e della *European Energy Research Alliance* (EERA).

Le attività sui cicli del combustibile avanzati basati sul *Partitioning & Transmutation* sono portate avanti dall'ENEA nell'ambito dei progetti europei del 6° e 7° Programmi Quadro (ACSEPT, EUROTTRANS e CDT) e del *Working Party on the Scientific Issues of the Fuel Cycle* dell'OECD-NEA.

Per la parte *Partitioning*, l'ENEA partecipa al progetto ACSEPT *Actinide reCycling by SEParation and Transmutation* del 7° Programma Quadro europeo. In questo ambito l'ENEA si è focalizzata sui metodi di separazione mediante tecnologie pirometallurgiche. In particolare, sono state condotte ulteriori 7 campagne sperimentali sull'impianto PYREL II presso i laboratori del Brasimone

ottenendo, per la prima volta nell'ambito del progetto europeo, la separazione al catodo di acciaio del lantano e del cerio. Poiché il processo pirochimico produce come rifiuto cloruri, sono state studiate e realizzate, in collaborazione con l'australiana ANSTO, matrici di confinamento adatte a inglobare tali rifiuti.

Nel campo dello sviluppo di sistemi per la trasmutazione delle scorie radioattive, l'impegno di ENEA si è focalizzato sulla partecipazione al grande *Integrated Project* europeo denominato EUROTRANS *EUROpean research programme for the TRANSmutation of high level nuclear waste in Accelerator Driven Systems*, dove le attività svolte hanno condotto a risultati importanti per il progetto neutronico del nocciolo del trasmutatore europeo in scala industriale EFIT *European Facility on Industrial Transmuter*.

La campagna sperimentale GUINEVERE, inserita nel Dominio ECATS del Progetto Integrato EUROTRANS del 6º Programma Quadro della CE, e avente per principale oggetto lo studio del monitoraggio della reattività in sistemi sottocritici pilotati da acceleratore e raffreddati a piombo, sarà effettuata presso il SCK CEN di Mol (Belgio) all'inizio del 2010. Nell'ambito dei calcoli preliminari all'esperienza sono state effettuate analisi Monte Carlo per alcune configurazioni di riferimento critiche e sottocritiche.

Nell'ambito del dominio DEMETRA *DEvelopment and assessment of structural materials and heavy liquid MEtal technologies for TRAnsmutation systems* di EUROTRANS, ENEA ha completato l'approvvigionamento, l'installazione e i collaudi operazionali della sezione di prova integrale ICE "Integral Circulation Experiment" nell'impianto CIRCE.

L'attività ICE ha come obiettivo quello di simulare il comportamento termoidraulico di una porzione rilevante, sulla scala di 1 MW, del sistema primario di un reattore nucleare a piscina refrigerato a metallo liquido pesante, sia critico che sottocritico.

I primi risultati saranno disponibili a partire da Marzo 2010.

A supporto dell'esperimento ICE, nel corso del 2009 si è realizzata una seconda campagna sperimentale per la qualifica degli elementi scaldanti da adottare come fuel pin simulator nell'impianto CIRCE. I test, realizzati sull'impianto NACIE *Natural Circulation Experiment*, hanno permesso la caratterizzazione delle fuel pin simulator, analizzandone il comportamento e le relative prestazioni termiche sia in regime di *natural circulation* che di *mixed convection* (gas enhanced circulation).

Attività di R&D sono state condotte nel settore della dissalazione delle acque per mezzo di processi termici e chimici adattabili all'uso dell'energia nucleare. Si sono studiate le tipologie di impianti nucleari più promettenti per un possibile utilizzo, nel loro sviluppo in ambito internazionale, in processi di dissalazione, con attenzione a configurazioni di IV Generazione.

Attività propedeutiche alla qualificazione e certificazione di componenti e sistemi degli impianti nucleari di potenza

In considerazione dei nuovi orientamenti governativi in materia di energia, ed in particolare con riferimento al rilancio dell'opzione nucleare in Italia, si sono svolte attività di ricognizione e coordinamento per la valutazione delle infrastrutture presenti in Casaccia, nell'ottica del contributo che l'ENEA potrebbe fornire per l'inserimento dell'Industria nazionale tra i possibili fornitori per le previste centrali nucleari da realizzare in Italia nel breve termine.

Con una visione allargata rispetto ai compiti tradizionalmente assegnati a FPN (ex RAD), si è provveduto ad impegnare competenze provenienti dal filone della termoidraulica sperimentale per verificare lo stato e le reali possibilità di riavviare infrastrutture di grande importanza, presenti in Casaccia, da impiegare nella qualifica funzionale di componenti e sistemi da installare sui circuiti principali di impianti nucleari di potenza. Le conclusioni di questa indagine sono state presentate nella giornata dedicata dall'ENEA alla diffusione dell'informazione sull'offerta che l'Agenzia può presentare al sistema Paese in termini di supporto tecnico-scientifico all'Industria.

Si è inoltre provveduto ad assicurare una presenza ENEA- per la parte di competenza FPN (ex-RAD) anche in UNICEN, per contribuire allo sviluppo di una normativa nazionale in materia di impianti ed energia nucleare, al momento ferma agli anni '80.

Sicurezza nucleare e salvaguardie

Nel corso dell'anno sono stati condotti studi e sviluppati metodi nell'ambito di programmi europei e internazionali. A partire dall'1 aprile 2009, come prolungamento effettivo delle analisi e delle ricerche effettuate in SARNET-1 (Severe Accident Research Network of Excellence), ha avuto inizio effettivo il progetto SARNET-2 in cui si punta a rafforzare i principali risultati raggiunti e a cui l'ENEA ha contribuito in maniera rilevante, attraverso la partecipazione ai vari WP. ENEA partecipa attivamente in SARNET-2 e svolge attività finalizzate alla validazione del nuovo codice europeo ASTEC (Accident Source Term Evaluation Code) attraverso calcoli e valutazioni eseguiti in modo indipendente e prendendo a riferimento sia apparecchiature sperimentali, quali PHEBUS, sia impianti reali, in piena scala, ponendo particolare enfasi su quelli pressurizzati francesi da 900 MWe (a cui appartengono quelli di Saint-Laurent, Tricastin, etc.) e da 1450 MWe, di tipo N4, (a cui appartengono quelli di Civaux e Chooz) e anche riferendosi a reattori tedeschi di tipo Konvoi. Va ricordato che parti selezionate e opportunamente combinate di N4 e di Konvoi hanno portato alla realizzazione del reattore di terza generazione EPR e che quindi, partecipare ai calcoli e alle valutazioni relative ad N4 e Konvoi è molto utile per essere in grado di valutare anche i reattori di prossima generazione. Queste attività sono state svolte e sono tuttora in progresso sfruttando anche strumenti di calcolo resi disponibili ad ENEA da accordi internazionali con la USNRC. Si fa qui diretto riferimento al codice integrale MELCOR, usato sia per confronto e validazione di ASTEC, sia per analisi di sensibilità e risposta incidentale di parti e componenti critiche del sistema. Oltre alle dette attività svolte in forma indipendente, è in atto una proficua collaborazione, sempre in ambito SARNET, con l'IRSN francese. Nell'ambito di un contratto con l'IRSN francese sono stati modificati i modelli per i codici di calcolo ICARE/CATHARE, normalmente utilizzati per lo studio d'incidenti durante la movimentazione in reattore del combustibile irraggiato, per poter studiare il comportamento termo-mecanico degli assemblaggi di combustibile disposti nelle piscine dell'impianto di riprocessamento di La Hague a seguito d'incidente di perdita di refrigerante.

Nell'ambito della partecipazione italiana al gruppo WGAMA (*Working Group on The Analysis and Management of Accidents*) dell'OECD-CSNI e del sopracitato network europeo SARNET-2, sono stati portati a compimento gli studi orientati alla soluzione di alcune importanti incertezze ancora esistenti nel campo delle analisi d'incidente severo, al fine di accrescere la sicurezza degli impianti nucleari dell'attuale e della futura generazione.

Si è, infine, conclusa l'attività inserita nell'IAEA CRP *Co-ordinated Research Project* denominato "*Natural circulation phenomena, modelling and reliability of passive systems that utilize the natural circulation*", indirizzata, principalmente, alle valutazioni relative ai sistemi termoidraulici di tipo passivo, anche per quanto riguarda la loro affidabilità.

A seguito della positiva conclusione delle attività di definizione e programmazione, in ambito ESARDA, del nuovo "*nuclear safeguards regime*" che è stato adottato da EURATOM e IAEA, sono ora attivi diversi gruppi di lavoro. L'ENEA sta valutando l'opportunità di inserire proprio personale in due di questi gruppi.

Nell'ambito di relazioni con le Autorità Internazionali sono stati seguiti gli sviluppi dell'applicazione del Protocollo Aggiuntivo presso la Commissione Europea, l'IAEA e il Dipartimento dell'Energia USA, che si avvale della NNSA *National Nuclear Security Administration* per una campagna di sensibilizzazione internazionale alla problematica della security.

Sono continue le attività inerenti l'applicazione in Italia del Protocollo Aggiuntivo all'Accordo di Verifica sul Trattato di Non-Proliferazione delle armi nucleari. Nell'ambito di relazioni con le Autorità