

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

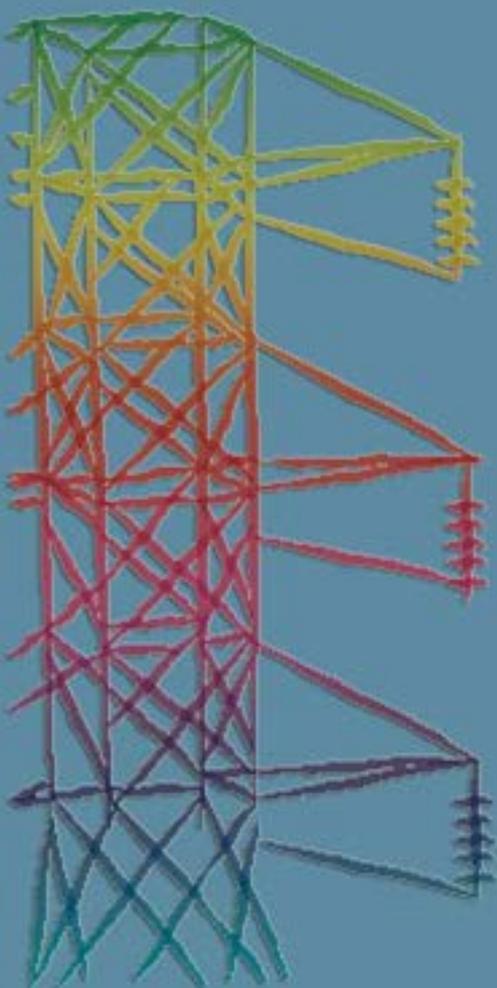


Ministero dello Sviluppo Economico

Accordo di Programma MSE/ENEA 2006-08

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Sintesi dei risultati del primo anno di attività



Aprile 2009

INDICE

AREA PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE

1.	CENSIMENTO POTENZIALE ENERGETICO NAZIONALE BIOMASSE	5
2.	CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE – RENDIMENTI	9
3.	CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE – RIDUZIONE COSTI	13
4.	NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE – STUDI E ACCORDI INTERNAZIONALI	17
5.	NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - REATTORI EVOLUTIVI	21
6.	NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - REATTORI INNOVATIVI	25
7.	NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - DEPOSITO RIFIUTI RADIOATTIVI	29
8.	COPRODUZIONE DI ELETTRICITÀ E IDROGENO	33
9.	CELLE A COMBUSTIBILE PER COGENERAZIONE	37

AREA USI FINALI

10.	CONDIZIONAMENTO E ILLUMINAZIONE PER RESIDENZIALE E TERZIARIO	41
11.	GOVERNANCE ED EFFICIENZA ENERGETICA	45
12.	PROMOZIONE TECNOLOGIE EFFICIENTI	49
13.	PROMOZIONE TECNOLOGIE ELETTRICHE INNOVATIVE	53

CENSIMENTO POTENZIALE ENERGETICO NAZIONALE BIOMASSE

Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse ed implementazione di una piattaforma software interattiva, operante in modalità WEB-GIS, da utilizzare come supporto alle decisioni per la scelta del tipo di impianti di produzione energetica da biomasse e loro localizzazione

Scenario di riferimento

Attualmente esistono in Italia studi e stime sulle potenzialità della biomassa nei piani energetici regionali e stime che presentano dei dati aggregati a livello nazionale; altri dati ancora si riferiscono a entità territoriali ristrette come province e comunità montane.

Queste stime utilizzano metodologie diverse e si riferiscono ad anni diversi, presentano un problema intrinseco di non comparabilità, hanno un formato di consultazione che spesso è di tipo testuale, a volte mancano di georeferenziazione e non presentano elementi di cartografia elettronica.

Il censimento del potenziale energetico delle biomasse rappresenta uno sforzo di standardizzazione metodologica sull'analisi delle varie tipologie di biomassa, e nello stesso tempo si avvale dei recenti sviluppi tecnologici per potenziare la sua efficacia informativa. Per raggiungere tale obiettivo viene utilizzato un GIS (Geographical Information System), software di estrema potenza e sofisticazione, ma interattivo e intuitivo, che consente agli utilizzatori finali, non necessariamente esperti di GIS, vari gradi di elaborazione e visualizzazione dei risultati.

Il GIS permette di gestire i database biomasse, elabora dati da telerilevamento satellitare, ormai sempre più usati nella diagnostica ambientale e

agroforestale, usa dati raster e vettoriali, importa i sempre più diffusi WMS (Web Map Server) come quelli del portale cartografico nazionale, consente all'utente di produrre mappe tematiche. In definitiva un censimento delle biomasse su piattaforma tecnologica WEB-GIS è uno strumento di analisi, supporto alle decisioni per la installazione e logistica degli impianti a biomassa e uno strumento di pianificazione e monitoraggio degli obiettivi Europei e nazionali di politica energetica.

Obiettivi

Nell'ambito di questo tema di ricerca sono stati definiti i seguenti obiettivi:

- rilievo nelle province italiane dei parametri di relazione fra prodotti agricoli e biomassa residuale associata, che sono variabili in funzione di cultivar, sesti di impianto, pedoclimatologia, tecnologie di trasformazione agroindustriale;
- stima della biomassa forestale accessibile e della produzione annua di arboricoltura da legno;
- stima della produttività delle colture erbacee da dedicare alla filiera energetica tenendo conto delle caratteristiche pedoclimatiche italiane;
- stima del potenziale delle biomasse fermenta-

bili, ovvero determinazione del biogas producibile dallo sfruttamento dei reflui di allevamento bovino e suino in stabulazione, della frazione organica dei rifiuti solidi urbani, degli scarti di macellazione;

- realizzazione di una piattaforma tecnologica in WEB-GIS in cui i dati raccolti, organizzati in geodatabase, sono visualizzabili e consultabili interattivamente; all'interno della piattaforma sono visibili i layer di strade, ferrovie, limiti amministrativi, idrografia, aree protette, immagini satellitari. L'utente finale produce mappe tematiche personalizzate e importa dati di WMS (Web Map Service) funzionali alle analisi e implementazioni di filiere bioenergetiche da biomassa locale.

biomassa agricola (paglie, patate, lolla di riso, gusci di frutta, vinacce e sanze), biomassa forestale (legno latifoglie, conifere, arboricoltura), colture energetiche (sorgo, miscanto, cardo, panico, arundo), biomasse fermentabili (biogas allevamenti, biogas da FORSU, biogas da scarti di macellazione).

Le analisi sono dettagliate a livello dei territori provinciali; i database sono visualizzabili in formato excel o interrogabili in modalità sql (standard query language).

I geodatabase biomasse sono collegati ai dati sorgente attraverso macro di acquisizione e controllo; il formato elettronico permette il calcolo dei dati di output attraverso algoritmi dedicati e consente l'aggiornamento automatico.

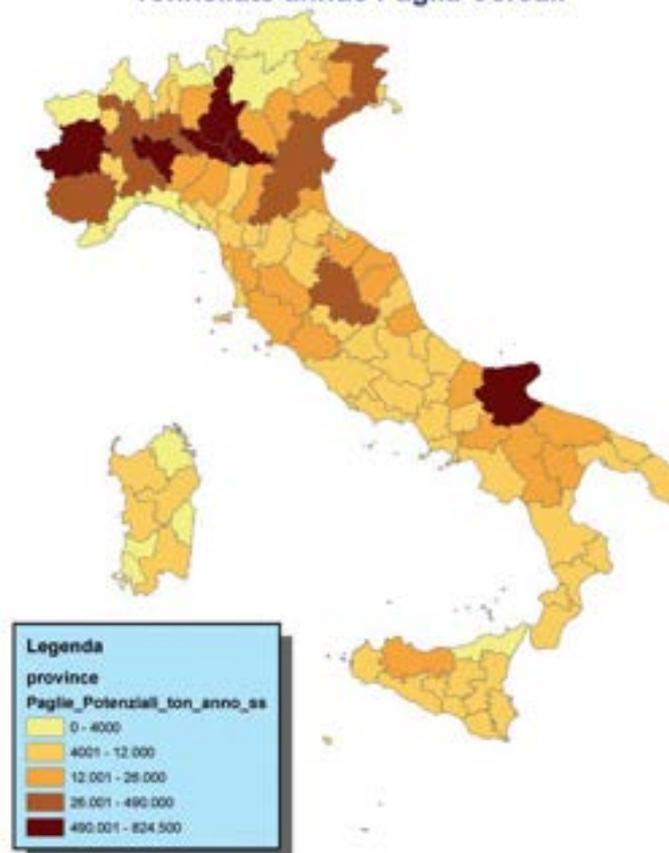
Risultati

Viste le competenze multidisciplinari richieste per la realizzazione del censimento e la realizzazione del portale WEB-GIS, hanno partecipato alla realizzazione del progetto: il Centro Ricerca sulle Biomasse dell'Università degli Studi di Perugia (CRB); il Centro interdipartimentale di Ricerca per le Energie Alternative e Rinnovabili (CREAR) dell'Università di Firenze; il Dipartimento di Economia e politica agraria dell'Università di Napoli Federico II; la Facoltà di Agraria dell'Istituto colture industriali dell'Università di Bologna; il Dipartimento ecologia forestale DISAFRI dell'Università della Tuscia di Viterbo; l'Associazione italiana biomasse (Itabia); il Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA); la Planetek (suite apollo erdas server, image connect digital globe). Ciascun gruppo di lavoro ha prodotto uno o più documenti, strumenti di calcolo, linee guida per la progettazione ecc.

Banche dati delle biomasse censite

Sono stati costruiti 7 geodatabase, relativi a:

Tonnellate annue Paglia Cereali



Mapa tematica del potenziale delle paglie nelle province italiane espresso in tonnellate di sostanza secca annua

Portale WEB-GIS per la consultazione interattiva dei dati

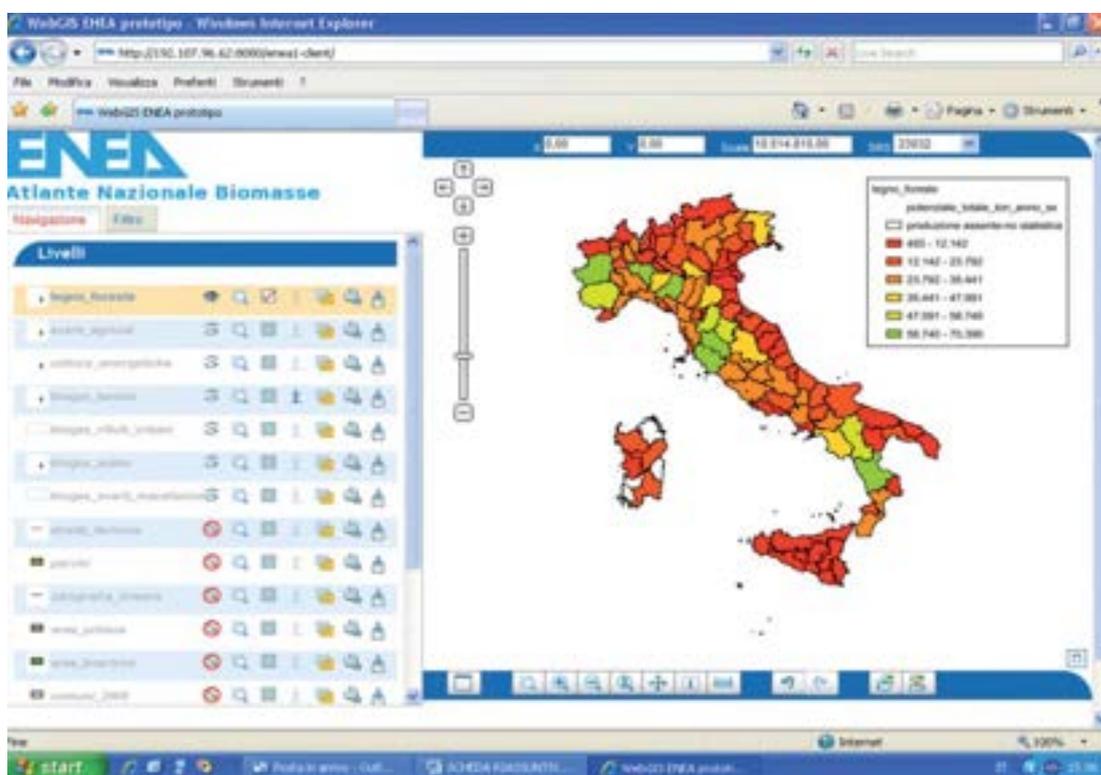
È stato realizzato un portale WEB in cui sono visualizzabili e scaricabili, in maniera interattiva e in modalità WEB-GIS, le informazioni (tavole e mappe tematiche) su potenzialità, distribuzione e tipologia di biomassa. L'utilizzo del portale è semplice e intuitivo e non richiede nessun applicativo speciale ma solo un normale browser internet (explorer, firefox).

Ma non ci si ferma alla pur utile visualizzazione provinciale delle potenzialità delle biomasse: l'utente avanzato può andare oltre le elaborazioni GIS già contenute dal sistema, e dal WEB-GIS può connettersi ad altri server GIS per scaricare layer informativi, immagini e tematismi che, sovrapposti alle informazioni già contenute, offrono una base dati più completa e danno quindi la possibilità di fare analisi territoriali sulle zone individuate dall'utente ben più complesse di quelle presenti per default nel sistema.

Aggiornamento e supporto alle decisioni

Sulla base della consapevolezza che le superfici agricole e forestali possono mutare negli anni, che sedi di impianto, tecnologie di raccolta, trasformazione agroindustriale e forestale possono cambiare le produzioni unitarie di biomassa residuale, si è fatto in modo che il supporto informativo WEB-GIS possa essere accessibile per aggiornamenti in remoto a gruppi di lavoro autorizzati. Esperti dei centri ENEA e degli istituti scientifici partner di progetto (approccio sistemico e multidisciplinare) potranno aggiornare, direttamente dalla propria sede, i contenuti del geodatabase e inserire nuovi servizi WMS.

Inoltre, essendo aggiornato, il WEB-GIS potrà essere usato come strumento di monitoraggio negli anni della implementazione in Italia delle filiere bioenergetiche, e potrà consentire la verifica del conseguimento in itinere degli obiettivi del position paper del MSE, del patto clima UE.



Interfaccia portale WEB-GIS Atlante Biomasse

Tabella riepilogativa del potenziale di biomassa annuale nelle Regioni d'Italia

REGIONI	Paglie (kton)	Potature (kton)	Sanse + Vinaccia (kton)	Legno Foreste (kton)	Biogas FORSU, reflui allevamenti, scarti macellazione (milioni di Nm ³)
Piemonte	2.478,63	110,21	48,47	256,57	337,87
Valle D'Aosta	0,20	1,70	0,30	1,09	12,16
Lombardia	3.616,85	40,01	16,98	242,13	723,31
Veneto	1.744,74	367,09	74,73	90,99	272,61
Trentino-Alto Adige	1,52	64,63	12,95	34,99	67,66
Friuli-Venezia Giulia	592,80	56,40	11,15	65,13	48,80
Liguria	4,23	19,36	5,38	96,47	43,91
Emilia-Romagna	1.556,55	398,46	62,62	236,54	318,05
Toscana	724,08	237,67	63,76	365,07	127,68
Marche	539,23	57,86	16,96	32,32	56,47
Lazio	436,80	247,85	56,70	112,33	229,43
Umbria	430,10	101,89	13,73	67,15	43,78
Abruzzo	229,23	290,35	54,99	60,13	55,05
Molise	163,45	31,48	29,04	43,75	18,83
Campania	316,88	286,58	65,85	119,83	260,19
Basilicata	452,10	49,96	11,58	65,28	35,95
Puglia	1.219,42	813,88	369,64	46,43	136,87
Calabria	212,11	1.012,21	189,92	153,80	85,23
Sicilia	731,97	597,92	186,35	25,58	210,50
Sardegna	260,00	120,90	28,78	65,01	122,43
TOTALE ITALIA	15.710,90	4.906,40	1.319,90	2.180,58	3.206,77

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE - RENDIMENTI

Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone. Sviluppo di un sistema di combustione di tipo "flameless" per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione di inquinanti e CO₂

Scenario di riferimento

Il carbone rappresenta oggi a livello internazionale un'alternativa concreta e sicura per la produzione di energia. Anche il nostro Paese si sta indirizzando verso un incremento nell'uso di tale fonte (oggi pari a un terzo della media Europea) attraverso un insieme di attività di ricerca e sviluppo di tecnologie pulite, in grado di aumentare l'efficienza di conversione e contenere i costi di investimento.

L'utilizzo tecnologicamente avanzato del carbone consente già oggi livelli di emissioni molto al di sotto dei limiti imposti. Per la riduzione delle emissioni di CO₂ si può intervenire attraverso l'incremento dell'efficienza e, ancor più significativamente, attraverso la sua separazione, cattura e successivo sequestro.

Le moderne tecnologie di impiego prevedono la combustione diretta del polverino di carbone in una caldaia per la produzione di vapore (impianti SuperCritici e UltraSuperCritici) oppure la gassificazione e combustione in turbogas del syngas prodotto in impianti IGCC (Integrated Gasification Combined Cycles). In entrambe i casi, per ridurre fortemente le emissioni di CO₂ occorre far ricorso a tecnologie CCS (Carbon Capture and Storage).

Obiettivi

Obiettivo finale dell'attività è lo sviluppo di un sistema per la combustione diretta del polverino di carbone due volte innovativo, in quanto realizza una combustione altamente controllabile, efficiente e a basse emissioni, di tipo "flameless", e si basa sulla ossi-combustione, che agevola la separazione e cattura della CO₂ per il successivo confinamento geologico.

Il nuovo sistema di combustione opera in pressione (5-10 bar) e offre una serie di vantaggi, che costituiscono gli obiettivi tecnologici e ingegneristici che si intende verificare e dimostrare:

- forte riduzione nei fumi di agenti inquinanti quali polveri, NO_x, metalli pesanti, e possibilità di impiegare combustibili "sporchi" come il carbone Sulcis;
- fusione massiva delle ceneri con produzione di scorie vetrificate inerti facilmente riciclabili;
- gas combusti costituiti prevalentemente da CO₂ e vapor d'acqua, con facilità di cattura e separazione della CO₂ e minori penalizzazioni economico-energetiche;
- rendimenti nella produzione di energia elettrica più elevati, dell'ordine del 37%, rispetto ai tradizionali cicli a vapore con sequestro della CO₂;
- dimensioni contenute dell'impianto;
- alimentazione del carbone con granulometrie grossolane.

Obiettivi a breve termine sono la messa a punto di metodologie di progettazione che consentano di applicare i risultati ottenuti su di un impianto pilota al dimensionamento di impianti di potenza con taglie di interesse industriale (criteri di scalatura), e lo sviluppo di strumenti, numerici e sperimentali, per l'analisi e il controllo di processo. L'attività ha durata complessiva di tre anni e prende a riferimento il reattore ISOTHERM-PWR di ITEA-SOFINTER, reattore pressurizzato operante una combustione di slurry di acqua e carbone in ossigeno.



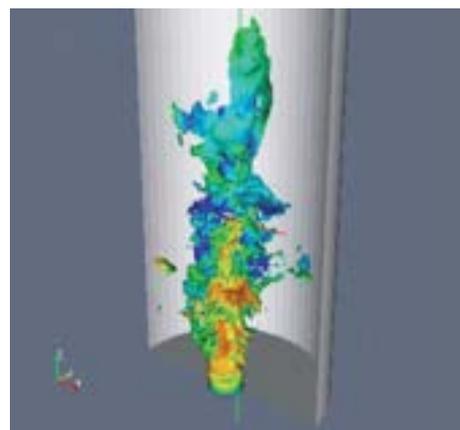
Reattore ISOTHERM-PWR di ITEA-SOFINTER

Risultati

Sviluppo di criteri di scalatura tramite codici di simulazione termofluidodinamica

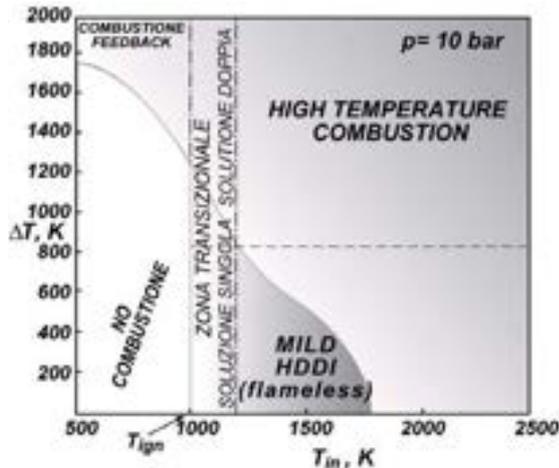
L'ENEA, in collaborazione con Sotacarbo, ha condotto simulazioni CFD (Computational Fluid Dynamic) della termofluidodinamica e chimica del sistema di ossi-combustione, per valutare gli effetti delle principali variabili (granulometria, portata di ricircolo gas combusto, contenuto di acqua nello slurry, temperatura gas ricircolo). Lo studio è volto alla verifica delle condizioni che determinano l'instaurarsi del regime di combustione "flameless" sia per carboni commerciali che per carbone Sulcis, con tenore di zolfo pari al 6-7%. Per meglio cogliere gli aspetti dinamici connessi alla stabilità di combustione, è stata

inoltre analizzata l'interazione dinamica fase solida-fase gassosa nella zona di reazione mediante modelli di simulazione avanzata LES (Large Eddy Simulation) integrati nel codice proprietario HeaRT®-ENEA. In particolare è stato individuato e analizzato un modello matematico adatto a descrivere processi di combustione di polverino di carbone, poi implementato all'interno del codice HeaRT®.



Superfici isolivello di velocità delle fase solida

I fenomeni turbolenti hanno influenza sui processi reattivi; per cogliere tali aspetti, è in fase di sviluppo, in collaborazione con il Politecnico di Milano, un modello in grado di riprodurre la dispersione di un getto di particelle dovuta all'interazione con il flusso del fluido circostante. Lo studio delle condizioni di combustione determinate dal forte ricircolo di gas esausti ha richiesto l'individuazione di diversi regimi ossidativi. Tale attività è stata svolta dall'Università di Napoli. In presenza di elevati livelli di ricircolo, il sistema risulta caratterizzato da una distribuzione di temperatura e di specie differente da quelle che si verificano in condizioni di combustione standard. L'analisi delle strutture ossidative di interesse è stata effettuata al variare della temperatura, della concentrazione di ossigeno, della velocità del flusso e della pressione. Nel diagramma seguente è possibile individuare la regione di combustione "flameless" alla pressione di esercizio di 10 bar. Altro aspetto fondamentale riguarda lo sviluppo di una modellistica più avanzata della cinetica di



Regimi di combustione al variare della temperatura di ingresso dell'ossidante (T_{in}) e del massimo incremento di temperatura ottenibile (ΔT , funzione della frazione ossidante)

volatilizzazione e ossidazione del carbone, che tenga conto della particolare natura del carbone Sulcis, ricco di zolfo. Il Politecnico di Milano ha sviluppato un modello predittivo basato sulla sola analisi elementare del carbone. Nota la composizione dettagliata in termini di composti dello zolfo, sono state sviluppate delle semplici correlazioni per individuare la percentuale delle varie componenti solforate. Sulla scorta di questa composizione iniziale è stato proposto un modello di sei reazioni, che descrive il rilascio di zolfo sotto forma di H_2S , zolfo nel tar e infine zolfo residuo nel char. Il modello sviluppato richiede affinamento e convalida su dati sperimentali che saranno ricavati da Sotacarbo. È previsto lo studio del processo di ossidazione dello zolfo da H_2S in SO_2 per analizzare l'insorgenza di potenziali fenomeni corrosivi.

Al fine di determinare i dati sperimentali indispensabili all'attività di modellazione condotta da ENEA e Politecnico di Milano, Sotacarbo ha realizzato un laboratorio per la caratterizzazione chimico-fisica dei carboni.

Riguardo la pulizia dei prodotti di combustione, sono stati considerati sistemi per la rimozione del particolato (cicloni e multicicloni, precipitatori elettrostatici, filtri ceramici a candela, filtri

ceramici "cross-flow", filtri a letto granulare) e sistemi di desolforazione (processi a umido, semi-secco e rigenerabili). Particolare menzione merita il processo SNOX sviluppato dalla Haldor Topsoe. Tale sistema rimuove i composti dello zolfo sotto forma di acido solforico, e la sua applicazione è favorita dalla temperatura dei gas (circa 400 °C) e dalla pressione di esercizio del loop dimostrativo.

Prove sperimentali

Sono state condotte campagne di prova sull'impianto pilota da 5 MWt ISOTHERM, presso SOFINTER (Gioia del Colle), per la caratterizzazione delle emissioni (ENEA) e del particolato solido (ENEA e Università di Napoli). Tali prove risultano preliminari perché condotte con carboni convenzionali, non Sulcis. I risultati ottenuti in termini di inquinanti sono lusinghieri (valori di un ordine di grandezza inferiori ai limiti imposti). Riguardo il particolato solido, l'Università di Napoli, in collaborazione con ENEA, ha messo in opera un sistema integrato per la caratterizzazione dimensionale (da 1 nm a 10 μm) e la successiva speciazione chimica. La caratterizzazione è stata effettuata in diverse condizioni operative nel reattore ISOTHERM, utilizzando carboni di differenti caratteristiche chimico-fisiche. L'analisi ai raggi X del materiale raccolto mostra una forte dipendenza dalla composizione chimica del combustibile alimentato, oltre alla presenza di elementi tipici del materiale costruttivo dell'impianto. Bassa è la concentrazione di carbonio nel particolato con dimensioni superiori a 0,4 μm .

Sviluppo e test di sistemi diagnostici avanzati

È stato messo a punto e brevettato da ENEA un dispositivo di misura non invasivo, basato su tecnologia ODC (Optical Diagnostic of Combustion) che consente misure di stabilità di combustione, velocità (medie e dinamiche), fluttuazioni di

temperatura. Il dispositivo è stato ingegnerizzato per applicazioni industriali, quali quelle del reattore ISOTHERM, ove l'accesso alla zona reagente deve essere miniaturizzato e reso passivo alle alte temperature, grazie al ricorso a una sonda in monocristallo di zaffiro.

La prima campagna di misure ha avuto come obiettivo l'individuazione di "indicatori sintetici" utili alla caratterizzazione dinamica del processo, all'ottimizzazione e al controllo. Dai riscontri ottenuti si evince la sostanziale stazionarietà del processo (andamento tipico della combustione flameless). Le variazioni di contenuto di ossigeno, portata combustibile e quantità di prodotti di combustione riciccolanti, mostrano andamenti coerenti degli indicatori suddetti, anche in transitori operazionali.

Analisi preliminare di cicli termodinamici e configurazione di impianto

Sono state effettuate simulazioni utili alla progettazione del circuito dimostrativo finale, con collegamento ad una caldaia di tipo UltraSuper-Critico ad elevato rendimento, e successiva sottrazione della CO₂. Sono state valutate possibili alternative di ciclo, attraverso simulazioni con codici Ipe PRO e CHEMCAD. Un'applicazione di particolare interesse riguarda l'utilizzo del sistema a ossi-combustione come sistema di "internal heating" in un ciclo operante sul vapore a bassa pressione di un ciclo UltraSuperCritico. Il sistema prevede l'integrazione di un ciclo Rankine classico, con un surriscaldatore aggiuntivo del vapore di bassa pressione, ove l'apporto entalpico avviene attraverso la combustione all'interno del flusso di vapore. Il vapore surriscaldato fino a temperature di 1.500 K espande in una macchina simile ad un turbogas. Il ciclo comporta un notevole aumento di rendimento, che l'estrazione della CO₂ prodotta dopo condensazione riduce solo di alcuni punti;

tecnologie avanzate di raffreddamento delle palette della macchina consentono una Turbine Inlet Temperature superiore allo standard attuale delle turbine a gas (1.800 K contro i 1.500 K classici). Il sistema è idoneo al retrofit di impianti esistenti senza implicare produzione aggiuntiva di inquinanti.

Riguardo apparati specifici del sistema, critico è il pompaggio stabile dello slurry. L'ENEA ha sviluppato una pompa volumetrica a pistoni ad alto rendimento, con pulsatilità contenuta (entro il 3% del valore della portata) che non richiede ulteriori componenti smorzatori, e può trattare fluidi particolari quali slurry di carbone con granulometria grossolana. È stata realizzata una pompa prototipo da 700 l/h, prevalenza 25 bar, caratterizzata da un particolare profilo di moto dei pistoni. La pompa è stata testata con successo, con slurry, presso i laboratori ENEA, e se ne prevede il prossimo trasferimento sull'impianto ISOTHERM, per prove di caratterizzazione finali.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE - RIDUZIONE COSTI

Tecnologie innovative che consentono una riduzione dei costi di investimento delle centrali a polverino di carbone. Sviluppo di tecnologie di impiego del polverino di carbone a differenti granulometrie con cattura e sequestro della CO₂

Scenario di riferimento

Nell'attuale quadro energetico internazionale assumono particolare rilevanza le politiche e le iniziative volte alla messa a punto di tecnologie pulite del carbone che consentano da un lato una maggiore differenziazione delle fonti energetiche, dall'altro la produzione di idrogeno ed energia elettrica, rendendo percorribile la strada verso un'economia basata su questi due vettori energetici. Le tecnologie per l'utilizzo del carbone in sistemi energetici che prevedono la cattura e lo stoccaggio della CO₂ sono attualmente oggetto di un rilevante numero di iniziative, a livello internazionale, volte alla realizzazione di impianti dimostrativi. I programmi di ricerca e sviluppo iniziano a dare buoni risultati e molte delle tecnologie necessarie per la cattura e il sequestro risultano essere disponibili per le attività di ottimizzazione e scale-up. La Commissione Europea ritiene che in condizioni di mercato chiare e ambiziose in termini di emissioni di carbonio, si potranno rendere accessibili queste tecnologie entro il 2020. Ciò richiederà coraggiosi investimenti industriali sia per una serie di impianti dimostrativi sia per le necessarie attività di R&S. L'integrazione di tali tecnologie con quelle applicate per ridurre le emissioni di inquinanti e incrementare l'efficienza energetica avvierà la fase di dimostrazione industriale di produzione di elettricità da carbone con costi ridotti ed emissioni di CO₂ prossime allo zero.

Le attività di ricerca in questo settore, forti della

collocazione territoriale nell'ambito del bacino minerario del Sulcis, dove hanno sede e impianti la società SOTACARBO, partecipata ENEA, detentrica della piattaforma sperimentale di gassificazione del carbone, e la Carbosulcis, società concessionaria dell'area del bacino minerario, sono focalizzate sulle tecnologie per gli impianti integrati di gassificazione del carbone con cattura e stoccaggio definitivo dell'anidride carbonica e utilizzano gli impianti esistenti presso l'area sperimentale SOTACARBO, sviluppando ulteriormente strutture, impianti e laboratori.

Obiettivi

Gli obiettivi riguardano sviluppo, sperimentazione e dimostrazione di sistemi e componenti avanzati per un unico impianto di generazione elettrica da carbone, cattura e sequestro della CO₂ in bacini carboniferi profondi, con miglioramento delle efficienze e riduzione dei costi di investimento e gestione.

Le ricerche sul processo di gassificazione del carbone puntano a promuovere tale combustibile anche per la contemporanea produzione di idrogeno.

Nel breve termine le attività teoriche e sperimentali riguardano il miglioramento dei processi di produzione di syngas mediante gassificazione di carbone a varie granulometrie per produzione di energia elettrica attraverso l'approfondimento di aspetti relativi a gassificazione con CO₂ come

agente gassificante, desolforazione a caldo del syngas da carbone e confinamento della CO₂ con tecniche ECBM.

Risultati

Sono stati sviluppati i processi di produzione e di desolforazione a caldo di syngas da carbone col risultato di incrementare notevolmente le prestazioni di impianti commerciali di piccola-media taglia, cui la piattaforma pilota SOTACARBO si riferisce, con una riduzione dei costi di investimento e di gestione. Parte di tali attività è stata effettuata sulla piattaforma pilota SOTACARBO opportunamente adeguata dal punto di vista impiantistico. Sono stati altresì messi a punto alcuni degli strumenti necessari per la realizzazione dei modelli delle sezioni di gassificazione e desolforazione dell'impianto, che ne rappresentano il funzionamento nelle diverse condizioni. Anche sul tema ECBM sono stati condotti diversi studi a partire dall'analisi dello stato dell'arte, fino alla valutazione della capacità di CO₂ potenzialmente stoccabile e allo studio di fattibilità per l'applicazione di queste tecnologie all'area del bacino minerario del Sulcis. Sono state condotte diverse prove di caratterizzazione dei carboni e di desolforazione a caldo e prove sul processo di gassificazione con CO₂, sia presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia sia presso la piattaforma pilota del Centro Ricerche SOTACARBO.

Valutazione del processo di gassificazione con miscele di ossigeno e CO₂

Sono stati elaborati diversi modelli di gassificazione e combustione del carbone con l'utilizzo di CO₂ come agente gassificante e ricircolo dei prodotti, con codicistica commerciale sia CFD che di analisi termodinamica. Sulla base dell'analisi del processo di gassificazione con CO₂ sono anche state progettate e realizzate le opere di adeguamento degli impianti preesistenti.

*ENEA/SOTACARBO
Piattaforma pilota
per la produzione
di energia elettrica
e idrogeno da
carbone*



Sperimentazione del processo di gassificazione con miscele di ossigeno e CO₂

Una prima fase ha riguardato lo sviluppo di modelli e simulazioni numeriche del processo di gassificazione che utilizza miscele di ossigeno e CO₂; con diversi codici sono state effettuate analisi di sensibilità sulla variazione dei parametri principali, quali portate, temperature e composizione dei flussi principali, utili alla valutazione del processo. La seconda fase ha riguardato lo sviluppo di attività sperimentali sugli impianti di gassificazione con prove e test relativi a diverse condizioni di funzionamento, tesi ad acquisire competenze sul processo in oggetto e a ricavare una prima serie di dati necessari alla validazione e tuning dei modelli. Sono stati inoltre svolti test di screening su diversi tipi di catalizzatori utilizzati



Gassificatore up-draft: particolare scarico ceneri

per la reazione di WGS (Water-Gas Shift). È stata effettuata la caratterizzazione di diversi carboni sia per alimentazione a secco che in miscela con acqua (slurry). In particolare su queste miscele sono state svolte analisi e sperimentazioni in laboratorio volte a caratterizzarne i principali parametri fisico-chimici per l'applicazione in sistemi di alimentazione in pressione.



Dettaglio separatori CO₂

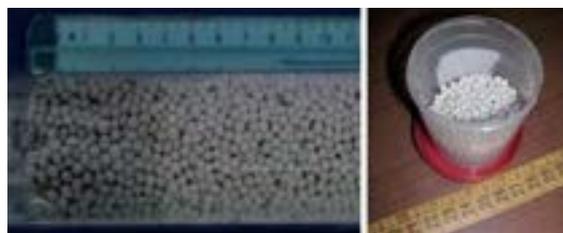
Analisi comparativa di diversi sorbenti nel processo di desolforazione a caldo

Sono stati sviluppati modelli teorici e simulazioni numeriche relative al processo di desolforazione del gas di sintesi, effettuata a temperature dell'ordine dei 300-500 °C con l'utilizzo di sorbenti solidi a base di ossidi metallici (ZnO), con analisi delle fasi di assorbimento e rigenerazione. A questi primi risultati ha fatto seguito l'attività di progettazione di un reattore di prova in scala da laboratorio.

Sperimentazione di diversi sorbenti nel processo di desolforazione a caldo

Sono stati predisposti modelli descrittivi dei fenomeni ed effettuate sperimentazioni in scala da laboratorio di processi di desolforazione a caldo. È stato realizzato un reattore di prova con l'esecuzione di una prima campagna di sperimentazione dei processi di assorbimento a caldo di prodotti

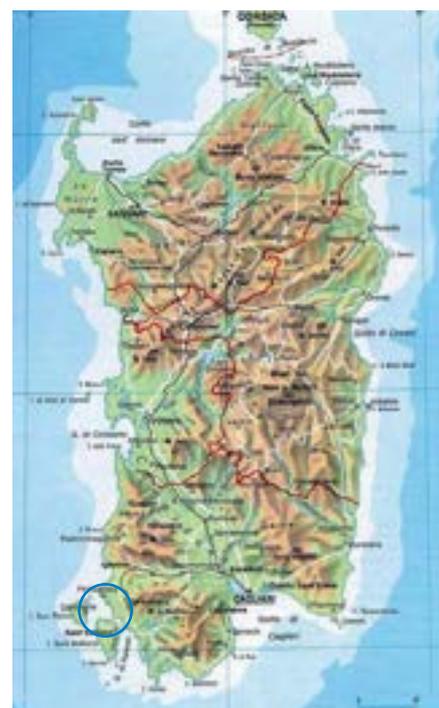
derivati dallo zolfo su sorbenti a base di ossidi metallici (ossidi di zinco). È stata eseguita un'attività di screening di diversi sorbenti commerciali con analisi di laboratorio sulle caratteristiche strutturali e su quelle di reattività su campioni tal quale ed esausti.



Sorbenti per la desolforazione a caldo a base di ossidi metallici

Studio preliminare per l'applicazione di tecniche ECBM nel bacino minerario del Sulcis

Sono state effettuate valutazioni preliminari per la selezione del sito idoneo all'applicazione delle tecniche ECBM nell'area del bacino carbonifero del Sulcis, individuando le principali sorgenti antropiche di CO₂ utili per lo sviluppo del progetto ed effettuando delle attività di campionamento e primo screening geologico dei siti. Sono stati approntati dei modelli di assorbimento della CO₂ e desorbimento del metano su substrati uniformi costituiti da matrici carbonifere.

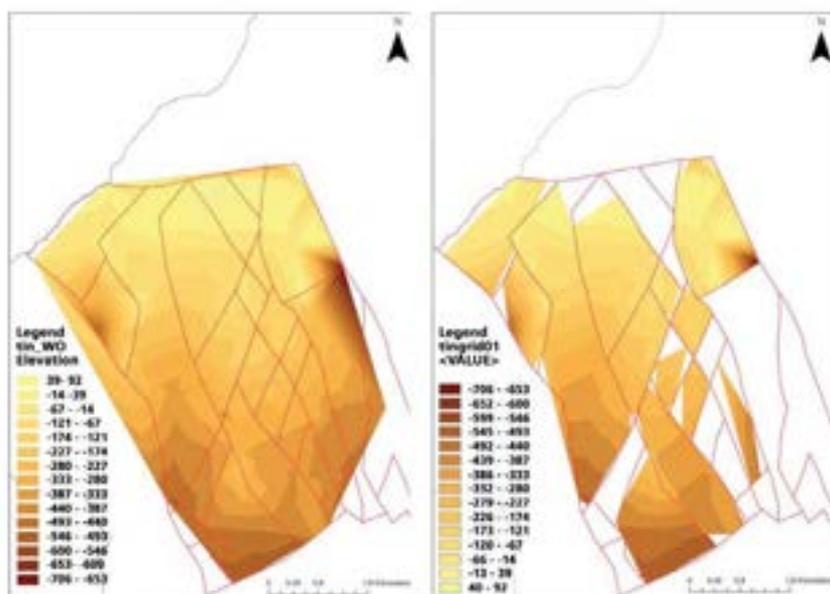


Area geografica del Sulcis (Sardegna/SW)

Progettazione di massima di Test Site a tecnologia ECBM

Sono state progettate modifiche della piattaforma pilota SOTACARBO per l'inserimento di una linea di cattura e trattamento della CO₂ su scala industriale. Sono stati condotti studi preliminari

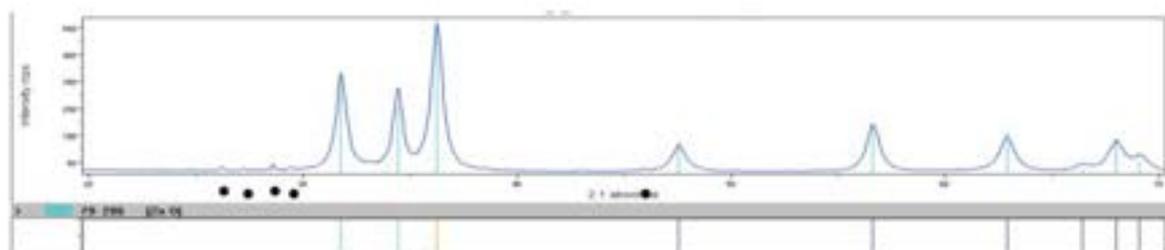
per l'applicazione delle tecnologie ECBM al bacino del Sulcis ed è stato predisposto un sistema di valutazione dei siti idonei allo stoccaggio tramite l'analisi di dati georeferenziati. È stato inoltre predisposto un modello descrittivo dei fenomeni di assorbimento della CO₂ e desorbimento del metano in strati carboniferi profondi.



Mappatura dati georeferenziati

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.



Diffratogramma di raggi X di un campione di sorbente utilizzato per la desolfurazione

NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - STUDI E ACCORDI INTERNAZIONALI

Studi sul nuovo nucleare, partecipazioni e accordi internazionali/bilaterali, supporto alle Istituzioni

Scenario di riferimento

Per lo sviluppo delle attività di ricerca nel settore del nuovo nucleare da fissione è richiesta un'analisi preventiva della situazione nazionale ed internazionale. In particolare, sono necessarie una ricognizione e una valutazione delle varie iniziative e accordi di collaborazione internazionali in corso nel campo dei sistemi nucleari innovativi e dei relativi cicli del combustibile avanzati, nonché studi di inquadramento internazionale su cui innestare un programma nazionale volto alla riapertura dell'opzione nucleare in Italia. In questo contesto è altresì opportuno effettuare analisi costo-benefici sia in funzione della domanda energetica interna, in relazione alla situazione internazionale, sia in funzione delle varie possibilità di produzione dell'energia nucleare, in relazione alle tecnologie già disponibili o in fase di sviluppo. Altri aspetti da valutare sono quelli relativi al "siting and commissioning", al ciclo del combustibile, ai rifiuti radioattivi prodotti, all'accettabilità da parte dell'opinione pubblica, alla capacità di valutare i vari sistemi dal punto di vista della loro resistenza alla proliferazione ecc. Lo sviluppo di tali studi richiede una partecipazione attiva ai comitati e gruppi di lavoro internazionali (e.g.: EURATOM, OECD-NEA, IAEA, INPRO, Generation IV International Forum-GIF, Global Nuclear Energy Partnership-GNEP ecc.) e alle iniziative nazionali ed internazionali in materia di:

- definizione dei programmi di ricerca comunitari sinergici con i programmi nazionali;

- sicurezza, protezione fisica e salvaguardie nucleari;
- produzione di normativa tecnica ecc.

Lo sviluppo di dette attività richiede il contributo di diverse competenze, sia tecnico-scientifiche, appartenenti al settore della Ricerca e dell'Industria (Enti, Università e Industrie), sia politico-amministrative, appartenenti al settore Istituzionale (Ministeri, Autorità di Controllo ecc.). L'ENEA, riferimento per il Paese in tema di R&S sul nucleare da fissione, deve farsi carico dell'integrazione fra le varie competenze e soggetti coinvolti ed assicurare, nel contempo, la funzione di Advisor verso le Istituzioni ed i Ministeri che richiedono supporto nella definizione della policy nazionale nel campo dell'energia nucleare.

Obiettivi

I temi individuati per la prima annualità, ma destinati ad essere trattati e sviluppati anche negli anni successivi, riguardano:

- ricognizione/valutazione iniziative ed accordi internazionali;
- studi di scenario;
- applicazione di metodologie per valutare la resistenza alla proliferazione e la protezione fisica dei sistemi innovativi;
- costo del kWh nucleare e studi economici su reattori di media/piccola taglia;

- metodologie per la separazione dei rifiuti al fine di consentire la loro minimizzazione;
- partecipazione a comitati internazionali (NEA, IAEA, EURATOM ecc.);
- supporto al Ministero dello Sviluppo Economico per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti ed accordi internazionali.

Risultati

Nel corso del primo anno, intensa è stata la partecipazione ai comitati internazionali; è stata, inoltre, condotta un'approfondita analisi delle più importanti iniziative. Le tematiche riguardanti gli studi di scenario, il controllo della proliferazione e gli studi economici sono state affrontate nell'ottica di porre le basi per le attività di maggior dettaglio che dovranno essere svolte negli anni successivi.

Ricognizione/valutazione delle iniziative e degli accordi internazionali

L'ENEA partecipa ai programmi internazionali di ricerca e sviluppo sul nuovo nucleare da fissione e ciò consente di effettuare approfondite ricognizioni e valutazioni tecnico-economiche delle varie iniziative e collaborazioni internazionali in corso o in via di definizione (GEN-IV, GNEP, INPRO, SNETP ecc.).

La pubblicazione ENEA "Nucleare da fissione: stato e prospettive" (a cura di S. Monti, con contributi di P. Agostini, F. De Rosa, G. Gualdrini, A. Lantieri, A. Luce, S. Migliori, F. Padoani, R. Tinti, F. Troiani, F. Vetraino, collana "Focus: Sviluppo Sostenibile 2008") raccoglie gli elementi fondamentali dell'attività svolta.

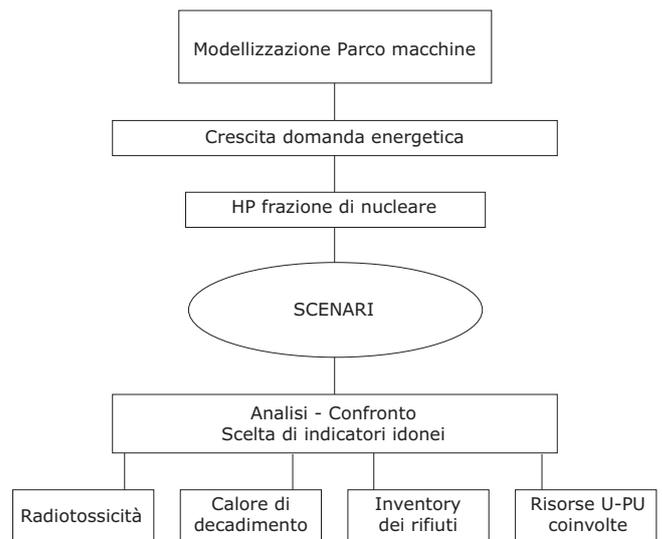


Studi di scenario

Nell'ambito della partecipazione all'Expert Group "Fuel Cycles Transition Scenarios Studies - FCTS" del Working Party on Scientific Issues of the Fuel Cycle della NEA e della collaborazione ENEA - CEA, sono stati eseguiti studi di benchmarking (con il codice di scenario francese COSI6) riferendosi a scenari europei e nazionali. Ciò ha consentito di mettere a punto il metodo con cui sono stati analizzati 3 scenari di transizione:

1. ciclo aperto per un parco reattori di tipo PWR
2. "monoriciclo" del Pu per un parco reattori di tipo PWR
3. "monoriciclo" del Pu per un parco reattori di tipo PWR con successivo impiego di reattori veloci di quarta generazione in grado di riciclare Pu ed attinidi minori.

Il lavoro svolto da CIRTEN ha consentito di individuare la metodologia più idonea da adottare per le analisi di scenario. Il modello semplificato utilizzato si riferisce al Belgio, ma la metodologia messa a punto sarà utilizzata per analizzare uno scenario nazionale.



Schema a blocchi semplificato della metodologia adottata da CIRTEN nelle analisi di scenario

Applicazione di metodologie per valutare la resistenza alla proliferazione e la protezione fisica dei sistemi innovativi

La valutazione della resistenza alla proliferazione avviene attraverso le metodologie internazionali INPRO e quella sviluppata nel Proliferation Resistance & Physical Protection (PR&PP) Working Group di GIF. Sono state indagate le due linee di attività su cui è attualmente impegnato il gruppo PR&PP: la finalizzazione di un caso studio su un ipotetico sistema innovativo per testare la metodologia e la futura applicazione di questa a sistemi di quarta generazione. Il sistema utilizzato come caso studio è un ipotetico reattore veloce raffreddato a sodio (ESFR – European Sodium Fast Reactor) assieme ad una porzione di ciclo del combustibile. La resistenza alla proliferazione è stata valutata a fronte di quattro scenari: diversione, uso improprio degli impianti e processi, furto di materiale e dichiarata volontà di uno Stato di dotarsi di armi nucleari. Sono state considerate varie configurazioni del nocciolo dell'ESFR per valutare la sensibilità della metodologia.

La metodologia, una volta dimostratasi affidabile e robusta, potrà rappresentare per i progettisti dei vari sistemi di quarta generazione un efficace tool che permetterà di inserire, già nelle primissime fasi di progetto, elementi volti ad aumentare le caratteristiche di non proliferazione nel modo più efficiente e meno costoso. Per facilitare questo processo, si sono costituiti recentemente dei team tra i membri del gruppo di lavoro PR&PP e degli steering committees dei vari sistemi: il primo compito sarà la caratterizzazione dei sistemi in termini di non proliferazione e protezione fisica. L'ENEA fa parte del team che si occupa del Lead Fast Reactor.

Costo del kWh nucleare e studi economici su reattori di media/piccola taglia

Il lavoro congiunto ENEA – CIRTEN ha consentito di mettere a punto un primo strumento di analisi,

che include tanto una mass flow analysis, quanto una stima delle grandezze economico-finanziarie, relativo a diversi scenari di deployment di un parco di generazione di energia nucleare nel nostro Paese. Per ogni scenario è stato stimato il profilo temporale del fabbisogno dei materiali critici e del fabbisogno finanziario per coprire l'investimento. Questo lavoro di analisi offre un metodo di confronto di due categorie di reattori: il procedimento di analisi considera dapprima scenari ipotizzanti unicamente la tipologia EPR, poi casi comprendenti un mix di reattori EPR e moduli IRIS.

L'analisi evidenzia come i consumi di uranio naturale e zirconio, entrambi legati alla fabbricazione di combustibile nucleare, aumentino quando reattori di tipologia IRIS vengano inclusi in un parco-reattori nazionale, rispetto all'utilizzo di soli reattori di grande taglia come l'EPR. Allo stesso modo, il maggiore fabbisogno specifico di acciaio di IRIS comporta una richiesta maggiore di questo elemento strutturale nel periodo di commissioning di un parco-reattori misto. Al contrario, il fabbisogno di rame, presente solamente nella tipologia EPR, si riduce quando alcuni EPR nel parco-reattori vengano sostituiti da moduli IRIS.

A livello economico, gli scenari misti appaiono penalizzati da un costo specifico (\$/kWe) maggiore per IRIS rispetto all'EPR, peraltro legato alla perdita di economie di scala nei costi overnight di costruzione. Gli scenari misti registrano un investimento totale maggiore degli scenari relativi a soli EPR. Tuttavia, occorre ricordare che l'analisi offerta dal codice DESAE non può considerare i vantaggi legati alla flessibilità intrinseca degli investimenti modulari tipici di IRIS. Maggiore è il numero di unità-reattore, maggiore è il grado di modularità dell'investimento, con la possibilità di differire o arrestare la costruzione dei moduli-reattore nel caso di condizioni sfavorevoli. In un investimento modulare il capitale-medio a rischio è minore. Queste considerazioni devono far parte di un'analisi economico-finanziaria, insieme a considerazioni sulla redditività e sull'efficienza

della struttura di costo, espressa per esempio dal costo unitario di generazione (LUEC).

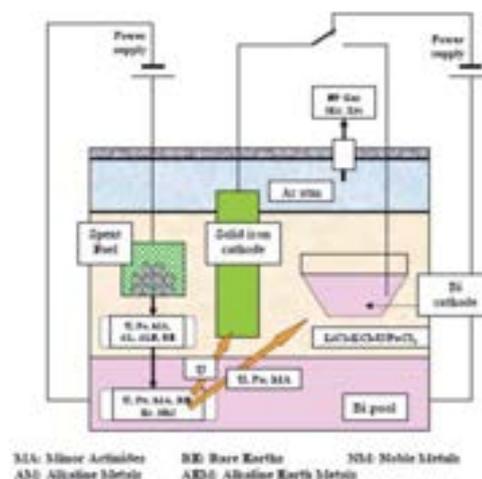
Ad integrazione di questo lavoro, il CIRTEN ha messo a punto un modello per l'analisi degli schemi di investimento per il deployment di reattori nucleari. Il modello realizzato risulta utile per la comparazione tra reattori di piccola-media taglia (SMRs) e reattori di grossa taglia e permette di simulare la profitability differenziale degli SMRs in riferimento a varie condizioni sia del mercato che di tipo operativo.

Metodologie per la separazione dei rifiuti al fine di consentire la loro minimizzazione

Utilizzando un impianto di elettrorefinazione costruito nell'ambito di progetti comunitari di ricerca e sviluppo sulla separazione e recupero degli attinidi minori dal combustibile, sono state condotte alcune campagne sperimentali che hanno riguardato i meccanismi che regolano il trasferimento delle terre rare da un bagno di bismuto fuso operante come anodo al catodo solido immerso in bagno di sale, dal quale possono essere successivamente separati. La finalità era quella di ripulire il metallo fuso. I risultati delle campagne sperimentali hanno dimostrato che è possibile rimuovere la maggior parte dei metalli inquinanti simulanti gli attinidi minori.

Partecipazione a comitati internazionali

L'ENEA ha svolto il ruolo istituzionale di "focal point" e di "Advisor" sul tema essendo presente nei principali comitati ed organizzazioni che si occupano di energia nucleare sia a livello nazionale che internazionale (NEA-Nuclear Energy Agency, IAEA-International Atomic Energy Agency, European Sustainable Nuclear Energy Technology Platform-SNETP ecc.). In particolare ENEA ha assicurato la presenza di rappresentanti ed esperti italiani nella quasi totalità degli Standing Commit-



Disegno schematico di un impianto di elettrorefinazione

tees della NEA (NSC-Nuclear Science Committee; NDC-Committee for Technical and Economic Studies on Nuclear Energy Development and the Fuel Cycle; CSNI-Committee on the Safety of Nuclear Installations; RWMC-Radioactive Waste Management Committee; CRPPH-Committee on Radiation Protection and Public Health, NLC-Nuclear Law Committee) oltre che esprimere un rappresentante nazionale nello Steering Committee ed in un numero elevato di Technical Working Groups (TWG) permanenti dell'IAEA.

Ricercatori ENEA sono anche presenti come rappresentanti italiani e/o esperti per "G8 Nuclear Safety and Security Group", "Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT) Radionuclide Expert Group", Proliferation Resistance & Physical Protection (PR&PP) di GIF, European Security Research and Innovation Forum (ESRIF).

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - REATTORI EVOLUTIVI

Partecipazione al programma internazionale IRIS e studi sulle opzioni tecnologiche dei sistemi International Near Term Deployment

Scenario di riferimento

I reattori evolutivi sono caratterizzati, rispetto agli attuali sistemi, da: maggiore standardizzazione e semplificazione del progetto, minor vulnerabilità ai malfunzionamenti operativi, vita più lunga, riduzione del rischio di fusione del nocciolo, miglior sfruttamento del combustibile e riduzione del volume di rifiuti ad alta radioattività. IRIS appartiene alla classe di reattori evolutivi di cui si prevede la messa in commercio entro i prossimi 10-15 anni (sistemi INDT – International Near Term Deployment) ed è sviluppato da un ampio consorzio internazionale guidato da Westinghouse, con 20 partners (università, industrie, enti di ricerca e utility) di 10 paesi (USA, Brasile, Croazia, Giappone, Italia, Messico, Spagna, Regno Unito, Lituania ed Estonia). È un reattore pressurizzato modulare da 335 MWe che ospita all'interno del vessel reattore i componenti del circuito primario: generatori di vapore, pompe, pressurizzatore e meccanismi di azionamento delle barre di controllo. La maggior sicurezza è dovuta all'eliminazione delle grandi tubazioni del circuito primario (l'88% degli incidenti di classe IV viene eliminata all'origine: safety-by-design™) e, soprattutto, al mantenimento dell'equilibrio tra le pressioni del sistema primario e del sistema di contenimento, che interrompe la perdita di refrigerante dal vessel in caso di Loss-of-Coolant-Accident (LOCA).

L'ENEA ha sottoscritto con i partner italiani già presenti nell'IRIS Team (CIRTEN, Ansaldo

Nucleare e Mangiarotti Nuclear) una dichiarazione di intenti per lo sviluppo congiunto del progetto, e firmato un accordo di cooperazione su IRIS con l'Oak Ridge National Laboratory (ORNL) del Department of Energy (DOE). Nel 2007, inoltre, l'Italia ha aderito all'iniziativa internazionale GNEP (Global Nuclear Energy Partnership), rivolta, in particolare, allo sviluppo di sistemi nucleari avanzati di piccola-media taglia per venire incontro alle necessità energetiche dei paesi in via di sviluppo, impedendo la diversione o la produzione non dichiarata di materiali nucleari. IRIS è il reattore esempio di piccola taglia per la GNEP.

Obiettivi

Attraverso la partecipazione al programma internazionale IRIS, lo studio di tematiche di carattere generale dei reattori evolutivi e l'esame esaustivo delle possibili opzioni tecnologiche dei reattori INTD, si intende contribuire nel breve e medio termine a ricreare competenze diffuse e capacità industriali nel settore nucleare; in particolare:

- Lo sviluppo del reattore IRIS prevede:
 - Prova integrale, finalizzata alla realizzazione di un simulatore sperimentale presso SIET SpA;
 - Sviluppo componenti, che consiste nella verifica analitica e sperimentale delle prestazioni di componenti critici o di nuova concezione, come ad esempio i generatori di vapore;
 - Analisi integrata di sistema, finalizzata anche

allo studio di soluzioni impiantistiche avanzate per lo schermaggio, l'isolamento sismico ecc.

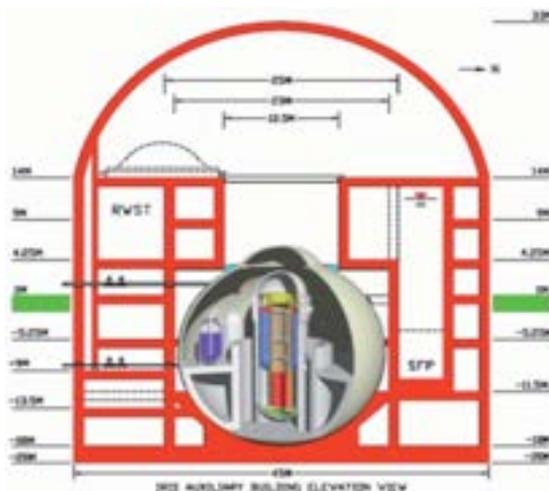
- Lo sviluppo di altri reattori riguarda: la definizione di noccioli, l'analisi di sequenze incidentali ecc.

Risultati

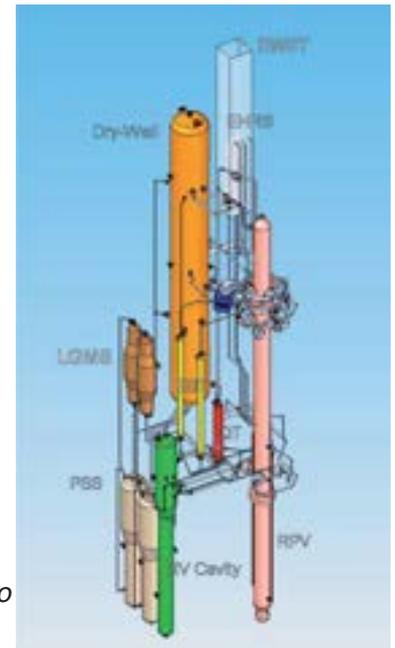
Sviluppo del reattore IRIS

Prova integrale del reattore IRIS

Lo scopo della prova integrale, fondamentale per la certificazione del reattore, è di disporre di un impianto sperimentale (SPES-3) in grado di simulare i transitori operativi ed incidentali del reattore IRIS (piccoli LOCA, rottura delle linee vapore ecc.), al fine di produrre dati sufficienti per validare i codici di calcolo per l'analisi di sicurezza e studiare l'accoppiamento termo-fluidodinamico tra il contenimento e l'impianto durante un LOCA. L'attività svolta ha riguardato principalmente la progettazione dell'impianto sperimentale da realizzare presso SIET SpA. È stata definita la configurazione impiantistica sulla base di una serie di requisiti concordati con Westinghouse ed è stato eseguito il dimensionamento meccanico, termico ed idraulico dei componenti. L'impianto simula, in scala 1:100 in volume e a piena altezza, i sistemi del reattore IRIS. Per semplificare il progetto, la



Impianto IRIS



Schema dell'impianto SPES-3

configurazione integrale del reattore IRIS è stata mantenuta solo per il sistema primario di SPES-3, ad eccezione della pompa primaria che è posta all'esterno del recipiente in pressione (RPV); il contenimento e i sistemi di sicurezza sono simulati con serbatoi connessi da tubazioni. Il prodotto finale è il dossier di progettazione esecutiva da utilizzarsi per l'approvvigionamento delle parti dell'impianto (tubazioni, valvole, serbatoi ecc.) e per la realizzazione della struttura portante. L'attività di progettazione è stata eseguita dalla SIET, società partecipata dell'ENEA, con la collaborazione dell'ENEA. L'attività del CIRTEN è stata focalizzata sia sulla selezione della strumentazione per misure in bifase sia sulla verifica della capacità dell'impianto sperimentale di simu-



Sezione del fondo e della parte alta del vessel di SPES-3

lare i transitori incidentali. Per la strumentazione sono state affrontate le problematiche della scelta e qualificazione dei metodi di misura nelle condizioni operative di pressione e temperatura per le grandezze di interesse (portata, densità, grado di vuoto, flow pattern).

In particolare, sono state valutate le potenzialità e prestazioni degli strumenti commerciali o sviluppati da laboratori internazionali. Inoltre sono stati sviluppati da ENEA sensori a termoresistenza con la relativa elettronica per misure di velocità del fluido.

Sviluppo componenti

I componenti oggetto delle attività, i.e. gli scambiatori immersi e i generatori di vapore, sono stati selezionati sia per l'esperienza che il sistema Italia può vantare per il loro sviluppo, sia per assicurare commesse agli operatori industriali nazionali nella fase realizzativa di reattori IRIS.

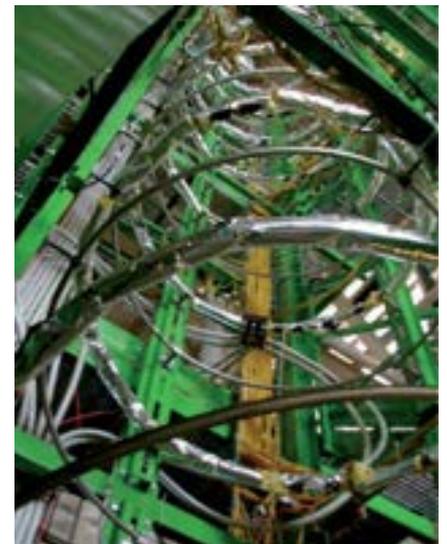
Per gli scambiatori immersi è stata sviluppata una correlazione di scambio termico basata sulla teoria della condensazione a film su parete, validata con le precedenti esperienze da ENEA (PERSEO) e da SIET su prototipo in scala reale di un condensatore a tubi verticali. Tale correlazione è stata implementata nel codice di sistema RELAP5.

Per i tubi elicoidali dei generatori di vapore di IRIS sono state sviluppate e validate correlazioni per valutare le perdite di carico e lo scambio termico in condizioni di crisi termica (dryout) e post-dryout, sia con dati sperimentali che con dati reperibili in letteratura. Le prove sperimentali sono state eseguite presso l'area sperimentale della SIET e presso il CIRTEN. Tali correlazioni sono state successivamente implementate nel codice RELAP5.

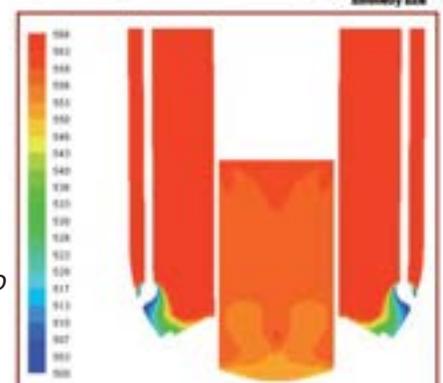
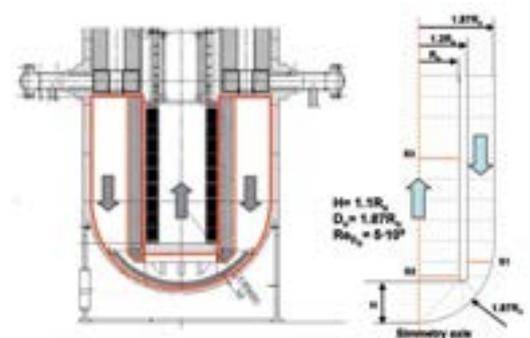
Sono state eseguite anche analisi meccaniche per la valutazione del carico di collasso di tubi elicoidali. I risultati delle analisi meccaniche hanno supportato la preparazione di un nuovo "code case" accettato dalle ASME per la progettazione di tubi sottoposti ad una pressione esterna maggiore

di quella interna.

Un altro risultato significativo raggiunto a supporto della progettazione del downcomer e lower plenum del reattore IRIS riguarda lo sviluppo di modelli non lineari di turbolenza per superare alcune delle limitazioni dei codici CFD (Computational Fluid Dynamics) commerciali, oltre alla messa a punto di protocolli di accuratezza per raggiungere standard elevati, riproducibili e tracciabili. Tale modello è stato implementato nel codice FLUENT.



Impianto sperimentale presso SIET per la caratterizzazione termofluidodinamica dei tubi elicoidali dei generatori di vapore di IRIS



Miscelamento del boro, risultati della simulazione

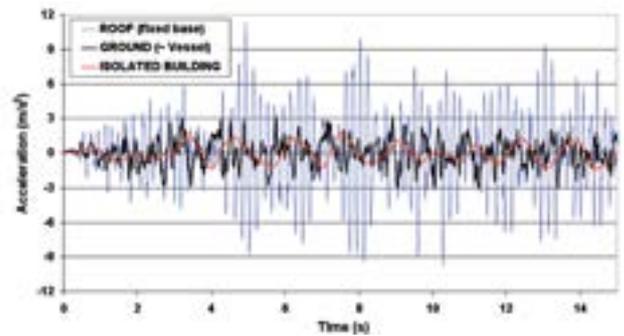
Per studiare il miscelamento del boro durante l'intervento dei sistemi di sicurezza sono state eseguite simulazioni dinamiche del miscelamento di temperatura e boro a supporto della progettazione di una apparecchiatura sperimentale (fattore di scala 1:5), che simula il downcomer e la parte bassa del vessel. È stata anche definita la configurazione dell'apparecchiatura sperimentale. Le attività di sviluppo componenti sono state principalmente eseguite dal CIRTEN.

Analisi integrata di sistema – analisi sismiche

I risultati ottenuti riguardano:

- 1) Lo sviluppo di una nuova procedura per il calcolo della probabilità di rottura al sisma, basata su tecniche numeriche consolidate (Finite Element Method, Montecarlo ecc.) e capace di eliminare o ridurre le incertezze dei metodi tradizionali;
- 2) La riduzione degli effetti del sisma sugli edifici e sui componenti interni con l'utilizzo di isolatori sismici. Sono state definite le dimensioni geometriche degli isolatori, il fattore di forma, il tipo di mescola, il loro numero e la disposizione, che deve prevedere anche l'accessibilità per l'ispezione e l'eventuale sostituzione. È stato valutato il comportamento dell'edificio isolato e non isolato sismicamente al terremoto di progetto. È stata anche effettuata una valutazione preliminare dei costi connessi all'utilizzo di questa tecnologia.

L'attività è stata effettuata da ENEA e CIRTEN.



Sistema isolato e non isolato sismicamente

Sviluppo di altri reattori

È stato affrontato lo studio e la progettazione di noccioli che consentano sia un incremento del tasso di irraggiamento rispetto ai reattori di II Generazione, sia la possibilità di estendere il periodo di irraggiamento tra successive ricariche. In particolare è stato analizzato un nocciolo di reattore pressurizzato ad acqua leggera idoneo a produrre una potenza termica dell'ordine dei 600 MW (circa 220 MWe). Il principale risultato è la definizione di un nocciolo con uno schema di ricarica del combustibile a ciclo unico (once-through), che offre la possibilità di gestire il reattore con contratti di leasing del combustibile, con importantissimi risvolti per quel che riguarda la difesa dal rischio di proliferazione. L'attività è stata effettuata dal CIRTEN.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - REATTORI INNOVATIVI

Partecipazione in ambito Euratom e Generation IV International Forum (GIF) ai programmi per lo sviluppo di sistemi Lead Fast Reactor e Very High Temperature Reactor

Scenario di riferimento

I reattori di IV generazione sono sistemi ancora allo stadio concettuale che potranno divenire operativi all'orizzonte del 2040 e dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- Sostenibilità, massimo utilizzo del combustibile e minimizzazione dei rifiuti radioattivi;
- Economicità, basso costo del ciclo di vita dell'impianto e rischio finanziario equivalente a quello di altri impianti energetici;
- Sicurezza e affidabilità, in particolare bassa probabilità di danni gravi al nocciolo del reattore e tolleranza a gravi errori umani, nessuno scenario credibile per il rilascio di radioattività e nessuna necessità di piani di emergenza per la difesa della salute pubblica;
- Resistenza alla proliferazione e protezione fisica tali da rendere non conveniente il furto o la produzione non dichiarata di materiale nucleare o l'uso illecito della tecnologia.

I Paesi inizialmente aderenti al GIF sono: Argentina, Brasile, Canada, Francia, Giappone, Gran Bretagna, Repubblica di Corea (Sud), Repubblica del Sud Africa, Svizzera, e Stati Uniti; anche l'Euratom, per l'Unione Europea, aderisce al Forum. Hanno recentemente aderito al GIF anche Cina e Federazione Russa. Esperti dei Paesi aderenti al GIF hanno esaminato un centinaio di alternative tecnologiche e, con l'emissione (2002) di una Technology Roadmap for Generation IV

Nuclear Energy Systems, hanno selezionato i sei concetti più promettenti, intorno a cui organizzare il successivo programma di ricerca e sviluppo:

- Gas-Cooled Fast Reactor (GFR) – reattori a spettro veloce, refrigerati a elio;
- Lead-Cooled Fast Reactor (LFR) - reattori a spettro veloce, refrigerati a piombo o eutettico piombo-bismutoi;
- Molten Salt Reactor (MSR) – reattori a fissione prodotta in una miscela circolante di sali fusi;
- Sodium-Cooled Fast Reactor (SFR) - reattori a spettro veloce, refrigerati a sodio;
- Supercritical-Water-Cooled Reactor (SCWR) – reattore refrigerato ad acqua a temperatura e pressione oltre il punto critico;
- Very-High-Temperature Reactor (VHTR) – reattore moderato a grafite e refrigerato ad elio. Questo reattore è ottimizzato per la produzione termochimica di idrogeno, oltre che di elettricità.

Obiettivi

L'obiettivo principale è quello di partecipare a pieno titolo allo sviluppo di un reattore di quarta generazione quale il Lead-Cooled Fast Reactor e/o il Very-High-Temperature Reactor e si articola nelle seguenti attività elementari:

- Prove integrali di grandi componenti del Lead-Cooled Fast Reactor (LFR);

corrosione/erosione combinati. L'attività è consistita nella progettazione e realizzazione di un prototipo di girante e nella ricerca e verifica sperimentale di un materiale costituente che presentasse elevata resistenza a corrosione/erosione. Il composto ternario Ti_3SiC_2 selezionato è stato testato attraverso una campagna sperimentale. Non si sono riscontrate né formazioni di ossidi superficiali né dissoluzione del materiale nel metallo liquido; il piombo non è penetrato attraverso le porosità aperte del Ti_3SiC_2 . È stata realizzata una girante interamente in Ti_3SiC_2 mediante lavorazione meccanica e elettroerosione, con ottimi risultati.



Girante, interamente realizzata in Ti_3SiC_2 , di pompa primaria di un LFR

Sviluppo sistemi di purificazione e di controllo dell'ossigeno in piombo

La concentrazione di ossigeno disciolto nel metallo liquido è un parametro di vitale importanza; il suo controllo permette di evitare la formazione di PbO , che causerebbe la solidificazione irreversibile dell'intero sistema e, al contempo, permette di gestire la formazione di ossidi di ferro superficiali sulla superficie degli acciai strutturali, evitandone la corrosione. Lo studio della chimica di questo tipo di refrigeranti ha due fondamentali aree di applicazione: l'analisi della reale composizione delle impurezze nel sistema e lo sviluppo di efficaci metodiche di campionamento; l'applicazione di tecniche sviluppate in laboratorio o in circuiti dedicati a sistemi più realistici a piscina. La prima attività ha portato interessanti risultati sulla composizione delle impurezze solide in Pb e $PbBi$, con anche sviluppo e miglioramento di sistemi di filtrazione. La seconda attività ha portato ad un primo prototipo di sistema integrato di controllo e monitoraggio dell'ossigeno nel sistema a piscina

CIRCE, nel quale vengono testati sensori elettrochimici precedentemente qualificati in impianti a loop.

Sviluppo di un codice di termofluidodinamica per noccioli a piombo

L'attività si inserisce nell'ambito degli studi di neutronica e termofluidodinamica di nocciolo e di messa a punto di metodi per la progettazione del core di un reattore veloce raffreddato a metallo liquido pesante. Per l'analisi di un nocciolo con elementi non inscatolati, raffreddati a piombo è stato seguito un approccio in due fasi:

- Utilizzo di un modello mono-dimensionale a canali indipendenti per una verifica dal punto di vista della termofluidodinamica e della sicurezza del progetto neutronico;
- Sviluppo di uno strumento per la valutazione degli effetti di mescolamento tra gli elementi per rimuovere l'eccessivo conservatorismo nelle analisi precedenti.

Diversi contributi hanno concorso al conseguimento dell'obiettivo:

- Sviluppo di un modulo CFD per la risoluzione delle equazioni di Navier-Stokes e dell'energia a livello di sub-assembly (Università di Bologna)
- Costruzione di un modello 3D di nocciolo a piombo con elementi non inscatolati e confronto con modello 1D multi-canale (ENEA)
- Simulazione CFD dettagliata di limitate regioni per una stima della viscosità turbolenta media e dei coefficienti di scambio d'energia tra sub-assemblies (CIRTEN).

Definizione concettuale del nocciolo dell'impianto dimostrativo (DEMO) di un LFR e sua integrazione nel sistema primario

L'attività è consistita in studi di neutronica per la definizione concettuale del nocciolo di un reattore

dimostrativo refrigerato a piombo, nonché nelle analisi combinate di neutronica e termoidraulica per la sua integrazione nel sistema primario. Sono state definite varie configurazioni di nocciolo DEMO per differenti valori dei parametri di riferimento e, in particolare, della temperatura massima della guaina del combustibile, da un lato per riprodurre le caratteristiche fondamentali dell'impianto LFR di taglia industriale e, dall'altro, per massimizzare il flusso neutronico ed effettuare nel DEMO prove di irraggiamento su materiali e combustibili avanzati per LFR.

Prove in regime transitorio sull'impianto HE-FUS3 dell'ENEA Brasimone funzionali allo sviluppo del VHTR e loro interpretazione

Scopo della campagna sperimentale era di fornire una base di dati sperimentali attendibili per la validazione dei codici di calcolo termo-idraulici per la progettazione e l'analisi di sicurezza dei reattori ad alta temperatura refrigerati a gas (VHTR). A tal fine sono state progettate e realizzate le necessarie modifiche meccaniche ed elettrostrumentali all'impianto ad elio HE-FUS3. Sono state effettuate prove sia in regime stazionario sia in regime transitorio (simulazione di eventi incidentali). Partendo da condizioni stazionarie del circuito, sono stati realizzati 4 transitori simulanti 4 diversi eventi incidentali: 2 Loss Of Flow Accident (LOFA) e due Loss Of Coolant Accident (LOCA). L'attività sperimentale è stata accompagnata da analisi numeriche di pre e post-test dei transitori effettuati sull'impianto HE-FUS3.

Simulazioni neutroniche e progettazione set-up TAPIRO per interfaccia core-riflettore di un VHTR

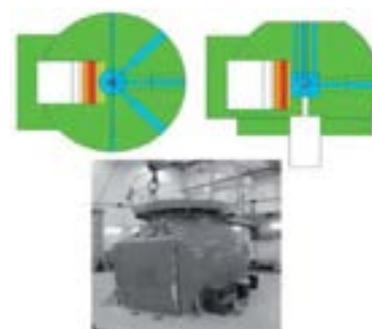
È stata effettuata un'estesa campagna di simula-

zioni, con metodi sia Monte Carlo sia di tipo deterministico, che ha permesso la progettazione di un set-up di prova e la definizione di una matrice di test, per l'analisi di interfaccia core-riflettore di reattori VHTR. La facility di irraggiamento verrà costruita nel vano colonna termica del reattore di ricerca Tapiro dell'ENEA Casaccia. Tale facility permetterà di realizzare flussi neutronici con distribuzione energetiche tipiche dei reattori a gas ad alta temperatura e di misurare le variazioni di tali flussi nell'attraversamento di sezioni di prova contigue di ferro, uranio e grafite. Le geometrie implementate, sebbene eterogenee, sono volutamente semplici in modo da poter essere riprodotte con facilità dai codici deterministici nell'ambito di un benchmark in via di definizione.

Impianto HE-FUS3 dell'ENEA Brasimone



Viste piana e laterale del modello MCNPX del Reattore TAPIRO e confronto con il sistema reale



Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - DEPOSITO RIFIUTI RADIOATTIVI

Attività a supporto dell'individuazione del sito e per la realizzazione di un impianto di smaltimento dei rifiuti radioattivi a media attività e di un deposito di stoccaggio a medio-lungo termine dei rifiuti ad alta attività e lunga vita

Scenario di riferimento

Il problema di una strategia globale per il decommissioning degli impianti nucleari dismessi e la sistemazione dei rifiuti radioattivi in Italia, fu posto alla prima conferenza nazionale organizzata nel 1995 dall'ANPA (oggi ISPRA) sul tema e riproposto nell'analoga conferenza del 1997. Nel 1998 il Ministro dell'Industria costituì il "Tavolo nazionale per la gestione degli esiti del nucleare", al quale partecipavano Regioni, enti locali, organizzazioni sindacali, ENEL, ANPA ed ENEA. Nel 1999 fu approvato un Accordo di Programma Stato-Regioni riguardante la gestione in sicurezza dei rifiuti radioattivi; la strategia nazionale fu definita con il documento "Indirizzi strategici per la gestione degli esiti del nucleare in Italia". Fu contestualmente istituito un Gruppo di Lavoro (Commissione Cenerini) con il compito di delineare lo stato dell'arte su studi e ricerche relativi ai depositi e iniziative e procedure necessarie per la scelta del sito. La Commissione concluse le attività nel 2001 con la redazione di un "Rapporto per la Conferenza Stato/Regioni". Il problema di una strategia nazionale è stato riproposto al tavolo MSE-Regioni nell'ottobre 2007. Un Gruppo di Lavoro, composto da rappresentanti del Governo, delle Regioni e da altri esperti (tra cui uno ENEA), è stato costituito con il compito di elaborare un metodo per definire le caratteristiche dell'insediamento per un deposito superficiale e dare indicazione sui criteri di selezione dei siti. Il GdL ha concluso i suoi lavori

nel settembre 2008 con la consegna del Rapporto Finale al Ministro dello Sviluppo Economico.

In ambito internazionale, inoltre, l'Italia ha ratificato, nel 2006, la "Joint Convention on the Safety of the Management of Spent Fuel and on the Safety of the Management of Radioactive Waste", che impegna i Paesi contraenti alla messa in sicurezza del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi.

Obiettivi

Gli obiettivi generali sono:

- fornire supporto al GdL Stato-Regioni e definire la situazione italiana attraverso una revisione del lavoro svolto in passato; avviare studi e ricerche propedeutiche alla individuazione del sito ed alla progettazione del deposito (obiettivi a breve termine, 1 anno);
- fornire servizi scientifici e tecnologici volti al performance assessment, alla valutazione di impatto ambientale, a studi di scenari e analisi territoriali, alla definizione dei criteri di accettabilità dei rifiuti, all'individuazione dei sistemi di trattamento e condizionamento, alle valutazioni di radioprotezione, alla sicurezza (safety & security), alla comunicazione, alla formazione ecc. In particolare, ricostituire il sistema di competenze che negli anni passati portarono allo sviluppo parziale delle necessarie metodologie e procedure (obiettivi a medio termine, 1-3 anni);

- messa a disposizione delle competenze specifiche per la definizione dei criteri di progetto, del progetto di massima e del rapporto preliminare di sicurezza, la revisione della normativa tecnica, l'elaborazione di procedure per la caratterizzazione dei rifiuti e la loro categorizzazione (II e III categoria), la ricostruzione delle infrastrutture necessarie, la gestione dell'inventario, l'elaborazione dei piani di conferimento, l'elaborazione di piani di security e di emergenza, l'elaborazione di procedure di chiusura, di sorveglianza a lungo termine ecc. (obiettivi a lungo termine, oltre 3 anni).

Le tematiche principali individuate in via preliminare sono:

- Supporto al processo decisionale
- Stato dell'arte su studi e ricerche
- Inventario nazionale dei rifiuti radioattivi
- Caratterizzazione dei rifiuti radioattivi
- Analisi propedeutiche alla progettazione del deposito
- Problematiche di trasporto dei rifiuti
- Problematiche di security
- Comunicazione, informazione e formazione.

Nel corso del primo anno tali tematiche sono state affrontate con diverso grado di approfondimento, in modo da disporre comunque di una base solida per il lavoro degli anni successivi.



Principali siti nucleari italiani

Supporto al processo decisionale

Il GdL Stato-Regioni, in cui già era presente un rappresentante ENEA, ha chiesto la collaborazione di altri due esperti ENEA per due sottogruppi con tematiche specifiche:

- "Centro Servizi", per individuare natura e tipologia delle infrastrutture da realizzare nel sito, sia quelle relative al deposito sia quelle in grado di conferirgli il carattere di Parco Tecnologico per attività multidisciplinari.
- "Legislazione e Normativa", per individuare il regime di responsabilità nella varie fasi, effettuare stime dei costi di realizzazione, riordinare la normativa sui rifiuti nucleari.

Stato dell'arte su studi e ricerche

È stato ricostruito un archivio della documentazione prodotta in passato ed effettuata un'analisi critica dei documenti ritenuti più significativi per valutare le necessità di aggiornamento. In particolare, è stata effettuata una disamina, sia dal punto di vista normativo sia operativo, della situazione internazionale e italiana. Sono state individuate le problematiche connesse allo smaltimento, le scelte operate a livello internazionale e il percorso attualmente in atto in Italia per la scelta del sito di deposito.

Sebbene lo smaltimento geologico delle scorie radioattive a lunga vita non rientri tra gli obiettivi attuali, si è ritenuto opportuno riassumere le attività svolte in passato dall'ENEA sul tema, al fine di non disperdere i risultati acquisiti e renderli fruibili qualora il nostro Paese dovesse optare per una soluzione di questo tipo nel prossimo futuro per i rifiuti ad alta attività e lunga vita.

È stata effettuata un'analisi critica del Rapporto della Commissione Cenerini, per molti aspetti straordinariamente attuale.

È stata infine condotta un'analisi delle attività

tecnico-scientifiche effettuate tra il 1996 e il 2003 dall'ENEA e le iniziative più significative del periodo. I lavori della Task Force Sito dell'ENEA sono stati numerosi e, già alla fine degli anni 90, fu elaborato un primo progetto concettuale del sito di smaltimento superficiale con sistema multibarriera; in quel periodo la Task Force elaborò una metodologia di selezione geografica delle aree potenzialmente idonee ad ospitare l'insediamento, basandosi su una serie di stringenti criteri di esclusione, con un approccio che ha ancora una sua validità intrinseca e potrebbe quindi essere riproposto con gli opportuni aggiornamenti tecnici e scientifici.

Aggiornamento dell'inventario nazionale dei rifiuti radioattivi e modalità di gestione futura

L'ultimo "Inventario Nazionale dei Materiali Radioattivi" prodotto dall'ENEA risale all'anno 2000; da allora l'unico inventario disponibile è quello dell'ISPRA (ex APAT). L'ISPRA raccoglie le informazioni sui rifiuti radioattivi fornite dagli esercenti in un apposito data base che rappresenta solo una "fotografia" dell'esistente, ma non effettua, in quanto non di sua competenza, l'elaborazione dei dati ai fini dello stoccaggio definitivo. È stato raggiunto un accordo di reciproco interesse tra ISPRA ed ENEA per l'elaborazione da parte ENEA dei dati a tale scopo. L'ENEA ha provveduto ad elaborare i dati sulla base di ipotesi di condizionamento (laddove non già condizionati), al fine di pervenire all'inventario nazionale dei rifiuti radioattivi condizionati, cioè già idonei per il deposito di smaltimento. Inoltre l'ENEA ha elaborato una stima dei rifiuti di futura produzione da smantellamento degli impianti dismessi, basandosi sia su informazioni provenienti dagli esercenti sia su stime fatte in proprio.



Attività relative alla caratterizzazione dei rifiuti da conferire al deposito

Si è provveduto all'elaborazione di procedure di massima per la caratterizzazione radiologica e chimico-fisica dei rifiuti radioattivi e di criteri operativi preliminari per l'accettabilità al deposito, identificando anche le tecniche distruttive e non distruttive più idonee e la migliore strumentazione attualmente disponibile sul mercato. Inoltre, è stata effettuata una definizione concettuale dell'insieme integrato di infrastrutture, tecnologie e servizi necessari per la caratterizzazione dei rifiuti radioattivi ai fini del conferimento al deposito.



Strumento portatile per misura gamma

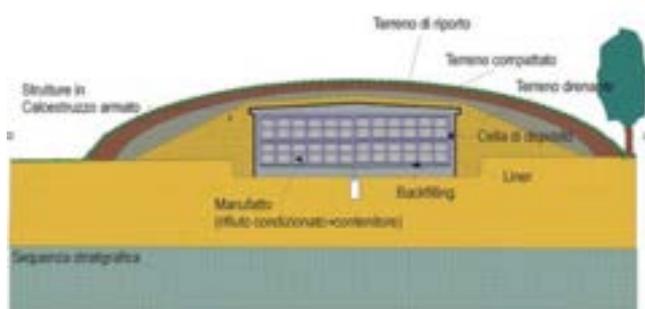
Analisi propedeutiche alla progettazione del deposito

Sono stati individuati i requisiti minimi del sito ed analizzate le azioni propedeutiche alla progettazione del deposito, e individuati i criteri di progetto sulla base dei requisiti di sicurezza stabiliti dalla IAEA. Sono stati anche identificati gli studi, già parzialmente effettuati in passato, relativi a scenari, analisi territoriali, performance assessment, sicurezza dell'installazione, quadro normativo e di radioprotezione, migrazione dei nuclidi, livelli di sicurezza da garantire nel medio e lungo termine, implicazioni territoriali ed ambientali ecc.

È stato fortemente coinvolto il Politecnico di Milano per l'avvio di studi sulla modellazione dei fenomeni di dispersione di contaminanti attra-

verso le barriere protettive del deposito e di una metodologia di analisi probabilistica del rischio associato alla costruzione ed operazione del deposito stesso.

Un ulteriore contributo di approfondimento è stato fornito dall'Università di Roma La Sapienza in relazione alla caratterizzazione dei siti e ai criteri di progettazione dei depositi, con analisi dei principali processi di rilascio e migrazione dei radionuclidi.



Schema di deposito superficiale

Linee guida per il trasporto e il deposito dei rifiuti

Sono state identificate le soluzioni tecniche più idonee per il trasporto dei rifiuti radioattivi condizionati dai siti di produzione al deposito nazionale. Si segnalano, inoltre, l'acquisizione e le prove preliminari di un software della IAEA per la valutazione degli indici di rischio relativi ad un trasporto nucleare.



Trasporto nucleare

Linee guida per la security

Sulla base dell'esperienza internazionale e con riferimento a documenti di indirizzo emessi da organismi internazionali qualificati (IAEA, OECD-NEA, UE) sono state identificate, in via preliminare, le problematiche di "Security" correlate con il deposito dei rifiuti radioattivi e le soluzioni tecniche e procedurali da sviluppare.

Linee guida per comunicazione, informazione e formazione



Sulla base dell'esperienza internazionale e con riferimento a indicazioni di organismi internazionali qualificati (IAEA, OECD-NEA, UE) sono proposte le linee guida per la definizione di un piano di azioni per informare, coinvolgere ed ottenere il consenso del pubblico. L'obiettivo non è quello di esaurire l'argomento o definire un piano di dettaglio, ma piuttosto di evidenziare la complessità del problema e la necessità di pianificare e attuare strategie adeguate, coinvolgendo esperti e portatori di interesse in qualche modo coinvolti nella scelta del sito e nella realizzazione del deposito.

L'argomento è stato sviluppato anche dal CIRTEN ed esteso alla problematica della formazione necessaria per gli addetti ai lavori.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

COPRODUZIONE DI ELETTRICITÀ E IDROGENO

Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno

Scenario di riferimento

Nell'attuale quadro energetico internazionale assumono particolare rilevanza le politiche e le iniziative volte alla messa a punto di tecnologie pulite del carbone, da un lato per una maggiore differenziazione delle fonti energetiche, favorendo la transizione verso un più ampio e articolato ricorso alle rinnovabili, dall'altro per la possibilità di produrre da tale fonte idrogeno ed energia elettrica, aprendo la strada verso una possibile economia basata su questi due vettori energetici. Il contesto internazionale ed europeo spinge ad adottare una strategia per lo sviluppo delle tecnologie CCS (Carbon Capture & Storage) per impianti di produzione di energia elettrica. Nel nostro Paese esistono le condizioni tecniche e il know how necessario per avviare un programma nazionale coordinato con le iniziative europee ed internazionali. Molti progetti sono in corso, altri in fase di avvio, il tutto in un quadro di scarso coordinamento; la messa a punto di un documento di "Vision" e una "Road-Map" si presenta, pertanto, come necessaria per avviare un programma nazionale di sviluppo di tali tecnologie.

Obiettivi

Le attività di ricerca sono focalizzate sulle tecnologie derivate dagli IGCC (Integrated Gasification Combined Cycles) e basate su impianti di gassificazione del carbone che producono elettricità e idrogeno con sequestro (separazione + stoccaggio definitivo) della CO₂.

Gli obiettivi principali delle attività sono:

- sviluppare e dimostrare tecnologie basate sull'impiego del carbone per la produzione combinata di idrogeno ed elettricità;
- contribuire alla definizione di una "Road-Map" per l'avvio di un programma italiano di dimostrazione delle tecnologie CCS associate a impianti di produzione di energia elettrica e idrogeno per usi diversi;
- favorire una più ampia e qualificata partecipazione del sistema italiano impresa/ricerca ai grandi programmi e iniziative europee e internazionali quali CSLF, ZEP, HYPOGEN, FUTURGEN, IEA e Programmi FP7/8.



Carbon Sequestration leadership forum
www.csforum.org



The European Technology Platform for
Zero Emission Fossil Fuel Power Plants (ZEP)

Studi e sperimentazioni preliminari

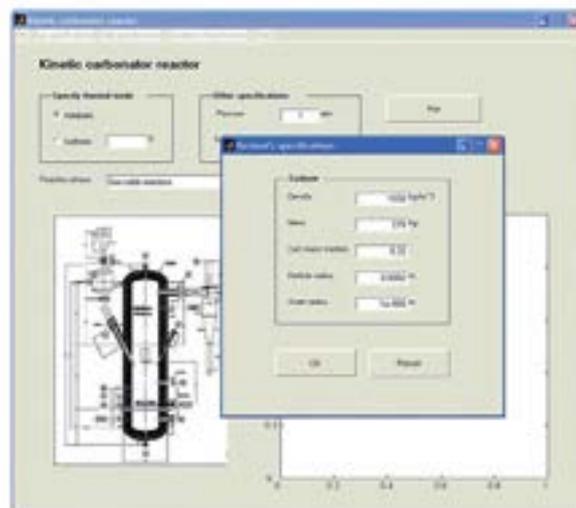
Sono state acquisite conoscenze teoriche e modellistiche per supportare l'esercizio dell'impianto sperimentale ZECOMix, attualmente in fase di realizzazione, e la progettazione dell'impianto pilota di idrogassificazione e decarbonatazione da 5 MWth, previsto nella seconda fase del progetto ZECOMix (Zero Emission COMbustion mix, dove mix indica la confluenza di tre obiettivi: produzione di idrogeno, produzione di elettricità, CCS).

In una prima fase sono stati messi a punto modelli stazionari del gassificatore di carbone a ossigeno e del reattore di reforming/decarbonatazione alimentato a metano e ossido di calcio (rapporto "Analisi di un impianto sperimentale per la coproduzione di energia elettrica e di idrogeno da carbone con 'quasi' zero emissioni di anidride carbonica"); ha fatto seguito una fase di modellazione dinamica per entrare nel dettaglio di funzionamento del reattore di reforming/decarbonatazione, estremamente dipendente dall'esaurimento della carica di sorbente, eseguita in batch (rapporto "Modello short-cut dinamico di un reattore catalitico per la cattura dell'anidride carbonica con dolomite").

Sono state inoltre eseguite attività sperimentali su impianti da laboratorio, che hanno riguardato: metodologie di caratterizzazione del carbone; analisi preliminare di processi per il trattamento del tar e dei composti dello zolfo; messa a punto di un impianto da laboratorio per lo studio dell'idrogassificazione del carbone.

Studi e sperimentazioni sulle tecnologie impiantistiche per la produzione di elettricità e idrogeno da syngas da carbone

È stato definito e progettato un impianto dimostrativo innovativo, completo di produzione di



Interfaccia grafica del modello dinamico dell'assorbitore di CO₂

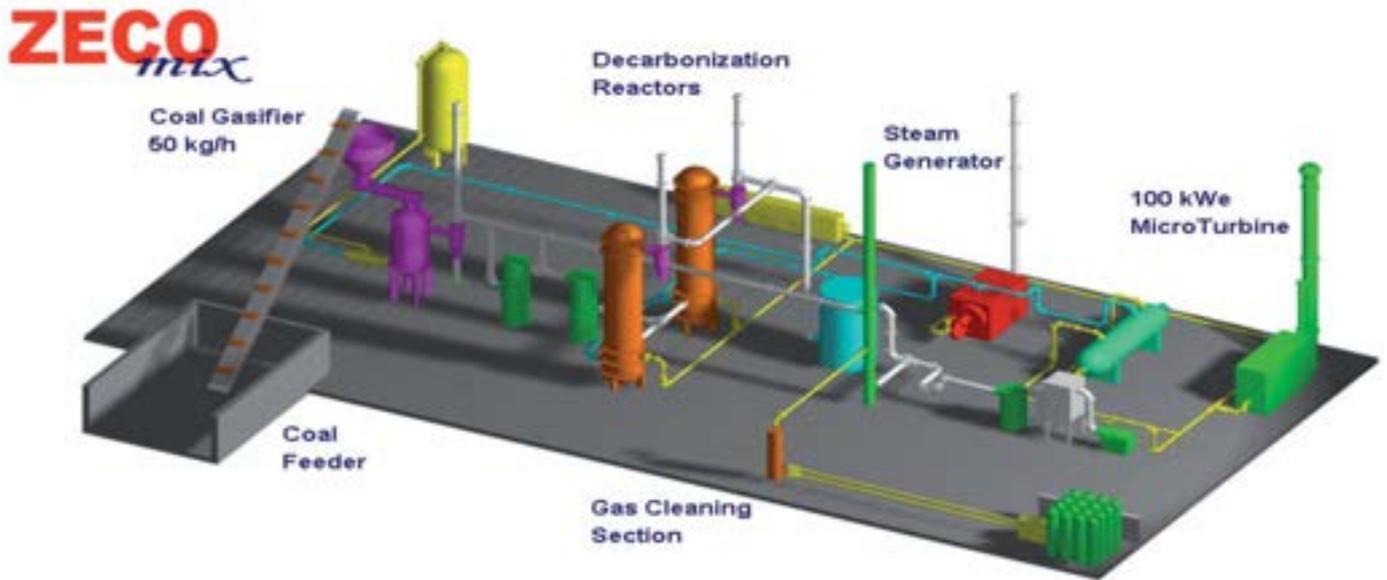
idrogeno ed elettricità con cattura della CO₂ mediante sorbenti solidi ad alta temperatura (Università de L'Aquila, Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali).

È stato definito ed eseguito uno studio di fattibilità di un impianto prototipo da 50 MWth con idrogassificazione di carbone e cattura della CO₂ ad alta temperatura con sorbenti solidi a base di ossidi di calcio (Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano).

È stato sviluppato un modello di simulazione e ottimizzazione di un dispositivo per la desolfurazione del syngas uscente dal reattore di idrogassificazione del carbone (contratto con Dipartimento di Meccanica e Aeronautica dell'Università di Roma La Sapienza).

Sono stati infine approfonditi gli studi, sia teorici che modellistici, su alcuni processi innovativi di CO-shift, di arricchimento dell'idrogeno nel syngas e sui processi di desolfurazione del syngas a caldo (SOTACARBO).

Le attività svolte direttamente da ENEA hanno riguardato la sperimentazione, su attrezzature esistenti, sul ciclo CaO-CaCO₃ di separazione della CO₂ (rapporto "Attività sperimentale da laboratorio



Rappresentazione 3D dell'impianto sperimentale ZECOmix

sul ciclo $\text{CaO} - \text{CaCO}_3$ per la cattura della CO_2 ad alta temperatura”) e sulla combustione dell'idrogeno con ossigeno e vapore, tramite l'impianto sperimentale IDEA (IDrogeno Experimental Activities).

Survey geologico e studi delle potenzialità di applicazione dell'ECBM nei giacimenti carboniferi del Sulcis

Nell'ambito dell'attività di applicazione delle tecnologie ECBM/ CO_2 storage, sono state approfondite le tematiche legate alla caratterizzazione geologica dei possibili siti di stoccaggio di CO_2 in generale e sulle potenzialità del grande giacimento carbonifero del Sulcis in particolare. L'obiettivo è quello di valorizzare in ambito internazionale le attività svolte sulle tecnologie ECBM/ CO_2 storage in Italia, al fine di partecipare a progetti internazionali e definire le attività future.

Road-map tecnologica italiana, coordinamento, associazione CO_2 , attività di informazione tecnologica e divulgazione delle tecnologie

È stata costituita l'Associazione italiana sulla CO_2 attraverso un comitato promotore composto da esponenti di ENEA, CESI Ricerca, Carbosulcis, OGS, Università di Roma La Sapienza e INGV. Si sono aggiunti come membri anche ENEL ed ENI. È stato realizzato un sito internet sulle tecnologie CCS e sulle moderne tecnologie di utilizzo del carbone e sulle azioni di ricerca in Italia (www.co2club.it).



È stato organizzato un workshop scientifico dal titolo "CO₂ Capture & Storage: Towards a UK/Italy Common Strategy within a Global Framework". Il workshop si è tenuto presso l'International School of Geophysics di Erice dal 31 ottobre al 7 novembre 2007 ed è stato sponsorizzato da INGV, MUR, ENEA, British Embassy di Roma, l'UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), Schlumberger e SOTACARBO. Al fine di dare un contributo alla definizione e all'aggiornamento di una road-map tecnologica italiana nel settore delle tecnologie ad emissione zero che individui le priorità nazionali e le scadenze realizzative, è stato messo a punto un

documento di indirizzo e un documento strategico come premessa per la determinazione delle linee programmatiche per poter promuovere lo sviluppo delle tecnologie CCS nel nostro Paese (Position Paper ENEA: "Le Tecnologie CCS").

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

«ETTORE MAJORANA» FOUNDATION AND CENTRE FOR SCIENTIFIC CULTURE
 TO PAY A PERMANENT TRIBUTE TO GALILEO GALILEI, FOUNDER OF MODERN SCIENCE
 AND TO ENRICO FERMI, THE "ITALIAN NAVIGATOR", FATHER OF THE WEAK FORCES

INTERNATIONAL SCHOOL OF GEOPHYSICS
30th Course: CO₂ CAPTURE & STORAGE: TOWARDS A UK/ITALY COMMON STRATEGY WITHIN A GLOBAL FRAMEWORK
 ERICE-SICILY: 31 OCTOBER - 7 NOVEMBER 2007

Sponsored by the: • National Institute of Geophysics and Volcanology, Italy (INGV)
 • Italian Ministry of Education, University and Scientific Research (MUR) • Ente Nazionale Energia Alternativa (ENEA)
 • British Embassy, Rome • UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) • Schlumberger • Sotacarbo

TOPICS AND LECTURERS

<p><i>Geological Storage of CO₂</i> <i>Capture of CO₂</i> <i>Zero Emissions Fossil Fuels Power Plants</i></p> <p>CO₂ Geological Storage • Y. KIMURA, USGS, USA • J. PEARCE, BGS, UK • S. HASZELDENE, University of Edinburgh, UK • M. WILSON, Regina, Canada • A. KOOROSH, Regina, Canada • E. PERKINS, Alberta Research Council & Weyburn Project, Canada • M. MONZA, Alberta Research Council & Weyburn Project, Canada • H. BARNIER, INO, NL • S. HOVORKA, University of Texas, USA • S. DURUCAN, Imperial College, UK • T. TORP, Statoil, Norway • M. LOIZZO, Schlumberger, FR</p>	<p><i>CCS Regulation & Policy, operative projects and feasibility studies</i> <i>Monitoring and verification of CO₂ storage operative projects</i> <i>Geochemical and Geophysical modelling of CO₂ storage reservoirs</i></p> <p>CO₂ Capture • S. SANTOS, IEA-GHG, UK • L. MAZZOCCHI, CESI RICERCA S.P.A., IT • U. FOSCOLO, University of Aquila, IT • G. BENVILLI, ENEL SpA, IT • C. ZEPPI, ENEL SpA, IT • C. AMOREVO, Sotacarbo, IT • A. KIENNEMANN, Lewis Foster Strasbourg University, FR • A. CALABRO', ENEA, IT Lessons from RWE & VATTENFALL, DE</p>
--	--

Manifesto del Convegno di Erice sulle tecnologie CCS

CELLE A COMBUSTIBILE PER COGENERAZIONE

Celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative

Scenario di riferimento

Le celle a combustibile rappresentano, nel medio lungo-termine, una delle tecnologie più promettenti per la generazione distribuita e la cogenerazione, grazie agli elevati rendimenti di conversione anche per impianti di piccola taglia e all'impatto ambientale molto limitato. Allo sviluppo di questi sistemi sono dedicate risorse ingenti nei maggiori paesi industrializzati, con risultati molto promettenti che hanno portato alla realizzazione e prova di numerosi impianti dimostrativi, sia con celle ad elettrolita polimerico, che con celle ad alta temperatura (celle a carbonati fusi e ad ossidi solidi). La disponibilità di sistemi con prestazioni e costi compatibili con le applicazioni commerciali richiede però ancora un notevole sforzo di ricerca, sviluppo e dimostrazione. Particolarmente significativo in questo senso è l'intervento della Commissione Europea, che ha previsto un impegno importante nel settore, con la creazione di una partnership pubblico-privato (Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking) per la gestione delle attività condotte su questi temi nell'ambito del 7° Programma quadro.

L'ENEA opera da tempo in questo campo, sia direttamente che attraverso società controllate come FN e CESI Ricerca, intervenendo su alcuni aspetti critici dello sviluppo delle diverse tecnologie, nell'ambito di rapporti di collaborazione consolidati con altre strutture di ricerca e con l'industria, all'interno di progetti nazionali ed europei.

Obiettivi

Gli obiettivi dell'attività sono i seguenti:

- sviluppo di processi a basso costo e basso impatto ambientale per la produzione dei componenti delle celle a carbonati fusi (matrice di supporto per elettrolita ed elettrodi); questi componenti sono attualmente prodotti per colatura su nastro, processo adatto alla produzione di serie ma che richiede attenzione per evitare problemi di impatto ambientale causati dai solventi organici utilizzati;
- sviluppo di sistemi con celle a carbonati fusi alimentati con gas derivanti da rifiuti e residui agricoli e zootecnici, attraverso la messa a punto di processi di digestione anaerobica e lo studio dell'accoppiamento degli stessi con la cella; l'applicazione richiede attività di ricerca su componenti critici per ottimizzare le prestazioni degli stessi e del sistema nel suo insieme;
- sviluppo di sistemi con celle ad elettrolita polimerico, attraverso la valutazione di tecnologie alternative per la produzione dei componenti di cella, la caratterizzazione di catalizzatori per il processo di riforma dei combustibili e la progettazione di una stazione di prova per sistemi di cogenerazione da 5 kW, per applicazioni residenziali;
- supporto tecnico-scientifico ai Ministeri per la definizione di programmi nel settore dell'idrogeno e delle celle a combustibile e per la partecipazione alle collaborazioni internazionali.

Risultati

Sviluppo di un processo a basso costo e basso impatto ambientale per la produzione dei componenti delle celle a carbonati fusi

È stato studiato un processo basato su tecnologie di formatura utilizzate nel campo delle materie plastiche (estrusione su lastra di un granulato plasto-ceramico), sviluppando lo stesso processo per la produzione di matrici, in collaborazione con FN Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati e con il supporto del Politecnico di Torino e dell'Università di Genova. A tal fine:

- è stata sviluppata, a scala laboratorio, una metodologia di produzione delle polveri di gamma-alluminato di litio, utilizzate come materiale di partenza per il processo;
- sono state studiate e messe a punto, su piccola scala, le diverse fasi del processo, dalla realizzazione del compound plasto-ceramico, con individuazione della miscela ottimale per lo stesso, alla sua estrusione e alla realizzazione di matrici prototipali, con successive modifiche e affinamenti sulla base di caratterizzazioni chimico-fisiche dei prodotti delle varie fasi;
- è stato definito il ciclo di condizionamento delle

matrici realizzate (eliminazione in cella dei componenti diversi dal gamma-alluminato di litio), sia sulla base di analisi termogravimetriche che mediante prova in un dispositivo elettrochimico realizzato ad hoc.

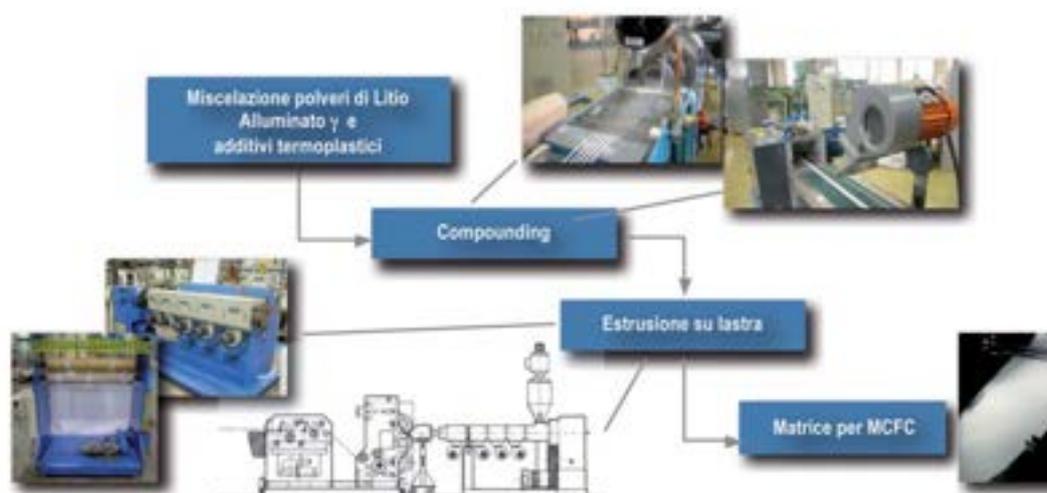
A conclusione del lavoro di sviluppo su piccola scala sono state ottenute matrici (100 mm di diametro) con caratteristiche in linea con quelle prodotte per colatura su nastro (porosità aperta prossima al 60% e diametro medio dei pori inferiore a 0,5 micron).

A partire da tali risultati, che consentono di produrre le matrici con un processo che non usa solventi, si è proceduto allo scale-up del processo stesso e alla individuazione delle attrezzature necessarie per la realizzazione di una linea in grado di produrre matrici di dimensioni fino al m².

Sviluppo di sistemi con celle a carbonati fusi alimentati con gas derivanti da rifiuti e residui agricoli e zootecnici

L'ENEA, in collaborazione con alcune Università (Roma La Sapienza e Perugia), ha:

- studiato i processi di digestione anaerobica della frazione organica dei rifiuti urbani e dei reflui zootecnici, individuando le condizioni e la composizione della comunità microbica che consentono di ottenere un biogas di elevata



Processo di formatura in plastica sviluppato da FN



Schema generale del sistema a biomasse

qualità (elevata percentuale di metano o di miscele metano/idrogeno) e basso contenuto di impurezze;

- studiato i meccanismi di avvelenamento della cella da parte di impurezze a base di zolfo, di solito contenute nel biogas, e determinato il livello di tali impurezze che le celle attuali sono in grado di tollerare, attraverso un programma di prove sperimentali in una monocella a carbonati fusi alimentata con gas a diversi contenuti di composti solforati;
- valutato, attraverso prove sperimentali, diversi sistemi di tipo chimico-fisico per l'abbattimento dei composti solforati e degli alogeni contenuti in miscele gassose di composizione analoga a quelle del biogas, arrivando alla conclusione che, data la varietà dei composti presenti, è necessario utilizzare diverse fasi di adsorbimento, con materiali adsorbenti diversi (ad es., zeoliti e carboni attivi);
- analizzato la possibilità di realizzare anodi più resistenti ai composti solforati, individuando alcune linee di sviluppo (come ad esempio la ricopertura dell'anodo con composti in grado di fissare lo zolfo) e avviando l'attività sperimentale per la preparazione degli stessi.

La ricerca sperimentale sui diversi sottosistemi è stata affiancata, in collaborazione con l'Università di Napoli Federico II, da attività di analisi e studio, mediante modelli matematici, dei sistemi con celle a carbonati fusi utilizzando diverse tipologie di combustibili derivati da biomasse e rifiuti, al fine di individuare le applicazioni e le configurazioni più promettenti.

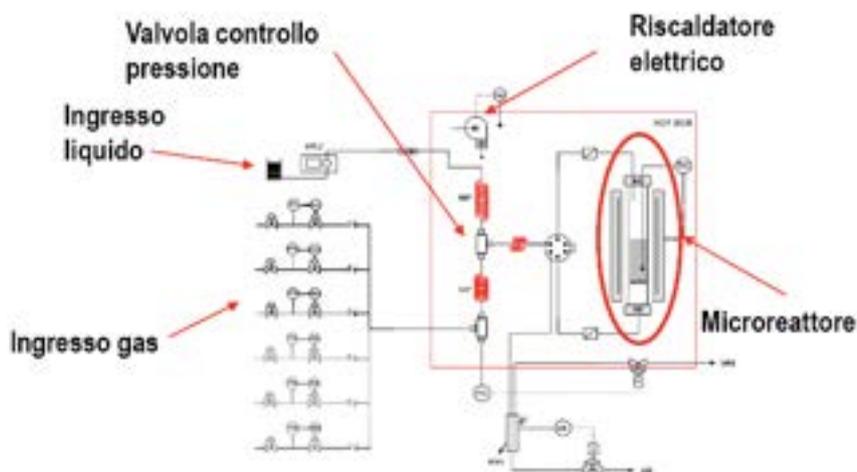
Sviluppo di sistemi con celle a elettrolita polimerico per applicazioni residenziali

È stata progettata una stazione di prova per un impianto da 5 kW e sono stati affrontati due aspetti critici, come la valutazione di metodologie di produzione potenzialmente a basso costo per i componenti di cella e il miglioramento dei catalizzatori impiegati nella conversione del combustibile in un gas ricco di idrogeno. Le attività sono state svolte in collaborazione con le Università di Cassino, di Roma La Sapienza, di Salerno e con il Politecnico di Torino.

Per quanto riguarda la stazione di prova, sono stati definiti i parametri per la caratterizzazione di un impianto cogenerativo a celle polimeriche, individuate tutte le apparecchiature e la strumentazione necessarie per eseguire le campagne sperimentali e definito lo schema impiantistico della stazione stessa.

L'attività di progettazione è stata affiancata dallo sviluppo di modelli matematici, sia stazionari che dinamici, dei componenti principali del sistema (reformer e stack), al fine di mettere a punto uno strumento in grado di fornire un'analisi completa delle prestazioni dell'impianto.

L'attività di ricerca su nuove tecniche di produzione dei componenti di cella ha riguardato principalmente la messa a punto di una metodologia adatta a produrre membrane polimeriche catalizzate (con deposizione dei catalizzatori direttamente sulla membrana). Le membrane catalizzate a base di platino, le più promettenti, sono state caratterizzate da un punto di vista morfologico mediante microscopia elettronica, determinando poi le loro proprietà elettrochimiche con misure di



Schema dell'apparato sperimentale utilizzato per lo studio delle reazioni chimiche

spettroscopia di impedenza (EIS) e con misure di elettrolisi.

La caratterizzazione dei catalizzatori per la conversione del combustibile è stata condotta mediante un sistema di reattori da laboratorio in cui è possibile monitorare, controllare e registrare le diverse variabili del processo (portate in ingresso, temperatura e pressione del reattore, composizione del gas uscente). In particolare, è stata studiata l'ossidazione parziale del metano su varie tipologie di catalizzatori (diversi per granulometria, specie attive e supporto), sia commerciali che sviluppati dai partner, valutando l'influenza delle condizioni di reazione sull'attività, la stabilità e la disattivazione del catalizzatore, anche come conseguenza della formazione di composti carboniosi.

Supporto tecnico-scientifico ai Ministeri e partecipazione alle collaborazioni internazionali

L'ENEA ha:

- svolto e pubblicato un'analisi approfondita dello stato e delle prospettive delle tecnologie delle celle a combustibile, a supporto delle scelte nel settore della PA e dei potenziali utenti;
- contribuito alla definizione dei programmi

europei su celle a combustibile e idrogeno, aderendo alla associazione delle strutture di ricerca del settore (N.ERGHY), costituita per coordinare la partecipazione ai programmi 2008-2013, gestiti dalla partnership pubblico-privata Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking;

- partecipato, a supporto del MATTM, ai lavori dell'International Partnership for Hydrogen Economy;
- partecipato, in rappresentanza dell'Italia, agli Implementing Agreements dell'Agenzia Internazionale dell'Energia su Advanced Fuel Cells, Production and Utilisation of Hydrogen e Hybrid and Electric Vehicles, coordinando anche i contributi delle altre strutture nazionali interessate; in tale ambito sono state svolte azioni di scambio di informazioni sui programmi dei diversi paesi, analisi congiunte delle tecnologie e delle loro applicazioni, ricerche di comune interesse su tematiche specifiche.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

CONDIZIONAMENTO E ILLUMINAZIONE PER RESIDENZIALE E TERZIARIO

Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione. Interazione condizionamento e illuminazione

Scenario di riferimento

L'evoluzione dei consumi energetici degli edifici italiani mostra un evidente aumento dei consumi elettrici, prevalentemente imputabile alla maggior richiesta di condizionamento estivo.

La direttiva europea 91/2002 ha indotto tutti gli Stati membri, tra i quali l'Italia, a emanare regole più severe in materia di consumo energetico degli edifici.

La recente pubblicazione delle normative UNI TS 11300 consente finalmente ai progettisti italiani di muoversi in un quadro normativo certo per quanto riguarda la determinazione dei consumi energetici invernali e estivi; difficoltà rimangono nella emanazione delle norme relative alla certificazione e alla limitazione dei consumi energetici estivi, a causa dell'indisponibilità di benchmark rappresentativi per le diverse categorie di edifici nelle diverse aree climatiche italiane.

È inoltre ancora poco conosciuta la situazione dei consumi energetici per illuminazione, in particolare nel settore terziario e, poiché l'impiego di sistemi di illuminazione artificiale poco efficienti ha un considerevole impatto sui consumi per condizionamento estivo, è necessario sviluppare strumenti tecnici e progettuali per un più largo ricorso all'illuminazione naturale e artificiale ad alta efficienza.

Obiettivi

A supporto del legislatore nel recepimento delle direttive europee in tema di efficienza energetica degli edifici, sono stati definiti i seguenti obiettivi:

- aggiornamento dell'Archivio dei Dati Climatici e sviluppo di strumenti innovativi di valutazione e classificazione del clima;
- caratterizzazione di materiali e componenti semitrasparenti di facciata per l'individuazione di tipologie e famiglie di prodotti trasparenti ed ombreggianti, la definizione delle loro proprietà energetiche e luminose e la realizzazione di uno strumento per il calcolo delle prestazioni energetiche di un componente;
- analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati per un'indagine su consistenza numerica, distribuzione territoriale e caratteristiche strutturali e impiantistiche del settore non residenziale;
- determinazione dell'influenza dei sistemi semitrasparenti sulle prestazioni energetiche e luminose degli edifici e studi sull'interazione condizionamento-illuminazione; gli elementi schermanti influiscono sulla riduzione dei consumi per climatizzazione ma, se non ben progettati, possono indurre un aumento dei consumi di energia elettrica per illuminazione;
- partecipazione a gruppi di lavoro internazionali (Implementing Agreements) della IEA (Agen-

zia Internazionale dell'Energia) impegnati sui temi della Efficienza Energetica negli edifici (ECBCS - Energy Conservation in Buildings and Community Systems), delle applicazioni del Solare per il Riscaldamento e Raffrescamento degli edifici (SHC - Solar Heating and Cooling), oltre a quelli su Fotovoltaico e Eolico (Photovoltaic Power Systems, Wind Turbine Systems).

Risultati

Aggiornamento dell'Archivio dei Dati Climatici e sviluppo di strumenti innovativi di valutazione e classificazione del clima

Lo studio "Metodologia per l'elaborazione dei dati climatici necessari per la progettazione degli impianti per il riscaldamento degli edifici", prodotto in tale ambito, colma alcune lacune nella normativa tecnica per quanto attiene i dati riguardanti il comportamento termico degli edifici. La finalità è la costruzione "dell'anno tipo" e l'aggiornamento della norma UNI 10349. L'approccio consente di fornire elementi anche per la definizione di zone climatiche estive del territorio italiano. La metodologia sviluppata è stata applicata, quale caso esemplificativo, ai dati climatici aggiornati della regione Lombardia.



Vetro elettrocromico installato in una cella di prova

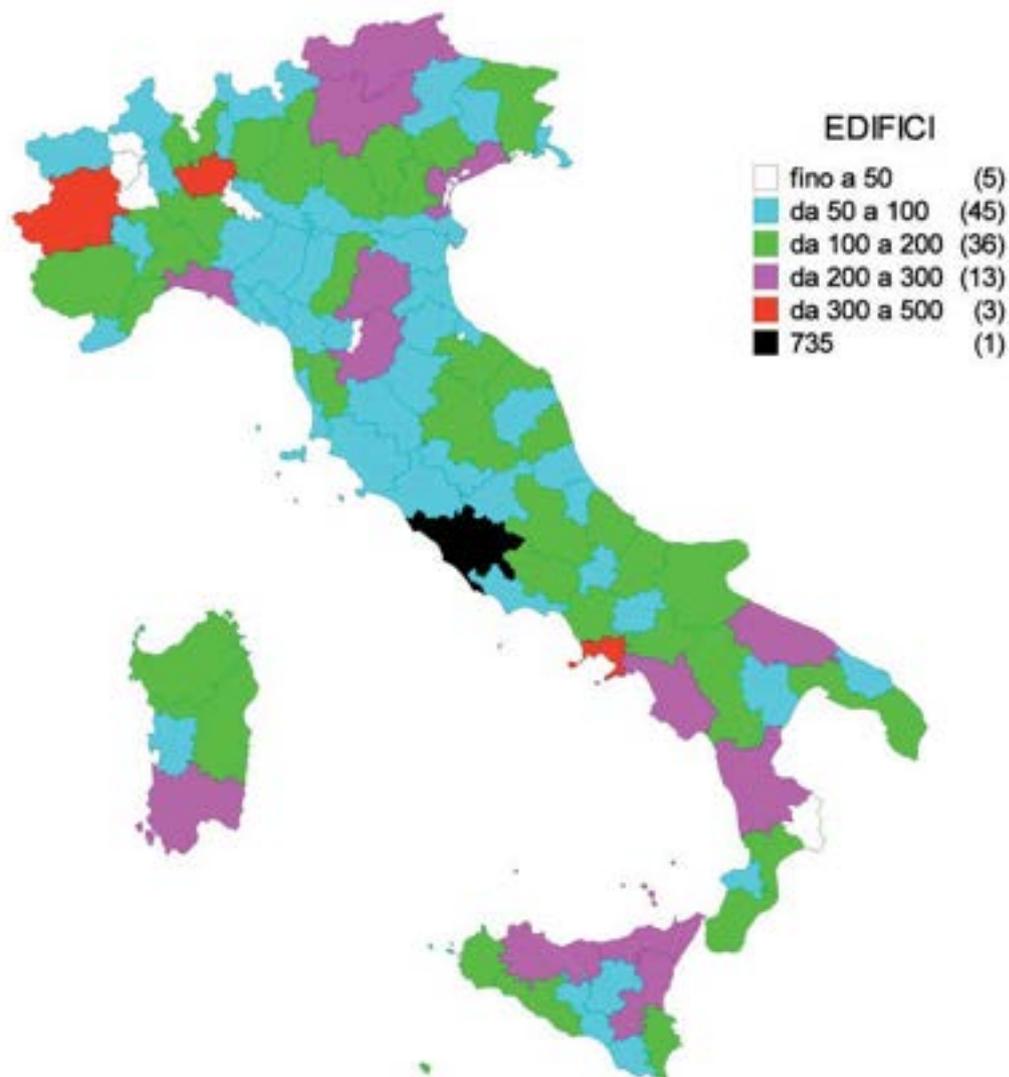
Altro prodotto di questa attività è lo sviluppo di un metodo di calcolo dell'Indice di severità del clima, che mette in relazione il fabbisogno di energia per il raffrescamento degli edifici e la verifica, mediante simulazioni, della congruità della relazione confrontando il fabbisogno di energia calcolato secondo normativa con quello stimato attraverso l'indice di severità climatica. Tale indice è necessario alla classificazione del territorio in zone climatiche estive e per definire i valori limite dei consumi energetici per il raffrescamento estivo in relazione alle caratteristiche strutturali ed impiantistiche dell'edificio.

Caratterizzazione di materiali e componenti semitrasparenti di facciata

Le attività si sono focalizzate sull'integrazione del componente trasparente con i sistemi schermanti al fine di valutare i benefici ottenibili in termini di comfort visivo e risparmio energetico per la climatizzazione estiva. Il rapporto "Caratterizzazione e valutazione di materiali trasparenti innovativi e sistemi schermanti" riporta i risultati della ricerca, in particolare riguardo una serie di sistemi innovativi; alcuni di questi risultati possono essere utilizzati dagli utenti come dati di input in strumenti di calcolo dedicati o come linee guida nella scelta dei sistemi trasparenti in relazione alle caratteristiche e alla destinazione d'uso dell'edificio. È inoltre presentato lo sviluppo di un software per il calcolo delle prestazioni dei sistemi ombreggianti dedicato al calcolo delle proprietà luminose, solari e termiche di sistemi trasparenti integrati con elementi schermanti.

Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati

Il parco edilizio nazionale per usi non residenziali è connotato da una composizione molto eterogenea (edilizia, impiantistica e di destinazione d'uso), da una scarsità di dati su consistenza e



Distribuzione degli edifici pubblici sul territorio nazionale

caratteristiche energetiche e da molte lacune riguardo gli aspetti gestionali e manutentivi. Anche dopo l'ultimo censimento nazionale ISTAT del 2001 i dati disponibili sono molto scarsi, soprattutto quelli energetici. È stata condotta un'approfondita indagine statistica dedicata alla "Caratterizzazione del parco immobiliare ad uso ufficio". L'indagine, condotta da CRESME con la collaborazione dell'ENEA, ha prodotto il primo studio in grado di definire un set di edifici tipo per uffici rappresentativi del parco italiano, suddivisi per zona geografica, climatica e demografica. Una parte dello studio è dedicata al settore degli uffici pubblici, ed è stata utilizzata per una valutazione delle potenzialità di intervento di efficientamento (rapporto "Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli

interventi di efficienza energetica").

È stata inoltre condotta una indagine sul settore alberghiero, al fine di caratterizzarne sia le tipologie edilizie più comuni che i principali profili di consumo. Il rapporto sul tema - "Caratterizzazione energetica del settore alberghiero in Italia" - è stato redatto a cura del Politecnico di Milano, Dipartimento di Energetica.

Altro tema trattato è stato il confronto fra le metodologie di calcolo e di certificazione adottate in vari paesi europei (Austria, Francia, Germania, Inghilterra, Portogallo e Spagna). Il rapporto "Analisi comparata su procedure di certificazione energetica in alcuni Paesi Europei" è stato redatto a cura del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano.

Determinazione dell'influenza dei sistemi semitrasparenti sulle prestazioni energetiche e luminose degli edifici e studi sull'integrazione condizionamento-illuminazione

L'attività ha consentito di razionalizzare le informazioni disponibili in tema di prestazioni energetiche dei sistemi di illuminazione ibridi (naturale + artificiale), sia dal punto di vista normativo, che dal punto di vista del componente schermante, che dal punto di vista delle soluzioni tecnologiche (componente + sistema illuminante + sistema di controllo). Nei quattro rapporti prodotti (a cura di ENEA, Università di Palermo, Università La Sapienza di Roma e Politecnico di Torino) sono riportati, tra altro, interessanti casi studio di applicazioni di metodi progettuali e di sistemi di gestione e controllo di sistemi di illuminazione ibrida.

Partecipazione a gruppi di lavoro internazionali

Gli studi realizzati dai gruppi di lavoro italiani impegnati sui vari temi degli Implementing Agreements della Agenzia Internazionale della Energia (IEA) si sono concretizzati in documenti, strumenti di calcolo, linee guida per la progettazione ecc. e riguardano, tra l'altro: applicazioni di micro cogenerazione a edifici residenziali; l'illuminazione efficiente innovativa; il retrofit degli edifici pubblici; applicazioni innovative di sistemi a pompa di calore; i sistemi di climatizzazione a bassa exergia; i sistemi di solar cooling.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle ricerche e delle attività di partecipazione ai gruppi di lavoro internazionale sono consultabili sul sito www.enea.it.



Impiego di modelli di simulazione per il controllo della efficacia dell'utilizzo della luce naturale in un sistema di illuminazione ibrido

GOVERNANCE ED EFFICIENZA ENERGETICA

Sviluppo di linee guide e indici di riferimento per il legislatore

Scenario di riferimento

La normativa sull'efficienza energetica degli edifici e la regolamentazione per l'impiego delle fonti rinnovabili e il mercato della generazione distribuita sono in continuo sviluppo. Attualmente in Italia non esistono elementi di riferimento affidabili e test per la valutazione dei consumi energetici degli edifici distinti per categorie e il miglioramento dell'efficienza. Per quanto riguarda il sistema elettrico, non esistono studi organici e modelli di valutazione che forniscano al legislatore le informazioni necessarie per un'azione più incisiva sull'efficienza lato produzione, distribuzione e usi finali e sugli aspetti legati all'evoluzione delle reti verso le smart grid.

Le recenti normative europee sull'efficienza energetica degli edifici, in particolare la direttiva 2002/91/CE e i Dlgs di recepimento 192/05 e 311/06, richiedono, per la loro efficace attuazione, un'approfondita analisi del sistema edificio-impianto. Diventa pertanto necessario disporre di dati e informazioni per indirizzare la governance verso scelte mirate al raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi e delle emissioni di gas climalteranti, per i quali il nostro Paese si è impegnato.

Obiettivi

L'obiettivo principale di questo tema di ricerca è quello di fornire un primo quadro conoscitivo della situazione dei consumi del settore residenziale e non residenziale, in modo da supportare il legislatore nell'emanazione di opportuni indirizzi e norme in tema di efficienza energetica che consentano il pieno recepimento delle direttive europee, e poter valutare proposte, tra loro alternative, per una definizione di fabbisogni energetici degli edifici e per i relativi indicatori di riferimento. Ci si prefigge di raggiungere l'obiettivo attraverso:

- l'analisi della normativa vigente in ambito nazionale ed europeo in materia di efficienza degli usi finali dell'energia e servizi energetici, con approfondimento specifico degli aspetti relativi a incentivi e ostacoli per la diffusione delle fonti di energia rinnovabili e della generazione distribuita;
- la definizione di indici e livelli di fabbisogno energetico di edifici con diverse destinazioni d'uso: scuole, alberghi, uffici, centri commerciali, ospedali e residenziale;
- la valutazione dei consumi nell'edilizia esistente e la definizione di una metodologia di benchmark, mediante codici semplificati, necessaria allo sviluppo di strumenti di governance e in grado di incidere sulle opportunità e convenienze di promuovere soluzioni per l'efficienza energetica degli edifici;

- la creazione di un database di sistemi e tecnologie di generazione distribuita che consenta di definire e valutare le prestazioni di diverse tipologie di impianti di microgenerazione.

Risultati

Analisi della normativa vigente in ambito nazionale ed europeo

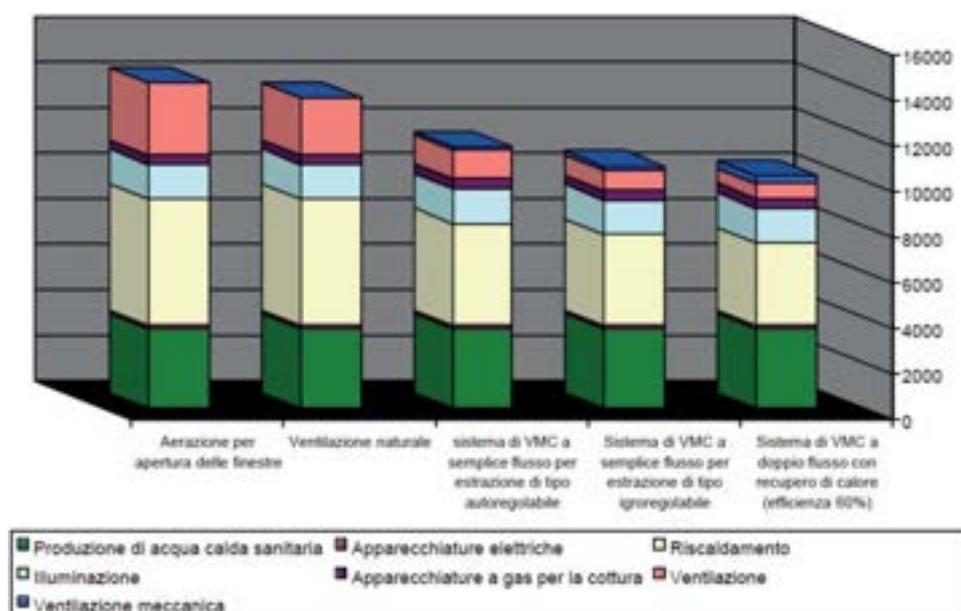
La normativa, anche a seguito dell'emanazione del DLgs 115/08 di recepimento della direttiva 32/2006/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e ai servizi energetici, è soggetta a continui sviluppi e aggiornamenti, per cui è difficile seguire la situazione, anche alla luce di quanto le Regioni hanno in essere.

Il lavoro è stato impostato seguendo due linee di attività: la prima ha riguardato la raccolta e l'analisi dei provvedimenti legislativi e normativi collegati al settore dell'energia elettrica, valutando punti deboli e opportunità di miglioramento dell'efficienza lato produzione, trasporto e distribuzione e usi finali; la seconda ha avuto come obiettivo la definizione di indicazioni sulle caratte-

ristiche del mercato della generazione distribuita e sugli aspetti legati all'evoluzione delle reti verso le smart grid.

I risultati di questa attività hanno evidenziato le criticità relative alla mancanza di una politica energetica chiara e coerente, capace di rispondere alle debolezze proprie del Paese (dipendenza energetica dall'estero per oltre l'85%, scarso sviluppo delle fonti alternative ai combustibili fossili, carente diffusione di tecnologie a migliore efficienza energetica diffuse in altri paesi, dimensione e capitali delle imprese mediamente limitati e scarsa capacità di attrarre investimenti esteri ecc.).

Dall'analisi è emersa anche la necessità di un quadro stabile di regole e indirizzi sulle politiche per una fiscalità energetica accorta e sullo sviluppo di strumenti di credito bancario adatti a favorire lo sviluppo di imprese nel settore dell'efficienza e delle rinnovabili. Il rapporto dell'attività svolta è stato redatto con il contributo della FIRE.



La sigla VMC sta per ventilazione meccanica controllata

Consumi energetici (kWh) riferiti ad un alloggio tipo

Definizione di indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di consumo energetico

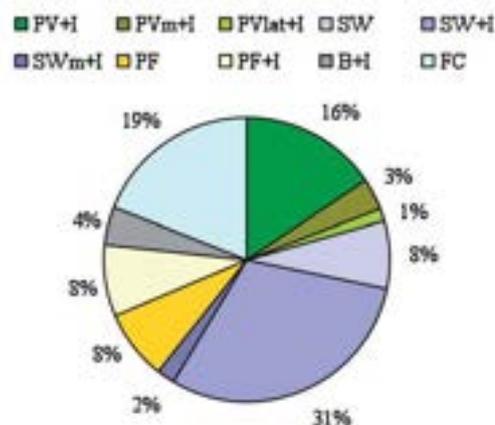
L'attività ha portato all'individuazione – a partire dalla situazione legislativa in tema di efficienza energetica a livello europeo e nazionale - di indici e livelli di consumo (benchmark) attuali, distinti per diverse destinazioni d'uso (scuole, alberghi, uffici, grandi magazzini e residenziale) e varie tipologie edilizie, condizioni climatiche e condizioni d'impiego.

Ciò consentirà una più puntuale implementazione a livello nazionale della normativa europea (tra cui le direttive 2002/91/CE e 32/2006/CE) riguardante le prestazioni energetiche degli edifici e il miglioramento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto, in modo particolare per i consumi elettrici e la valutazione dei livelli di efficienza energetica ottenibili in funzione delle possibili soluzioni tecnologiche. Lo sviluppo di modelli di valutazione del sistema elettrico nazionale, che preveda l'integrazione dei sistemi edificio/impianto, è finalizzato anche alla promozione della generazione distribuita di energia. Alle attività hanno partecipato l'Università di Pisa, il Politecnico di Milano, l'Università di Roma La Sapienza, l'Università Roma Tre, il CTI e l'Università di Napoli RIAS.

Valutazione dei consumi nell'edilizia esistente e benchmark mediante codici semplificati

Nel documento che relaziona sull'attività svolta sono presentate le principali metodologie di benchmarking e messi in evidenza alcuni fattori chiave su cui intervenire per progettare e realizzare centri commerciali caratterizzati da un elevato livello di compatibilità ambientale. Particolare attenzione è stata posta sul processo metodologico per il calcolo degli indicatori prestazionali relativi al fabbisogno energetico. Da un lato, la maggiore consapevolezza della metodologia di calcolo permette di capire quali sono i

parametri che maggiormente influenzano le prestazioni energetiche di un edificio; dall'altro, il controllo continuo del livello di prestazione dell'edificio aiuta a comprendere i margini di miglioramento di determinati comportamenti o di specifici interventi localizzati, favorendo una progressiva riduzione dei consumi energetici. La classificazione di un edificio secondo una scala di benchmarking è uno stimolo a diffondere e promuovere le migliori pratiche costruttive disponibili sul mercato: è un'attività quindi che necessita di continui aggiornamenti. È stata pertanto proposta una metodologia i cui margini di sviluppo vengono definiti in base ai casi studio che potranno essere catalogati, alla qualità di edifici che sarà possibile analizzare con l'ausilio di programmi di simulazione dinamica e ai confini geografici specifici. Questa attività è stata prodotta in collaborazione con l'ITC-CNR.



PV Parete Ventilata in calcestruzzo
PM Parete Ventilata metallica
PVlat Parete Ventilata in blocchi di laterizio
SW Pannello multistrato sandwich in cls prefabbricato
SWm Pannello multistrato in metallo
PF Parete monostrato in cls prefabbricato
B Parete multistrato in blocchi di cls
FC Facciata continua strutturale
+I = con isolamento

Frequenza percentuale tra gli edifici analizzati delle chiusure verticali opache

Creazione di un database di sistemi e tecnologie di generazione distribuita

L'attività di ricerca ha riguardato la creazione di un database di sistemi di microgenerazione, con l'indicazione dei componenti del sistema di conversione, evidenziando i principali indici di prestazione energetica. Nella fase iniziale l'attenzione è stata rivolta all'individuazione dei sistemi già in commercio o in fase di ricerca e sviluppo, sulla base delle informazioni disponibili nella letteratura tecnica e scientifica, reperibili presso i costruttori o da specifiche indagini sperimentali condotte in laboratorio o "in-situ".

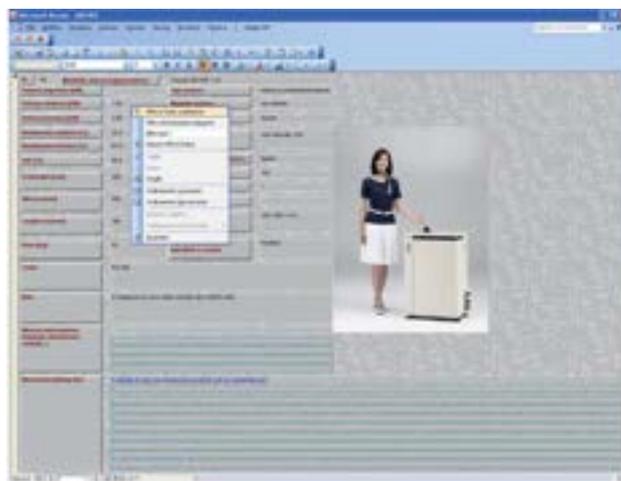
Lo studio ha consentito l'individuazione delle principali tecnologie dei sistemi di microgenerazione, generalmente composti da un motore primo, un generatore elettrico e un sistema di recupero dell'energia termica.

Una prima classificazione è stata fatta con riferimento alle diverse tecnologie utilizzate per il motore primo (motori alternativi a combustione interna, celle a combustibile, motori Stirling, turbine a gas ecc.). Ulteriori elementi caratterizzanti il propulsore, considerati nella redazione del database, sono stati: la potenza meccanica all'asse, il sistema di raffreddamento, la cilindrata e il combustibile, sia di tipo convenzionale derivato da fonte fossile (gas naturale, GPL ecc.) che di tipo rinnovabile (olio vegetale, biodiesel).

Di primaria importanza è stata la caratterizzazione del sistema utilizzato per il recupero dell'energia termica che può avvenire interagendo con i gas di scarico, con il circuito di raffreddamento del motore, con l'olio di lubrificazione e mediante il raffreddamento del generatore elettrico. Sono stati inoltre evidenziati gli intervalli di temperatura in cui è disponibile l'energia termica recuperata, al fine di individuare correttamente le utenze da servire.

In base ai dati disponibili è stato possibile individuare i flussi energetici caratteristici di ciascun microgeneratore (potenza primaria, potenza elettrica e potenza termica recuperata) al fine di ricavare i parametri energetici, caratteristici dei sistemi di cogenerazione, quali il rendimento elettrico, il rendimento termico e l'efficienza globale del sistema (coefficiente di utilizzazione del combustibile). Tali dati sono stati reperiti sia dalla letteratura specifica di settore che mediante apposite campagne di test.

Alle attività ha partecipato l'Università del Sannio.



Restituzione, a seguito di opportuna selezione, di informazioni presenti nel data base

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.

PROMOZIONE TECNOLOGIE EFFICIENTI

Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione di interventi per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici su scala territoriale e urbana

Scenario di riferimento

La Commissione Europea, in accordo con i principi enunciati nella Direttiva 2006/32/CE, si adopera per produrre nuovi strumenti di finanziamento per ottemperare ad uno dei problemi principali per la diffusione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica: il reperimento del capitale da investire attraverso l'erogazione di aiuti all'investimento e la creazioni di condizioni favorevoli per i prestatori di capitale. Alle Pubbliche Amministrazioni si richiede di adottare, per interventi in campo energetico e ambientale, strumenti finanziari come fondi di garanzia, fondi di rotazione, project financing.

Il D.Lgs. 115/2008, in attuazione della direttiva 2006/32/CE e in accordo con le indicazioni contenute nel Piano d'Azione Italiano dell'Efficienza Energetica "al fine di promuovere la realizzazione di servizi energetici e di misure di incremento dell'efficienza energetica" ha destinato finanziamenti per 25 milioni di euro agli interventi realizzati tramite lo strumento del "finanziamento tramite terzi" in cui il terzo risulta essere una ESCo, evidenziandone ancora una volta il ruolo strategico per l'incremento degli interventi di miglioramento energetico.

Per ottemperare a tutto questo, bisogna investire nell'evoluzione della tecnologia energetica che, oltre a rappresentare un'opportunità per lo sviluppo tecnologico, permette il controllo delle emissioni inquinanti.

Obiettivi

Scopo dell'attività è lo sviluppo e la diffusione di "soluzioni tecnologiche di sistema" per la riduzione dei consumi nei distretti energetici.

Ci si prefigge di raggiungere l'obiettivo attraverso:

- la progettazione e lo sviluppo di modelli di analisi energetica a livello di distretto;
- lo sviluppo di ambienti semplificati di calcolo, tramite simulazione dinamica, per la progettazione ottimale del sistema edificio-impianto con le tecnologie individuate;
- la realizzazione di applicazioni dimostrative, per validare con monitoraggi reali i risultati attesi e promuovere la replicabilità dell'esperienza;
- l'indirizzamento dell'importante ruolo delle ESCo nel settore della promozione dell'efficienza energetica, attraverso la modellazione di una ESCo pubblico-privata con lo scopo, in primo luogo, di trasferire il know-how specifico sviluppato ed in secondo luogo di innescare un meccanismo virtuoso verso l'ottimizzazione dei servizi di energia (uso esclusivo di Energy Performance Contract).

Modellazione di ESCo pubblica-privata e ricognizione di strumenti finanziari

Insieme all'Università di Padova (Dipartimento di Ingegneria Elettrica) e all'Unità Tecnica Finanza di Progetto della Presidenza del Consiglio dei Ministri è stata svolta un'analisi dell'attuale panorama delle ESCo, delle normative regolatorie e delle caratteristiche del mercato. I risultati dimostrano, in primo luogo, che la mancanza di una definizione stringente e l'esistenza di associazioni di categoria di giovane età impediscono di fornire una fotografia nitida del mercato; esistono diverse fonti accreditate a vario titolo a cui attingere e che descrivono un quadro piuttosto variegato che conta 372 voci, aggregabili in 7 insiemi: Agenzie Save, ESCo, ESCo pubblico-private, possibili ESCo, Consorzi d'acquisto, Utility e altro.

In secondo luogo, sono state evidenziate le principali criticità che bloccano lo sviluppo del mercato: mancanza di fondi, normativa lacunosa, tipologia dei contratti di servizio energetico, basso valore dei certificati bianchi, scarsa familiarità degli operatori del settore con gli Energy Performance Contract, poca propensione da parte dei consumatori all'innovazione e alla comprensione dei vantaggi che possono trarne, diffidenza del mercato di fronte alle nuove forme di investimento proposte dalla ESCo.

I modelli organizzativi proposti per la nuova ESCo rispondono al quadro normativo di riferimento del partenariato pubblico privato (PPP) istituzionalizzato. Il primo modello prevede la finalizzazione dell'IPPP ad una missione circoscritta sul piano oggettivo e temporale (ben dettagliata attraverso il bando di gara) ed esclude la possibilità di ulteriori estensioni se non previste dall'originario appalto o concessione. Il secondo modello prevede la costituzione di una società mista (Newco) con un partner selezionato con procedura a evidenza pubblica modellata in rapporto all'oggetto dell'attività che la costituenda società sarà depu-

tata a svolgere; i ricavi da servizi dovranno essere in grado di remunerare gli investimenti effettuati e la loro gestione/manutenzione, nonché coprire i costi fissi e variabili relativi alla gestione della ESCo stessa.

In entrambi i casi la selezione del/i partner privato/i è il primo passo organizzativo di un progetto che deve essere funzionale all'idea di sviluppo energetico e ambientale ricercato, che consideri la realtà del territorio di riferimento, gli obiettivi che su quel territorio si vogliono perseguire e gli interessi diffusi dei vari attori del settore energia.

Piattaforma ODESSE – Optimal DESign for Smart Energy

ODESSE è uno strumento di modellazione dinamica che consente di stimare la fattibilità tecnico-economica di un intervento per la riqualificazione energetica di uno o più edifici e rappresenta un supporto determinante nella progettazione di edifici ecosostenibili.



L'approccio metodologico alle origini di una piattaforma complessa come ODESSE deriva dalla visione integrata del "distretto energetico", un'area o insediamento (residenziale, non residenziale, industriale) che costituisce un sistema energetico, la cui efficienza può essere migliorata con un mix di soluzioni tecnologiche che ottimizzino l'interazione tra consumi e generazione locale dell'energia.

È ormai noto che l'impiego di soluzioni innovative con un potenziale di efficientamento più elevato richiede una progettazione ottimizzata e assistita da simulazioni dinamiche del sistema edificio-impianti.

La piattaforma software ODESSE è in grado di simulare l'esercizio di fonti energetiche funzionanti in generazione distribuita al servizio d'utenze reali (edifici) e con condizioni tariffarie, fiscali e normative reali. Il progettista può quindi valutare l'integrazione di più tecnologie ad alta efficienza energetica (fonti rinnovabili, cogenerazione, solar cooling ecc.) in funzione delle caratteristiche meteo del sito e delle richieste del contesto territoriale, in modo da aumentarne la sostenibilità e la competitività.

La piattaforma ODESSE è costituita da alcuni moduli fondamentali:

- interfaccia utente, utilizzata per inserire i dati di input utili alla simulazione (le caratteristiche strutturali e geometriche degli edifici, specifiche degli impianti, variabili da monitorare ecc.);
- data base dei materiali per opere civili, costruito in conformità alle norme UNI, ampliato con biomateriali innovativi;
- pre-processore, per il calcolo di parametri termici fondamentali dell'edificio, ponti termici, guadagni interni dovuti al profilo di utilizzo degli ambienti e delle apparecchiature elettriche (PC, illuminazione artificiale);
- simulatore dinamico, motore di calcolo per valutare il carico termico orario, il fabbisogno annuo di energia primaria (FEP) delle sorgenti distribuite e i costi annui per la climatizzazione invernale/estiva in funzione dell'irraggiamento solare e della temperatura esterna; per il calcolo della radiazione oraria sull'involucro e la temperatura oraria del sito ODESSE utilizza un sistema di calcolo sviluppato da ENEA (Neural Weather Generator, NWG) che, a differenza dei modelli esistenti in cui i dati climatici sono sostanzialmente letti da un database che riporta valori storici di varie località, si basa sulla previsione di tali valori attraverso l'impiego di reti neurali evolutive;
- post-processore, che fornisce i risultati della simulazione dinamica sotto forma di dia-

grammi o indicatori prestazionali del sistema edificio-impianto.

Lo sviluppo dei modelli matematici relativi alle sorgenti energetiche e al sistema di distribuzione che, nel prossimo programma di attività, verranno integrati in ODESSE, è stato realizzato con la collaborazione di varie università italiane (Università di Roma La Sapienza, Università Roma Tre, Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Università di Palermo, Università del Salento) creando un network di riferimento, che condivide una risorsa nazionale comune, verso cui si intende orientare anche produttori di componenti, operatori del settore (progettisti, costruttori, ESCo ecc.) e PA, e che di per sé costituisce un risultato di valore.

Applicazioni dimostrative

È stata fatta una selezione delle tecnologie reperibili sul mercato caratterizzate da alti livelli di efficienza energetica e utili alla valorizzazione delle risorse rinnovabili localmente disponibili, per la scala di distretto. Per ognuna delle tecnologie o soluzioni impiantistiche scelte, sono stati sinteticamente messi in evidenza vantaggi e limiti di applicazione, in modo da ottenere un quadro verosimile e suggerire soluzioni applicabili nell'attuale contesto energetico nazionale.

Questa analisi è stata propedeutica all'individuazione, definizione ed elaborazione progettuale di due applicazioni dimostrative, volte a diffondere su larga scala le nuove tecnologie, favorendo la creazione di un modello di sviluppo basato su insediamenti in cui un mix di soluzioni tecnologiche consenta di ottimizzare l'interazione tra consumo e generazione locale dell'energia, attraverso la riduzione dei consumi e l'uso delle fonti rinnovabili.

Come prototipi di intervento sono stati identificati due edifici presenti nel Centro di Ricerca ENEA della Casaccia (Roma) e nella Cittadella della Ricerca di Brindisi.

Nel caso dell'edificio di Roma è stato realizzato il

progetto per l'installazione di un sistema di climatizzazione caldo/freddo basato su tecnologia solar cooling (i lavori di installazione sono in corso). Il sistema di climatizzazione proposto è composto principalmente da un campo solare composto da pannelli a tubi evacuati, da due accumuli, uno per il fluido termovettore solare e l'altro per l'acqua calda o fredda verso l'utenza, da una macchina ad assorbimento monostadio ad Acqua-Bromuro di Litio, da una torre di raffreddamento per lo smaltimento del calore della macchina frigorifera e da una caldaia di reintegro che supplisce alle situazioni di insufficiente radiazione solare.

Le ragioni di tale scelta dipendono dall'intenzione di sperimentare una tecnologia innovativa che si ritiene possa diventare un modello energetico efficiente di riferimento per la climatizzazione nell'Italia centromeridionale e per i Paesi del bacino mediterraneo, in ragione delle sue principali caratteristiche: sfrutta l'energia solare con un risparmio di energia primaria di circa il 50%; viene azionata da energia termica a temperature compatibili con i pannelli solari commerciali; i fluidi refrigeranti utilizzati non creano problemi per l'ambiente.

Per quanto riguarda l'edificio di Brindisi, sono state previste tutte le attività propedeutiche alle fasi di progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva,

volte alla fattibilità di un intervento di riqualificazione energetica.

Lo studio è stato rivolto all'adeguamento dell'involucro esterno dell'edificio, alle esigenze di comfort interno e di miglioramento dei livelli di consumo energetico attraverso l'impiego di alcune soluzioni tecnologiche quali: cappotto di pannelli isolanti in polistirene e grafite schermati da una pannellatura in lamiera stirata fissata alla parete esistente con una sottostruttura in acciaio zincato, copertura coibentata con pannelli isolanti, un sistema di pannelli radianti a soffitto e sistema di ventilazione naturale per una la migliore climatizzazione, impianto fotovoltaico e impianto di solar cooling.

Le scelte architettoniche e impiantistiche sono state validate attraverso una serie di simulazioni dinamiche che hanno permesso di quantificare il miglioramento del comfort, il risparmio energetico rispetto allo stato attuale e, quindi, anche di valutare i tempi di ritorno dell'impegno economico.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.



Vista fotorealistica (esterno) dell'intervento proposto a Brindisi

PROMOZIONE TECNOLOGIE ELETTRICHE INNOVATIVE

Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Scenario di riferimento

In alcuni comparti del settore industriale e nel terziario esistono diffuse applicazioni di tecnologie elettriche che presentano un potenziale di miglioramento dell'efficienza, sia per l'installazione di sistemi e componenti efficienti, sia per la gestione integrata del sistema. Per particolari applicazioni, il tradizionale ricorso all'energia termica, ottenuta in genere con impianti di generazione alimentati a gas naturale, può essere sostituito in termini economicamente vantaggiosi e tecnicamente possibili con l'impiego di energia elettrica e delle relative tecnologie di utilizzo.

Se l'efficienza energetica dei processi produttivi "energy intensive" può considerarsi in genere buona, esistono margini rilevanti di miglioramento nella gestione integrata delle reti energetiche locali, a livello di stabilimento, di area industriale o di distretto. Queste reti presentano varie problematiche, tra cui la gestione delle unità locali di generazione (spesso di cogenerazione o trigenerazione) nell'ambito più grande della gestione dei carichi, la copertura dei picchi di potenza, l'efficienza delle reti e degli apparecchi elettrici non di processo. Inoltre l'utilizzo di elettrotecnologie innovative in sostituzione, anche solo parziale, di alcuni carichi termici, può giovare all'ottimizzazione della gestione integrata della

rete elettrica locale.

I potenziali di miglioramento di applicazioni efficienti e innovative (per "innovative" si intende non esclusivamente tecnologie "nuove" ma innovative nell'applicazione al settore o al processo produttivo) sono da verificare sperimentalmente, in particolare per quanto riguarda le applicazioni di tipo trasversale, ossia non specifiche per un comparto industriale.

Obiettivi

Individuati i settori di maggiore penetrazione delle elettrotecnologie efficienti e innovative e analizzate potenzialità e barriere alla loro diffusione nei settori di utenza più promettenti, il programma di attività triennale si prefigge la realizzazione e il successivo monitoraggio di applicazioni sperimentali su scala reale di quelle elettrotecnologie che hanno raggiunto un grado di sviluppo completo o prototipale.

È necessario il coinvolgimento di partner industriali che consentano la realizzazione di applicazioni dimostrative presso i loro siti produttivi.

Il programma prevede:

- la ricognizione delle possibili applicazioni delle tecnologie elettriche nelle utenze industriali, con acquisizione di quanto già esiste sul mercato e individuazione dei settori di maggiore penetrazione;
- l'analisi delle potenzialità delle tecnologie

elettriche efficienti negli usi finali e delle barriere al loro conseguimento in alcuni settori di utenza, realizzando modelli di simulazione;

- la realizzazione di applicazioni sperimentali pilota per dimostrare la tecnologia;

- la definizione di linee guida e l'individuazione di temi di ricerca e sviluppo per programmi futuri.

Gli obiettivi e le attività del primo anno sono riportate in tabella:

Linee di attività	Obiettivi delle singole attività
Osservatorio sulle tecnologie efficienti	<ol style="list-style-type: none"> 1 Ricognizione delle tecnologie elettriche utilizzate nelle utenze industriali e delle tecnologie termiche potenzialmente sostituibili con tecnologie elettriche innovative 2 Creazione del data-base sulle tecnologie e del sito web per la fruizione pubblica dei prodotti realizzati nell'ambito del tema di ricerca
Reti energetiche locali ad alta efficienza	<ol style="list-style-type: none"> 3 Sviluppo e validazione di modelli di reti energetiche locali che vedono la presenza di tecnologie cogenerative di piccola taglia (microgenerazione nel settore residenziale) 4 Sperimentazione di modelli innovativi di macchine per il condizionamento ambientale (pompe di calore) nel settore terziario 5 Ottimizzazione dei flussi energetici (elettrici e termici) nei distretti industriali attraverso l'utilizzo di tecnologie elettriche e cogenerative
Reti di illuminazione ad alta efficienza in applicazioni industriali	<ol style="list-style-type: none"> 6 Sviluppo di un progetto dimostrativo in scala reale per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'illuminazione industriale in capannoni di produzione e magazzini, attraverso una attenta progettazione illuminotecnica che utilizza tecnologie innovative e sfrutta l'integrazione dell'illuminazione naturale e artificiale
Applicazioni innovative di sistemi di accumulo elettrico in ambito industriale e terziario	<ol style="list-style-type: none"> 7 Studio di sistema, con relative valutazioni tecnico-economiche, per l'applicazione ad una funivia di un dispositivo di accumulo elettrico a medio termine (batterie) 8 Studio di sistema, con relative valutazioni tecnico-economiche per l'applicazione ad un carro ponte di un dispositivo di accumulo a breve termine (accumulo con supercondensatori) e realizzazione di un prototipo per le prove di laboratorio

Risultati

Ricognizione tecnologie

La ricognizione ha riguardato tutte le tecnologie elettriche innovative disponibili, con la logica di fornire prodotti di ricerca il più possibile pronti all'utilizzazione da parte degli operatori di settore lato utenza finale.

L'attività ha fornito come principale risultato un gruppo di rapporti tecnici sui settori a maggior potenziale di penetrazione delle elettrotecnologie innovative e sulle barriere alla penetrazione di

mercato: l'analisi parte dal piano tecnologico, coinvolge il quadro normativo/legislativo di riferimento, per giungere, attraverso l'individuazione delle barriere, a suggerire strategie di intervento.

Creazione del data-base sulle tecnologie e del sito web

È stato progettato e realizzato il sito web www.elettrotecnologie.enea.it per la diffusione dei prodotti realizzati nell'ambito di questa ricerca. Nel sito, organizzato per sezioni dotate di menu

che ne rendono semplice e intuitiva la consultazione, schede tecniche descrivono le tecnologie e facilitano l'utilizzo dei prodotti sviluppati e messi a disposizione degli utenti (rapporti tecnici, tool e software, altro materiale).

Microgenerazione nel settore residenziale

Sono stati sviluppati modelli di simulazione dinamici per impianti di microcogenerazione calibrati e validati con le principali tecnologie esistenti in commercio (turbine e motori a combustione interna) per applicazioni in reti energetiche locali, al fine di valutarne i potenziali di diffusione in ambito residenziale.

Pompe di calore nel settore terziario

Sono state svolte attività propedeutiche alla sperimentazione di modelli innovativi di macchine per il condizionamento ambientale, che consentono il confronto tra tecnologie emergenti ad alta efficienza, quali pompe di calore elettriche con sbrinamento intelligente e pompe di calore ad assorbimento a gas.

Distretti industriali

È stato realizzato uno studio per l'ottimizzazione dei flussi energetici nei processi produttivi, in area integrata industriale, attraverso l'utilizzo di tecnologie elettriche e cogenerative per il recupero del calore, la riduzione dei consumi e l'aumento dell'efficienza energetica.

Lo studio descrive le principali grandezze economiche ed energetiche relative ad un panel di aziende del distretto e le più importanti azioni intraprese per conseguire un minor consumo di energia elettrica e termica (installazione di pannelli fotovoltaici, pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria, impianti di cogenerazione; riutilizzo dei cascami energetici delle soluzioni calde di tintura; sostituzione dei motori elettrici con motori ad alta efficienza ecc.).

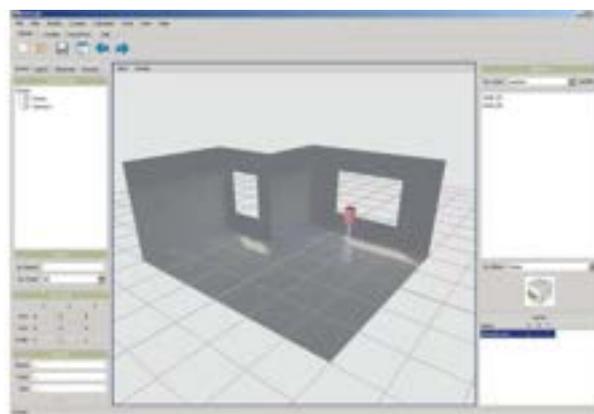
Reti di illuminazione industriale

L'ENEA ha sviluppato un progetto dimostrativo in scala reale di miglioramento dell'efficienza energetica dell'illuminazione industriale nel nuovo capannone di un'industria aeronautica, una situazione complessa con caratteristiche di dinamicità per il ricorso alla luce naturale e utilizzo variabile nel tempo.

È stata eseguita la progettazione illuminotecnica, nei suoi aspetti di qualità dell'ambiente luminoso e di efficienza energetica, sfruttando l'integrazione dell'illuminazione naturale e artificiale, utilizzando tecnologie innovative afferenti a reti di illuminazione ad alta efficienza in applicazioni industriali: lampade ad alta efficienza, apparecchi ad alto rendimento ottico, led, regolatori di flusso, sistemi intelligenti di controllo e gestione dei carichi di illuminazione ecc.

Sono state predisposte Linee guida per l'illuminazione naturale e l'integrazione con illuminazione artificiale.

Infine, è stata sviluppata una piattaforma software freeware (LITESTAR11) per modellazione, progettazione assistita, simulazione di controlli e di gestione di impianti illuminotecnici. Tale piattaforma indirizza il progettista verso le soluzioni più idonee a soddisfare parametri di comfort ed efficienza, consente la modellazione dinamica e l'ottimizzazione percettiva, energetica, economica.



Esempio di simulazione: locale con apporto di luce naturale da finestra e sensore per controllo impianto



Esempio di output delle simulazioni effettuate



Vista di insieme del prototipo costruito presso l'ENEA

Accumulo elettrico con batterie: applicazione ad una funivia

Lo studio ha portato al dimensionamento del sistema di accumulo elettrochimico applicato all'alimentazione di un impianto a fune, comprese le valutazioni tecnico-economiche, e a prove di caratterizzazione del sistema di accumulo prescelto.

Accumulo elettrico con supercondensatori: applicazione ad un carro ponte

Lo studio ha portato al dimensionamento del sistema di accumulo applicato all'alimentazione di un carro ponte, comprese le valutazioni tecnico-economiche, e all'effettuazione di una prova di caratterizzazione di un emulatore del carro ponte, completo di azionamento, accumulo, interfaccia con la rete.

Nell'ambito delle applicazioni di sistemi di accumulo elettrico, importanti attività sperimentali si sono svolte presso i laboratori ENEA del Centro Ricerche ENEA Casaccia. Una prima sperimentazione ha riguardato i sistemi di accumulo; sono anche state eseguite prove di sistema "hardware emulated", dove componenti e sottosistemi sono in maggioranza reali.

La sola modellistica non avrebbe offerto, specie dal punto di vista della misura dell'efficienza energetica del sistema di accumulo, nessuna garanzia di attendibilità dei risultati. Inoltre, questa attività ha consentito la predisposizione di una metodologia generale finalizzata al dimensionamento ottimale di convertitori e sistemi di accumulo in funzione dei diversi obiettivi (load levelling, peak shaving, recupero di energia ecc.), all'individuazione delle strategie di controllo più appropriate dei convertitori e dell'intero sistema, all'approfondimento della modellistica dei supercondensatori e al loro comportamento in diverse condizioni di trasferimento e ambientali, all'individuazione delle applicazioni industriali e delle condizioni d'uso più promettenti, valutandone la convenienza economica sull'intero ciclo di vita dell'impianto.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it e sul sito realizzato per il Tema di Ricerca (www.elettrotecnologie.enea.it).