

il VI Programma Quadro dell'UE e poi presentata una proposta di finanziamento (ILHYPOS) a dicembre 2004.

Sono proseguiti le attività di caratterizzazione di batterie al litio, prodotte dalla Saft, nell'ambito del progetto europeo LIBERAL, relativo alle prove di vita accelerata per batterie al litio per veicoli stradali. L'attività principale svolta dall'ENEA ha riguardato l'esecuzione di prove di vita cicliche e prove di degrado a varie temperature (storage test) di 24 celle Litio-ione. Questa attività è destinata a continuare fino al 2006, con l'aggiunta di ulteriori attività di prova su nuove batterie prodotte a Taiwan.

Durante il 2004 è stato completato un altro progetto europeo (ASTOR) relativo alla caratterizzazione e prova di sistemi di accumulo di alta potenza per veicoli elettrici ibridi. L'ENEA, in qualità di laboratorio di prova indipendente europeo, ha svolto per conto di EUCAR (l'associazione di ricerca dei costruttori europei di veicoli) prove di caratterizzazione di batterie al piombo di produzione giapponese (Japan Storage) con o senza l'accoppiamento con supercondensatori. Questa attività di testing è ormai riconosciuta a livello europeo ed è stato chiesto all'ENEA di partecipare in qualità di istituto di prova ad un nuovo progetto europeo (un Integrated Project denominato HYSYS) sottoposto all'approvazione della CE a dicembre 2004.

6.5. Componenti e sistemi fotovoltaici

I principali obiettivi dei programmi in questo settore sono lo sviluppo del fotovoltaico a concentrazione, per la produzione di energia elettrica, e lo sviluppo delle tecnologie di produzione di celle a film sottili di silicio microcristallino ad elevata efficienza e bassi costi, per applicazioni nel settore dell'edilizia.

In particolare, è proseguito lo sviluppo del Progetto PHOCUS sul fotovoltaico a concentrazione finalizzato alla realizzazione di un impianto sperimentale da 25 kW, situato presso il Centro ENEA di Manfredonia: un primo prototipo da 5 kW è stato installato a Portici al fine di testare tutte le nuove soluzioni tecnologiche e ingegneristiche che caratterizzano l'iniziativa (celle ad alta efficienza, concentratori ottici, struttura, moduli, dissipatori termici). Nell'ambito delle attività a supporto del Grande Progetto "solare termodinamico", è stato realizzato un radiometro innovativo per la misura dei flussi della radiazione solare. Infine, nell'ambito della tecnologia dei film sottili, è stato messo in funzione un impianto per la deposizione di contatti trasparenti e conduttori.

PhoCUS: realizzazione del primo prototipo da 5 kW con eliotostato e moduli

E' proseguito lo sviluppo del progetto PhoCUS, (Photovoltaic Concentrators to Utility Scale), basato sulla tecnologia del fotovoltaico a concentrazione, che ha come obiettivo lo sviluppo di cinque unità standard da 5 kW ciascuna e con un fattore di concentrazione 200 X.

Un primo prototipo è stato realizzato e installato a Portici. La struttura ad inseguimento a due assi, realizzata da Galileo Avionica, è costituita da una colonna verticale, rigidamente collegata al plinto di fondazione, da una scatola di motoriduzione e da un pannello di 35 m² per il sostegno di un massimo di 51 moduli fotovoltaici a concentrazione. L'inseguimento viene controllato da un sistema a loop chiuso che garantisce una accuratezza di ±0,2° rispetto alla direzione dei raggi solari, in condizioni di velocità del vento inferiori a 40 km/h. La struttura è in grado di operare con venti fino a 90 km/h, velocità oltre la quale si porta in posizione di sicurezza.

Sul primo prototipo dell'eliostato sono stati installati nella parte centrale del pannello 17 moduli funzionanti e nella parte rimanente moduli dummy (di cui alcuni predisposti per accogliere dispositivi di testing) per consentire il corretto bilanciamento della struttura e il suo collaudo funzionale in condizioni di carico completo.

I 17 moduli prototipali, realizzati da EniTecnologie, hanno una efficienza operativa dell'ordine del 16%: un primo risultato ritenuto più che buono in vista dell'obiettivo finale di efficienza del 20%. Il progetto del modulo, che è stato brevettato, presenta alcuni elementi innovativi come la lente prismatica stampata in pmma, l'housing in vetroresina stampata, il montaggio di celle commerciali su dissipatori termici in alluminio smontabili, in caso di guasto, singolarmente.

Realizzazione e caratterizzazione di celle fotovoltaiche al silicio per media concentrazione

La cella fotovoltaica del Progetto PHOCUS a media concentrazione è stata realizzata a partire da un wafer di silicio cristallino FZ <100> di tipo p, di spessore 250 μ m e di conducibilità 0.3 Ω cm. Su di esso, mediante processo di diffusione di drogante di tipo n da sorgente gassosa (POCl₃), è stato realizzato un emitter superficiale avente le seguenti caratteristiche: 60 Ω /square, profilo gaussiano; N_{sup}=10¹⁹cm⁻³, profondità di giunzione 2 μ m. La passivazione della superficie frontale del dispositivo è stata realizzata mediante una ossidazione termica tale da lasciare 25 nm di SiO₂. Questo spessore rappresenta un buon compromesso fra la necessaria passivazione e l'adattamento dello strato antiriflesso.

Il contatto posteriore è stato ottenuto mediante evaporazione e sintering di 2mm di alluminio esteso a tutta la superficie posteriore del dispositivo stesso.

La griglia di contatto frontale, attraverso la quale passerà la radiazione solare che il dispositivo provvederà a convertire in corrente elettrica, è stata realizzata mediante ripetuti passi tecnologici di fotolitografia e di lift-off a partire da un film metallico costituito da tre strati di evaporazione: Ti (50nm), Pd (50nm), Ag (2 μ m o 4.7 μ m).

Infine, un doppio strato di ossidi trasparenti (ZnS da 55nm e MgF₂ da 110nm), ottenuti ancora per evaporazione, ha consentito di ridurre al di sotto dell'8% la riflettanza del silicio cristallino nei confronti dello spettro di radiazione solare incidente.

La cella fotovoltaica è poi stata isolata dal resto del wafer di silicio su cui è stata costruita mediante la realizzazione di una incisione lungo tutto il perimetro del dispositivo stesso.

Con questo tipo di tecnologia è stato ottenuto un dispositivo di efficienza prossima al 20% all'esposizione ad un sole (J_{sc}=38mA/cm²; V_{oc}=634mV; FF=81.5% Eff=19.85%).

Fotovoltaico a film sottili: realizzato un impianto per la deposizione dei contatti trasparenti e conduttori

Il Progetto TEFIS (TEcnologie Fotovoltaiche a FILM Sottile) ha come obiettivo principale lo sviluppo della tecnologia dei moduli fotovoltaici a base di silicio microcristallino destinati all'integrazione negli edifici. Elemento fondamentale di questa tecnologia è il film sottile di ZnO che costituisce l'elettrodo frontale trasparente e conduttivo, che svolge la funzione di strato antiriflettente e contribuisce al confinamento ottico della radiazione solare.

E' stato realizzato presso il Centro ENEA di Portici un impianto LP-MOCVD (Low Pressure Metal Organic Chemical Vapour Deposition) per la deposizione su larga area di film sottili di ZnO di vetro e di tipo polimerico con elevata uniformità di spessore ($\pm 3\%$) e di proprietà elettriche (sheet resistance 14 Ω /square ad 1 μ m di spessore), elevata trasmittanza ottica (> 82% nel range spettrale 400-1000 nm), struttura a grani cristallini e morfologia superficiale atta al confinamento ottico.

Tenendo conto del comportamento fluidodinamico dei gas utilizzati, è stato progettato, realizzato e installato all'interno della camera di reazione un prototipo innovativo di diffusore dei reagenti gassosi; esso costituisce l'elemento determinante ai fini dell'ottenimento di un

materiale con le caratteristiche desiderate, in quanto l'uniformità del trasporto di materia sul substrato determina la cinetica di crescita del film e, quindi, le sue proprietà ottiche, elettriche e morfologiche.

Nell'ambito delle attività volte a favorire un'ampia diffusione dei sistemi fotovoltaici integrati in architettura, è stato ideato e brevettato il modulo "BOOGIE-WOOGIE". Si tratta di un modulo fotovoltaico vetro/vetro ad elevato contenuto di design, realizzabile con tecniche di produzione consolidate.

Radiometro di nuova concezione per la misura di alti flussi solari

È stato progettato e realizzato un nuovo tipo di radiometro per radiazione concentrata nel campo del visibile e del vicino infrarosso, allo scopo di caratterizzare, in termini di potenza totale incidente o di distribuzione spaziale dell'intensità, fasci di luce concentrata negli impianti solari sia fotovoltaici che termodinamici.

Il radiometro è stato collaudato e calibrato in laboratorio ed è in grado di misurare livelli di concentrazione solare che vanno da poche decine di soli fino alle migliaia di soli; esso consta di tre parti principali: 1) il sensore o ricevitore ottico, costituito da un prisma al cui interno sono presenti due cavità ottiche ricoperte di uno strato riflettente e diffusivo di BaSO₄ che hanno lo scopo di attenuare ed integrare la radiazione concentrata; 2) uno spettrometro che serve per misurare lo spettro della radiazione nella seconda cavità; 3) una console che misura la corrente del fotodiode posto nella seconda cavità e la trasforma in una intensità luminosa. La temperatura del fotodiode è misurata e controllata.

Un modello analitico del comportamento ottico del radiometro, validato con prove sperimentali, permette il calcolo del grado o fattore di attenuazione della radiazione misurata dal radiometro stesso.

6.6. Biomasse

Presso il CR della Trisaia sono proseguite le attività, finanziate nell'ambito di progetti europei, sulla gassificazione delle biomasse per la produzione di energia ed è stato completato lo sviluppo di una metodologia informatica per l'analisi della distribuzione di biomasse agricole in aree regionali.

Sperimentazione sull'impianto di gassificazione a biomasse del CR Trisaia

L'impianto, realizzato presso il CR della Trisaia nell'ambito due progetti comunitari, ha lo scopo di dimostrare la fattibilità di integrazione di un impianto di gassificazione a vapore con una cella combustibile a carbonati fusi. L'impianto è costituito da un gassificatore ($P_{ter}=500$ kWth) del tipo "fast internally circulating fluidised bed" (FICFB), e da una sezione di cleaning avanzata per eliminare le componenti acide e solide della corrente gassosa.

Nel corso del 2004 sono state svolte prove sperimentali sull'impianto integrato, che hanno evidenziato alcune problematiche sul sistema di filtrazione. Essenzialmente, perdite sullo stadio di abbattimento acido e impossibilità di raggiungere nel filtro ceramico le temperature minime nominali con possibile condensazione di tar. Tali problematiche sono state risolte operando delle modifiche sostanziali sul lay-out: in particolare, è stato realizzato un by-pass su uno scambiatore ed è stato pressurizzato con azoto il sistema di dosaggio CaO. I test sperimentali hanno mostrato dei risultati molto interessanti sull'abbattimento di particolato con un efficienza

di separazione superiore al 99,9 %.

Nella tabella seguente, sono riportate le condizioni chimico-fisiche di uno dei test più significativi per verificare l'efficienza di abbattimento del particolato.

Gas flowrate [Nm ³ /h]	140
Tin filter [°C]	360
Tout filter [°C]	230
DP filter [mbar]	12
N ₂ Temperature [°C]	210-220
Particulate in [g/Nm ³]	6.4
Particulate out [mg/Nm ³]	2.1

Sistema informatico per ottimizzare la taglia di centrali termoelettriche alimentate a biomassa

Il progetto europeo OPTIRES è stato completato nel 2004 ed ha implementato una metodologia per l'analisi della potenzialità, disponibilità e distribuzione della biomassa agricola su un territorio (nel caso analizzato, la regione Puglia). La finalità del progetto è stata lo sviluppo di un tool per la definizione della taglia ottimale e della localizzazione di possibili centrali a biomassa per la produzione di energia elettrica sul territorio preso in esame.

Il calcolo della distribuzione e disponibilità delle biomasse è stato effettuato con l'ausilio di software operanti in modalità GIS (Geographic Information System): ciò ha permesso una buona gestione dei database e una ottimale visualizzazione grafica dei risultati, nonché la fondamentale georeferenziazione dei dati per i successivi calcoli all'interno del tool.

Dopo l'elaborazione dei database sulle biomasse, è stato possibile sviluppare il tool per la localizzazione sul territorio delle centrali a biomassa; il principio ispiratore è stato quello di fornire uno strumento di supporto alle decisioni facile da usare, interattivo e aggiornabile.

In sintesi, l'utilizzatore impone i parametri di input prescelti, fa una analisi di sensibilità e ottiene in output gli scenari che soddisfano sul territorio le condizione impostate nel modello, con relative tabelle e mappe tematiche.

Sono stati individuati 6 bacini di raccolta di raggio di 20 km. Gli impianti realizzabili hanno una potenza che va da circa 5 MW a 13 MW; la potenza totale installabile è di circa 46 MW, che equivalgono a circa 277 GWh annuali e ad una quantità totale di CO₂ evitata pari a 0,61 Mt.

La metodologia proposta potrebbe essere utilizzata dagli enti pubblici locali, quali Regioni, Province e Comuni a supporto della programmazione delle politiche energetiche e dei progetti di sviluppo sostenibile ed integrato nel territorio.

La metodologia sviluppata è stata anche applicata alla realtà territoriale della Regione Sardegna per la definizione del Piano Energetico Regionale.

6.7. Cicli energetici innovativi

Gli interventi riguardano lo sviluppo di nuovi sistemi di produzione dell'energia, caratterizzati dall'incremento dell'efficienza energetica e dall'abbattimento delle emissioni inquinanti e dei gas serra, basati su nuove tecnologie di combustione e sull'utilizzo di nuovi combustibili (syngas ricchi di idrogeno) e bioetanolo. Le attività più significative sono state: analisi di

processo di impianti prototipali innovativi che verranno realizzati a fronte di contratti di ricerca con il MIUR; campagne sperimentali per lo studio della combustione di syngas ad alto tenore di idrogeno; sviluppo di un sensore di nuova concezione per la diagnostica dell'instabilità della combustione; prove sul turbogas dell'impianto di cogenerazione della Casaccia; realizzazione di un bireattore per la conversione di biomasse in etanolo.

Analisi di processi energetici su impianti prototipali in fase di realizzazione

E' stata eseguita l'analisi ingegneristica e fenomenologica di un processo innovativo di termodistruzione di rifiuti industriali mediante combustione con ossigeno, con recupero energetico per sfruttare al meglio il contenuto entalpico degli effluenti gassosi prodotti.

Sono state analizzate varie configurazioni di recupero energetico che prendono in considerazione la presenza o meno di una turbina a gas rigenerativa. Sono state svolte tre campagne sperimentali per la caratterizzazione del dispositivo di dissociazione molecolare, installato presso ANSALDO Caldaie di Gioia del Colle, che costituisce la parte centrale del termodistruttore. I parametri di emissione sono stati monitorati utilizzando la strumentazione (spettrometro di massa e spettrometro ad infrarosso) installata sull'Unità Mobile di Diagnosica della Combustione dell'ENEA.

Una seconda accurata simulazione ingegneristica riguarda la nuova piattaforma per la produzione ed il trattamento del syngas del carbone, presso il costituendo Centro di Ricerca della Sotacarbo in Sardegna. In particolare, sono stati definiti il modello del gassificatore a letto fisso tramite codice Chemcad ed è stata effettuata la modellazione ed ottimizzazione del sistema di separazione della CO₂.

Combustione di syngas ad elevato tenore di idrogeno

Le nuove tecnologie per la produzione di syngas ad alto tenore di idrogeno e la sua combustione in turbine a gas od in sistemi di post-combustione in cicli combinati richiedono accurate analisi delle fenomenologie collegate a tale combustibile. Sono stati condotti numerosi studi teorico-numerici sulla combustione di idrogeno, idrogeno-metano e syngas a varia composizione (in relazione alle modalità di produzione), in geometrie di tipo sperimentale o commerciale (bruciatori per turbogas o per caldaie di post-combustione in cicli combinati). A tal fine, sono state utilizzate tecnologie numeriche, in grado di analizzare i fenomeni, anche transitori, con elevata risoluzione spaziale e temporale.

È stato progettato un bruciatore per post combustione su caldaie di cicli combinati, basato su tecnologia Trapped Vortex (TVC). Tale tecnologia permette di coniugare i principi della MILD combustion (basse emissioni, alta efficienza) con l'impiego di combustibili a basso potere calorifico volumetrico (syngas con elevata presenza di idrogeno, fino ad H₂ puro).

È stato realizzato il sistema ODC (Optical Diagnostic for Combustion) mirato allo caratterizzazione dinamica di sistemi energetici basati sulla combustione. Il sistema è costituito da un sensore ottico ed una serie di moduli di elaborazione del segnale che persegono specifiche finalità, come la caratterizzazione spettrale delle turbolenze, la diagnosi precoce della instabilità, la misura di parametri dinamici connessi alla combustione. Una delle applicazioni più significative finora effettuate consiste nella diagnosi dello stato di incipienza di instabilità sia fluidodinamica che termodinamica di un combustore a fiamma premiscelata attraverso l'osservazione, l'acquisizione e l'analisi della emissione luminosa in camera di combustione. Il sistema è stato testato su bruciatori prototipali per turbogas (250kW) sia con combustibile gassoso (CH₄, H₂) che liquido (gasolio) ed all'interno di sistemi ad elevata temperatura (dissociatori molecolari) per lo smaltimento di rifiuti pericolosi.

Uno dei maggiori motivi di interesse del sensore ODC risiede nella possibilità seguire l'evoluzione del fenomeno di "Humming" (instabilità particolarmente pericolosa per il possibile danneggiamento delle palette di turbina) prodotto nella camera di combustione di impianti turbogas

Impianti cogenerativi: prove sul turbogas e strumenti di progettazione per il teleriscaldamento

Sull'impianto ICARO del CR Casaccia è stata montata una turbina PGT2, appartenente ad un cliente internazionale di Nuovo Pignone, da testare su commessa dell'industria fiorentina. Sono state effettuate prove di verifica e si è certificato il funzionamento dell'impianto in precise condizioni operative.

I test effettuati dimostrano come l'ENEA possa affrontare problemi a supporto dell'industria quando quest'ultima non dispone di infrastrutture per la caratterizzazione e relativa diagnostica.

Inoltre è stata sviluppata una piattaforma software di progettazione mediante l'integrazione tra il codice IPSE-pro, codice di simulazione termodinamica di impianti energetici, ed il codice RETI, realizzato da ENEA al fine di ottimizzare la rete di teleriscaldamento del CR Casaccia. Il risultato è un potente strumento di simulazione per la predizione degli interventi di up-grade applicabile a tutte le situazioni impiantistiche.

Tecnologie avanzate per la produzione e l'utilizzo di biofuel liquidi

Lo sviluppo di tecnologie per la produzione di etanolo da biomasse ha condotto ad attività sperimentali per l'utilizzo dei residui della pianta del mais e di piante di origine marina (zostera).

Entrambe le matrici sono state sottoposte ad un trattamento di "steam explosion" per rendere la cellulosa accessibile agli enzimi ed aumentare le rese di etanolo. Sono state condotte prove sperimentali sull'impianto di "steam explosion" continuo da 300kg/h mettendo a punto i parametri operativi per il processamento di materiale a bassa densità e bassa resistenza meccanica.

È stato poi progettato e realizzato, nelle officine dell'ENEA, un nuovo tipo di bioreattore (scala 10 litri) per effettuare le idrolisienzimatiche e le fermentazioni di biomassa da convertire in etanolo. Tale bioreattore si differenzia da quelli tradizionali in quanto è dotato di un filtro coassiale che consente la separazione fisica di due ambienti distinti: in uno avviene la idrolisienzimatica e nell'altro la fermentazione. La separazione fisica consente di differenziare la temperatura dei due processi operando a temperature più elevate per l'idrolisienzimatica.

Nel complesso, da 1 kg di residuo di mais si possono ottenere 390g di glucosio, corrispondenti a 200g di etanolo anidro. Analoghe rese possono essere raggiunte utilizzando piante marine che, a differenza di quelle terrestri, possono essere trattate utilmente a condizioni molto blande di steam explosion, con un notevole vantaggio rispetto alle rese e alla generazione di sostanze tossiche per i lieviti fermentatori.

Un altro carrier di idrogeno di interesse è l'olio ottenibile mediante pirolisi della biomassa pirolizzata. In tale ambito, è stato condotto uno studio sistematico per la stabilizzazione del prodotto, che risulta di particolare rilevanza pratica data la tendenza dell'olio alla smiscelazione e alla formazione di peci. Tra i risultati sperimentali ottenuti, vi è la riduzione di ben 15 volte delle cinematiche di invecchiamento riscontrata con l'aggiunta di glicole etilenico al 10% mentre, tra i solventi più comuni, il metanolo si distingue per l'alto potere fluidificante.

7. A.2 LA PROTEZIONE DEL PIANETA E DELLA SALUTE DELL'UOMO

Nel seguito viene riportata, per le principali linee di attività svolte nel 2004, una sintetica descrizione dei risultati più rilevanti ottenuti nel corso dell'anno.

7.1. *Protezione della salute*

Le moderne tecniche di biologia molecolare consentono di mimare il danno che agenti nocivi fisici e chimici possono introdurre nel patrimonio genetico di un organismo, mediante inattivazione di singoli geni, così da permettere lo studio degli effetti di una alterazione in un punto preciso del genoma. In tale ottica, vengono indagati alcuni meccanismi molecolari che si attivano in una cellula per riparare un danno indotto da radiazioni ionizzanti o agenti chimici sul DNA, per bloccare la proliferazione cellulare, o per indirizzare la cellula verso la morte programmata (apoptosi), allo scopo di individuare specifiche molecole che diano una misura della sensibilità cellulare e forniscano informazioni sulla suscettibilità individuale al danno.

Un'altra attività riguarda lo sviluppo di tecnologie per la valutazione del rischio da agenti nocivi, con particolare riguardo alla identificazione di nuovi biomarcatori di esposizione, effetto e suscettibilità ad agenti tossici. Vengono elaborati modelli per la stima del rischio mediante valutazioni in gruppi di popolazioni esposte, svolgendo un ruolo di raccordo tra il dato sperimentale e quello epidemiologico. I dati ottenuti su biomarcatori a breve termine vengono correlati con le stime di effetti a lungo termine (compromissione del potenziale di fertilità, insorgenza di tumori). Vengono anche effettuate elaborazioni statistiche per la valutazione dello stato di salute delle popolazioni residenti in diversi contesti territoriali, avvalendosi della Banca Dati Epidemiologica dell'ENEA.

Parallelamente alle attività di ricerca a medio-lungo termine, sono condotti studi orientati alla necessità di fornire elementi tecnico-scientifici per la soluzione di problematiche prioritarie di protezione della salute umana, identificate sulla base di conoscenze scientifiche e valutazioni di carattere economico e sociale (inquinamento elettromagnetico e chimico in ambiente urbano, inquinamento da composti con possibile attività endocrina, "endocrine disruptors").

Studio dei meccanismi molecolari della risposta cellulare al danno da radiazioni ionizzanti e agenti chimici.

Cancerogenesi da radiazioni. L'utilizzo di un modello murino knockout per il gene Patched (Ptc), geneticamente predisposto allo sviluppo di tumori del sistema nervoso centrale e di carcinomi a cellule basali (BCC), ha permesso di caratterizzare la suscettibilità all'induzione del medulloblastoma e del BCC da radiazioni in diverse fasi di sviluppo del cervelletto e dei follicoli piliferi. La risposta apoptotica e l'espressione di geni implicati nella risposta al danno al DNA, come p53 e Akt, sono state analizzate nel cervelletto di topi Ptc^{+/−} di diverse età esposti a radiazioni. È stato mostrato che una relazione inversa tra l'espressione di p53 e l'attivazione di AKT regola la capacità delle cellule target di sottrarsi al processo apoptotico e andare incontro a trasformazione neoplastica. Analogamente al medulloblastoma, la suscettibilità allo sviluppo del BCC appare correlata con lo stato proliferativo delle cellule follicolari cutanee da cui il tumore ha origine. Questi risultati suggeriscono che inibitori del pathway di Shh-Ptch possano rappresentare promettenti bersagli terapeutici nei tumori associati alla deregolazione del pathway stesso.

Studio di proteine del riparo come parametri predittivi di radiosensibilità. L'espressione e l'attività di legame al DNA delle proteine ku 70/80, coinvolte nelle prime fasi della riparazione

delle rotture a doppia elica del DNA, quali quelle indotte dalle radiazioni ionizzanti, sono state analizzate su linee cellulari con diversa radiosensibilità a tempi diversi e su campioni biotecnici di carcinomi del retto. I risultati evidenziano una differente regolazione dell'attività di legame di Ku nelle diverse linee, in particolare gli estratti nucleari della linea tumorale radiosensibile non hanno mostrato differenze nell'attività di legame al DNA dell'eterodimero Ku rispetto ai controlli non irraggiati.

Silenziamiento genico mediante RNA interference: un nuovo metodo per l'individuazione e lo studio di nuovi bersagli molecolari per la cura dei tumori. In molti organismi superiori e anche nell'uomo, durante alcune fasi dello sviluppo come pure nella vita dell'individuo adulto, l'espressione di singoli geni può venire inibita da piccoli RNA (microRNA) che vanno ad interferire con i meccanismi di traduzione del RNA in proteina. È stato costruito un vettore di espressione in grado di trascrivere, da un promotore U6, dei microRNA diretti contro la porzione trascritta ma non tradotta all'estremità 3' del RNA messaggero per Insulin Growth Factor Binding Protein-5 (IGFBP-5). L'inibizione della produzione endogena di IGFBP-5, mediante RNA interference, in cellule di neuroblastoma causa diminuzione della proliferazione cellulare, aumento del tasso spontaneo di apoptosi, in modo additivo dopo esposizione a radiazioni ionizzanti, difetti nel processo di differenziamento, aumentata migrazione e invasività verso concentrazioni più elevate di IGF2 e nutrienti del siero, diminuita capacità di formare colonie in agar semi-solido. Questi dati sperimentali hanno messo in luce l'importanza che l'asse IGF e, in particolare, la proteina IGFBP-5 ha nel sistema neuroblastoma.

Meccanismi di immunoregolazione. Sono stati caratterizzati nuovi meccanismi che regolano l'induzione delle risposte allergiche. Esperimenti condotti mediante western blot ed EMSA hanno dimostrato che la stimolazione del recettore CTLA-4 inibisce l'attivazione di STAT6, fattore di trascrizione rilevante per l'espressione di GATA-3. L'inibizione dell'attivazione di STAT6 è dovuta ad una riduzione dell'espressione del recettore per IL-4 come dimostrato da analisi dell'espressione di mRNA mediante PCR real time e della catena alpha di tale recettore mediante western blot. Questi effetti inibitori risultano in una riduzione dei linfociti Th2 che promuovono le allergie inducendo la produzione di IgE da parte dei linfociti B. Questi risultati rivelano, quindi, nuovi meccanismi per il controllo delle risposte allergiche e suggeriscono nuovi possibili bersagli terapeutici.

Valutazione del rischio per la salute da agenti fisici e chimici mediante nuovi modelli e tecnologie sperimentali

Effetti genetici ereditari da esposizione ad agenti di rilevanza ambientale. Utilizzando il topo come modello sperimentale, nell'ambito del progetto europeo "PEPFAC", è stato valutato il rischio di induzione di aneuploidie (alterazioni del numero di cromosomi) in cellule germinali a seguito di esposizione a nocodazolo e bisfenolo A. Alterazioni del numero cromosomico e del ciclo cellulare sono state osservate a seguito di esposizione a nocodazolo, mentre non sono stati rilevati effetti genotossici dopo esposizione acuta e cronica a bisfenolo A, una delle sostanze ambientali ritenute potenzialmente nocive per il sistema endocrino.

Nell'ambito del progetto europeo "GEMRATE" sono state rilevate differenze di radiosensibilità per l'induzione di aberrazioni cromosomiche nel primo ciclo di segmentazione embrionale tra topi di genotipo selvatico e topi knock-out per il gene PARP, implicato nella riparazione delle rotture del DNA a singola elica.

Studio degli effetti di sostanze ambientali con potenziale azione interferente con l'omeostasi ormonale (endocrine disruptors). Nell'ambito del progetto europeo "Inuendo", che dovrà valutare la stima del rischio per la riproduzione umana da policlorobifenili (PCB) e DDT, sono

stati analizzati circa 800 campioni, relativamente alla determinazione dell'integrità genetica degli spermatozoi mediante la tecnica citofluorometrica Sperm Chromatin Structure Assay (SCSA), rappresentativi di varie popolazioni europee diversamente contaminate da PCB assunto principalmente attraverso la dieta.

Marcatori di sensibilità individuale al rischio riproduttivo. Sono stati confrontati diversi approcci molecolari per l'analisi del danno indotto a livello del DNA dello spermatozoo umano (TUNEL, Comet, SCSA) partecipando anche a controlli di qualità esterni per la valutazione delle performances complessive dei test. Nell'ambito del progetto europeo Reproprotect le metodologie COMET e SCSA sono in fase di valutazione per la loro applicazione in sistemi in vitro alternativi ai modelli animali per studi di tossicologia della riproduzione.

Bioelettromagnetismo. Sono stati realizzati nuovi sistemi espositivi per materiale biologico, elettromagneticamente caratterizzati per le frequenze UMTS della telefonia cellulare e con condizioni ambientali controllate. Non sono stati evidenziati effetti genotossici sui linfociti umani, né effetti neurosensoriali su piccoli roditori esposti a 900 e 1800 MHz, né sono stati messi in evidenza effetti additivi con antibiotici; ancora nessun effetto è stato rilevato sul sistema immunitario (milza e linfonodi) in topi immunizzati, in particolare per le sottopolazioni di linfociti B, esposti fino a 4 settimane a 900 MHz. Anche le cellule di neuroblastoma esposte a 900 e 1800 MHz non mostrano cambiamenti per proliferazione, differenziamento e apoptosi.

7.2. *Sviluppo di prodotti/processi a base biologica*

I programmi di RST&D sono focalizzati essenzialmente su due linee di attività. La prima linea riguarda la valorizzazione della “qualità del prodotto agro-alimentare”, intesa come fattore importante di competitività e preminente per il consumatore e per la politica dell'Unione Europea. In questo senso le attività persegono i seguenti obiettivi: ottenere germoplasma resistente a malattie e ad insetti in specie ortofrutticole, leguminose e cerealicole; valorizzare alcune produzioni tipiche mediterranee (grano duro, pomodoro, agrumi, vite, fragola, carciofo, nocciolo), soprattutto dal punto di vista nutrizionale e salutistico; ottenere germoplasma di qualità per sistemi agricoli sostenibili, basati principalmente sull'impiego di leguminose da granello; caratterizzare dal punto di vista fenotipico e molecolare alcune comunità microbiche presenti nei suoli e in ambienti diversi.

La seconda linea di attività riguarda l'utilizzo di piante intese come “biofabbriche” per la produzione di molecole di interesse biomedico-farmaceutico, con un approccio che rappresenta un'alternativa efficace, biologicamente sicura e economicamente vantaggiosa rispetto ai sistemi di produzione convenzionali (batteri, lieviti, cellule di mammifero) finora adottati dall'industria farmaceutica. In questo campo sono state sviluppate alcune ricerche pionieristiche e attualmente l'impegno è rivolto principalmente alla produzione di anticorpi e alla formulazione di nuovi vaccini. In particolare alcuni dei vaccini prodotti sono già stati saggiati su modelli sperimentali animali con risultati che appaiono molto promettenti, documentati su importanti riviste internazionali.

Genetica e genomica di piante tipiche mediterranee

Con la realizzazione di piattaforme tecnologiche per il sequenziamento ad alta processività, l'analisi transcrittomica, l'analisi proteomica e la bioinformatica collegata, l'ENEA ha di fatto acquisito una posizione di primaria importanza, in ambito nazionale, nel settore delle analisi biomolecolari su larga scala. Le specie oggetto di queste analisi sono principalmente pomodoro, frumento duro e vite, colture che non solo tipizzano l'agricoltura italiana, ma che sono anche la principale fonte di reddito per l'industria agroalimentare.

Il pomodoro è stato caratterizzato dal punto di vista di profili di espressione per lo studio dei geni che possono influenzare la salubrità dell'alimento in termini di contenuto in "nutriceuticals", di architettura della pianta e di resistenza a fitopatie. In particolare, sono state acquisite fondamentali conoscenze nel campo della regolazione della biosintesi di carotenoidi e geni coinvolti nella sintesi di fotorecettori (criptocromo).

Le attività di miglioramento delle ortofrutticole hanno riguardato principalmente la fragola. Prima in campo nazionale, ENEA ha messo a punto il sequenziamento sistematico di circa 4.000 sequenze espresse da frutto in maturazione, ha costruito un database di geni espressi e un DNA-microarray con circa 1.800 geni.

Sulle colture cerealicole sono state messe a punto tecniche per la valutazione di genotipi resistenti a condizioni di salinità.

Nello studio delle infezioni virali sono stati indagati a livello molecolare alcuni meccanismi fondamentali implicati nel "gene silencing" indotto da virus vegetali.

È stato perfezionato il network italiano per la valutazione dell'impatto di piante geneticamente modificate sugli organismi non bersaglio e sull'ambiente.

La pianta come biofabbrica di molecole ad alto valore aggiunto

È stata completata la realizzazione di anticorpi stabili in grado di funzionare come modulatori di attività proteiche all'interno del citoplasma. Queste molecole possono essere utilizzate come reagenti per interferenza molecolare in applicazioni biomediche e nel settore agrario.

Per quanto riguarda l'utilizzo delle piante per la produzione di vaccini ricombinanti, area di ricerca dove ENEA ha sviluppato ricerche pionieristiche per la produzione di molecole vaccinali dirette contro HIV-1 e HPV-16, sono state definite le condizioni ottimali per la produzione su larga scala e sono state valutate in modelli sperimentali animali nuove formulazioni di vaccini a DNA utilizzando sequenze tipiche di virus vegetali.

Sviluppo e applicazioni di tecnologie microbiologiche

Sono state perfezionate metodiche per la caratterizzazione fenotipica e molecolare di comunità microbiche in terreni e ambienti diversi, per la valutazione di una loro potenziale patogenicità nell'uomo.

È stato costituito un network italiano per la valutazione del rischio biologico associato ad impieghi biotecnologici di rizobatteri come *Burkholderia cepacia*, che da una parte è in grado di promuovere lo sviluppo di piante di interesse agrario, ma dall'altra è implicata nella esacerbazione dei sintomi in pazienti affetti da fibrosi cistica.

7.3. Sicurezza alimentare e ambientale

La valutazione dell'impatto sugli agro-ecosistemi e sulla catena alimentare di elementi e composti chimici indesiderati derivanti da differenti fonti di inquinamento, compresi alcuni

prodotti biotecnologici, costituisce fattore essenziale per il conseguimento di obiettivi per la sicurezza ambientale, alimentare e sanitaria e per operare funzioni di pre-normativa. Conseguentemente sono svolte attività di RST&D concernenti soprattutto lo studio dell'impatto dell'inquinamento atmosferico e delle acque sulle colture agrarie e sulle catene alimentari. Le principali linee di ricerca includono attività di: diagnostica relativa agli effetti nocivi causati dall'uso di composti agro-chimici e dalle emissioni inquinanti dei sistemi industriali e dei servizi sull'ambiente agricolo e sulla qualità e le rese della produzione agricola; sviluppo di metodi e strumenti per la gestione sostenibile del territorio quali i Sistemi Informativi Territoriali e modelli previsionali e le metodologie LCA (Life Cycle Assessment); caratterizzazione chimico-fisica e stima degli effetti tossicologici ed ecotossicologici di fitofarmaci attualmente utilizzati nell'Unione Europea e di inquinanti organici persistenti nell'ambiente (POPS), a supporto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio; sviluppo e applicazione in campo di nuove tecnologie biologiche antiparassitarie.

Studio dell'impatto dei composti agrochimici sull'ambiente e sulla catena alimentare

Nell'ambito delle attività di supporto alla Commissione Consultiva Nazionale per i Prodotti Fitosanitari del Ministero della Salute, sono stati valutati, dai dossier presentati dalle ditte produttrici, i rischi ecotossicologici di otto prodotti commerciali contenenti i principi attivi Azadiractina (insetticida), Spinosad (insetticida), Mepanipyrim (fungicida), Penoxsulam, Piraclostrobina, Tepraloxidim (erbicidi), al fine della registrazione e autorizzazione al commercio e all'uso, secondo l'attuazione della Direttiva CEE 91/414.

Sono stati condotti studi per l'applicazione dell'indicatore di rischio per gli organismi acquatici, denominato REXTOX (Ratio of EXposure to TOXicity), a tre scenari geopedologici, in collaborazione con la Regione Emilia-Romagna e il CRPV (Centro Ricerche Produzioni Vegetali). L'attività svolta ha permesso di effettuare uno screening tra 113 principi attivi impiegati per la difesa antiparassitaria e per il diserbo nelle colture del pero e della barbabietola da zucchero, evidenziando quelli più dannosi, sia nel breve che nel lungo termine, per i pesci, le alghe e la daphnia. Per quanto riguarda, invece, la linea di studio per la validazione sperimentale dei modelli PELMO e MACRO proposti dal Gruppo di Lavoro europeo FOCUS (Forum for the Co-ordination of Pesticide Fate Models and their Use), che sono utilizzati nell'analisi del rischio di percolazione dei diversi fitofarmaci verso la falda superficiale, sono stati individuati tutti i parametri necessari per descrivere con accuratezza le caratteristiche meteorologiche, culturali e pedologiche delle tre aziende presso cui sono state effettuate misure di concentrazione dei pesticidi e di umidità dei suoli.

Nell'ambito del Progetto Nazionale Ricerca Ambientale del MIUR è stata messa a punto una metodologia per la valutazione del rischio per la salute degli addetti ai trattamenti antiparassitari, utilizzando il modello UK-POEM 3. A tale scopo è stata eseguita l'analisi dei dati raccolti in diciannove aziende del nord, sud e centro Italia sulle modalità del comportamento degli addetti e sulle tipologie di impiego dei fitofarmaci.

In collaborazione con l'ISPESL, sono state messe a punto metodologie di stima diretta e indiretta di valutazione dell'esposizione dermica a fitofarmaci per i lavoratori in serra, ai fini della definizione dei tempi di rientro; in una campagna sperimentale, effettuata per valutare la possibilità di impiego di tecnologie biologiche alternative all'uso di fitofarmaci nella coltivazione in serra del pomodoro, è stata dimostrata la possibilità di ridurre gli interventi fitosanitari con fungicidi e insetticidi e, in caso di necessità, di utilizzare solo prodotti consentiti in agricoltura biologica; sono stati analizzati i criteri di classificazione della tossicità degli agenti chimici pericolosi e le procedure di valutazione del rischio di esposizione per una corretta applicazione del D.lg. 25/2002 concernente la valutazione del rischio chimico.

Studio dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sulle colture agrarie e sulle catene alimentari

Nello studio per la valutazione degli effetti nocivi causati da SO₂, O₃ e polveri sull'agroecosistema dei comuni di Potenza e di Tito Scalo (in collaborazione con AGER-Coldiretti), solo O₃ ha determinato cali di resa sulle colture di frumento, mais ed erba medica. Per quanto riguarda SO₂, particolato totale, elementi tossici (Pb, V, Cd, As, Co, Mo, Pd) e IPA nel particolato le concentrazioni sperimentali sono risultate al di sotto dei limiti fissati dalla normativa nazionale vigente e dei valori guida OMS-WHO. Ai fini dello sviluppo di idonee metodologie analitiche per la valutazione dello stato di inquinamento di suoli agricoli sono stati applicati diversi metodi di estrazione sequenziale in grado di fornire informazioni sulla mobilità e biodisponibilità di elementi tossici nei suoli.

Sviluppo e validazione di metodologie chimico-analitiche per la sicurezza alimentare e ambientale.

Nell'ambito di un progetto finanziato dal Ministero della Sanità, è stato preparato un materiale di riferimento di mangime zootecnico da certificare per il contenuto di paraclorodibenzodiossine (PCDDs) e paraclorodibenzofurani (PCDFs), e sono state avviate le prove di stabilità.

Nell'ambito delle attività di supporto al Grande Progetto Solare Termodinamico sono stati effettuati studi sul degrado dei sali fusi (su un impianto appositamente ideato e assemblato) e di monitoraggio chimico su diversi impianti.

Nell'ambito della collaborazione con l'Unità Fusione si è partecipato ad un confronto internazionale per determinare la quantità di trizio prodotta in seguito ad irraggiamento neutronico di ceramici litiosi.

È stata effettuata attività di supporto alla Commissione Metrologia Generale dell'UNI per nuove edizioni e aggiornamenti del VIM (Vocabolario Internazionale di Metrologia) e del GUM (Guida all'espressione dell'incertezza delle misurazioni).

7.4. Sviluppo e promozione di tecnologie a basso impatto ambientale

All'interno della scelta strategica europea sulla "Politica Integrata di Prodotto" (IPP), come strumento decisivo per promuovere un mercato di prodotti a minor impatto ambientale, sono state ultimate e concluse le attività relative a due importanti progetti europei - CASCADE ed ELCA2 - per ciascuno dei quali l'ENEA è stato coordinatore di una decina di partner europei. CASCADE ha sviluppato e testato standard per banche dati di Life Cycle Assessment (LCA), in grado di consentire l'interscambio dei dati tra software diversi, e di facilitare l'adozione dell'LCA nella fase di progettazione, attraverso l'integrazione con strumenti di progettazione assistita al computer.

ELCA2 ha realizzato e sperimentato il portale multilinguistico www.ecoSMEs.net per le aziende che intendono produrre prodotti più ecologici. Il portale - che contiene informazioni, pacchetti formativi on line, banche dati e software di analisi - è uno strumento completo per favorire lo sviluppo delle competenze necessarie per aderire alle IPP (previste dal VI Programma di Azione Ambientale dell'UE), e per promuovere azioni di sostegno, con particolare riferimento alle piccole e medie imprese, tramite collaborazioni con la P.A. ed altri operatori. Il portale consente di acquisire le competenze per mettere a punto un approccio integrato che, partendo dalla fase di progettazione dei prodotti e dei servizi, prende in considerazione l'intero ciclo di vita (produzione, distribuzione, uso, smaltimento), in modo da

perseguire un continuo miglioramento in termini di minore impatto ambientale, e al tempo stesso, di puntare a conquistare nuovi spazi di mercato. In particolare, il sito fornisce 5 tipi di servizi:

- Informazioni di base - Strumenti rivolti alle PMI per il miglioramento ambientale dei prodotti e loro introduzione nel mercato (metodi di analisi e progettazione quali valutazione del ciclo di vita e ecodesign; strumenti di mercato, come etichette ecologiche e ecotasse);
- Sistemi di Gestione Ambientale - Azioni di sostegno, (ad esempio, incentivi, standard e normative), strumenti software specializzati e relative banche dati (eVerdEE: software semplificato di LCA; TESPI, strumento di ecodesign che combina aspetti ambientali, qualitativi e costi; DIM: sistema per elaborare dati ambientali e creare LCI (Life Cycle Inventory);
- Formazione - Pacchetti di formazione on line per corsi introduttivi sugli strumenti di IPP, materiali di supporto scaricabili per corsi di formazione tradizionali ecc;
- Guide tecniche specializzate per filiere prodotto - Informazioni, formazione (approfondimenti, best practices, ecc..) e strumenti (manuali tecnici, linee guida per LCA ed ecodesign, checklists, ecc..) specifici per le filiere di prodotto o il settore per l'implementazione delle IPP;
- Servizi generali - Accesso a consulenze on- e off-line, news e newsletter, link, "vetrina degli ecoprodotti", ecc.

Per il settore cartario, nel corso del 2004, è stato condotto uno studio di largo respiro sull'utilizzazione della carta da macero. Il lavoro consiste in una proposta operativa per la produzione di pasta disinchiestrata da utilizzarsi come succedaneo della cellulosa vergine nell'industria cartaria. Sono stati definiti gli scenari di raccolta differenziata post-consumo, a livello italiano e in particolare nel sud Italia, che quantificano le probabili disponibilità future; sono stati valutati i bilanci di fibra per l'Italia ed il Sud Italia e, infine, è stata effettuata l'analisi delle principali tecnologie di trattamento e disinchiestrazione e l'analisi tecnico/economica dell'iniziativa individuata. Il lavoro è stato diffuso presso operatori del comparto cartario, enti pubblici ed istituzionali.

E' stata inoltre messa a punto una tecnologia adatta alla disinchiestrazione degli stampati flessografici o di maceri misti flexo-offset, al fine di recuperare fibra idonea alla produzione di carte di maggior valore (bianche). L'applicazione della nuova tecnologia ad un impianto su scala ha fornito confortanti valori economici: VAN di circa 625.000,00 Euro; Tasso Interno di Rendimento del 15% e Tempo di Ritorno Attualizzato di 6 anni. Comieco ed Assocarta, si stanno attivando per reperire finanziamenti per condurre una campagna di sperimentazione in scala pilota.

A dicembre 2004 il Sistema di Gestione Integrata per l'AMbiente E per la SIcurezza (SIAMESI) del Centro ENEA Trisaia ha ottenuto la duplice certificazione per l'ambiente (ISO 14001:96) e per la sicurezza (OHSAS 18001:99). Frutto di un progetto avviato dalla Direzione del Centro nel gennaio 2003 e realizzato totalmente all'interno dell'ENEA, il Sistema SIAMESI consente il controllo di tutte le attività, prodotti e servizi del Centro per quanto attiene sia gli aspetti ambientali sia quelli inerenti la sicurezza e la salute degli operatori. Il progetto ha comportato l'analisi delle modalità di svolgimento delle attività di ricerca in corso e di quelle gestionali usualmente praticate, con lo scopo di definire la situazione iniziale, individuare i primi obiettivi di miglioramento, progettare e implementare il sistema di gestione con modalità integrate e realizzare i due iter di certificazione.

7.5. *Conservazione e uso razionale delle risorse naturali*

Protezione e controllo dei corpi idrici

Nel settore della protezione e controllo dei corpi idrici, l'ENEA è impegnato in vari progetti aventi come obiettivo il controllo degli invasi e il miglioramento delle capacità ricettive dei corpi idrici ricettori.

In particolare, nel 2004, è stato completato il progetto MICARI, finanziato dal MIUR. Tramite lo sviluppo e l'integrazione di metodologie di simulazione e di analisi per la valutazione degli effetti di scarichi urbani in tempo di pioggia su corsi d'acqua ricettori, è stato realizzato un modello di gestione integrata della risorsa idrica. L'utilizzo degli strumenti sviluppati nell'ambito del progetto potrà consentire la verifica e il confronto di differenti scenari, sia a livello di pianificazione degli interventi di tutela della risorsa idrica, sia a livello di progettazione delle infrastrutture necessarie e dei relativi investimenti.

Per la sperimentazione nel campo della sorveglianza in continuo dello sviluppo algale negli invasi superficiali degli acquedotti, con il Progetto SPESOCAL, finanziato dalla Società Romagna Acque, è stato messo a punto un sistema per la prevenzione delle fioriture algali. Il suo utilizzo permette di effettuare interventi mirati, evitando i problemi generati dalla eccessiva proliferazione algale, quali l'alterazione della qualità dell'acqua, l'intasamento dei filtri, l'aumento dei costi di gestione degli impianti.

Per il trattamento e la gestione delle acque di run-off urbano a tutela dall'inquinamento dei corpi idrici superficiali, il progetto PR43 ha come obiettivo la modellazione di un sistema naturale (long detention pond), compresa la modellazione di una rete fognaria per acque di pioggia, la valutazione dei carichi inquinanti, sia di tipo organico che inorganico, e le modificazioni che questi subiscono durante il trattamento. In tale contesto, è stato realizzato un sistema di acquisizione dati e gestione dei campionatori che permette di effettuare il campionamento delle acque in entrata ed in uscita dell'impianto al verificarsi dell'evento di pioggia significativo utilizzando una tecnologia wireless; tramite una tecnologia di tipo GSM, i dati raccolti da due sonde multiparametriche localizzate nello stagno di entrata e di uscita dell'area umida vengono trasmessi ad un server centrale, consentendo il controllo del sistema via internet. Per valutare quali sono le fonti di apporto dei vari inquinanti monitorati nelle acque, si è proceduto, inoltre, alla caratterizzazione e al monitoraggio delle precipitazioni atmosferiche nell'area di Bologna per estrapolare quelle derivanti direttamente dalla attività al suolo. Come ricaduta del progetto è prevista l'applicazione della metodologia al comprensorio di San Giovanni in Persiceto (BO).

Risparmio e riutilizzo dell'acqua

Le attività svolte in questo settore hanno riguardato principalmente applicazioni per l'industria tessile. Nel corso del 2004, si è concluso il progetto TOWEF0 (Evaluation of the effect of the IPPC application on the sustainable waste management in textile industries finanziato dalla Commissione Europea) di cui l'ENEA è stato coordinatore. Il progetto ha definito le strategie ottimali di trattamento e riuso dell'acqua nei processi di finissaggio tessile, sviluppando una specifica metodologia, poi applicata in cinque aziende europee del settore tessile. Allo scopo di individuare delle opzioni semplici, efficaci ed economiche di trattamento del refluo, così da poterlo reintrodurre all'interno dei processi produttivi, è stata valutata la tecnologia di trattamento a membrana. Al fine di valutare la qualità ottenibile per l'effluente depurato e la fattibilità tecnico-economica dell'applicazione in scala reale, sono stati condotti test di trattamento su scala laboratorio e pilota. I test sono stati effettuati su 17 effluenti da diversi processi produttivi rappresentativi, provenienti dall'intero processo o dalle sole fasi di

risciacquo, pretrattamento, tintura e stampa. I test effettuati su reflui reali, simulando condizioni operative di piena scala, hanno permesso di valutare il massimo flusso di permeato ottenibile, di determinare le principali caratteristiche chimico-fisiche dei permeati e l'effetto di concentrazioni crescenti dell'alimento. Sulla base dei dati ottenuti è stata effettuata un'analisi dei costi relativa a diversi scenari corrispondenti ad aziende piccole, medie e grandi.

Globalmente, la valutazione della fattibilità del riuso nelle aziende del settore tessile ha dato esito positivo. Il costo risulta competitivo con i prezzi dell'acqua in molti paesi europei e affrontabile anche in Italia, per una azienda con problemi di approvvigionamento idrico. Si ritiene quindi che nel prossimo futuro saranno molte le aziende del settore tessile e di altri settori ad elevato fabbisogno idrico, quali il cartario, il conciario e l'alimentare, interessate ad applicare la tecnologia a membrana per il trattamento e riutilizzo degli effluenti. Con una di tali aziende, la Stamperia di Martinengo, l'ENEA ha elaborato il progetto Battle, (sottoposto a valutazione per il finanziamento come progetto LIFE), per la realizzazione a scala dimostrativa del riutilizzo degli effluenti nei processi produttivi.

L'ENEA, inoltre, partecipa al Progetto Europeo EMWATER "Efficient Management of Wastewater, its treatment and reuse in the Mediterranean Countries", il cui principale obiettivo consiste nello studio e nell'elaborazione di proposte finalizzate alla razionalizzazione del ciclo dell'acqua (collettamento - depurazione - scarico) in paesi dell'area mediorientale (Turchia, Giordania, Libano e Palestina), con particolare attenzione alla gestione dei reflui di origine rurale e peri-urbana ed al loro riutilizzo in campo agronomico. Il progetto si sviluppa secondo una prima fase di "training", con corsi di formazione indirizzati al personale di gestione degli impianti ed a quello che dovrà svolgere in seguito funzione di istruttore, ed una seconda fase di realizzazione di 4 impianti pilota, da realizzare in Turchia, Palestina, Libano e Giordania. Nel 2004 è stata completata la fase di training e, inoltre, sono stati individuati i siti in cui verranno realizzati gli impianti pilota ed i relativi processi; tali impianti saranno realizzati nel 2005, espletate le modalità di gara.

7.6. *Tutela degli ecosistemi*

Nell'ambito di diversi progetti in corso sulla desertificazione è stato individuato un set di indicatori strutturati per la diagnosi e il monitoraggio dei fenomeni di desertificazione ed è stato realizzato un Repository-Visualizzatore-Analizzatore (RVA) per l'inserimento e la rappresentazione di tutti i dati GIS raccolti nelle diverse aree oggetto di studio. Sono stati sviluppati modelli per lo studio dei processi di desertificazione utili ad individuare interventi di mitigazione dei fenomeni di degrado, anche attraverso un approccio partecipativo dei cittadini, delle amministrazioni comunali e delle parti sociali nei comuni interessati dalla campagna sperimentale.

La stretta relazione tra tutela degli ecosistemi, desertificazione e agricoltura, orientata allo sviluppo sostenibile, ha consentito la realizzazione di uno spazio condiviso, che integra in un ambiente interattivo funzionalità e strumenti orientati allo sviluppo delle conoscenze e delle tecnologie di punta (agronomiche, fisiche, informatiche, ecc.), al loro trasferimento e alla valutazione degli effetti sul territorio, in grado di creare collegamenti tra mondo scientifico, imprese high-tech e amministrazioni locali. In questo ambito, è stata promossa una iniziativa di spin-off sulla tematica "processi innovativi per la tutela degli ecosistemi" utilizzando finanziamenti del MAP per progetti di creazione d'impresa.

7.7. *Disattivazione impianti nucleari e condizionamento rifiuti radioattivi*

Il problema dello smantellamento degli impianti nucleari in Italia e della sistemazione dei rifiuti radioattivi e delle materie nucleari ad essi associati, derivanti dalle pregresse attività in campo nucleare, ha acquisito negli ultimi anni, come è noto, una rilevanza particolare. Con vari interventi anche di carattere legislativo da parte dei ministeri e degli organismi competenti, sono state delineate, già da alcuni anni, le linee guida per affrontare il problema a livello nazionale, in modo da garantire una gestione unitaria e razionale, nel rispetto dei principi basilari di radioprotezione dell'uomo e dell'ambiente.

In particolare con il documento “Indirizzi strategici per la gestione degli esiti del nucleare in Italia” (1999), sono stati definiti gli obiettivi strategici principali, i margini temporali di intervento e l’assetto istituzionale. Successivamente, con il Decreto Interministeriale del 26.01.2000 “Individuazione degli oneri generali afferenti al sistema elettrico” sono state individuate e rese disponibili le risorse economiche necessarie per le attività.

Per l'amministrazione ed il controllo di tali risorse, sulla base delle indicazioni contenute nel decreto stesso, è stato quindi costituito uno specifico “Consorzio per lo Smantellamento degli Impianti del Ciclo del Combustibile Nucleare” (SICN), di cui facevano parte ENEA, SOGIN S.p.A. e FN S.p.A., con i seguenti compiti:

- programmazione, coordinamento e controllo di gestione di tutte le attività relative allo smantellamento degli impianti di produzione e di ricerca del ciclo del combustibile nucleare;
- individuazione, nel più breve tempo possibile, delle condizioni tecnico-economiche e giuridiche necessarie per il conferimento a SOGIN della gestione delle attività di smantellamento degli stessi impianti.

Nel marzo 2003, a seguito di vari eventi di rilevanza anche internazionale per gli aspetti di sicurezza associati alla presenza di impianti e materiali nucleari, è stata emanata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3267, recante “Disposizioni urgenti in relazione all'attività di smaltimento in condizioni di massima sicurezza, dei materiali radioattivi dislocati nelle centrali nucleari e nei siti di stoccaggio situati sul territorio nazionale, nell'ambito delle iniziative da assumere per la tutela dell'interesse essenziale della sicurezza dello Stato”.

In seguito a questa ordinanza, con successivi atti e determinazioni, veniva sciolto il SICN e veniva anticipatamente decretato il trasferimento a SOGIN S.p.A. delle licenze e delle autorizzazioni per la gestione delle attività di messa in sicurezza, smantellamento e bonifica relative agli impianti di produzione del combustibile nucleare e di ricerca del ciclo del combustibile nucleare di proprietà dell'ENEA.

Nel corso del 2004, pertanto, l'ENEA ha operato sia in linea con le linee strategiche nazionali, al fine di contribuire al raggiungimento dei macro-obiettivi finalizzati alla dismissione dei propri impianti, sia in linea con le direttive dell'OPCM 3267 riguardanti la cessione delle attività a SOGIN.

Gli obiettivi programmatici perseguiti nel corso del 2004 sono stati:

- caratterizzazione/trattamento dei rifiuti radioattivi pregressi e sistemazione delle materie nucleari;
- svolgimento di tutte le azioni di competenza necessarie per il passaggio delle attività a SOGIN, in accordo all'OPCM 3267.