

5.2.3 Fisica Applicata e Metodologie per l'Ingegneria

Nel settore delle sorgenti laser e della modellistica ottica, i principali obiettivi conseguiti sono stati:

- *Sorgenti laser (eccimeri).*

Con il sistema di preionizzazione della sorgente laser ad altissima frequenza di ripetizione EOLUS sono stati ottenuti 1,5 milioni di colpi ad una frequenza massima di 1.000 Hz ed una dose di raggi X sufficiente per la ionizzazione.

Sono stati effettuati trattamenti superficiali di materiali per l'elettronica con il fascio del laser di potenza HERCULES.

E' stato realizzato un prototipo industriale di lampada ad eccimeri (EL.EN.).

Sono stati utilizzati raggi X molli da plasma prodotto dal laser ad eccimeri HERCULES per lo studio di campioni biologici (microscopia e radiobiologia) (collaborazione INFN, ISS).

Miglioramento delle prestazioni del sistema HERCULES in vista dello sviluppo di un prototipo industriale. Sono stati raggiunti 10 J/impulso.

- *Sorgenti laser (FEL).*

Sono state effettuate misure di emissione coerente in un prototipo FEL nell'intervallo spettrale tra 400 e 800 μm .

Sono stati realizzati alcuni componenti del FEL per esperimento MUH (collaborazione INFN Trieste).

Studio e realizzazione diagnostiche ottiche per esperimento FEL 'FERMI' (collaborazione Sincrotrone Trieste).

E' stata completata la linea di trasporto della radiazione FEL per la stazione utenti.

- *Sorgenti laser (Stato Solido).*

Sono state studiate le proprietà ottiche dei difetti puntiformi nei cristalli isolanti al fine di applicazioni optoelettroniche.

Sono stati prodotti e caratterizzati film sottili di fluoruri alcalini, colorati con elettroni di bassa energia, per ottica integrata. E' stata dimostrata la guida attiva di luce nel visibile.

Sono stati studiati e caratterizzati materiali per laser a stato solido.

- *Modellistica ottica.*

Sono stati sviluppati codici per la generazione coerente di armoniche in FEL operanti in regime di alto e basso guadagno ed in anello di accumulazione, con inclusione degli effetti 3D e di propagazione degli impulsi.

E' stata studiata la generazione di fotoni monocromatici nella regione X e γ tramite backscattering Compton di fotoni FEL, sono stati sviluppati i relativi codici di calcolo ed è stata progettata una sorgente X ad alta intensità per radiografie angiografiche.

Sono stati sviluppati codici per propagazione degli impulsi in FEL operanti in cavità aperte, a guida d'onda ed in regime di alto guadagno.

Sono stati sviluppati codici per il progetto di cannoni elettronici ad alta brillantezza con inclusione degli effetti 3D (collaborazione con INFN Milano).

Sono stati sviluppati codici per il trasporto di fasci carichi relativistici tramite l'utilizzo di tecniche algebriche basate sul metodo dello *splitting* simmetrico. Sono stati sviluppati codici per la diagnostica di fasci in anelli di accumulazione tramite la radiazione di ondulatore (Argonne, Fermi Lab. - USA).

Sono stati studiati gli effetti di un amplificatore FEL sulle instabilità longitudinali di un anello di accumulazione ed in particolare sono state analizzate le modifiche indotte dalla interazione sui tempi di *damping* longitudinale (INFN Frascati, Univ. Paris Sud - Orsay).

Sono stati elaborati codici di calcolo per oscillatori FEL in anello di accumulazione con l'inclusione degli effetti della instabilità a microonde e della "*potential well distortion*".

Nell'ambito della teoria della funzioni speciali generalizzate è stato completato lo studio dei polinomi di Hermite a più indici e a più variabili e delle relative funzioni di oscillatore armonico generalizzato.

Nel quadro dello sviluppo e dell'impiego di sistemi laser, i risultati più significativi sono stati i seguenti.

- *Sistemi laser per monitoraggio ambientale e di processi industriali.*

Sono stati realizzati analizzatori spettroscopici con diodi laser per la rivelazione di: CO, fino a 50 ppb (INTAS); CO₂ atmosferica, precisione 1/1000 (EC-Environment), CH₄ nell'espriato umano e nell'atmosfera (INFN, INTAS).

E' stata studiata la forma di riga delle transizioni dell'ammoniaca in funzione della pressione e della temperatura, tale misura si colloca tra le prime nel mondo.

E' stata effettuata la messa a punto di più sistemi per DFWM e LITGS per diagnostiche di No_x in fiamme e acquisizione delle tecniche di analisi di segnali spettroscopici con metodi in reti neurali per misure assolute di temperatura e concentrazione.

Per la taratura del sistema lidar fluorosensore sono state eseguite misure di campioni di acque marine e ceppi algali noti per l'analisi qualitativa e quantitativa di materiale organico disciolto (DOM) e di clorofilla a varie lunghezze d'onda (266, 308, 355, 532 nm) (collaborazione Univ. Mosca, INTAS).

Sono state effettuate misure di classificazione di differenti ceppi di algali forniti dal laboratorio AMB-PRO-ECO.

Nell'ambito delle attività del progetto Antartide per l'area tematica Sensoristica è stato progettato il sistema definitivo in cui è previsto l'allestimento di un container attrezzato a laboratorio mobile da installare sulla nave antartica, che effettuerà sull'acqua sia misure remote di tipo lidar che di calibrazione puntuale, insieme a misure di riferimento di parametri ambientali durante la campagna antartica 1997/98.

E' stata effettuata una campagna internazionale di misure sul fitoplancton ICES/IOC Ilo workshop, presso la stazione marina di Kristineberg (Svezia), 9-15 Settembre 1996.

Il sistema lidar fluorosensore già operante a Frascati è stato ulteriormente arricchito di nuove apparecchiature e allestito in una configurazione che ne permette l'uso continuo in applicazioni di monitoraggio delle acque marine e della vegetazione. E' stato completa

l'automatizzazione, con quattro canali di rivelazione e la possibilità di utilizzo di diverse lunghezze d'onda di emissione nel range UV/VIS.

E' stata realizzata una sorgente laser a CO₂ di tipo compatto che ha come caratteristica principale quella di emettere in alternanza impulsi laser a due lunghezze d'onda differenti sullo stesso cammino ottico. Questa sorgente opera alla frequenza di ripetizione di 10 Hz, in un sistema a ciclo chiuso per il riprocessamento e ricircolo del gas. E' stata inoltre equipaggiata con una cavità instabile per diminuire la divergenza del fascio laser emesso. Con questa sorgente, presso la stazione lidar/DIAL, sono state effettuate misure di concentrazione di componenti atmosferici.

- *Sistemi laser per robotica e metrologia industriale.*

Validazione del modello agli elementi finiti di un microsatellite UNISAT in fase di progettazione mediante la tecnica dell'Interferometria Olografica in Tempo Medio. Attività condotta in collaborazione con l'Università Roma I - Scuola di Aerospaziale.

Progettazione di un sistema "da campo" per l'esecuzione di misure di Interferometria Olografica su componenti motoristici rotanti, dedicato all'acquisizione delle deformate modali. Attività condotta in collaborazione e per conto di Alfa Romeo AVIO SpA.

Realizzazione di un sistema computerizzato per misure di Electronic Speckle Pattern Interferometry: sviluppo di algoritmi per Phase Stepping Analysis.

Sono stati sviluppati sistemi ottici per metrologia industriale e per mappatura tridimensionale di superfici reali di grande ampiezza.

Sono stati sviluppati algoritmi per elaborazione di immagini laser su macchine massivamente parallele del tipo Quadix con particolare riferimento alla fusione dati provenienti da sistemi multisensoriali.

Sono stati sviluppati sensori laser coerenti per la misura di distanze assolute di superfici reali con tecniche Doppler.

Progetto e realizzazione con una sola maschera di una ottica diffrattiva ad alta efficienza focalizzante per la lunghezza d'onda di 10.6 µm.

- *Sistemi Laser per fotochimica e lavorazioni speciali.*

Il processo di sintesi via laser del carburo di silicio è stato ottimizzato per ottenere particelle di SiC con superficie specifica di 50-60 m²/g (collaborazione ERG-FUS). I lotti prodotti sono stati utilizzati per la preparazione di composti SiC-Si₃N₄ (BRITE) e SiC-SiC fibra. In quest'ultimo caso è stato riscontrato che l'impiego di micropolveri ha dato luogo ad un sostanziale miglioramento della resistenza a flessione e capacità di deformazione del composito.

Mediante CVD assistita da irraggiamento laser a 248 nm sono stati ottenuti film di leghe SiGe, epitassiali su Si(100), con concentrazione di Ge (fino al 22 %) crescente lungo lo spessore (~120 nm), e di ottima qualità microstrutturale, per applicazioni come strati *buffer* in dispositivi micro ed opto-elettronici (HCM).

Il processo di ossidazione di film sottili di Sn_{0.7}C_{0.3} ottenuti per fotolisi a 193 nm di organometalli dello Sn e utilizzati come elementi sensibili in sensori conduttometrici per gas, è stato studiato mediante spettroscopia XPS ed Auger. L'ossidazione è stata ottenuta a temperatura ambiente esponendo i campioni a dosi controllate di O₂ fino ad 10¹² langmuirs, e simulare l'esposizione all'atmosfera.

L'ellissometria *in situ* è stata utilizzata come diagnostica per studiare il processo di alligazione superficiale e le modificazioni morfologiche indotte dall'irraggiamento laser in campioni SiGe/Si(100) (HCM).

Sono state effettuate prove di taglio su AISI 304, Fe 42C e metacrilati ottimizzando i parametri sperimentali (potenza laser, focalizzazione, gas di copertura, velocità di taglio, KERF) (EUREKA 643, Safety INDAL).

Sono stati sviluppati codici di calcolo per simulare il processo di alligazione indotto dall'irraggiamento di campioni di $\text{Si}_{(1-x)}\text{Ge}_x/\text{Si}$ con impulsi laser UV. I codici permettono di calcolare i profili di temperatura in funzione del tempo e i profili di diffusione del Ge nel Si in funzione del numero e della densità di energia degli impulsi laser.

E' stato messo a punto un secondo reattore dedicato allo studio ed al controllo del processo di nucleazione e crescita delle particelle durante la fotosintesi laser di polveri ultrafini, utilizzando come diagnostica lo *scattering* di luce laser visibile (INTAS).

Scalando il processo di sintesi via laser di silicio cristallino sono state ottenute nanoparticelle aventi dimensioni di 8 nm e un'efficienza quantica di luminescenza dell'1%.

Per quanto riguarda i dispositivi ottici, sono state svolte le seguenti attività:

- *Materiali ottici innovativi in forma di film sottile e tecniche di analisi.*

Studio sistematico delle proprietà elettrocromiche e microstrutturali di film di WO_3 ottenuti con la tecnica dello sputtering a radiofrequenza. Misura in tempo reale dei parametri ottici dei film (indice di rifrazione e coefficiente di estinzione) mediante ellissometria in tempo reale durante il processo di colorazione (Accordo di Programma ENEA-MURST, Azioni integrate Italia-Spagna).

- *Film sottili di alta qualità per applicazioni laser.*

Deposizioni di film sottili di LaF_3 su substrati di silica e loro caratterizzazione ottica mediante un metodo applicabile a film disomogenei basato su tecniche ellissometriche (progetto HCM-PECO della UE).

- *Diagnostiche di fascio in sorgenti ioniche.*

Caratterizzazione di probe a gabbia di Faraday, adatti per sorgenti di fasci ionici a bassa energia, mediante misura della densità di corrente del fascio ionico (Accordo di Programma ENEA-MURST).

- *Componenti ottici innovativi per nuove sorgenti laser.*

Progettazione e produzione di componenti ottici con riflettanza radialmente variabile e con minimizzazione delle distorsioni di fase per sorgenti laser a eccimeri e nell'infrarosso (Accordo di Programma ENEA-MURST).

- *Film sottili per rivestimenti protettivi.*

Deposizioni di film di diamond-like carbon (hard coating) per lo studio preliminare dell'adesione di tali film su substrati di acciaio (Accordo di Programma ENEA-MURST).

- *Produzione e caratterizzazione di dispositivi ottici per conto terzi.*

Realizzazione di vari componenti a film sottile su specifiche del cliente e consulenza su apparati ottici (servizi su fatturazione).

- *Tecnologie per la produzione di ottiche metalliche per laser a CO₂.*

Misure delle prestazioni ottiche di specchi di argento depositato su silicio e ricoperti con film di seleniuro di zinco in collaborazione con il CNRSM (Intesa di Programma ENEA-MURST).

- *Filtri interferenziali Fabry-Perot per la realizzazione di un radiometro UV per la misura della radiazione globale al suolo.*

Automatizzazione del sistema di deposizione a doppio fascio ionico e caratterizzazione dei materiali da utilizzare per la produzione di filtri interferenziali a banda stretta nell'ultravioletto (Programma Nazionale Ricerche Antartide).

- *Dimostrazione tecnologica per missioni scientifiche e commerciali con propulsione a vela solare ad alta accelerazione.*

Realizzazione di coatings di alluminio e cromo su substrato di plastica (Mylar) e misura della riflettanza speculare e totale (Proposta ASI-ESA).

- *Tecnologie di deposizione di film sottili per la realizzazione di componenti per ottica fine.*

Realizzazione di trattamenti antiriflettenti e parzialmente riflettenti per laser ad eccimeri e misura della soglia di danneggiamento laser nell'ambito delle attività finanziate mediante i Fondi Strutturali/Sud INFM da svolgersi nelle regioni dell'Italia meridionale.

- *Trattamenti a film sottile per l'esperimento FTU.*

Realizzazione di specchi diecrici e *beam splitters* su seleniuro di zinco. Deposizioni di film sottili di molibdeno e inconel per la messa a punto di strumentazione Auger e SIDS (commesse interne interdipartimentali).

Nel quadro delle diagnostiche fisiche e della modellistica teorica, le attività principali sono state:

- *Tecnologie di datazione.*

Nel corso del '96 il laboratorio di Radiocarbonio, fermo dal maggio '95 in seguito al cambiamento dei locali, è stato reso di nuovo operativo e si sono iniziate le misure per conto terzi.

Sono state sviluppate nuove tecniche (Termoluminescenza e PIGE), in collaborazione con l'Università di Bologna e il CNR, per applicazioni nel campo dei beni culturali.

- *Metodologie di caratterizzazione microstrutturale.*

Il laboratorio di spettroscopia positronica è stato quasi ultimato nelle opere edili e impiantistiche e vi è stato effettuato il trasloco dai locali CNR delle attrezzature di spettroscopia positronica. Si è ancora in attesa dell'autorizzazione ad operare con sorgenti radioattive.

Sono continuati i lavori di realizzazione dell'esperimento 2DACAR (è stato acquisito il magnete ed iniziata, presso le officine dell'ENEA Brasimone, la costruzione del sistema di contenimento sorgente-campione).

Misure di diffusione neutronica sono state condotte su campioni di acciai per reattori a fusione e sono stati raggiunti risultati di interesse metallurgico generale e specifico. Sono stati studiati materiali compositi di interesse energetico ed effettuate misure di stress residuo di interesse fusionistico.

In collaborazione con il CNR sono stati studiati sistemi sperimentali di rivelazione per satelliti.

- *Modellistica teorica*

In collaborazione con RIKEN (Giappone) e INFN, sono state applicate tecniche algebriche allo studio di fasci radioattivi.

Sono stati sviluppati (collaborazione con CNR) metodi statistico-computazionali e applicati all'analisi di esperimenti e di attrezzature sperimentali.

Sono state sviluppate tecniche di ricostruzione di immagini per applicazione medica.

Per le metodologie dell'ingegneria, i principali obiettivi conseguiti sono stati:

- *Sviluppo modellistica ed utilizzo codici per sistemi ingegneristici.*

- Sviluppo modelli ed algoritmi per codice italiano ad hoc "NOSA" per simulazione di processi di stampaggio e laminazione di interesse industriale (Accordo di Programma ENEA-MURST, collaborazione CNUCE-CNR).

E' stato fatto, fra CNUCE ed ENEA, il punto della situazione sull'evoluzione del codice NOSA. Il codice nato in ambiente IBM per sistemi operativi VM (per CNUCE) e MVS (per ENEA) è stato portato in ambiente UNIX su RISC 990. Sono state eseguite diverse prove per casi tests riguardanti le parti del codice d'interesse per lo stampaggio, sviluppate nella vecchia versione da parte ENEA, con particolare riferimento ai modelli introdotti per la rappresentazione dell'anisotropia del materiale. Sono stati avviati studi di fattibilità per la simulazione di un processo di stampaggio per un modello d'interesse industriale partendo dall'utilizzo del codice ABAQUS/S per arrivare al confronto dei risultati con il codice NOSA.

- Simulazione piegatura a caldo di grandi lamiere per cantieristica navale (Progetto EUREKA-FASP EU353).

A completamento della commessa assegnata nel 1995 in ambito Progetto EUREKA-FASP EU353, riguardante la simulazione della piegatura a caldo di grandi lamiere, è stata portata a termine la Relazione Finale. Tuttavia è continuato lo studio su alcuni problemi rimasti aperti riguardanti l'applicazione a lamiere di grandi dimensioni delle metodologie messe a punto per lamiere di dimensioni ridotte. Una prima metodologia di successo è stata individuata. Studi per una ottimizzazione di tale metodologia sono ancora in corso.

- Simulazione di saldature mediante laser (Collaborazione Università di Ferrara).

Al fine del miglioramento della rappresentazione del comportamento del materiale alle alte temperature, studi approfonditi sono stati fatti, in particolare nel campo della teoria

della visco-plasticità. In questo ambito è stata avviata una collaborazione con l'Istituto di Ingegneria dell'Università di Ferrara.

- Meccanica della frattura in lastre sottili (Accordo ENEA - Cornell University).
Nell'ambito dell'accordo con la Cornell University è stato iniziato uno studio per la caratterizzazione del comportamento a frattura delle lamiere sottili, tramite correlazione dei dati sperimentali con gli "*stress intensity factors*", problema di grande importanza industriale in molti campi ed in particolare nel settore aeronautico.
- Progetto STRIDE-CETMA
 - a) Verifica di progettazione di elementi strutturali modulari realizzati mediante laser.
E' proseguita la partecipazione al progetto CETMA su questa linea.
E' stato completato lo studio di un nuovo tipo di pavimentazione autoportante per veicoli ferroviari in pannelli modulari d'acciaio, da realizzarsi con la tecnologia innovativa della saldatura a laser CO₂.
 - b) Metodologie di progettazione di protesi biomediche.
L'attività di ingegneria biomedica per componenti ceramici di protesi d'anca di allumina è proseguita con l'obiettivo di riprodurre una corretta trasmissione dei carichi tra lo stelo e la testina, in presenza di un gioco di accoppiamento tra questi due elementi della protesi.
- *Metodologie diagnostiche per sistemi ingegneristici (diagnosi motori endotermici ed analisi multidimensionale dei dati).*
E' stato messo a punto il sistema di analisi per la rivelazione dei misfiring di motori a combustione interna combinando tecniche di filtraggio con metodi di analisi multidimensionale di dati.
Sono stati sviluppati nuovi metodi di analisi di rumore per l'identificazione di parametri meccanici di autoveicoli in corsa.

Infine, per la matematica applicata, i principali obiettivi conseguiti sono stati:

- *Trasporto di particelle e radiazione e loro interazione con la materia.*
 - Simulazione del trasporto di protoni in mezzi biologici (Collaborazione AMB, ISS e INFN Milano).
Proseguendo la collaborazione con l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti e con l'Istituto Superiore di Sanità, sono state realizzate, mediante il codice Montecarlo FLUKA, simulazioni del trasporto di protoni in mezzi biologici, finalizzate a problematiche dosimetriche e radiobiologiche. In particolare è stato studiato lo "*Spread Out Bragg Peak*", necessario per l'irraggiamento di masse tumorali estese.
 - Analisi del trasporto di radiazione (neutroni e gamma) e calcoli di attivazione e di dosi per progetto dell'impianto ITER-EDA, ambito EURATOM (commessa ERG-FUS-TECN, collaborazione Dipartimento Fisica - Bologna e Dip. Comp. Science Università California - Santa Barbara).
Trasporto di radiazione e calcoli di attivazione per la caratterizzazione dei materiali in termini di inventario radioattivo, di produzione del calore, di danneggiamento e

valutazione del trasporto di materiali attivati all'interno del contenimento e verso l'ambiente per le sequenze incidentali di riferimento di ITER a supporto della preparazione del rapporto di sicurezza NSSR-1 (Nonsite Specific Safety Report).

- Modellistica fisico-matematica e simulazione Montecarlo del trasporto della radiazione e.m. in un multistrato atmosferico per studio con LIDAR (collaborazione Dipartimento AMB).

Applicazione del codice Montecarlo REMAR allo studio dell'effetto dell'assorbimento dell'ozono sul trasporto della radiazione ultravioletta. Estensione del codice sia per la parte fisica (presenza di rifrazione) che per la parte geometrica.

- Interazione di impulsi laser su targhette di silicio cristallino.

Ampliamento del codice LS2 per calcolare gli effetti prodotti da impulsi laser sulla diffusione degli elementi droganti, boro e fosforo, nell'ipotesi che nell'intervallo di tempo tra un impulso e l'altro la temperatura nella lastrina si riporti alla condizione iniziale.

- *Metodi numerici e nuove architetture per calcolo scientifico.*

- Modelli e codici per sistemi fisici e biologici complessi e/o a molti corpi.

Nel 1996, il perfezionamento dell'Accordo di Programma ENEA-MURST, ha permesso il rilancio di numerose attività:

- a) sviluppo di metodi per la descrizione di strutture cristalline, quasicristalli, molecole complesse e fullereni, macromolecole inorganiche e organiche e proteine;
- b) modellizzazione di colloidali e fluidi complessi di particolare rilevanza per applicazioni energetiche e ambientali (diffusione di inquinanti);
- c) sviluppo di codici per l'utilizzo di reti neurali per il riconoscimento di strutture proteiche;
- d) sviluppo di modelli per simulazione di sistemi quantistici a molti corpi per lo studio delle proprietà quantistiche della materia (superconduttività ad alta temperatura, effetto Hall quantistico, metodi statistici di calcolo su reticolo);
- e) tecniche di *imaging* basate sulla diffrazione e diffusione della radiazione elettromagnetica per applicazioni alla diagnostica industriale e biomedica (Tac, tomografia SPECT).

- Trattamento delle immagini.

E' proseguita la collaborazione con l'Unità Trattamento di Informazioni Visive (INN-RIN-VIS) per lo sviluppo e messa a punto di un simulatore del processo radiografico. In particolare sono stati effettuati test di verifica del codice producendo e analizzando radiografie digitali simulate di oggetti opportunamente selezionati.

- *Modelli matematici per l'agricoltura sostenibile. Dinamica di popolazioni naturali finalizzata a problemi di controllo biologico.*

E' proseguita la collaborazione con il Dipartimento di Matematica dell'Università di Parma su modelli matematico-numerici per problemi di controllo biologico di popolazioni. Sono stati effettuati studi in funzione dei parametri ecologici e comportamentali.

- *Modelli e codici per processi fluidodinamici e magnetofluidodinamici.*

- Modelli e codici per Progetto IGNITOR (Commessa ERG-FUS, collaborazione CNR Milano).

L'analisi dello scenario nominale di salita e di flat-top di corrente in IGNITOR, mediante il codice di equilibrio-trasporto a contorno libero JETTO, è continuata con particolare enfasi sui modelli adottati per la crescita della densità. Si è introdotta la valutazione della richiesta di flusso come ulteriore verifica della congruenza tra le simulazioni ed i parametri di progetto. Si sono scelti coefficienti di diffusione che portano a un tempo di confinamento dell'energia del tipo L (ITER89-P). Durante uno stage al MIT si è analizzata l'evoluzione dei profili di corrente nella fase iniziale della scarica.

- Simulazioni per FTU. Simulazione del riscaldamento ciclotronico elettronico (Commessa ERG-FUS-FTU, collaborazione CNR Milano).

Sono state eseguite delle simulazioni, basate sul codice JETTO con il termine ECRH derivato dal codice ECEAIR, per due scariche dell'esperimento preliminare di riscaldamento con la ciclotronica elettronica su FTU (0.5 MW per 15 ms).

- Modelli per Mar Mediterraneo e ambienti lagunari (collaborazione con il Dipartimento AMB).

E' proseguita l'attività di collaborazione con il Dipartimento Ambiente sullo sviluppo di modelli e codici per la simulazione di processi idrodinamici di trasporto in bacini marini chiusi e semichiusi.

- Combustione (Accordo di Programma ENEA-MICA, collaborazione con CRS4 Cagliari).

E' proseguita (in collaborazione con ERG-ING Casaccia e con il Centro CRS4 di Cagliari) l'attività finalizzata alla modellazione numerica di camere di combustione per sistemi con turbina a gas ad alta temperatura. Con il codice FLUENT sono state eseguite diverse analisi parametriche e simulazioni, aventi per oggetto il bruciatore IFRF (dell'International Flame Research Foundation) montato sull'impianto di combustione COMET dell'ENEA Casaccia. Sono stati anche effettuati confronti coi dati sperimentali raccolti durante una campagna di misura svolta dalla sezione ERG-ING-DIACO. E' stato applicato il codice CEC (Chemical Equilibrium Calculations) della NASA a calcoli parametrici relativi a fiamme non premiscelate metano-aria.

6. RAPPORTI CON LA P. A. E CON IL TERRITORIO

6.1 MINISTERI

6.1.1 Accordo di Programma con il MICA

Il Piano Annuale 1996 delle attività previste dall'Accordo di Programma MICA-ENEA, che rappresenta una parte rilevante delle entrate programmatiche e delle attività 1996, è stato approvato dal Consiglio di Amministrazione in data 02/04/1996 (Doc.ENEA(96)115/CA).

Tale piano prevedeva attività per un importo complessivo di 129,78 miliardi, di cui: 49,8 mld di costo capitale ENEA; 45,7 mld di costo del personale ENEA e per il restante di costi partners. Il MICA avrebbe contribuito per un importo di 88,218 miliardi. Tenuto conto della compensazione tra anticipi erogati sulla base dei preventivi degli anni precedenti e i contributi a saldo sui consuntivi effettivi, il Ministero ha erogato nel 1996 37,5 miliardi.

Il 1996 rappresenta il terzo anno di attività, è possibile ed utile, quindi, sviluppare alcune considerazioni generali sull'andamento finanziario dell'Accordo stesso (vedi tabella n. 8).

Per il suo svolgimento, l'Accordo prevedeva che il Ministero dell'Industria assumesse impegni pluriennali di spesa per complessivi 261,1 miliardi con una articolazione annuale conseguente alle disposizioni dell'art. 38 della legge 10/91 come modificate nel Bilancio dello Stato per ciascun esercizio. In realtà tale importo è stato ridotto a 251,1 miliardi dall'art. 3, comma 1 della Legge Finanziaria 1993.

L'Accordo di Programma è relativo al triennio 1994-1996; tuttavia il MICA ha riconosciuto le attività pregresse relative al periodo 17/01/1991-31/12/1993. Le attività pregresse inserite nell'Accordo riguardano principalmente azioni di supporto al MICA per l'attuazione delle leggi 9 e 10/91 e le attività svolte dai Centri di Consulenza Energetica Integrata per la formazione e l'informazione degli operatori.

La complessità delle tematiche affrontate, unita alla necessità di allestire una serie di attrezzature sperimentali indispensabili per lo svolgimento del programma di lavoro, ha provocato lo slittamento della conclusione dell'Accordo alla fine del 1997.

Nel 1994 l'andamento generale del Piano ha risentito di una serie di fattori connessi con la contemporanea attivazione di una notevole molteplicità di azioni e con la non disponibilità immediata delle risorse finanziarie necessarie. Di fatto le attività sono iniziate nel settembre 1994 e questo ha comportato che, a fronte di attività previste per 93,1 miliardi, sono state consuntivate attività per soli 13,4 miliardi. In seguito l'accordo ha assunto un andamento più regolare, mostrando una capacità di spesa del Dipartimento pari a 60-70 miliardi l'anno.

Nel 1997 l'importo del Piano di 171,1 miliardi è stato contenuto entro la disponibilità residua calcolata del contributo MICA pari a circa 111,7 miliardi. Tale importo, che può apparire elevato, è in linea con quanto prima detto sulla fornitura, nel 1997, di importanti sistemi ed attrezzature sperimentali che permetterà di completare i progetti avviati.

Complessivamente, i Piani di Attività a preventivo 1994-97 approvati comprendono attività per un costo totale di circa 368 miliardi: di conseguenza, il finanziamento del MICA genera investimenti aggiuntivi pari a circa 120 miliardi (50 miliardi dall'ENEA, 40 miliardi dai partner industriali e 30 miliardi da altri organismi finanziatori), con un effetto moltiplicatore superiore al 45%.

Tabella 8 - Andamento finanziario Accordo di Programma con il MICA (miliardi di lire)

	Impegni totali MICA previsti	Importo Piano (preventivo)	Importo Piano (consuntivo)	Contributo MICA sul consuntivo	Utile netto
Impegni totali MICA previsti	251,1				
Consuntivo sulle attività pregresse 17/01/1991-1/12/1993			54,7	32,9	
Piano Annuale 1994		93,1	13,4	9,9	
Piano annuale 1995		76,5	59,9	46,4	~ 23
Piano annuale 1996		129,8	69 ¹	50,2 ¹	
Piano Annuale 1997		171,2	171,2	111,7 ²	
Totale Impegni MICA con la previsione del contributo del 1997				251,1	

¹ Previsione di preconsuntivo
² Disponibilità prevista per il 1997

6.1.2 Convenzioni con il Ministero dell'Ambiente (in essere durante il 1996)

Sono proseguite nel 1996 le attività relative alle diverse convenzioni tra l'ENEA e il Ministero dell'Ambiente. Un elenco di queste, in essere o concluse nell'anno, è riportato nella tabella seguente. L'importo totale delle convenzioni, che mediamente hanno durata annuale, è pari a circa 11 miliardi. Gli impegni dell'ENEA con il Ministero dell'Ambiente risultano quindi finanziariamente di entità inferiore a quelli con il MICA ed il MURST. Questa situazione è conseguenza della mancata stipula di un Accordo di Programma con il Ministero, pur previsto dal Piano Triennale per la Tutela dell'Ambiente 1994-1996. Tale Accordo costituirebbe, invece, lo strumento fondamentale per un efficace azione dell'ENEA in campo ambientale ed il canale attraverso cui attuare collaborazioni che riguardino, oltre al Ministero, altri organismi, in primo luogo alle Regioni.

L'intervento dell'ENEA dovrebbe riguardare i seguenti aspetti:

- a) attività di ricerca, sviluppo e dimostrazione;
- b) informazione e formazione in campo ambientale;
- c) supporto tecnico-scientifico al Ministero dell'Ambiente.

Titolo	Inizio	Fine	Importo contratto
Sistema informativo nazionale ambientale SINA	01/01/93	31/12/97	1.267.000.000
Realizzazione di sistemi informativi di supporto al SINA	01/01/93	01/02/97	1.280.000.000
Predisposizione elaborati aree Brindisi Taranto Manfredonia	18/05/95	30/06/97	3.300.000.000
Progetto pilota ecogestione per uso e stoccaggio sost. pericolose DPR 175	27/11/95	26/11/97	375.000.000
Supporto tecnico-scientifico al servizio conservazione natura	29/03/94	30/06/97	2.300.000.000
Campagne misurazione inquinamento atmosferico acustico aree aeroporti	20/05/96	20/11/97	240.000.000
Protocollo lotta emissioni composti organici volatili	21/02/96	20/02/97	250.000.000
Progetto pilota per sviluppo modelli interpretativi	09/02/96	09/08/97	375.000.000
Piano Nazionale tutela qualità aria mediante analisi piani regionali	27/11/95	27/11/96	340.000.000
Supporto sulla diversità biologica per riunioni internazionali e seminari	27/06/96	27/06/97	295.000.000
Supporto all'attuazione della prima convenzione quadro sui cambiamenti climatici	26/01/95	26/01/96	294.000.000
Monitoraggio ozono stratosferico per gli adempimenti della Convenzione di Vienna	25/01/95	06/08/96	417.000.000
Assistenza tecnico-scientifica alla organizzazione della Sessione plenaria della IPCC	20/12/95	19/06/96	370.000.000
Totale			11.103.000.000

6.1.3 Accordo di Programma MURST-ENEA

- L'Accordo di Programma MURST-ENEA è stato sottoscritto il 15/12/1993 ed era articolato su quattro linee programmatiche relative a:

- attività di ricerca, sviluppo e trasferimento al settore produttivo con particolare riguardo alla piccola e media impresa, compreso il settore dei servizi di nuove tecnologie;
- ricerca in campo ambientale;
- partecipazione dell'Italia al programma europeo per la fusione;
- servizi di supporto al MURST.

L'operatività dell'Accordo è stata però possibile solo a fine 1995, perché si è dovuto attendere la pubblicazione (avvenuta sulla G.U. del 2/11/95 n. 256) del Regolamento adottato dal MURST, con il quale vengono definite le norme relative alla procedura di formazione degli accordi, alla loro applicazione, nonché agli strumenti amministrativi e contabili da adottare anche in deroga alle norme dell'ordinamento contabile dello Stato e degli Enti pubblici.

Solo dopo la verifica, rispetto al Regolamento citato della legittimità dell'Accordo, lo stesso è stato registrato dalla Corte dei Conti.

Questo slittamento ha portato a stabilire come data di inizio dell'Accordo, che ha cadenza triennale, il 1° aprile 1996 e, quindi, come data di conclusione della pianificazione il 31 marzo 1999.

- Le azioni dell'Accordo di Programma MURST-ENEA, originariamente raggruppate in quattro Linee Programmatiche, nella riunione dell'Unità di Coordinamento ENEA, tenutasi il 15 marzo 1996, sono state articolate, al fine di un'ottimale gestione nei seguenti Progetti, per i quali viene fornito anche il quadro del finanziamento per il primo anno. Infatti, sulla base della delibera CIPE del 13/7/93, la disponibilità finanziaria era assicurata solo per l'anno di inizio; a ciò fa eccezione il Progetto IGNITOR per il quale è stato approvato il finanziamento per l'intero triennio (Legge 644/94).

<i>Progetti</i>	<i>Risorse 1° anno</i>		
	MURST	ENEA	Totale
Ampliamento delle conoscenze in alcune tecnologie di frontiera	10.000	17.000	27.000
Trasferimento delle tecnologie ai settori produttivi e ai servizi	10.000	25.000	35.000
Ricerche in campo ambientale	9.000	15.000	24.000
Programmi di ricerca per la fusione	21.000	40.000	61.000
Progetto IGNITOR	10.000	3.450	13.450
Servizi di supporto al MURST	0	3.000	3.000
TOTALE PROGRAMMA	60.000	103.450	163.450

- Il MURST ha riconosciuto anche alcune attività pregresse, che risultano comprese nei progetti e linee di attività seguenti:

<i>Progetto</i>	<i>Linea di attività</i>	<i>Importo totale</i>	<i>Finanziamento MURST</i>
Ampliamento conoscenze in tecnologie di frontiera	Informatica e robotica	3.069	1.309
Ricerche in campo ambientale	Clima globale e mediterraneo	4.434	2.051
Programma di ricerca Fusione	Fisica dei plasmi a confinamento magnetico	17.361	5.509

– Il 1996 ha visto l'inizio delle attività dei seguenti quattro progetti:

- Ampliamento delle conoscenze in alcune tecnologie di frontiera
- Ricerche in campo ambientale
- Ricerche sulla Fusione
- Progetto IGNITOR

I rimanenti due sono partiti a giugno 1997. Nel 1996 il MURST ha erogato all'ENEA finanziamenti pari a 22,5 miliardi.

Recentemente il CIPE, su proposta del MURST, con deliberazione del 21 marzo 1997, ha autorizzato l'assegnazione di 100 miliardi direttamente all'ENEA a valere sulle disponibilità finanziarie del Fondo di Rotazione; tale entrata è stata posta in Bilancio di previsione 1997 dell'ENEA. A seguito di quanto sopra, le attività di cui all'Accordo risultano prive di risorse per gli anni successivi al primo, salvo specifiche determinazioni del Consiglio di Amministrazione dell'ENEA o il reperimento di altre risorse da parte del MURST. A fronte di tale situazione occorre quindi far riferimento soltanto alle risorse del primo anno, salvo che per il Progetto IGNITOR. D'altro canto l'organizzazione dei Progetti dell'Accordo, strutturati in MacroObiettivi annuali autoconsistenti, consente con il solo primo anno di finanziamento di raggiungere risultati significativi per l'Ente anche se, per la finalità di detti Progetti, la prosecuzione già prevista porterebbe al conseguimento di risultati molto rilevanti.

6.1.4 Intesa di Programma MURST-ENEA (ex-MISM)

L'Intesa di Programma sottoscritta il 26 marzo 1990 tra ENEA e l'ex MISM nell'ambito dell'Azione Organica n° 2 della legge n° 64/1986 prevede una serie di interventi nelle regioni del Mezzogiorno per una spesa globale di 300 miliardi di lire, di cui il 60% a carico dell'Intervento Straordinario ed il 40% a carico del bilancio ENEA.

Successivamente, a seguito dello scioglimento del MISM e degli Organi Operativi (AGENSUD), con Decreto Legislativo n° 96/1993, le competenze per gli interventi dell'Azione Organica 2 sono state trasferite al MURST.

Nel 1995, a fronte del trasferimento delle competenze al MURST e in considerazione del tempo trascorso dalla sottoscrizione dell'Intesa e dalla redazione dei progetti di massima, l'ENEA ha chiesto ed ottenuto un aggiornamento del Piano di interventi dell'Intesa, nell'ambito dell'importo di 300 miliardi di lire.

6.1.4.1 PROGETTO INTEGRATO PORTICI

Uno degli interventi previsti dall'Intesa era il "Progetto Integrato Portici", da realizzare attraverso la stipula di una specifica Convenzione. L'intervento, descritto nel progetto di massima presentato al Ministero il 27/12/1990, aveva un costo complessivo di 72 miliardi di lire e prevedeva lo svolgimento di attività di ricerca e sviluppo, articolate nei seguenti quattro Sottoprogetti:

Sottoprogetto A:	Sviluppo Moduli Fotovoltaici al Silicio Amorfo
Sottoprogetto B:	Applicazioni Diversificate delle Tecnologie del Silicio Amorfo
Sottoprogetto C:	Sviluppo Tecnologie Moduli Fotovoltaici a Film Sottili Policristallini
Sottoprogetto D:	Sviluppo Tecnologie Dispositivi ad Alta Efficienza ad Arseniuro di Gallio

Nelle more della stipula della Convenzione col MISM, l'ENEA ha iniziato, sin dal 1990, lo svolgimento delle attività previste nell'ambito di ciascuno dei Sottoprogetti, utilizzando proprie risorse finanziarie.

Anche per il Progetto Integrato Portici, in conseguenza del mutato contesto di riferimento e sulla base della evoluzione del quadro tecnologico nazionale ed internazionale, l'ENEA ha predisposto una revisione critica del Progetto stesso, che ne rendesse attuale il completamento, pur salvaguardandone la continuità programmatica.

Tale revisione prevede che le attività da svolgere per il completamento del Progetto siano articolate su tre Sottoprogetti:

- sviluppo moduli fotovoltaici al silicio amorfo;
- sviluppo di celle innovative a base di silicio amorfo e silicio multicristallino;
- analisi, sperimentazione e dimostrazione di sistemi ed applicazioni innovative.

La riorganizzazione programmatica del Progetto Integrato Portici, che non ne ha mutato sostanzialmente le finalità strategiche, ha ottenuto parere favorevole dal Comitato Tecnico Scientifico Aree Depresse del MURST nella seduta del 14/11/1995.

La variante progettuale dell'intera Intesa, infine, è stata approvata dal CIPE, con delibera del 29/12/1995; la variante approvata prevede la proroga degli interventi al 31/12/1998, lasciando invariato il costo complessivo dei vari interventi.