

ACCORDO DI PROGRAMMA

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO - ENEA

PER LO SVOLGIMENTO DELLE LINEE DI ATTIVITÀ INDICATE NELL'ALLEGATO 1 DEL
DECRETO MINISTERIALE 23 MARZO 2006, CONCERNENTE L'APPROVAZIONE DEL
PIANO TRIENNALE DELLA RICERCA DI SISTEMA E PIANO OPERATIVO ANNUALE PER LE ATTIVITÀ DI
RICERCA E SVILUPPO DI INTERESSE GENERALE PER IL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE
E ATTRIBUZIONE DELLE RISORSE DEL FONDO, DI CUI AL DECRETO INTERMINISTERIALE 26 GENNAIO 2000

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

II^a ANNUALITÀ'

Rev. 2 (Maggio 2009)

INDICE DEL DOCUMENTO

PREMESSA		pag. 3
AREA PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE		
Tema di ricerca 5.2.2.2	Sviluppo di un sistema innovativo di combustione oxicombustion – di tipo “flameless” – di carbone per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione, predisposti per la cattura della CO2	pag. 6
Tema di ricerca 5.2.5.2	Tecnologie di gassificazione del carbone con cattura e sequestro della CO2	pag. 16
Tema di ricerca 5.2.5.3	Sviluppo di tecnologie avanzate per componenti fotovoltaici innovativi	pag. 23
Tema di ricerca 5.2.5.9	Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno	pag. 32
Tema di ricerca 5.2.5.11	Sviluppo di tecnologie innovative per le applicazioni stazionarie cogenerative delle celle a combustibile anche con l'utilizzo di biogas e biomasse	pag. 40
Tema di ricerca 5.2.5.8	Attività di R&S e studi nel campo dei reattori nucleari da fissione di generazione III+ e IV, incluso il relativo ciclo del combustibile, sviluppati nell'ambito di programmi internazionali e comunitari. Attività di R&S relative alle fenomenologie di base di dispersione di contaminanti in un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria. Supporto all'Autorità di sicurezza per gli iter autorizzativi e comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche. Formazione scientifica funzionale al rilancio dell'opzione nucleare in Italia. Funzione Advisor in tema di energia nucleare	pag. 49
AREA USI FINALI		
Tema di ricerca 5.4.1.1/2	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	pag. 81
Tema di ricerca 5.4.4.7/8	Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana	pag. 88
Tema di ricerca 5.4.3.1	Elettrotecnologie innovative per i settori produttivi: applicazioni su scala reale	pag. 97
Tema di ricerca 5.4.3.2	Tecnologie per il risparmio energetico nell'illuminazione pubblica	pag. 109
Tema di ricerca 5.4.1.3	Sistemi di climatizzazione estiva ed invernale assistita da fonti rinnovabili	pag. 115
MODALITA' DI DIFFUSIONE DEI RISULTATI PER TUTTI I TEMI DI RICERCA DEL PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE		pag. 122

PREMESSA

Il presente Piano Annuale di Realizzazione, riferito alla seconda annualità dell'Accordo di Programma tra Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA (PAR 2007)

- tiene conto:
 - degli indirizzi del Piano Triennale 2006-2008 di cui al decreto dell'allora Ministro delle attività produttive del 23 marzo 2006;
 - degli indirizzi di politica energetica del Governo in materia di nucleare, di utilizzo dei combustibili fossili e delle fonti rinnovabili per la produzione di energia e per l'efficienza energetica ed in particolare alle indicazioni contenute nella lettera all'ENEA del Ministro dello sviluppo economico dell'8 agosto 2008;
 - delle indicazioni del Piano Triennale 2009-2011 della ricerca di sistema elettrico nazionale elaborato dall'AEEG nella sua funzione di CERSE, e recentemente approvato dal MSE;
 - del programma di ricerca di cui al PAR 2006;
- prevede la partecipazione alle attività, con l'obiettivo di realizzare una rete di eccellenza a servizio del Paese, del sistema universitario italiano, della società SOTARCARBO e della società FN, nella stessa misura della prima annualità dell'Accordo, attraverso programmi di ricerca integrati con quelli ENEA;
- contempla un programma di attività, definito per gli obiettivi ed i risultati, in modo coordinato e sinergico con quelli di CESI Ricerca e CNR;
- è predisposto in coerenza con la proposta di sintesi del PAR per la seconda annualità, trasmessa al Ministero dello sviluppo economico in data 9 ottobre 2008, e con le indicazioni espresse su tale proposta dal Comitato di sorveglianza.

Per quanto riguarda la definizione delle attività e dei risultati che da esse derivano, il piano risponde all'obbligo di rendere gli stessi risultati a totale beneficio dell'utente del sistema elettrico, trattandosi di attività a totale finanziamento.

Il PAR 2007 è costituito da undici temi di ricerca, di cui otto come continuazione del PAR 2006 e tre come nuove attività: il fotovoltaico innovativo, il risparmio energetico nell'illuminazione pubblica e la climatizzazione assistita con fonte solare o geotermica. Questi ultimi tre temi di ricerca trovano nella proposta di Piano Triennale 2009-2011 prima richiamato significativo rilievo.

Due tematiche trattate nel PAR 2006: "il censimento del potenziale energetico delle biomasse" e "lo sviluppo di linee guida e indici di riferimento per il legislatore" non trovano riferimento nel PAR 2007, in quanto i risultati attesi saranno conseguiti con la conclusione della prima annualità.

Relativamente alle due grandi Aree di ricerca, le attività relative all'area Produzione Fonti Energetiche sono articolate in quattro linee di ricerca: tecnologie innovative per l'utilizzo del carbone, fotovoltaico innovativo, celle a combustibile e nuovo nucleare da fissione.

Le ricerche sul carbone pulito riguardano lo sviluppo delle tecnologie CCS di tipo pre combustion ed oxy combustion, in quanto le più promettenti in una prospettiva di medio-lungo periodo. Per quanto riguarda le tecnologie di storage della CO₂ le attività saranno concentrate sulla tecnologia ECBM ma anche allo stoccaggio in acquiferi salini, sottostanti i giacimenti carboniferi. Prosegue inoltre la funzione di Advisor per il MSE, e l'azione di formazione/informazione rivolta agli

stakeholders ed a tutti gli utenti. Tali ricerche vedono la partecipazione attiva di SOTACARBO e sono svolte in modo coordinato con CESI Ricerca e CNR. A tal fine è previsto uno "Steering Committee" fra ENEA, le sue partecipate ed il CNR.

Per quanto riguarda il fotovoltaico è previsto lo sviluppo di tecnologie e processi ad alto grado di innovazione per la realizzazione di impianti con caratteristiche competitive in termini di prestazioni e costi. La ricerca è rivolta al perfezionamento delle tecnologie delle celle solari a film sottile di II generazione a base di silicio e CIS, e allo sviluppo di nuove tecnologie a film sottile di III generazione a base di quantum dot di silicio e polimeri.

Nel settore delle celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative, l'obiettivo è rivolto allo sviluppo di prodotti con caratteristiche competitive in termini di affidabilità, durata e costo per celle a carbonati fusi di taglia compresa tra qualche centinaio di kW ed alcuni MW, alimentati da gas derivati da biomasse o rifiuti di diversa origine (in collaborazione con la partecipata ENEA FN). Le attività di ricerca riguardano il miglioramento dei processi di produzione dei componenti di cella (riduzione dei costi e dell'impatto ambientale), lo sviluppo dei sistemi di produzione/purificazione di gas ricchi di idrogeno da biomasse e rifiuti e lo studio delle problematiche connesse con l'impiego di tali gas in cella.

Per quanto riguarda il nucleare da fissione, tenuto conto della nuova politica governativa in tema di energia nucleare, nella seconda annualità, non solo è previsto il seguito alle attività di R&S, progettazione e sviluppo metodi nonché prove sperimentali a supporto di reattori evolutivi di generazione III+ e di reattori innovativi di IV generazione, ma anche la valutazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche per la produzione di energia nucleare comprese le attività di potenziale supporto tecnico all'Autorità di sicurezza. Proseguono inoltre le attività per l'individuazione del sito per il deposito dei rifiuti radioattivi e quelle propedeutiche alla progettazione del deposito. Per lo sviluppo delle attività l'ENEA si avvale principalmente della propria partecipata SIET e del Consorzio interuniversitario CIRTEN.

Le attività nell'Area usi finali si propongono come obiettivo il miglioramento dell'efficienza energetica attraverso lo sviluppo di interventi di tipo sistemico, quali: la definizione di linee guida e di benchmark di riferimento per la eco-progettazione dei componenti di uso diffuso, l'aggiornamento della normativa, lo sviluppo e qualificazione di tecnologie innovative e loro diffusione attraverso la realizzazione di progetti dimostrativi, l'informazione e trasferimento tecnologico verso società di servizi e utenti finali.

In questo quadro si inseriscono le previste attività di ricerca sui fabbisogni e consumi energetici del sistema edificio-impianto, l'applicazione dimostrativa di soluzioni tecnologiche avanzate per la razionalizzazione dei consumi, lo sviluppo di componenti innovativi e le nuove attività sulle tecnologie per l'illuminazione pubblica e la climatizzazione da fonte solare e geotermica.

Gli aspetti economici delle attività sono riassunti nelle seguenti tabelle.

Ila Annualità Accordo di Programma MSE - ENEA

Costo del PAR 2007 per principali voci (K€)

AREA	TEMA DI RICERCA		Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
Produzione e fonti energetiche	5.2.2.2	Sviluppo di un sistema innovativo di combustione oxicomustion – di tipo “flameless” – di carbone per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione, predisposti per la cattura della CO2	8.800	528	410	82	110	370	1.500
	5.2.5.2	Tecnologie di gassificazione del carbone con cattura e sequestro della CO ₂	7.750	465	280	65	1.600	590	3.000
	5.2.5.3	Sviluppo di tecnologie avanzate per componenti fotovoltaici innovativi	4.500	270	790	200	40	200	1.500
	5.2.5.9	Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno	4.400	264	276	160	130	170	1.000
	5.2.5.11	Sviluppo di tecnologie innovative per le applicazioni stazionarie cogenerative delle celle a combustibile anche con l'utilizzo di biogas e biomasse	7.330	440	250	110	800	400	2.000
	5.2.5.8	Attività di R&S e studi nel campo dei reattori nucleari da fissione di generazione III+ e IV, incluso il relativo ciclo del combustibile, sviluppati nell'ambito di programmi internazionali e comunitari. Attività di R&S relative alle fenomenologie di base di dispersione di contaminanti in un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria. Supporto all'Autorità di sicurezza per gli iter autorizzativi e comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche. Formazione scientifica funzionale al rilancio dell'opzione nucleare in Italia. Funzione Advisor in tema di energia nucleare	22.516	1.351	1.925	280	1.244	1.200	6.000
Totale Area Produzione e fonti energetiche			55.296	3.318	3.931	897	3.924	2.930	15.000
Usi finali	5.4.1.1/2	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	7.250	435	80	40	380	265	1.200
	5.4.4.7/8	Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana	3.750	225	250	65	50	210	800
	5.4.3.1	Elettrotecnologie innovative per i settori produttivi: applicazioni su scala reale	8.170	490	390	60	190	370	1.500
	5.4.3.2	Tecnologie per il risparmio elettrico nell'illuminazione pubblica	3.000	180	231	59	165	65	700
	5.4.1.3	Sistemi di climatizzazione estiva ed invernale assistiti da fonti rinnovabili	3.600	216	295	69	60	160	800
Totale Area Usi finali			25.770	1.546	1.246	293	845	1.070	5.000
TOTALE			81.066	4.864	5.177	1.190	4.769	4.000	20.000

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE
Gruppo tematico:	CARBONE PULITO
Tema di ricerca	5.2.2.2 TECNOLOGIE INNOVATIVE PER MIGLIORARE I RENDIMENTI DI CONVERSIONE DELLE CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Sviluppo di un sistema innovativo di combustione – di tipo “flameless” – di polverino di carbone per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione di inquinanti e CO₂

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

L'attività mira allo sviluppo di un sistema di combustione ad elevata efficienza di conversione energetica, a basse emissioni di macro e micro inquinanti e di CO₂, da impiegare in impianti per produzione di elettricità, che utilizza polverino di carbone e aria arricchita in Ossigeno, applicando la tecnologia avanzata di combustione senza fiamma “flameless”, già sperimentata su scala pilota

La proposta ha obiettivo di sviluppare le conoscenze di base e i metodi di progettazione per la realizzazione di impianti, a partire da una taglia significativa di 50 MWt (impianto dimostrativo) fino ad una taglia industriale di 320 MWe, per produzione di energia a costi competitivi, ad elevata efficienza energetica, caratterizzato da un ridotto impatto ambientale sia in termini di emissioni nocive, sia in termini di produzione di CO₂ (principale gas climalterante) perché predisposto per la sua sequestrazione.

A tale riguardo ci si avvarrà della facility ISOTHERM di Sofinter, reattore pilota da 5 MWt operante in modalità oxy-flame, per l'effettuazione di prove sperimentali che siano utili alla validazione dei metodi di progettazione innovativi, per lo sviluppo e la validazione di diagnostica avanzata di monitoraggio e controllo, per lo sviluppo di tecnologie relative a componenti significativi indispensabili al regolare funzionamento del reattore e per l'efficientamento di ciclo.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il carbone rappresenta oggi a livello internazionale un'alternativa concreta e sicura per la produzione di energia. Anche il nostro Paese, in questo quadro, si sta indirizzando verso un incremento nell'uso di tale fonte (oggi allo 11% contro il 34% medio dell'Europa) anche attraverso un insieme di attività di R/S volte allo sviluppo di tecnologie pulite, in grado di aumentare l'efficienza di conversione e nello stesso tempo contenere i costi di investimento.

Dal punto di vista ambientale l'utilizzo tecnologicamente avanzato del carbone consente di raggiungere limiti di emissioni contenuti e molto al di sotto di quelli consentiti dalla legge, per la SO₂, per gli NOx e per le polveri, mentre per i metalli pesanti sono ancora necessari ulteriori miglioramenti. Per quanto riguarda la riduzione delle emissioni di CO₂ si può intervenire sicuramente attraverso l'incremento dell'efficienza, ma ancor più significativamente attraverso la separazione, cattura e successivo sequestro.

Il carbone può essere impiegato in impianti a vapore (SC e USC) oppure in impianti IGCC (Integrated Gasification Combined Cycles): in un caso si ha combustione diretta del polverino di carbone in una caldaia per la produzione di vapore, nel secondo caso esso viene prima gassificato e poi ossidato in un combustore di turbogas; in entrambi i casi si pone l'esigenza di ridurre fortemente le emissioni di CO₂ anche attraverso lo sviluppo di tecnologie CCS (Carbon Capture and Storage)

Il presente progetto opera nella filiera della combustione diretta del polverino di carbone per impianti di produzione di elettricità, attraverso lo sviluppo di un sistema due volte innovativo:

- perché realizza una combustione altamente controllabile, efficiente ed a bassissime emissioni, di tipo flameless;
- perché si basa sulla oxy-combustione, che mira alla separazione e cattura della CO₂ prodotta, per un suo successivo confinamento geologico.

La più elevata efficienza energetica della nuova camera di combustione è ottenuta adottando la tecnica di combustione "*Flameless*", nota anche come combustione "Senza Fiamma" in considerazione della mancanza di un vero e proprio fronte di fiamma e della bassa emissività nel visibile della reazione. In essa viene realizzata una combustione diffusa in un volume omotermo, in maniera molto vicina ad un "*volume combustor*" ideale, ottenendo efficienze di ossidazione elevate anche con combustibili di basso pregio e potere calorifico. La reazione esotermica avviene all'interno di un fluido di lavoro prevalentemente costituito da prodotti di reazione (uniformità chimica) riciccolanti, via via arricchiti di ossigeno puro.

La combustione con ossigeno (*oxy-combustion*) produce un effluente gassoso da cui, per condensazione del contenuto di vapore, si ricava CO₂ concentrata disponibile ad un processo di cattura. Si desidera rimarcare quest'ultima considerazione, in quanto la possibilità di catturare CO₂ costituirà un fattore economico-competitivo da considerare nello sviluppo dei sistemi futuri. Ad oggi 1 ton di CO₂ in un ipotetico mercato di scambio di inquinanti quale quello americano per gli NOx, o normativo (Carbon Tax), è valutabile tra i 20 ed i 40 €/t, di cui più del 75% sono rappresentati dal costo di separazione dall'effluente mentre la quota minoritaria pari a circa il 25% quale costo di segregazione.

Il nuovo sistema di combustione opera in pressione, a temperatura alta ed uniforme. Azzerata nei fumi gli inorganici tossici, e fonde le ceneri incombustibili, impiegando combustibili di qualsiasi tipo, gassosi liquidi e solidi. Riduce pertanto drasticamente le problematiche legate alle caratteristiche dei fumi di combustione da combustibili "sporchi" come il carbone, ed in particolare quello del Sulcis, offrendo di conseguenza una drastica riduzione dei limiti e delle complessità, connesse ai sistemi pratici di produzione ed al raggiungimento di valori di efficienza di conversione voluti.

La tecnologia proposta offre una serie di vantaggi, che costituiscono anche gli obiettivi tecnologici ed ingegneristici che nel progetto si intendono verificare e dimostrare:

- forte riduzione, in fase di combustione, di agenti inquinanti quali polveri, NOx, metalli pesanti, ed altri inquinanti, riducendo significativamente la necessità di sistemi di depurazione dei gas.
- produzione di scorie vetrificate inerti facilmente riciclabili.
- gas combusti costituiti prevalentemente da CO₂ e da vapor d'acqua, il che consente la cattura e la separazione della CO₂ senza pesanti penalizzazioni economiche ed energetiche.
- rendimenti complessivi nella produzione di energia elettrica più elevati rispetto ai tradizionali cicli a vapore in configurazione con sequestro della CO₂. In particolare si ipotizza, sulla base di dati di letteratura e valutazioni ottenibili applicando metodi di stima correnti (Tzimas and Peteves, 2005) un'efficienza del 36,8 % contro il 31,4% di un impianto SC con cattura, ed il 35,6% di un IGCC, ed un COE di 6,91 c€/kWh contro gli 8,16 per SC ed i 7,1 per IGCC (valutazioni ottenute considerando il prezzo del carbone a 1,55 \$/GJ) .
- dimensioni contenute dell'impianto operante in regime di combustione in pressione.
- alimentazione del carbone con granulometrie non spinte, riducendo rispetto ai classici combustori a polverino di carbone le necessità di macinazione.

Si fa presente che la tecnologia di Ossi-Combustione rappresenta una delle tre possibili tecnologie genericamente indicate con l'acronimo di CCS. Essa tuttavia "viaggia" su canali assolutamente paralleli alle tecnologie di Pre e Post-Combustione, non prevedendo particolari trattamenti preliminari del combustibile, né interventi gravosi per la successiva separazione della CO₂ dagli effluenti.

Un possibile ed auspicabile punto di convergenza si può altresì trovare a valle della separazione, per quanto attiene ai problemi di stoccaggio, ed in particolare per quanto riguarda l'aspetto della qualità della CO₂ catturata e della sua purificazione, prima di procedere al suo sequestro geologico. In questa fase le problematiche riassumono aspetti di unitarietà, ed è per rispondere, almeno in parte, a tali aspetti che una specifica sessione della conferenza internazionale, organizzata nell'ambito del tema di ricerca 5.2.5.9, è specificatamente dedicata alla soluzione di tale problematica di interesse orizzontale per tutte le tecnologie CCS.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

La tecnologia *flameless* ha avuto significative (in Italia solo sporadiche) applicazioni in campo siderurgico, relativamente al settore dei forni di riscaldamento e trattamento termico di materiali grezzi o semilavorati, marginali nel settore del vetro. Non risultano applicazioni significative, a livello internazionale, nel campo del carbone, della produzione di energia elettrica, e men che meno sulla taglia del dimostrativo e dell'impianto industriale proposto.

Anche il settore della ossi-combustione risulta fortemente innovativo non esistendo, nel panorama internazionale, realizzazioni di sistemi di taglia significativa destinati alla produzione di energia.

Un elemento essenziale per questa tecnologia, anche in chiave di sostenibilità economica, è quello riguardante la messa a punto di un sistema economico di produzione dell'ossigeno che, per un impianto di circa 50 MWt, dovrà avere potenzialità stimata in 20 Ton/h a costi contenuti

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

Obiettivo finale dell'attività sarà la disponibilità, verificata sperimentalmente, di un nuovo sistema di combustione ad elevata efficienza di conversione energetica, a più basse emissioni di macro e micro inquinanti e di CO₂, per in impianti per produzione di elettricità da polverino di carbone per centrali di potenza.

Preliminarmente saranno messe a punto metodologie di progettazione in grado di consentire la scalatura di potenza a taglie di interesse industriale, e saranno in seguito parimenti sviluppati e testati strumenti di tipo numerico e sperimentale per lo sviluppo e l'analisi di processo.

L'obiettivo in termini di rendimento atteso, è il raggiungimento di un'efficienza pari a circa il 37 %, molto elevata in considerazione della penalizzazione imposta dal sequestro della CO₂.

L'attività ha durata complessiva di tre anni.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

Il progetto si sviluppa nell'arco di tre anni secondo lo schema seguente:

- attività di sperimentazione sul combustore ISOTHERM da 5 MW realizzato presso il centro ANSALDO Caldaie di Gioia del Colle;
- sviluppo di diagnostica avanzata per il monitoraggio ed il controllo del reattore
- sviluppo e validazione dei sistemi di simulazione per la progettazione del combustore di taglia industriale;
- analisi dei cicli basati sull'impiego di tale combustore e loro efficientamento;
- studio di componenti innovativi quali il dispositivo di pompaggio, i sistemi avanzati di trattamento fumi in temperatura e a pressione, l'espansione diretta dei fumi in una turbina a vapore innovativa

Le attività del primo anno hanno riguardato:

- un primo studio parametrico e di sensitività sulla termofluidodinamica e chimica della combustione MILD in condizioni di Ossi-Combustione;
- avvio degli studi sull'interazione bifase (solido-gas) in zona primaria di combustione, condotti con numerica avanzata (codice ENEA proprietario);
- studi preliminari sulla cinetica chimica ridotta del processo di gassificazione e ossidazione in presenza di elevate percentuali di CO₂ e H₂O;
- prima campagna sperimentale su ISOTHERM (pilota da 5 MWt di Sofinter) per la validazione dei codici;
- allestimento di un laboratorio per la caratterizzazione chimico-fisica dei carboni;
- allestimento di un sistema di campionamento integrato e prime caratterizzazioni del particolato emesso (componente organica e inorganica);
- primi test per lo sviluppo di sistemi diagnostici avanzati per il monitoraggio ed il controllo;
- analisi preliminari di ciclo.

Le attività del secondo anno di attività prevedono:

- Sviluppo dei metodi di progettazione, attraverso l'impiego di codici di simulazione termofluidodinamica commerciali, opportunamente implementati con routines esterne, e lo sviluppo di codici proprietari (codice "Heart" dell'ENEA), concentrando l'attenzione su aspetti di particolare rilievo, come il processo di volatilizzazione e successiva combustione delle specie gassose e del "char", i fenomeni radiativi gas-gas ed il complesso delle reazioni chimiche.
- Sviluppo di strumentazione e metodi per diagnostica avanzata, di tipo generalmente non invasivo, per una caratterizzazione termica, chimica e fluidodinamica del processo di combustione e per il suo controllo.
- Prosecuzione delle prove sperimentali, condotte sull'impianto pilota a ossicombustione da 5 MWt di Sofinter, al fine di produrre dati sperimentali utili a validare gli strumenti progettuali e verificare le migliori condizioni di funzionamento (Temperatura, pressione, ricircolo fumi, concentrazione ossigeno, modalità iniezione combustibili, granulometria combustibili, contenuto di acqua negli slurry; ed ancora verifiche essenziali sulla pulizia fumi, contenuto di polveri e metalli pesanti, etc..).
- Validazione dei sistemi di simulazione e verifica di criteri di progettazione. Sulla base delle simulazioni effettuate e delle prove di validazione, si procederà alla valutazione della influenza dei parametri di scala e di orientazione sugli aspetti termochimici e fluidodinamici.
- Studio di alcuni aspetti particolarmente innovativi dell'impianto, legati a componenti quali il dispositivo di pompaggio, i sistemi avanzati di trattamento fumi in temperatura e a pressione.
- Analisi di cicli termodinamici e configurazioni d'impianto
Verranno effettuati studi e approfondimenti di ciclo che consentiranno, sulla base delle performance raggiunte dal combustore, con particolare attenzione alle caratteristiche dei fumi prodotti (contenuto di polveri, ecc.), di porre le basi per la progettazione del circuito dimostrativo finale, ed effettuare le integrazioni di ciclo con le sezioni recupero energetico e sottrazione della CO₂.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI RELATIVI ALLA SECONDA ANNUALITÀ

A. Simulazioni stazionarie e dinamiche per lo sviluppo dei criteri di progettazione e di "scaling" di un bruciatore per slurry di carbone, operante in condizioni di "oxy-combustion flameless"

Prosegue l'attività avviata nel primo anno relativa alla determinazione dei **criteri di scaling** alla luce delle sperimentazioni e delle simulazioni condotte, valutando anche possibili alternative rispetto all'attuale configurazione del reattore disposto orizzontalmente.

Si tratta di un'attività teorico-sperimentale finalizzata alla comprensione delle fenomenologie di base del processo di ossi-combustione, alla verifica delle condizioni di combustione "flameless" ed alle scelte tecnologiche inerenti alla realizzazione di un dimostrativo da 50 MW_t.

Saranno effettuate **simulazioni stazionarie** dell'intero dominio reagente con codice RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes), utilizzando come dati di input anche quelli provenienti da simulazioni LES descritte successivamente. Sarà completata l'**analisi di sensitività** relativa ai parametri di input variabili del processo, per uno studio parametrico dello stesso (% acqua nello slurry; % ricircolo fumi; granulometria carbone; ecc.) .

Le attività 2008 hanno riguardato la calibrazione dei modelli utilizzati per la simulazione sul reattore da 5 MW_t, al fine di ottenere una buona corrispondenza tra i risultati numerici ed i dati sperimentali disponibili. Tutto ciò risulta evidentemente utile al fine di una corretta comprensione e interiorizzazione dei fenomeni e delle dinamiche interni al reattore, ad oggi non del tutto chiari.

Allo scopo di affinare la modellistica sarà necessario disporre di dati relativi ad un numero maggiore di punti di misura, oggetto della campagna sperimentale 2009.

Una parte significativa delle sperimentazioni a supporto della validazione numerica saranno condotte sull'impianto pilota a ossi-combustione ISOTHERM di Sofinter, che l'ENEA utilizzerà, pagando le relative spese di gestione, per il periodo strettamente indispensabile all'esecuzione della campagna sperimentale di proprio interesse. I risultati sperimentali ottenuti sull'impianto saranno diffusi a beneficio dell'intero sistema nazionale.

Le simulazioni RANS verranno arricchite da una serie di modelli chimico-fisici (irraggiamento, turbolenza, etc.) adatti alla descrizione delle particolari condizioni di funzionamento (grossa percentuale di gas opachi quali CO₂ e H₂O, forte irraggiamento, combustione di superficie). I risultati che è possibile ricavare da questo tipo di analisi riguardano le distribuzioni di temperatura e delle diverse specie chimiche, il campo fluidodinamico, le traiettorie delle particelle con la "storia" relativa al rilascio dei volatili e la combustione del *char*.

Una volta confidenti dei risultati sul reattore da 5 MW_t (2008) sarà possibile procedere all'analisi del reattore dimostrativo da 50 MW_t.

Nella prima fase occorre approfondire aspetti legati alla granulometria ed al tipo di carbone, al contenuto di acqua nello slurry, alle caratteristiche di immissione dello slurry in camera di combustione, alla portata e temperatura dei gas riciclati, a diverse configurazioni geometriche del combustore (come ad esempio una collocazione verticale), nell'ottica del dimostrativo da 50 MW_t

Saranno quindi condotte **simulazioni dinamiche**, con metodologia LES (Large Eddy Simulation), del processo di interazione del getto di slurry con l'ambiente del reattore, ed in particolare del fenomeno di rottura del getto di slurry e dell'interazione tra le diverse fasi di miscela. A tal fine sarà applicato un codice LES proprietario (HeaRT[®]) limitatamente alla zona primaria del reattore. In merito allo sviluppo di modellistica reattiva multifase (gas-solido), e a solutori numerici avanzati, sarà attivata una collaborazione con l'Università di Roma "La Sapienza" – Dipartimento di Meccanica e Aeronautica

In definitiva l'approccio numerico adottato è duplice (RANS-LES), determinando risultati a differenti livelli di dettaglio che reciprocamente si integrano. La modellistica per la simulazione CFD deve dunque riguardare flussi multi-fase (in particolare, trifase), l'interazione turbolenta della fase gas con le particelle, le reazioni chimiche in gioco e le particolari condizioni di equilibrio, l'irraggiamento termico. Mentre gli aspetti macroscopici del processo ISOTHERM possono essere colti con tecniche RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes), le fenomenologie relative all'iniezione del getto vapore/slurry coinvolgono talmente tante scale turbolente da dover essere affrontate con un approccio computazionalmente più oneroso ma più accurato, quello LES. Una accurata predizione delle caratteristiche termo-fluidodinamiche dell'iniezione comporta una migliore predizione dell'estensione della zona relativa all'iniezione ed alla gassificazione delle particelle di carbone. Ciò implica anche una migliore predizione della distribuzione di specie chimiche e di temperatura a monte della successiva zona di combustione.

L'attività di CFD sarà supportata da una robusta attività di **modellazione cinetica chimica**, svolta in collaborazione con il Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica, e relativa alla "modellazione della volatilizzazione e ossidazione del carbone del Sulcis". In questa

attività, che prosegue dall'anno precedente, il modello di rilascio pirolitico dello zolfo sviluppato sarà accoppiato ad un modello di degrado del carbone, per consentire la simulazione del degrado termico complessivo. Tale modello sarà validato con i risultati sperimentali reperibili in letteratura o acquisiti ad hoc. Il modello di rilascio sarà accoppiato con una modellazione cinetica dettagliata in fase gas dei composti solforati (in particolare ossidazione di H_2S). uno schema cinetico in fase omogenea consentirà di caratterizzare l'ossidazione di H_2S in SO_2 , per analizzare l'insorgenza i potenziali fenomeni corrosivi. In questo contesto si renderà necessario mettere a punto anche un modello per il rilascio di composti azotati a causa delle ben note interazioni tra la cinetica di SO_x e NO_x . Conclusione di questa attività sarà la formulazione di modelli cinetici semplificati per l'utilizzo in codici CFD.

Risultato/Deliverable intermedio (settembre 2009):

Analisi di sensitività rispetto alle variabili di processo fondamentali. Prima fase di sperimentazione a supporto e verifica dell'attività di simulazione numerica. Impostazione e risultati preliminari relativi a simulazioni dinamiche, con metodologia LES, della zona primaria di devolatizzazione e combustione - Emissione di un rapporto tecnico.

Risultato/Deliverable finale:

Sviluppo di criteri generali di progettazione di un sistema a "ossi-combustione flameless". Messa a punto di metodi numerici per il dimensionamento e analisi parametrica di sensibilità - Emissione di un rapporto tecnico.

Modelli di cinetica chimica semplificati - Emissione di un rapporto tecnico.

Principali collaborazioni: Università di Roma "La Sapienza" DMA, Politecnico di Milano DCMIC

Durata : Aprile 2009- Marzo 2010

B. Sviluppo e test sperimentali con diagnostica non invasiva per il monitoraggio ed il controllo del processo dinamico di ossi-combustione. Determinazione di parametri sintetici di stabilità.

L'attività ha come obiettivo lo sviluppo e/o l'applicazione di metodi diagnostici avanzati per: migliorare la comprensione della fenomenologia di base, verificare le condizioni "flameless", acquisire dati di processo (stabilità, velocità media, temperatura, concentrazioni), sviluppare tecniche e metodologie per il controllo, e validare le simulazioni. A tal fine sarà utilizzata diagnostica di tipo non invasivo, acquisita o di brevetto ENEA più oltre descritta.

Menzione particolare merita la caratterizzazione morfologica e la speciazione chimica del particolato prodotto, effettuata con metodi real-time (caratterizzazione dimensionale) e mediante prelievo di campioni (speciazione chimica).

La sperimentazione sarà ovviamente condotta sull'impianto pilota ISOTHERM di Sofinter, da 5 MWt, con l'ottica di sviluppare e mettere a punto metodi per la diagnostica di processo e controllo per un dimostrativo da 50 MWt .

B.1 Misure termo-fluidodinamiche e chimiche

Sviluppo e/o applicazione di tecnologie diagnostiche non invasive, finalizzate a caratterizzare il processo di ossi-combustione nel reattore ed in particolare a rilevare :

- *grado di stabilità del processo* e mappatura topologica dello stesso, attraverso l'impiego di sistemi *ODC*[®] (misuratore ottico integrale della radiazione emessa UV-IR brevettato da ENEA);
- *velocità dei gas*, attraverso sensori *ODC*[®] in configurazione doppia, già positivamente sperimentati su impianti ENEA e di grossa taglia ANSALDO;
- *temperatura dei gas*, utilizzando un sistema a *Spettroscopia CARS* (analisi della emissione stimolata di radiazione CARS) in configurazione portatile con laser NdYAG da 300 mJoule opportunamente adattata per caratterizzazioni in situ del processo ISOTHERM[®], o in alternativa con tecnica di *pirometria acustica* in grado verosimilmente di fornire una mappatura

qualitativa del campo di temperatura, nell'ottica di acquisire dati utili alla descrizione termica del processo ed in particolare alla validazione di modelli e codici;

- *specie chimiche* OH; CH; C₂; H₂O con tecnica di *chemiluminescenza* (emissione spontanea di radiazione tipicamente nell'UV) già positivamente applicato allo studio della combustione MILD su impianti ENEA, e in grado di fornire una mappa qualitativa sull'abbondanza relativa della singola specie, e quindi caratterizzare le modalità di funzionamento.

Una particolare menzione merita lo sviluppo di metodologie di controllo. In particolare, con riferimento al primo punto, la strumentazione ODC ha già dimostrato, in precedenti attività sperimentali condotte sul reattore ISOTHERM, la capacità di elaborare in *real-time* "indicatori sintetici" dello stato di funzionamento (portata di ossigeno e di combustibile, portata di ricircolo, temperatura di ricircolo), che possono essere quindi utilmente utilizzati per l'analisi predittiva e quindi per il controllo di processo.

B.2 Analisi delle emissioni di particolato in relazione alle condizioni di funzionamento del reattore ed alle caratteristiche chimiche del carbone

Scopo dell'attività è la caratterizzazione, in termini di composizione chimica e dimensionale, del particolato prodotto in diverse condizioni operative utilizzando carboni di differenti caratteristiche chimico-fisiche, con l'obiettivo di effettuare un bilancio tra le ceneri fuse raccolte al fondo del reattore e quelle volanti, fini e iperfini, eventualmente presenti nella corrente gassosa.

L'attività, condotta in collaborazione con l'Università di Napoli – Dip. di Ingegneria Chimica, in particolare per quanto riguarda la parte di analisi chimica, si articola in due fasi:

- Messa a punto della linea di campionamento;
- Caratterizzazione chimico-fisica e dimensionale del particolato.

Viene messa a punto la procedura di campionamento ed analisi. Verrà realizzata una linea di campionamento per la raccolta delle diverse frazioni del particolato allo scarico del reattore. Il particolato sarà separato in classi dimensionali da 1 nanometro a 10 micron mediante misura della mobilità differenziale delle particelle, impattori inerziali e sistema di filtri. Verranno messe a punto le tecniche di analisi chimico-fisica per la caratterizzazione del particolato raccolto sia su supporti per microscopia che sui filtri degli impattori.

Nel dettaglio, il particolato nella corrente gassosa sarà raccolto sia con un impattore ELPI (ENEA) che con una sonda di Andersen (Università). La frazione ultrafine, quella con diametro inferiore a 100nm, sarà caratterizzata con misure di microscopia a forza atomica e di mobilità differenziale delle particelle sul gas prelevato a valle del reattore e sui campioni di acqua condensata a valle del reattore vista l'elevata affinità in acqua del particolato ultrafine.

La speciazione dei metalli e degli altri composti inorganici verrà effettuata sui diversi stadi dell'impattore ELPI e della sonda di Andersen utilizzando tecniche di analisi chimica e strumentale. Queste tecniche saranno anche utilizzate per la caratterizzazione dell'eventuale frazione organica presente nelle polveri.

Tutti i campionamenti vengono effettuati a valle del reattore in condizioni di alta pressione e temperatura (5 bar e 600-700 °C).

Risultato/Deliverable intermedio (settembre 2009):

Ingegnerizzazione di un dispositivo diagnostico ODC per applicazioni di tipo industriale. Elaborazione di indicatori sintetici di stato, basati su tecnologia ODC, per il controllo di processo. - Emissione di un rapporto tecnico

Sviluppo di diagnostica innovativa per il monitoraggio basata su spettrometria e analisi ottica veloce - Emissione di un rapporto tecnico

Caratterizzazione dimensionale e speciazione chimica del particolato: prima fase - Emissione di un rapporto tecnico.

Risultato/Deliverable finale:

Caratterizzazione termofluidodinamica e chimica del processo ai fini della validazione dei metodi di progettazione - Emissione di un rapporto tecnico

Sviluppo di diagnostica innovativa per il monitoraggio ed il controllo basata su tecnologia ODC e chemiluminescenza - Emissione di un rapporto tecnico

Caratterizzazione dimensionale e speciazione chimica del particolato: seconda fase - Emissione di un rapporto tecnico.

Principali collaborazioni: Università di Napoli DIC

Durata : Aprile 2009- Marzo 2010

C. Sviluppo di componenti e analisi di sistema

C.1 Sviluppo di una tecnologia innovativa di pompaggio della miscela acqua-carbone

Al fine di assicurare la stabilità di alimentazione dello slurry, viene sviluppata e testata un'innovativa tecnologia di pompaggio basata su un dispositivo volumetrico a pistoni, nel quale attraverso un adeguato profilo delle camme viene assicurata la costanza della portata entro una oscillazione massima del 3%, mentre il meccanismo desmodromico a camme assicura la costanza della pressione di alimentazione.

Il nuovo sistema sarà caratterizzato da un rendimento energetico di circa il 30% superiore a quello dei normali sistemi in uso, ed un rendimento volumetrico del 98%.

L'attività si articola in più fasi:

- messa a punto della tecnologia con prove di laboratorio condotte su facility ENEA in piccola scala. Vengono provate soluzioni tecniche alternative in relazione al tipo ed azionamento delle valvole, al tipo di diaframmi di separazione tra il fluido di processo (slurry) e quello ausiliario (olio), in grado di risolvere i problemi di continuità e stabilità riscontrati sui sistemi di alimentazione dello slurry convenzionali;
- verificata la tecnologia viene implementata la dotazione diagnostica (trasduttori di pressione, accelerometri ecc.) in grado di fornire un ulteriore valore aggiunto rappresentato dalla capacità di "autodiagnostica" del componente stesso e il suo controllo anche in modalità remota.

C.2 Simulazioni di ciclo per l'efficientamento della centrale di potenza

Obiettivo dell'attività è l'analisi delle possibili configurazioni impiantistiche finalizzate alla definizione ottimale di un impianto oxy-fuelled. A tale scopo è necessario ricorrere a sistemi di simulazione sia di singoli processi che di sistemi integrati, in relazione alla complessità del sistema energetico. Tale complessità è dovuta non solo al numero di dispositivi interconnessi tra di loro al fine di minimizzare le perdite energetiche, ma anche alle fenomenologie di carattere eterogeneo (cioè con interazioni tra fasi diverse, solido-liquido e gassoso) che presuppongono strumenti di analisi chimica sia cinetica che diffusiva.

Per lo studio e l'analisi dei processi innovativi in ambito CCS, ENEA ha approntato diversi modelli e strumenti di calcolo relativi a specifici aspetti (gassificazione del carbone, cattura della CO₂, sistemi di clean-up dei gas, ecc.). Altri strumenti sono orientati all'ottimizzazione di ciclo e di impianto.

In particolare, per l'attività proposta verranno utilizzati codici di processo di tipo industriale, quali IPSE-PRO, CHEMCAD, GATE CYCLE e ASPEN PLUS, opportunamente integrati con modelli sviluppati ad hoc per le applicazioni CCS.

L'analisi delle possibili configurazioni impiantistiche prenderà come riferimento la configurazione sviluppata per l'impianto ISOTHERM da 5 MWt e le specifiche tecniche di quest'ultimo. Verranno

esaminate differenti alternative di processo, volte ad ottenere da un parte rendimenti di ciclo elevati e dall'altra emissioni quasi nulle di gas serra e gli inquinanti più comuni.

Le attività si svilupperanno quindi secondo i seguenti obiettivi intermedi:

- Modellizzazione del combustore dimostrativo da 50 MWt; tale modellizzazione, effettuata sulla base dei risultati delle attività sperimentali, sarà sviluppata in ambiente IPSEPro e CHEMCAD, per essere opportunamente inserite ed utilizzate nei codici di simulazione di processo che verranno utilizzati per lo studio dell'impianto da 320 MWe.
- Caratterizzazione del combustibile in ingresso: saranno presi in esame varie tipologie di carboni e per ognuna di esse fissate le caratteristiche fisico-chimiche ai fini del corretto inserimento dei dati nel modello di calcolo utilizzato.
- Modellizzazione dell'impianto: sulla base dei risultati della modellizzazione effettuata sul combustore da 50 MWt, verrà effettuata la scalatura del reattore per l'utilizzo opportuno in un ciclo da 320 MWe e verranno analizzate, dal punto di vista termodinamico, una serie di ipotesi impiantistiche relative a sistemi di conversione alimentati dal flusso energetico uscente dal reattore di ossidazione prima modellizzato e finalizzati alla produzione di energia elettrica.
- Ottimizzazione del ciclo: si analizzeranno una serie di configurazioni impiantistiche con cicli termodinamici di tipo gas-gas, gas-vapore e umidificato. Lo sviluppo dei layout impiantistici verrà eseguito tenendo in considerazione la fascia di potenza (320 MW elettrici), nell'intento di bilanciare l'efficienza energetica con la complessità del sistema di conversione. Per ogni ipotesi impiantistica sarà quindi implementato il layout in ambiente IPSEpro, onde ottenere il bilancio energetico e l'efficienza termodinamica.

Risultato/Deliverable intermedio (settembre 2009):

All'establishment di un loop sperimentale di prova per la messa a punto di una tecnologia innovativa per il pompaggio dello slurry - Emissione di un rapporto tecnico.

Risultato/Deliverable finale:

Sviluppo di una tecnologia innovativa per il pompaggio dello slurry attraverso test sperimentali in piena scala - Emissione di un rapporto tecnico

Simulazioni di ciclo per la sua ottimizzazione ed efficientamento - Emissione di un rapporto tecnico .

Durata : Aprile 2009- Marzo 2010

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

L'affermazione della tecnologia di "Oxy-Combustion Flameless" implica molteplici benefici fondamentalmente connessi con:

- l'elevata efficienza energetica, sempre in relazione alla possibilità di sequestro della CO₂, connessa con la particolare tecnologia di combustione e con specifici aspetti di ciclo ;
- l'impiego di combustibili meno pregiati (es. carbone Sulcis);
- la dimostrazione, su scala significativa, di una promettente tecnologia CCS (Carbon Capture and Storage), che implica una consistente riduzione di emissioni di CO₂;

e non da ultimo con

- la promozione dell'industria nazionale.

Tema di ricerca 5.2.2.2. "Sviluppo di un sistema innovativo di combustione – di tipo "flameless" – di polverino di carbone per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione di inquinanti e CO2"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Simulazioni stazionarie e dinamiche per lo sviluppo dei criteri di progettazione e di "scaling" di un bruciatore per slurry di carbone, operante in condizioni di "oxy-combustion flameless"	31.03.2010	4.000	240	300	10	0	180	730
B	Sviluppo e test sperimentali con diagnostica non invasiva per il monitoraggio ed il controllo del processo dinamico di ossi-combustione. Determinazione di parametri sintetici di stabilità.	31.03.2010	2.400	144	70	56	110	190	570
C	Sviluppo di componenti e analisi di sistema	31.03.2010	2.400	144	40	16	0	0	200
Totale			8.800	528	410	82	110	370	1.500

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE
Gruppo tematico:	CARBONE PULITO
Tema di ricerca	5.2.5.2 TECNOLOGIE INNOVATIVE CHE CONSENTANO UNA RIDUZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO DELLE CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Tecnologie di gassificazione del carbone con cattura e sequestro della CO₂

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Vengono condotte una serie di azioni atte a sostenere le attività di ricerca, avviate o in fase di definizione, volte alla riduzione dei costi di investimento relativi a centrali di produzione di energia elettrica basate sull'impiego di tecnologie che utilizzano carbone a differenti granulometrie e si avvalgono di sistemi di cattura e sequestro della CO₂, condizione oramai considerata essenziale per lo sviluppo dei moderni impianti a carbone. Il presente progetto affronta il complesso delle problematiche esteso a tutto il ciclo di produzione energetica, studiando metodologie per il contenimento dei costi che vanno dall'impiego di tecnologie di generazione elettrica in impianti integrati i massificazione del carbone (IGCC - Integrated Gasification Combined Cycles) con cattura della CO₂, fino al sequestro definitivo in depositi perenni con tecniche di confinamento ECBM (Enhanced Coal Bed Methane).

Il prodotto delle attività è rappresentato, da un lato dallo sviluppo di un processo "intrinsecamente pulito" in grado di abbattere il costo dei sistemi di trattamento dei gas esausti e dall'altro dall'incremento dell'efficienza di conversione energetica che passa attraverso l'ottimizzazione della componentistica relativa alla generazione ed al trattamento del syngas. Un ulteriore apporto è poi fornito dallo sviluppo di specifiche tecnologie che rendono meno costosi i processi di cattura della CO₂ e dalla verifica sperimentale della fattibilità tecnico-economica di tecnologie di confinamento della CO₂ in bacini carboniferi profondi non coltivabili. Il fine ultimo è quello di configurare un sistema unico che assomma in sé la funzione di generatore di energia elettrica "pulita" con quella di serbatoio di stoccaggio definitivo della CO₂ in linea con le tendenze attuali e gli impegni internazionali assunti dal nostro Paese sulle tematiche energetico-ambientali.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Nell'attuale quadro energetico internazionale assumono particolare rilevanza le politiche e le iniziative volte alla messa a punto di tecnologie pulite del carbone, che consentono da un lato una maggiore differenziazione delle fonti energetiche, favorendo la transizione verso un più ampio ed articolato ricorso alle rinnovabili, e dall'altro la messa a punto di tecnologie per la produzione da tale fonte di idrogeno ed energia elettrica in modo da rendere percorribile la strada verso una possibile economia basata su questi due vettori energetici. In questa cornice il presente progetto, forte della collocazione territoriale nell'ambito del bacino minerario del Sulcis, dove hanno sede e impianti sia la società SOTACARBO (proprietaria della piattaforma sperimentale di gassificazione del carbone) che la Carbosulcis (società concessionaria dell'area del bacino minerario), si focalizza sulle tecnologie CCS (dall'acronimo anglosassone Carbon Capture and Storage), combinando gli impianti integrati di

gassificazione del carbone con quelli di cattura e stoccaggio definitivo della CO₂ andando a costituire l'insieme dei due processi di cattura e stoccaggio che è spesso indicata come sequestrazione.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Le tecnologie per l'utilizzo del carbone in sistemi di generazione elettrica che prevedono la cattura ed lo stoccaggio della CO₂, sono attualmente entrate in una prima fase dimostrativa, con un rilevante numero di iniziative per la realizzazione di impianti dimostrativi a livello europeo e internazionale. Su queste tematiche i programmi di Ricerca e Sviluppo hanno già dato buoni risultati e molte delle tecnologie necessarie per la cattura ed il sequestro sono già disponibili (ad esempio quelle relative alla gassificazione del carbone, alla produzione di ossigeno, alla reattoristica di water gas shift, ai processi di estrazione di gas acidi da miscele di gas). Tali tecnologie possono quindi già oggi essere integrate con le moderne tecnologie applicate per ridurre drasticamente le emissioni di inquinanti ed incrementare l'efficienza energetica, al fine di iniziare la fase di dimostrazione industriale per produrre elettricità da carbone con ridotti costi ed emissioni di CO₂ prossime allo zero.

In questo contesto la Commissione Europea ritiene che definendo condizioni di mercato che rispecchino vincoli chiari e ambiziosi in termini di emissioni di carbonio, si potranno, con un impegno continuo, rendere praticabili sotto il profilo commerciale le tecnologie del carbone sostenibile nel giro di 10-15 anni. Ciò richiederà però coraggiosi investimenti industriali per finanziare sia una serie di impianti di dimostrazione (all'interno e all'esterno dell'UE), che di iniziative politiche connesse per un periodo relativamente prolungato (da adesso fino almeno il 2020) oltre che le necessarie attività di ricerca e sviluppo che dovranno seguire in parallelo tutta la fase di dimostrazione in un processo iterativo.

Nello specifico del tema in parola, le tecnologie di cattura pre-combustione operano una "decarbonizzazione" del combustibile fossile a monte della combustione rilasciando un gas ad alto contenuto di idrogeno che poi può essere utilizzato come combustibile in impianti di produzione elettrica in sistemi turbogas o in usi alternativi (trazione, chimica di base,...). In generale, dal punto di vista energetico, la penalizzazione dovuta al loro utilizzo è ridotta sia perché si opera su flussi in quantità limitate (rispetto ai fumi esausti) sia perché si può operare in pressione, condizione che facilita la cattura e rende meno dispendiosa la rigenerazione dei medium che operano la cattura di CO₂.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

La presente proposta progettuale ha l'obiettivo finale di sostenere attività riguardanti l'individuazione di un unico impianto finalizzato alla generazione elettrica da carbone con cattura e successivo sequestro della CO₂ in bacini carboniferi profondi con riduzione dei costi di investimento. Tre sono le linee d'azione principali:

- miglioramento e riduzione dei costi dei processi di produzione dell'energia elettrica (con cattura della CO₂) da syngas prodotto a partire da carbone in varia granulometria.
- studio dell'applicabilità di tecniche di confinamento della CO₂ (ECBM e acquiferi) con verifiche sperimentali nell'area del bacino minerario del Sulcis.
- definizione di un sistema unico comprendente produzione elettrica e sequestro della CO₂

L'attività ha una durata complessiva di 3 anni.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE SVOLTA NEL PRIMO ANNO

L'attività si è realizzata nei seguenti ambiti:

- Studio e sperimentazione della gassificazione operata con CO₂ come agente gasificante;
- Studio e sperimentazione di diversi sorbenti per la desolforazione del syngas a caldo;

- Studi preliminari per l'applicazione delle tecnologie ECBM al bacino del Sulcis.

L'approfondimento di tali aspetti ha consentito di sviluppare i processi di produzione e di desolforazione a caldo di syngas da carbone con l'obiettivo di incrementare notevolmente le prestazioni di impianti commerciali di piccola-media taglia, cui la piattaforma pilota si riferisce, con una riduzione dei costi di investimento e di gestione degli stessi. Parte delle attività sono state effettuate sulla Piattaforma Pilota del Centro Ricerche SOTACARBO, opportunamente adeguata dal punto di vista impiantistico. Per questo scopo, a partire dal giugno 2007 e nel corso del 2008 sono stati effettuati diversi investimenti nel progetto e nella modifica degli impianti suddetti. 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 immagazzinabile e allo studio di fattibilità per l'applicazione di queste tecnologie all'area del bacino minerario del Sulcis. Per quanto riguarda le attività sperimentali, sono state condotte diverse prove di desolforazione a caldo e di gassificazione con CO₂ presso la Piattaforma Pilota del Centro Ricerche SOTACARBO.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE PER IL SECONDO ANNO

Le attività in oggetto riguardano lo sviluppo e l'ottimizzazione di tecnologie CCS di tipo pre combustion più promettenti in una prospettiva di medio periodo. Nell'ottica di prosecuzione del ruolo di Advisor che ENEA sta svolgendo per il MSE (di cui alla scheda 5.2.5.9), esse vengono svolte in coordinamento con CESI Ricerca e CNR in una comune azione di formazione/informazione rivolta agli stakeholders ed a tutti gli utenti.

Le attività sugli impianti di gassificazione equipaggiati con cattura della CO₂ vengono condotte in stretta sinergia con SOTACARBO, concentrando le attività di ricerca presso ENEA e quelle di applicazione e ottimizzazione su scala industriale presso la Piattaforma Pilota SOTACARBO.

In particolare le attività sullo storage, riguardano uno studio di approfondimento locale dell'area del Sulcis, vengono svolte in coordinamento con quelle di survey geologico di CESI Ricerca che avvalendosi dei risultati dell'attività potrà poi meglio dettagliare la zona del Sulcis nel progetto di "mappatura" dei siti idonei allo stoccaggio della CO₂ sull'intero territorio nazionale.

Il dettaglio delle fasi di realizzazione si articola in:

- Sperimentazione e ottimizzazione di sistemi di gassificazione;
- Sperimentazione e ottimizzazione di sistemi di cleanup e trattamento del syngas prodotto;
- Sperimentazione e ottimizzazione dei processi cattura della CO₂;
- Studio e sperimentazione di tecnologie di confinamento della CO₂;
- Elaborazione di un unico sistema di generazione elettrica con cattura e stoccaggio CO₂.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL SECONDO ANNO

A. Sperimentazione e ottimizzazione di impianti di gassificazione

Proseguono presso ENEA e presso la piattaforma pilota SOTACARBO le attività sperimentali sugli impianti di gassificazione con aria, ossigeno e CO₂, con prove e test relativi a diverse condizioni di funzionamento, tesi alla messa a punto ed all'ottimizzazione dei processi e delle apparecchiature. Vengono in questo ambito effettuate alcune modifiche alla componentistica di impianto degli impianti preesistenti presso la Piattaforma Pilota SOTACARBO, migliorando il sistema di scarico ceneri, la strumentazione e l'analitica di corredo in modo da poter effettuare sperimentazioni più accurate e con

funzionamento in continuo. Vengono effettuati a partire dal syngas prodotto test di produzione di energia elettrica tramite l'utilizzo del preesistente motore a combustione interna alimentato a syngas e test di conversione e purificazione fino ad ottenere un gas ad elevato tenore di idrogeno con l'ausilio di sistemi a pressione variabile (PSA). In questo stesso frangente vengono valutati i costi di conduzione degli impianti e dei processi.

Risultato/Deliverable intermedi (settembre 2009):

Report sulle modifiche di impianto e inserzione nuova strumentazione
Report sulla sperimentazione in continuo dei processi di gassificazione

Risultato/Deliverable finali:

Report sulla sperimentazione con produzione di energia elettrica e H2
Report sull'ottimizzazione dei sistemi di scarico ceneri e analisi gas
Report di valutazione economica dei processi

Principali collaborazioni:

SOTACARBO, Università di Cagliari, Università di Roma La Sapienza

Durata:

Aprile 2009 – Marzo 2010

B. Sperimentazione e ottimizzazione di sistemi di pulizia a freddo del syngas

Vengono svolte attività sperimentali di trattamento a freddo del syngas prodotto sugli impianti di gassificazione presso la piattaforma pilota SOTACARBO con prove e test volti ad acquisire dati e competenze sul processo di desolforazione e su quello di separazione di polveri, tar. Vengono in quest'ambito eseguiti test di clean up del syngas in torri di lavaggio e colonne a riempimento con diversi solventi liquidi (soluzioni acide e alcaline, ammine). Vengono altresì effettuati test con sistemi di depolverazione elettrostatica ad umido (WESP). In questo stesso frangente vengono valutati i costi di conduzione degli impianti e dei processi sia in termini energetici che economici.

Risultato/Deliverable intermedi (settembre 2009):

Report sperimentazione di sistemi di lavaggio con solventi liquidi di diversa natura

Risultato/Deliverable finali:

Report sperimentazione di sistemi di depolverazione elettrostatica
Report di valutazione economica dei processi

Principali collaborazioni:

SOTACARBO, Università di Cagliari

Durata:

Aprile 2009 – Marzo 2010

C. Studio e sperimentazione di processi chimico-fisici di trattamento e conversione del syngas

Vengono svolte presso i laboratori ENEA attività sperimentali di trattamento del syngas e dei gas acidi residui della rigenerazione dei medium utilizzati nella cattura dei gas acidi sugli impianti di gassificazione con prove e test volti ad acquisire dati e competenze su processi e sistemi. Avvalendosi della disponibilità di impianti, sezioni di prova e laboratori dotati di strumentazione e diagnostica avanzata (MS, FTIR, GC, TGA, assorbimento atomico...) e dell'esperienza pluriennale del personale addetto si svolgono sperimentazioni su reattoristica in piccola e media scala, eseguendo prove in sezioni a media e alta temperatura che prevedono lo screening di diverse metodologie di trattamento con la valutazione di attività catalitica, fenomeni di invecchiamento e avvelenamento in presenza di polveri, tar e composti dello zolfo. Ulteriori investimenti in attrezzature e personale andranno ad incrementare il know how tecnologico e la capacità di supportare le attività sugli impianti di taglia industriale.

Risultato/Deliverable intermedi (settembre 2009):

Report sperimentazione sistemi di trattamento del syngas

Risultato/Deliverable finali:

Report sperimentazione sistemi di conversione del syngas

Report di valutazione economica dei processi

Principali collaborazioni:

Università di Cagliari, Università di Roma "La Sapienza"

Durata:

Aprile 2009 – Marzo 2010

D. Studio e sperimentazione di processi e sistemi di cattura della CO2 con rigenerazione dei solventi

Vengono svolte attività sperimentali sulla cattura della CO2 dal syngas prodotto sugli impianti di gassificazione della Piattaforma Pilota con prove e test volti ad acquisire dati e competenze sul processo in parola. Vengono in quest'ambito eseguiti test in colonne a riempimento dove il syngas viene trattato con l'utilizzo di soluzioni amminiche (MEA e MDEA). Viene altresì effettuata, con l'ausilio di modelli e codici di simulazione, la progettazione, la realizzazione e la sperimentazione di un'unità completa di rigenerazione termica del solvente che andando a completare la dotazione dell'impianto in scala laboratorio consente di operare in continuo con la cattura della CO2 dal syngas che proviene dal gassificatore. In questo stesso frangente vengono valutati i costi di conduzione degli impianti e dei processi sia in termini energetici che economici. Queste attività sono complementari a quanto svolge CESI Ricerca sullo sviluppo di ammine su supporto solido per sistemi di cattura CO2 sui fumi di combustione.

Risultato/Deliverable intermedi (settembre 2009):

Report sulla simulazione e sulla progettazione definitiva dell'unità di rigenerazione del solvente a base amminica

Risultato/Deliverable finali:

Report sperimentazione di sistemi di trattamento e cattura CO2

Report sulla realizzazione e conduzione dell'unità di rigenerazione del solvente in continuo

Report di valutazione economica dei processi

Principali collaborazioni:

SOTACARBO, Università di Cagliari

Durata:

Aprile 2009 – Marzo 2010

E. Studio e sperimentazione di tecnologie di confinamento della CO2 in bacini carboniferi profondi e acquiferi salini

L'obiettivo prevede lo sviluppo di studi geosismologici, l'avvio di attività analitiche di laboratorio, l'effettuazione di indagini geologiche mirate all'applicazione nel bacino carbonifero del Sulcis di tecniche di confinamento della CO2 all'interno degli strati carboniferi non coltivabili (ECBM) e negli acquiferi salini sottostanti. Partendo dalla collaborazione con operatori già coinvolti per competenze geologiche e know how tecnologico nell'ambito del confinamento della CO2, si dà inizio in questo frangente alla valutazione, progettazione e realizzazione di un primo set up sperimentale che fornirà utili dati sui processi di iniezione e monitoraggio di un impianto prova Test Site a cui farà seguito una prima campagna sperimentale di iniezione e monitoraggio. I dati ricavati saranno elaborati e resi di pubblico dominio per ulteriori azioni di R&S, in particolare verso CESI Ricerca che potrà meglio dettagliare la zona del bacino del Sulcis nel progetto globale di mappatura dei siti idonei allo stoccaggio della CO2 nell'intero territorio nazionale.

Risultato/Deliverable intermedi (settembre 2009):

Report sulla valutazione e screening di sistemi e tecnologie di monitoraggio del confinamento geologico della CO2

Risultato/Deliverable finali:

Report di caratterizzazione sperimentale dei siti per il sequestro

Principali collaborazioni:

Università di Roma La Sapienza

Durata:

Aprile 2009 – Marzo 2010

F. Analisi prestazionale di un sistema unico di generazione elettrica con tecnologie CCS

L'obiettivo prevede di effettuare, con l'ausilio di software commerciali, lo sviluppo di modelli teorici e simulazioni numeriche di un unico sistema di generazione elettrica equipaggiato con cattura e stoccaggio della CO2. In questo ambito vengono analizzati sistemi per il controllo di funzionamento degli impianti con applicazione e sviluppo di diagnostica avanzata. Vengono in questo ambito effettuate delle valutazioni preliminari per l'individuazione della miglior taglia e tecnologia per una realizzazione di impianto considerando anche l'integrazione di sistemi di produzione di combustibili di opportunità sia liquidi che gassosi.

Risultato/Deliverable intermedi (settembre 2009):

Report sulla simulazione di diverse tecnologie di cattura pre e postcombustion con l'ausilio di codici industriali

Risultato/Deliverable finali:

Report di simulazione di un impianto unico a tecnologia CCS

Principali collaborazioni:

Università di Milano

Durata:

Aprile 2009 – Marzo 2010

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

- L'obiettivo principale del progetto, che prevede la riduzione dei costi di investimento per la realizzazione di impianti di generazione elettrica da carbone, ha una sua ricaduta diretta sui costi sostenuti dagli utenti del sistema elettrico nazionale (siano essi industrie, società o semplici cittadini) in quanto nell'articolarsi del prezzo del kilowattora elettrico, la quota di ammortamento relativa alle spese in conto capitale rappresenta una voce importante specie per il caso degli impianti a carbone ove il peso di altre voci come quella combustibile è ridimensionato rispetto agli impianti alimentati a gas naturale. Ulteriori benefici derivanti dalla realizzazione di tale progetto sono legati innanzi tutto alla possibilità per il sistema elettrico nazionale di diversificare le fonti energetiche di approvvigionamento e, per quanto riguarda gli aspetti ambientali, al limitato impatto sugli ecosistemi conseguente all'introduzione di tecnologie "intrinsecamente pulite" come quelle di gassificazione, che nella fattispecie abbisognano, per poter funzionare correttamente, di un livello di trattamento del syngas combustibile più spinto rispetto a quello degli impianti a semplice combustione (gli impianti di gassificazione garantiscono in generale livelli di emissione più contenuti in quanto devono sottostare a specifiche più stringenti sul combustibile per consentire il funzionamento dei gruppi turbogas). Nello specifico ambito dell'applicazione delle tecnologie ECBM, entrambi i vantaggi economici, sia quello diretto, riconducibile allo sfruttamento del gas metano estratto dai bacini profondi grazie all'iniezione della CO2, che quello indiretto, dovuto al costo evitato per l'acquisto di quote di emissione in atmosfera di CO2 (che viene iniettata nel sottosuolo) si andranno a riflettere in una riduzione dei costi per l'utente finale.

Tema di ricerca 5.2.5.2. "Tecnologie di gassificazione del carbone con cattura e sequestro della CO2"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Sperimentazione e ottimizzazione di impianti di gassificazione	31.03.2010	2.000	120	50	15	700	150	1.035
B	Sperimentazione e ottimizzazione di sistemi di pulizia a freddo del syngas	31.03.2010	1.000	60	10	10	300	100	480
C	Studio e sperimentazione di processi chimico-fisici di trattamento e conversione del syngas	31.03.2010	2.000	120	150	10	0	50	330
D	Studio e sperimentazione di processi e sistemi di cattura della CO2 con rigenerazione dei solventi	31.03.2010	1.000	60	20	10	600	90	780
E	Studio e sperimentazione di tecnologie di confinamento della CO2 in bacini carboniferi profondi e acquiferi salini	31.03.2010	750	45	20	10	0	150	225
F	Analisi prestazionale di un sistema unico di generazione elettrica con tecnologie CCS	31.03.2010	1.000	60	30	10	0	50	150
Totale			7.750	465	280	65	1.600	590	3.000

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca (attività della consociata SOTACARBO)

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE
Gruppo tematico:	FONTI RINNOVABILI
Tema di ricerca	5.2.5.3 TECNOLOGIE INNOVATIVE DI GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Sviluppo di tecnologie avanzate per componenti fotovoltaici innovativi

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il prodotto dell'attività è costituito dallo sviluppo di un insieme di tecnologie e processi ad alto grado di innovazione per la realizzazione di impianti fotovoltaici con caratteristiche competitive in termini di prestazioni e costi.

Le linee di ricerca sono rivolte al perfezionamento delle tecnologie delle celle solari a film sottile di II generazione a base di silicio e CIS, e allo sviluppo di nuove tecnologie a film sottile di III generazione a base di quantum dot di silicio e polimeri.

Per le celle in silicio si svilupperanno soluzioni migliorative delle celle tandem micromorfe (silicio amorfo/silicio microcristallino) a film sottili con l'introduzione di riflettori intermedi, nuovi elettrodi trasparenti, metodi di deposizione ad alta velocità e substrati economici in plastica, allo scopo di migliorare l'efficienza e ridurre i costi. Parallelamente si svilupperanno materiali ingegnerizzati di III generazione basati su quantum dot di silicio (nanocristalli con dimensioni pari a pochi nm) dispersi in matrici dielettriche da impiegare come strati attivi con gap energetica ottimizzata per ulteriori miglioramenti dell'efficienza dei dispositivi fotovoltaici.

Per le celle fotovoltaiche polimeriche, destinate alla realizzazione di componenti a bassissimo costo, si lavorerà alla messa a punto, in atmosfera controllata, di processi di fabbricazione con l'impiego di polimeri coniugati commerciali e non, al fine di raggiungere efficienze e stabilità sufficienti ad un'applicazione commerciale.

Le celle solari a base di CIS hanno alte efficienze ma sono condizionate nella diffusione dalla scarsa disponibilità mondiale di indio, già massicciamente impiegato per la realizzazione di LCD e passato da 70\$/kg nel 2002 a oltre 1000 \$/kg. Per superare tale limite si svilupperanno materiali con caratteristiche simili, dal punto di vista dell'applicazione fotovoltaica, ma in cui l'indio è sostituito da coppie di metalli dei gruppi II e IV della tavola periodica.

Accanto alle linee di ricerca sulle tecnologie e i materiali saranno affrontati i problemi legati alla definizione di procedure per la caratterizzazione e qualificazione di componenti fotovoltaici innovativi più adeguate rispetto agli attuali standard normativi, pensati per componenti convenzionali a base di wafer di silicio cristallino o di film sottili di silicio amorfo.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

I film sottili, che al momento ricoprono ancora una quota di mercato molto contenuta (~ 10%), sono considerati uno degli approcci più promettenti per una sostanziale riduzione dei costi per Watt nel breve-medio termine (fino a valori inferiori a 1 €/Wp). Impiegano, infatti, substrati a basso costo (vetro, metallo, plastica) insieme a quantità minime di materiale semiconduttore con, di norma, una superiore capacità di assorbimento della radiazione solare rispetto al silicio cristallino. Si prestano a produzioni su larga scala, in cui il modulo, anche di grandi dimensioni (fino ad oltre 5 m²), è ottenuto direttamente

al termine di un processo in linea a bassa intensità energetica, e non tramite processamento di wafer ad alta temperatura e successivo assemblaggio, come accade invece nel caso del silicio mono e multi-cristallino. Inoltre, i moduli a film sottile sono particolarmente adatti alle applicazioni in edilizia, in quanto è possibile realizzare elementi fotovoltaici esteticamente attraenti e con elevata adattabilità di forma, dimensione e trasparenza, permettendo all'utenza la possibilità di installare sistemi di produzione di energia elettrica con buona efficienza e costo competitivo anche in contesti particolari come i centri storici, aree monumentali e di pregio.

La combinazione di potenziale riduzione di costi e possibilità di penetrazione in un mercato altamente remunerativo, come quello dell'integrazione architettonica, rendono le tecnologie a film sottile particolarmente interessanti per le prospettive di mercato.

Al miglioramento e agli ulteriori sviluppi delle tecnologie più innovative in questo campo sono dedicate risorse ingenti nei maggiori paesi industrializzati, ed in particolare negli USA, in Germania e in Giappone con risultati molto incoraggianti. La loro piena maturazione richiede però ancora un notevole sforzo di ricerca e sviluppo, per raggiungere sia prestazioni che costi competitivi con le tecnologie tradizionali.

In Italia, l'incentivazione in conto energia ha stimolato l'interesse di molteplici operatori e tutta una serie di nuove iniziative imprenditoriali nel settore fotovoltaico sono state annunciate e hanno raggiunto diversi livelli di avanzamento, quasi tutte nel campo della tradizionale tecnologia del silicio cristallino. Nel campo dei film sottili non ci sono linee di produzione già operative ma è forte la richiesta di tecnologie innovative da parte di tutti gli operatori: sia di quelli già attivi con produzioni o che stanno realizzando impianti per celle in silicio cristallino (X-Group, Ferrania, MedSolar) che guardano ai film sottili per le prospettive che offrono a ulteriori investimenti, sia quelli che hanno puntato dall'inizio sui diversi tipi di film sottili (Moncada, Arendi) che vogliono assicurarsi il miglioramento del prodotto iniziale per non perdere competitività nel tempo. Da qui l'esigenza di dare una forte spinta alla ricerca in questo settore.

L'ENEA ha una pluriennale esperienza nella ricerca su materiali fotovoltaici a film sottile con studi volti al miglioramento delle prestazioni dei dispositivi sia in termini di efficienza che stabilità sotto esposizione alla radiazione solare, nonché alla individuazione di regimi di deposizione favorevoli per l'applicazione industriale. Le celle di tipo "micromorph" realizzate in ENEA hanno una struttura a doppia giunzione di tipo pin/pin con una cella posteriore di silicio microcristallino e una frontale di silicio amorfo. Queste sono depositate su substrati di vetro con la tecnica Very High Frequency - Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (VHF-PECVD), che permette elevate velocità di deposizione con conseguente riduzione dei tempi di lavorazione e quindi dei costi associati. Sono state ottenute celle da laboratorio (di area 1 cm²) con un'efficienza dell'11.3%, utilizzando uno spessore degli strati attivi intrinseci di circa 1.5 μm per la cella microcristallina e di circa 0.3 mm per la cella amorfa, con una temperatura di processo di soli 150°C che consente di contenere i consumi energetici di fabbricazione. I dispositivi realizzati hanno dimostrato una buona stabilità all'esposizione alla luce, con un degrado dell'efficienza valutato inferiore al 10%. Inoltre nei laboratori ENEA vengono anche studiati e realizzati gli elettrodi trasparenti e conduttivi necessari a tali celle a film sottile. In particolare è stato realizzato un impianto Low Pressure – Metal Organic Chemical Vapour Deposition (LP-MOCVD) per la deposizione di film di ossido di zinco su substrati di vetro con area 30x30cm². I film di ZnO:B hanno una elevata trasmittanza nella regione visibile dello spettro solare, bassa resistività elettrica e eccellenti proprietà di rugosità, tali da renderli idonei all'uso come elettrodo frontale dei dispositivi, con costi di produzione molto competitivi con quelli dei substrati commerciali realizzati con film di SnO₂.

Nel campo delle celle polimeriche l'ENEA ha sviluppato dispositivi che impiegano come materiale fotosensibile una miscela composta da un derivato del poltiofene e un derivato del fullerene. E' stato realizzato un prototipo con un area attiva di circa 1 cm² che presenta picchi di quantum efficiency del 55% ed efficienze di conversione fotovoltaica dell' 1.3%, tra i migliori risultati a livello nazionale.

Diversi sono i rapporti di collaborazione consolidati dall'ENEA con altre strutture di ricerca e con l'industria all'interno di progetti nazionali ed europei, ma le risorse complessivamente disponibili sono ridotte rispetto al livello minimo necessario per ottenere risultati soddisfacenti in tempi ragionevoli.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Le principali tematiche di ricerca nel settore dei film sottili riguardano la realizzazione di moduli di larga area, compreso lo sviluppo di strati trasparenti e conduttivi alternativi a quelli disponibili in commercio, la realizzazione di celle su substrati plastici a basso costo e studi che mirano in varie direzioni al miglioramento di efficienza e stabilità dei dispositivi. In particolare, le celle tandem secondo calcoli teorici possono raggiungere efficienze massime intorno a 35%, molto più elevate di quelle dei prodotti attualmente commerciali, ma molto distanti anche da quelle ottenute in laboratorio .

Il valore di efficienza iniziale più alto raggiunto con la tecnologia del silicio a film sottile, pari a 15,3% su un area di appena 0,27 cm², è stato ottenuto con una tripla giunzione pin in serie che utilizza film di silicio amorfo e nanocristallino e film di silicio germanio. A parte la complessità di tale struttura, l'utilizzo di un gas costoso quale il germano va a incidere sul costo di fabbricazione di tale dispositivo. Una buona alternativa alla tripla giunzione sono i dispositivi tandem "micromorfi" che utilizzano silicio amorfo e microcristallino, con cui è stata ottenuta su substrati di vetro un'efficienza iniziale riferita ad un area di 1 cm² del 12,6%, stabilizzata all'11,1%.

Per quanto riguarda le celle cresciute su substrati polimerici, sono stati ottenuti dispositivi a giunzione singola e tandem micromorfa con efficienza iniziale pari a circa il 9% e maggiore del 10% rispettivamente utilizzando la configurazione nip. Naturalmente performance molto inferiori si hanno quando si passa ad area più grandi, i moduli commerciali hanno un'efficienza che varia nell'intervallo 6% - 8% a seconda della complessità della struttura del dispositivo.

Nel campo delle celle polimeriche il valore di efficienza più alto raggiunto è del 5% ed è stato ottenuto utilizzando il poly(3-hexylthiophene) come assorbitore di luce e donore di elettroni e un derivato del fullerene C60 come accettore di elettroni. I dispositivi attuali mostrano una buona stabilità termica (T<150°C) ma risultano ancora sensibili all'aria e all'umidità, pertanto vengono preparati e caratterizzati in atmosfera di azoto (glove box). I pochi dati disponibili in letteratura circa la stabilità operativa di dispositivi incapsulati, mostrano che questa tecnologia (al di là delle efficienze ancora basse) non è ancora matura per il mercato.

La tecnologia a film sottile che ha raggiunto i migliori risultati in termini di efficienza di conversione è quella basata su leghe CIGS (Copper Indium-Gallium Selenide). Celle con area di circa 1 cm² e composizione $CuIn_{(1-x)}Ga_xSe_2$ con $x=0,3$ hanno raggiunto una efficienza record del 19,9% mentre i moduli commerciali hanno efficienze tipiche intorno al 12%. Le ricerche, in corso in vari laboratori giapponesi ed europei, volte al superamento del problema della scarsa disponibilità di indio con lo sviluppo di materiali simili al CIS ma in cui l'indio è sostituito da una coppia di metalli II-IV sono ancora allo stato preliminare con vari materiali e approcci allo studio. Con l'impiego di zinco e stagno sono state ottenute strutture cristallografiche della Kesterite (con ferro e stagno si ottiene la Stannite) e il miglior risultato di efficienza pari a 6,77%.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

L'obiettivo finale è la messa a punto di tecnologie avanzate nel campo del fotovoltaico a film sottile con:

- il perfezionamento delle celle solari a film sottile di II generazione a base di silicio e CIS per applicazioni nel breve-medio termine

- lo sviluppo di nuovi materiali e celle a film sottile di III generazione a base di quantum dot di silicio e polimeri;

Ulteriore obiettivo è quello di valutare il grado di adeguatezza delle attuali procedure di caratterizzazione quando applicate a componenti fotovoltaici innovativi e studiare gli opportuni correttivi, per fornire alla PA il supporto necessario all'aggiornamento delle normative del settore.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

Lo sviluppo dell'attività nell'arco della durata del programma e per le diverse linee è il seguente:

Fotovoltaico avanzato a base di film sottili di silicio

- sviluppo di celle tandem micromorfe evolute per ottimizzare l'utilizzo della radiazione solare da parte dei due dispositivi in serie con un opportuno riflettore intermedio.;
- sperimentazione di concetti innovativi per il fotovoltaico di III generazione come materiali a base di quantum dot di silicio in matrici dielettriche e come i nanofili metallici per la capacità di amplificazione locale del campo elettromagnetico;
- sviluppo di moduli prototipali su substrati di vetro di area 30x30 cm² con elettrodo trasparente a base di ZnO, ed efficienza superiore al 9%;
- sviluppo di celle fotovoltaiche di piccola area su substrati di plastica in configurazione nip con efficienza superiore al 9%;
- sviluppo di metodologie per la caratterizzazione e la qualificazione di dispositivi e componenti fotovoltaici basati su tecnologie innovative.

Celle organiche a base di materiali polimerici o ibridi

- messa a punto di un processo per la realizzazione di celle polimeriche in atmosfera controllata con efficienze non inferiori al 4%;
- sviluppo di nuovi materiali polimerici o ibridi.

Materiali e celle a film sottili policristallini a base di rame ed elementi II-IV e VI.

- realizzazione di una linea per la fabbricazione di materiali e dispositivi fotovoltaici a base di rame ed elementi II-IV e VI;
- sviluppo di film sottili di un materiale policristallino Cu₂-II-IV-VI₄ con le migliori proprietà optoelettroniche per la costruzione di celle fotovoltaiche;
- sviluppo di un processo completo per la realizzazione di un dispositivo fotovoltaico a base del materiale policristallino Cu₂-II-IV-VI₄ selezionato, con efficienza non inferiore al 5% su piccola area.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL PRIMO ANNO

A. Studio e sperimentazione di celle tandem micromorfe con riflettore intermedio

Per migliorare le prestazioni della cella tandem micromorfa in termini di stabilità è necessario mantenere sottile lo strato attivo della cella top amorfa. Una riduzione dello spessore comporterebbe, però, un limitato assorbimento della radiazione solare da parte di tale componente e, in conseguenza, una limitazione alla corrente del dispositivo. L'introduzione di uno strato riflettore intermedio posto tra le due celle componenti potrebbe consentire di aumentare il cammino ottico della radiazione all'interno della cella top e quindi di sfruttare le potenzialità in termini di correnti elevate della cella microcristallina. Tale strato deve essere trasparente in modo da consentire alla radiazione di raggiungere la cella bottom, sufficientemente conduttivo per non bloccare le cariche che devono ricombinarsi nella giunzione tunnel n/p e ad indice di rifrazione di circa 2 per agire come strato riflettore. Verranno studiati diversi materiali per essere testati allo scopo prefisso: in particolare

saranno depositati film opportunamente drogati di nitruro e/o ossido di silicio per PECVD e di ossido di zinco per sputtering.

Risultati/Deliverable intermedi: studio delle proprietà di film drogati di nitruro, ossido di silicio e ossido di zinco per l'individuazione del materiale idoneo da utilizzare come riflettore intermedio per le celle tandem micromorfe; rapporto tecnico con i risultati dello studio eseguito. (entro 30 settembre 2009).

Risultati/Deliverable finali: messa a punto del processo di deposizione del riflettore intermedio individuato per le celle tandem micromorfe; produzione di celle micromorfe su scala laboratorio con efficienza iniziale migliorata di circa il 10% rispetto ai valori attuali; rapporto tecnico, comprensivo di analisi costi-benefici del trasferimento su linea di produzione. (entro 31 marzo 2010)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

B. Studio e sperimentazione di strati assorbitori a quantum dot di Si e di array di nanoparticelle metalliche per celle fotovoltaiche di III generazione

Tra i diversi concetti proposti per il fotovoltaico di nuova generazione, un approccio promettente consiste nella realizzazione di dispositivi solari a multigiunzione, o celle tandem, dove ogni cella è realizzata ad-hoc e dedicata all'assorbimento di una particolare frazione dello spettro solare. Tramite nano-ingegneria del silicio, è possibile realizzare un nuovo materiale adatto allo scopo, con gap regolabile maggiore di quella del silicio in forma bulk (1,1 eV). L'idea è quella di fabbricare quantum dot di silicio immersi in una matrice dielettrica sufficientemente ravvicinati di modo che la sovrapposizione delle funzioni d'onda per gli stati permessi formi ampie mini-bande. Saranno realizzati film di nitruro di silicio contenenti nanostrutture di silicio formatesi per auto-aggregazione, mediante PECVD a bassa temperatura, e verificato il possibile utilizzo di questi materiali per applicazioni fotovoltaiche. Accanto ad una caratterizzazione di tipo strutturale, verranno investigati, principalmente, conducibilità elettrica, assorbimento ottico e fotoluminescenza. A tal fine si prevede l'adeguamento della spettroscopia Raman per misure di fotoluminescenza e per la mappatura spaziale dei campioni. L'obiettivo consiste nella realizzazione di quantum dot in condizioni di elevato impacchettamento con gap energetiche variabili in principio da 1.5 a 3 eV, e in particolare intorno al valore ottimale di 1.7-1.8 eV, dimostrando in questo modo l'idoneità di questi materiali all'utilizzo come strati assorbitori in dispositivi fotovoltaici innovativi. La realizzazione di un'opportuna giunzione p-i-n per questo nuovo strato assorbitore intrinseco sarà il successivo banco di prova in vista di un futuro approccio a strutture tandem, ad esempio con questo tipo di cella a base di Si nanostrutturato in sostituzione della cella top amorfa nella struttura micromorfa.

Sarà studiata anche la possibilità di migliorare la raccolta di cariche elettriche agli elettrodi dei dispositivi sfruttando le risonanze plasmoniche superficiali in nanoparticelle metalliche, che sono di interesse per un gran numero di applicazioni per la capacità di amplificare localmente il campo elettromagnetico. Ponendo tali nanoparticelle nelle vicinanze di un semiconduttore è atteso un miglioramento dell'assorbimento ottico dei fotoni incidenti e della raccolta delle cariche fotogenerate. Saranno realizzati film di nanoparticelle di oro e argento con diverse lunghezze d'onda di risonanza plasmonica al fine di adattare tali valori di risonanza alla risposta spettrale dei dispositivi. Tali strati verranno successivamente testati nei dispositivi.

Risultati/Deliverable intermedi: studio di diverse metodologie di realizzazione di materiali nanostrutturati che utilizzino processi di deposizione a bassa temperatura seguiti da eventuali trattamenti termici a media temperatura; deposizione di film di nanoparticelle metalliche su TCO testurizzato e non e valutazione del comportamento ottico di tali materiali; implementazione di un banco Raman per misure di fotoluminescenza e per mappature spaziali dei campioni; rapporto tecnico sulle tematiche affrontate. (entro 30 settembre 2009).

Risultati/Deliverable finali: messa a punto di processi di crescita di film nanostrutturati di silicio idonei all'utilizzo nei dispositivi solari; dimostrazione dell'aumento dell'assorbimento della radiazione solare nelle celle solari grazie all'utilizzo di plasmoni superficiali in nanoparticelle metalliche; rapporto tecnico. (entro 31 marzo 2010).

Principali collaborazioni: Università di Genova (Dipartimento di fisica).

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

C. Sviluppo di moduli prototipali con TCO e materiali avanzati e studio delle relative metodologie di caratterizzazione e qualificazione

La tecnologia messa a punto per la deposizione di ZnO testurizzato, su area di 30 x 30 cm², sarà migliorata con l'introduzione di trattamenti superficiali in plasma per ridurre le probabilità di shunt nei dispositivi che lo utilizzino come elettrodo frontale. I film saranno testati con la fabbricazione prototipale di moduli. A tale scopo sarà adeguata l'attrezzatura esistente (camera RIE per larga area). I film saranno utilizzati come elettrodi frontali per la realizzazione di moduli micromorfi fino a 30 x 30 cm². L'utilizzo di un TCO alternativo insieme all'utilizzo di strati di silicio con caratteristiche strutturali e ottiche differenti ha un impatto importante sui processi di laser scribing necessari alla fabbricazione dei moduli. E' quindi necessaria un'attività parallela di ottimizzazione dei parametri del patterning, quali ad esempio lunghezza d'onda, densità di potenza, frequenza di ripetizione impulsi e velocità di avanzamento del fascio laser incidente. Tali parametri sono valutati rispetto alle caratteristiche di assorbimento ottico e di dissipazione termica del materiale da incidere. L'obiettivo principale è ridurre al minimo l'ampiezza dei singoli tagli in modo da massimizzare l'area attiva e, quindi, la resa dei moduli.

La caratterizzazione dei dispositivi fotovoltaici innovativi e la conseguente definizione di standard di misura costituisce una questione aperta, che interessa notevolmente sia i gruppi di ricerca, che le industrie che stanno lavorando allo scale-up dei processi sviluppati su piccola area. Una particolare attenzione va, ad esempio, posta nella calibrazione dei simulatori solari utilizzati per la valutazione dell'efficienza dei nuovi dispositivi perché è diversa la sensibilità spettrale a seconda della composizione e della struttura del materiale attivo. Nel caso delle celle a multigiunzione, come le micromorph, risultano inadeguati gli standard di riferimento normalmente utilizzati per la caratterizzazione delle celle a singola giunzione tradizionali. Altra questione da affrontare è la valutazione della affidabilità dei dispositivi innovativi nel tempo e a condizioni stressanti, caratteristiche essenziali per componenti destinati ad installazioni outdoor e all'integrazione in edilizia in particolare. L'attività sarà rivolta allo studio e definizione di test finalizzati alla valutazione della qualità dei dispositivi fotovoltaici innovativi e della loro affidabilità e tempo di vita.

In tale ambito sarà garantita la partecipazione italiana all'Implementing Agreement "Photovoltaic Power Systems" della IEA, con scambio di informazioni, studi e analisi su temi di comune interesse.

Risultati/Deliverable intermedi: implementazione del laboratorio di laser scribing con acquisizione di una coppia di tavole motorizzate ad alta velocità di scansione; acquisizione di un simulatore a doppia sorgente per la definizione di standard di misura su dispositivi innovativi a multi giunzione. (entro 30 settembre 2009).

Risultati/Deliverable finali: allestimento di una camera per trattamenti superficiali in plasma su area 30 x 30 cm² e messa a punto dei processi di trattamento dei film di ZnO; ottimizzazione dei tagli laser per la realizzazione di moduli prototipali micromorfi con elettrodo frontale in ZnO, mirando ad un'alta velocità di scansione e minimizzando la larghezza dei tagli e la loro distanza; realizzazione di moduli di area 10 x 10 cm² con efficienza superiore al 9%; messa a punto di test finalizzati alla valutazione della qualità dei dispositivi fotovoltaici innovativi e della loro affidabilità e tempo di vita; partecipazione all'Implementing Agreement "Photovoltaic Power Systems" della IEA. (entro 31 marzo 2010)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

D. Studio e sperimentazione di celle a film sottile di silicio su plastica

Generalmente le celle solari a film sottile di silicio sono depositate in configurazione p-i-n su substrato di vetro e illuminate dallo strato p (attraverso il vetro e l'elettrodo frontale trasparente), in modo da avere una migliore raccolta delle lacune caratterizzate da una bassa mobilità. Nel caso di utilizzo di substrati plastici, poco resistenti alla radiazione ultravioletta, molti adottano la configurazione n-i-p in modo che la radiazione solare non debba attraversare il substrato. In questo modo è possibile utilizzare anche substrati non trasparenti come sono la maggior parte delle plastiche resistenti a

temperature sufficientemente alte. In alternativa si può esplorare l'utilizzo della configurazione p-i-n con illuminazione dallo strato n grazie alla potenzialità di crescere film di silicio microcristallino di tipo n altamente conduttivi e trasparenti. Saranno realizzati dispositivi a singola o doppia giunzione di tipo p-i-n su substrati plastici sviluppando opportuni processi a bassa temperatura e strati di interfaccia per superare i problemi di disadattamento meccanico. Infatti, a causa dei differenti coefficienti di espansione termica tra i vari strati, possono verificarsi problemi di esfoliazione dei film che costituiscono il dispositivo fotovoltaico durante i processi di deposizione sui substrati polimerici.

Risultati/Deliverable intermedi: Realizzazione di film di silicio microcristallino di tipo n altamente conduttivi e trasparenti; messa a punto dei dispositivi a singola o doppia giunzione nella nuova configurazione su substrati vetro; messa a punto di trattamenti di testurizzazione dei substrati polimerici; rapporto tecnico. (entro 30 settembre 2009)

Risultati/Deliverable finali: sviluppo di dispositivi fotovoltaici su substrato polimerico con efficienza del 7% su scala di laboratorio. (entro 31 marzo 2010)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

E. Studio e sperimentazione di un processo per la realizzazione di celle polimeriche in atmosfera controllata

I materiali utilizzati per la realizzazione di celle polimeriche sono sensibili all'ossigeno e all'umidità per cui è indispensabile implementare tutti i passi del processo per la loro realizzazione in un ambiente controllato come le glove box. In particolare, occorre effettuare in atmosfera controllata la preparazione del materiale attivo, la sua deposizione e la deposizione dei contatti metallici. E' opportuno anche mettere a punto una misura dell'efficienza all'interno della glove box, per evitare il degrado in fase di test.

Sarà messo a punto il modello ottico delle celle solari organiche con lo scopo di investigare l'effetto dello spessore dello strato attivo sulla corrente di corto circuito del dispositivo. In generale, la struttura consiste in un multistrato di film sottili posti su un substrato di vetro relativamente spesso attraverso il quale arriva la luce. Gli indici di rifrazione e i coefficienti di estinzione di ciascuno strato della struttura saranno determinati per calcolare il campo elettrico in ciascuna posizione del dispositivo. L'obiettivo è di ottimizzare la struttura determinando lo spessore ottimale dello strato attivo che massimizzi l'assorbimento e limiti le perdite dovute a ricombinazione in modo da migliorare la corrente di corto circuito e l'efficienza di conversione.

I dispositivi saranno realizzati con materiali già disponibili in commercio; in particolare, si prevede l'uso di politiolfeni con diverse catene laterali. Lo scopo è quello di affrontare e risolvere le varie problematiche connesse con la deposizione dei materiali polimerici, il controllo della loro morfologia, la realizzazione dei contatti e la caratterizzazione dei dispositivi. Successivamente si passerà ad analizzare l'influenza di vari parametri sull'efficienza dei dispositivi (effetto del solvente di deposizione, del tipo di elettrodi, della velocità di deposizione, degli annealing sul materiale e sui dispositivi finali). Saranno anche investigate modifiche ed implementazioni nell'architettura della cella.

Risultati/Deliverable intermedi: allestimento di una linea sperimentale di dispositivi fotovoltaici a base di polimeri in atmosfera controllata (max 1 ppm di O₂ e H₂O) senza soluzione di continuità, con l'impiego di glove box accessoriata di evaporatore, spinner, piastre e sistema di caratterizzazione in situ; realizzazione di un modello ottico per la progettazione dei dispositivi. (entro 30 settembre 2009)

Risultati/Deliverable finali: messa a punto di un processo per la realizzazione di celle polimeriche in atmosfera controllata con efficienza superiore al 2%. (entro 31 marzo 2010)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

F. Studio e sperimentazione di nuovi materiali polimerici o ibridi organici-inorganici per celle fotovoltaiche

In collaborazione con gruppi universitari che hanno una esperienza consolidata nella sintesi di polimeri semiconduttori e nella preparazione di materiali nanostrutturati, saranno realizzati dispositivi con polimeri di nuova formulazione allo scopo di migliorare le caratteristiche ottiche ed elettriche di

quelli riportati finora in letteratura. Saranno impiegate tecniche di modeling molecolare dei materiali donori e accettori per progettare nuovi polimeri con una gap più piccola rispetto a quelli attuali e per dare indicazioni più dettagliate ai partner che si occupano della sintesi di nuovi materiali. Il modeling utilizzerà i metodi della chimica quantistica investigando la distribuzione elettronica, l'energia di gap e gli orbitali di frontiera (HOMO, LUMO).

Risultati/Deliverable intermedi: sintesi di nuovi materiali polimerici e ibridi per la fabbricazione di celle fotovoltaiche; testing e analisi comparativa dei diversi nuovi prodotti con riferimento a quelli commerciali. (entro 30 settembre 2009)

Risultati/Deliverable finali: messa a punto di un processo per la realizzazione di celle fotovoltaiche con nuovi materiali polimerici e ibridi in atmosfera controllata. (entro 31 marzo 2010)

Principali collaborazioni: Università di Modena e Reggio Emilia (Dipartimento di Chimica), Università del Salento (Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione).

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

G. Studio e sperimentazione di film sottili policristallini $\text{Cu}_2\text{-II-IV-VI}_4$ per la realizzazione di celle fotovoltaiche

L'attività partirà dal materiale che ha finora dato i migliori risultati, e cioè il $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, ma con esplorazioni collaterali di altri candidati, una volta individuati come promettenti. A tal fine si procederà anche ad uno studio per confrontare i vari componenti della famiglia $\text{Cu}_2\text{-II-IV-VI}_4$ in base alle conoscenze attuali su struttura cristallina (stannite o kesterite), valore e tipo (diretta/indiretta) della gap, masse efficaci, mobilità ecc.

I film precursori contenenti gli elementi nelle corrette proporzioni saranno realizzati depositando sequenzialmente (per evaporazione o sputtering) i tre layer dei rispettivi solfuri metallici. Il film precursore sarà sottoposto ad un annealing con impiego di polvere di zolfo o H_2S .

I materiali saranno caratterizzati dal punto di vista strutturale (XRD e SEM), ottico (tramite Riflettanza e Trasmittanza) per determinare il valore ed il tipo di gap, luminescenza per valutare i difetti) ed elettrico (conducibilità, mobilità da effetto Hall, fotoconducibilità).

Risultati/Deliverable intermedi: scelta, acquisizione ed installazione di apparati per la crescita di film policristallini di $\text{Cu}_2\text{-II-IV-VI}_4$ idonei all'utilizzo nei dispositivi solari; rapporto tecnico. (entro 30 settembre 2009)

Risultati/Deliverable finali: messa a punto di processi di crescita di film policristallini $\text{Cu}_2\text{-II-IV-VI}_4$ idonei all'utilizzo nei dispositivi solari; rapporto tecnico. (entro 31 marzo 2010)

Principali collaborazioni: Università di Trento (Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e Tecnologie Industriali), Università "La Sapienza" di Roma (Dipartimento di Fisica).

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

Le attività di ricerca e sviluppo previste consentiranno di sviluppare materiali e tecnologie innovative da impiegare nella produzione di componenti fotovoltaici.

In particolare lo sviluppo di tecnologie avanzate a film sottili permetterà di realizzare componenti specifici per l'integrazione del fotovoltaico in edilizia permettendo all'utenza la possibilità di installare sistemi di produzione di energia elettrica con buona efficienza, lunga durata e costo competitivo anche in contesti sensibili, con i conseguenti vantaggi economici.

Una più ampia diffusione dell'energia fotovoltaica può dare un contributo importante nella transizione strategica che il Paese deve compiere verso un mix di fonti di energia con un peso maggiore di rinnovabili per la riduzione delle emissioni di CO_2 .

La divulgazione dei risultati verrà assicurata attraverso rapporti tecnici resi disponibili sul sito ENEA dedicato, con articoli su riviste scientifiche e memorie presentate a convegni nazionali e internazionali.

Tema di ricerca 5.2.5.3. "Sviluppo di tecnologie avanzate per componenti fotovoltaici innovativi"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Studio e sperimentazione di celle tandem micromorfe con riflettore intermedio	31.03.2010	800	48	150	20	0	0	218
B	Studio e sperimentazione di strati assorbitori a quantum dot di Si e di array di nanofili metallici per celle fotovoltaiche di III generazione	31.03.2010	600	36	40	20	0	40	136
C	Sviluppo di moduli prototipali con TCO e materiali avanzati e studio delle relative metodologie di caratterizzazione e qualificazione	31.03.2010	700	42	215	60	40	0	357
D	Studio e sperimentazione di celle a film sottile di silicio su plastica	31.03.2010	600	36	50	20	0	0	106
E	Studio e sperimentazione di un processo per la realizzazione di celle polimeriche in atmosfera controllata	31.03.2010	600	36	175	30	0	0	241
F	Studio e sperimentazione di nuovi materiali polimerici o ibridi organici-inorganici per celle fotovoltaiche	31.03.2010	500	30	30	20	0	100	180
G	Studio e sperimentazione di film sottili policristallini Cu ₂ -II-IV-VI ₄ per la realizzazione di celle fotovoltaiche	31.03.2010	700	42	130	30	0	60	262
Totale			4.500	270	790	200	40	200	1.500

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE
Gruppo tematico:	PROGETTI INTERNAZIONALI: NUCLEARE, IDROGENO, CELLE A COMBUSTIBILE
Tema di ricerca	5.2.5.9 CENTRALI ELETTRICHE PER LA COPRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E IDROGENO

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il prodotto è rappresentato da una serie di azioni atte a sostenere le attività di ricerca avviate o in fase di definizione, in Italia, volte allo sviluppo e dimostrazione di tecnologie basate sull'impiego del carbone per la produzione combinata di idrogeno ed elettricità con livelli molto bassi – al limite nulli – di CO₂ e con una parallela riduzione sensibile delle emissioni di macro e micro inquinanti e di particolato: ciò viene realizzato mediante l'effettuazione di studi e sperimentazioni su alcuni fenomeni e sottoprocessi di particolare interesse per l'industria nazionale e per il sistema industria/organismi di ricerca, in maniera complementare ed a completamento di attività in corso. Contestualmente il progetto intende favorire il coordinamento e l'integrazione di diversi progetti condotti in Italia nell'ambito di programmi differenziati e con fonti di finanziamento diversificate (Miur: FISR e 297; MATT, Regioni, MAP) anche al fine di definire una "road map" italiana che tenga conto delle priorità dell'industria nazionale e delle scelte strategiche governative. Inoltre, la presente proposta progettuale ha l'obiettivo di favorire una più ampia, autorevole e qualificata partecipazione del sistema italiano impresa/ricerca ai grandi programmi ed iniziative europee ed internazionali quali Hypogen, i programmi FP7, CSLF, Futurgen e Implementino Agreement della IEA "Clean Coal Center".

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

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, favorendo la transizione verso un più ampio ed articolato ricorso alle rinnovabili, dall'altro la messa a punto di tecnologie per la produzione da tale fonte di idrogeno ed energia elettrica e aprire quindi la strada verso una possibile economia basata su questi due ultimi vettori energetici (elettricità e idrogeno).

L'Italia è fra i Paesi più industrializzati che non hanno ancora adottato una strategia per lo sviluppo delle tecnologie CCS (Carbon Capture & Storage) per impianti di produzione di energia elettrica, eventualmente combinata con la produzione di idrogeno per usi diversi.

Il contesto internazionale ed europeo ci spinge a colmare questa lacuna con la messa a punto di un documento di "Vision" ed una "Road-Map", e l'avvio di un programma italiano per la dimostrazione di tali tecnologie.

Nel nostro Paese esistono le condizioni tecniche ed il know how necessario per avviare un programma nazionale al passo con i tempi e coordinato con le iniziative europee ed internazionali. Molti progetti sono in corso, altri sono in fase di avvio: il tutto in un quadro di scarso coordinamento di cui si sente, peraltro, la forte necessità.

Il presente progetto è focalizzato sulle tecnologie che derivano da quella IGCC (Integrated Gasification Combined Cycles) e si basano su impianti di gassificazione del carbone che producono elettricità ed idrogeno con sequestrazione (=separazione + stoccaggio definitivo) della CO₂ e si pone l'obiettivo di fondo di favorire l'integrazione delle varie iniziative in Italia – già

avviate, in fase di definizione, oppure o in fase di proposta – allo scopo di consentire una più ampia ed efficace partecipazione del nostro Sistema-Paese ad importanti iniziative internazionali.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Le tecnologie per l'utilizzo del carbone in sistemi che prevedano la cattura ed il sequestro della CO₂ con concomitante produzione di idrogeno ed elettricità, sono attualmente entrate in una prima fase dimostrativa, che prevede un rilevante numero di iniziative internazionali per la realizzazione di impianti dimostrativi. Molte delle tecnologie necessarie per la cattura ed il sequestro della CO₂ sono già disponibili (ad esempio la gassificazione del carbone, la produzione di ossigeno, i reattori di shift, i processi di estrazione di gas acidi da miscele di gas) ed inoltre i programmi di ricerca e sviluppo hanno dato buoni risultati. Tali tecnologie possono quindi già oggi essere integrate con le moderne tecnologie già applicate per ridurre drasticamente le emissioni di inquinanti ed incrementare l'efficienza energetica, al fine di iniziare la fase di dimostrazione industriale per produrre elettricità da carbone con emissioni di CO₂ prossime allo zero.

La UE ritiene che con un impegno continuo e definendo condizioni di mercato che rispecchino vincoli chiari e ambiziosi in termini di emissioni di carbonio, si potranno rendere praticabili sotto il profilo commerciale le tecnologie del carbone sostenibile nel giro di 10-15 anni.

Ciò richiederà però coraggiosi investimenti industriali per finanziare una serie di impianti di dimostrazione, all'interno e all'esterno dell'UE, ed iniziative politiche connesse per un periodo relativamente prolungato, da adesso fino almeno al 2020, oltre che le necessarie attività di ricerca e sviluppo che, in un processo iterativo, dovranno seguire in parallelo tutta la fase di dimostrazione.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

La presente proposta progettuale ha l'obiettivo finale di favorire il coordinamento e l'integrazione di diversi progetti condotti in Italia nell'ambito di programmi differenziati e con fonti di finanziamento diversificate, quali progetti finanziati dal MIUR su fondi FISR e FAR; progetti del MATTM e delle Regioni, attività finanziate dal MSE sulla Ricerca di Sistema Elettrico e in particolare quelle sviluppate da CESI Ricerca. La collaborazione e l'integrazione con CESI Ricerca è prevista, nella presente scheda, nell'ambito degli studi sulla survey geologica, attraverso uno scambio di risultati che contribuirà a caratterizzare in modo completo le attività di confinamento geologico della CO₂ nel suolo italiano. Tali studi si svolgeranno nel corso del primo anno di attività.

L'integrazione delle attività sopra citate ha il fine di contribuire alla definizione di una "road map" italiana che tenga conto delle priorità dell'industria nazionale e delle scelte strategiche governative, sostenendo nel contempo le attività nazionali di ricerca avviate, oppure in fase di definizione, e volte allo sviluppo e dimostrazione di tecnologie basate sull'impiego del carbone per la produzione combinata di idrogeno ed elettricità.

Le ricerche avranno quale denominatore comune l'obiettivo di raggiungere livelli molto bassi – al limite nulli – di emissioni di CO₂, con una parallela riduzione sensibile delle emissioni di macro e micro inquinanti e di particolato, attraverso l'effettuazione di studi e sperimentazioni su alcuni fenomeni e sottoprocessi di particolare interesse per il sistema industria/organismi di ricerca.

La presente proposta progettuale ha l'obiettivo finale di favorire il coordinamento e l'integrazione di diversi progetti condotti in Italia nell'ambito di programmi differenziati e con fonti di finanziamento diversificate (Miur: FISR e 297; MATT, Regioni, MAP) al fine sia di contribuire alla definizione di una "road map" italiana che tenga conto delle priorità dell'industria nazionale e delle scelte strategiche governative, sia di sostenere le attività di ricerca avviate, oppure in fase di definizione, in Italia volte allo sviluppo e dimostrazione di tecnologie basate sull'impiego del carbone per la produzione combinata di idrogeno ed elettricità con livelli molto bassi – al limite nulli – di CO₂ e con una parallela riduzione sensibile delle emissioni di macro e micro inquinanti e di particolato: ciò viene realizzato mediante l'effettuazione di studi e sperimentazioni su alcuni fenomeni e sottoprocessi di particolare interesse per l'industria nazionale e per il sistema industria/organismi di ricerca, in maniera complementare ed a completamento di attività in corso.

La presente scheda si presenta, in particolare, complementare alle altre due schede sulle tecnologie legate all'utilizzo pulito del carbone (scheda 5.2.5.2 e 5.2.2.2), assieme alle quali

vengono coperte gran parte delle tematiche di Ricerca e Sviluppo su cui si concentrano gli sforzi del mondo scientifico nazionale ed internazionale.

La seguente tabella riassume le tematiche di ricerca delle tre schede dimostrandone l'integrazione e la complementarità.

PROCESSO	TECNOLOGIA	SCHEDA
Gassificazione del carbone	Gassificazione ad aria/aria arricchita	5.2.5.2
	Gassificazione con CO ₂	5.2.5.2
	Idrogassificazione	5.2.5.9
	Gassificazione con O ₂ in letto fluido con desolforazione	5.2.5.9
Combustione del carbone	Ossicombustione	5.2.2.2
	Combustione flameless	5.2.2.2
	Alimentazione slurry	5.2.2.2
	Progettazione con simulazione RANS e LES	5.2.2.2
	Diagnostica innovativa per monitoraggio fumi	5.2.2.2
Cattura della CO ₂	Cattura a freddo con ammine	5.2.5.2
	Cattura ad alta temperatura con CaO	5.2.5.9
Cleaning del syngas	Desolforazione a freddo	5.2.5.2
	Desolforazione a caldo con CaO	5.2.5.9
	Depolverazione	5.2.5.2
	Rimozione tar a freddo e catalitica	5.2.5.2
	Rimozione tar mediante cracking termico	5.2.5.9
Sequestro CO ₂	Confinamento mediante ECBM	5.2.5.2
	Confinamento in acquiferi salini	5.2.5.2
	Mineral Carbonation	5.2.5.9
	Inertizzazione residui industriali	5.2.5.9
Intero sistema (modellistica)	Progettazione con simulazione RANS e LES	5.2.2.2
	Analisi di cicli innovativi ossicombustione	5.2.2.2
	Analisi di cicli pre-combustion CCS con sequestro	5.2.5.2
	Analisi di sistemi CCS di media taglia con cella MCFC	5.2.5.9

Sulla scheda 5.2.2.2 sono quindi concentrati gli studi sull'ossicombustione del carbone e sulle problematiche ad essa associate, mentre le attività sulle problematiche legate alla gassificazione con sequestro della CO₂ sono suddivise tra la scheda 5.2.5.2, che ha come riferimento gli impianti e le tecnologie in fase di studio presso SOTACARBO, e la presente scheda che si focalizza invece sulle tecnologie avanzate di gassificazione e di decarbonizzazione oggetto delle attività di ricerca presso le attrezzature dislocate nel centro ENEA della Casaccia.

Inoltre, ulteriore obiettivo della presente proposta è quello di favorire una più ampia, autorevole e qualificata partecipazione del sistema italiano impresa/ricerca ai grandi programmi ed iniziative europee ed internazionali quali:

- iniziativa Hypogen, cui ENEA ha già dato un contributo preliminare partecipando ad uno studio di prefattibilità commissionato dalla UE;
- programmi di FP7, con particolare riferimento alle iniziative che verranno attivate dalla piattaforma sugli impianti a combustibili fossili ad emissioni zero;
- Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF), iniziativa internazionale avviata nel Giugno 2003 a Washington al fine di attivare una ampia collaborazione per lo sviluppo di tecnologie e di politiche volte alla limitazione delle emissioni di CO₂: uno degli obiettivi della iniziativa è di individuare progetti, già finanziati, sui quali concentrare l'attenzione, stimolare sinergie e ricercare ulteriore consenso.

In tale ambito si opererà in particolare per sostenere una apertura alla collaborazione internazionale di due progetti nazionali finanziati dal MIUR, ZECOMIX coordinato da ENEA e volto allo studio di processi di gassificazione del carbone per produzione di H₂ ed energia elettrica ad emissioni zero di CO₂, e COHYGEN coordinato da SOTACARBO e volto allo studio della produzione di syngas da carbone e suo trattamento per la produzione ed utilizzazione di

combustibile gassoso pulito e in particolare idrogeno: entrambi sono stati presentati in ambito CSLF e sono in fase di valutazione in quella sede per una loro accettazione quali "progetti CSLF". L'obiettivo è di fare entrare a pieno titolo entrambi i citati progetti, già avviati, nel contesto più ampio e coordinato delle attività collegate al circuito internazionale del progetto CERSE.

E' inoltre prevista la partecipazione all'Implementing Agreement della IEA "Clean Coal Center".

E' prevista una ampia partecipazione di partner industriali ed organismi di ricerca, tutti presenti al tavolo nazionale istituito presso il MAP per concordare e sviluppare l'iniziativa italiana nel CSLF, ed in misura diversa operanti nel settore in esame.

L'attività ha una durata di tre anni.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

L'attività si realizzerà nelle seguenti fasi:

- Studi e sperimentazioni preliminari:
 - Conduzione di attività di sperimentazione in piccola scala sulla gassificazione del carbone, sulle tecnologie di cleaning del syngas e sul ciclo CaO-CaCO₃ di separazione della CO₂;
 - sperimentazione sulla combustione di H₂;
 - Studio di cicli termodinamici innovativi H₂-O₂ e H₂-aria arricchita.
- Studi per la survey geologica – in collaborazione con CESI Ricerca - volti a valutare le possibilità di confinamento geologico in Italia:
 - Studio delle problematiche legate ai possibili siti per lo stoccaggio geologico presenti in prossimità di impianti termoelettrici esistenti e da realizzare.
 - studio delle potenzialità di applicazione dell'ECBM in Italia, con particolare riferimento ai giacimenti carboniferi del Sulcis.
- Attività di Advisor per MSE:
 - costituzione di una Associazione nazionale sulla CO₂, che riunisca tutte le organizzazioni operanti nel settore del CCS allo scopo di aumentare l'integrazione e rafforzare la capacità di confronto con analoghe associazioni presenti in altri Paesi.
 - Realizzazione di un sito internet sull'utilizzo del carbone con emissione nulla di CO₂ ed emissione di documenti di carattere divulgativo
- Attività di sperimentazione in scala maggiore sui vari sottoprocessi del ciclo gassificazione-produzione di idrogeno-generazione elettrica-confinamento della CO₂. Le tecnologie prese in esame saranno altamente innovative: idrogassificazione, gassificazione a letto fluido in ossigeno puro, cattura della CO₂ a temperature superiori a 600°C, differenti da quelle previste nei temi di ricerca 5.2.2.2 e 5.2.5.2.
- Studio di fattibilità e la progettazione di massima di un impianto prototipo innovativo alimentato a carbone per la produzione combinata di elettricità e idrogeno.

RISULTATI DEL PRIMO ANNO

Durante il primo anno sono state completate le attività di studio preliminare sulla gassificazione del carbone e sui cicli termodinamici innovativi H₂-O₂. Sono state inoltre impostate le attività di studio sia teorico che sperimentali sul cleaning del syngas, in particolare sulla desolfurazione, e sull'idrogassificazione del carbone; le attività proseguiranno il secondo anno con la sperimentazione in laboratorio sull'idrogassificazione e sulla desolfurazione ad alta temperatura ad opera di sorbenti a base di CaO.

Sono state effettuate le attività di studio e sperimentazione in appoggio al ciclo innovativo Zecomix, in particolare sul ciclo CaO-CaCO₃ di separazione della CO₂ e sulla combustione dell'H₂; è stato inoltre effettuato lo studio di fattibilità di un impianto dimostrativo pilota da 5 MWt.

Nel dettaglio:

A. Studi e sperimentazioni preliminari sulle fenomenologie di gassificazione del carbone

- Studio di cicli termodinamici innovativi H₂-O₂ e H₂-aria arricchita.
- Sperimentazione in piccola scala sulla gassificazione del carbone.

- Avvio della sperimentazione in piccola scala per lo studio di tecnologie di cleaning del syngas.

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

- Sperimentazione per lo studio del ciclo CaO-CaCO₃ di separazione della CO₂.
- Prima fase della sperimentazione sulla combustione di H₂.
- Progettazione di massima di un dimostrativo innovativo completo di produzione di idrogeno ed elettricità con cattura della CO₂ da 5 MWt.

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

Sono state studiate le tematiche legate alla caratterizzazione geologica dei siti per lo stoccaggio della CO₂ ed in particolare sono in fase di indagine le potenzialità del giacimento carbonifero del Sulcis.

D. Contributo alla definizione della Road-map tecnologica italiana sulle tecnologie zero emission da carbone, costituzione della Associazione italiana sulla CO₂. Attività di informazione tecnologica e divulgazione delle tecnologie

- Costituzione della Associazione Italiana sulla CO₂.
- Realizzazione di un sito internet sulle moderne tecnologie di utilizzo del carbone e sulle azioni di ricerca in Italia.
- Organizzazione di un workshop divulgativo e realizzazione di documenti di carattere di sintesi tecnico-istituzionale ed educativo: Erice.
- Messa a punto un documento di indirizzo ed un documento di base al fine di delineare le linee programmatiche per poter promuovere lo sviluppo di tecnologie CCS in ambito nazionale.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL SECONDO ANNO

A. Studi e sperimentazioni sulle fenomenologie di cleaning ad elevata temperatura del syngas prodotto da gassificazione innovativa del carbone

- Sperimentazione in piccola scala per lo studio di tecnologie di cleaning del syngas: Verranno testate varie metodologie di gas cleaning sia per la desolforazione, utilizzando opportuni sorbenti basici (come calcare o dolomite) che provocano la formazione di solfuri, sia per la rimozione del tar mediante cracking termico.
- sperimentazione in piccola scala sull'idrogassificazione del carbone: verranno effettuate sperimentazioni su un reattore da laboratorio che consente alte pressioni (fino a 100 bar) e temperature (fino a 1000 °C) per approfondire le conoscenze di base sull'idrogassificazione del carbone, ossia la gassificazione con H₂ con formazione di CH₄.

Risultato/Deriverable intermedio (settembre 2009): tests preliminari sulla desolforazione del syngas utilizzando sorbenti basici ad alta temperatura con e senza presenza di CO₂; prima campagna sperimentale sul reattore da laboratorio ad alta pressione su carbone devolatilizzato.

Risultato/Deliverable: Approfondimento conoscenze di base sulle fenomenologie di idrogassificazione del carbone e di pulizia gas; emissione di rapporti tecnici.

Durata: aprile 2009 – marzo 2010

B. Studio di un impianto pilota associato a tecnologie CCS ad elevata efficienza.

- Progetto definitivo di un impianto di idrogassificazione del carbone e decarbonatazione del syngas per produzione di idrogeno ed elettricità. L'impianto sarà costituito da un reattore di idrogassificazione del carbone, della potenza termica di 5 MWt, e dovrà consentire di realizzare il ciclo continuo di assorbimento della CO₂ e successiva rigenerazione del sorbente. Verranno dimensionati i componenti dell'impianto ed effettuata una stima dei costi per la sua realizzazione.

- Sperimentazione sulla combustione di H₂: proseguirà la campagna di sperimentazione condotta il primo anno, che ha riguardato un bruciatore coassiale non “swirlato”, su fiamme “swirlate” di tipo 1 (swirl < 0.5-0.6) e di tipo 2 (swirl >0.6).
- Sperimentazione su mini-impianto di gassificazione da 5 kg/h, già realizzato nei laboratori della Casaccia, per studi sulla rimozione dell’H₂S e del tar utilizzando tecnologie innovative ad alta temperatura.
- Progettazione e realizzazione di un reattore di gassificazione a letto fluido ad O₂ con iniezione di sorbenti (CaO), per utilizzo con carboni poco nobili e relativa desolfurazione; l’impianto sarà allocato presso l’area sperimentale già allestita del CR casaccia.

Risultato/Deriverable intermedio (settembre 2009): rapporto sui primi tests sperimentali su impianto di gassificazione da 5 kg/h. con rimozione H₂S; specifiche tecniche per definizione progetto definitivo impianto innovativo da 5 MWt, in collaborazione con l’Università dell’Aquila;

Risultato/Deliverable: Dimostrazione della fattibilità reale di tecnologie di separazione della CO₂ e desolfurazione del syngas con metodi innovativi ad alta temperatura, ed utilizzo dell’idrogeno in turbina a gas. Emissione di rapporti tecnici sulle attività sperimentali; redazione del progetto definitivo impianto innovativo da 5 MWt.

Possibili collaborazioni: Università dell’Aquila

Durata: aprile 2009 – marzo 2010

C. Studi su sistemi non convenzionali di separazione e stoccaggio della CO₂ per la piccola/media taglia

L’obiettivo è l’analisi della effettiva potenzialità di cattura e stoccaggio della CO₂ in impianti di produzione di energia di piccola/media taglia nell’intorno dei 20 MW termici, e quindi che possono potenzialmente rientrare o singolarmente o cumularmente nel caso di più impianti nello stesso sito nella direttiva sull’Emission Trading.

In dettaglio verranno effettuati:

- Analisi ed ottimizzazione di una configurazione impiantistica di produzione di energia elettrica di piccola/media taglia con separazione e stoccaggio della CO₂ mediante utilizzo di cella a carbonati fusi MCFC come “concentratore” di CO₂.
- Studio dell’utilizzo della CO₂ per l’inertizzazione di residui industriali.
- Studio sulle potenzialità della Mineral Carbonation in impianti di piccola/media taglia.

Risultato/Deriverable intermedio (settembre 2009): rapporto sui primi risultati dell’analisi delle possibili configurazioni impiantistiche con l’utilizzo delle celle a carbonati fusi come concentratori di CO₂; specifiche tecniche della collaborazione con Università di Tor Vergata per lo studio dell’utilizzo della CO₂ per l’inertizzazione di rifiuti industriali e sulla Mineral carbonation;

Risultato/Deliverable finale: Approfondimento delle possibilità di intervento sugli impianti di piccola/media taglia per il contenimento delle emissioni di CO₂; Emissioni di rapporti tecnici sulle attività svolte.

Possibili collaborazioni: Università di Roma Tor Vergata

Durata: aprile 2009 – marzo 2010

D. Contributo alla definizione della Road-map tecnologica italiana sulle tecnologie zero emission da carbone. Attività di informazione tecnologica e divulgazione delle tecnologie rivolta sia al pubblico che alle imprese.

- Organizzazione di una Conferenza Internazionale sull’impiego sostenibile dei combustibili fossili (Roma, luglio 2009).
- Partecipazione all’Implementing Agreement della IEA “Clean Coal Center”.
- Studio delle problematiche di “public acceptance” delle tecnologie CCS.
- Definizione ed aggiornamento di una road-map tecnologica italiana nel settore delle tecnologie ad emissione zero che individui le priorità nazionali e le scadenze realizzative.

Risultato/Deriverable intermedio (settembre 2009): organizzazione della Conferenza Internazionale sull’impiego sostenibile dei combustibili fossili (Roma, luglio 2009).

Risultato/Deliverable: Consolidamento ed aggiornamento della Road Map tecnologica italiana sulle CCS; attivazione di strumenti di informazione tecnologia sia per i cittadini che per le imprese (Convegni internazionali, sito internet CO2 Club).

Possibili collaborazioni: IRES, CO2 Club, IEA, Stazione Sperimentale dei Combustibili

Durata: aprile 2009 – marzo 2010

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

La conoscenza assai limitata sull'insieme delle tecnologie CCS costituisce una barriera per lo sviluppo. Le attività del presente progetto sono tese a fare crescere la consapevolezza su due aspetti:

- è realmente possibile utilizzare combustibili fossili, in primis il carbone, adottando tecnologie in grado di separare la CO₂ evitando che venga immessa in atmosfera;
- è realisticamente possibile garantire che la CO₂ possa essere confinata mediante stoccaggio geologico, sicuro e per lunghissimi periodi.

Ciò si realizza da un lato avviando progetti dimostrativi in grado di verificare definitivamente tale opzione, dimostrando il buon funzionamento degli impianti per produzione di elettricità ed idrogeno e la sicurezza delle tecniche di confinamento geologico anche mediante la qualificazione delle metodologie di monitoraggio, dall'altro con azioni coordinate di carattere divulgativo ed informativo verso gli utenti.

L'avvio di un programma italiano ben definito e coordinato ci consentirebbe di allinearci al trend internazionale e di giocare un ruolo non residuale in Europa, con evidenti vantaggi anche per il nostro sviluppo industriale, oltre che consentire il conseguimento di fondamentali obiettivi quali abbassare i costi degli impianti dotati di tali tecnologie, creare un "valore" alla CO₂ sul mercato globale, abbassare i rischi di investimenti molto elevati, richiesti dalle tecnologie CCS.

Tema di ricerca 5.2.5.9. "Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Studi e sperimentazioni sulle fenomenologie di cleaning ad elevata temperatura del syngas prodotto da gassificazione innovativa del carbone	31.03.2010	1.500	90	36	30	0	0	156
B	Studio di un impianto pilota associato a tecnologie CCS ad elevata efficienza	31.03.2010	1.280	77	240	35	0	70	422
C	Studi su sistemi non convenzionali di separazione e stoccaggio della CO2 per la piccola/media taglia	31.03.2010	1.000	60	0	15	0	100	175
D	Contributo alla definizione della Road-map tecnologica italiana sulle tecnologie CCS. Attività di informazione tecnologica e divulgazione delle tecnologie	31.03.2010	620	37	0	80	130	0	247
Totale			4.400	264	276	160	130	170	1.000

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE
Gruppo tematico:	PROGETTI INTERNAZIONALI: NUCLEARE, IDROGENO E CELLE A COMBUSTIBILE
Tema di ricerca	5.2.5.11 CELLE A COMBUSTIBILE PER APPLICAZIONI STAZIONARIE COGENERATIVE

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Sviluppo di tecnologie innovative per le applicazioni stazionarie cogenerative delle celle a combustibile, anche con l'utilizzo di biogas e biomasse

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il prodotto dell'attività è costituito da un insieme di tecnologie e processi innovativi da impiegare per la messa a punto di sistemi cogenerativi con celle a combustibile con caratteristiche competitive in termini di prestazioni, costi e durata.

L'intervento riguarda in maniera prioritaria lo sviluppo dei sistemi con celle a carbonati fusi, anche con riferimento ad una delle applicazioni più promettenti, quella che prevede l'alimentazione con biogas e gas derivante da biomasse. In particolare, verranno sviluppati processi di produzione dei componenti in grado di assicurare una riduzione dei costi e dell'impatto ambientale, saranno messi a punto, su piccola scala, sistemi in grado di utilizzare gas prodotto a partire da residui agricoli e zootecnici, verranno studiati i sistemi ibridi cella/turbina e l'accoppiamento delle celle a carbonati fusi con sistemi di gassificazione delle biomasse.

Attività di minor rilievo, concluse durante il 1° anno, riguardano i sistemi con celle ad elettrolita polimerico ed, in particolare, la valutazione di sistemi a gas naturale da 1-5 kW, la riduzione dei costi di produzione dei componenti e il miglioramento dei processi di conversione dei combustibili.

Infine, le attività condotte in supporto ai Ministeri contribuiranno alla definizione dei programmi nazionali nel settore dell'idrogeno e delle celle a combustibile e rafforzeranno la presenza del Paese nelle collaborazioni internazionali.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Le celle a combustibile rappresentano, nel medio-lungo termine, una delle tecnologie avanzate più promettenti per la generazione distribuita e la cogenerazione, in virtù dell'impatto ambientale molto limitato e degli elevati rendimenti di conversione anche per impianti di piccola taglia. 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. Il loro pieno sviluppo richiede però ancora un notevole sforzo di ricerca e dimostrazione, per raggiungere prestazioni e costi compatibili con le applicazioni commerciali.

L'Italia ha una presenza importante in questo settore, sia a livello di ricerca e sviluppo che a livello industriale. In particolare, per quanto riguarda le aziende italiane:

- Ansaldo Fuel Cells sta sperimentando sistemi con celle a carbonati fusi da 125-500 kW e prevede di realizzare nei prossimi anni impianti da alcuni MW per cogenerazione in ambito industriale, con diverse tipologie di combustibili;
- Exergy Fuel Cells sta sviluppando, anche in collaborazione con altre aziende (ad es. ICI Caldaie), sistemi con celle ad elettrolita polimerico da qualche kW a qualche decina di kW per generazione distribuita/cogenerazione, alimentati a gas naturale o idrogeno;

- SOFCPower sviluppa stack e sistemi da qualche kW con celle ad ossidi solidi, alimentati a gas naturale (anche in collaborazione con aziende come MTS).

L'ENEA opera da tempo in questo campo, sia direttamente che attraverso società controllate come FN, 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.

Le azioni condotte dalle aziende e dalle strutture di ricerca si collocano però in un quadro nazionale ancora carente per quanto riguarda la strategia complessiva di intervento nel settore e la definizione di priorità e risorse finanziarie per il medio termine da parte della PA centrale e delle Regioni. In tale situazione i soggetti coinvolti hanno difficoltà a far crescere le risorse impegnate in questo campo e ad utilizzare al meglio le opportunità derivanti dai programmi europei e dalle collaborazioni internazionali.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

I sistemi di cogenerazione con celle a combustibile attualmente in fase di sviluppo e dimostrazione possono essere distinti tra:

- sistemi con celle ad elettrolita polimerico, con taglie dal kW a qualche centinaio di kW, con GPL, gas naturale e idrogeno come combustibili;
- sistemi con celle ad alta temperatura (celle a carbonati fusi, da qualche centinaio di kW ad alcuni MW, e celle ad ossidi solidi, da qualche kW ad alcuni MW), con gas naturale e gas da biomasse o rifiuti di varia origine come combustibili.

I problemi principali ancora da risolvere, pur nella diversità delle tecnologie, riguardano essenzialmente l'aumento dell'affidabilità e della durata (obiettivo 40.000 ore, dai valori attuali di 10.000-20.000) e la riduzione di costi (obiettivo 1.000-2.000 €/kW, rispetto ai 5.000-10.000 attuali). Una penetrazione significativa nel mercato per i sistemi con celle polimeriche e a carbonati fusi è prevista dopo il 2010, per quelli ad ossidi solidi nel più lungo termine.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

L'obiettivo finale è quello di contribuire, nei 3 anni di durata complessiva del programma, alla messa a punto di sistemi di cogenerazione con celle a combustibile precommerciali, attraverso lo sviluppo di tecnologie e componenti e la caratterizzazione e ottimizzazione di sistemi completi.

Ulteriore obiettivo è quello di fornire alla PA il supporto necessario per la definizione dei programmi di sviluppo del settore e per una partecipazione più efficace alle collaborazioni internazionali.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

Lo sviluppo dell'attività nell'arco della durata del programma, per linee presenti nel Piano del 2° anno, è il seguente:

Sistemi con celle a combustibile a carbonati fusi

- sviluppo di processi a basso costo e basso impatto ambientale, basati su tecnologie di formatura utilizzate nel campo delle materie plastiche, per la produzione dei componenti di cella (supporto per l'elettrolita ed elettrodi), fino a dimensioni dell'ordine del m²;
- 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 di produzione di miscele H₂/CO e l'accoppiamento degli stessi con la cella;
- studio dell'accoppiamento delle celle a carbonati fusi con varie tipologie di gassificatori di biomasse e dei relativi problemi di clean up dei gas;
- studio dei sistemi ibridi cella/turbina con celle ad alta temperatura (a carbonati fusi e ad ossidi solidi).

Supporto ai Ministeri e collaborazioni internazionali

- supporto tecnico-scientifico ai Ministeri (MSE e MATT) per la definizione dei programmi nel settore dell'idrogeno e delle celle a combustibile e per coordinare la partecipazione

- nazionale a progetti internazionali nel settore;
- partecipazione dell'ENEA, come rappresentante del Paese, alle collaborazioni internazionali, come quelle dell'Agenzia Internazionale dell'Energia.

RISULTATI DEL PRIMO ANNO

Sistemi con celle a combustibile a carbonati fusi (MCFC)

- E' stato sviluppato un processo per la produzione di matrici per MCFC con tecnologie di formatura utilizzate nel campo delle materie plastiche, come alternativa più economica e a minore impatto ambientale della colatura su nastro, impiegata attualmente; è stata progettata e realizzata una linea pilota, che verrà utilizzata per verificare la scalabilità del processo, e sviluppata, a scala laboratorio, una metodologia di produzione delle polveri di gamma-alluminato di litio ($\gamma\text{-LiAlO}_2$), utilizzate come materiale di partenza per il processo stesso;
- E' stato progettato e realizzato un dispositivo elettrochimico, impiegato per studiare il ciclo di condizionamento delle matrici e per definire, anche sulla base di caratterizzazioni termogravimetriche, chimico-fisiche e microstrutturali, i parametri ottimali del ciclo stesso;
- Sono state avviate le attività sperimentali per la ottimizzazione dei due processi di digestione anaerobica dei rifiuti urbani e dei reflui zootecnici e valutati i diversi possibili sistemi di clean up del gas prodotto dagli stessi;
- Sono stati studiati i meccanismi di avvelenamento della cella da parte delle impurezze a base di zolfo, contenute nel biogas, e definita la struttura di un nuovo anodo potenzialmente più tollerante allo zolfo stesso;
- E' stato progettato e realizzato il potenziamento dell'impianto per la simulazione di sistemi ibridi cella/turbina (fino a taglie della turbina di 500 kW).

Sistemi con celle a combustibile ad elettrolita polimerico (PEM)

- E' stata progettata e realizzata una stazione di prova per un sistema di cogenerazione da 5 kW_{el};
- Sono state valutate tecnologie diverse per la realizzazione dei componenti di cella, con particolare riferimento alla deposizione dei catalizzatori direttamente sulla membrana polimerica;
- Sono stati caratterizzati in microreattore i catalizzatori per diversi stadi del processo di riforma e purificazione dei combustibili.

Supporto ai Ministeri e collaborazioni internazionali

- Sono state effettuate analisi e studi sulle prospettive di sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile;
- È stato fornito al MATTM il supporto necessario per la partecipazione all'IPHE (International Partnership for Hydrogen Economy) ed è stata assicurata la partecipazione nazionale agli Implementing Agreements dell'IEA nel settore.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL SECONDO ANNO

A. Produzione su scala pilota di matrici per MCFC di dimensioni fino a 1 m² con la tecnologia di formatura in plastico e loro caratterizzazione, anche attraverso prove in cella.

Sulla base della tecnologia di formatura in plastico messa a punto durante il 1° anno, verrà validata la scalabilità del processo fino alle dimensioni di 1 m², attraverso le seguenti attività:

- realizzazione di lotti di compound prototipali atti all'alimentazione dell'impianto;
- validazione del passaggio di scala e messa a punto dei parametri di processo;

- realizzazione di lotti prototipali di matrici di dimensioni fino al m² e caratterizzazione degli stessi, anche attraverso prove in monocella da 100 cm²;
- valutazioni tecnico-economiche, con verifica dei vantaggi del processo rispetto alla colatura su nastro attualmente impiegata.

In parallelo verrà anche verificata la scalabilità del processo di produzione delle polveri di alluminato di litio in fase γ , messo a punto in laboratorio durante il 1° anno.

Risultati/Deliverable finali (Settembre 2009)

Verifica della scalabilità del processo, sia per le polveri di partenza che per le matrici, con produzione di matrici di dimensioni fino al m² e relativa caratterizzazione; rapporto tecnico, comprensivo di valutazioni sui vantaggi economici e ambientali del processo sviluppato.

Principali collaborazioni: FN, Politecnico di Torino, Università di Genova

Durata: Aprile 2009 - Settembre 2009.

B. Sviluppo dei processi di fabbricazione degli elettrodi in plastico, produzione degli stessi su scala pilota e loro caratterizzazione.

L'applicazione alla produzione degli elettrodi (anodo e catodo) del processo di formatura in plastico, sviluppato per le matrici, potrebbe consentire, anche in questo caso, dei vantaggi rispetto alla colatura su nastro, sia in termini ambientali (assenza di solventi) che economici (elevata produttività, possibilità di recupero e riutilizzo degli sfridi). La diversità dei materiali di partenza (polveri metalliche a base nichel e nichel-cromo, rispettivamente per catodo ed anodo) e la necessità di uno step finale di sinterizzazione, non necessario per la matrice, rendono i processi da sviluppare per anodo e catodo diversi da quello della matrice, oltre che tra di loro (in termini di polimeri e in parte anche di attrezzature da utilizzare). E' quindi necessaria una analisi preliminare, che consenta di

- valutare i più recenti sviluppi delle tecnologie utilizzabili per la formatura del granulato termoplastico (estrusione di polveri metalliche miscelate con additivi polimerici) e per la formatura del prodotto finale (estrusione in lastre o stampaggio a iniezione);
- valutare, su tale base, le criticità del processo, anche in relazione ad eventuali modifiche e integrazioni delle attrezzature disponibili;
- definire le caratteristiche dei tecnopolimeri da utilizzare, sia in relazione alla loro funzione nella fase di formatura, che alla facilità di eliminazione degli stessi nelle fasi successive.

Verrà successivamente verificata, su scala pilota da laboratorio, la fattibilità del processo di formatura in plastico per l'anodo a base di Nichel-Cromo e il catodo a base di Nichel. A tal fine sarà studiato e sviluppato, per ognuno degli elettrodi, un processo che consta delle seguenti fasi:

- definizione della metodologia di preparazione del compound plastometallico (individuazione e sperimentazione delle ricette, messa a punto della miscelazione e della successiva estrusione) e produzione di quantitativi sufficienti per la sperimentazione su scala pilota;
- realizzazione di campioni "verdi" mediante pressa a iniezione e pressatura uniassiale a caldo e messa a punto dei trattamenti termici di deceratura e sinterizzazione;
- caratterizzazione fisico-strutturale-dimensionale dei componenti ottenuti dopo sinterizzazione, confronto con quelli preparati per colatura e verifica della necessità di eventuali trattamenti meccanici di rullatura;
- messa a punto del processo di ossidazione e pre-impregnazione con carbonati (solo per l'anodo);
- congelamento dei parametri di processo e realizzazione di campioni prototipali da sottoporre alla qualifica finale.

Risultati/Deliverable intermedi (Settembre 2009)

Valutazione degli aspetti critici del processo di produzione in plastico degli elettrodi rispetto a quello di produzione della matrice, con individuazione delle attrezzature e definizione delle

caratteristiche dei polimeri da utilizzare. Sviluppo, su scala pilota, del processo di produzione del catodo, con individuazione della composizione del compound, messa a punto del processo di formatura e definizione dei trattamenti termici. Rapporto tecnico.

Risultati/Deliverable finali

Ottimizzazione dei parametri del processo di produzione del catodo. Sviluppo, su scala pilota, del processo di produzione dell'anodo, con individuazione della composizione del compound, messa a punto del processo di formatura, definizione dei trattamenti termici e della pre-impregnazione con carbonati. Caratterizzazione degli elettrodi campione (diametro massimo 120 mm). Rapporto tecnico.

Principali collaborazioni: FN, Politecnico di Torino, Politecnico di Milano, Università di Genova

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

C. Alimentazione di celle a carbonati fusi con biogas: sperimentazione dei processi e progettazione di un sistema completo digestore/clean up; prove in cella con gas simulati, con componenti sia tradizionali che innovativi.

A partire dai risultati ottenuti durante il 1° anno, si procederà nello sviluppo dei sistemi alimentati con biogas attraverso le seguenti attività:

- sperimentazione del processo di digestione anaerobica per miscele frazione organica dei rifiuti solidi urbani/reflui zootecnici, con determinazione della configurazione ottimale del reattore e dei parametri di funzionamento (temperature, composizione della miscela utilizzata,..) da impiegare per procedere allo scale up;
- studio del sistema di clean-up e individuazione, attraverso prove in laboratorio, del sistema di clean up più adatto per la purificazione del biogas; prove di catalizzatori commerciali e sintesi di nuovi catalizzatori;
- progettazione di un sistema digestore / clean-up in scala laboratorio;
- prove in cella con componenti tradizionali alimentati con gas simulante quello proveniente dalla catena biodigestore / clean-up / reformer, con composizione basata su dati di letteratura; determinazione dei limiti delle impurezze accettabili per la cella;
- prove in cella degli anodi rivestiti con composti in grado di fissare lo zolfo, preparati durante il 1° anno, sia con gas di composizione standard che con quello proveniente dalla catena biodigestore / clean-up / reformer.

Risultati/Deliverable intermedi (Settembre 2009)

Definizione della configurazione e dei parametri ottimali di funzionamento di un digestore anaerobico di miscele di reflui zootecnici e frazione organica dei residui urbani. Definizione dei limiti delle impurezze tollerabili in cella a carbonati fusi, attraverso prove in monocella con gas simulati. Rapporto tecnico.

Risultati/Deliverable Finali

- Sintesi di un catalizzatore idoneo all'abbattimento delle impurezze presenti nel biogas;
- progetto del sistema di clean-up più adatto per la purificazione del biogas, tenuto conto dei limiti di impurezze accettabili per la cella;
- verifica delle prestazioni degli anodi innovativi in presenza di contaminanti, con miglioramento del processo di ricopertura degli stessi;
- progetto di un sistema digestore / clean-up in scala laboratorio;
- rapporti tecnici sui risultati sopra elencati.

Principali collaborazioni: Università di Roma "La Sapienza", Università di Napoli "Federico II", Università di Perugia, Università di Salerno

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

D. Alimentazione di celle a carbonati fusi con gassificatori di biomasse: analisi dei sistemi di clean up del gas e accoppiamento di un gassificatore di tecnologia nazionale con uno stack di celle.

Lo sviluppo di sistemi di gassificazione delle biomasse è in corso presso il centro ENEA della Trisaia, dove sono disponibili prototipi di gassificatori di diverse tecnologie e si sta studiando la possibilità di utilizzare il gas prodotto dagli stessi per l'alimentazione di celle a combustibile. In particolare, nell'ambito di un progetto FISR finanziato dal MUR si sta realizzando un impianto costituito da un gassificatore di biomasse, realizzato con tecnologia austriaca in un progetto europeo, ed uno stack da 125 kW con celle a carbonati fusi. Il presente obiettivo si propone di ampliare l'attività in corso, attraverso una valutazione delle alternative disponibili per la purificazione dei gas e la realizzazione di quanto necessario per collegare lo stack anche ad un sistema di gassificazione di tecnologia nazionale, messo a punto di recente.

In particolare:

- le diverse tecnologie disponibili per la purificazione dei gas in uscita dal gassificatore, sia a freddo che a caldo, verranno analizzate al fine di individuare quelle più adatte per l'accoppiamento con celle a carbonati fusi;
- una parte della corrente gassosa prodotta dal gassificatore a letto fluido ricircolante da 1,3 MWt, disponibile in Trisaia, verrà utilizzata per alimentare lo stack di celle; a tal fine verrà realizzato e progettato il collegamento tra lo stesso gassificatore e lo stack, acquisendo i componenti necessari (compressore, piping, valvole e sistema di regolazione, serbatoio di accumulo del gas).

Risultati/Deliverable intermedi (Settembre 2009)

Rapporto sullo stato dell'arte delle tecnologie a caldo e a freddo adottate per il clean up dei gas prodotti dai sistemi di gassificazione delle biomasse e sulle soluzioni impiantistiche da adottare per il rispetto dei livelli di impurezze accettabili per le celle a carbonati fusi.

Risultati/Deliverable finali

Rapporti tecnici e documentazione progettuale relativi al collegamento tra gassificatore e stack. Realizzazione dell'accoppiamento gassificatore a letto fluido/stack.

Principali collaborazioni: Università dell'Aquila

Durata: Aprile 2009 – Marzo 2010.

E. Studio di sistemi ibridi celle ad alta temperatura/turbina; valutazione delle problematiche connesse con l'impiego delle celle a carbonati fusi come concentratori di CO₂.

L'utilizzo in una turbina degli effluenti di una cella a combustibile ad alta temperatura consente di ottimizzare il sistema da un punto di vista energetico, aumentandone in maniera significativa il rendimento. L'ENEA, impegnato nell'ambito di un progetto parallelo nello studio e sperimentazione di sistemi ibridi con celle a carbonati fusi, propone, con questo obiettivo, di analizzare le problematiche connesse con l'accoppiamento di una turbina con le celle ad ossidi solidi, che funzionano a temperatura maggiore (900-1000 °C, invece di 650 °C). A tal fine verranno analizzate, anche attraverso modelli matematici, le diverse configurazioni possibili per il sistema, individuando i vantaggi e gli aspetti critici delle varie soluzioni e confrontando gli stessi con quelli dei sistemi ibridi con celle a carbonati.

Verranno inoltre ripresi gli studi effettuati dal CESI RICERCA nell'ambito del progetto "GENDIS" sul possibile impiego delle celle a carbonati per la concentrazione della CO₂ presente nei fumi delle centrali termiche (la cella utilizza la CO₂ presente al catodo trasferendola all'anodo, aumentando la sua concentrazione e favorendone la separazione), con due obiettivi:

- aggiornare gli studi di sistema già effettuati dal CESI Ricerca agli inizi degli anni 2000, approfondendoli alla luce sia delle nuove politiche energetiche e ambientali, che delle recenti evoluzioni della tecnologia delle celle a carbonati fusi. Questa attività sarà svolta nell'ambito del tema di ricerca 5.2.5.9 (*Obiettivo C, Studi su sistemi non convenzionali di*

separazione e stoccaggio della CO₂ per le piccole/medie taglie), in stretta correlazione con le analisi, a livello di sistema, previste sul tema della CO₂;

- affrontare l'accoppiamento centrali termiche - celle a carbonati fusi dal punto di vista del sistema celle, studiando le problematiche connesse con l'alimentazione dei fumi delle centrali al catodo di una cella a carbonati. Queste attività verranno svolte nell'ambito del presente obiettivo e riguarderanno, in particolare, lo studio della compatibilità dei componenti di cella, sia metallici che non, con i diversi composti presenti nei fumi, anche attraverso prove sperimentali, ove necessario, in modo da valutare la complessità, e la fattibilità tecnica ed economica, dei processi di purificazione richiesti.

Risultati/Deliverable intermedi (settembre 2009)

Analisi delle possibili configurazioni di sistemi ibridi celle ad ossidi solidi / turbine, con individuazione dei principali parametri degli stessi e definizione del relativo codice di simulazione. Individuazione dei principali problemi posti a livello di componenti di cella e di stack dall'impiego delle celle a carbonati fusi per la concentrazione della CO₂ presente nei fumi dei sistemi di generazione distribuita. Rapporto Tecnico

Risultato/Deliverable finale

Validazione del codice di simulazione di impianti ibridi celle ad ossidi solidi / turbine ed individuazione, attraverso l'impiego di tale codice, di configurazioni ottimali per gli stessi. Valutazione della fattibilità dei processi di purificazione richiesti per l'impiego dei fumi di un impianto di generazione al catodo di una cella a carbonati fusi, utilizzata come concentratore di CO₂. Rapporto Tecnico.

Principali collaborazioni: Università di Roma "La Sapienza"

Durata: Aprile 2009 – Marzo 2010.

F. Supporto a MSE e MATTM per la partecipazione a progetti internazionali e per la definizione di programmi nazionali su idrogeno e celle a combustibile; partecipazione dell'ENEA alle collaborazioni internazionali nel settore.

ENEA svolgerà azioni di supporto tecnico-scientifico ai Ministeri sia per la definizione di un quadro nazionale di riferimento, che guidi gli operatori coinvolti nel settore delle celle a combustibile e in quello, strettamente collegato, dell'idrogeno, sia per la partecipazione alle collaborazioni internazionali che coinvolgono i Ministeri stessi (come la International Partnership for Hydrogen Economy, IPHE, promossa dall'US DOE).

Verranno inoltre condotte attività di ricerca esplorativa su nuovi metodi di produzione di idrogeno, quali i processi fotoelettrochimici.

Proseguiranno infine le attività connesse con la presenza dell'ENEA nel Raggruppamento della Ricerca (N.ERGHY) della JTI europea su Celle a Combustibile e Idrogeno e nell'ambito degli Implementing Agreements dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) riguardanti le stesse tematiche ed in particolare, quelli su: "Advanced Fuel Cells", "Electric and Hybrid Technologies and Programmes", "Hydrogen".

Risultato/Deliverable:

Contributo alla definizione di programmi nazionali su idrogeno e celle a combustibile; partecipazione a riunioni e gruppi di lavoro nell'ambito dell'IPHE; partecipazione agli Implementing Agreements IEA, con scambio di informazioni sui programmi internazionali nel settore e studi e analisi su temi di comune interesse.

Principali collaborazioni: Università di Sassari

Durata: Aprile 2009 – Marzo 2010.

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

I sistemi di cogenerazione con celle a combustibile possono dare, in prospettiva, un contributo importante ad un utilizzo dei combustibili fossili più efficiente e compatibile con l'ambiente, grazie all'impatto ambientale molto limitato e agli elevati rendimenti di conversione anche per impianti di piccola taglia; inoltre, il loro impiego nella catena "waste to energy" può dare vantaggi sul piano del risparmio delle fonti fossili e della diminuzione delle emissioni di CO₂. Le celle a combustibile, come tecnologia di elezione per l'utilizzo dell'idrogeno, possono infine costituire un elemento essenziale per la diffusione di questo vettore energetico.

Le attività previste consentiranno di sviluppare un insieme di tecnologie e processi innovativi da impiegare per la messa a punto di tali sistemi, con caratteristiche competitive in termini di prestazioni, costi e durata. Consentiranno inoltre di fornire ai Ministeri interessati gli elementi per definire e gestire al meglio i programmi e le collaborazioni in questo settore.

I risultati delle attività verranno diffusi sia attraverso rapporti tecnici, resi disponibili su un sito ad hoc dell'ENEA, che attraverso articoli e memorie presentate a convegni nazionali e internazionali

Tema di ricerca 5.2.5.11. "Sviluppo di tecnologie innovative per le applicazioni stazionarie cogenerative delle celle a combustibile, anche con l'utilizzo di biogas e biomasse"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Produzione su scala pilota di matrici per MCFC di dimensioni fino a 1 m2 con la tecnologia di formatura in plastico e loro caratterizzazione, anche attraverso prove in cella	30.09.2009	500	30	10	5	240	50	335
B	Sviluppo dei processi di fabbricazione degli elettrodi in plastico, produzione degli stessi su scala pilota e loro caratterizzazione	31.03.2010	800	48	0	10	560	50	668
C	Alimentazione di celle a carbonati fusi con biogas: sperimentazione processi e progettazione sistema digestore/clean up; prove in cella con gas simulati, con componenti sia tradizionali che innovativi	31.03.2010	3.000	180	70	20	0	210	480
D	Alimentazione di celle a carbonati fusi con gassificatori di biomasse: analisi dei sistemi di clean up del gas e accoppiamento di uno stack di celle con un gassificatore di tecnologia nazionale	31.03.2010	1.100	66	160	50	0	30	306
E	Studio di sistemi ibridi celle ad alta temperatura/turbine; valutazione fattibilità impiego celle a carbonati fusi come concentratori di CO2	31.03.2010	900	54	10	5	0	30	99
F	Supporto a MSE e MATTM per partecipazione a progetti internazionali e definizione programmi nazionali su H2&FC; partecipazione ENEA alle collaborazioni internazionali nel settore	31.03.2010	1.030	62	0	20	0	30	112
Totale			7.330	440	250	110	800	400	2.000

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca (attività della consociata FN s.p.a.)

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE
Gruppo tematico:	PROGETTI INTERNAZIONALI: NUCLEARE, IDROGENO E CELLE A COMBUSTIBILE
Tema di ricerca	5.2.5.8 NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Attività di R&S e studi nel campo dei reattori nucleari da fissione di generazione III+ e IV, incluso il relativo ciclo del combustibile, sviluppati nell'ambito di programmi internazionali e comunitari. Attività di R&S relative alle fenomenologie di base di dispersione di contaminanti in un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria. Supporto all'Autorità di sicurezza per gli iter autorizzativi e comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche. Formazione scientifica funzionale al rilancio dell'opzione nucleare in Italia. Funzione Advisor in tema di energia nucleare.

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il prodotto finale dell'attività è costituito da una serie di attrezzature e prove sperimentali, programmi e piattaforme di calcolo, analisi di sistema e di sicurezza, progettazioni concettuali di sistemi e componenti per impianti evolutivi/innovativi, sviluppo di tecnologie per il trattamento e lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi, studi, valutazioni di opzioni scientifiche e tecnologiche, ecc.. A tali prodotti si accompagnerà un'azione di formazione scientifica e di comunicazione sui vari aspetti dell'utilizzo dell'energia nucleare. Tutto ciò al fine di contribuire allo sviluppo rapido delle competenze e delle infrastrutture tecniche e scientifiche necessarie per il rilancio dell'opzione nucleare in Italia.

Per il raggiungimento di tale obiettivo il programma supporta solamente iniziative e progetti proposti e portati avanti nell'ambito di grandi accordi internazionali e/o a livello europeo.

Le competenze e le infrastrutture che saranno impiegate o sviluppate nell'ambito di questo tema costituiranno un insieme di capacità multidisciplinari che, in collaborazione e sinergia con altri soggetti del settore, potranno essere utilizzate da un lato nella funzione di supporto tecnico all'autorità di sicurezza per gli iter autorizzativi e, dall'altro, per la riqualificazione del sistema industriale italiano, in vista di realizzazioni di impianti nucleari sul territorio italiano.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Le necessità di ridurre la dipendenza dalle fonti energetiche estere e di "gestire" la tendenza dei prezzi al rialzo, unitamente al rispetto dei vincoli del protocollo di Kyoto sulle emissioni dei gas serra, impongono un cambiamento nel sistema energetico nazionale.

Le recenti dichiarazioni e determinazioni del Governo e l'ampio dibattito pubblico degli *stakeholder* in tema di energia nucleare, hanno creato alcune delle premesse necessarie per il rientro graduale del nostro Paese in una nuova filiera nucleare da fissione.

La fonte nucleare ha tutti i requisiti per fornire risposte efficaci alla problematica energetica ed il Governo ha pertanto avviato, anche con specifici interventi legislativi, il processo di ricostituzione di una rete di conoscenze tecniche, scientifiche ed industriali in materia nucleare e di un quadro normativo e regolamentare adeguato.

La sfida lanciata dal Governo può essere raccolta e vinta se tutte le Entità attive nel settore nucleare, Organismi regolatori e di controllo, Enti di ricerca e di formazione (in primis il Sistema Universitario), Industria ed Utilities energetiche, ma anche Finanza e Parti Sociali, avranno la

capacità di mettere in atto una fattiva capacità di interrelazione, adottando un giusto equilibrio tra cooperazione e competizione. Oggi quindi, più che mai, in questo settore si sente la necessità di unire le risorse intellettuali e produttive e di convergere tutti sull'obiettivo di fornire al Paese il proprio contributo.

Il sistema della ricerca, ed in particolare l'ENEA, gioca un ruolo chiave nel rilancio del nucleare, in termini sia di valutazione e miglioramento delle tecnologie esistenti, che di sviluppo di nuove tecnologie.

Tale ruolo, peraltro già riconosciuto nell'ambito del Decreto legislativo di riordino 257/2003, è stato recentemente confermato dal Ministro Scajola che, nella sua lettera dell'8 agosto u.s., ha sollecitato l'Ente a contribuire allo sviluppo rapido delle competenze e delle infrastrutture tecniche e scientifiche necessarie, mediante:

- a) La partecipazione ai programmi internazionali e comunitari di ricerca;
- b) Lo sviluppo di tecnologie innovative per il ciclo del combustibile, incluso il trattamento dei rifiuti radioattivi;
- c) L'analisi comparata delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche per la produzione di energia nucleare, sotto il profilo della sostenibilità e della convenienza, e la definizione dei requisiti minimi dei siti produttivi e di stoccaggio.

In questo quadro, fondamentale è il contributo alla valutazione tecnico-economica dei reattori già in fase di commercializzazione (terza generazione) ed allo sviluppo di sistemi nucleari di nuova generazione (III+ e IV) – incluso il relativo ciclo del combustibile, con particolare riferimento alla gestione dei rifiuti radioattivi - su cui si concentrano notevoli sforzi a livello internazionale e comunitario. Infatti, l'interiorizzazione delle performance dei sistemi nucleari delle successive generazioni in termini di sostenibilità, sicurezza, economicità e resistenza alla proliferazione, permetterà di procedere, con solide basi, a quella analisi comparata sopra richiamata e richiesta dal Governo.

Di particolare rilevanza è anche:

- Il Supporto all'Autorità istituzionale di sicurezza per l'iter autorizzativo, anche al fine di elevare il grado di pubblica accettabilità dei reattori di nuova generazione. Ciò impone, in particolare, di disporre di modelli adeguati e potenti per le valutazioni dei documenti tecnici presentati dall'esercente. Tali modelli, passando per l'analisi del sistema di contenimento, lo studio degli incidenti gravi e dei sistemi di protezione attiva e passiva ed il corretto studio delle conseguenze di un ipotetico rilascio all'esterno dell'impianto, dovranno consentire una affidabile valutazione dei rapporti di sicurezza in ordine sia alla sicurezza nucleare che alla protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione.
- L'identificazione di aree di interesse prioritario per azioni di comunicazione e di formazione scientifica

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, ma tenuto anche conto che la ricerca di sistema in campo nucleare è, per sua natura, di medio-lungo periodo, si ritiene che sia necessario, da un lato dare continuità alle attività tecniche già previste nella prima annualità dell'AdP e, dall'altro, introdurre nuove linee progettuali in supporto al nuovo quadro di riferimento stabilito dal Governo. Pertanto la seconda annualità prevede, oltre alle 4 linee progettuali già avviate nel PAR della prima annualità, due nuove linee di attività relative ai reattori di III generazione e alla formazione e comunicazione in campo nucleare. Il PAR nucleare della seconda annualità dell'AdP MSE-ENEA è, dunque, strutturato nella maniera seguente:

- LINEA PROGETTUALE 1: Studi sul nuovo nucleare e partecipazioni ad accordi internazionali/bilaterali sul nucleare da fissione. Funzione Advisor
- LINEA PROGETTUALE 2: Reattori evolutivi INTD
- LINEA PROGETTUALE 3: Reattori di IV Generazione

- LINEA PROGETTUALE 4 - Attività di ricerca e sviluppo relative alla caratterizzazione dei rifiuti radioattivi e alle fenomenologie di base tipiche di un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria
- LINEA PROGETTUALE 5 – Supporto all’Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter autorizzativi, anche al fine di elevare il grado di accettazione dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche
- LINEA PROGETTUALE 6: Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell’opzione nucleare in Italia.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

I 439 reattori nucleari di potenza, per una potenza installata di circa 373 GWe, attualmente in servizio in 30 paesi e che coprono circa il 16% della produzione mondiale di energia elettrica, appartengono alla cosiddetta II generazione (la prima generazione è quella degli anni '50 e '60 dello scorso secolo, che vide la costruzione e la sperimentazione di molti prototipi delle più varie concezioni). Si tratta di reattori in massima parte ad uranio arricchito e moderati e raffreddati ad acqua naturale (pressurizzata o bollente), costruiti negli anni '70 e '80.

La terza generazione – costituita da reattori già certificati e disponibili sul mercato - comprende i reattori avanzati ad acqua naturale, alcuni già in funzione in Giappone, come l'*Advanced Boiling Water Reactor* (ABWR da 1400 MWe progettato da General Electric e Hitachi) altri - come i ben noti *European (o Evolutionary) Pressurized-Water Reactor* (EPR da 1.600 MWe fornito da AREVA) e l'*Advanced Passive AP1000* della Westinghouse - in fase di costruzione in Europa e in Asia e, nei prossimi anni, in USA. Industrie italiane (ad es. Ansaldo Nucleare e Mangiarotti Nuclear) stanno partecipando alla loro realizzazione.

Esiste poi una classe di reattori evolutivi rispetto ai precedenti - noti come reattori di Generazione III+ o *International Near Term Deployment (INTD) Reactors* - che si prevede siano disponibili fra il 2010 e il 2015. Fra essi si citano l'*Advanced CANDU Reactor* (ACR), in corso di certificazione in Canada, Cina, USA e Regno Unito; i reattori refrigerati a gas ad alta temperatura come il *Pebble Bed Modular Reactor* (PBMR), sviluppato in Sud Africa, ed il GT-MHR, reattore modulare refrigerato a gas da 100 MWe progettato da General Atomics (USA). Una menzione particolare fra i reattori di questa generazione merita lo *International Reactor Innovative & Secure (IRIS)*, sviluppato da un ampio consorzio internazionale guidato da Westinghouse e di cui fanno parte anche ENEA, CIRTEN, Ansaldo Nucleare ed Ansaldo Camozzi.

In sintesi, caratteristiche tipiche per i reattori di generazione III e III+ sono:

- un progetto standardizzato che abbrevi le procedure di approvazione e riduca i tempi ed i costi di costruzione;
- alta disponibilità e lunga vita utile (tipicamente, 60 anni);
- presenza di dispositivi di sicurezza di tipo “intrinseco” e/o “passivo”;
- flessibilità nella composizione del combustibile (uranio naturale ed a vari arricchimenti, miscele uranio-plutonio, ecc.) e sua alta “utilizzabilità” (*burn-up*), al fine di distanziare nel tempo le ricariche.

I reattori di quarta generazione, invece, sono ancora allo stadio concettuale. Essi sono oggetto di un’iniziativa avviata dal Dipartimento dell’Energia (DOE) USA nel gennaio 2000, allorquando dieci paesi si sono uniti per formare il *Generation IV International Forum* (GIF) col fine di sviluppare i sistemi nucleari di futura generazione, cioè i sistemi che potranno divenire operativi fra 20 o 30 anni, subentrando all’attuale generazione di reattori a neutroni termici refrigerati ad acqua. I sistemi nucleari di quarta generazione dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- *Sostenibilità*, ovvero massimo utilizzo del combustibile e minimizzazione dei rifiuti radioattivi;
- *Economicità*, ovvero basso costo del ciclo di vita dell’impianto e livello di rischio finanziario equivalente a quello di altri impianti energetici;

- *Sicurezza e affidabilità*; in particolare i sistemi di quarta generazione dovranno avere una bassa probabilità di danni gravi al nocciolo del reattore e tollerare anche gravi errori umani; non dovranno, inoltre, richiedere piani di emergenza per la difesa della salute pubblica, non essendoci uno scenario credibile per il rilascio di radioattività fuori dal sito;
- *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 e da assicurare un'aumentata protezione contro attacchi terroristici.

I paesi costituenti il GIF sono: Argentina, Brasile, Canada, Cina, Federazione Russa, 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. L'Italia – grazie all'impegno su buona parte dei progetti europei del VI e VII Programma Quadro indirizzati allo sviluppo dei reattori di IV generazione ed alla partecipazione per conto Euratom di singoli ricercatori ad alcune strutture organizzative di GIF - di fatto partecipa a *Generation IV* tramite l'Euratom.

Oltre 100 esperti dei 10 paesi aderenti a GIF hanno lavorato per due anni all'esame di un centinaio di alternative tecnologiche, e – con l'emissione nel dicembre 2002 di una *Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems* - sono pervenuti alla selezione dei sei concetti più promettenti per la IV generazione di reattori nucleari, intorno a cui organizzare il successivo programma di ricerca e sviluppo. I sei sistemi nucleari selezionati da GIF sono:

- *Gas-Cooled Fast Reactor* (GFR) – reattori a spettro veloce, refrigerati a elio e con ciclo del combustibile chiuso, per una più efficiente conversione dell'uranio fertile e la gestione degli attinidi;
- *Lead-Cooled Fast Reactor* (LFR) - reattori a spettro veloce, refrigerati a piombo o eutettico piombo-bismuto e con ciclo del combustibile chiuso, per una più efficiente conversione dell'uranio fertile e la gestione degli attinidi;
- *Molten Salt Reactor* (MSR) – reattori a fissione prodotta in una miscela circolante di sali fusi, con spettro epitermico e possibilità di gestione degli attinidi;
- *Sodium-Cooled Fast Reactor* (SFR) - reattori a spettro veloce, refrigerati a sodio e con ciclo del combustibile chiuso, per una più efficiente conversione dell'uranio fertile e la gestione degli attinidi;
- *Supercritical-Water-Cooled Reactor* (SCWR) – reattore refrigerato ad acqua a temperatura e pressione oltre il punto critico, a spettro termico o veloce;
- *Very-High-Temperature Reactor* (VHTR) – reattore moderato a grafite e refrigerato ad elio, con ciclo del combustibile ad un solo passaggio (*once-through*). Questo reattore è ottimizzato per la produzione termochimica di idrogeno, oltre che di elettricità.

In ambito europeo l'impegno italiano è limitato ai sistemi LFR, SFR e VHTR.

Per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti radioattivi, sono state maturate nel tempo notevoli esperienze e sono state sviluppate ed adottate una vasta gamma di procedure e di soluzioni tecniche. Oggi, abbandonate definitivamente altre tipologie di smaltimento, come l'affondamento a mare, i sistemi ed i metodi di smaltimento applicati nel mondo convergono nella sistemazione dei rifiuti di basso e medio livello di radioattività in apposite infrastrutture ingegneristiche superficiali, nella sistemazione di particolari classi di rifiuti a media-lunga vita in infrastrutture ingegneristiche situate più in profondità in particolari strati morfologici e, per i rifiuti ad alta attività e lunga vita, nell'impiego di particolari formazioni geologiche profonde (depositi geologici). L'esperienza che è stata maturata proviene dall'esercizio di circa un centinaio di depositi per lo smaltimento dei rifiuti di medio-bassa attività (in parte già chiusi) e dalle fasi di sviluppo o realizzazione di alcune decine di nuove installazioni (circa 40-50; fonte IAEA).

Un notevole contributo tecnico ai Paesi che hanno avviato o perseguono lo smaltimento dei rifiuti radioattivi e che si sono trovati ad affrontare diverse problematiche, da quelle più tecniche a quelle gestionali, economiche o sociali, deriva dalle Organizzazioni Internazionali, quali IAEA, EURATOM e OECD-NEA, dalle quali è possibile avere assistenza tecnica, informazioni e ritorni di esperienza

maturata dai vari Operatori.

Le esperienze e gli studi a livello internazionale hanno mostrato che la scelta del sito e le relative procedure di selezione necessitano di diverse discipline tecnico-scientifiche e politico-amministrative. I fattori tecnici riguardano: la geologia, l'idrogeologia, la geochimica, la tettonica e la sismica, i processi di superficie, la meteorologia, gli eventi e le attività antropiche, i trasporti e la viabilità, l'uso del territorio, la distribuzione della popolazione, la radioprotezione e, più in generale, la protezione dell'ambiente.

Un altro fattore chiave, riscontrato nelle esperienze maturate da altri paesi, riguarda l'accettabilità da parte della popolazione, specialmente nei paesi avanzati dove l'atteggiamento del "*not-in-my-backyard*" rappresenta un forte ostacolo alla realizzazione dell'installazione e suggerisce di porre, con largo anticipo, particolare attenzione ai fattori sociali e di predisporre efficaci e trasparenti procedure di informazione e di comunicazione, di rendere il processo di decisione largamente partecipativo e di individuare, sin dall'inizio, le prospettive di sviluppo delle aree coinvolte e le relative compensazioni economiche.

Gli studi effettuati e le esperienze maturate in campo internazionale, infine, hanno dimostrato che la scelta dei siti di smaltimento dei rifiuti radioattivi è strettamente correlata con le condizioni geologiche di ciascun paese ed influenzata dai requisiti specifici di smaltimento ed inventari radiologici, dalle tipologie principali dei rifiuti da smaltire, dai criteri di conferimento adottati e dall'approccio regolatorio. Tutti questi fattori si ripercuotono sul progetto dell'installazione, sebbene, in generale, il progetto sia sviluppato con l'obiettivo di limitare la migrazione ed il rilascio dei radionuclidi nella biosfera, minimizzare l'esposizione degli operatori e del pubblico, minimizzare gli interventi, la manutenzione e la sorveglianza nella fase post-chiusura. Detto obiettivo è normalmente raggiunto attraverso soluzioni tecniche, quale l'adozione di barriere di confinamento, la realizzazione di strutture ingegneristiche, lo sfruttamento dei fattori ambientali e le caratteristiche geomorfologiche del territorio (concetto di sistema multibarriera).

In Italia, lo smaltimento dei rifiuti radioattivi a medio-bassa attività (II categoria) è stato studiato dall'ENEA mediante un'apposita Task Force, istituita dall'ente a metà degli anni novanta. I lavori della Task Force ENEA sono stati numerosi e già alla fine degli anni '90 un primo progetto concettuale, basato sul concetto dello smaltimento superficiale con sistema multibarriera, fu presentato all'Autorità di Sicurezza nazionale per un parere preliminare.

La Task Force, adottando una serie di criteri mutuati dalla localizzazione degli impianti nucleari di potenza ha anche elaborato uno screening geografico sulle aree potenzialmente idonee ad ospitare l'insediamento. Questo lavoro però non si può considerare definitivo nelle conclusioni, che possono variare anche notevolmente in funzione dei parametri di riferimento che già sono stati proposti dal GdL Stato-Regioni del 2000 e dalla nuova commissione, ma l'approccio metodologico ha comunque una sua validità intrinseca. Riaggregare le competenze che nell'Ente si sono sviluppate in questa ed in altre esperienze rappresenta un buon punto di partenza per lo sviluppo di questa linea programmatica.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ E DATA DI CONSEGUIMENTO

Gli obiettivi programmatici dell'intero progetto sono a breve, medio e lungo termine, e precisamente:

- **A breve termine:** contribuire a ricreare le competenze e le infrastrutture tecniche e scientifiche necessarie per la ripresa del settore nucleare in Italia, supportare l'autorità di sicurezza per gli iter autorizzativi, sviluppare una capacità autonoma di valutazione delle diverse opzioni tecnologiche, consentire all'Italia di partecipare a pieno titolo alle grandi iniziative di R&S internazionali/europee (GIF, INPRO, GNEP, SNETP, EII, EERA, programmi Euratom, ecc.) sul nuovo nucleare;

- **A medio termine:** concentrare le risorse su un programma di dimensione internazionale quale l'IRIS Project, nel quale sia comunque possibile giocare un ruolo significativo anche a livello industriale;
- **Nel lungo termine:** sfruttare le competenze ancora esistenti per partecipare a pieno titolo allo sviluppo di un reattore di quarta generazione quale il *Lead Fast Reactor* e/o il *Sodium Fast Reactor* e/o il *Very High Temperature Reactor* in ambito Euratom e GIF.

Anche per le attività relative allo smaltimento e stoccaggio dei rifiuti radioattivi possono essere individuati obiettivi a breve, medio e lungo termine, e precisamente:

- **A breve termine:** definire la reale ed oggettiva situazione italiana attraverso una revisione del lavoro svolto in passato dai vari soggetti interessati; eseguire studi e ricerche;
- **A medio termine:** fornire, sulla base delle attività avviate o definite nel breve termine, i servizi scientifici e tecnologici volti, in generale, al *performance assessment*, alla Valutazione Ambientale Strategica e alla Valutazione di Impatto Ambientale, allo studio di scenari ed alle analisi territoriali specifiche, alla definizione dei criteri di accettabilità dei rifiuti nell'installazione, all'individuazione dei sistemi di trattamento e condizionamento, alle valutazioni di radioprotezione, alla sicurezza (*Safety & Security*) e gestione delle potenziali emergenze, alla comunicazione, alla formazione, etc. In particolare, si tratta anche di ricostituire il sistema di collaborazioni che negli anni scorsi portarono allo sviluppo di metodologie e di procedure atte all'individuazione del sito ed alla realizzazione dell'impianto di smaltimento ed al suo rilascio finale.
- **Nel lungo termine:** mettere a disposizione competenze specifiche per la definizione, in collaborazione con le amministrazioni preposte e le autorità competenti, dei criteri di progetto, del "Progetto di Massima" ed il "Rapporto preliminare di Sicurezza", la preparazione di normativa tecnica, l'elaborazione di procedure per la caratterizzazione dei rifiuti da conferire al sito e la loro categorizzazione (in II e III categoria) e la ricostruzione delle infrastrutture necessarie, anche distribuite sul territorio (Centri ENEA), l'elaborazione e gestione dell'inventario radiologico, l'elaborazione dei piani di conferimento, l'elaborazione di piani di security e risposta alle emergenze, l'elaborazione delle procedure chiusura, di sorveglianza a lungo termine e di rilascio del sito, etc.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

Il programma triennale complessivo del nuovo nucleare da fissione prevede l'effettuazione delle seguenti macro-attività che, a loro volta, si articolano in attività elementari i cui obiettivi intermedi per il secondo anno sono riportati nel successivo paragrafo:

- Studi riguardanti il nuovo nucleare da fissione con particolare riferimento a differenti scenari di cicli del combustibile, aspetti di sicurezza e non-proliferazione, valutazioni economiche dell'energia nucleare in rapporto ad altre fonti;
- Funzione di Advisor in tema di energia nucleare nei confronti del MSE-DGERM per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti e accordi internazionali nel campo del nuovo nucleare da fissione;
- Acquisizione, validazione e sviluppo di programmi e piattaforme di calcolo per sistemi nucleari;
- Qualifiche sperimentali di sistemi e componenti nucleari;
- Progettazione, realizzazione ed operazione di un circuito sperimentale – denominato SPES3 - da installare presso la Società SIET S.p.A., che simula il sistema primario, il sistema secondario e gli effetti del sistema di contenimento del reattore di generazione III+ IRIS;
- Analisi e verifiche sul reattore IRIS per quanto riguarda gli aspetti di schermaggio e radioprotezione, resistenza al sisma, protezione dagli eventi esterni;
- Sviluppo e qualifica di strumentazione innovativa per misure termiche e fluidodinamiche in regime mono e bifase;
- Progettazione di noccioli innovativi per reattori di tipo evolutivo;

- Prove integrali di grandi componenti (GV, DHR, pompe, ecc.) del *Lead-cooled Fast Reactor* (LFR) di IV generazione;
- Tecnologie dei materiali per sistemi raffreddati a piombo;
- Concettualizzazione di noccioli innovativi di reattore LFR, incluso il nocciolo dell'impianto dimostrativo;
- Sviluppo tecnologie per *Sodium-cooled Fast Reactor* (SFR);
- Prove sperimentali, relativa interpretazione e qualifica di codici di termofluidodinamica per *Very High Temperature Reactors* (VHTR) di IV generazione;
- Supporto all'autorità di sicurezza per gli iter autorizzativi;
- Comparazione di differenti opzioni tecnologiche già disponibili;
- Inventario nazionale dei rifiuti radioattivi e modalità di gestione futura;
- Caratterizzazione dei rifiuti da conferire al sito di smaltimento e di deposito;
- *Security, safety and emergency response*;
- Comunicazione e informazione;
- Formazione scientifica.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI INTERMEDI PER IL SECONDO ANNO

LINEA PROGETTUALE 1: Studi sul nuovo nucleare e partecipazioni ad accordi internazionali/bilaterali sul nucleare da fissione. Funzione Advisor

A. *Prosecuzione del supporto al Ministero dello Sviluppo Economico-DGERM per il coordinamento della partecipazione nazionale a progetti ed accordi internazionali*

Lungo tutto l'arco temporale del programma, le attività previste si articolano secondo i temi riportati di seguito, nell'ottica della continuità del supporto fornito nel corso della prima annualità.

- Supporto tecnico-scientifico alla Direzione Generale Energia e Risorse Minerarie del Ministero dello Sviluppo Economico;
- Supporto per la definizione del posizionamento nazionale in ambito VII Programma Quadro Europeo parte Euratom;
- Presidio delle attività istituzionali internazionali sull'energia nucleare, sicurezza e salvaguardie nucleari, ecc.; partecipazione ai relativi Comitati e Gruppi di Lavoro nazionali ed internazionali.

Risultato/Deliverable: Rapporto di sintesi delle attività effettuate a supporto del MSE-DGERM

Organo Esecutore: ENEA

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

B. *Prosecuzione della partecipazione a comitati e gruppi internazionali (NEA, IAEA, EURATOM, GIF, GNEP, ecc.)*

Prosecuzione delle attività legate alla partecipazione attiva ai vari comitati internazionali dell'OECD-NEA, dell'IAEA, e dell'Euratom. Partecipazione a gruppi di lavoro delle grandi iniziative internazionali nel campo del nucleare sostenibile quali: GIF-*Generation IV International Forum* (tramite EURATOM), GNEP - *Global Nuclear Energy Partnership*, IAEA-INPRO *International Project on Innovative Reactors and Fuel Cycles* e SNETP-*European Sustainable Nuclear Energy Technology Platform* (incluso la EII-*European Industrial Initiative* sul nucleare da fissione e la EERA-*European Energy Research Alliance* sui materiali nucleari)

Risultato/Deliverable: Raccolta delle relazioni di partecipazione ai comitati e gruppi internazionali sul nucleare da fissione

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

C. *Prosecuzione della partecipazione italiana al gruppo Physical Protection & Proliferation Resistance (PR&PP) del Generation IV International Forum*

Verrà garantita la partecipazione ai gruppi di lavoro al fine di seguire ed acquisire gli elementi sviluppati nel campo delle metodologie messe a punto a livello internazionale per valutare la resistenza alla proliferazione dei sistemi innovativi: PR&PP (GIF) e INPRO (IAEA). Il contributo nazionale a GIF avrà come focus il consolidamento della metodologia PR&PP e la caratterizzazione in termini di PR&PP dei sistemi di riferimento GenIV, in particolare il sistema *Lead Fast Reactor* LFR, tenendo conto dello stadio preliminare in cui attualmente si trovano i relativi progetti sia a livello di sistema che di associato ciclo del combustibile.

Risultato/Deliverable: Rapporto sullo stato di sviluppo delle principali metodologie per valutare la resistenza alla proliferazione e protezione fisica e loro applicazione a sistemi innovativi.

Organo esecutore: ENEA

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

D. Attività di studio e ricerca nell'ambito del rinnovato accordo bilaterale ENEA-CEA sul nucleare da fissione

Come più volte richiesto dal CEA, verrà avviata un'attività di supporto all'utilizzo sperimentale del reattore di ricerca denominato Jules Horowitz Reactor (JHR) in via di realizzazione presso il centro CEA di Cadarache (Francia). A tal fine è previsto il distacco di ricercatori ENEA presso tale centro. Verranno inoltre svolte attività congiunte ENEA – CEA nel campo dello sviluppo, implementazione e validazione di codici e modelli di calcolo orientati allo studio di sistemi nucleari di III e IV generazione.

- Studio delle potenzialità del reattore di ricerca JHR al fine dell'effettuazione di prove di interesse del sistema nucleare italiano
- sistema di codici di nocciolo ERANOS: interfaccia con codici di scenario ed introduzione di moduli perturbativi
- sviluppo ed applicazione avanzata del sistema di codici strutturali CASTEM
- sviluppo ed applicazione avanzata del codice di termoidraulica CATHARE

Risultato/Deliverable:

- LP1-D.1 Rapporto sulle potenzialità del reattore JHR per il supporto ad attività sperimentali di interesse del sistema nucleare italiano
- LP1-D.2 Rapporto sulle modifiche al codice CATHARE funzionali ai sistemi a metallo liquido pesante e sua qualifica su casi test.
- LP1-D.3 Rapporto sullo sviluppo del codice strutturale della catena francese CASTEM.
- LP1-D.4 Rapporto sull'implementazione di nuovi moduli di interfaccia nel codice francese ERANOS

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEEN, Università di Bologna

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

E. Studio di uno scenario relativo ad un ipotetico impiego di reattori nucleari di diversa taglia sul territorio nazionale e relative valutazioni economiche

Verranno sviluppati da CIRTEEN modelli economico-finanziari avanzati, complementari a quelli già disponibili a livello internazionale, per la successiva analisi dei costi d'investimento e generazione elettrica, con riferimento agli impianti nucleari identificati negli studi di scenario di interesse nazionale, compresi i reattori di medio/piccola taglia attualmente in via di sviluppo (ad es. IRIS). In particolare, sulla base delle prime valutazioni di massima effettuate nella prima annualità, verrà portato avanti uno studio di scenario congruente con l'obiettivo a medio-lungo termine recentemente dichiarato dal governo, ovvero uno scenario che preveda una copertura del 25% del fabbisogno elettrico nazionale al 2030 con varie tipologie di reattori LWR di nuova generazione (III, III+). Tali studi si affiancheranno a quelli di uno scenario globale/regionale che contempla l'introduzione di reattori innovativi di generazione III+ e IV, completo dell'analisi di impatto dell'intero ciclo del combustibile nucleare (collaborazione con CEA e partecipazione all'*Expert Group "Fuel Cycle Transition Scenarios Studies"* del *Working Party on Scientific Issues of the Fuel Cycle* della NEA).

Risultato/Deliverable:

- LP1-E.1 Rapporto sullo sviluppo di modelli economico-finanziari per l'analisi di differenti parchi di reattori
- LP1-E.2 Rapporto sull'analisi di uno scenario nazionale che preveda l'utilizzo di reattori di grande taglia di III generazione e, successivamente, di reattori di piccola taglia di generazione III+
- LP1-E.3 Rapporto su uno scenario globale/regionale che includa reattori di III e IV generazione

Organo esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

Tema di ricerca 5.2.5.8. LP1 Studi sul nuovo nucleare "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
A	Supporto al ministero dello sviluppo economico – DGERM	31.03.2010	300	18		3			21
B	Partecipazione a comitati e gruppi internazionali (NEA, IAEA, EURATOM, GNEP, ecc.)	31.03.2010	500	30		10		10	50
C	Prosecuzione della partecipazione italiana al gruppo PR&PP di GIF	31.03.2010	300	18		4			22
D	D1: Accordo ENEA-CEA - Supporto al reattore di ricerca JHR	31.03.2010	500	30		30		30	90
	D.2: Accordo ENEA-CEA - Modifiche al codice CATHARE e sua qualifica su casi test	31.10.2009	200	12		4			16
	D.3: Accordo ENEA-CEA - Sviluppo del codice strutturale della catena francese CASTEM	31.03.2010	200	12		4			16
	D.4: Accordo ENEA-CEA - Implementazione di nuovi moduli nel codice francese ERANOS	31.03.2010	250	15		4		20	39
E	E.1: Sviluppo modelli economico-finanziari per valutazione scenari	31.10.2009	200	12		3		40	55
	E.2: Scenario parco di reattori di tipo LWR di generazione III e III+	31.10.2009	200	12		3		15	30
	E.3: Scenario globale/regionale con reattori di III e IV generazione	31.03.2010	200	12		4		15	31
Totale			2,850	171	0	69	0	130	370

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

LP2 - LINEA PROGETTUALE 2: Reattori evolutivi INTD – International Near Term Deployment

A. Prova integrale IRIS: Realizzazione della struttura di supporto dell'impianto SPES-3

L'attività consiste nella realizzazione e montaggio della struttura portante dell'impianto SPES-3 e dei relativi sistemi ausiliari. L'installazione della nuova struttura richiederà la rimozione di un vecchio montacarichi.

Risultato/Deliverable:

- LP2-A.1: Relazione tecnica sulla predisposizione sito: smantellamento del montacarichi esistente
- LP2-A.2: Relazione tecnica sulla predisposizione sito: installazione della struttura portante dell'impianto SPES-3

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: SIET

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

B. Prova integrale IRIS: Design review dell'impianto SPES3 e follow-up del progetto IRIS

L'attività consiste nella revisione del dossier di progetto prima di procedere all'emissione degli ordini verso terzi e nell'esecuzione delle azioni necessarie per rimuovere eventuali non-conformità progettuali, oltre al follow-up del progetto IRIS e lo svolgimento di attività correlate.

Risultato/Deliverable:

- LP2-B.1: Rapporto tecnico relativo al *design review* dell'impianto SPES3
- LP2-B.2: Rapporto tecnico relativo alle attività di follow-up del progetto IRIS

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN, SIET

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

C. Prova integrale IRIS: Selezione strumentazione speciale

Nel primo anno, sulla base di un numero selezionato di criteri individuati dal gruppo di lavoro sulle prove integrali di IRIS, è stata valutata la strumentazione disponibile in letteratura per la misura di grandezze fluidodinamiche in regime bifase e sono state individuate le soluzioni più promettenti per la misura della portata. In particolare, per la misura della velocità del fluido è stato progettato un sensore a termo-resistenza. L'attività del secondo PAR è, quindi, finalizzata sia alla definizione di catene di misura (sensori di misura e relativa elettronica) per la misura della portata bifase sulla base di conoscenze pregresse, contatti con gli sviluppatori/producenti di strumentazione speciale ed eventuali attività di supporto analitico, sia alla valutazione delle prestazioni delle sonde per la misura della velocità del fluido.

Risultato/Deliverable:

- LP2-C.1: Analisi di fattibilità per una sonda a termoresistenza per misure di velocità
- LP2-C.2: Relazione tecnica sulla strumentazione speciale idonea per SPES3
- LP2-C.3: Rapporto tecnico sullo sviluppo di un modello analitico per la misura della portata in regime bifase

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: SIET, CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

D. Prova integrale IRIS: progettazione realizzazione circuito di prova delle canne scaldanti

L'attività consiste nella progettazione e realizzazione presso l'area sperimentale della SIET di un circuito di prova per la verifica delle prestazioni delle canne scaldanti da installare nella parte bassa del canale centrale dell'impianto SPES3, prima di procedere all'emissione dell'ordine di approvvigionamento.

Risultato/Deliverable:

LP2-D.1: Progetto del circuito di prova delle canne scaldanti dell'impianto SPES3

LP2-D.2: Relazione tecnica sulla realizzazione del circuito di prova delle canne scaldanti dell'impianto SPES3

Nota tecnica su progettazione circuito di prova (settembre 2009); Relazione tecnica sulla realizzazione circuito di prova (marzo 2010)

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: SIET

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

E. Prova integrale IRIS: Approvvigionamento serbatoi

L'attività consiste nell'approvvigionamento di alcuni serbatoi dell'impianto SPES3, da installare successivamente sulla struttura portante di cui all'attività LP2.A.

Risultato/Deliverable: relazione tecnica sull'approvvigionamento dei serbatoi dell'impianto SPES3

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: SIET

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

F. Reattore IRIS: Analisi CFD del downcomer a supporto del progetto

L'attività è finalizzata alla realizzazione di un *mock-up* sperimentale per l'esecuzione di prove per la validazione di modelli di turbolenza dei codici CFD commerciali e allo studio della fluidodinamica del *downcomer* del reattore IRIS al fine di ottimizzare le perdite di carico e la distribuzione delle portate nel fondo del vessel.

Risultato/Deliverable:

LP2-F.1: Rapporto tecnico: Analisi CFD del *downcomer* del reattore IRIS

LP2-F.2: Relazione tecnica sul modello del *dowcomer*

Organo Esecutore: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

G. Studi teorico-sperimentali per componenti critici di IRIS (GV, EHRS)

Nel primo anno è stata approntata la facility (singolo tubo prototipico) e sono state effettuate le prime analisi sperimentali per la crisi termica e le perdite di carico bifase per il generatore di vapore di IRIS. E' stata anche affrontata l'analisi del sistema di sicurezza EHRS. Nel secondo PAR si effettueranno le prove sperimentali sul generatore di vapore (doppio tubo prototipico) per l'identificazione dei campi di instabilità di funzionamento. Verrà effettuata la progettazione ed avviata la prima fase realizzativa di una ulteriore facility sperimentale per l'investigazione di

miscele bifase in tubi elicoidali di vari diametri di elica, per l'estensione della caratterizzazione agli altri tubi del fascio di IRIS e per l'indagine di soluzioni alternative (es. tubi a spirale).

Risultato/Deliverable:

LP2-G.1: Report sulle prove sperimentali per canali in parallelo e relative zone di instabilità

LP2-G.2: Report sulla progettazione della facility sperimentale

LP2-G.3: Rapporto tecnico sulla prima fase realizzativa della facility sperimentale

Organo Esecutore: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

H. Calcoli di schermaggio deterministici e Montecarlo per il blocco reattore

L'attività consiste nella verifica del progetto per gli aspetti di danneggiamento materiali e radio protezionistici. A tal fine verranno effettuate valutazioni di dosi e dpa con l'utilizzo di codici deterministici e Montecarlo.

Risultato/Deliverable:

LP2-H.1: Rapporto tecnico: Calcoli Montecarlo del blocco reattore e dell'Edificio degli Ausiliari con i codici MCNP5, MCNPX 2.5.0 e MCNPX 2.6.d: valutazioni radioprotezionistiche e di danneggiamento materiali

LP2-H.2: Rapporto tecnico: Calcoli del blocco reattore con metodi deterministici tridimensionali (TORT 3.2): valutazione del flusso neutronico e gamma, Dpa ed attivazione materiali

LP2-H.3: Rapporto tecnico relativo all'attivazione dei materiali al fine del decommissioning

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

I. Analisi sismiche

L'attività consiste: a) nella definizione di procedure da utilizzare nella qualifica degli isolatori sismici sulla base della normativa esistente (europea e giapponese), delle raccomandazioni del gruppo di sismica di IRIS e dell'Autorità di sicurezza americana (USNRC); b) nella progettazione e calibrazione di dispositivi capaci di limitare lo spostamento massimo durante un sisma; c) nella valutazione delle curve di fragilità e delle sollecitazioni meccaniche di componenti critici dell'edificio ausiliari isolato sismicamente.

Risultato/Deliverable:

LP2-I.1: Rapporto tecnico: Proposta di "guidelines" per la progettazione di impianti isolati sismicamente

LP2-I.2: Rapporto tecnico: Determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche di isolatori sismici in scala

LP2-I.3: Rapporto tecnico: Analisi dinamica dell'impianto IRIS isolato sismicamente con isolatori provvisti di limitatori di spostamento

LP2-I.4: Rapporto tecnico: Valutazione delle curve di fragilità dei componenti critici dell'impianto IRIS

LP2-I.5: Rapporto tecnico: Valutazione delle sollecitazioni meccaniche dei componenti critici

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

L. *Analisi eventi esterni*

L'attività consiste nell'analisi dell'edificio ausiliari del reattore IRIS a fronte di determinati eventi esterni (impatto aereo, esplosioni, ecc.).

Risultato/Deliverable: Rapporto tecnico relativo alle analisi del comportamento del contenimento del reattore IRIS sottoposto a carichi dinamici conseguenti a uragani/tornadi ed impatto aereo

Organo Esecutore: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

M. *Progettazione core innovativo*

L'attività è una prosecuzione di quella del primo anno, che è stata finalizzata allo studio di due noccioli, uno ad elevato BU (60.000 MWd/t) con quattro cicli di irraggiamento ed uno a BU "piuttosto" elevato ma con un solo ciclo di irraggiamento. La seconda opzione, molto interessante dal punto di vista della non proliferazione, è caratterizzata da valori elevati della concentrazione di boro ad inizio vita, oltre che da valori dei coefficienti di reattività non accettabili durante una piccola fase dell'irraggiamento. L'attività del secondo PAR sarà orientata all'esecuzione di ulteriori calcoli neutronici finalizzati a ridurre/eliminare la concentrazione di boro (ne conseguirebbe una riduzione dei rifiuti prodotti e delle dosi ai lavoratori oltre ad una semplificazione impiantistica) oltre che a ottimizzare i coefficienti di reattività.

Risultato/Deliverable: Studio di configurazioni critiche di noccioli PWR ad alto *burnup* e caratterizzati da una bassa produzione di rifiuti radioattivi a bassa attività.

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

Tema di ricerca 5.2.5.8. LP2 Reattori evolutivi INTD "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
A	A.1: Prova integrale IRIS: smantellamento del montacarichi esistente	31.10.2009	95	6	180	1	50		237
	A.2: Installazione della struttura portante dell'impianto SPES-3	31.03.2010	180	11	670	1	100		782
B	B.1: Prova integrale IRIS: Design review	31.10.2009	200	12		6	135		153
	B.2: Prova integrale IRIS: Follow up progetto IRIS	31.03.2010	150	9		6	115	20	150
C	Prova integrale IRIS: Selezione strumentazione speciale (tutti e tre i deliverable)	31.03.2010	350	21		1	120	30	172
D	D.1: Prova integrale IRIS: Progettazione circuito di prova delle canne scaldanti	31.10.2009	50	3		1	72		76
	D.2: Prova integrale IRIS: Realizzazione circuito di prova delle canne scaldanti	31.03.2010	50	3	180	1	52		236
E	Prova integrale IRIS: Approvvigionamento serbatoi impianto SPES3	31.03.2010	250	15	400	1	38		454
F	F.1: Analisi CFD del downcomer di IRIS	31.10.2009		0				20	20
	F.2: Realizzazione modello downcomer IRIS	31.03.2010		0				100	100
G	G.1: Componenti IRIS: prove sperimentali per canali in parallelo e relative zone di instabilità	31.10.2009		0				40	40
	G.2: Componenti IRIS: progettazione della facility sperimentale	31.10.2009		0				40	40
	G.3: Componenti IRIS: prima fase realizzativa della facility sperimentale	31.03.2010		0				20	20
H	H.1: Calcoli di schermaggio del blocco reattore con metodi Montecarlo	31.10.2009	400	24		2			26
	H.2: Calcoli di schermaggio del blocco reattore con metodi deterministici	31.10.2009	200	12		1			13
	H.3: Attivazione dei materiali al fine del decommissioning	31.03.2010	100	6		1		20	27
I	Analisi sismiche (tutti e cinque i deliverable)	31.03.2010	680	41		15		70	126
L	Analisi eventi esterni	31.03.2010		0				20	20
M	Progettazione core innovativo	31.03.2010	300	18		3		70	91
Totale			3,005	180	1,430	40	682	450	2,782

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

LINEA PROGETTUALE 3: Reattori di IV Generazione

A. Tecnologie LFR: Progettazione e realizzazione circuito ad acqua in pressione per l'alimentazione del DHR

L'attività prevista consiste nella definizione concettuale, progettazione termoidraulica, definizione impiantistica e realizzazione dell'impianto ad acqua in pressione (pressione di progetto 6 bar) per l'alimentazione del prototipo di scambiatore per la rimozione del calore di decadimento DHR. L'impianto di alimentazione dovrà essere progettato e realizzato in maniera da garantire l'interfaccia termo-meccanica con l'impianto sperimentale a metallo liquido CIRCE, nel quale sarà realizzata la caratterizzazione termoidraulica del DHR.

Risultato/Deliverable:

LP3-A.1: Rapporto tecnico: Progettazione del circuito ad acqua in pressione per l'alimentazione del DHR

LP3-A.2: Rapporto tecnico: Realizzazione del circuito ad acqua in pressione per l'alimentazione del DHR

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN, operatore industriale

Durata complessiva: Aprile 2009 – Dicembre 2009

B. Tecnologie LFR: Montaggio e collaudo della sezione di prova DHR sull'impianto sperimentale a metallo liquido CIRCE

L'attività prevista consiste nel montaggio del DHR¹ nella sezione di prova dell'impianto sperimentale CIRCE, nell'adeguamento del sistema di alimentazione elettrica di CIRCE e nella realizzazione delle interfacce meccaniche ed idrauliche con l'impianto ad acqua in pressione per l'alimentazione e successivo collaudo della sezione di prova.

Risultato/Deliverable:

LP3-B.1: Rapporto Tecnico sull'adeguamento dell'impianto elettrico di alimentazione dell'impianto CIRCE

LP3-B.2: Rapporto Tecnico: Collaudo sezione di prova dell'impianto sperimentale CIRCE per la qualifica del DHR

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Dicembre 2009

C. Tecnologie LFR: Qualifica girante per pompa centrifuga realizzata con materiale ad elevata resistenza alla corrosione/erosione

L'attività prevista consiste nella definizione concettuale, progettazione e realizzazione di un circuito a piombo per la qualifica di una girante per pompa centrifuga realizzata con materiale ad elevata resistenza alla corrosione/erosione (MAXTHAL), definito, scelto e sottoposto a test di verifica, nel

¹ Trattasi dello scambiatore progettato e realizzato nell'ambito del PAR della prima annualità, punti A e B della LP3, dove erroneamente nella descrizione veniva citata la messa in servizio, in contrasto con quanto affermato sia nel titolo che nel deliverable, dove con la frase "analisi di pre-test" si intendeva fare riferimento alla redazione di una Specifica di prova contenente le indicazioni per le successive prove di messa in servizio

corso delle attività del primo anno (punto C del PAR I), mediante l'esposizione di provini alla condizioni sperimentali richieste.

Risultato/Deliverable:

LP3-C.1: Rapporto Tecnico: Progettazione del circuito a metallo liquido pesante per caratterizzazione di una girante per pompa centrifuga ad elevata resistenza alla corrosione/erosione

LP3-C.2: Rapporto Tecnico: Realizzazione del circuito a metallo liquido pesante per caratterizzazione di una girante per pompa centrifuga ad elevata resistenza alla corrosione/erosione

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

D. Tecnologie LFR: Progettazione attività sperimentale, definizione set-up impiantistico e analisi numerica di pre-test in supporto alla qualifica del generatore di vapore

Nell'ambito delle attività di supporto alle analisi incidentali di un sistema nucleare refrigerato a piombo (LFR) a seguito dell'evento di rottura del Generatore di Vapore, si rende necessaria una qualifica sperimentale delle soluzioni tecnologiche proposte. L'attività prevista consiste nella progettazione concettuale della sezione di prova da installare sull'impianto LIFUS5, nell'individuazione delle modifiche da apportare al layout di impianto esistente ed alla relativa strumentazione e nella definizione della matrice di prova. L'attività sarà supportata da un'analisi numerica di pre-test realizzata con il codice di calcolo a parametri concentrati SIMMER III, al fine di qualificare la sezione di prova.

Risultato/Deliverable: Rapporto Tecnico: Progettazione concettuale dell'attività sperimentale da eseguirsi su LIFUS-5 in supporto alla qualifica del generatore di vapore di un LFR

Organo Esecutore: ENEA,

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Settembre 2009 – Marzo 2010

E. Tecnologie LFR: Sezione di prova e provini per la caratterizzazione fuori pila dei materiali strutturali

L'attività prevista consiste nella realizzazione delle Sezioni di prova e dei provini da sottoporre a campagne sperimentali per la qualifica termo-meccanica di materiali strutturali per applicazioni in ambienti soggetti ad irraggiamento e operanti in sistemi refrigerati a piombo e nell'avvio delle prove di compatibilità. I successivi test verranno eseguiti su campioni non irraggiati con lo scopo di definire un database di confronto per la caratterizzazione degli effetti da irraggiamento sulle proprietà termo-meccaniche dei materiali strutturali presi a riferimento. Le prove saranno eseguite sulle apparecchiature sperimentali installate presso i laboratori RIAR (Russia) e SCK.CEN (Belgio), dove, in un secondo tempo, verranno provati gli stessi materiali dopo irraggiamento nel reattore russo BOR-60.

Risultato/Deliverable: Rapporto Tecnico: Realizzazione delle Sezioni di prova e dei provini per la caratterizzazione fuori pila dei materiali strutturali soggetti a irraggiamento e operanti in sistemi a metallo liquido pesante

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: RIAR e SCK-CEN²
Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

F. Core LFR: Sviluppo modelli di calcolo per la termo-fluidodinamica, la neutronica e la cinetica di nocciolo

L'attività prevista consiste nella valutazione dei risultati forniti dal codice di calcolo per lo studio della termo-fluidodinamica del nocciolo "aperto" sviluppato nel corso del primo anno. A questo scopo si utilizzeranno dati sperimentali, se disponibili in letteratura, e/o un approccio di tipo benchmark con codici alternativi e possibilmente già provati, anche se per configurazioni diverse del nocciolo. L'introduzione di un appropriato modello di turbolenza e l'ottimizzazione dello schema risolutivo saranno gli altri obiettivi da perseguire in collaborazione con l'università.

Per quanto riguarda la neutronica, verrà ulteriormente esteso il modello di cinetica neutronica sviluppato nella prima annualità, al fine del suo accoppiamento con un codice di termoidraulica per noccioli raffreddati a piombo. Ciò permetterà di dotarsi di uno strumento di calcolo flessibile ed efficiente per lo studio della dinamica di noccioli raffreddati a piombo.

Risultato/Deliverable:

LP3-F.1: Rapporto Tecnico: Codice di termo fluidodinamica di nocciolo

LP3-F.2: Rapporto Tecnico relativo allo sviluppo di un modello di dinamica di nocciolo

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN, Università di Bologna

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

G. Concettualizzazione del DEMO di LFR

L'attività prevista consiste nella continuazione delle attività relative alla concettualizzazione del DEMO di LFR. In particolare: caratterizzazione neutronica statica e dei parametri propedeutici alle analisi di transitori e verifiche termoidrauliche preliminari; determinazione degli arricchimenti, distribuzione di flussi neutronici e potenze; filosofia delle barre di compensazione, regolazione e sicurezza; calcolo dell'antireattività; analisi di ciclo; verifica preliminare del rispetto delle temperature massime di combustibile e guaine; coefficienti di reattività.

Risultato/Deliverable: Set documentale relativo alla seconda fase della definizione concettuale del nocciolo DEMO LFR e dei sistemi di controllo

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN, Università di Bologna

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

H. Tecnologie SFR: Generatore di vapore per reattori SFR

L'attività consiste nell'eseguire alcune modifiche al sistema di acquisizione dati dell'impianto PCS del Centro ENEA della Casaccia al fine di migliorare, con l'implementazione di nuove catene di misura, la funzione di caratterizzazione termofluidodinamica di generatori di vapore innovativi da utilizzare in *Sodium Fast Reactors* (SFR) con circuito intermedio a sali fusi. Inoltre saranno acquisiti e sviluppati alcuni strumenti per la determinazione delle proprietà fisiche (viscosimetri, etc.) necessari per la valutazione dei risultati sperimentali.

² RIAR Dimitrograd, presso il quale sono già state eseguite prove di irraggiamento sia da ENEA che da altre istituzioni europee, dispone del reattore raffreddato a sodio BOR 60, l'unico impianto per prove di irraggiamento con spettro neutronico veloce disponibile in Europa, cui si affianca un completo laboratorio per la caratterizzazione meccanica e micro strutturale di materiali irraggiati.

SCK-CEN, centro di ricerche belga fortemente impegnato nelle attività di irraggiamento dei materiali, dispone di un proprio reattore a gas utilizzato per prove a bassi livelli di dose, oltre ad una notevole competenza ed esperienza nell'interpretazione dei risultati sperimentali. Il laboratorio di analisi post irraggiamento di SCK-CEN verrà altresì utilizzato per ulteriori prove meccaniche sui provini irraggiati

Risultato/Deliverable: Relazione sulle modifiche impiantistiche; Relazione sulla strumentazione sviluppata

Organo Esecutore: ENEA

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

I. Tecnologie VHTR: Calcoli di pre-test e definizione specifiche per prove sull'impianto HE-FUS3 evoluto

Partendo dai risultati dell'attività di qualifica del codice RELAP5 ottenuti nel corso del primo anno, sono stati individuate le necessarie modifiche da implementare nel codice nel corso del secondo e da validare attraverso la realizzazione di una nuova serie di transitori sperimentali permessi dalle aumentate capacità della facility HE-FUS3 del Centro ENEA del Brasimone quando, nei primi mesi dell'anno, verrà completato l'up-grading della stessa. L'attività prevista consiste quindi nell'implementazione in RELAP5 delle modifiche necessarie per la corretta simulazione della facility come risultato dall'attività del I anno e aggiornamento del modello per tenere conto dell'up-grading della stessa. Realizzazione di calcoli pre-test per la progettazione di transitori operazionali ed incidentali significativi per il comportamento di VHTRs.

Risultato/Deliverable: Rapporto Tecnico sulla progettazione di transitori operazionali ed incidentali significativi per il comportamento di VHTRs.

Organo Esecutore: ENEA

Durata complessiva: Aprile 2009 – Luglio 2009

L. Tecnologie VHTR: Effettuazione di prove in regime transitorio su impianto HE-FUS3 evoluto

L'attività prevista consiste nella definizione delle procedure di prova e nella realizzazione di transitori sperimentali sulla base delle indicazioni del punto precedente.

Risultati/Derivables: Rapporto Tecnico sulle procedure e risultati delle prove

Organo Esecutore: ENEA

Durata complessiva: Settembre 2009 – Dicembre 2009

M. Tecnologie VHTR: Interpretazione prove per validazione codici per VHTR

L'attività prevista consiste nell'analisi di post-test dei transitori effettuati per la validazione dei codici di termofluidodinamica di sistema RELAP5 in condizioni termofluidodinamiche significative per VHTRs

Risultati/Derivables: Rapporto Tecnico sui risultati analisi di post-test delle prove

Organo Esecutore: ENEA

Durata complessiva: Gennaio 2010 – Marzo 2010

N. Core VHTR: Progettazione set-up TAPIRO ed esperienza per interfaccia core-riflettore VHTR

Progetto esecutivo del set-up di prova per l'effettuazione di analisi di interfaccia core-riflettore nei reattori VHTR. Verifica del possibile uso di sorgenti neutroniche alternative a TAPIRO. Interpretazione delle misure anche mediante l'uso di modelli di simulazione Monte Carlo. Stesura del documento di Benchmark.

Risultati/Derivables: Rapporto descrittivo della nuova configurazione reattore TAPIRO, rapporto Set-Up esperienza, rapporto interpretazione esperienza, Documento di Benchmark.

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

Tema di ricerca 5.2.5.8. LP3 Reattori di quarta generazione "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
A	A.1: Tecnologie LFR: Progettazione del circuito ad acqua in pressione per l'alimentazione del DHR	30.06.2009	417	25	0	2		30	57
	A.2: Tecnologia LFR: Realizzazione del circuito ad acqua in pressione per l'alimentazione del DHR	31.12.2009	100	6	80	2	20		108
B	B.1: Tecnologie LFR: Montaggio e collaudo della sezione di prova DHR sull'impianto sperimentale a metallo liquido CIRCE	31.12.2009	668	40	0	11		20	71
	B.2: Tecnologie LFR: Adeguamento dell'impianto elettrico di alimentazione	31.12.2009	300	18	170	3			191
C	C.1: Tecnologie LFR: Progettazione del circuito per la qualifica della girante della pompa centrifuga in MAXTAL	30.06.2009	417	25	0	3		40	68
	C.2: Tecnologie LFR: Realizzazione del circuito per la qualifica della girante della pompa centrifuga in MAXTAL	31.03.2010	100	6	70	1			77
D	Tecnologie LFR: Progettazione esperienza, definizione set-up imp. e analisi di pre-test per qualifica Generatore di vapore	31.03.2010	584	35		5		50	90
E	Tecnologie LFR: Realizzazione sezione di prova e provini per caratterizzazione fuori pila di materiali strutturali	31.03.2010	400	24		6	150		180
F	Core LFR: Modelli di calcolo per la termoidraulica e la dinamica di nocciolo (entrambi i deliverable)	31.12.2009	770	46		8		50	104
G	Concettualizzazione del DEMO di LFR	31.12.2009	668	40		10		30	80
H	Tecnologie SFR: Generatore di vapore per reattori SFR	31.03.2010	334	20	35	4	12		71
I	Tecnologie VHTR: Calcoli di pre-test e specifiche per prove su impianto He-FUS3 evoluto	31.07.2009	435	26		4			30
L	Tecnologie VHTR: Effettuazione di prove in regime transitorio su impianto HE-FUS3 evoluto	31.12.2009	334	20	40				60
M	Tecnologie VHTR: Interpretazione prove per validazione codici per VHTR	31.03.2010	150	9		3			12
N	Core VHTR: Progettazione set-up TAPIRO ed esperienza per interfaccia core-riflettore VHTR	31.12.2009	334	20		3		20	43
Totale			6,011	361	395	65	182	240	1,243

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

LINEA PROGETTUALE 4: Attività di ricerca e sviluppo relative alla caratterizzazione dei rifiuti radioattivi e alle fenomenologie di base che influenzano la scelta di un sito per un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria

A. Aggiornamento dell'Inventario Nazionale dei Rifiuti Radioattivi e Modalità di Gestione Futura

Una delle prime cose da fare, prima di avviare il percorso tecnico, scientifico ed amministrativo per l'individuazione di un deposito centralizzato, è un inventario nazionale affidabile dei rifiuti, sia quelli esistenti sia quelli di futura produzione, essenzialmente da smantellamento. Un inventario nazionale dei rifiuti radioattivi ai fini dello smaltimento deve riferirsi ai rifiuti condizionati in manufatti idonei per il deposito centralizzato scelto, sia in termini radiologici sia in termini di volume e geometria. Nel corso della prima annualità è stato raggiunto un accordo di reciproco interesse con ISPRA (ex APAT), sulla base del quale i dati di inventario dei rifiuti radioattivi esistenti, raccolti da ISPRA come compito istituzionale ai fini della sicurezza, vengono messi a disposizione di ENEA. Partendo da questi dati, che costituiscono la fotografia dell'esistente, l'ENEA provvede a elaborarli, 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. In più occorre elaborare la stima ragionata dei rifiuti di futura produzione, essenzialmente da smantellamento. Nel corso della prima annualità tale processo è iniziato e sarà continuato con aggiornamenti periodici. Scopo della seconda annualità è anche quello di iniziare a interagire con gli operatori, in sinergia con ISPRA, in modo da indirizzare i lavori anche ad un'analisi critica dell'inventario in funzione delle stime di impatto ambientale del deposito. Tale analisi critica consentirà di individuare ad esempio l'eventuale inadeguatezza di alcuni dati relativi a particolari radionuclidi e di poter quindi fornire un feedback agli esercenti stessi per poter meglio indirizzare la caratterizzazione dei rifiuti, in accordo e di concerto con l'autorità di controllo.

Risultato/Deliverables:

- LP4-A.1 Rapporto tecnico sull'implementazione della banca dati rifiuti radioattivi condizionati per lo smaltimento.
- LP4-A.2 Rapporto tecnico relativo alla revisione critica dell'inventario dei rifiuti radioattivi condizionati per lo smaltimento.

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: Società di informatica

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

B. Attività relative alla caratterizzazione dei rifiuti da conferire al deposito

Proseguendo il programma impostato nel primo anno, si procederà con la definizione particolareggiata dell'insieme integrato di infrastrutture, tecnologie e servizi necessari al sistema paese per la caratterizzazione dei rifiuti radioattivi, effettuando anche una progettazione preliminare dei necessari laboratori di misura e di un laboratorio di R&S, qualificazione e certificazione delle matrici di condizionamento. Verrà inoltre sviluppato un progetto particolareggiato di un prototipo di sistema integrato di caratterizzazione radiologica non distruttiva di tipici manufatti per rifiuti radioattivi. Sempre nell'ambito dell'accordo di reciproco interesse con ISPRA sarà infine effettuata una analisi critica delle esistenti norme UNI relative alla caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi (10621, 11194, ecc.) ai fini di una valutazione dei contenuti sulla base dei più recenti standards internazionali e di una eventuale proposta di modifiche orientate ad una maggiore efficacia delle norme stesse in funzione dello stoccaggio definitivo dei rifiuti.

Risultato/Deliverables:

- LP4-B.1 Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche di analisi distruttive.

- LP4-B.2 Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche di analisi non distruttive.
- LP4-B.3 Progetto preliminare del laboratorio di qualificazione e certificazione di matrici di contenimento.
- LP4-B.4 Progetto particolareggiato di un prototipo di sistema integrato di caratterizzazione radiologica non distruttiva.
- LP4-B.5 Analisi critica delle norme UNI inerenti la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi.

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

C. Attività di R&S relativa agli strumenti di analisi sitologiche e territoriali e ai fenomeni di trasporto dei radionuclidi associati a un deposito di tipo superficiale

Le attività saranno finalizzate principalmente alla formazione delle competenze necessarie ed all'acquisizione o sviluppo dei relativi strumenti computazionali per l'analisi di sicurezza e i calcoli di "performance assessment" di un deposito di rifiuti radioattivi di tipo superficiale. Si proseguirà con la modellazione dei fenomeni di dispersione di contaminanti attraverso le barriere protettive di un deposito di rifiuti radioattivi e con lo sviluppo di una metodologia di analisi probabilistica del rischio associato alla costruzione ed operazione del deposito stesso. Si individueranno inoltre gli strumenti e protocolli più adatti per le analisi sitologiche e territoriali e per le analisi delle conseguenze di incidenti con rilascio di radioattività all'ambiente.

Risultati/Deliverables: Rapporti tecnici:

- LP4-C.1 Analisi e prova, con casi di studio, di strumenti computazionali di larga diffusione per "Performance Assessment" di depositi di smaltimento di rifiuti radioattivi.
- LP4-C.2 Stato dell'arte e studio di strumenti e protocolli di analisi sitologiche e territoriali e di analisi delle conseguenze di incidenti con rilascio di radioattività all'ambiente.
- LP4-C.3 Modellazione dei fenomeni di dispersione di contaminanti attraverso le barriere protettive di un deposito di rifiuti radioattivi e metodologia di analisi probabilistica del rischio associato alla costruzione ed operazione del deposito stesso – Fase 2.

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

Tema di ricerca 5.2.5.8. LP4 Deposito rifiuti radioattivi "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (kEuro)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
A	A1. Implementazione Banca Dati	31/10/2009	500	30		7	30		67
	A2. Revisione critica dell'inventario	31/03/2010	1.000	60		7			67
B	B1. Progetto laboratorio di caratterizzazione radiologica con tecniche non distruttive	31/10/2009	500	30		5			35
	B2. Progetto laboratorio di caratterizzazione radiologica con tecniche distruttive	31/10/2009	500	30		5			35
	B3. Progetto laboratorio di qualificazione e certificazioni matrici di contenimento	31/10/2009	500	30		5			35
	B4. Progetto sistema integrato di caratterizzazione radiologica non distruttiva	31/03/2010	200	12		5		20	37
	B5. Analisi critica delle norme UNI inerenti la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi	31/10/2009	200	12		5		10	27
C	C1. Analisi e prova di strumenti computazionali di larga diffusione per performance assesemnt	31/10/2009	500	30		8			38
	C2. Stato dell'arte e studio di strumenti e protocolli di analisi sitologiche e territoriali e di analisi delle conseguenze di incidenti con rilascio di radioattività all'ambiente	31/03/2010	500	30		3			33
	C3. Modellazione dei fenomeni di dispersione di contaminanti attraverso le barriere protettive di un deposito di rifiuti radioattivo e metodologia di analisi probabilistica del rischio associato alla costruzione ed operazione del deposito stesso - Fase 2	31/03/2010	200	12		3		105	120
Totale			4.600	276	0	53	30	135	494

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

LINEA PROGETTUALE 5: Supporto all’Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter autorizzativi, anche al fine di elevare il grado di accettazione dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche

Tale linea progettuale appare di particolare importanza, alla luce delle recenti dichiarazioni e determinazioni del Governo, miranti a creare le condizioni per la realizzazione sul suolo italiano di impianti di III generazione che dovrebbero entrare in funzione all’orizzonte del 2020. In tale quadro il sistema della ricerca è chiamato a dare il proprio contributo nei seguenti campi:

- **Base informativa:** effettuazione di studi di comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche per la produzione di energia nucleare, sotto il profilo della sostenibilità e della convenienza, con stretto riferimento ai vincoli e alle opportunità del contesto nazionale per gli aspetti ambientali e infrastrutturali e per lo stato dei settori produttivi coinvolti;
- **Modellistica:** messa a punto di metodi e raccolta/elaborazione di informazioni sui più recenti reattori commerciali (III generazione di tipo evolutivo), principalmente in supporto all’autorità di sicurezza per l’iter autorizzativo e anche al fine di aumentare l’informazione qualificata disponibile per il processo decisionale partecipato, presupposto e condizione per la pubblica accettabilità delle nuove installazioni nucleari. Ciò richiede, in particolare, di disporre di modelli di calcolo adeguati e potenti per consentire un’affidabile valutazione dei rapporti di sicurezza in ordine sia alla sicurezza nucleare che alla protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione.
- **Qualifica sperimentale:** studio e programmazione di prove di qualifica sperimentale di sistemi e componenti; adeguamento tecnologico degli impianti sperimentali dedicati alla qualifica sperimentale; realizzazione di campagne sperimentali, collocate in un contesto internazionale, loro interpretazione e valutazione.

A. Base informativa sulla realizzazione di reattori di III generazione

L’attività per conseguire questo obiettivo consiste nell’acquisizione della documentazione disponibile ed interiorizzazione del relativo know-how sui principali reattori di III generazione di tipo evolutivo di possibile interesse italiano. Comparazione delle loro caratteristiche e prestazioni, nel normale funzionamento e nelle condizioni rilevanti per la sicurezza, con particolare riguardo ai sistemi di sicurezza attivi e passivi, allo studio degli incidenti severi ed al relativo impatto ambientale all’esterno del contenitore di sicurezza. Proposta di modelli descrittivi, aggiornati allo stato attuale delle tecnologie, del ciclo di vita delle nuove installazioni nucleari, con sviluppo più dettagliato della parte relativa alla fase di realizzazione, fabbricazione in officina e lavori in cantiere; convalida del modello della fase di realizzazione con i dati di realizzazioni recenti in altri paesi.

Risultati/Deliverables:

LP5-A.1 Relazione sugli impianti nucleari evolutivi

LP5-A.2 Guida alla base dati

LP5-A.3 Modello flussi nella fase di realizzazione di una centrale nucleare

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEC

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

B. Piattaforme per la modellistica

Acquisizione e validazione (benchmarking) di piattaforme di calcolo avanzate per lo studio di reattori LWR di III generazione di tipo evolutivo, che permettono di accoppiare tra loro codici di calcolo per lo studio della neutronica, della termoidraulica, e della termo meccanica del reattore. Analisi di sequenze di incidenti severi ai fini della valutazione dell’impatto sull’impianto e sull’ambiente, per la valutazione delle più corrette azioni di *post-accident management*. Studio di

metodi e tecniche di controllo/gestione di reattori LWR di III generazione di tipo evolutivo, nella prospettiva dello sviluppo di un simulatore d'impianto.

Risultati/Deliverables:

LP5-B.1 Rapporto sulla modellistica applicata ai reattori evolutivi

LP5-B.2 Rapporto sull'installazione e l'impiego di piattaforme di calcolo avanzate per le analisi di sistema e di sicurezza

LP5-B.3 Relazione programmatica sul simulatore

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN, Università di Bologna

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

C. Preparazione del programma di qualifica sperimentale

Studio e programmazione di prove di qualifica sperimentale di sistemi e componenti, a supporto dell'iter di certificazione; adeguamento tecnologico degli impianti sperimentali dedicati alla qualifica sperimentale di componenti e sistemi di reattori LWR di III generazione di tipo evolutivo. Questi impianti, impiegati per qualifica di componenti e sistemi per conto di committenti esteri, e per esperimenti destinati alla convalida dei codici di progetto, da alcuni anni non sono stati aggiornati allo stato della tecnica e richiedono interventi per essere messi in assetto per le nuove esigenze.

Risultati/Deliverables:

LP5-C.1 Specifica degli interventi sull'impianto SPES

LP5-C.2 Programma di qualifica sperimentale

LP5-C.3 Verbali di fine lavori sull'impianto SPES

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEN, SIET

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

Tema di ricerca 5.2.5.8. LP5 Supporto all'Autorità di sicurezza "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
A	A.1: Relazione sugli impianti nucleari evolutivi	31.10.2009	500	30		8		20	58
	A.2: Guida alla base dati	31.10.2009	500	30		2			32
	A.3: Modello flussi nella fase di realizzazione di una centrale nucleare	31.03.2010	700	42		8		20	70
B	B.1: Rapporto sulla modellistica applicata ai reattori evolutivi	31.10.2009	1,000	60		4		20	84
	B.2: Rapporto sull'installazione e l'impiego di piattaforme di calcolo avanzate	31.03.2010	800	48		4		40	92
	B.3: Relazione programmatica sul simulatore	31.03.2010	200	12		2		30	44
C	C.1: Specifica degli interventi sull'impianto SPES	31.10.2009	500	30		3	50		83
	C.2: Programma di qualifica sperimentale	31.03.2010	350	21		3	50	10	84
	C.3: Verbal di fine lavori sull'impianto SPES	31.03.2010	500	30	100	4	200		334
Totale			5,050	303	100	38	300	140	881

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

LINEA PROGETTUALE 6: Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell'opzione nucleare in Italia

Nella creazione di un sistema nucleare italiano, un ruolo di assoluto rilievo è giocato da un lato dalla formazione di personale qualificato ai diversi livelli, dall'altro da una corretta informazione e comunicazione al pubblico, in generale sui temi dell'energia e, in particolare, sui vantaggi offerti dalle tecnologie nucleari. In quest'ottica risulta di fondamentale importanza che il mondo accademico, quello della ricerca e quello industriale interagiscano in modo sinergico e coordinato, di modo che ci sia un continuo scambio di conoscenze, ed una definizione concordata di priorità tematiche, di caratteristiche dei profili professionali richiesti, di strategie di comunicazione. Serve, pertanto, un potenziamento dell'università e del sistema degli studi di settore ed un più forte collegamento tra il mondo accademico, quello della ricerca e il sistema industriale, che assicuri anche un più efficace trasferimento tecnologico dai laboratori alle aziende. In ultimo, occorre far tesoro e valorizzare l'esperienza nel campo della formazione e della comunicazione già acquisita e sistematizzata in altri Paesi con alle spalle una lunga esperienza nell'uso dell'energia nucleare.

A. *Analisi e valutazione delle necessità formative*

Verrà effettuata un'analisi delle necessità formative integrate università-ricerca-industria, anche in riferimento a quanto già fatto in altri Paesi europei, in USA e in Asia, per mettere a disposizione del Paese un'offerta formativa diretta a ricreare le condizioni di base per una ripartenza del nucleare in Italia. E' prevista una interlocuzione diretta e una raccolta di informazioni dagli stakeholder del settore nucleare italiano.

Risultati/Deliverables: Rapporto sulle necessità formative

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEEN, Università di Bologna

Durata complessiva: Aprile 2009 – Ottobre 2009

B. *Corsi e stage specialistici*

Verrà supportata l'istituzione e la gestione di corsi e stage specialistici, master e scuole di perfezionamento sui temi di maggior interesse

Risultati/Deliverables: Relazione finale dei corsi e master specialistici

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEEN, Università di Bologna

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

C. *Comunicazione e formazione per sito rifiuti radioattivi*

Verranno proseguite le attività di comunicazione e formazione relative alla problematica dell'individuazione del sito per i rifiuti radioattivi. Sulla base delle linee guida elaborate nel corso della prima annualità, si procederà alla progettazione di un "pacchetto" informativo e formativo.

Risultati/Deliverables: Rapporto sulle attività di comunicazione e formazione

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: CIRTEEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

D. *Comunicazione sul tema dell'energia nucleare*

Nella seconda annualità le linee guida sviluppate nel corso della prima annualità specificamente per il tema del sito per i rifiuti radioattivi saranno estese alla tematica più generale dell'utilizzo

dell'energia nucleare. Nel perseguimento di questo obiettivo ci si avvarrà di una società esperta nella comunicazione tecnico-scientifica al grande pubblico.

Risultati/Deliverables: Rapporto degli specialisti in comunicazione

Organo Esecutore: ENEA

Principali collaborazioni: società di consulenza in comunicazione, CIRTEN

Durata complessiva: Aprile 2009 – Marzo 2010

Tema di ricerca 5.2.5.8. LP6 Formazione scientifica "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
A	Analisi e valutazione delle necessità formative	31.10.2009	250	15		4		25	44
B	Corsi e stage specialistici	31.03.2010	250	15		4		30	49
C	Comunicazione e formazione per sito rifiuti radioattivi	31.03.2010	250	15		4		25	44
D	Comunicazione sul tema energia nucleare	31.03.2010	250	15		3	50	25	93
Totale			1,000	60	0	15	50	105	230

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Tema di ricerca 5.2.5.8. "Obiettivi Intermedi e relativi preventivi economici"

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore personale	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni Universitarie (e)	
LP1	Studi sul nuovo nucleare	31.03.2010	2,850	171	0	69	0	130	370
LP2	Reattori evolutivi INTD	31.03.2010	3,005	180	1,430	40	682	450	2,782
LP3	Reattori di quarta generazione	31.03.2010	6,011	361	395	65	182	240	1,243
LP4	Deposito rifiuti radioattivi	31.03.2010	4,600	276	0	53	30	135	494
LP5	Supporto all'Autorità di sicurezza	31.03.2010	5,050	303	100	38	300	140	881
LP6	Formazione scientifica	31.03.2010	1,000	60	0	15	50	105	230
Totale			22,516	1,351	1,925	280	1,244	1,200	6,000

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

La sicurezza dell'approvvigionamento energetico è diventata una delle maggiori preoccupazioni mondiali, in particolare per l'Europa che oggi importa il 50% della propria energia e che, mantenendo inalterata la propria politica nel settore dell'energia e dei trasporti, finirà per importare il 65% della propria energia nel 2030, con un aumento dal 57% all'84% delle proprie importazioni di gas e dall'82% al 93% di petrolio. Oltre alla forte dipendenza dai combustibili fossili, esiste, dunque, in Europa un rischio crescente di carenza di forniture di energia primaria. Nello stesso tempo, le preoccupazioni ambientali impongono una forte riduzione dei gas serra. Attualmente, l'energia è responsabile dell'80% delle emissioni di gas serra in Europa, e con le attuali politiche nel settore dell'energia e dei trasporti tali emissioni nell'UE aumenterebbero del 5% nel 2012, in chiaro conflitto con l'obiettivo di Kyoto che impone una riduzione dell'8% delle emissioni nello stesso periodo temporale.

Come ben noto, l'Italia è uno dei Paesi più esposti in Europa ai problemi di sicurezza dell'approvvigionamento energetico e al mancato rispetto degli obiettivi del protocollo di Kyoto.

Anche per l'Italia si impone dunque un ripensamento del mix energetico e un progressivo ricorso alla fonte nucleare per la produzione di energia elettrica, con centrali ubicate sul territorio nazionale.

Peraltro, condizioni necessarie per il graduale rilancio dell'energia nucleare in Italia sono:

- Il rapido sviluppo delle competenze e delle infrastrutture tecniche e scientifiche necessarie, anche attraverso la partecipazione diretta a grandi progetti di R&S;
- Il rinnovo dell'Italia nel contesto internazionale ed europeo in tema di energia nucleare e, in particolare, in iniziative e progetti internazionali di grande respiro;
- La capacità autonoma di analizzare in maniera comparata le attuali opzioni scientifiche e tecnologiche per la produzione di energia nucleare, sotto il profilo della sicurezza, della sostenibilità e della convenienza;
- La risoluzione dei problemi ereditati dal passato, come la messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi e dei materiali nucleari, in una condizione esente da pericoli e libera da timori e preoccupazioni da parte dell'opinione pubblica.

L'insieme di queste capacità e competenze rappresenta il beneficio primario che il sistema della ricerca può apportare da subito al Paese, nella prospettiva avanzata dal governo di tornare a produrre energia elettroneucleare in Italia all'orizzonte del 2020.

Area:	USI FINALI
Gruppo tematico:	MODELLISTICA, STUDI PRENORMATIVI, LINEE GUIDA
Tema di ricerca	5.4.1.1/5.4.1.2 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

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

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.

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il prodotto è una serie di strumenti, quali linee guida, modelli di progettazione e programmi di calcolo, per la determinazione e l'ottimizzazione dei consumi energetici degli edifici con particolare riferimento al condizionamento estivo e all'interazione con l'illuminazione, al fine di facilitare il recepimento della direttiva 91/2002 CE che prevede l'adozione di norme specifiche per il contenimento dei consumi energetici estivi. La domanda per il condizionamento va trattata analogamente a quanto previsto per il riscaldamento invernale (DLgs 192/05 e 311/06): la recente uscita delle normative UNI TS 11300 parte I e II rende disponibile una metodologia di calcolo semi-stazionaria per il calcolo dei carichi termici estivi, basata su fattori di utilizzo. Tale metodologia è utile per la verifica di prestazioni (invernali ed estive) di edifici "normali", ma la progettazione di edifici di volumi superiori a 10000 mc, che facciano impiego di sistemi di climatizzazione che sfruttano fenomeni dinamici, richiede l'impiego di modelli dinamici.

In particolare poiché negli edifici non residenziali il consumo per illuminazione artificiale rappresenta il 25% dei consumi elettrici, e poiché l'impiego di sistemi di illuminazione artificiale poco efficienti ha un considerevole impatto sui consumi per condizionamento estivo, è necessario sviluppare l'impiego di strumenti che consentano una corretta progettazione dei sistemi di illuminazione naturale (e dei sistemi schermanti) e artificiali ad alta efficienza.

L'attività che verrà svolta servirà anche come supporto dell'applicazione dei decreti sull'efficienza energetica e per l'applicazione del DLgs 115/08 di recepimento della direttiva 2006/32/CE sui servizi energetici, in particolare per quanto riguarda lo sviluppo di metodologie di diagnosi energetica e di metodologie di valutazione degli interventi di recupero energetico di edifici pubblici.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Attualmente in Italia non esiste una normativa definita che consente il calcolo del fabbisogno energetico per il condizionamento degli edifici. Come già detto la direttiva UE 91/2002 richiede che si mettano a punto strumenti per la verifica del rendimento energetico degli edifici non solo per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento, ma anche i sistemi di condizionamento. Il decreto 311/06 prevede l'obbligo di schermatura esterna per tutti gli edifici nuovi e per quelli da ristrutturare fino a i 1000 m² e per le ristrutturazioni, tuttavia mancano delle linee guida su come utilizzare detti schermi e sull'influenza che questi hanno sulla illuminazione naturale degli edifici.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Le metodologie di calcolo comunemente adottate al momento, consentono il dimensionamento degli impianti di climatizzazione, ma sono piuttosto approssimate per il calcolo dei consumi stagionali. Il dimensionamento viene di norma eseguito con un calcolo in stazionario, atto alla determinazione della punta di possibile richiesta (basata su dati climatici di progetto). Una determinazione dei consumi più accurata può essere fatta, attualmente, solo con l'utilizzo di codici di simulazione dinamica il cui impiego non è facilmente accessibile alla gran parte dei progettisti.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

L'obiettivo finale è mettere a disposizione del legislatore gli strumenti tecnici (parametri climatici, metodologie di calcolo, tool informatici, parametri caratteristici sui e linee guida per la progettazione di impianti a bassi consumi energetici, dell'involucro trasparente e per gli elementi schermanti) atti a rendere possibile un recepimento molto ampio della direttiva 91/2002 per quanto riguarda il contenimento dei consumi energetici per condizionamento estivo degli edifici ed il DLgs 115/08 per l'efficienza energetica nel settore dei servizi energia.

L'attività ha una durata complessiva di 3 anni.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

L'attività si realizzerà con le seguenti fasi:

- Determinazione dei parametri climatici di riferimento su cui basare la normativa,
- Sviluppo di una metodologia ed un procedimento di calcolo per l'Indice di Severità del Clima
- Definizione dei benchmark dei consumi energetici degli edifici per tipologia, destinazione d'uso e fascia climatica
- Definizione delle curve di carico termico ed elettrico tipiche per tipologia, destinazione d'uso e fascia climatica
- Sviluppo di linee guida per la progettazione di sistemi a basso consumo di energia nobile da adottare specie per quegli edifici critici dal punto di vista del carico termico estivo.
- Proposta di provvedimenti di incentivazione di queste tecnologie
- Sviluppo di linee guida e sistemi di classificazione semplificata dei sistemi di illuminazione avanzati e componenti (semi)trasparenti di involucro che guidino il progettista ed il gestore dell'edificio nella scelta dei materiali, delle tecnologie e delle soluzioni più idonee.

RISULTATI DEL PRIMO ANNO:

- Sviluppo metodologia di elaborazione dei dati climatici per l'aggiornamento della norma UNI 10349 e applicazione alla Regione Lombardia
- Sviluppo di una metodologia per il calcolo dell'Indice di Severità del Clima
- Realizzazione dello strumento Neural Weather Generator, che consente la generazione di dati climatici orari (Temperatura e Radiazione solare) con l'inserimento delle sole latitudine e longitudine.
- Valutazione dei consumi in alcune classi nell'edilizia esistente (alberghi e uffici) e benchmark mediante codici semplificati
- Definizione degli indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di consumo energetico degli edifici.
- Determinazione dell'influenza dei sistemi semitrasparenti sulle prestazioni energetiche e luminose degli edifici attraverso simulazioni numeriche ed analisi sperimentali.

- Sviluppo di un modello di calcolo per le proprietà ottiche e termiche dei sistemi trasparenti secondo le norme nazionali vigenti ed ai fini del calcolo dell'indice di prestazione energetica.
- Caratterizzazione fotometrica di numerosi materiali trasparenti e schermanti (convenzionali e complessi) per la realizzazione di database dedicati.
- Sviluppo di sistemi di illuminazione integrati naturale/artificiale.
- Determinazione delle caratteristiche dell'edificio tipo per le tipologie: uffici ed alberghi
- Prima versione dei modelli dinamici per la simulazione dell'edificio (piattaforma ODESSE)
- Partecipazione agli 'Implementing Agreement' della IEA

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL SECONDO ANNO

A. Aggiornamento parametri climatici nazionali e zonizzazione del clima nazionale ai fini della certificazione estiva

Sulla base della metodologia sviluppata nel corso del primo anno, e già applicata alla regione Lombardia, verrà estesa a tutto il territorio nazionale l'elaborazione delle nuove serie di dati climatici contenute nella norma UNI 10349.

A partire dalla metodologia di calcolo dell'Indice di severità del Clima, messa a punto nel corso del primo anno verrà realizzata una campagna di indagine al fine di calcolare l'Indice su tutto il territorio nazionale. Tale attività consentirà la realizzazione di una zonizzazione ai fini della determinazione dei limiti di consumo ammissibili per la climatizzazione estiva, risultando pertanto fondamentale per la corretta applicazione delle norme UNI TS 11300.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Proposta di zonizzazione del territorio nazionale ai fini del contenimento dei consumi energetici per condizionamento in base all'Indice di Severità del Clima.

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Elaborazione di nuovi dati climatici per la progettazione estiva ed invernale degli edifici.

Principali collaborazioni: CTI

Durata: Aprile 2010 - Marzo 2010

B. Modelli (Programmi, Tool, software) di calcolo

Verifica della applicabilità della UNI TS 11300 all'impiego per la certificazione di edifici complessi (quelli che necessitano di simulazioni dinamiche secondo quanto previsto dal DM Linee Guida Nazionali di prossima emanazione.

Realizzazione di un tool di certificazione basato sull'impiego delle UNI TS 11300, corredato di interfaccia per l'impiego su larga scala. Upgrade del codice di calcolo DOCET finalizzato al calcolo dell'indice di prestazione energetica in conformità con le norme UNI TS 11300 - parti 1, 2 e 3 (attualmente in inchiesta pubblica) ed eventualmente alla parte 4 se si dovesse rendere disponibile in tempo utile, e alla definizione degli schemi di certificazione energetica su scala nazionale e locale.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Tool di certificazione a norma UNI TS 11300

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Validazione del modello di simulazione ODESSE.
- Identificazione dei campi di applicabilità della UNI TS 11300 agli edifici complessi

Principali collaborazioni: ITC/CNR, PoliTo (Energetica)

Durata: Aprile 2010 - Marzo 2010

C. Edifici tipo, Indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, Applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani

Verrà proseguita la attività impostata nel corso del primo anno e che ha prodotto un set di edifici tipo ad uso ufficio. Si prevede di allargare l'indagine alle tipologie: Commerciale, Alberghiero, Scolastico, Ospedaliero. Per quanto riguarda l'edilizia scolastica si prevede di instaurare una collaborazione con il Ministero dell'Istruzione per la realizzazione di un osservatorio sull'edilizia scolastica.

L'attività di calcolo dei benchmark verrà svolta mediante campagne di monitoraggio, e attraverso campagne di simulazione dinamica condotte sugli edifici tipo identificati nel corso del primo anno e all'inizio del secondo anno di attività. Si prevede di poter sottoporre il singolo edificio ad una attività di monitoraggio sufficiente in modo da ottimizzare i sistemi disponibili e di monitorare un numero sufficiente di edifici nei mesi di interesse per le stagioni invernale ed estiva.

Verrà infine realizzato uno studio con la definizione di indici di applicabilità e di potenzialità (risparmi ottenibili rispetto a componenti convenzionali, frazione solare etc.) di componenti di impianto innovative.

L'attività risponde alle disposizioni introdotte con il Dlgs 115/08 in materia di monitoraggio dei consumi degli edifici.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Rapporto sulle caratteristiche strutturali e impiantistiche degli Edifici Tipo per: edilizia commerciale, alberghiera, scolastica ed ospedaliera

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Definizione dei benchmark di consumo per le seguenti destinazioni d'uso: Uffici, Alberghi Scuole

Principali collaborazioni: CRESME (Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l' Edilizia e il Territorio), PoliTo (Energetica), La Sapienza (Dip. Fisica tecnica e Dip. Ingegneria Elettrica), PoliMi (BEST), FIRE

Durata: Aprile 2010 - Marzo 2010

D. Caratterizzazione dei componenti di involucro per il controllo solare e l'illuminazione naturale degli edifici.

Sarà proseguita l'attività sperimentale e di calcolo atta a caratterizzare i materiali semitrasparenti di facciata, per una accurata valutazione delle prestazioni energetiche ed illuminotecniche degli edifici. L'attività sarà ampliata includendo anche i componenti opachi, in particolare attraverso la valutazione dei benefici energetici ed ambientali derivanti dall'utilizzo di rivestimenti ad elevata riflessione solare. L'attività è importante ai fini dell'ottimizzazione delle prestazioni dell'edificio durante la stagione estiva.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Rapporto sulle misure sperimentali delle proprietà energetiche e luminose di materiali trasparenti ed opachi.
- Analisi parametrica delle prestazioni degli edifici per raffrescamento, riscaldamento ed illuminazione in funzione di. caratteristiche climatiche, orientamento dell'edificio, rapporto tra dimensione delle aperture dell'edificio e superficie calpestabile, caratteristiche cromatiche dell'ambiente costruito.

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Aggiornamento modello di calcolo per le proprietà ottiche e termiche dei sistemi trasparenti secondo le norme nazionali vigenti ed ai fini del calcolo dell'indice di prestazione energetica.

Principali collaborazioni: Stazione Sperimentale del Vetro, INRIM, ITC/CNR

Durata: Aprile 2010 - Marzo 2010

E. Partecipazione all'Implementing Agreement Energy Conservation in Building and Community Systems della IEA

La partecipazione ai gruppi di lavoro (Annexes) dell'Implementing Agreement ECBCS della Agenzia Internazionale dell'Energia consente di essere inseriti in attività di ricerca sviluppate ai massimi livelli internazionali. I gruppi di lavoro dell' ECBCS sviluppano i temi definiti nelle varie annexes, dopo un severo controllo delle finalità, degli obiettivi e dei deliverables da produrre, attuato dai membri del comitato esecutivo. I prodotti delle varie annexes sono in genere linee guida e/o tools informatici per la progettazione, database di sistemi e componenti etc. La partecipazione a questi gruppi di lavoro consente di indirizzare lo sviluppo di detti strumenti alle effettive necessità della realtà tecnologica ed economica italiana, oltre a facilitare un efficace raccordo con i massimi esperti del campo dell'efficienza energetica negli edifici a livello internazionale. ENEA rappresenta l'Italia nell'Implementing Agreement su mandato del MSE dal 1992, è membro del comitato esecutivo, coordina la partecipazione di Università ed enti di ricerca italiani alle varie Annex alle quali spesso partecipa direttamente.

Nel corso del 2009 si intende partecipare ai lavori delle seguenti Annexes:

Annex 44 Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings (PoliTo)

L'annex si occupa di analizzare le prestazioni dei componenti integrati nella struttura dell'edificio (sistemi di facciata, sistemi di copertura, sistemi interrati e accumuli termici) in grado di assistere l'edificio nel mantenere condizioni ottimali di comfort e di efficienza energetica. L'Annex completa i lavori nel 2009 con la redazione di una rassegna di componenti e linee guida per la progettazione.

Annex 45 Energy efficient Future Electric Lighting for Buildings (ENEA, La Sapienza – Fisica Tecnica)

L'Annex si occupa di studiare sistemi innovativi per l'illuminazione degli edifici. È stato richiesto un prolungamento: i lavori si concluderanno nel 2010.

Annex 46 Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings – EnERGo (PoliMi – BEST)

L'Annex si occupa di sviluppare uno strumento informatico per la verifica tecnico – economica delle varie ipotesi progettuali in caso di retrofit di edifici di proprietà pubblica. L'Annex arriva a compimento nella seconda metà del 2010.

Annex 48 Heat Pumping and Reversible Air Conditioning (Polito)

L'Annex intende indagare i motivi di una scarsa diffusione dei sistemi a pompa di calore, se non per l'impiego per condizionamento, normalmente nei paesi caldi. Lo scopo dell'Annex è promuovere le migliori tecniche di impiego delle pompe di calore, specialmente negli edifici commerciali. In particolare l'intento è studiare l'integrazione di questi sistemi con l'impianto di condizionamento nel suo complesso.

Annex 49 Low Exergy sustainable buildings (PoliMi - BEST, UniPD, IUAV)

L'attività è dedicata al tema dell'efficienza exergetica per i sistemi di riscaldamento e condizionamento per l'ambiente costruito. Scopo dell'annex 49 è pertanto trovare delle strategie di uso dell'energia a bassa exergeria.

Annex 52 Net Zero Energy Buildings (ENEA, UniPA)

Scopo dell'Annex è lo sviluppo di concepts per la progettazione e la realizzazione di edifici a zero emissioni. L'annex è in fase preparatoria e di definizione degli obiettivi: si prevede il termine nel 2013.

Annex 53 Benchmark (Polito, LaSapienza, Polimi).

Scopo dell'Annex è lo sviluppo di metodologie e strumenti per la misura e l'analisi dei consumi energetici degli edifici.

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

Rapporti sullo stato di avanzamento delle attività svolte nel periodo di riferimento e consegna dei deliverables finali dell'Annex 44.

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

I consumi totali negli usi finali del settore civile crescono mediamente del 2% annuo a causa principalmente della crescente domanda di climatizzazione estiva, che è diventata notevole negli ultimi anni e che incide pesantemente sui consumi elettrici.

Le attività di questo progetto costituiscono la base per la realizzazione di strumenti progettuali per la verifica dei consumi per il condizionamento estivo di edifici complessi. Le attività forniscono inoltre informazioni relativamente alla applicabilità di tecnologie innovative che possono contribuire significativamente al contenimento dei consumi energetici per il condizionamento estivo. Tali strumenti dedicati ai progettisti, alla pubblica amministrazione e agli enti locali potranno essere validamente applicati sia al parco edilizio esistente che agli edifici nuovi, consentendo in tal modo una razionalizzazione dei consumi energetici.

Tema di ricerca 5.4.1.1/2. "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"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Aggiornamento parametri climatici nazionali e zonizzazione del clima nazionale ai fini della certificazione estiva	31.03.2010	1.750	105	0	10	70	0	185
B	Modelli (Programmi, Tool, software) di calcolo	31.03.2010	1.500	90	20	5	60	40	215
C	Edifici tipo, Indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, Applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani	31.03.2010	2.000	120	10	10	150	95	385
D	Caratterizzazione dei componenti di involucro per il controllo solare e l'illuminazione naturale degli edifici	31.03.2010	1.000	60	50	5	100	30	245
E	Partecipazione all'Implementing Agreement Energy Conservation in Building and Community Systems della IEA	31.03.2010	1.000	60	0	10	0	100	170
Totale			7.250	435	80	40	380	265	1.200

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	USI FINALI
Gruppo tematico:	PROGETTI DI SVILUPPO E DIMOSTRAZIONE
Tema di ricerca	5.4.4.7/5.4.4.8 STUDIO E DIMOSTRAZIONE DI FORME DI FINANZA INNOVATIVA E DI STRUMENTI DI PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE PER LA PROMOZIONE DI TECNOLOGIE EFFICIENTI PER LA RAZIONALIZZAZIONE DEI CONSUMI ELETTRICI A SCALA TERRITORIALE E URBANA

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana.

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Obiettivo di questo progetto è l'analisi di strumenti di promozione e diffusione di tecnologie efficienti per la riduzione dei consumi elettrici. Tale azione si articolerà attraverso tre linee di attività: la prima intende fornire al legislatore elementi di valutazione oggettivi in sede di definizione delle norme e delle specifiche tecniche che implementino le direttive europee in tema di usi finali dell'energia (direttiva 2005/32/EC sui requisiti di ecodesign dei prodotti che utilizzano energia e 92/75/CEE sull'etichettatura energetica degli elettrodomestici); la seconda mira alla realizzazione di una rete laboratori di riferimento per l'autenticazione di procedimenti di ecodesign ed etichettatura energetica; la terza, caratterizzata da un aspetto più applicativo, è orientata alla definizione di realizzazioni dimostrative, su due specifiche tipologie di distretto energetico altamente replicabile a livello nazionale e allo studio di strumenti che incentivano una loro ampia presenza nel mercato delle tecnologie.

L'obiettivo, dunque, consiste nella creazione di una pratica esemplare in cui le tecnologie innovative e le forme finanziarie trovino applicazione attraverso azioni in partnership con le aziende dal lato dell'offerta (aziende produttori di componenti e tecnologie) e con gli utenti delle applicazioni stesse (enti pubblici, aziende, cittadini), anche attraverso la costituzione di modelli di partenariato pubblico-privato, come le ESCo.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Nell'attuale situazione politica ed economica, è sempre più diffusa nella Pubblica Amministrazione la convinzione della necessità di affiancare i tradizionali strumenti di sostegno all'attività economica, quali il credito agevolato od i contributi a fondo perduto. Questa situazione si presenta anche in settori strategici quale quello energetico dove il perseguimento degli obiettivi nazionali e locali di contenimento dei consumi e la riduzione delle emissioni inquinanti implica la predisposizione di strumenti finanziari e di attori pubblico-privati che, senza gravare sui bilanci pubblici, migliorino le condizioni di finanziamento dei relativi progetti e fungano come azione trainante ed esemplare per lo sviluppo delle ESCo.

Lo stato attuale è molto incerto in primo luogo a causa di un periodo di forte transizione e fluttuazione del mercato dei certificati bianchi. In particolare, a fronte delle nuove normative europee (la ben nota formula del 20-20-20 del Piano d'azione sulla efficienza energetica) si sta verificando una notevole crescita delle aspettative degli attori che operano nel mercato dell'efficienza energetica. Ma la crescita delle aspettative si scontra con il prezzo dei certificati bianchi il cui valore di mercato è rapidamente calato dagli iniziali 100 euro fino a valori tra i 30 ed i

60 euro. In questa situazione è molto difficile avere un quadro stabile dei piani di investimento ed il mercato reagisce con una eccessiva prudenza e staticità.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Sul fronte della offerta tecnologica su cui avviare i programmi di intervento c'è ancora molta incertezza dovuta al fatto che benché siano relativamente chiari i costi degli interventi di "efficientamento" di edifici, reti energetiche, cicli produttivi, non sono altrettanto chiari e quantificabili i benefici ottenibili con le tecnologie attualmente disponibili. Questa problematica incide sia sulla scelta degli interventi delle ESCo, che sulle limitazioni che gli istituti di credito impongono al finanziamento di tali opere. La mancanza di strumenti accurati di predizione e qualificazione delle tecnologie fa sì che le scelte di intervento siano molto conservative focalizzandosi su interventi a ritorno economico molto breve e tecnologie già ampiamente consolidate riducendo così il margine di potenziale guadagno sulla efficienza energetica e l'impatto socio-economico sul territorio.

In particolare gli interventi si orientano sulla sostituzione di singole componenti tecnologiche dove è facile una valutazione del risultato economico ma non sugli interventi di "sistema" dove il volume di efficientamento sarebbe molto più elevato. Questo aspetto è dovuto in particolare alla mancanza di diffusione di tecnologie di sistema affidabili e sicure. In particolare mancano:

- a) strumenti di progettazione ottimale assistita al computer con modellistica di simulazione dinamica ed ottimizzazione degli interventi complessivi che possano dare risposte accurate sui risparmi energetici ottenibili e sui tempi di ritorno degli investimenti;
- b) sistemi evoluti per la gestione ottimale di reti energetiche locali di una certa complessità che possano permettere l'ottimizzazione in linea della gestione al variare delle condizioni climatiche, tariffarie, legislative e prestazionali e quindi superare i limiti attuali dove la gestione è generalmente affidata all'operatore o a sistemi di controllo di basso livello che non permettono lo sfruttamento pieno dei potenziali di efficientamento.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

In questo contesto è fortemente sentita l'esigenza di creare buone pratiche in modo da qualificare direttamente sul mercato soluzioni ed architetture energetiche promettenti, per esempio attraverso un modello di partenariato pubblico-privato che possa mettere in campo tecnologie più innovative, dove il rischio potrebbe essere più elevato, ma con margini di "efficientamento" più elevati e maggiore impatto sociale. A questo vanno associate azioni di analisi e valutazioni per l'abbattimento degli ostacoli e delle barriere quali l'informazione, la formazione e l'accesso ai finanziamenti.

Il progetto si propone di stimolare attraverso azioni dimostrative ed esemplari, una prassi finanziaria, imprenditoriale, tecnologica e metodologica attraverso cui innescare meccanismi virtuosi di coinvolgimento del capitale privato in azioni il cui scopo è la diffusione delle tecnologie per la efficienza energetica. La strategia di attuazione consiste nel coinvolgere gruppi di ricerca che rappresentino punte di eccellenza nel settore energetico, aziende produttrici di elevata qualità già operanti sul mercato energetico e società esperte in studi finanziari per creare strumenti dedicati ad affrontare un mercato specifico, che richiede soluzioni di grado di innovazione (e quindi di rischio) superiore al normale ambito progettuale di una ESCo convenzionale. A tali soluzioni, individuate come best practices, verrà data massima diffusione attraverso l'organizzazione di seminari e workshop, ed attraverso la redazione di materiale informativo. Gli strumenti ed obiettivi attraverso cui svolgere tale azione sono:

- La costituzione di una "ESCo sperimentale" pubblico-privato che si caratterizzi per la sua capacità di eccellenza innovativa nelle architetture delle reti energetiche e dalla propensione ad accettare sfide a più alto rischio economico finalizzate a più elevate prestazioni di efficienza e di sostenibilità ambientale. La ESCo avrebbe una natura dimostrativa ed esemplare e pertanto con alta propensione alla diffusione dei risultati ottenuti verso le altre aziende e verso la Pubblica Amministrazione, in modo da innescare meccanismi virtuosi di coinvolgimento del capitale privato ed elevate ricadute sul cittadino.

- La definizione di strumenti di pianificazione e progettazione al fine di promuovere l'efficienza energetica nel contesto italiano con particolare riguardo alla generazione distribuita. L'attività ha una durata complessiva di 3 anni.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

Il progetto si articola in due fasi.

1^a fase di attività- La prima fase consiste in uno studio preparatorio e mira ad una ricognizione degli strumenti finanziari ed innovativi per applicare, promuovere e diffondere il modello della generazione distribuita e l'efficienza energetica anche attraverso la modellazione di una ESCo sperimentale pubblico-privata; essa si articola su tre obiettivi principali di seguito illustrati.

- Ricognizione dell' attuale situazione delle ESCo, dei settori di mercato più interessanti, delle tecnologie disponibili e di quelle da sviluppare, della normativa e della contrattualistica di riferimento, delle strategie per la costituzione di un partenariato pubblico-privato;
- Ricognizione e analisi di strumenti finanziari innovativi da impiegare per la realizzazione di interventi esemplari sul modello di generazione distribuita al fine di raggiungere obiettivi di politica energetica ambientale legata allo sviluppo territoriale.
- Definizione di un modello per l'assetto societario pubblico-privato della ESCo sperimentale attraverso la scelta di strumenti metodologici e finanziari appropriati, l'identificazione del network di aziende ed infine la definizione dell'ambito operativo territoriale (centrale o locale).

2^a fase di attività - Definizione di metodi di valutazione oggettiva per il controllo della conformità del mercato, incluso la creazione di laboratori di prova; studio di strumenti di pianificazione e di finanza innovativi, per applicare, promuovere e diffondere gli interventi per l'uso efficiente dell'energia; sviluppo e realizzazione dei primi esemplari dimostrativi.

Questa fase si articola sui quattro obiettivi principali di seguito illustrati.

- Definire, acquisire e sviluppare le tecnologie ed i prodotti necessari per la realizzazione delle attività. Sviluppo del know how tecnologico necessario alla accurata progettazione di edifici e reti energetiche (ecobuildings, power parks e smart grids) e dei sistemi necessari alla loro gestione ottimale sotto molteplici punti di vista (costi di investimento e di gestione, impatto ambientale, obiettivi produttivi e comfort, efficienza energetica, qualità della fornitura).
- Definizione elementi di valutazione oggettivi in sede di analisi e valutazione delle norme che implementino le direttive europee in tema di usi finali dell'energia (requisiti di ecodesign e etichettatura energetica).
- Le tecnologie, le architetture energetiche e gli assetti contrattuali e finanziari verranno qualificati attraverso una realizzazione esemplare (es: un insediamento nel terziario o nel residenziale). Tale dimostrativo avrà visibilità nazionale per il carattere tecnologicamente innovativo delle soluzioni che verranno adottate ed i risultati verranno ampiamente diffusi nei contesti scientifici e tecnologici e messi a disposizione del network di aziende e Pubblica Amministrazione impegnate in progetti per favorire la diffusione delle tecnologie per l'efficienza energetica.
- Esecuzione di valutazioni preliminari tecnico-economiche e di uno studio di fattibilità per l'implementazione di una *test facility* per reti di distribuzione in presenza di una significativa energia prodotta da fonti non programmabili.. Progettazione e realizzazione della *test facility*, da mettere a disposizione a livello nazionale, per lo svolgimento di campagne sperimentali su componenti e sottosistemi per la generazione distribuita e per lo sviluppo di tecnologie e conoscenze relativamente alle reti di distribuzione *attive*.

RISULTATI DEL PRIMO ANNO

1. Ricognizione del mercato delle ESCo e progetto di una ESCo pubblico-privata

E' 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 varie 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 di contratti, 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.

2. Ricognizione degli strumenti finanziari

L'attività ha prodotto una ricognizione degli strumenti finanziari e dei modelli giuridici utilizzati per l'operatività delle ESCo esistenti e un'illustrazione degli strumenti giuridici ed economico-finanziari utilizzabili in operazioni di partenariato pubblico privato per la produzione di energia e per interventi di risparmio ed efficienza energetica.

Sono stati analizzati alcune forme di statuto e le piattaforme contrattuali per operare sulle utenze pubbliche, al fine di fornire dei modelli da poter applicare in diverse applicazioni di interventi di efficientamento.

3. Ricognizione ed identificazione delle tecnologie innovative e progetto di una applicazione dimostrativa

E' stata prodotta 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 messi in evidenza sinteticamente vantaggi e limiti di applicazione, in modo da ottenere un quadro verosimile e suggerire soluzioni applicabili nel panorama attuale. È stata inoltre svolta una rassegna dei modelli per la simulazione della domanda e della generazione di energia a scala di distretto.

4. Sviluppo di un ambiente integrato per la progettazione degli interventi di efficientamento

E' stato sviluppato uno strumento di modellazione dinamica che consente di stimare la fattibilità tecnico-economica di un intervento per la riqualificazione energetica di un edificio o di un quartiere esistente e vuole essere un supporto determinante nella progettazione di edifici ecosostenibili. La costruzione dei modelli matematici è fatta con un insieme di equazioni differenziali nel dominio del tempo a parametri variabili ed è basata sulla conoscenza della fisica che governa i processi di funzionamento delle sorgenti distribuite (incluse le rinnovabili) delle reti e della dinamica di tutte le variabili che influenzano il comfort termico degli edifici presenti all'interno del distretto. La piattaforma software si compone di vari moduli: interfaccia utente (per inserire i dati di ingresso alla simulazione); data base di materiali per opere civili; pre-processore, che calcola i parametri termici fondamentali dell'edificio, i guadagni interni dovuti al profilo di utilizzo degli ambienti e delle apparecchiature elettriche; 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 ed estiva; modulo ALIFE, sistema di ottimizzazione parametrica basato su algoritmi evolutivi, che permette di scegliere soluzioni progettuali migliori

5. Acquisizione degli strumenti per la realizzazione dimostrativa

E' stata realizzata la progettazione e la valutazione economica ed in parte l'approvvigionamento per la realizzazione di impianto di climatizzazione basato sulla tecnologie

del *solar-cooling*, che sfrutta il calore prodotto con pannelli solari per alimentare delle macchine ad assorbimento ($H_2O - NH_3$) per la produzione di freddo, ed è costituito dai seguenti componenti: collettori solari, pompa di calore ad assorbimento, caldaia di integrazione, fancoils.

I risultati ottenuti nel presente obiettivo, grazie all'attività del primo anno, saranno utilizzati dal nuovo tema di ricerca 5.4.1.3 "Sistemi di climatizzazione estiva ed invernale assistita da fonti rinnovabili" del PAR del secondo anno, il cui contenuto è completamente focalizzato sulle tematiche della climatizzazione tramite tecnologie da fonti rinnovabili.

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL SECONDO ANNO

A. Sviluppo di specifiche per la progettazione ecocompatibile: definizione metodi e acquisizione strumentazione tecnico-scientifica

Scopo del presente obiettivo intermedio è adeguare la normativa nazionale alla legislazione europea e mettere a disposizione del legislatore le informazioni (dati di mercato, specifiche/informazioni tecnologiche e metodologie di valutazione) necessarie alla valutazione della convenienza delle soluzioni impiegabili: requisiti minimi, etichettatura, meccanismi di incentivazione e di tariffe. L'attività si articolerà attraverso tre principali azioni:

- redazione di specifiche tecniche per i nuovi prodotti ed implementazione della legislazione europea (principalmente i Regolamenti attuativi della 2005/32/CE e le direttive applicative della 92/75/CEE), attraverso la negoziazione nelle opportune sedi e con gli altri Stati Membri, inclusi i livelli di consumo (benchmark) e l'effetto del comportamento degli utenti a livello europeo e nazionale, distinti per: tipologia di prodotto, zona climatica (ove pertinente), le condizioni d'impiego, la percentuale di possesso, lo sviluppo tecnologico (ipotizzabile).
- analisi del mercato nazionale e del modo di impiego dei prodotti da parte del consumatore finale per valutare il livello di trasformazione del mercato raggiunto per l'efficienza energetica dovuto all'applicazione della legislazione di cui sopra.
- controllo della conformità del mercato (corretta applicazione della legislazione) e dei prodotti soggetti a legislazione comunitaria attraverso l'adeguamento/creazione dei laboratori per le prove di qualifica stesse e la definizione dei nuovi metodi di misura (standardizzazione) a livello mondiale, europeo e nazionale, per verificare la rispondenza dei modelli sul mercato con la legislazione anche alla luce degli sgravi fiscali (o altra forma di incentivazione economica o azione di green procurement) che a livello paese sono concessi a prodotti particolarmente efficienti.

Risultati/deliverable intermedio – ottobre 2009:

1. Analisi risultati dell'azione di supporto alla Commissione Europea, di concerto con il MSE per la preparazione del Regolamento di attuazione della direttiva ecodesign e della Direttiva di implementazione della direttiva 95/75/CEE sull'etichettatura energetica per gli scaldacqua sulla base dei risultati degli studi preparatori e degli incontri con l'industria nazionale ed europea.
2. Descrizione risultati del supporto alla Commissione Europea, di concerto con il MSE, dei criteri di ecodesign per l'illuminazione domestica, sulla base dei risultati degli studi preparatori e degli incontri con l'industria nazionale ed europea.
3. Elaborazione risultati dell'azione di analisi delle proposte della Commissione Europea relative a Regolamenti di ecodesign e direttive di etichettatura per gli usi finali che verranno presentate al Consultation Forum e al Comitato Regolamentatore; predisposizione della proposta di commenti italiani per il MSE (il contenuto di questo deliverable dipende dalle proposte, al momento non note, che la Commissione Europea sta predisponendo).
4. Analisi statistica dei risultati del Round Robin Test sui frigoriferi domestici per definire dei valori incertezza di misura.

Risultati/deliverable finale – marzo 2010:

1. Analisi delle ulteriori proposte della Commissione Europea relative a Regolamenti di ecodesign e direttive di etichettatura per gli usi finali che verranno presentate al

Consultation Forum e al Comitato Regolamentatore; predisposizione della proposta di commenti italiani per il MSE (il contenuto di questo deliverable dipende dalle proposte, al momento non note, che la Commissione Europea sta predisponendo).

2. Analisi della refrigerazione professionale e dei risultati dei test condotti dal laboratorio italiano IMQ per la validazione di un metodo di misura innovativo in fase di definizione;
3. Studio della fattibilità del supporto all'industria nazionale ed europea della refrigerazione commerciale (facente capo all'Associazione ANIMA) per l'analisi delle proposte di politiche misure di ecodesign ed eventuale etichettatura energetica.
4. Analisi dei risultati dell'azione di analisi delle proposte della Commissione Europea per la revisione delle direttive quadro Ecodesign (2005/32/CE), Servizi Energetici (2006/32/CE), Etichettatura Energetica (92/75/CEE), Edifici (2002/921/EC) e supporto al Gruppo Energia del Consiglio.

Principali collaborazioni : ISIS, CECED, CECED ITALIA, ANIMA

Durata complessiva: Aprile 2009 - Marzo 2010

B. Creazione di una rete di laboratori italiani in grado di effettuare verificare la conformità degli apparecchi ai requisiti di Ecodesign

Scopo del presente obiettivo consiste nel costruire un insieme di protocolli di prova e di criteri minimi per i laboratori che intenderanno eseguire test di verifica della conformità ai Regolamenti di Ecodesign e alle Direttive di Etichettatura Energetica. Sarà avviata una attività di formazione e di comunicazione sui protocolli stessi ai laboratori che rispondono ai requisiti minimi richiesti.

L'attività, inoltre, contribuisce all'implementazione e al controllo dell'etichettatura energetica e dei requisiti di ecodesign per gli apparecchi domestici negli Stati Membri (Rif. Progetto EU ATLETE Appliance Testing for Energy Label Evaluation, IEE-08-728) e mira a dimostrare che la sorveglianza del mercato e i test di conformità possono essere realizzati in modo sistematico ed efficace senza eccessivi costi, quale momento fondamentale della trasformazione del mercato verso l'eco-efficienza e a supporto dei consumatori, dei produttori e dell'ambiente.

Questa procedura comprende due fasi principali: definizione di protocolli di selezione e di criteri minimi per la scelta dei laboratori di prova; definizione dei criteri di campionatura per la selezione dei modelli di apparecchi da sottoporre a test.

Risultati/deliverables intermedio – ottobre 2009:

Adattare la strumentazione, i protocolli di prova, il personale e le procedure attualmente seguite nel laboratorio dell'ENEA di Ispra per gli apparecchi del freddo per uso domestico ai requisiti che saranno considerati essenziali a livello europeo affinché un laboratorio sia ritenuto in grado di eseguire test di verifica della conformità ai Regolamenti di Ecodesign e alle Direttive di Etichettatura Energetica.

Risultati/deliverables finale – marzo 2010:

Ampliare la gamma di prodotti che potranno essere testati presso il laboratorio di Ispra. Supportare la creazione di altri laboratori di prova - all'interno e all'esterno di ENEA - per la qualifica degli usi finali

Principali collaborazioni : ISIS, CECED, CECED ITALIA, ANIMA

Durata: Aprile 2009 – Marzo 2010.

C. Studi e progettazione di interventi dimostrativi per l'applicazione del modello di energia distribuita

Studio di fattibilità per la realizzazione di una "soluzione tecnologica energeticamente efficiente" applicabile a scala territoriale e urbana. Progetto preliminare e simulazione dinamica per la definizione di alcuni indicatori quali consumi, costi di investimento e gestione/manutenzione, costi del combustibile, per determinare il corrispondente incremento di efficienza energetica, i tempi di ammortamento, oltreché strumenti di finanziari più idonei per la realizzazione. Analisi e validazione, tramite codici di simulazione (ODESSE, TRNSYS), di metodologie connesse alla contabilizzazione dei risparmi energetici con specifico riferimento alla tecnologia oggetto del dimostrativo (azione di supporto tecnico alla definizione di procedure semplificate per la compilazione di schede standard).

Studio di fattibilità per un'applicazione di un esemplare di rete elettrica di distribuzione caratterizzata da una significativa percentuale di energia prodotta da fonte non programmabile, da impiegare in un prossimo futuro come *test facility* per la sperimentazione di prodotti specifici per l'energia distribuita e, eventualmente, anche come laboratorio per la prequalificazione di componenti e sottosistemi per strutture di rete non solo passive.

Risultati/deliverables intermedio – ottobre 2009:

Raccolta e analisi: dati topologici dell'area interessata, dati relativi agli edifici (dati strutturali, metrici, ecc.), dati impianti esistenti dati consumi elettrici e termici valutazione contratti di servizi (gestione/manutenzione) fornitura combustibili liquidi, energia elettrica; installazione multimetri per la rilevazione profili di consumo analisi.

Acquisizione della documentazione tecnica disponibile circa la rete presa in considerazione ed eventuale aggiornamento e/o elaborazione di quella necessaria (schemi unifilari, dislocazione dei punti di rilevamento delle grandezze, disposizione delle protezioni, flussi di energia, profili tipici di carico, punte massime della potenza, carico di base, disponibilità, affidabilità, qualità del servizio...).

Risultati/deliverables finale – marzo 2010:

Definizione specifiche di progetto ed test-analisi attraverso metodi di simulazione dinamica.

Realizzazione e validazione del progetto in ambiente di simulazione realistico, quindi attraverso la descrizione dettagliata degli edifici dal punto di vista architettonico ed impiantistico (composizione delle pareti, implementazione delle finestrate, implementazione apparati di climatizzazione esistenti, impianti ecc.).

Progettazione preliminare del dimostratore (scelta conclusiva dell'architettura di rete) ed simulazione dinamica per la definizione dei principali parametri elettrici e di funzionamento (flussi dell'energia, stabilità del sistema, condizioni di black-out e di ripristino della rete) e, più in generale, per la validazione del progetto.

Risultati delle analisi connesse alla realizzazione della campagna di simulazione dinamica di entrambe gli interventi, loro analisi economica ed ipotesi dei relativi piano di finanziamento.

Principali collaborazioni : Dip. CITERA (UNIROMA1), Dip. DIEET (Univ. di Palermo)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010.

D. Sviluppo e diffusione di modelli per la simulazione dinamica dei distretti energetici ad alta efficienza

Sviluppo di modelli di simulazione per la definizione di strategie finalizzate alla riduzione e alla ottimizzazione quantitativa e qualitativa della domanda di energia dei distretti. Tali modelli sono necessari per lo studio dell'interazione dinamica tra domanda e generazione di energia, termica ed elettrica, nelle reali condizioni di funzionamento e l'ottimizzazione della scelta delle tecnologie adottate e della gestione della domanda/generazione energetica e consentono una più accurata valutazione degli incrementi di efficientamento e di conseguenza una più robusta valutazione dei tempi di ammortamento. Validazione e qualificazione dei modelli delle tecnologie inserite nell'ambiente integrato di progettazione di cui al punto 4 del paragrafo "Risultati del primo anno".

Verrà svolta un'attività di trasferimento tecnologico verso il network delle ESCo, i principali produttori di componenti per edifici ed impianti energetici, delle principali metodologie per la valutazione di interventi di riqualificazione energetica.

Risultati/deliverables intermedio – ottobre 2009:

Sviluppo preliminare di modelli di simulazione per la identificazione dell'interazione dinamica fra domanda e generazione di energia e di gestione dei flussi di energia/informazione (tipo di impianto, tariffa in base alle fasce orarie, ecc.) anche allo scopo di verificare gli effetti della diffusione di determinate tecnologie.

Risultati/deliverables finale – marzo 2010:

Validazione e qualificazione dei modelli sviluppati, attraverso l'implementazione in ambiente di simulazione realistico di alcuni test-case e l'impiego di dati di consumo reali.

Trasferimento tecnologico di tali modelli e delle implementazioni software sviluppate al network delle ESCo e degli operatori del settore.

Principali collaborazioni : Dip. BEST (POLIMI), Dip. Fisica Tecnica (UNIROMA1), Dip. DIA (UNIROMA3).

Durata: aprile 2009 – marzo 2010.

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

Il miglioramento dell'efficienza energetica ed una attenta gestione della domanda si pongono come misure di fondamentale importanza per contrastare il trend di crescita dei consumi elettrici e costituiscono, al tempo stesso, un valido strumento per conseguire ulteriori obiettivi di politica energetica ed ambientale.

Per far ciò è necessario promuovere un migliore sfruttamento dell'energia mediante tecnologie che comportino un maggior risparmio conseguente per gli utenti negli usi finali. D'altra parte, l'applicazione delle migliori tecnologie, che spesso implica un sovra costo, richiede infatti un'adeguata analisi costi/benefici; nondimeno, gli utenti finali necessitano non solo di tecnologie, che sono strumenti, ma anche di "servizi" in grado di ottimizzare le loro esigenze energetiche, sposando in tal modo un approccio di efficienza nella gestione che premi il risultato di risparmio energetico conseguito. In tale complesso e contraddittorio contesto è necessario armonizzare attività sviluppate in settori diversi (settore dei componenti, settore delle ICT, settore economico-finanziario e settore normativo) e fornire delle soluzioni integrate, attraverso la definizione di progetti mobilizzatori e dimostratori.

In tal senso la realizzazione del dimostrativo di una "soluzione tecnologica" (ed es. impianto di rigenerazione, test facility) permette di ottenere risultati oggettivi in termini di prestazione, dimostrazione della fattibilità tecnica-funzionale delle soluzioni impiantistiche adottata e costituisce un elemento fondamentale per la loro ampia diffusione.

In conclusione, i risultati attesi dal presente tema di ricerca mirano da una parte: alla definizione di modelli dinamici volti all'implementazione di soluzioni integrate più efficienti nei distretti energetici, ancora poco validate e all'analisi di progetti dimostratori che qualifichino tecnologie emergenti. Dall'altra puntano alla creazione di strumenti tecnici allo scopo di incrementare l'efficienza nei consumi, come: una puntuale attività prenormativa (dati di mercato, informazioni tecnologiche e definizione metodologie di valutazione) indispensabile al legislatore per la valutazione della convenienza delle soluzioni impiegabili (requisiti minimi, etichettatura, meccanismi di incentivazione e di tariffe) e il trasferimento tecnologico verso i principali attori del settore per far decollare il mercato dell'efficienza, fattore estremamente critico nell'attuale contesto economico nazionale.

Tema di ricerca 5.4.4.7/8 "Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Sviluppo di specifiche per la progettazione ecocompatibile: definizione metodi e acquisizione strumentazione tecnico-scientifica	31.03.2010	950	57	90	40	20	0	207
B	Creazione di una rete di laboratori italiani in grado di effettuare verificare la conformità degli apparecchi ai requisiti di Ecodesign	31.03.2010	300	18	80	5	0	0	103
C	Studi e progettazione di interventi dimostrativi per l'applicazione del modello di energia distribuita	31.03.2010	1.300	78	80	15	30	110	313
D	Sviluppo e diffusione di modelli per la simulazione dinamica dei distretti energetici ad alta efficienza	31.03.2010	1.200	72	0	5	0	100	177
Totale			3.750	225	250	65	50	210	800

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	USI FINALI
Gruppo tematico:	PROGETTI DI SVILUPPO E DIMOSTRAZIONE
Tema di ricerca	5.4.3.1 PROMOZIONE DELLE TECNOLOGIE ELETTRICHE INNOVATIVE NEGLI USI FINALI

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Elettrotecnologie innovative per i settori produttivi: applicazioni su scala reale

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il prodotto del programma di attività è rappresentato dalla realizzazione e dal successivo monitoraggio di applicazioni sperimentali pilota su scala reale di tecnologie elettriche innovative ad elevata efficienza, che hanno raggiunto un grado di sviluppo completo o prototipale.

Il programma prevede una fase iniziale di attività preparatorie finalizzate all'identificazione dei settori produttivi più orientati all'applicazione delle tecnologie efficienti dell'elettricità in sostituzione delle tradizionali tecnologie termiche, ed il coinvolgimento, nelle fasi successive, di partner industriali che metteranno a disposizione le loro imprese, presso i cui stabilimenti produttivi verranno realizzate le applicazioni sperimentali pilota.

Il programma triennale di attività si articola nei seguenti punti:

- la ricognizione delle possibili applicazioni delle tecnologie elettriche nelle utenze industriali, con l'acquisizione di quanto già esiste nel mercato e l'individuazione dei settori di maggiore penetrazione delle elettrotecnologie;
- l'analisi delle potenzialità delle tecnologie elettriche efficienti negli usi finali e delle barriere all'ottenimento, in alcuni settori di utenza, realizzando modelli di simulazione;
- la realizzazione di 3-4 applicazioni sperimentali pilota: a valle della scelta delle tecnologie e dei settori di intervento, grazie al coinvolgimento delle associazioni di categoria, si intende contribuire insieme ai partner industriali al conseguimento di interventi pilota come dimostrativo della tecnologia;
- la definizione di linee guida e temi di ricerca: si propone di individuare i temi di ricerca e di sviluppo di maggiore rilevanza, richiesta dal settore industriale in questo settore, sui quali avviare programmi futuri.

I risultati di questa attività potranno servire anche come supporto all'applicazione dei decreti sull'efficienza energetica per l'identificazione di nuove schede di intervento per la riduzione dei consumi finali di energia elettrica e gas naturale.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

A livello nazionale, il settore degli usi finali dell'energia nell'industria presenta, con riferimento all'efficienza energetica, una bipartizione: se da un lato l'efficienza energetica dei processi produttivi può considerarsi in genere buona, specie nei processi energy intensive, esistono dall'altro margini rilevanti di miglioramento dell'efficienza energetica nella gestione integrata delle reti energetiche locali, a livello di stabilimento, di area industriale o di distretto.

Queste reti presentano varie problematiche, molte delle quali hanno aspetti riconducibili all'efficienza energetica, 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.

Parallelamente, esistono diffuse applicazioni di mercato di tecnologie elettriche che presentano un potenziale di miglioramento dell'efficienza, sia a livello di singoli sistemi e componenti efficienti, sia per quanto riguarda gli effetti dell'integrazione dei componenti/sistemi efficienti in una logica di gestione sistemica, da esprimere e da verificare con adatti dimostrativi, in particolare per quanto riguarda le applicazioni di tipo trasversale, ossia non specifiche per un comparto industriale.

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.

Anche i sistemi di accumulo elettrochimico, in particolare le batterie al litio, possono utilmente essere utilizzati nelle reti elettriche nella maniera più estesa possibilmente, selezionando (ma per questo servono ulteriori indagini sperimentali in laboratorio) i materiali, i processi produttivi e le configurazioni più interessanti. Altri sistemi di accumulo sono stati oggetto di indagini similari svolte in precedenti attività del CESI Ricerca ed anche, in attività in fase di avvio, in collaborazione con ENEA, dal CNR.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Negli anni '70 e '80, il settore industriale ha ridotto sensibilmente la propria intensità energetica in seguito all'abbandono delle produzioni più energivore, all'automazione dei processi e alle razionalizzazioni. Tuttavia, già a partire dagli anni '90, si è vista una stabilizzazione ed una successiva inversione di tendenza, caratterizzata dalla tenuta delle produzioni a più elevata intensità energetica e dal ridimensionamento delle produzioni a più bassi consumi specifici.

In alcuni settori, i programmi di razionalizzazione energetica che prevedono interventi di innovazione di processo e di prodotto devono quindi necessariamente essere collegati anche ad interventi di miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali dell'intero ciclo produttivo.

Con riferimento poi ai soli consumi di energia elettrica nel settore industriale, anche le aziende che basano le loro produzioni su tecnologie e processi efficienti hanno buoni margini di intervento; questo succede se si approccia la gestione dei flussi energetici aziendali con una logica di sistema, integrando gli interventi di efficientamento del processo, con interventi sulle tecnologie trasversali, sull'illuminazione, sulla rete locale e, soprattutto, sulla gestione dei carichi, sempre con un occhio all'aspetto economico legato ai contratti in essere tra l'azienda ed i soggetti fornitori.

Nell'intraprendere un programma mirato all'efficienza energetica nel settore industriale, è necessario considerare che il tessuto produttivo nazionale è costituito prevalentemente da piccole e medie aziende, per lo più territorialmente raggruppate in distretti o aree industriali (circa 200 distretti: 124 nel Nord, 60 nel Centro, 16 nel Sud) e che la domanda proveniente dal settore industriale è storicamente molto frammentata.

Le tecnologie oggetto del presente PAR 2007 rientrano nelle categorie già individuate nel precedente piano di realizzazione:

- Le reti energetiche locali che vedono la presenza delle tecnologie di cogenerazione di piccola taglia ($\leq 1 \text{ MW}_{el}$) sono ancora poco diffuse e non sono state progettate per essere attive. Due sono le principali barriere che ne hanno determinato la limitata diffusione, nonostante la presenza di domanda sostenuta e crescente e le favorevoli condizioni al contorno di natura fiscale (es. accise sul gas): la scarsa disponibilità di mercato di prodotti di piccola taglia affidabili ed efficienti e la mancanza di adeguata normativa che ne standardizzasse i criteri di installazione (in particolare per quanto riguarda l'interfacciamento del sistema di generazione con le reti elettrica e termica, la sicurezza, ecc.). Costi aggiuntivi per la predisposizione delle interfacce elettrica e termica, la difficoltà nel reperire idonee competenze nel mercato e la ancor limitata affidabilità complessiva del sistema, hanno fino ad oggi reso poco competitiva la cogenerazione di piccola taglia. Alcune tecnologie innovative che si sono da poco affacciate sul mercato paiono rispettare i requisiti che il mercato richiede, ma necessitano di studi indipendenti che ne valorizzino le

caratteristiche di innovazione, efficienza ed affidabilità, e che identifichino in modo oggettivo i limiti di applicabilità.

- I processi produttivi industriali utilizzano, oltre all'energia elettrica, energia termica prodotta generalmente con combustibili tradizionali. Essendo la rete di distribuzione del gas ormai estesa anche alle aree più disagiate del Paese, si privilegia questo combustibile sia per ragioni di comodità, di costo, ma anche perché più pulito, ai fini ambientali e di processo, perché privo di alcuni composti (es. lo zolfo) altamente reagenti con i materiali trattati nei processi produttivi con cui i gas di combustione vengono spesso a contatto diretto. L'utilizzo del gas naturale spesso non fornisce tuttavia elevati rendimenti energetici, anche a causa della configurazione stessa di alcuni processi produttivi. L'introduzione di tecnologie elettriche in parziale sostituzione delle tecnologie termiche, può consentire, attraverso l'ottimizzazione dei flussi energetici, una riduzione complessiva dei consumi finali di energia.
- L'utilizzo di sistemi di condizionamento della erogazione di energia elettrica tramite l'utilizzo di nuove tecnologie (supercondensatori) può essere molto interessante per quelle produzioni che utilizzano in modo intensivo energia elettrica per il processo produttivo, e che richiedono potenze di picco rilevanti rispetto al valore medio. In queste realtà, l'inserimento di sistemi di accumulo elettrico consente di ridurre l'impegno di potenza richiesto dal distributore, con costi minori e minori perdite legate all'impianto elettrico di stabilimento, o, in alternativa, di aumentare la produzione senza richiedere ampliamenti della fornitura. In particolare, la tecnologia dell'accumulo elettrico tramite supercondensatori ha trovato finora largo impiego nei sistemi UPS (Uninterruptible Power Supply), portando ad una drastica riduzione dei prezzi di vendita degli stessi. Più recenti le applicazioni nel settore trasporti, con l'impiego a bordo di filobus (Milano) e tram (Mannheim). Per quanto riguarda l'applicazione della tecnologia di accumulo elettrico stazionario mediante l'utilizzo di batterie al litio, essa è principalmente rivolta alla prevenzione dei black-out ed in associazione alle fonti rinnovabili. L'applicazione su di un sistema di trasporto a fune non è stata ancora sperimentata nel nostro paese, ma è stato realizzato qualcosa di molto simile a Livorno, per la gestione dei carichi elettrici di un impianto industriale. Inoltre le batterie al litio, sviluppatesi negli ultimi anni in campi applicativi prevalentemente diversi dall'accumulo nelle reti elettriche, stanno migliorando in prestazioni e costi e stanno occupando crescenti quote di mercato nell'elettronica di consumo e nelle applicazioni veicolari. L'uso delle batterie al litio nelle reti elettriche richiede uno studio preliminare di valutazione della fattibilità tecnica ed economica alla luce della molteplicità di scelte costruttive oggi disponibili, affiancato ad una preliminare analisi sperimentale dei primi prodotti disponibili sul mercato per poter meglio individuare con ulteriori e più estese attività di ricerca di base, da svolgere successivamente, i materiali, le soluzioni costruttive delle celle e dei moduli e le implicazioni produttive ed applicative in termini di gestione e controllo, nonché di impatto ambientale (con una valutazione del ciclo di vita – Life Cycle Analysis-LCA) dei sistemi individuati. Questi studi preparatori sono finalizzati alla definizione di un programma di intervento di ricerca di base finalizzato alle specifiche applicazioni nelle reti elettriche delle batterie al litio.

Anche il CESI Ricerca ha già effettuato nel passato studi in merito, ma su sistemi di accumulo diversi dalle batterie al litio. In Giappone, come parte del Sunshine Project, sono state studiate applicazioni nelle abitazioni di batterie al litio e recentemente è stata anche proposta una reale applicazione di piccola taglia per un utilizzo domestico di tali batterie per favorire l'uso di impianti fotovoltaici di piccola taglia.

La situazione di ricerca e produttiva sulle batterie avanzate (tra cui quelle al litio) a livello nazionale è piuttosto contrastata. A fronte di un livello mediamente alto di eccellenza della ricerca scientifica (varie Università italiane e l'ENEA), l'industria delle batterie è praticamente assente con alcune eccezioni che riguardano lo sviluppo di macchine per la produzione e l'assemblaggio delle celle. Mentre, dal lato della domanda di batterie al litio, c'è una discreta attività da parte di aziende produttrici di auto e motoveicoli a trazione

elettrica ed ibrida, e da parte del sistema universitario e dell'ENEA ci sono alcuni studi di sistema ed alcune realizzazioni dimostrative.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

L'obiettivo finale dell'attività, a valle del conseguimento degli obiettivi intermedi secondo le modalità indicate nei paragrafi successivi, è la definizione di Linee Guida con l'individuazione dei Temi di Ricerca e di Sviluppo di maggiore rilevanza richiesti dal settore industriale in merito all'applicazione delle tecnologie elettriche innovative ed efficienti, su cui avviare i futuri programmi di Ricerca.

L'attività ha una durata complessiva di 3 anni ed i risultati prodotti sono resi di pubblico dominio attraverso un sito web dedicato.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

L'attività a termine, con un orizzonte temporale triennale, si realizza attraverso tre macro fasi, a ciascuna delle quali corrisponde un macro obiettivo:

- La ricognizione delle possibili applicazioni delle tecnologie elettriche ed analisi delle potenzialità di applicazione negli usi finali. Tale fase include:
 - la ricognizione delle tecnologie elettriche utilizzate nelle utenze industriali e delle tecnologie termiche potenzialmente sostituibili con tecnologie elettriche innovative;
 - l'individuazione dei settori di maggiore penetrazione delle elettrotecnologie innovative e l'analisi delle barriere alla penetrazione;
 - lo sviluppo di modelli di simulazione per valutare i potenziali di diffusione;
 - la realizzazione di una banca dati e di un sito web per la fruizione pubblica della banca dati;

- La realizzazione di applicazioni sperimentali pilota su impianti industriali. Tale fase include:
 - l'identificazione di progetti sperimentali pilota (3-4 applicazioni) di miglioramento dell'efficienza, comprese l'analisi di fattibilità dell'intervento e la valutazione dal punto di vista della efficienza energetica e del mercato potenziale;
 - la progettazione degli interventi sperimentali, la definizione e l'acquisizione della sensoristica, dei sistemi di acquisizione/raccolta dati e della componentistica aggiuntiva, l'installazione della sensoristica avanzata;
 - la modellazione degli interventi e la sperimentazione preliminare per la verifica della funzionalità ed adeguatezza della strumentazione installata;
 - la sperimentazione delle applicazioni e la qualificazione nelle condizioni di reale operatività;
 - l'analisi dei risultati, la comparazione e il "tuning" con i modelli sviluppati e la valutazione del raggiungimento degli obiettivi di efficientamento;

- L'elaborazione delle Linee Guida. Tale fase, da svolgere durante il terzo anno di attività, include:
 - l'individuazione dei Temi di Ricerca e di Sviluppo di maggiore rilevanza richiesti dal settore industriale in merito all'applicazione delle tecnologie elettriche innovative ed efficienti, su cui avviare i futuri programmi di Ricerca;
 - l'analisi del mercato potenziale delle tecnologie sviluppate;
 - l'elaborazione delle linee guida per l'applicazione delle tecnologie sviluppate.

RISULTATI DELLE ATTIVITÀ DEL PRIMO ANNO

Con riferimento al Piano triennale, le attività svolte nel primo anno rappresentano, per alcuni aspetti, attività propedeutiche alle attività degli anni successivi. Questo vale per le attività di

ricognizione sulle applicazioni delle elettrotecnologie, sull'analisi delle potenzialità di penetrazione, sull'individuazione e studi preliminari per le applicazioni sperimentali pilota da eseguire presso utenti finali.

Inoltre il primo anno di attività ha visto, tra l'altro, la creazione del sito web su cui implementare una banca dati elettronica che raccoglie, e costantemente aggiorna durante i complessivi tre anni di attività, i risultati via via raggiunti.

Le attività svolte nel PAR 2006 sono le seguenti:

Attività 1: Ricognizione delle tecnologie elettriche utilizzate nelle utenze industriali e delle tecnologie termiche potenzialmente sostituibili con tecnologie elettriche innovative.

Sono stati realizzati:

- un rapporto sulle tecnologie elettriche nelle applicazioni orizzontali, in particolare nel settore industriale e terziario;
- un rapporto sulle tecnologie relative a sistemi di generazione in assetto co-trigenerativo e sistemi integrati con sistemi per la produzione del calore e del freddo nelle applicazioni industriali e del terziario;
- un rapporto sulle altre elettrotecnologie innovative, composto da più elaborati di approfondimento su temi specifici;

Attività 2: Realizzazione di una banca dati settoriale, sviluppo di modelli di simulazione per valutare i potenziali di diffusione e costruzione del sito WEB.

È stato creato un sito web per diffonderne i risultati delle attività, predisposti in adatti formati utilizzabili in data-base elettronici.

Attività 3: la microgenerazione nel settore residenziale

Sono state eseguite le seguenti attività:

- analisi delle principali tecnologie di microgeneratori con motore a combustione interna e con turbina esistenti in commercio e sviluppo di schede tecniche, complete di indicatori prestazionali, energetici ed ambientali di supporto allo sviluppo dei modelli dinamici di simulazione da inserire nella piattaforma ODESSE;
- sviluppo di modelli di simulazione dinamici per impianti di micro-cogenerazione; validazione dei modelli dinamici di cogeneratori con microturbina a gas sviluppati in ambiente Matlab/Simulink; calibrazione del modello dinamico di microgeneratore con motore a combustione interna sviluppato in ambiente TRNSYS.

Attività 4: le pompe di calore nel settore terziario

Le attività si sono sviluppate secondo due direttrici: la prima relativa alle valutazioni sui carichi termici dell'edificio centro ISPRA, la seconda sullo studio del brinamento delle batterie con lo sviluppo di un codice di calcolo per l'ottimizzazione della macchina e l'aggiustamento del programma con i dati sperimentali.

Attività 5: i distretti industriali

È stata eseguita la "Caratterizzazione energetica delle aziende del Macrolotto 1° di Prato" finalizzata all'identificazione di interventi di miglioramento dell'efficienza e razionalizzazione energetica realizzabili presso le aziende del distretto individuato.

Attività 6: le reti di illuminazione industriale

L'obiettivo dell'attività è sviluppare un progetto dimostrativo, in scala reale, per il miglioramento dell'efficienza energetica nel settore industriale, attraverso l'ottimizzazione dal punto di vista energetico dell'illuminazione naturale-artificiale di capannoni di produzione e ai magazzini.

Sono state eseguite analisi e simulazioni numeriche sulle possibili tecniche e sistemi di integrazione di luce naturale e artificiale in edifici industriali.

E' stata effettuata la progettazione illuminotecnica del capannone industriale con il software e le conoscenze già disponibili, utilizzando le tecnologie innovative "fisiche" (cioè sorgenti, apparecchi, dispositivi di controllo, ecc.). Il progetto del capannone è stato messo a disposizione dal partner industriale AleniaAermacchi, che tuttavia non ha potuto realizzare lo stesso nei tempi previsti, non rendendo così possibile la sperimentazione in campo.

Sono state approntate le Linee Guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione: le Linee Guida così concepite permettono la stesura di un progetto esecutivo e quindi la realizzazione di un impianto di illuminazione reale, secondo un criterio avanzato ma, al momento, "statico".

E' stata realizzata la piattaforma per la progettazione illuminotecnica avanzata da inserire nel sito web.

I risultati di questa attività vengono trasferiti nel nuovo Tema di Ricerca 5.4.3.2 "Tecnologie per il risparmio elettrico nell'illuminazione pubblica" del PAR della seconda annualità.

Attività 7: l'accumulo elettrico con batterie (applicazione ad una funivia)

È stato realizzato un impianto sperimentale in scala presso il Centro Enea Casaccia, per studiare l'applicazione di un sistema di accumulo SWVC all'alimentazione dell'azionamento elettrico di una funivia monocabina. È stata eseguita l'analisi dei cicli di lavoro e si è proceduto al dimensionamento tecnico-economico dell'accumulo, con l'analisi comparata di tre tecnologie (supercondensatori, batterie al piombo, batterie litio-polimeri).

Attività 8: l'accumulo elettrico con supercondensatori (applicazione ad un carro ponte)

È stato realizzato un impianto sperimentale in scala, presso il Centro Enea Casaccia, per studiare l'applicazione di un sistema di accumulo con supercondensatori ad un carro ponte. Il Centro Enea Casaccia dispone presso i suoi laboratori di un banco freno in grado di simulare le diverse condizioni di carico in cui si trova a lavorare un azionamento di un carro ponte. È stata eseguita la sperimentazione di una sezione di impianto "Carro ponte" in scala 1:10 per quel che riguarda le potenze in gioco ed in scala 1:2 per quel che riguarda le tensioni di impianto (e quindi in scala 1:5 per quel che riguarda le correnti).

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL SECONDO ANNO

I risultati delle attività svolte nel PAR 2006 rappresentano, per alcuni aspetti, attività propedeutiche alle attività degli anni successivi. A seguito della definizione di nuovi Temi di Ricerca nel PAR 2007, i risultati di alcune attività del primo anno sono stati trasferiti nelle schede di competenza.

Il presente piano annuale (PAR 2007) è stato impostato principalmente lungo due direttrici: lo sviluppo di alcuni temi trattati nel primo anno di attività (sia nella fase di ricognizione delle tecnologie, sia in quella sperimentale) al fine di approfondire aspetti giudicati di particolare interesse, e l'avvio di nuovi studi ed attività sperimentali.

Gli obiettivi previsti per il secondo anno sono:

A Portale dell'efficienza energetica e delle elettrotecnologie innovative negli usi finali

L'obiettivo è la realizzazione preliminare di un portale dell'efficienza energetica che possa maggiormente valorizzare quanto prodotto nel PAR 2006 e già disponibile su sito web dedicato; il portale diventa una risorsa dove tutte le tematiche sulla efficienza energetica possono essere trattate in modo sistemico e correlato, con lo scopo di coagulare gli sforzi di ricerca intorno ad una struttura capace di aggregare i contenuti per arrivare ad essere un riferimento per il sistema nazionale.

L'attività di ricognizione delle tecnologie elettriche utilizzate nelle utenze industriali svolta nel PAR 2006 ha fornito numerosi studi sulle principali tecnologie per l'ottimizzazione dei flussi energetici (elettrici e termici) nei processi produttivi, la riduzione dei consumi e l'aumento della efficienza energetica.

Alcuni temi emersi dalla ricognizione giustificano attività di ricerca supplementari finalizzate ad approfondire aspetti giudicati di interesse nella fase di ricognizione.

Tra essi, è stato identificato l'uso razionale dell'energia nella produzione e gestione dell'aria compressa per alcuni settori industriali, che più di altri destinano una quota dei propri consumi elettrici a questo servizio. Lo studio verrà condotto avvalendosi di dati storici sui consumi e di prove sul campo in aziende campione, analizzando la fattibilità tecnico-economica-ambientale degli interventi proposti (particolare attenzione verrà dedicata all'applicazione degli azionamenti a velocità variabile sui compressori rotativi con potenze superiori ai 30 kW) e considerando anche la potenzialità energetica-economica del recupero termico del calore, sottoprodotto della generazione di aria compressa.

Inoltre ci si propone di investigare la possibilità e le problematiche dell'impiego di sistemi energetici innovativi, quali Stirling, micro-cicli Rankine a vapor d'acqua o a fluido organico (ORC), micromotori a combustione interna o microturbine a gas con IBC, microcogeneratori termofotovoltaici (TPV) nella produzione combinata di energia elettrica e calore, per taglie di potenza elettrica fino a 5 kW. Si valuteranno le potenzialità di tali sistemi nelle applicazioni di cogenerazione e/o trigenerazione per utenze con fabbisogni termici a medio/bassa temperatura e con richieste frigorifere tipiche del condizionamento. Verranno inoltre indagate le problematiche dell'interconnessione del sistema energetico in studio sia con la rete interna dell'utenza, sia con la rete nazionale o con sistemi di accumulo elettrochimico per l'installazione ad isola.

Infine, verranno avviate esperienze sul miglioramento della rete elettrica per aumentarne la flessibilità e la capacità di accogliere i contributi sia di tipo attivo, sia di tipo passivo degli utenti; occorre affrontare prima i problemi di media tensione e successivamente quelli della bassa tensione, non solo dal punto di vista della generazione distribuita, ma anche per gli aspetti di progettazione e gestione delle apparecchiature dell'utenza.

In particolare, con il coinvolgimento della Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE), sarà avviato uno studio sulla garanzia della fornitura e qualità del servizio elettrico nei centri di calcolo. I centri di calcolo sono caratterizzati dal funzionamento continuo (24 ore su 24, 7 giorni su 7); necessitano quindi di particolari sistemi per garantire la costanza della fornitura elettrica sia alle apparecchiature informatiche che agli impianti di condizionamento delle macchine stesse. Questa garanzia si effettua attraverso le unità di continuità o UPS (Uninterruptible Power Supply) e generatori di emergenza. Tradizionalmente è stata dedicata poca attenzione all'ottimizzazione energetica dell'intero sistema che può essere migliorata attraverso l'utilizzo di sistemi di cogenerazione ed attraverso la separazione del condizionamento degli edifici dal condizionamento dei componenti elettronici, che può avvenire attraverso un collegamento diretto all'interno delle apparecchiature informatiche, sfruttando il free-cooling. Verranno monitorate alcune realizzazioni in corso in programmi già avviati da parte di imprese associate alla FIRE, evidenziando sia la riduzione dei consumi sia la qualità del servizio elettrico realizzato. Saranno prodotte delle linee guida per la progettazione energeticamente ottimizzata dei sistemi di supporto per i centri di calcolo.

Risultati intermedi (Settembre 2009):

- progetto del portale;
- studio sulla garanzia della fornitura e qualità del servizio elettrico nei centri di calcolo.

Risultati finali

- realizzazione preliminare del portale;
- ampliamento dei contenuti del sito sulle elettrotecnologie;
- analisi delle opportunità di ottimizzazione dei consumi nella produzione e gestione dell'aria compressa nei settori industriali più sensibili;
- rapporto sull'integrazione di sistemi cogenerativi innovativi di piccolissima taglia nelle reti di distribuzione dell'energia elettrica, termica e frigorifera.

Principali collaborazioni previste: Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia – FIRE, Comitato Termotecnica Italiano (CTI), Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni Meccaniche, Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia (DIEM) dell'Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università degli Studi di Roma la "Sapienza".

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

B. Sviluppo di metodologie per la valutazione semplificata dei risparmi energetici in applicazioni tecnologiche innovative/efficienti nell'ambito del meccanismo dei titoli di efficienza energetica

L'obiettivo è lo sviluppo, in collaborazione con la Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE), il Comitato Termotecnica Italiano (CTI) ed alcuni istituti universitari, di metodologie per la definizione di indicatori di prestazione energetica in applicazioni tecnologiche nei settori industriali e terziario a supporto all'applicazione dei decreti sull'efficienza energetica (certificati bianchi), anche sulla base di un confronto con le più significative esperienze internazionali disponibili (principalmente francesi).

Il possibile coinvolgimento degli istituti universitari avverrà sulla base delle competenze specifiche che emergeranno necessarie nella fase iniziale di analisi dello stato dell'arte.

Risultati intermedi (Settembre 2009):

- analisi dello stato dell'arte, compreso un confronto con le esperienze internazionali disponibili;
- individuazione delle problematiche e definizione delle possibili soluzioni legislative e/o regolatorie e procedurali;
- individuazione di tecnologie, settori ed indicatori relativamente ad interventi non compresi nelle schede di valutazione semplificate dell'AEEG.

Risultati finali

- sviluppo di metodologie per la definizione di baseline di prestazione energetica finalizzate alla predisposizione di schede di valutazione semplificata dei risparmi nell'ambito del meccanismo dei titoli di efficienza energetica, relative ad applicazioni di tecnologie innovative/efficienti in settori industriali e terziario (3-5 tecnologie, ad esempio sistemi di accumulo nei data center, sistemi innovativi di cogenerazione di piccola taglia, ecc.).

Principali collaborazioni previste: Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia – FIRE, Comitato Termotecnica Italiano (CTI), Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università degli Studi di Roma la "Sapienza".

Se necessario, saranno avviate anche su questo obiettivo collaborazioni con: Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni Meccaniche, Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia (DIEM) dell'Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Ferrara, altri.

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

C. Monitoraggio ed analisi prestazionale di un impianto di micro-cogenerazione; sviluppo di un modello di cogeneratore con motore a combustione interna

A partire dai risultati ottenuti durante il primo anno sul tema delle reti energetiche interattive ad alta integrazione, con inserite unità di micro-cogenerazione ($\leq 1 \text{ MW}_{el}$) e l'utilizzo di tecnologie avanzate per il controllo delle reti termica ed elettrica, si procede con attività sperimentali volte al monitoraggio di un impianto cogenerativo, previa installazione di apposita strumentazione di acquisizione dati (sensorizzazione); per questo si rende necessario individuare una utenza finale presso cui eseguire l'attività di monitoraggio.

Parallelamente si eseguirà lo sviluppo di un modello dettagliato di microgenerazione con motore a combustione interna.

Risultati intermedi (30 settembre 2009):

- sviluppo degli algoritmi matematici descrittivi il funzionamento del motore a combustione interna in assetto cogenerativo (anche a regime parziale) per la successiva implementazione in ambiente Simulink.

Risultati finali:

- rapporto sull'attività di monitoraggio ed analisi prestazionale dell'impianto di microcogenerazione a servizio di edifici residenziali di edilizia pubblica;
- implementazione in Simulink del modello di cogeneratore con motore a combustione interna.

Principali collaborazioni previste: Dipartimento di Energetica (DENER) del Politecnico di Torino

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

D. Installazione sperimentale pilota per l'applicazione di supercondensatori a sistemi di movimentazione (carroponte) ed approfondimento teorico-sperimentale dell'utilizzo dell'accumulo in altri settori di applicazione

Con riferimento al tema relativo alle applicazioni di convertitori statici a semiconduttori per l'accumulo energetico e per il condizionamento della erogazione di energia elettrica (dalla rete) in presenza di carichi discontinui ed impulsivi nel corso del primo anno di attività sono state avviate due linee di attività, rispettivamente sull'accumulo con batterie e con supercondensatori.

Sulla scorta delle esperienze maturate sull'accumulo con supercondensatori (definizione delle strategie di controllo, loro influenza sul dimensionamento del sistema, valutazioni tecnico-economiche, progettazione ed esecuzione di una sezione di impianto "Carro ponte" in scala dell'attività sperimentale presso il centro Enea Casaccia) si intendono verificare i risultati ottenuti in laboratorio con il coinvolgimento degli utenti finali dei settori industriale e del terziario presso cui è previsto la sperimentazione sul campo, in condizioni di esercizio reale.

Inoltre si eseguirà un approfondimento teorico-sperimentale dei temi trattati nel PAR 2006, al fine di ampliare ad altri settori l'applicazione dell'accumulo elettrico (ad esempio a quello sanitario) e di migliorare, attraverso un ripensamento progettuale, la parte di conversione per ridurre i costi; la parte sperimentale di queste attività verrà sviluppata presso il laboratorio ENEA della Casaccia.

In particolare, si intende focalizzare l'attività sulla messa a punto e sulla validazione di modelli di sistemi di accumulo a supercondensatori in applicazioni idonee a conseguire il peak shaving in utenze caratterizzate da assorbimenti impulsivi di potenza intervallati da periodi a basso prelievo o in applicazioni di Power Quality.

Infine si intende sviluppare un convertitore dedicato per la riconversione di impianti esistenti, per ridurre il costo, la complessità e l'ingombro, aumentandone invece l'affidabilità dell'interfaccia di potenza. Tale sistema, dotato di una sua logica di gestione dell'accumulo eventualmente modificabile dall'esterno, potrebbe essere realizzato in modo da non richiedere all'installatore nulla di più che collegarlo alla rete principale, al carico ed ai condensatori, senza la necessità di avere competenze di programmazione o di interfacciamento di sistemi elettronici di potenza.

Risultati intermedi (settembre 2009):

- individuazione utenza finale e progetto preliminare dell'installazione pilota;
- rapporto intermedio di modellazione di sistemi di accumulo a supercondensatori in applicazioni di Peak Shaving e Power Quality;
- progetto di un convertitore dedicato per la riconversione di impianti esistenti.

Risultati finali:

- rapporto sul progetto dell'installazione pilota e sui risultati dell'attività di sperimentazione;
- rapporto sulla messa a punto e validazione di modelli di sistemi di accumulo a supercondensatori;
- rapporto su attività di sviluppo di un convertitore dedicato per la conversione di impianti esistenti.

Principali collaborazioni previste: Dipartimento di Elettrotecnica del Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università di Roma Tre, Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Napoli "Federico II", utenze finali.

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

E. Installazione sperimentale pilota per l'applicazione di batterie a sistemi di trasporto a fune (funivia).

Analogamente a quanto previsto per l'applicazione dei supercondensatori di cui al punto precedente, sulla scorta delle esperienze maturate sull'accumulo con batterie (analisi comparata delle tecnologie di accumulo per l'applicazione ad una funivia, analisi dei cicli di lavoro, dimensionamento tecnico-economico dell'accumulo, ecc.), anche attraverso l'attività sperimentale svolta presso il centro Enea Casaccia (prova vita), si intendono verificare i risultati ottenuti in laboratorio con il coinvolgimento di un utente finale (gestore impianto a fune) presso cui è previsto la sperimentazione sul campo, in condizioni di esercizio reale.

Infatti, trasferire sul campo queste tecnologie pone numerosi problemi, che derivano dalle diverse condizioni al contorno (temperature, umidità, vibrazioni, ecc.) e dalle limitate informazioni disponibili sul comportamento della batteria e sugli effetti di taluni parametri (potenza, profondità di scarica, sovraccarica, temperatura) sulla vita utile, non tutti simulabili in laboratorio.

Risultati intermedi (settembre 2009):

- individuazione utenza finale e progetto preliminare dell'installazione pilota.

Risultati finali:

- rapporto sul progetto dell'installazione pilota e sui risultati dell'attività di sperimentazione.

Principali collaborazioni previste: Dipartimento di Sistemi elettrici e Automazione dell'Università di Pisa, utenze finali.

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

F. Valutazione dell'impatto dell'utilizzo delle batterie al litio nelle applicazioni stazionarie.

Le attività previste nel presente obiettivo sono finalizzate a porre le basi per un progetto nazionale di ampio respiro per lo sviluppo di batterie al litio per applicazioni nelle reti elettriche, con importanti implicazioni anche in altri settori applicativi. Le attività riguarderanno un'indagine completa sulle tipologie di celle al litio e sui materiali in esse utilizzate per definire delle priorità di scelta tenendo conto dei cicli di lavoro rappresentativi delle batterie nelle applicazioni alle reti elettriche più interessanti da un punto di vista energetico e/o economico. Sulla base di tale indagine verrà quindi condotto uno studio di fattibilità scientifico (per individuare le principali necessità di ricerca di base), tecnologico (per definire le potenzialità applicative ed eventuali limitazioni ambientali) ed economico (per stimare costi attesi), assistito da alcune simulazioni con modelli semplificati delle applicazioni. I risultati dello studio di fattibilità e delle simulazioni saranno quindi convalidati mediante una campagna sperimentale al banco di prodotti commerciali o pre-commerciali disponibili sul mercato di produzione straniera.

Risultati intermedi (settembre 2009):

- indagine sui sistemi al litio e relativi materiali utilizzati per la scelta del sistema più adatto alle applicazioni nelle reti elettriche.

Risultati finali:

- rapporto tecnico su cicli rappresentativi, sui modelli di simulazione semplificati e sulle scelte dimensionali del sistema di accumulo per alcune applicazioni più rappresentative;
- rapporto sui risultati sperimentali (al banco) e sulle priorità di sviluppo dei sistemi al litio.

Principali collaborazioni previste: Dipartimento di Sistemi elettrici e Automazione dell'Università di Pisa

Durata: 1 aprile 2009 – 31 marzo 2010

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

La penetrazione dell'elettricità negli usi finali ha avuto, negli ultimi 30 anni, una crescita costante, pur se con incrementi medi diversificati tra settore industriale e settore civile e, in quest'ultimo, ancora differenti tra residenziale e terziario. La leggera riduzione riscontrata a livello di usi finali dal gestore della rete di trasmissione nazionale per l'anno 2007 dipende sostanzialmente dalla definizione adottata, che non evidenzia questo aspetto. È prevedibile che il trend di crescita della penetrazione dell'elettricità continui anche nei prossimi anni portando ad un complessivo aumento dei consumi elettrici ed ingenerando una nuova domanda relativa alle nuove tecnologie efficienti, più sostenibili anche dal punto di vista ambientale.

La crescita della domanda favorirà la diffusione di tecnologie efficienti negli usi finali, con l'introduzione di tecnologie innovative di generazione distribuita (micro-cogenerazione), di componenti e sistemi efficienti nell'uso finale, di sistemi di accumulo e condizionamento dell'energia elettrica. Se a queste tecnologie si unisce una gestione integrata delle reti energetiche locali, a livello di stabilimento, di area industriale o di distretto, si riesce ad intervenire contemporaneamente lato domanda (usi finali) e lato offerta (produzione, ma principalmente nell'ottica dell'autoconsumo) per una migliore gestione dei carichi, sia dal punto di vista tecnico, sia dal punto di vista economico.

Un uso più diffuso di tecnologie innovative ed efficienti e una migliore e razionale gestione dell'energia consentono una complessiva riduzione dei consumi energetici e ad una migliore integrazione dei carichi energetici locali nelle reti energetiche nazionali. Ne conseguono concreti benefici economici, in termini di riduzione dei costi di approvvigionamento energetico, per i

soggetti, tra cui principalmente le aziende che attueranno programmi di efficienza energetica seguendo un approccio di tipo sistemico.

Questo approccio prevede l'utilizzo privilegiato delle tecnologie efficienti anche con l'adozione di procedure di gestione specifiche (procedure interne di approvvigionamento, gestione del magazzino, ecc.) e le massimizza, dal punto di vista tecnico, con una gestione sistemica a livello di rete locale.

Anche una parziale sostituzione del gas con elettrotecnologie innovative, limitatamente a specifiche fasi di processo da individuare e valutare adeguatamente, può fornire vantaggi, in termini di risparmi di energia primaria e in termini economici, nei sistemi ibridi gas-elettrico, con l'elettrico usato in fasce tariffarie a basso costo (a vantaggio dell'elettrico è da considerare anche la riduzione dei tempi di cottura o fusione) e comunque ove il fattore di conversione elettrico/termico sia adeguato (es. kWh_e / kWh_t superiore a 2,3).

Infine, lo studio e lo sviluppo di sistemi di accumulo di energia elettrica si inquadra nel più ampio tema degli apparati e dispositivi per l'evoluzione delle reti di distribuzione, contribuendo a coprire particolari esigenze come quelle legate alla presenza di sistemi di generazione discontinui, come le fonti rinnovabili o la microgenerazione, o gli utilizzi discontinui. Non sempre infatti conviene potenziare la rete di distribuzione, e l'uso di sistemi di accumulo elettrico introduce un grado di libertà in più nella gestione delle isole di produzione o di autoconsumo, contribuendo a renderne la gestione indipendente da quella della rete, anche nei casi in cui esse non siano autosufficienti.

Nel caso specifico dei supercondensatori, caratterizzati da basse perdite, il recupero energetico operato nelle fasi di frenatura (centrifughe, movimentazione carichi) diventa poi essenziale per un rapido recupero dell'investimento.

L'attività prevista dalla presente scheda consente, da un lato la creazione di un ricco data-base di studi sulle migliori tecnologie efficienti, dall'altro l'individuazione di applicazioni sperimentali pilota attraverso il cui monitoraggio, in condizioni di esercizio effettive o simulate, è possibile integrare gli studi preliminari e validare i modelli di simulazione elaborati.

Il coinvolgimento di soggetti industriali consente il monitoraggio di installazioni pilota in campo e favorisce la diffusione dei risultati tra i soggetti beneficiari del Programma.

È infatti obiettivo primario e prioritario del Programma la creazione di un quadro info/formativo sulle tecnologie innovative ed efficienti e sui risultati sperimentali ottenuto utile agli utenti finali del sistema elettrico. Il materiale prodotto nel corso delle attività viene opportunamente veicolato attraverso il web e gli eventi di diffusione dei risultati ottenuti.

È da rimarcare inoltre che lo studio di fattibilità e la preparazione per lo sviluppo di sistemi di accumulo di energia elettrica al litio hanno una duplice valenza: da una parte definire un programma nazionale di ricerca scientifica e di sviluppo tecnologico ed industriale di batterie al litio a supporto di potenziali programmi pubblici ed iniziative industriali, dall'altra informare con dati sperimentali i possibili utilizzatori (aziende elettriche, utenze industriali ed utenze private) sulle potenzialità applicative delle batterie al litio nelle reti elettriche.

Tema di ricerca 5.4.3.1. "Elettrotecnologie innovative per i settori produttivi: applicazioni su scala reale"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Portale dell'efficienza energetica e delle elettrotecnologie innovative negli usi finali	31.03.2010	1.300	78	30	7	90	100	305
B	Sviluppo di metodologie per la valutazione semplificata dei risparmi energetici in applicazioni tecnologiche innovative/efficienti nell'ambito del meccanismo dei titoli di efficienza energetica	31.03.2010	1.300	78	0	8	100	30	216
C	Monitoraggio ed analisi prestazionale di un impianto di micro-cogenerazione; creazione di un modello di cogeneratore con motore a combustione interna	31.03.2010	800	48	30	5	0	30	113
D	Installazione sperimentale pilota per l'applicazione di supercondensatori a sistemi di movimentazione (carroponte) ed approfondimento teorico-sperimentale dell'utilizzo dell'accumulo in altri settori di applicazione	31.03.2010	1.800	108	130	5	0	130	373
E	Installazione sperimentale pilota per l'applicazione di batterie a sistemi di trasporto a fune (funivia)	31.03.2010	600	36	80	5	0	50	171
F	Valutazione dell'impatto dell'utilizzo delle batterie al litio nelle applicazioni stazionarie	31.03.2010	2.370	142	120	30	0	30	322
Totale			8.170	490	390	60	190	370	1.500

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	USI FINALI
Gruppo tematico:	COMPONENTI ED IMPIANTI INNOVATIVI
Tema di ricerca	5.4.3.2 COMPONENTI EFFICIENTI PER IMPIANTI ELETTRICI

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Tecnologie per il risparmio energetico nell'illuminazione pubblica

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Sviluppo di tecnologie di sistema per l'aumento dell'efficienza energetica nel settore dell'illuminazione pubblica, in termini di progettazione assistita, integrazione innovativa, gestione intelligente di un intero distretto (paese, quartieri urbani, strutture del terziario...). Realizzazione di un impianto sperimentale per situazioni complesse e ripetibili. Trasferimento tecnologico e diffusione verso stakeholders del settore.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Il Piano d'Azione per l'Efficienza energetica varato dall'Italia in luglio 2007 stabilisce che uno dei settori primari su cui agire per l'incremento della efficienza energetica è l'illuminazione pubblica (risparmio potenziale al 2016: 1290 Gwh; consumo attuale: 6 Twh su un consumo totale di energia di circa 300 Twh). Inoltre molti studi mostrano come già diverse tecnologie consolidate permettono un ritorno dell'investimento in tempi brevi cosa che garantisce un importante volano applicativo. Tale volano è però frenato dalla mancanza di un approccio di sistema capace di integrare le tecnologie consolidate (lampada ad alta efficienza, regolatori di flusso, semafori a led) con tecnologie innovative (lampade e sistemi led; regolatori di flusso a controllo remoto e continuo; sistemi intelligenti con retroazione basata su sensoristica ambientale di luce, traffico e presenze; tunnel ad illuminazione intelligente; oggetti luminosi di arredo urbano quali panchine e lampade a led di design innovativo). Tale approccio permetterebbe infatti di controllare e regolare in modalità adattiva (cioè erogare energia luminosa in relazione alle reali necessità locali e temporali) interi paesi o quartieri o arterie stradali o distretti terziari (es: centri commerciali, centri di ricerca, centri ospedalieri) abbattendo il consumo di una percentuale che va dal 20 al 50 % in relazione ai singoli casi e con tempi di ritorno degli investimenti molto accessibili.

Oltre a tali tecnologie, perché tale settore possa svilupparsi e centrare gli obiettivi del Piano d'Azione, è necessario sviluppare dei modelli di intervento e casi pilota, team sinergici di aziende produttori, gestori ed istituti finanziari, conoscenze nel contesto della pubblica amministrazione.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

La situazione dell'illuminazione pubblica in Italia è piuttosto complessa e le informazioni sono frammentarie. Se per illuminazione pubblica si intende prevalentemente la illuminazione "stradale", le tecnologie utilizzate oggi maggiormente sono le sorgenti a vapori di mercurio, in progressiva sostituzione con lampade a vapori di sodio alta pressione, apparecchi a rendimento ottico più elevato e alimentazione a maggior efficienza energetica: questo tipo di sostituzioni è tra l'altro riconosciuto come intervento "standardizzato" per l'ottenimento di Certificati Bianchi, così come l'utilizzo di regolatori di flusso luminoso. Nel 2004 si stimava che in Italia i punti luce a mercurio fossero 6 Milioni.

Nell'ultimo periodo si assiste allo sviluppo e al miglioramento di diverse tecnologie che propongono illuminazione "a luce bianca", quali ioduri metallici ad arco ceramico. Parallelamente è in corso una

attività di ricerca e approfondimento sulla visione notturna umana e in particolare sugli aspetti cromatici della stessa.

Contemporaneamente si stanno proponendo molte applicazioni basate su LED in accoppiamento con alimentazione fotovoltaica.

Sul fronte legislativo è importante ricordare le misure di implementazione della direttiva europea 2005/32/EC (detta "Ecodesign") che fissa requisiti di efficienza e funzionalità per i prodotti nuovi immessi sul mercato: sono state già votate dal Comitato Tecnico Europeo le misure sull'illuminazione pubblica (lampade, apparecchi, alimentatori) e sulle lampade non direzionali per il settore domestico. Quando queste misure entreranno in vigore (dopo l'approvazione del Parlamento Europeo), avranno sicuramente delle conseguenze sull'evoluzione del mercato e anche sulla corrispondente ricerca e sviluppo da parte dei produttori.

C'è infine un'ultima considerazione che riguarda il problema del cosiddetto "inquinamento luminoso", affrontato in Italia a livello regionale, in maniera disomogenea. E' in corso una totale revisione a livello mondiale dei concetti di base su tale argomento (nell'ambito del Comitato Internazionale de l'Eclairage), che porta a ripensare i modelli utilizzati per ridurre appunto tale inquinamento e, di riflesso, migliorare l'efficienza energetica delle installazioni, con ricadute sulla scelta di tecnologie e soluzioni applicative relative.

Dal punto di vista progettuale, esistono validi strumenti per la progettazione illuminotecnica, che vanno però potenziati in funzione di una gestione dinamica di sistema che tenga conto di esigenze variabili nel tempo, per poter a priori valutare le potenzialità di risparmio energetico. Una attività analoga è stata iniziata per l'illuminazione industriale nel PAR 2006 (scheda 5.4.3.1) e si ritiene importante proseguirla e ampliarla. Tra l'altro, al fine di evitare sovrapposizioni e massimizzare i risultati, è stato svolto un confronto approfondito con il CESI Ricerca sulle attività che quest'ultimo porta avanti su tematiche affini.

OBIETTIVO FINALE DELL'ATTIVITÀ

L'obiettivo finale è un deciso contributo al contenimento dei consumi energetici, all'aumento dell'efficienza e l'attenzione all'inquinamento luminoso: tutto questo nel rispetto delle esigenze degli utilizzatori finali e delle amministrazioni pubbliche che tali esigenze gestiscono.

Tale obiettivo verrà raggiunto attraverso diversi obiettivi intermedi, mirati ad approfondire i diversi aspetti del sistema, come descritto nel capitolo successivo.

DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ A TERMINE

Le principali attività / obiettivi intermedi sono:

- A. Sviluppo software per progettazione illuminotecnica assistita mirata all'efficienza energetica
- B. Ricerca sperimentale su prodotti innovativi, sviluppo di sistema di controllo intelligente, test di laboratorio su prototipi
- C. Realizzazione sperimentale pilota di illuminazione efficiente in una situazione applicativa complessa, ricerca sperimentale su prodotti innovativi
- D. Trasferimento tecnologico e diffusione verso realtà territoriali ed ESCO
- E. Attività prenormativa e normativa

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL PRIMO ANNO

- A. Sviluppo software per progettazione illuminotecnica assistita mirata all'efficienza energetica**

Si realizzerà una piattaforma per progettazione illuminotecnica assistita, particolarmente mirata all'efficienza energetica. Tale piattaforma sarà usata anche come base per studi di ottimizzazione dinamica e per visualizzazioni in realtà virtuale come aiuto ai progettisti e ai potenziali decisori.

Nel Piano di realizzazione 2006 relativo al tema di ricerca 5.4.3.1 è stata già implementata una piattaforma per la progettazione illuminotecnica mirata all'efficienza energetica, con particolare attenzione all'illuminazione di ambienti interni e specialmente in applicazioni industriali. Si intende

proseguire nello sviluppo software aggiungendo nuove funzionalità alla piattaforma esistente, allargando il campo di applicazione all'illuminazione pubblica.

Proseguirà la fase di diffusione verso la comunità scientifica e i professionisti, anch'essa già iniziata nel Piano di realizzazione precedente.

Deliverables intermedi: Versione preliminare della piattaforma software (ottobre 2009)

Deliverables finali: Rapporti tecnici sulle attività svolte e piattaforma software

Principali collaboratori: Politecnico di Milano Dipartimento Indaco; Università di Milano

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

B. Ricerca sperimentale su prodotti innovativi, sviluppo di sistema di controllo intelligente, test di laboratorio su prototipi

Sarà svolta attività di ricerca sperimentale per migliorare le prestazioni di dispositivi innovativi (apparecchi di illuminazione, sistemi di controllo...).

Saranno identificate le strategie di controllo per il "sistema-illuminazione" di una realtà territoriale complessa (un Comune, un Distretto...) basato su sensori e su regolatori di flusso a controllo remoto, comprendendo anche diagnostica e monitoraggio, per pilotare il sistema in funzione delle ore del giorno, delle stagioni, delle condizioni climatiche, del grado di funzionalità degli impianti.

In particolare, ai fini di un'ottimizzazione del servizio è necessario che i regolatori di flusso siano dotati di dispositivi di telecontrollo; ciò apre uno scenario innovativo nei sistemi di illuminazione pubblica consentendo la gestione e il controllo dell'unità anche a notevole distanza, per verificarne il corretto funzionamento o per modificarne i parametri in base alle varie necessità.

Un intervento che va nella direzione di un'ottimizzazione della manutenzione degli impianti di illuminazione, è quello di dotare ogni regolatore di flusso luminoso di un sistema atto a notificare, in modo asincrono ed immediato, le eventuali condizioni di errore dovute ad un malfunzionamento accidentale, attraverso l'emissione automatica di segnalazioni di guasto (emissione di "trouble ticket") al servizio di supervisione impianti di illuminazione. Ciò consente di ridurre il numero degli interventi di "manutenzione preventiva" degli impianti, attivando le squadre di intervento per la "manutenzione correttiva" in modo mirato e tempestivo, solo in corrispondenza di reali situazioni di guasto. Oltre a ciò, attraverso l'analisi dei dati ricevuti, relativi a tensioni e correnti di lavoro dell'apparecchiatura, è possibile estrarre informazioni qualitative riguardanti la funzionalità delle lampade; un'indicazione puntuale della funzionalità delle lampade potrebbe ottenersi dotando ognuna di esse di un dispositivo sensibile alla loro corrente di alimentazione; la trasmissione dei dati lampada-regolatore può avvenire attraverso la linea di alimentazione durante le ore diurne, o durante il funzionamento delle lampade in momenti opportuni della sinusoide di alimentazione. La trasmissione dei dati tra i vari regolatori e il servizio di supervisione potrebbe ottenersi attraverso rete cablata o Wi-Fi. Tali accorgimenti migliorerebbero il servizio e ridurrebbero ulteriormente le spese di manutenzione.

Saranno eseguiti test di funzionalità e misure secondo normativa su prototipi di dispositivi innovativi (apparecchi di illuminazione, sistemi di controllo...) presso laboratori ENEA (in particolare CORVO, il laboratorio di prova per le verifiche energetico-ambientali di sistemi di illuminazione) o esterni. Questa attività è propedeutica all'utilizzo in applicazioni sperimentali. Oltre alla finalità conoscitiva intrinseca, i risultati dei test permetteranno la modellazione dei prototipi e quindi l'inserimento degli stessi nella fase di progettazione assistita di impianti. I test saranno diversi secondo il tipo di dispositivo: ad esempio per gli apparecchi di illuminazione saranno effettuate caratterizzazioni fotometriche, quali il solido fotometrico, cioè la distribuzione dell'intensità della luce emessa nelle varie direzioni; nel caso di regolatori di flusso luminoso, sarà importante identificare la curva di risposta delle varie sorgenti luminose alle variazioni dell'alimentazione elettrica.

Deliverables intermedi (ottobre 2009):

a) Upgrade del laboratorio CORVO per attività sperimentale specifica su componenti innovativi, inclusa acquisizione di nuova strumentazione

b) Prove sperimentali su componenti con brevetto ENEA, relativi rapporti tecnici

c) Versione preliminare del sistema di controllo intelligente

Deliverables finali: Rapporti tecnici sull'intera attività svolta

Principali collaboratori: INRIM; IMQ; Politecnico di Milano, Università di Roma "La Sapienza"

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

C. Realizzazione pilota di illuminazione efficiente in una situazione applicativa complessa

Sarà realizzato un impianto sperimentale pilota in una situazione applicativa complessa (Comune, distretto terziario, modulo autostradale o altro). Saranno privilegiate realtà rappresentative di diversi tipi di utilizzo: ad esempio zone di transito, grandi aree, percorsi pedonali, oppure utilizzi specifici e molto ripetibili, come un tratto autostradale. In tale realizzazione si utilizzeranno varie tecnologie, comprese alcuni brevetti ENEA, e sarà sperimentato il sistema intelligente di gestione. Saranno presi contatti con l'industria dei produttori per collaborazioni o eventuali sponsorizzazioni. Saranno identificate le tecnologie innovative utilizzabili e il loro campo di applicazione.

Dopo la realizzazione sarà iniziato il monitoraggio dell'impianto in condizioni di reale funzionamento. Saranno eseguite eventualmente anche altre piccole campagne sperimentali su specifici aspetti della realtà "illuminazione pubblica", quali l'inquinamento luminoso e la protezione di siti (ad esempio osservatori astronomici, zone ad elevato valore ambientale).

La fase di progettazione avverrà anche con l'ausilio della piattaforma software in sviluppo.

Deliverables intermedi (settembre 2009):

- a) Studio di fattibilità per l'intervento in una situazione applicativa complessa
- b) Analisi di realtà rappresentative di diversi tipi di utilizzo
- c) versione preliminare di linee guida per realizzazione impianto sperimentale

Deliverables finali: Impianto sperimentale e rapporti tecnici descrittivi dell'attività svolta

Principali collaboratori: Associazioni di categoria, realtà territoriali

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

D. Trasferimento tecnologico e diffusione verso realtà territoriali ed ESCO

Fase di diffusione, coinvolgimento ESCO ecc. sul punto precedente. Saranno costituiti due network: uno di realtà territoriali (ad esempio Comuni) interessati a seguire la realizzazione pilota (quindi a avere informazioni) e uno di ESCO potenzialmente interessate ad effettuare audit energetici del sistema di illuminazione dei paesi del network. Realizzazione di almeno un evento conclusivo verso il network dei comuni ed il network delle ESCO con lo scopo di dare informazione sullo sviluppo del "paese pilota", sullo sviluppo delle tecnologie, sulle modalità (contrattistica) di realizzazione degli interventi.

Deliverables: Sito WEB, realizzazione di eventi divulgativi

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

E. Contributo alle attività prenormativa e normativa

ENEA partecipa ai Comitati UNI su illuminazione (in diversi gruppi di lavoro). In programma nel 2009 c'è uno studio particolare sui regolatori di flusso luminoso che può prevedere anche attività sperimentali. E' in corso anche la revisione della norma sull'illuminazione dei luoghi di lavoro in interni, con l'inserimento di un capitolo dedicato alla verifica (misure) del progetto illuminotecnico.

Verrà consolidata la partecipazione ENEA al gruppo italiano CIE, partecipazione già avviata a livello informale. Si garantirà anche il supporto tecnico per l'Italia nel Comitato Tecnico per la Direttiva 2005/32/EC (Ecodesign) sull'illuminazione.

Deliverables intermedi (ottobre 2009): rapporto sull'evoluzione delle attività normative e legislative nel periodo

Deliverables finali: Rapporti tecnici sull'attività svolta

Durata: 1 aprile 2009 - 31 marzo 2010

BENEFICI PREVISTI PER L'UTENTE DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

Data la forte replicabilità della architettura (in Italia sono moltissimi i piccoli paesi tra 2000 e 20000 abitanti, ad esempio) è possibile una ampia diffusività. Inoltre la innovazione tecnologica si presta particolarmente alle politiche regionali su ambiente ed energia, come supporto alla loro evoluzione.

Il progetto può essere utilizzato come esperimento sul campo per l'applicazione di raccomandazioni, legislazioni e normative in via sviluppo a livello nazionale e internazionale su efficienza energetica, inquinamento luminoso, ecodesign, comfort visivo e sicurezza stradale legate all'illuminazione. Questo aspetto può essere trainante per le decisioni a livello di governance italiano e costituire un esempio / dimostrazione a livello europeo.

Nell'ipotesi della realizzazione di un paese pilota di circa 10000 abitanti, le ricadute energetico-ambientali possono essere di riduzione dei consumi della illuminazione pubblica del 40 %, pari a circa 1000 MWh/a abitanti. Ipotizzando una replicazione su 10 Comuni analoghi, dopo la conclusione dell'attività, si avranno quindi 2700 Tep/a risparmiati, 5400 TCO₂/a evitate.

Tema di ricerca 5.4.3.2. "Tecnologie per il risparmio energetico nell'illuminazione pubblica"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Sviluppo software per progettazione illuminotecnica assistita mirata all'efficienza energetica	31.03.2010	200	12	0	2	25	35	74
B	Ricerca sperimentale su prodotti innovativi, sviluppo di sistemi di controllo intelligente, test di laboratorio su prototipi	31.03.2010	800	48	53	12	40	30	183
C	Realizzazione sperimentale pilota di illuminazione efficiente in una situazione applicativa complessa	31.03.2010	1.200	72	178	16	40	0	306
D	Trasferimento tecnologico e diffusione verso realtà territoriali ed ESCO	31.03.2010	450	27	0	20	60	0	107
E	Attività prenormativa e normativa	31.03.2010	350	21	0	9	0	0	30
Totale			3.000	180	231	59	165	65	700

- (a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari
- (b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili
- (c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti
- (d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca
- (e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

Area:	USI FINALI
Gruppo tematico:	COMPONENTI ED IMPIANTI INNOVATIVI
Tema di ricerca	5.4.1.3 SVILUPPO DI COMPONENTI E IMPIANTI INNOVATIVI PER LA RAZIONALIZZAZIONE DEI CONSUMI ELETTRICI NEGLI EDIFICI CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AL CONDIZIONAMENTO ESTIVO

PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

DENOMINAZIONE ATTIVITÀ

Sistemi di climatizzazione estiva ed invernale assistiti da fonti rinnovabili.

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

La domanda di energia per il condizionamento degli ambienti è aumentata considerevolmente negli ultimi decenni ed il trend è ancora fortemente in crescita. Le tecnologie tradizionalmente utilizzate per il condizionamento estivo (sistemi a compressione con motori elettrici) sono causa di notevoli sovraccarichi della rete elettrica di distribuzione con conseguente rischio di black-out elettrici. In particolare il rischio è di dover aumentare significativamente la potenza installata senza un corrispondente aumento del consumo con il risultato di un costo dell'energia più alto.

Negli ultimi anni diverse attività di ricerca e sviluppo tecnologico si sono focalizzate sullo studio di processi per il condizionamento degli edifici basati su tecnologie innovative che utilizzano l'energia solare (solar cooling). L'impiego dell'energia solare nella stagione estiva per il condizionamento dell'aria costituisce una soluzione tecnica molto interessante dal punto di vista energetico, vista la coincidenza della domanda con la disponibilità di energia solare. Attualmente esistono diverse componenti tecnologiche per la realizzazione di sistemi di raffrescamento solare, tuttavia non esiste ancora una soluzione tecnologica integrata di facile applicazione, con il risultato che gli impianti di questo tipo sono ancora per lo più di tipo sperimentale e come tali molto costosi e poco competitivi. Il progetto ha lo scopo di definire e sviluppare un sistema integrato che sia competitivo e di riferimento per il sistema "Italia" e infine comprendere in quali condizioni climatiche, con quali tecnologie e con quale politica di supporto possa essere avviata una azione che porti ad una diffusione di massa di sistemi di climatizzazione basati sull'energia solare. Va anche osservato che i sistemi di climatizzazione assistiti da solare possono far ricorso alla integrazione di tecnologie diverse, quali le pompe di calore geotermiche e l'impiego in varie forme di sistemi basati su tubi di calore (*heat pipes*). Va infine rilevato che, per migliorare la competitività del sistema, è interessante indagare le potenzialità di impiego invernale di un sistema di solar cooling: il progetto si dedicherà pertanto anche allo studio del comportamento delle pompe di calore elio assistite in periodo invernale.

SITUAZIONE ATTUALE DEL PRODOTTO DELL'ATTIVITÀ

Attualmente in Italia sono stati installati pochi impianti di solar cooling, per lo più utilizzando tecnologie e componenti prodotti all'estero.

L'attività di ricerca sul solar cooling è attiva pressoché in tutti gli atenei ed enti per la ricerca, prevalentemente con studi e simulazioni al computer, sia sui sistemi ad essiccazione che su quelli basati sulle macchine ad assorbimento.

La tecnologia è considerata con grande interesse, ma è penalizzata dai costi di investimento concentrati su pannelli solari a concentrazione; sulle macchine ad assorbimento e sui sistemi di essiccazione, tutti di costruzione estera, salvo pochissime eccezioni, con diffusione troppo limitata per abbatterne i costi.

Alcune ditte italiane sono in grado di realizzare degli impianti dimostrativi con lo scopo di pubblicizzare macchine condizionatrici o tecnologie impiantistiche di loro competenza , in collaborazione con università ed istituti di ricerca.

STATO ATTUALE DELLE TECNOLOGIE

Solar Cooling

Il "Solar Cooling" comprende una famiglia di tecnologie che permettono il raffrescamento degli edifici utilizzando in massima parte l' energia solare.

La tipologia di impianto tipicamente utilizzata è quella basata sull' impiego di pannelli solari accoppiati a *cicli termodinamici chiusi*, quali quelli delle *macchine ad assorbimento*, particolari condizionatori che invece dell' energia meccanica di un motore, impiegano energia termica.

Una caldaia di integrazione è normalmente prevista per garantire il funzionamento dell' impianto in assenza di sole.

Questi impianti si differenziano in base al tipo della macchina ad assorbimento utilizzata:

a) macchine ad Acqua-Bromuro di Litio a singolo effetto.

Queste macchine, di produzione giapponese , americana ed ultimamente cinese, necessitano tipicamente di acqua calda a 95-100 °C per il loro azionamento, producibile mediante pannelli solari a bassa concentrazione. Le prestazioni frigorifere (COP) di queste macchine sono normalmente pari a 0.7 rispetto al calore di alimentazione. Lo smaltimento del calore prodotto dal ciclo termodinamico avviene a temperature di 30-40 °C e pertanto per il loro funzionamento è indispensabile una torre evaporativa, che comporta ingombri e consumi aggiuntivi e potenziali pericoli per colture batteriche. Dal momento che utilizzano acqua come fluido refrigerante non possono essere generalmente impiegate come pompe di calore invernali, salvo rari casi.

b) macchine ad Acqua-Bromuro di Litio a doppio effetto.

Molto simili alle precedenti, di cui sono la versione ad alta efficienza, presentano COP frigoriferi molto elevati, pari a circa 1.1, necessitano di acqua calda o vapore a circa 160 °C, producibili soltanto con più costosi pannelli solari a medio- alta concentrazione.

c) macchine ad Acqua-Ammoniaca

Da poco prese in considerazione per il Solar Cooling, hanno un COP ~ 0.6/0.7 e richiedono temperature di funzionamento di circa 190 °C, ottenibili con gli stessi pannelli solari a concentrazione del caso precedente.

Macchine di nuova concezione, non derivate da quelle alimentate a fiamma diretta, potrebbero richiedere temperature di azionamento minori a vantaggio dell' efficienza dei pannelli solari.

I vantaggi aggiuntivi di queste macchine consistono nel poter funzionare *senza bisogno di torri evaporative*, e soprattutto nella *reversibilità* del funzionamento: la stessa macchina può funzionare anche per il riscaldamento invernale permettendo, in assenza di sole, un risparmio di combustibile pari a circa il 50% rispetto alle caldaie tradizionali ad alta efficienza.

d) desiccant

Si tratta di apparecchi che essiccano l' aria (desiccant cooling), abbassandone quindi la temperatura di rugiada, per mezzo di sostanze igroscopiche (silica gel; cloruro di calcio) che vanno poi rigenerate mediante aria calda prodotta con pannelli solari.

Appositi umidificatori e recuperatori di calore completano questo tipo di *ciclo termodinamico di tipo aperto*, dove cioè il fluido refrigerante (acqua) viene continuamente rinnovato, per ottenere il desiderato grado di benessere nel locale condizionato.

Anche in questo caso l' elevato costo dei componenti del sistema ne pregiudica la competitività attuale sul piano prettamente finanziario.

Heat Pipes

Gli Heat Pipes sono dispositivi ben noti per il trasporto di calore anche su distanze elevate (rispetto alla conduzione su solido), basate sulla evaporazione, circolazione e condensazione di un fluido contenuto in un ambiente chiuso e sigillato, di forma prevalentemente tubolare. Gli hat pipes trova alcune notevoli possibili applicazioni nel campo della climatizzazione degli edifici , in particolare, negli impianti di condizionamento ad aria (deumidificatori): il sistema consente di raffreddare l'aria entrante fino a temperature prossime alla saturazione a spese del riscaldamento finale dell'aria al termine del processo di deumidificazione. In tal modo la potenza frigorifera è utilizzata solamente per la deumidificazione dell'aria con notevoli risparmi energetici.

Macchine con sonde geotermiche.

Queste applicazioni sono abbastanza diffuse in Europa del nord, proprio a causa delle condizioni invernali più rigide che non permettono un impiego soddisfacente di quelle aria-aria.

Il terreno è un cattivo conduttore di calore, per cui sono necessari molti m² di superficie di scambio per prelevare il calore richiesto.

Lo scambio è fatto sia con scambiatori orizzontali, se è disponibile una grande superficie libera nelle vicinanze dell' edificio, oppure verticali, ottenuti trivellando il terreno con numerosi pozzi lunghi 80-160 mt in cui vengono calati tubi in polietilene che scambiano calore, più un riempitivo (filler) che serve a garantire il contatto termico.

La pompa di calore accoppiata agli scambiatori geotermici, può raggiungere un COP di circa 4-4.5 contro il 3 delle macchine ad aria in condizioni ottimali, grazie al fatto che la temperatura del terreno è costante e pari a circa 13-14 °C.

Macchine elioassistite.

Queste applicazioni risalgono agli inizi degli anni '80, l' idea di base nasce dal fatto che con un collettore piano a basso costo non è difficile raggiungere anche di ~25-30 °C in inverno.

Con queste temperature all'evaporatore una pompa di calore a compressione può raggiungere COP anche molto elevati ~5 con un indubbio vantaggio energetico.

Il costo dei pannelli solari è di circa 400 €/kW secondario, e quindi molto più basso delle sonde geotermiche, il loro rendimento a così basse temperature è molto alto (60-65 %) e tale da permettere campi solari di dimensioni più contenute di quelle delle normali applicazioni.

OBIETTIVO FINALE DELL' ATTIVITÀ

Lo scopo principale del progetto è quello di favorire uno sviluppo esteso del ricorso a queste tecnologie avanzate di climatizzazione degli edifici. Tale obiettivo richiede parallelamente: lo sviluppo di componenti innovativi, in grado di fornire adeguate prestazioni a costi contenuti, e lo sviluppo di soluzioni tecnologiche ottimali per ciascuna condizione climatica del territorio nazionale: è infatti assodato che non tutte le tecnologie di Solar Cooling, ma anche di geotermia, possono essere applicate indifferentemente al territorio nazionale. E' quindi opportuno analizzarne le prestazioni in modo analitico, con modelli di ottimizzazione multiparametrica sul tempo di pay-back con riferimento alle tecnologie correnti.

DESCRIZIONE DELL' ATTIVITÀ A TERMINE

L'attività si realizzerà con le seguenti fasi:

- Ricognizione delle tecnologie e dei prodotti disponibili sia dal lato della produzione che dal lato impiego: collettori a media temperatura, piani, evacuati, a concentrazione, con l'impiego di heat pipes, pompe di calore a compressione e ad assorbimento, sistemi desiccant, sistemi geotermici. Tale attività si realizzerà anche attraverso il monitoraggio di

impianti esistenti e su un impianto di Solar Cooling in corso di realizzazione nel centro della Casaccia.

- Realizzazione di laboratori per la qualificazione di
 - Collettori solari a concentrazione
 - Sistemi di pompe di calore elioassistite
- Sviluppo e caratterizzazione di laboratorio di componenti innovativi:
 - Macchina ad assorbimento acqua – ammoniaca dedicata ad impieghi solari
 - Collettore solare ad heat pipes
 - Desiccant compatto
- Definizione, modellazione ed ottimizzazione di architetture impiantistiche per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici, analisi tecnico economica comparata per tecnologia e per zona climatica.
- Linee guida e studi prenormativi per l'incentivazione dell'uso delle tecnologie di climatizzazione assistita da energia solare

ELENCO DEGLI OBIETTIVI PER IL PRIMO ANNO

A. Studi di fattibilità

Realizzazione di studi di fattibilità per la analisi delle prestazioni di diverse soluzioni tecnologiche di Solar Cooling, di impianti Geotermici ed Elioassistiti, di sistemi di trattamento aria con l'impiego di heat pipes, attraverso l'impiego di modelli di ottimizzazione multiparametrica sul tempo di pay-back con riferimento alle tecnologie correnti. Confronto analitico tra le diverse tecnologie applicate ad un edificio di riferimento in diversi climi italiani.

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Rapporto sulla fattibilità tecnico economica di soluzioni tecnologiche innovative per la climatizzazione degli edifici per uffici.

Principali collaborazioni: ISES

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010

B. Ricognizione delle prestazioni di sistemi esistenti ed individuazione dei fattori di criticità

Realizzazione di una serie di campagne di monitoraggio in campo e in laboratori di test. In questa attività è compreso il completamento di un impianto di Solar Cooling in Casaccia, il cui dimensionamento sarà il risultato di uno degli studi di fattibilità mediante ottimizzazione portati avanti nella attività A.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Completamento e monitoraggio estivo dell'Impianto di Solar Cooling nel centro ENEA della Casaccia

Risultato/deliverable finale (Marzo 2010)

- Monitoraggio invernale dell'Impianto di Solar Cooling nel centro ENEA della Casaccia
- Rapporti sui monitoraggi in campo presso impianti esistenti e laboratori test su impianti geotermici e desiccant in varie località italiane. Individuazione di fattori di criticità e linee guida per la applicazione dei sistemi alle diverse fasce climatiche italiane.

Principali collaborazioni: Università di Lecce (Dip. Ingegneria dell'Innovazione), Università di Palermo (DREAM)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010

C. Realizzazione di Laboratori per la qualificazione di componenti e sistemi

Verrà realizzato, presso il centro ENEA di Trisaia, un laboratorio per la caratterizzazione di collettori solari sia del tipo heat-pipe (con funzionamento a temperature superiori ai 100 °C) che a concentrazione, che costituirà una estensione di quello già esistente (accreditato SINAL) che opera nel campo delle applicazioni a bassa temperatura. Data la varietà di soluzioni impiantistiche destinate alle applicazioni di solar cooling che richiedono, tra l'altro, l'adozione di soluzioni tecnologiche innovative per quanto attiene la parte solare, verrà condotta una attività congiunta di

ricerca e di sperimentazione di nuovi componenti. Tali attività riguarderanno analisi termo-fluidodinamiche abbinata a verifiche sperimentali su componenti commerciali e/o prototipi.

L'attività prevede una prima fase di *analisi delle problematiche connesse alla caratterizzazione energetica di collettori a media temperatura*. Durante questa fase si procederà allo studio delle problematiche tecniche inerenti la caratterizzazione energetica di tali tipologie di collettori, definendo le metodiche di prova ed individuando le apparecchiature e strumentazioni necessarie per lo svolgimento della successiva attività di sperimentazione. Si provvederà quindi alla *realizzazione delle facility necessarie alla qualificazione e sperimentazione di componenti solari a media temperatura*: verranno implementate le infrastrutture necessarie allo svolgimento delle attività sperimentali (circuiti termoidraulico, apparato di acquisizione e controllo, centralina meteo, ecc.) e relativo collaudo funzionale.

Verrà realizzato inoltre un laboratorio per il test di pompe di calore elio assistite presso il centro della Casaccia.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Rapporto tecnico contenente le analisi effettuate e le relative soluzioni da adottare
- Rapporto contenente le specifiche tecniche dell'impianto di prova

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Messa in servizio della delle facility facilities di prova
- Rapporto Rapporti finale finali con descrizione delle attività svolte durante l'anno dai due laboratori

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010

D. Sviluppo di componenti innovativi

Verranno progettati e sviluppati prototipi di componenti innovativi per diverse tipologie di impianti di Solar Cooling, nell'intento di portare un contributo significativo all'allargamento della diffusione di questo tipo di impianti ed al miglioramento delle efficienze dei singoli componenti. In particolare si intende agire su tre componenti principali: collettori solari, macchina ad assorbimento, sistema desiccant, sviluppando, nel caso della macchina ad assorbimento e del desiccant, componenti specificatamente dedicati all'impiego solare, laddove attualmente vengono impiegati componenti destinati ad un uso diverso ed adattati a questo impiego, con conseguenti perdite di efficienza e complicazioni in fase di installazione, che inducono un aumento significativo dei costi.

La macchina ad assorbimento ad acqua ammoniacca per impieghi solari, sarà sviluppata nel range di potenza adatto al settore residenziale (5-50 kW), progettandola espressamente per le basse temperature di attivazione (95-100 °C), in modo da poterla convenientemente accoppiare a pannelli solari del tipo a tubi evacuati. Contrariamente alle macchine a Bromuro di Litio, la reversibilità dell'utilizzo le permetterà di riscaldare ambienti con alta efficienza durante l'inverno mediante corpi scaldanti a bassa temperatura.

Il Desiccant compatto avrà come caratteristica principale un migliore efficienza di deumidificazione, il che lo rende maggiormente competitivo per l'impiego in climi caldo umidi, a differenza delle macchine attualmente disponibili, progettate e realizzate da società del nord Europa, e che hanno quindi funzionamenti ottimizzati per carichi di umidità considerevolmente più bassi.

Verranno infine indagate soluzioni innovative di scambio termico e verranno sviluppate logiche di controllo avanzate per sistemi di desiccant.

Risultato/Deliverable intermedio (Ottobre 2009):

- Studio preliminare di una macchina ad assorbimento dedicata al solar cooling
- Studio preliminare di collettore ad heat pipes
- Studio preliminare di desiccant compatto

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Realizzazione di un prototipo di una nuova macchina ad assorbimento dedicata al solar cooling
- Realizzazione di un prototipo di collettore ad heat pipes
- Realizzazione di un prototipo di desiccant compatto

Principali collaborazioni: Politecnico di Milano (Energetica); Università di Palermo (DREAM)

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010

E. Partecipazione ai gruppi di lavoro IEA – Solar Heating and Cooling e SolarPACES

Partecipazione, quali rappresentanti italiani su incarico del MSE, ai lavori dell'Implementing Agreement della Agenzia Internazionale per l'Energia "Solar Heating and Cooling" e "SolarPACES, Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems".

In particolare, per quanto riguarda l'IA Solar Heating and Cooling sarà assicurato il contributo italiano alle attività del gruppo di lavoro (Task 38) Solar Air-Conditioning of Buildings, mentre per quanto riguarda l'IA SolarPACES sarà garantito l'avvio delle attività sull'accordo, in seguito della adesione nazionale, recentemente autorizzata dal MSE.

Risultato/Deliverable finale (Marzo 2010):

- Rapporto sulla attività svolta nel corso del periodo di riferimento

Principali collaborazioni: Università

Durata: Aprile 2009 - Marzo 2010

BENEFICI PREVISTI PER GLI UTENTI DEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE DALL'ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

Le attività previste consentono lo sviluppo di componenti e soluzioni tecnologiche innovative dedicate alla climatizzazione assistita da solare. Queste attività consentiranno di individuare soluzioni non solo energeticamente efficienti, ma soprattutto economicamente convenienti, contribuendo ad una capillare diffusione di queste tecnologie in Italia, con evidenti benefici per la bolletta elettrica del sistema paese.

Tema di ricerca 5.4.1.3. "Sistemi di climatizzazione estiva ed invernale assistiti da fonti rinnovabili"

Obiettivi e relativi preventivi economici

Sigla	Denominazione obiettivi	Data di conseguimento	Ore di personale ENEA	Spese (k€)					Totale
				Personale (a)	Attrezzature e strumentazioni (b)	Correnti (c)	Collaborazioni esterne (d)	Collaborazioni universitarie (e)	
A	Studi di fattibilità	31.03.2010	500	30	15	5	40	0	90
B	Ricognizione dei componenti e delle soluzioni tecnologiche disponibili	31.03.2010	600	36	50	14	20	20	140
C	Realizzazione di laboratori per la qualificazione di componenti e sistemi	31.03.2010	1.200	72	130	10	0	0	212
D	Sviluppo di componenti innovativi	31.03.2010	1.000	60	100	10	0	120	290
E	Partecipazione ai gruppi di lavoro IEA - Solar Heating and Cooling	31.03.2010	300	18	0	30	0	20	68
Totale			3.600	216	295	69	60	160	800

(a) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente, e le spese generali supplementari

(b) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili

(c) include i beni di consumo, le spese di missione e le altre spese correnti

(d) include le prestazioni commissionate all'esterno, per servizi tecnici o per attività di ricerca

(e) include le collaborazioni con gli istituti universitari nazionali

MODALITA' DI DIFFUSIONE DEI RISULTATI PER TUTTI I TEMI DI RICERCA DEL PIANO ANNUALE DI REALIZZAZIONE

Le attività oggetto dell'Accordo di Programma MSE-ENEA per la Ricerca di Sistema Elettrico sono, come è noto, finanziate attraverso un Fondo che viene alimentato tramite una componente della tariffa di fornitura dell'energia elettrica, e sono svolte a totale beneficio degli utenti del Sistema Elettrico. In tale ambito, grande importanza e attenzione sarà posta nella predisposizione e attuazione di un Piano di diffusione dei risultati ottenuti.

Sin dall'avvio delle attività programmate nell'anno un gruppo di esperti della comunicazione (ENEA) opererà a tale scopo, affiancando i ricercatori e tecnici che si occupano delle attività di ricerca.

Partendo dai risultati già ottenuti dall'ENEA e dalle Società partecipate e le Università coinvolte, il gruppo si occuperà, in particolare, di:

1. realizzare, con un linguaggio efficace dal punto di vista comunicativo, materiali informativi destinati ai vari target di riferimento, beneficiari finali delle attività (Enti Locali, Sistema delle Imprese, professionisti ecc.) nonché al grande pubblico e relativi a:

- finalità complessive delle attività
- tematiche scelte come prioritarie e motivazioni di tali scelte
- obiettivi specifici, destinatari e modalità di conduzione delle ricerche sulle singole tematiche
- risultati conseguiti e ricadute sull'utente finale.

2. elaborare e attuare un Piano di comunicazione e diffusione capillare di queste informazioni e, soprattutto, dei risultati conseguiti e delle ricadute sull'utente finale.

Il termine capillare è quello che caratterizza meglio gli obiettivi e le modalità che ispireranno il Piano e le attività di comunicazione e diffusione, i cui obiettivi prioritari saranno:

- arrivare direttamente agli interessati
- fornire informazioni consone ai singoli destinatari con vari livelli di dettaglio, fino al più completo e specialistico
- mantenere costante l'attenzione, partendo dalla diffusione iniziale di informazioni a carattere generale e continuando nella diffusione dei risultati che via via vengono conseguiti.

Si tratta di obiettivi estremamente ambiziosi e impegnativi, per conseguire i quali saranno messe in campo tutte le competenze di comunicazione disponibili all'interno dell'Ente e perseguite azioni mirate e ripetute che riguarderanno sicuramente:

- la stampa, generica e specializzata
- l'organizzazione di eventi (workshop, seminari, manifestazioni espositive) il più possibile distribuiti sul territorio nazionale
- l'elaborazione - accanto ai rapporti tecnici, che riportano informazioni e dettagli di grande importanza, ma destinati a un pubblico ristretto di tecnici e specialisti del settore – e la diffusione di testi e strumenti informativi destinati ad un pubblico più vasto e ad esso più accessibili

- l'individuazione, per ciascuna tematica, dei destinatari principali delle ricerche e, di conseguenza, maggiormente interessati a conoscerne e utilizzarne i risultati, nonché le modalità e gli strumenti per raggiungerli e interessarli
- la realizzazione e diffusione di una Newsletter che diffonda – ad una mailing il più possibile estesa – aggiornamenti continui sulle attività e i risultati, nonché sulle iniziative di diffusione e comunicazione.

Tutto il materiale elaborato, tecnico e a carattere divulgativo, sarà pubblicato tempestivamente sul sito web dell'ENEA, in una apposita sezione la cui struttura e presentazione sarà curata adeguatamente, raggiungibile dalla home page dell'Ente.

Saranno inoltre curati appositi collegamenti con gli altri siti web riguardanti la Ricerca di sistema Elettrico, del CESI Ricerca e del CNR.

Tutti i canali e le iniziative previsti nel piano, finalizzati a creare interesse e coinvolgimento, rimanderanno al sito web gli interlocutori interessati a informazioni di dettaglio.