



Cattura e sequestro della CO₂ prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili

SCENARIO DI RIFERIMENTO

La sfida per un sistema energetico globale ambientalmente sostenibile, economicamente competitivo ed in grado di garantire la sicurezza negli approvvigionamenti energetici, si affronta investendo in innovazione tecnologica e incoraggiando la collaborazione tra ricerca scientifica/tecnologica e industria. Accelerare la transizione

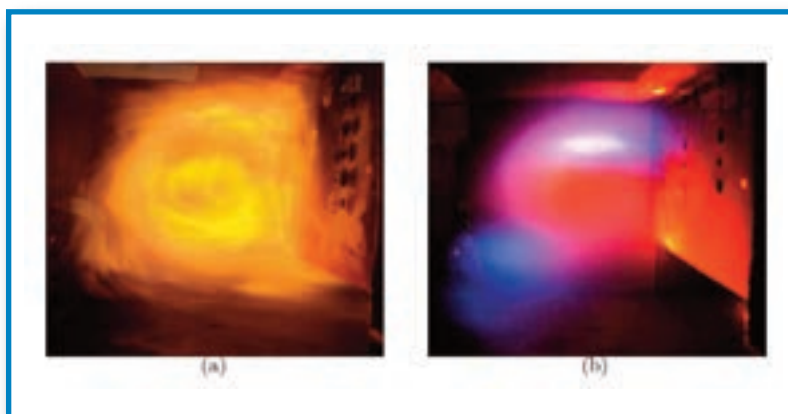
verso un sistema energetico de-carbonizzato implica investire in efficienza energetica, utilizzare massicciamente le fonti rinnovabili, incentivare l'adozione di tecnologie CCUS (Carbon Capture Utilization and Storage) per il contenimento

delle emissioni di CO₂, sviluppare nuovi combustibili, affrontare i problemi di stabilità della rete elettrica sorti con l'integrazione di impianti basati sulle rinnovabili con impianti a combustibili fossili.

Il governo italiano, con il documento di Strategia Energetica Nazionale, ha definito una serie di azioni, in coerenza con la Roadmap 2050 di de-carbonizzazione europea. Una di queste riguarda lo sviluppo delle tecnologie di cattura, confinamento e riuso della CO₂, dato il ruolo ancora dominante che i combustibili fossili hanno nella produzione di energia elettrica e nell'industria di processo. Le tecnologie finora utilizzate consentono ancora una larga applicazione in ragione del costo di investimento per tonnellata di CO₂ evitata, ancora elevato; per questo sono necessarie attività di R&S. Peraltro, l'uso crescente delle rinnovabili, alcune delle quali (fotovoltaico, eolico) intrinsecamente non programmabili, sta cambiando lo scenario di riferimento della generazione di energia elettrica, introducendo il tema della flessibilità di esercizio per gli impianti di generazione programmabili, necessaria a compensare le fluttuazioni di po-

tenza associate alle rinnovabili non programmabili. Scopo del Progetto è quello di sviluppare, validare sperimentalmente e dimostrare, anche attraverso impianti di scala significativa, una serie di tecnologie innovative per l'impiego sostenibile di combustibili fossili, sia per la produzione di energia elettrica sia di

combustibili. In particolare le attività di ricerca sono finalizzate allo sviluppo di tecnologie impiantistiche più efficienti e maggiormente abilitanti all'applicazione di tecnologie CCUS, allo sviluppo di tecniche di cattura, stoccaggio e riutilizzo della CO₂.



Tali sviluppi tecnologici, principalmente indirizzati verso il settore termoelettrico, sono tuttavia trasportabili nell'industria di processo altamente energivora (industria cementiera, petrolchimica, siderurgica, industria del vetro ecc.).

OBIETTIVI

Il Progetto intende favorire l'uso sostenibile di combustibili fossili mediante la rimozione della CO₂ (de-carbonizzazione del combustibile o dei fumi), definire interventi per l'efficientamento dei cicli e della combustione che riducano significativamente le emissioni e massimizzino la flessibilità di esercizio e di combustibile, sviluppare soluzioni per lo storage della CO₂ e tecniche alternative ad esso che prevedano il suo riutilizzo, sviluppare tecnologie di compressione orientate al trasporto.

al centro: Bruciatore Trapped Vortex ENEA: (a) fiamma in condizioni di miscela grassa, fiamma instabile; (b) fiamma in condizioni di miscela magra, fiamma stabile

Il prodotto finale delle attività è un ventaglio di tecnologie (dimostrabili in laboratorio o su impianti pilota), metodi e studi, che riguardano nel dettaglio:

- la cattura di CO₂ mediante sorbenti, membrane e solventi e la loro rigenerazione per applicazioni nel settore termoelettrico e nell'industria di processo altamente energivora;
- sistemi alternativi allo stoccaggio della CO₂, come il suo utilizzo per la produzione di materiali ('mineral carbonation') e chemicals, facilmente trasferibili anche all'industria di processo (es. industria siderurgica e del cemento);
- la produzione di combustibili alternativi (gas sintetico) e 'chemicals' da carbone o CO₂;
- bruciatori per turbo-gas efficienti, scarsamente inquinanti, caratterizzati da alta flessibilità di carico e di combustibile di alimentazione, per combustione di tipo tradizionale (in aria) e "oxy";
- cicli turbogas EGR (Exhaust Gas Recirculation) in grado di accoppiare la flessibilità di esercizio tipica delle turbine a gas, con l'implementazione efficace delle tecnologie CCUS, accoppiabili con cicli chiusi a S-CO₂ per lo sviluppo di cicli combinati più 'puliti', flessibili ed efficienti; ossi-combustione di gas in CO₂ supercritica, per lo sviluppo di impianti di potenza intrinsecamente predisposti per una facile cattura della CO₂;
- tecnologie per la compressione e il trasporto della CO₂ proveniente da processi di cattura;
- ottimizzazione dei processi di ossi-combustione pressurizzata di carbone;
- caratterizzazione del bacino del Sulcis come potenziale sito per esperimenti di stoccaggio di CO₂;
- sviluppo, presso il bacino minerario del Sulcis, di strutture sperimentali per un centro di eccellenza, di valenza internazionale, sulle tecnologie del confinamento geologico della CO₂ e più in generale dell'uso sostenibile dei combustibili fossili.

RISULTATI

Tecnologie di gassificazione, cleanup e trattamento del syngas prodotto fino alla produzione di gas naturale sintetico e cattura della CO₂

- Realizzazione dell'impianto GESSYCA (GEnereatore Sperimentale di SYngas da Carbone -



Impianto dimostrativo di gassificazione Sotacarbo da 5 MWt

ENEA), per sviluppo e sperimentazione di gassificazione e co-gassificazione di carboni e biomasse, nonché per sperimentazione di catalizzatori e configurazioni multi-reattore per la produzione, a partire da miscele costituite da syngas e idrogeno, di gas naturale sintetico (SNG) ad elevata concentrazione di metano. Sviluppo di modellistica per l'analisi tecnica ed economica del processo di produzione di SNG integrato con sistemi CCUS. Sviluppo, caratterizzazione e prova di nuovi catalizzatori.

- Sviluppo di un sistema di abbattimento del tar contenuto nel syngas mediante cracking autotermico e catalitico.
- Acquisizione di know-how e sviluppo di tecnologie per la gassificazione e la cattura della CO₂, mediante l'impiego di solventi liquidi a base di ammine, in condizioni di pre- e post-combustione presso l'impianto pilota Sotacarbo. Effettuazione di centinaia di ore di sperimentazione volte a valutare l'efficienza del processo di gassificazione, il grado di conversione e la reattività di combustibili di diverse tipologie di carboni e biomasse. Esecuzione di centinaia di ore di test di assorbimento e rigenerazione in continuo con la finalità di aumentare le efficienze e ridurre i costi del processo.
- Definizione di correlazioni tra la densità, pH e il "caricamento" della CO₂ nelle ammine, utili al controllo ed alla valutazione on line del grado di saturazione del solvente.
- Modifiche e avviamento dell'impianto dimostrativo di gassificazione Sotacarbo da 5 MW, ed esecuzione delle prime campagne sperimentali di co-gassificazione (carbone e biomassa).
- Realizzazione di un modello cinetico della pirolisi

e ossido-riduzione dei gas di coda provenienti dalla rigenerazione dei solventi utilizzati per la desolforazione per la produzione di gas di sintesi, e realizzazione di un modello statico/dinamico dei sistemi di cattura post-combustione della CO_2 basati su ammine.

Tecnologie di cattura in pre- e post-combustione, con sorbenti solidi naturali e sintetici, basate sul principio del Calcium Looping

- Upgrade di due importanti facility sperimentali:
 - Piattaforma multifunzionale ZECOMIX - ENEA per l'integrazione dei processi di gassificazione in letto fluido bollente, la decarbonizzazione del syngas prodotto, ricco di idrogeno, tramite sorbenti solidi e la successiva produzione di energia elettrica attraverso una microturbina modificata per elaborare il syngas;
 - Impianto VALCHIRIA - ENEA per studi e messa a punto di tecnologie volte all'inertizzazione e valorizzazione di scorie di acciaierie e la contemporanea cattura della CO_2 .
- Sviluppo di un sorbente solido sintetico, a base di ossido di calcio, in grado di consentire oltre 1000 cicli di cattura-rigenerazione senza apprezzabile decadimento delle sue prestazioni in termini di cattura della CO_2 .
- Messa a punto di un processo di pre-trattamento termico di un sorbente naturale (ossido di calcio) al fine di aumentarne la stabilità in fase di cattura e successiva rigenerazione, e consentire, fatta salva la non pericolosità per l'uomo e per l'ambiente, un drastico abbattimento dei costi di cattura.
- Messa a punto e verifica sperimentale, sulla Piattaforma ZECOMIX - ENEA, di un processo innovativo per la produzione, ad alta temperatura, di un gas ad alto contenuto di idrogeno a partire da CO e vapore. Tale processo consente di realizzare la reazione di CO-shift con simultanea rimozione della CO_2 , in assenza di catalizzatori.

Tecnologia di cattura a ossi-combustione

- Caratterizzazione di miscele di acqua e carbone (water coal slurry) e stima della composizione dei fumi di combustione provenienti da un reattore di ossi-combustione. Valutazione comparativa di



Infrastruttura di ricerca ZECOMIX (Zero Emission of CarbOn with Mixed Technology)

differenti soluzioni tecnologiche per la produzione di coal water slurry e individuazione delle BAT.

- Progetto e realizzazione di un impianto pilota per la desolforazione dei fumi di combustione provenienti da un ossi-combustore flameless con produzione di acido solforico di qualità commerciale.

Bruciatori per turbogas caratterizzati da ampia load- e fuel-flexibility

- Sviluppo di una filiera di bruciatori innovativi per turbine a gas, basati sul principio della combustione Trapped Vortex/MILD, caratterizzati da alta efficienza, alta stabilità e ampia flessibilità di carico e di combustibile.

Sviluppo di cicli turbogas a CO_2

- Realizzazione di una importante facility sperimentale (Piattaforma AGATUR – ENEA) per lo sviluppo di cicli turbogas EGR (Exhausts Gas Recirculation) e di cicli a ossi-combustione di gas in atmosfera di CO_2
- Sviluppo di un ciclo termodinamico Bryton avanzato, basato sull'uso di CO_2 supercritica (S-CO_2), che possa rappresentare una risposta efficiente e sostenibile alla crescente richiesta di load flexibility proveniente dalla rete, e porti alla realizzazione di impianti con intrinseca cattura "pipeline ready" utilmente integrabili con le rinnovabili e potenzialmente impiegabile per

l'estrazione "water free" dello shale gas in maniera sostenibile.

Utilizzo della CO₂ per produzione di combustibili

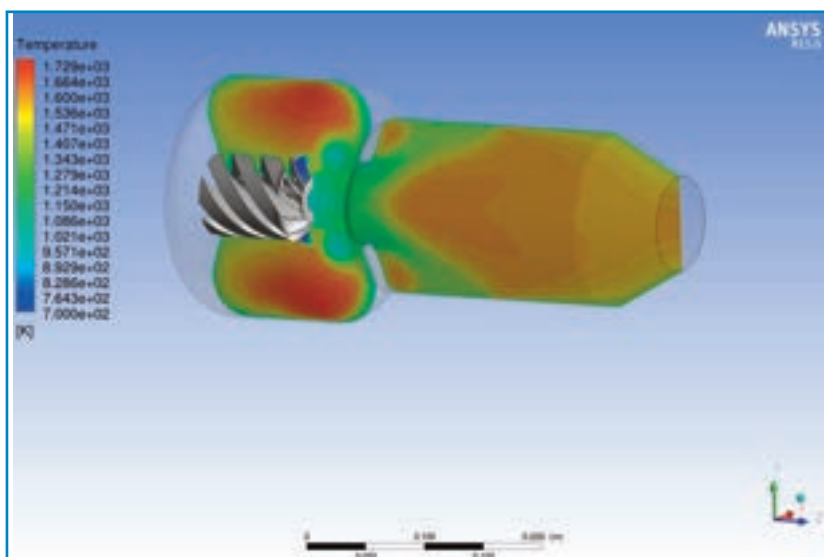
- Acquisizione del know-how relativo alla produzione di metano da CO₂ e H₂, integrato con rinnovabili in applicazioni "Power to Gas", e realizzazione di un dimostrativo del processo denominato impianto FENICE - ENEA.



Piattaforma sperimentale AGATUR

Storage della CO₂

- Analisi geostrutturale dell'area del bacino del Sulcis. Studio in superficie e in sottosuolo della fratturazione delle formazioni del possibile reservoir per lo stoccaggio della CO₂.
- Linee guida e caratterizzazione geochimica dell'area del bacino minerario del Sulcis mediante una rete fissa e mobile di monitoraggio geochimico.
- Studio della sismicità naturale dell'area del Sulcis. Determinazione della sismicità di fondo dell'area interna al permesso di ricerca Sotacarbo tramite una rete sismica appositamente progettata e realizzata.



Mapa di temperatura in un bruciatore premiscelato

Strumenti di impiego orizzontale

Tra i prodotti di impiego orizzontale, si segnala lo sviluppo di modelli di simulazione avanzati per la descrizione di fenomeni di combustione, lo studio delle fenomenologie di instabilità termo-acustiche, nonché lo sviluppo di diagnostica avanzata, di tipo non invasivo (ottica) per misure fluidodinamiche, termiche, chimiche e di stabilità per sistemi reattivi.

Divulgazione

Oltre ai previsti report tecnici, a numerosi articoli su riviste internazionali e memorie a congressi nazionali e internazionali, sono stati organizzati meeting internazionali e un workshop sui risultati della

Ricerca di Sistema Elettrico. È stata inoltre organizzata l'edizione 2015 della scuola estiva sulle tecnologie di cattura e stoccaggio della CO₂ "Sulcis CCS Summer School" rivolta a studenti, dottorandi e giovani laureati in ingegneria e materie geotecnologiche e socio-economiche con la partecipazione di relatori e docenti provenienti da ENEA, Sotacarbo e da Università ed Enti di ricerca nazionali e internazionali, nonché avviato un progetto di divulgazione presso le scuole dell'area del Sulcis.

Area di ricerca: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto B.2: Cattura e sequestro della CO₂ prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili

Referente: S. Giammartini, stefano.giammartini@enea.it