

struttura. Il programma è finalizzato a produrre un'antenna per ITER. La caratterizzazione ha mostrato un buon accordo con le specifiche di progetto; il primo test su plasma verrà condotto su FTU nel corso del 2003.

- è stato effettuato un considerevole miglioramento del parco di diagnostiche di FTU, anche in vista dell'inserimento (previsto per la metà del 2003) di due nuovi sistemi di misura, e cioè l'interferometro basato su un laser a CO<sub>2</sub> a scansione, per la misura della densità di plasma (progettato e costruito dal Consorzio RFX), e il fascio di atomi neutri, per la misura del profilo radiale di corrente e di temperatura ionica. Gli interventi più importanti hanno riguardato la costruzione e l'installazione di due rivelatori dell'emissione di Bremmstrahlung da parte degli elettroni accelerati dai campi a radiofrequenza utilizzati su FTU e l'inserimento del nuovo sistema di misure delle perturbazioni del campo magnetico interne alla camera da vuoto. Sono state apportate le necessarie modifiche per l'inserimento di una nuova diagnostica di rivelazione della radiazione X basata su Gas Electron Multiplier, sviluppata congiuntamente con INFN e attualmente provata sull'esperimento NSTX di Princeton (USA)
- sono state ottenute, in maniera riproducibile, configurazioni di plasma con basso trasporto turbolento di calore (barriere di trasporto) e con valori di tempo di confinamento fino al 60% più elevati di quelli usuali in casi analoghi. Regimi a confinamento migliorato sono stati prodotti anche mediante onde di Bernstein ioniche (FTU è l'unico tokamak in Europa dotato di questo sistema di riscaldamento). In particolare, segni evidenti di riduzione del trasporto turbolento di calore sono stati ottenuti per la prima volta in plasmi di deuterio ad elevati valori della corrente di plasma, grazie anche alla maggiore potenza a radiofrequenza disponibile.
- nel quadro delle attività collegate allo sviluppo dei sistemi di manutenzione remotizzata della macchina ITER, sono state completate le attività di qualificazione del sistema di manutenzione remotizzata dal divertore presso la facility DTP – Divertor Test Platform. In una prima fase, sono state completate con successo tutte le prove di affidabilità del sistema, mentre successivamente sono state condotte le prove di simulazione del recupero dei moduli bloccati a seguito di malfunzionamenti.
- riguardo alla qualificazione di componenti di prima parete della macchina ITER, è stato condotto nella facility "EDA-BETA" il primo test di fatica termica su quattro moduli di piccole dimensioni simulanti porzioni della prima parete di ITER. Un modulo ha mostrato un'ampia rottura con danneggiamento della camera di prova e ciò richiede un notevole lavoro di manutenzione straordinaria per il riavvio modificando, quindi, il programma di prove originario. L'attività prosegue con un nuovo programma concordato con la committenza (EU).
- infine, sono proseguite le attività sui magneti e si sono concluse le seguenti prove: 1) prove di attrito a bassa temperatura e con elevati carichi di compressione per lo sviluppo dei materiali costituenti le barriere isolanti a bassa tensione (vetronite e riporti di allumina); 2) prove di attrito a bassa temperatura e con elevati carichi di compressione per la verifica del comportamento dell'interfaccia TF case/Winding pack; 3) prove integrali di durata a bassa temperatura delle chiavette di collegamento dei magneti di ITER sottoposte a carichi pulsanti rappresentativi delle sollecitazioni reali, con particolare riferimento al loro rivestimento isolante.

Nel corso dell'anno, infine, sono state prodotte 45 pubblicazioni su riviste internazionali e sono stati presentati oltre 65 contributi a conferenze.

### **Fisica del confinamento inerziale**

Nel corso dell'anno, è stata studiata l'interazione di luce generata dall'impianto Laser ABC - luce resa altamente uniforme con il sistema ottico ISI, progettato internamente - con schiume plastiche di bassa densità. L'uso di tali schiume è stato proposto come elemento atto a uniformare l'intensità della luce. Gli esperimenti hanno mostrato la presenza di microjets dietro il bersaglio e un moto turbolento negli strati esterni. E' proseguita la messa a punto di un laser a stato solido di potenza pompato con diodi emettitori di luce; in particolare, è stato costruito un prototipo di alta densità di potenza ( $2\text{kW}/\text{cm}^2$ ). L'attività teorica ha riguardato lo studio di schemi di implosione di bersagli con schermi conici.

Complessivamente, fra articoli e presentazioni a congressi, sono state prodotte 4 pubblicazioni.

### **Tecnologie**

Le attività di sviluppo tecnologico sono raggruppate essenzialmente nei due aggregati progettuali TITER (Tecnologie per ITER) e TREDI (Tecnologie per il reattore dimostrativo), ma hanno una validità che va oltre il campo specifico della fusione. I settori di competenza sono molto articolati e coprono le aree più importanti di sviluppo, sia dal punto di vista tecnologico che della progettazione.

In particolare, le attività svolte in ambito ITER sono relative a sicurezza ed impatto ambientale, progettazione componenti e sistemi, superconduttività a bassa temperatura critica, neutronica, manutenzione remota, sistemi di visione e misura laser, tecnologie delle superfici, prove di componenti.

Le attività svolte in ambito TREDI, invece, riguardano sicurezza ed impatto ambientale, progettazione di sistemi, neutronica, manutenzione remotizzata, materiali avanzati, metalli liquidi, termofluidodinamica dell'elio.

Nel campo della superconduttività, sono state svolte attività anche nel settore dell'alta temperatura critica, con ricerche autonome e con contratti di ricerca o di servizio finanziati dall'industria italiana (PIRELLI, EDISON, Europa Metalli).

ENEA ha svolto, nell'ambito di un team internazionale e con responsabilità di coordinamento, le attività per lo studio di compatibilità tecnica dei siti europei proposti per ITER ( Cadarache e Vandellos); inoltre, l'ENEA ha partecipato, come membro ufficiale della delegazione EU, al team internazionale (JASS Ad-hoc Group) sull'analisi tecnico-economica comparata dei siti proposti in Europa, Giappone e Canada quale base per la scelta del Sito finale da parte dei Negoziatori dei paesi partecipanti ad ITER.

Nello specifico, inoltre, vanno citati anche i risultati riportati nel seguito.

#### *Membrane*

E' stata completata l'ottimizzazione di tecniche di realizzazione e caratterizzazione delle membrane destinate ai reattori catalitici per la separazione dell'idrogeno. Base dell'attività è il brevetto 'Procedimento di saldatura di strutture metalliche di rinforzo a lamine in lega di palladio per la fabbricazione di membrane composite per la separazione di idrogeno e apparato per la sua realizzazione' n. RM2001 A 000748, depositato il 19/12/01.

*Materiali strutturali*

Le attività sui materiali strutturali si sono concentrate principalmente sullo sviluppo di componenti in composito ceramico SiC<sub>f</sub>/SiC, al fine di migliorarne la conducibilità termica e ottenere componenti ad alta densità.

Sono stati realizzati compositi ceramici in fibra e matrice di carburo di silicio (compositi SiC<sub>f</sub>/SiC) con la tecnologia dell'impregnazione polimerica e pirolisi. La successiva caratterizzazione ha evidenziato una ragguardevole resistenza meccanica a flessione (500 MPa) ed ancor più una elevata conducibilità termica (30 W/mK).

E' stata messa a punto e caratterizzata una tecnologia di giunzione di carburo di silicio (monolitico e composito); i giunti realizzati con questo processo hanno mostrato una elevata resistenza a taglio (150 MPa per i giunti di SiC monolitico e 80 MPa per i giunti di composito).

Sono stati prodotti tubi di carburo di silicio con anima in SiC monolitico e rivestimento in composito, con l'obiettivo di produrre tubi ad elevata resistenza, tenacità ed a tenuta di gas. E' in corso di valutazione la brevettabilità del processo che ha consentito la realizzazione di questi prodotti semilavorati.

E' stata realizzata, per la prima volta in Italia, una tessitura tridimensionale di fibre di carburo di silicio attraverso un particolare telaio (Tecnotessile srl di Prato). Tale tessitura (preforma) ha le caratteristiche (percentuale di fibre, rigidità etc.) idonee ad essere utilizzata per la produzione di pannelli in composito SiC<sub>f</sub>/SiC.

*Camera da vuoto e schermo*

Le attività sperimentali si sono concentrate sullo sviluppo di una tecnica di fabbricazione innovativa, sia per qualità del prodotto che per costi di realizzazione, di componenti soggetti ad alti flussi termici da utilizzare nella macchina ITER. La tecnica si basa sulla giunzione per diffusione del materiale di sacrificio, tungsteno, in forma di piastrine con foro centrale che ospita il tubo in rame di raffreddamento (configurazione monoblocco). La giunzione per diffusione è realizzata utilizzando una attrezzatura grazie alla quale non è necessario ricorrere a costosissime autoclavi per applicare, ad alta temperatura (>500°C), la pressione (700 bar) richiesta dal processo finora utilizzato (Hot Isostatic Pressing). Il nuovo processo, inoltre, risulta facilmente monitorabile, permettendo così di verificare la qualità del prodotto, e non richiede le costose lavorazioni meccaniche necessarie per l'HIP.

E' stato realizzato un piccolo prototipo che è stato testato con successo per 1000 cicli a 20 MW/m<sup>2</sup>, ossia ad un valore di carico termico estremamente elevato ed ampiamente entro i valori necessari per ITER.

L'attività è stata svolta in collaborazione con il CSM di Pomezia; il processo è stato brevettato congiuntamente da ENEA e CSM.

*Radar Ottico (IVVS)*

L' IVVS (In-Vessel Inspection System) è un sistema basato su tecnologie laser per "vedere" e "misurare" all'interno di ambienti in cui l'uomo e/o i sistemi basati su chip di silicio (come i Charged Coupled Device, CCD) non possono operare in maniera efficace per tempi lunghi (oltre alcune decine di minuti). In particolare, il sistema ha caratteristiche tali da poter operare con continuità all'interno della macchina ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor).

Il principio di funzionamento prevede il lancio sul bersaglio di un fascio laser di opportuna lunghezza d'onda e modulato in ampiezza a circa 80 MHz. Analizzando l'ampiezza e la fase del fascio riflesso, si ottengono immagini e misure della zona colpita dal fascio. Il sistema proposto da ENEA, dopo un periodo di concorrenza tecnico-scientifica con sistemi americani, giapponesi e finlandesi, è ormai considerato quello di riferimento per ITER. Un prototipo in

scala reale è stato costruito ed è attualmente sotto test nei laboratori di Frascati; per la realizzazione del prototipo sono stati sviluppati sistemi elettro-ottici, di misura ottica della posizione della testa di scansione e di elettronica radar con prestazioni superiori al presente stato dell'arte per ambienti operativi come ITER.

### *Superconduttività*

Nell'ambito delle attività per lo sviluppo di conduttori compositi superconduttori per i magneti di ITER-FEAT, in collaborazione con il CEA-Cadarache è stato realizzato un campione di conduttore in NbTi e relativo giunto. Il campione, costituito da 1152 fili in NbTi, è stato provato come previsto nel periodo luglio-ottobre 2002 da un team misto CEA-ENEA; sono state effettuate misure di corrente critica, perdite in campi variabili, stabilità contro disturbi. Le prove hanno confermato la validità delle scelte progettuali fatte. L'analisi di dettaglio, e la relativa interpretazione dei dati sperimentali, è ancora in corso.

### *Sviluppo di nastri superconduttori ad alta temperatura critica (SAT)*

Le attività in questo campo sono finalizzate alla realizzazione di SAT a base di  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO) ed alla definizione di efficienti tecnologie di evaporazione di ossidi e metalli su nastri metallici lunghi, per la realizzazione di substrati per i superconduttori ad alta temperatura critica.

Nel corso dell'anno, è stato sviluppato un substrato di lega Ni-W 5%at che permette di fabbricare nastri di YBCO con  $J_c \geq 1 \text{ MA/cm}^2$  a 77 K in  $B=0 \text{ T}$ . I campioni prodotti sono di dimensioni  $1 \times 3-4 \text{ cm}^2$ , realizzati in condizioni statiche. Utilizzando una lega di Ni-Cr come nastro metallico, sono state studiate strutture costituite da film di Ag depositati su film ceramici di  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NiO}$ , al fine di valutare la loro qualità come substrati per la crescita di superconduttori; sono stati realizzati campioni di dimensione  $\sim 5 \text{ cm}$ .

Complessivamente, in questo settore sono stati conseguiti 2 brevetti, sono stati pubblicati 46 lavori e sono state presentate 21 relazioni a congressi.

## **8.2. Progetto IGNITOR**

Nel corso dell'anno, è stato completato uno studio tecnico-economico di massima sulla realizzazione dell'impianto IGNITOR, nel quale è stato fatto un primo punto su 20 anni di attività di progettazione e sviluppo. Nello studio sono riportate le stime delle risorse disponibili e delle risorse necessarie per la costruzione dell'impianto, i tempi per arrivare al suo funzionamento e l'iter di licensing. Il rapporto è stato trasmesso dall'ENEA ai Ministeri competenti per le opportune decisioni di merito.

Un altro importante evento è stato l'esame e la discussione del progetto nel seminario di Snowmass, ove la Comunità scientifica internazionale si è riunita per 2 settimane per valutare gli esperimenti possibili per realizzare plasmi igniti. Sono stati considerati solo progetti pervenuti a uno stadio significativo di sviluppo, e cioè IGNITOR, ITER e FIRE. IGNITOR è stato valutato come il progetto ingegneristicamente più maturo (sfrutta tecnologie già consolidate) per condurre nei tempi più rapidi e con costi contenuti esperienze sui plasmi igniti. E' stata confermato in un rapporto, il FESAC Report, emesso al termine del seminario, un interesse americano alla partecipazione alla costruzione e sfruttamento scientifico dell'impianto nel caso esso venisse realizzato in Italia.

Al termine di un lungo confronto per identificare il lavoro da svolgere, riportato in una dettagliata Specifica tecnica, è stato stipulato il contratto di progettazione con Ansaldo Ricerche per la revisione delle parti più importanti del nocciolo della macchina (camera da vuoto, prima parete, trasformatore centrale, schermaggi, sistema di manipolazione remotizzata e impianto criogenico). Verrà revisionato anche il Rapporto preliminare di sicurezza. In ottobre sono iniziati i primi lotti dei lavori del contratto.

E' stato completato lo studio dello scenario di riferimento a 11 MA e 13 T, ottimizzando e determinando le correnti nel trasformatore atte a produrre il flusso magnetico necessario per condurre la sperimentazione. E' stato realizzato il modello per il calcolo elettromagnetico della macchina in condizioni dinamiche e sono state valutate le forze che si sviluppano sulla camera da vuoto a seguito di disruzione del plasma. Con lo stesso modello sono state calcolate le forze elettromagnetiche, piuttosto rilevanti, sui vari elementi (tegole e portategole) della prima parete percorse, durante le disruzioni, da correnti parassite e da correnti di alone.

### ***8.3. Sviluppo e uso di acceleratori di elettroni e protoni in terapia oncologica***

E' stato completato l'assemblaggio del nuovo acceleratore innovativo di elettroni per la radioterapia intraoperativa (IORT) dei tumori; l'impianto è stato acceso per la prima volta alla fine dell'anno con esito positivo, mentre le prove di miglioramento e caratterizzazione dosimetrica saranno effettuate nella prima metà del 2003. Inoltre, sono stati eseguiti i preparativi per l'installazione dell'iniettore di protoni, che avverrà agli inizi del prossimo anno; le misure sulla prima struttura accelerante sono risultate in accordo con le previsioni.

### ***8.4. Modellistica e calcolo ad alte prestazioni***

Le attività svolte in questo settore rendono disponibili, nei settori a maggiore impatto computazionale del contesto programmatico dell'Ente, infrastrutture e servizi informatici di alto livello; le competenze e le infrastrutture disponibili, inoltre, permettono all'Ente di fornire servizi qualificati nel campo della modellistica e del calcolo ad alte prestazioni a soggetti industriali e della Pubblica Amministrazione. In particolare, vengono sviluppate architetture, componenti e tecnologie di calcolo e reti ad alte prestazioni; algoritmi, tecniche di modellistica e simulazione, sia numerica, sia qualitativa; codici di calcolo di tipo sia generale sia orientato; applicazioni di calcolo e modellistica nei settori scientifici e tecnologici di interesse dell'Ente; architetture basate su tecnologie ad agenti intelligenti per il monitoraggio e la riconfigurazione dinamica di sistemi e reti ad alta complessità; sistemi di addestramento e supporto alle decisioni basati sui concetti più innovativi di knowledge-management; applicazioni di grafica avanzata e visualizzazione scientifica; interfacce visuali avanzate a basi di dati e sistemi informativi multimediali ad elevato grado di usabilità.

**Modellistica e calcolo ad alte prestazioni applicati a scienza dei materiali, biologia, compatibilità elettromagnetica, ambiente***Scienza dei materiali*

Nell'ambito del progetto europeo TECLA, finalizzato allo sviluppo di tecnologie per un uso efficiente delle leghe del piombo sia come liquidi di raffreddamento, sia come materiali di spallazione di un sistema ADS (Accelerator Driven System), l'ENEA ha messo a punto un modello atomistico per la descrizione del sistema Pb e Pb-Bi, previsto come sistema di raffreddamento primario nella macchina. Inoltre, poiché è stato osservato sperimentalmente che l'ossigeno può limitare i danni della corrosione, è stato sviluppato un modello di interazione atomica per la descrizione della diffusione di atomi di ossigeno nel piombo liquido.

Durante il 2002, in collaborazione con l'Istituto di Chimica e Fisica dei Materiali del CNRS di Strasburgo (Francia), è stato studiato, tramite simulazioni di dinamica molecolare ab-initio, il siliciuro di selenio ( $\text{SiSe}_2$ ) nella sua fase liquida e amorfa. Il  $\text{SiSe}_2$  fa parte di una classe di materiali che sebbene nella fase amorfa siano materiali intrinsecamente "disordinati", mostrano sperimentalmente un ordine strutturale su scale nanometriche. Grazie a questa proprietà, questi materiali mostrano un'alta diffusione ionica, utilizzabile per la realizzazione di batterie e nei sensori; tuttavia, nonostante i grandi sforzi sperimentali, ancora non è stato compreso come possa instaurarsi ordine all'interno di una matrice disordinata. Per affrontare questo problema, sono state realizzate simulazioni di dinamica molecolare ab-initio, al fine di comprendere la struttura atomica del  $\text{SiSe}_2$ . La classificazione degli elementi strutturali trovati nel modello simulato ha fornito la chiave di interpretazione.

*Biologia computazionale*

Nel corso dell'anno, è stato svolto un lavoro relativo all'applicazione di modelli di analisi tipici della meccanica statistica allo studio della "struttura linguistica" di proteomi archeobatterici, batterici ed eucariotici. Il modello di analisi, basato sul calcolo delle correlazioni posizionali tra le coppie di aminoacidi, ha messo in evidenza fenomeni distintivi di proteomi di organismi termofili. Queste peculiarità, legate fondamentalmente alla rimozione delle cisteine non essenziali ed al clustering delle stesse cisteine in "motivi" ad altissima correlazione, hanno consentito di elaborare interessanti congetture sul possibile meccanismo di funzionalizzazione e/o di adattamento delle proteine attraverso la rimozione di gruppi aminoacidici specifici.

*Compatibilità elettromagnetica*

E' stato realizzato un codice parallelo per la soluzione delle equazioni di Maxwell mediante il metodo delle differenze finite nel dominio del tempo (FDTD). Il codice è stato validato sia mediante la comparazione dei risultati prodotti nel caso di simulazioni di cui fosse nota la soluzione analitica, sia tramite il confronto con i risultati prodotti da un altro codice già validato. Al fine di utilizzare il codice in ambiente di griglia computazionale, il programma parallelo sviluppato è stato testato su piattaforme di calcolo differenti (cluster di processori Alpha connessi mediante rete QsNet, cluster con processori Intel Pentium IV connessi mediante rete Fast Ethernet, sistema parallelo IBM SP3).

*Applicazioni in campo ambientale*

Nel corso del 2002 è stato completato il Progetto SUPREME (Sistema di Supporto Decisionale per la Previsione degli Eventi Catastrofici e la Prevenzione e Mitigazione degli

Effetti sui Beni Ambientali e Culturali). Il Sistema SUPREME può essere un valido supporto per le Autorità cui compete la difesa del territorio, dei beni culturali e naturali. Il sistema affronta due tipologie di evento che mettono a rischio il patrimonio monumentale e naturale: gli eventi alluvionali in area urbana ed in zone rurali ed i fenomeni di inquinamento atmosferico che possono vulnerare superfici architettoniche e materiali che fanno parte del patrimonio culturale. Il sistema risponde all'esigenza di localizzare le aree a rischio, pianificare interventi di mitigazione, prevedere i fenomeni di piena ed esondazione, conoscere i meccanismi che portano alla formazione di composti atmosferici dannosi per la salute e per i manufatti valutare gli effetti di decisioni finalizzate alla riduzione del danno, permettere l'addestramento continuo del personale tecnico.

La suite è composta di diversi strumenti per la gestione e trattamento dei dati ambientali, per la simulazione ed il calcolo, per la visualizzazione dei risultati, per l'addestramento degli utenti: i modelli idraulici ed idrologici per la previsione e la descrizione degli eventi alluvionali, un modello per descrivere l'evoluzione chimico-fisica dei gas e del particolato atmosferici, routines di visualizzazione dei dati e dei risultati delle analisi, banche dati georeferenziate contenenti le informazioni di natura socio-economica,

- sistemi esperti a supporto delle fasi di validazione dei dati, valutazione degli interventi di mitigazione dei rischi e per l'addestramento utenti. Nel corso dell'anno 2002 è proseguita la linea di ricerca finalizzata alla modellazione numerica del processo di *formazione delle acque profonde* del Mediterraneo. E' questa la denominazione che si dà al processo di convezione termica che provvede al ricambio periodico dell'acqua costituente gli strati più profondi dell'ambiente marino, attraverso l'apporto di acqua più fresca proveniente dalla superficie. Tale processo – che è determinato dal raffreddamento superficiale prodotto dai venti durante la stagione invernale – gioca un ruolo molto importante nella circolazione marina del Mediterraneo. In particolare, le correnti convettive così originate fungono da veicolo per il trasporto dell'ossigeno dalla superficie al fondo del mare, e sono essenziali per la vita dell'intero ecosistema.

Con l'ausilio del codice commerciale *Fluent*, è stata effettuata una serie di simulazioni numeriche del processo in questione, con riferimento ad alcuni casi di interesse specifico. I risultati ottenuti sono in soddisfacente accordo con quelli derivanti dalle osservazioni dirette nonché dalle prove di laboratorio riportate in letteratura.

#### *Modellistica e simulazione di sistemi a rete altamente informatizzati*

La crescente complessità, interconnessione e interdipendenza tra le infrastrutture energetiche (impianti di produzione, reti elettriche, olio e gas), dei trasporti (stradali, ferroviari, aerei), delle telecomunicazioni (terrestri e satellitari), i servizi di emergenza (civili e militari) e i servizi sanitari e finanziari, pone alla Società del terzo millennio nuovi problemi di progettazione, analisi e protezione di sistemi ad alta complessità, caratterizzati da un elevato grado di interazione. Le singole infrastrutture vanno viste globalmente nelle loro componenti: umana (organizzazione di gestione), fisica (elettrodotti, gasdotti, oleodotti, binari, autostrade,...), informatica e di comunicazione (trasmissione ed elaborazione dati e comandi per il governo della rete). L'ENEA ha prodotto significativi risultati nel campo specifico partecipando a due Progetti Europei.

Nell'ambito del Progetto SAFEGUARD - *Protecting Large Complex Critical Infrastructure* - è stato elaborato un modello di analisi di vulnerabilità per le infrastrutture della rete elettrica e della rete di telecomunicazione che ha permesso di evidenziare punti di vulnerabilità significativi ai fini della sicurezza e di elaborare requisiti progettuali per una rete di agenti software con l'obiettivo di aumentare la sicurezza delle infrastrutture. E' stato elaborato il progetto dell'architettura della rete di agenti software nonché il progetto di dettaglio dei

singoli agenti preposti all'implementazione delle seguenti funzioni: identificazione di uno stato anomalo della rete, elaborazione di una strategia di adattamento atta a favorire la continuità del servizio, informazione a livello operatore della situazione identificata per la definizione di una strategia di gestione globale.

Nell'ambito del Progetto ACIP – *Analysis and Assessment for Critical Infrastructure Protection*, l'ENEA ha contribuito alla preparazione di una roadmap di ricerca nel campo della “Protezione delle Infrastrutture Critiche Altamente Informatizzate”, da usare come strumento di indirizzo e valutazione delle proposte di progetti di ricerca sia a livello nazionale che nell'ambito del Sesto Programma Quadro della UE. La Roadmap è stata rilasciata nella sua versione preliminare per la valutazione di proprietari e gestori di infrastrutture complesse altamente informatizzate e di Agenzie governative con il compito di garantire la sicurezza delle infrastrutture nazionali.

#### ***Modellistica numerica e calcolo per l'ingegneria meccanica e termo-meccanica***

E' proseguita l'attività, in corso da alcuni anni, riguardante la simulazione numerica dei processi di saldatura d'interesse per la costruzione delle casse che dovranno contenere le bobine per la creazione del campo magnetico di confinamento del plasma della macchina a fusione ITER. Il lavoro si è incentrato su una simulazione numerica originale e inedita della saldatura di tipo SAW con apporto di materiale per un modello sperimentale (Coupon C) di dimensioni notevoli (paragonabili a quelli dei pezzi costituenti le casse reali), con spessori di saldatura di 4-20 cm, utilizzando le metodologie di calcolo, più approssimate ma più veloci, messe a punto e testate facendo riferimento a modelli sperimentali di dimensioni molto più ridotte. Nei calcoli, tuttora in corso, per il comportamento meccanico del materiale si stanno utilizzando i dati forniti dai laboratori ENEA di Faenza (ottenuti dopo una campagna sperimentale eseguita ad hoc ed opportunamente testati con una serie di calcoli di confronto su un modello sperimentale più semplice).

#### ***Tecnologie e modellistica di visualizzazione grafica avanzata***

Le attività svolte nell'ambito dell'elaborazione di immagini hanno riguardato, principalmente, l'indagine diagnostica multispettrale per la valutazione dello stato di conservazione di opere d'arte. In particolare, sono state effettuate diverse campagne di acquisizione di immagini che hanno interessato due grandi tele di Gaetano Gandolfi, conservate nella Basilica di San Petronio (Bologna), una tavola di Pietro Lianori e il Crocifisso ligneo di Marco Zoppo, situati al Museo provinciale dei Frati Minori Cappuccini (Bologna). Parte del lavoro svolto è stato presentato nell'ambito della mostra “Gaetano e Ubaldo Gandolfi” che si è tenuta a Cento (Ferrara) da aprile a giugno 2002.

Nell'ambito dell'uso di tecnologie informatiche per la catalogazione, è stato realizzato un sistema che consente la consultazione in rete di basi di dati conformi agli standard definiti dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione.

#### ***Sviluppo sistemi di addestramento e supporto alle decisioni***

Nell'arco del 2002, sono state selezionate e sperimentate in vari progetti una serie di metodologie di stima, basate su tecnologie di intelligenza artificiale, utilizzabili nello sviluppo di sistemi di supporto alle decisioni rivolti all'operatore o al gestore di impianto.

Queste metodologie si possono dividere in due categorie principali: metodi di pianificazione e ottimizzazione e metodi di riconoscimento, classificazione e diagnosi.

Alla prima categoria (pianificazione ed ottimizzazione), appartengono le metodologie evolutive, basate su *algoritmi genetici* e di apprendimento automatico su contesti vincolati.

Questi metodi sono stati applicati nel progetto *Dfe (Design for Environment)*, al fine di fornire uno strumento di ottimizzazione dell'impiego delle opzioni tecniche disponibili per il gestore di impianti manifatturieri di produzione del legno e del vetro, con l'obiettivo finale di migliorare l'impatto ambientale e ridurre i costi.

Alla seconda categoria (riconoscimento e diagnosi), appartengono le metodologie di *Case Base Reasoning, Data mining e Neural Networks*, che agiscono principalmente sulle variabili ed i dati di impianto, al fine di catturarne i comportamenti anomali. Questi metodi sono stati utilizzati nel 2002 principalmente all'interno del progetto *SAFEGUARD (Sistema di sicurezza e salvaguardia di infrastrutture critiche di tipo information intensive)* finanziato nell'ambito del V programma quadro dell'Unione Europea.

Attraverso l'impiego di questi metodi si persegue l'obiettivo di dotare il sistema di un insieme di *sensori intelligenti* in grado di catturare la conoscenza del comportamento normale dei sistemi di controllo delle infrastrutture ed essere così in grado di evidenziare eventuali comportamenti anomali. Tali allarmi vengono poi gestiti dal sistema *SAFEGUARD*, composto da una popolazione di agenti software con ruoli diversificati, dotati di capacità di diagnostica, correlazione, pianificazione e rescheduling.

#### *Elaboratori e strumenti di calcolo e grafica HW/SW*

L'evoluzione delle tecnologie informatiche ha condotto, in ENEA come nella maggior parte delle realtà organizzative, alla sostituzione quasi generale dei calcolatori mainframe, ad uso condiviso, con stazioni di lavoro individuali, di potenza variabile e configurazioni adeguate a risolvere i problemi applicativi specifici dei singoli utenti.

L'evoluzione delle tecnologie di rete ad alte prestazioni ha reso possibile, attraverso l'utilizzo di specifici sistemi software (AFS, LSF, Metaframe), l'integrazione in un unico sistema "virtuale" delle risorse informatiche distribuite, avvicinandosi a quello che oggi viene definito "GRID Computing"; attualmente, il sistema ENEA globalmente conta oltre 300 CPU con architetture e sistemi operativi eterogenei.

Nello stesso periodo, infine, è stato curato l'aggiornamenti software dei sistemi operativi (IBM-AIX, Cray-Unicos, SGI-IRIX, Linux-Intel, LinuxApha, SUN-Solaris) e sono stati aggiornati tutti i software scientifici (Fluent, Abaqus, Matlab, ANSYS, MCNP, IDL, AVS, Software di Grafica Immersiva 3D...etc.) utilizzati in modalità condivisa. Questa gestione condivisa e centralizzata delle licenze ha comportato una significativa riduzione dei costi a livello Ente.

## 9. A.4 NUOVE TECNOLOGIE PER LA COMPETITIVITÀ

Nel seguito viene riportata, per le principali linee di attività svolte nel 2002, una sintetica descrizione dei risultati più rilevanti ottenuti nel corso dell'anno.

### 9.1. *Il potenziamento delle strutture tecnico-scientifiche nel Mezzogiorno*

Il miglioramento dell'offerta tecnologica ed il consolidamento delle relative infrastrutture nelle regioni del mezzogiorno d'Italia (Regioni obiettivo 1) costituisce uno dei più importanti obiettivi strategici dell'ENEA. Gli interventi svolti in coerenza con tale obiettivo strategico sono articolati su vari progetti, finanziati nell'ambito di Intese o Convenzioni con il MIUR (Intesa ENEA-MIUR, ex MISM e Progetto CAMPEC)

#### **Impianti innovativi per il ciclo dei rifiuti**

E' stata completata e collaudata (fatto salvo l'impianto IRIS il cui collaudo è programmato per il 2003) la struttura per la sperimentazione di processi innovativi nel trattamento di diverse tipologie di rifiuti (civili, industriali, speciali e pericolosi); la struttura è costituita da laboratori di ricerca, impianti pilota per la messa a punto dei processi su scala laboratorio, impianti mobili di taglia industriale.

Sono installati presso il Centro di Trisaia i seguenti impianti:

- Impianto FOCUS: impianto mobile di termodistruzione a tamburo rotante per il trattamento di rifiuti solidi urbani, speciali e pericolosi e per la bonifica di suoli inquinati, con una potenzialità di trattamento di rifiuti solidi urbani di 70 ton/giorno.
- Impianto DEDALO: impianto mobile per il trattamento di percolati di discarica di rifiuti solidi urbani con una potenzialità di trattamento di 70 mc/giorno.
- Impianto ICAM: impianto mobile per il trattamento di amianto per inertizzazione in matrice cementizia con una potenzialità di trattamento di 10 mc/giorno.
- Impianto IRIS: impianto mobile per la sterilizzazione di rifiuti ospedalieri e reflui infetti con fascio elettronico da 5 MeV.

Gli impianti mobili sono stati progettati e dimensionati con il massimo grado di aggregazioni ed in modo da essere installati direttamente su semirimorchi gommati o *container*, normalizzati ed idonei al trasporto su strada, aventi dimensioni atte a consentire una libera circolazione stradale.

Gli impianti mobili si caratterizzano per:

- ❖ adattabilità a diverse tipologie, conformazioni e caratteristiche del terreno;
- ❖ minimizzazione dell'ingegneria e dei materiali connessi al trasferimento da un sito all'altro ed alla messa in esercizio in un nuovo sito;
- ❖ minimizzazione dei tempi di smontaggio e di rimontaggio.

Le attività progettuali realizzate hanno permesso lo sviluppo di competenze e conoscenze facilmente trasferibili a soggetti industriali privati, Amministrazioni locali, Enti pubblici e privati di ricerca. Sono, infatti, già pervenute all'Ente, per via formale e informale da parte di diversi soggetti esterni, manifestazioni d'interesse e proposte di collaborazione per l'utilizzo e lo sfruttamento delle strutture realizzate.

Sono in corso verifiche per la predisposizione di strumenti idonei per il coinvolgimento di partners privati e/o pubblici nell'ambito di programmi congiunti di sperimentazione in esercizio degli impianti disponibili.

### **Impianti per la metrologia**

Nel Centro di Trisaia è stata completata la realizzazione del Centro Integrato di Metrologia, struttura comprendente laboratori e strumentazione altamente sofisticati.

Il centro è costituito dal Laboratorio Metrologico, per la taratura di strumenti per temperatura, lunghezza e misure elettriche, dal Laboratorio Controllo Qualità, per la conduzione di prove non distruttive e prove di simulazione, dal Laboratorio radiazioni ionizzanti nonché da una stazione per l'addestramento di personale sulle tematiche dell'automazione industriale.

Nel corso del 2002, è stato ottenuto l'accreditamento per il Laboratorio Metrologico di Misure Elettriche ed il Laboratorio Metrologico di Temperatura da parte, rispettivamente, dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale "G. Ferraris" e dell'Istituto Metrologico Primario "G. Colonnetti".

### **Stazione laser per le PMI**

E' stata completata ed è operativa nel Centro di Trisaia, una stazione laser per il trasferimento della tecnologia laser e del relativo know-how alle PMI, tramite azioni dimostrative e realizzazioni prototipiche.

L'infrastruttura comprende in particolare:

- stazioni laser con sorgenti laser a CO<sub>2</sub> da 6 kW, 1,8 kW e 10 kW;
- sistema flessibile con robot antropomorfo a più assi per lavorazioni laser tridimensionali associato alla sorgente CO<sub>2</sub> da 6 kW;
- sistema a portale con 4 assi controllati con sorgente Nd-Yag da 2 kW con trasporto del fascio in fibra ottica;
- laboratorio metallografico.

Il corredo di stazioni di lavoro e sorgenti laser permette di coprire un ampio range nelle applicazioni di potenza. La sorgente da 2 kW per le particolari caratteristiche del fascio permette di eseguire il taglio, che è ormai una tecnologia consolidata, sia su materiali metallici che non metallici, come i ceramici sino a spessori dell'ordine dei 10-15 mm.

Le sorgenti da 6 kW e 10 kW si prestano meglio a saldature di grosso spessore, fino a 10-12 mm su acciaio, con e senza materiale d'apporto. Inoltre, il laboratorio è attrezzato con un sistema di adduzione delle polveri per la realizzazione di riporti superficiali.

La saldatura ed il trattamento superficiale sono lavorazioni che presentano una grande possibilità di sviluppo di nuove applicazioni per tipo di materiale ed ottimizzazione dei prodotti.

La realizzazione di una struttura integrata di competenze professionali, impianti tecnologici ed attrezzature per lo studio e la messa a punto di applicazione di laser di potenza nel campo industriale è particolarmente significativa nella realtà delle Regioni meridionali. Infatti, sebbene le tecnologie laser abbiano già conosciuto una notevole diffusione in importanti realtà produttive del nord Italia (in particolare, nel settore del taglio e della marcatura), nel meridione si registra un preoccupante ritardo nella penetrazione di processi di produzione e lavorazione innovativi, sia per ragioni economiche che per resistenze "culturali".

La disponibilità di una sede per la sperimentazione e dimostrazione delle potenzialità della tecnologia contribuisce alla diffusione di tecniche laser, favorendo l'introduzione di processi produttivi innovativi.

La stazione dimostrativa realizzata presso il Centro di Trisaia consente alle PMI di avere accesso, con il supporto del finanziamento pubblico, non solo alle tecnologie più avanzate, ma anche ai servizi qualificati di assistenza, formazione, verifica di fattibilità tecnico-economica; tutti servizi indispensabili per sostenere il reale decollo della piccola impresa meridionale in questo settore.

### **Impianti per il recupero materiali**

Una stazione impiantistica denominata "Terre Rare" – ubicata nel Centro di Trisaia – è stata completata e collaudata.

La stazione è in grado di isolare e purificare i più disparati tipi di metalli presenti in qualsiasi matrice esaminata (scarti, reflui, minerali), mediante l'uso di tecniche separative quali l'estrazione con solvente e la cromatografia a scambio ionico; l'impianto (dotato di due batterie da 100 stadi mixer-settlers ciascuna) ed i laboratori di ricerca associati consentono il recupero di alcuni metalli pregiati, utili nella realizzazione di materiali ad alta tecnologia.

L'ENEA, con la realizzazione di questa struttura, mira non solo ad un travaso di "know-how" al comparto industriale italiano, ma, principalmente, alla creazione di un punto di riferimento in un settore d'interesse strategico, del tutto assente nel panorama nazionale.

Attualmente, in Italia non esiste un'industria produttrice di terre rare; esiste, però, un'industria di trasformazione a contenuto tecnologico medio-alto, che fa un vasto impiego di prodotti come le terre rare. Esistono, inoltre, tutta una serie di scarti e reflui industriali contenenti terre rare ed altri metalli non ferrosi a medio ed alto impatto ambientale, che necessitano di una tecnologia sicura per il loro trattamento finalizzato al recupero e/o allo smaltimento.

L'infrastruttura realizzata si configura, pertanto, come funzionale allo sviluppo di un'industria nazionale per il recupero e/o produzione di metalli in un settore - quello idrometallurgico - oggi largamente carente.

Nell'ambito del rinnovo del programma di collaborazione scientifica e tecnologica tra Italia e Cina, il Progetto Terre Rare è stato selezionato dal Ministero degli Affari Esteri fra i progetti congiunti di ricerca scientifica e tecnologica da sostenere per il periodo 2002-2006.

Tale collaborazione ha lo scopo sia di sviluppare congiuntamente miglioramenti ai processi produttivi oggi utilizzati per l'ottenimento delle terre rare, sia di creare una partnership economica per un contatto diretto tra la Cina e l'industria italiana.

### **Infrastrutture per la ricerca: modellistica costiera**

E' in via di completamento presso il CR di Portici il "Centro permanente di studi, simulazioni e prove sulla dinamica costiera" che, tramite l'utilizzo di modellazione matematica e fisica, è in grado di interpretare e prevedere la dinamica della linea di costa, anche in relazione ad eventuali interventi che sulla stessa vanno ad insistere, cercando una relazione continua fra causa ed effetto, ovvero fra fenomeni fisici ed antropici, sia che avvengano in mare che sul continente nell'ambito dei bacini idrografici.

Il Centro sarà completamente realizzato (luglio 2003) con l'acquisizione in corso del sistema informativo di supporto alla modellazione matematica (SIGEAC), che permetterà lo sviluppo di modelli matematici e fisici in grado di stabilire relazioni causa-effetto fra fenomeni fisici ed antropici che influenzano l'evoluzione di larghi settori costieri.

Nell'ambito di una collaborazione attivata con l'Università di Napoli "Federico II", è stata ristrutturata la vasca sperimentale che, unitamente al canale d'onda 2D, consentirà di verificare le relazioni esistenti fra modellistica matematica e modellistica fisica in vasca; è in corso l'acquisizione di attrezzature ed impianti speciali per il completamento della dotazione strumentale prevista.

Il Centro permanente di studi potrà risultare un utile strumento di supporto alle decisioni degli amministratori pubblici (Regioni, Province, Autorità di Bacino).

### **Infrastrutture per la ricerca: cambiamenti climatici**

E' stato completato l'Osservatorio climatico ENEA presso l'isola di Lampedusa per lo sviluppo di strumenti innovativi e per lo studio e la comprensione del bilancio energetico del bacino mediterraneo.

L'Osservatorio Climatico "Roberto Sarao" ha lo scopo di fornire un valido contributo alla comunità scientifica e agli organismi nazionali ed internazionali per prevedere gli effetti dei processi chimici e fisici in atto nell'atmosfera, e per delineare le strategie opportune per intervenire sulla cause che contribuiscono alla variazione del clima.

La stazione scientifica è dotata di un radar ottico *Lidar Raman*, di uno spettrometro e di uno spettrofotometro nonché di un sistema di lancio di strumenti su palloni-sonda.

L'Osservatorio Climatico assicura la disponibilità, in una posizione strategica sul territorio nazionale, di una Stazione attrezzata con strumentazione innovativa e con capacità di effettuare misurazioni da terra e da pallone.

Le misure di Lampedusa forniranno un contributo fondamentale alla comprensione dei processi radiativi; permetteranno lo studio del bilancio idrologico e del ciclo del carbonio nel Mediterraneo, e costituiranno anche un utile strumento di conoscenza per la pianificazione di interventi sui problemi legati alla gestione ambientalmente sostenibile del territorio.

La stazione di Lampedusa è attualmente inserita, quale stazione rappresentativa del Mediterraneo nella rete mondiale del GAW (*Global Atmospheric Watch*) per il monitoraggio dell'anidride carbonica atmosferica. I dati rilevati dall'ENEA vengono inviati regolarmente alla *World Data Center for Greenhouse Gases* (Giappone) ed al *World Data Center of Carbon Dioxide Information Analysis Center* (Oak Ridge, USA).

E' attiva una collaborazione con la NOAA (USA) finalizzata allo studio degli aerosol troposferici ed è in via di attivazione una collaborazione con la NASA per la validazione delle osservazioni da satellite di aerosol ed irradianza UV.

### **9.2. Materiali funzionali e loro tecnologie di integrazione**

Nel corso del 2002, le attività sono state concentrate su tre principali settori:

- innovazione su dispositivi sensori;
- estensione delle attività di sviluppo e integrazione dei materiali funzionali verso i dispositivi elettronici e microelettronici;
- esplorazione di nuovi materiali funzionali.

Nell'ambito della prima linea di attività, vanno menzionati i nuovi risultati acquisiti nella realizzazione di sensori ad onda acustica superficiale (SAW) sensibilizzati con nanotubi di carbonio. E' stato dimostrato sperimentalmente come tale tipo di materiale impartisca un'elevata sensibilità a sensori SAW, in particolare per analiti chimici convenzionali. Le peculiari caratteristiche dei nanotubi di carbonio, inoltre, consentono di modulare la sensibilità dei sensori per particolari analiti attraverso procedure di sensibilizzazione relativamente semplici. Questo fenomeno, legato alla interazione fra i gas da analizzare e la nanostruttura del materiale carbonioso, permette di variare la sensibilità relativa fra differenti analiti, aprendo la strada alla possibilità di adattare a specifiche esigenze operative sensori strutturalmente identici.

Nell'ambito della seconda linea, sono state consolidate ed ampliate le competenze e le attrezzature esistenti; i risultati più rilevanti comprendono:

- la messa a punto di una tecnologia completa di realizzazione di dispositivi a film sottile su vetro. Tale tecnologia è di utilizzo trasversale: è stata utilizzata nel corso del 2002 per realizzare un dispositivo di pilotaggio di schermi piatti emissivi su vetro, e sarà utilizzata negli anni seguenti per realizzare matrici di sensori per la identificazione di DNA e proteine mediante la tecnica della marcatura con sostanze fluorescenti. Sono inoltre iniziate le prove di adattamento della stessa tecnologia ai substrati plastici: a tale scopo, sono già stati avviati contatti e prove preliminari con alcune industrie di riferimento del settore (Ferrania SpA, che produce films polimerici trasparenti ad alte prestazioni e Incard SpA, che produce Smart Cards tradizionali), per analizzare dispositivi elettronici da realizzare direttamente su plastica. Riguardo ai "sensori su plastica", è stato identificato il progetto di massima di un rivelatore di onde elettromagnetiche da realizzare su badge.
- il deposito di un brevetto, relativo alla sensibilizzazione del silicio poroso con strati di attecchimento superficiale per il DNA-campione, che altera la fotoluminescenza naturale nel caso di attecchimento del DNA-complementare, e lo identifica come materiale sensibile per gli specifici sensori di materiale biologico.
- il deposito di un brevetto, relativo all'inglobamento di particelle di silicio poroso all'interno di pellicole polimeriche utilizzate per l'imballaggio alimentare. Tale pellicola consente il transito e la rivelazione dei vapori provenienti dagli alimenti che contiene, e può configurarsi pertanto come una "pellicola intelligente".
- l'assestamento dei laboratori tecnologici per la microelettronica ed i sensori, con il raggiungimento della piena funzionalità operativa delle camere pulite realizzate presso il Centro ENEA di Portici. Le camere si estendono su una superficie di 300 m<sup>2</sup>, completamente attrezzata, e si svilupperanno fino a 400 m<sup>2</sup> nel 2003, per costituire la più significativa aggregazione di attrezzature specialistiche di questo tipo nell'ambito degli organismi di ricerca pubblici del meridione.
- attività di formazione per personale laureato, conferito da STMicroelectronics (6 unità) e dal Progetto CAMPEC (2 unità) per ricerche su materiali polimerici da utilizzarsi in dispositivi microelettronici a base di materiali organici e nei sensori.

Il ruolo di punta dell'ENEA in questo settore ha ricevuto un significativo riconoscimento con il conferimento all'Ente di incarichi di coordinamento nel Centro Regionale di Competenza "Nuove Tecnologie per le Attività Produttive" istituito dalla Regione Campania.

Infine, fra i risultati ottenuti nell'ambito della terza linea, vanno menzionati:

- l'investigazione di nuovi materiali polimerici conduttori (polianilina) e polimerici compositi (polimetilmetacrilato + carbonio), sensibili all'umidità ed ai vapori di solventi, da considerarsi come nuovi materiali per i sensori di gas.
- la simulazione, con codici di calcolo, di "metamateriali" da utilizzarsi nell'indirizzamento, cattura e schermatura di onde elettromagnetiche. Tali materiali, costituiti dall'alternanza periodica di due materiali convenzionali, dotati di differenti proprietà elettriche e magnetiche e realizzabili con le attrezzature tecnologiche sopra descritte, potrebbero avere forte impatto nel campo delle telecomunicazioni e della alimentazione remota, senza fili, di dispositivi sensori.

### **9.3. Qualificazione di materiali, componenti e metodologie di misura**

Le attività hanno riguardato la qualificazione di nuovi materiali, di materiali tradizionali innovati e dispositivi per applicazioni strutturali.

Sono state effettuate analisi e prove sperimentali per la dimostrazione dell'applicabilità di tecnologie e metodologie innovative in casi concreti di consolidamento ed adeguamento delle strutture; inoltre, sono stati progettati e messi a punto laboratori per la diagnostica, la caratterizzazione e la misura dei parametri che regolano e caratterizzano le applicazioni.

Risultati di particolare rilevanza sono stati acquisiti nella salvaguardia dell'ambiente costruito, con attività che vanno dalla messa a punto di metodologie integrate di analisi diagnostiche dello stato di fatto strutturale di edifici, viadotti, edilizia storico monumentale, ecc., alla sperimentazione di tecnologie innovative basate sull'applicazione di nuovi materiali e dispositivi di nuova concezione.

Le competenze e la strumentazione dell'ENEA in questo settore consentono interventi su strutture, civili e meccaniche, sia su scala di laboratorio, sia su scala reale in campo, e la fornitura di qualificate attività di servizio ai settori produttivi e alle amministrazioni pubbliche. E' da segnalare, a titolo emblematico, la campagna di diagnostica effettuata a seguito dell'ultima emergenza sismica in Molise. Tale intervento, effettuato in piena emergenza e sotto il coordinamento della Protezione civile, ha visto le competenze dell'ENEA partecipare, con riconosciuta efficacia e anche con unità sperimentali mobili, alle azioni di messa in sicurezza dell'ambiente costruito in alcuni dei Comuni maggiormente colpiti dal sisma.

Nel seguito, si riportano alcuni significativi ulteriori risultati conseguiti nell'anno di riferimento.

- E' stata verificata sperimentalmente, mediante tavole vibranti, l'efficacia di diverse tipologie di sistemi di protezione sismica per edifici non sismoresistenti, progettati cioè solo per carichi verticali. A tale scopo, sono stati progettati e realizzati due modelli identici di edifici in scala 1:4, che riproducono strutture in c.a. di tre piani, complete di elementi non strutturali di tamponamento; mediante questi modelli, sono stati provati tre diversi metodi di isolamento, tutti basati su appoggi di scorrimento e dispositivi di richiamo o dissipativi:

- dispositivi in gomma ed acciaio
- dispositivi utilizzando leghe a memoria di forma in NiTi
- controventi dissipativi e ricentrati basati ancora su gomma, acciaio e leghe a memoria di forma

Al termine delle prove, è stata dimostrata l'efficacia degli isolatori: la struttura, infatti, ha superato senza danni intensità sismiche fino a 4 volte superiori a quelle del terremoto umbro marchigiano del 1997.

- Nel campo della diagnostica e controlli non distruttivi, è stato completato, collaudato ed autorizzato, nel centro della Trisaia, un bunker destinato ad uso radiografico da 50 a 420 kV e 10 mA, facente parte di un laboratorio per prove comparative con esami ad ultrasuoni e RX, completo di manipolatori a soffitto per la testa radiogena.

- E' stato realizzato un programma per il controllo automatico e remoto della tavola rotante e del braccio di antenna della camera semi-anechoica Vecuvia e per l'acquisizione automatica dei dati finalizzati alla misura sperimentale del diagramma di radiazione di un'antenna. Il programma è stato applicato alla misura del diagramma di radiazione di due antenne per telefonia mobile (GSM e UMTS), nell'ambito di un accordo di collaborazione ENEA – Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Roma "La Sapienza".

#### **9.4. *Metodi e processi di sintesi e caratterizzazione di materiali nanofasici e nanostrutturati.***

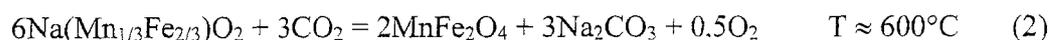
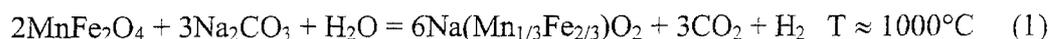
Le attività svolte in questo settore sono state finalizzate a dimostrare le potenzialità applicative di questi materiali in differenti settori tecnologici.

##### **Ferriti nanostrutturate per la generazione di idrogeno**

La dissociazione dell'acqua utilizzando energia solare ad alta concentrazione rappresenta una delle tecniche più promettenti per una produzione completamente ecocompatibile dell'idrogeno.

La termolisi diretta dell'acqua, tuttavia, richiede temperature troppo elevate per un suo utilizzo diretto in processi tecnologici: la dissociazione spontanea, infatti, a pressione atmosferica, avviene solo sopra i 4100°C. Per abbassare tale temperatura di scissione, è in corso una intensa attività di ricerca e sviluppo relativa alla sperimentazione di diversi sistemi multi-stadio.

Di recente, è stato proposto un ciclo a due stadi separati che utilizza ferrite di manganese miscelata a carbonato di sodio. Nel primo stadio del processo, che avviene ad una temperatura massima di 1000°C, viene prodotto idrogeno ossidando la ferrite di manganese secondo la reazione (1). Successivamente, si ripristinano le specie originali nel secondo stadio a temperatura di circa 600°C, secondo la reazione (2).



Le potenzialità di tale ciclo, che utilizza materiali di limitato impatto ambientale, sono al momento attuale limitate da alcuni problemi sperimentali, fra i quali il principale è legato alla fusione a 850°C del carbonato di sodio, che ingloba la ferrite inibendo drasticamente la reazione con l'acqua. Le attività svolte dall'ENEA sono state mirate ad affrontare questo particolare problema, studiando e sperimentando processi di trattamento e di sintesi in grado di fornire ferriti dotate di una reattività chimica particolarmente elevata, in grado di consentire una riduzione della temperatura della reazione (1). In tal modo, tutto il processo diviene