

# Le nuove frontiere della cattura e riuso del carbonio

Il contrasto al cambiamento climatico e la *decarbonizzazione* del sistema energetico ed industriale passano anche dalle nuove tecnologie di Carbon Capture Use and Storage che consentono di ‘catturare’, ridurre, riusare/riciclare, stoccare e rimuovere la CO<sub>2</sub>. L’ENEA è impegnata con diversi progetti di ricerca a livello nazionale e internazionale e, nell’Infrastruttura di Ricerca Europea ZECOMIX, presso il Centro della Casaccia, sta sperimentando tecnologie innovative con materiali avanzati per l’edilizia o combustibili in grado di ‘immagazzinare’ anidride carbonica.

DOI 10.12910/EAI2020-053

di **Stefano Stendardo, Igor Luisetto, Nicola Lisi, Maria Luisa Grilli, Rosa Chierchia**, *Laboratorio Ingegneria Processi e sistemi per l’Energia – Dipartimento tecnologie energetiche e fonti rinnovabili – ENEA*

Il clima è un delicato equilibrio fondato sullo scambio di energia e materia tra l’atmosfera, l’idrosfera, la biosfera e la litosfera; il cambiamento climatico che l’umanità sta sperimentando è la manifestazione di una diversa riallocazione del carbonio tra queste quattro ‘sfere’ naturali. Nel corso degli ultimi decenni nell’atmosfera e nell’idrosfera sono state riversate ingenti quantità di carbonio in relazione all’utilizzo dei combustibili fossili per produrre energia che hanno generato un forte squilibrio climatico. A fronte di questo squilibrio è quanto mai urgente contrastare la produzione di emissioni di CO<sub>2</sub> e l’impatto sul clima, attraverso attività di ricerca basate su approcci intersettoriali e lo sviluppo di soluzioni che consentano di sfruttare le opportunità rese disponibili dall’innovazione tecnologica.

In ENEA, la Direzione Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili è da tempo impegnata in progetti per la ‘cattura’ e il riuso del carbonio nell’ambito di diversi progetti. Tra questi, uno dei più innovativi è SFERO (Sistemi Flessibili per l’Energia attraverso il Riuso del carbOnio),

finanziato all’interno dell’Accordo di Programma con il Ministero dello Sviluppo Economico che propone un approccio sistemico al problema delle emissioni della CO<sub>2</sub> e un nuovo paradigma incentrato sull’utilizzo di una generazione di tecnologie CCS (*Carbon Capture and Storage*) particolarmente avanzate. Rispetto alle metodologie tradizionali che consistono nel ‘rallentare’ le emissioni e, successivamente, nel rimuovere la CO<sub>2</sub> emessa nell’ambiente, il progetto propone una sorta di ‘terza strada’, basata sull’utilizzo delle **cosiddette tecnologie di CCUS (Carbon Capture Use and Storage), nate dalla fusione delle tecnologie CCS (Carbon Capture and Storage) e CCU (Carbon Capture Use). Si tratta di ‘tecnologie abilitanti’ per la decarbonizzazione dell’economia attraverso la riduzione, riuso, riciclo e rimozione della CO<sub>2</sub> che vanno dalla produzione di combustibili rinnovabili allo stoccaggio della CO<sub>2</sub> in aggregati sintetici da utilizzare nell’industria edilizia.**

Processi altamente innovativi

Se le tecnologie CCS mirano princi-

palmente alla riduzione e alla rimozione del carbonio, le tecnologie CCU rendono economicamente sostenibile la cattura della CO<sub>2</sub> valorizzandola in processi di riuso e riciclo della stessa. Tra i principali esempi di processi di riduzione dell’anidride carbonica vi sono la cattura della CO<sub>2</sub> da siti industriali o da impianti di produzione di energia elettrica; la produzione e l’uso dell’idrogeno; l’aumento dell’efficienza energetica; l’utilizzo di energia rinnovabile, del nucleare e di combustibile a minor contenuto di carbonio. La cattura della CO<sub>2</sub> integrata a tecnologie bio-energetiche, la cattura della CO<sub>2</sub> dall’aria attraverso soluzioni alcaline e la piantumazione accelerata sono le ultime frontiere nel campo delle tecnologie CCS.

Nel progetto SFERO verranno studiati sistemi innovativi per la flessibilità energetica attraverso la cattura il riuso e lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>, tenendo conto che la crescente penetrazione di fonti rinnovabili non programmabili potrà modificare in modo significativo le caratteristiche dei sistemi di fornitura dell’energia elettrica rendendo necessarie soluzioni per stoccare le eccedenze



Fig. 1 Reattore al plasma per la produzione di combustibili rinnovabili 'drop-in'

della produzione. Allo stesso tempo, nonostante un maggiore utilizzo di energia rinnovabile, i processi ad alta intensità di carbonio continueranno ad emettere CO<sub>2</sub>. All'interno del progetto si studiano processi catalitici altamente innovativi alimentati con gli eccessi dell'energia elettrica da fonte rinnovabile, che hanno come obiettivo la conversione della CO<sub>2</sub> e dell'H<sub>2</sub>O in combustibili 'green' a base di carbonio.

Una delle caratteristiche principali dei futuri sistemi energetici è quella di poter operare a carico parziale durante il funzionamento quotidiano con una risposta molto rapida a causa della fluttuazione dell'eccesso di energia rinnovabile. I processi studiati in SFERO prevedono l'uso di reattori al plasma presenti nel Centro Ricerche di ENEA Casaccia (Figura 1) che consentono di convertire quasi istantaneamente (approssimativamente 10<sup>-5</sup> secondi [2]) molecole inerti come la CO<sub>2</sub> ed H<sub>2</sub>O in ioni o radicali altamente reattivi utilizzati come 'mattoni' nella costruzione di molecole più complesse. Inoltre, il plasma è facilmente implementabile in diversi reattori lavoranti in parallelo (cioè una batteria di reattori al plasma) e che in futuro possono essere esercitati all'interno di un plasma farm. Ogni singolo reattore può essere 'spento' o 'acceso' per seguire le forti oscillazioni di energia rinnovabile senza ridurre

minimamente l'efficienza durante il carico parziale consentendo, quindi, uno **stoccaggio ultra-flessibile degli eccessi dell'energia**. Infine, i combustibili che verranno prodotti in SFERO potranno essere **drop-in**, ovvero compatibili con le infrastrutture già esistenti di trasporto e dispacciamento senza che queste debbano essere modificate.

La 'carbonatazione' e i nuovi materiali per l'edilizia dalla CO<sub>2</sub>

Diverse possono essere le combinazioni di tecnologie di cattura, stoccaggio e valorizzazione della CO<sub>2</sub>, in taluni casi i confini tra i diversi approcci sono così labili che difficilmente un processo può essere definito CCS o CCU. Uno di questi, è la produzione di materiali per l'edilizia attraverso la 'carbonatazione', un processo che consente di immagazzinare la CO<sub>2</sub> in matrici solide realizzando al contempo materiali che possono essere collocati nel campo dell'edilizia (aggregati per calcestruzzo, mattoni e refrattari in genere).

Anche se la principale opzione per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> rimane il suo confinamento in cavità geologiche, la carbonatazione si propone come valida alternativa economica grazie ai materiali in cui la CO<sub>2</sub> viene fissata in maniera permanente. Le scorie da inceneritori o da particolari processi siderurgici sembrano essere delle buone candidate alla carbonatazione: l'elevato contenuto di CaO presente reagisce con la CO<sub>2</sub> formando il carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>). Rispetto alle altre tecnologie CCS, la carbonatazione presenta diversi vantaggi:

- il prodotto di reazione (CaCO<sub>3</sub>) è chimicamente stabile e non è dannoso per l'ambiente;



Fig. 2 Infrastruttura di Ricerca Europea ZECOMIX per lo studio del processo di cattura della CO<sub>2</sub> attraverso un processo di carbonatazione

- il calore rilasciato durante la carbonatazione potrebbe essere utilizzato per la generazione di energia elettrica a zero emissioni di CO<sub>2</sub>;
- la carbonatazione può essere associata alla contemporanea produzione di H<sub>2</sub> da reforming del metano.

Infine, il progetto SFERO ambisce al rafforzamento delle infrastrutture di ricerca sul territorio italiano. Pilastro fondamentale del progetto sarà l'Infrastruttura di Ricerca Europea ZECO-

MIX [3] [4] (Zero Emission of Carbon with MIXed Technologies) presente all'interno del Centro Ricerche ENEA Casaccia (Figura 2), che è stata promossa da ERIC (European Research Infrastructure Consortium) a infrastruttura ECCSEL che raccoglie i principali laboratori di ricerca europei nel campo della cattura, stoccaggio e uso della CO<sub>2</sub>.

La caratteristica principale delle nuove tecnologie CCUS è quella di propor-

si come soluzioni che completano le energie rinnovabili secondo il paradigma dell'economia circolare. Riduzione, riuso, riciclo e rimozione del carbonio sono gli obiettivi di questi nuovi sistemi simbiotici. Materiali per l'edilizia usati per immagazzinare la CO<sub>2</sub> e combustibili convenzionali drop-in pronti a essere distribuiti nelle infrastrutture potranno essere la chiave per rendere economicamente sostenibile la decarbonizzazione del sistema energetico ed industriale in Italia e nel resto dell'Europa.

### L'impianto pilota ZECOMIX e il progetto europeo 'ECCSELERATE'

Utilizzare gli scarti dell'industria siderurgica e del cemento per 'immagazzinare' anidride carbonica e produrre materiali di qualità e a basso costo da impiegare in edilizia e nella cantieristica stradale. È una delle nuove frontiere della ricerca ENEA nel campo della separazione, riutilizzo e confinamento della CO<sub>2</sub> (CCUS - carbon capture, utilization and storage) che sarà testata nell'impianto pilota ZECOMIX presso il Centro ENEA Casaccia (Roma). Anche grazie a queste attività ZECOMIX è stato inserito come infrastruttura di ricerca nel progetto europeo 'ECCSELERATE', finanziato con circa 3,5 milioni dall'Unione Europea nell'ambito del programma Horizon2020. Gli altri partner italiani del progetto sono Sotacarbo, Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali - e Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) che coordina il nodo nazionale della rete europea di laboratori specializzati nella ricerca su cattura e sequestro di CO<sub>2</sub>.

L'obiettivo è di rendere il processo di decarbonizzazione di industrie come acciaierie e cementifici economicamente vantaggioso e circolare, facendo sì che gli scarti delle lavorazioni non vadano più a finire in discarica ma servano a catturare la CO<sub>2</sub> prodotta. Una volta esaurita la capacità di stoccare anidride carbonica, questi 'nuovi' materiali saranno reimmessi nei processi industriali per la produzione di cemento e di acciaio, o utilizzati come inerti per fondi stradali. I risultati più promettenti sono attesi nell'industria siderurgica che potrebbe utilizzare le scorie come materie prime per produrre cemento, calcestruzzo e malte, oppure per manufatti, sottofondi e manti stradali con notevoli vantaggi ambientali ed economici. Da un lato, infatti, si

utilizzano scarti di produzione e, dall'altro, si ottengono materiali di qualità con caratteristiche chimiche e fisiche migliorate a seguito della reazione con la CO<sub>2</sub>. La sola produzione di acciaio da ciclo integrale, escludendo la fase iniziale di produzione di ghisa, genera ogni anno, a livello mondiale, circa 126 milioni di tonnellate di scorie che, con queste nuove tecnologie, potrebbero stoccare da 6 a 9 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> e produrre nuova materia prima. La cattura e il sequestro della CO<sub>2</sub> tramite carbonatazione potrebbero inoltre essere impiegate nel trattamento di altre tipologie di scarti come le ceneri e le scorie prodotte dalla combustione di carbone, dalla termovalorizzazione di rifiuti urbani e i residui di costruzioni e demolizioni. Nell'infrastruttura ZECOMIX si studieranno anche altre possibilità di riuso dell'anidride carbonica, quali ad esempio la produzione di combustibili come metanolo e kerosene. Inizialmente la principale 'fonte' di CO<sub>2</sub> potrebbero essere le emissioni delle centrali elettriche tradizionali e gli scarti di cementifici e di altri impianti industriali ma, in prospettiva, la CO<sub>2</sub> potrebbe essere 'catturata' direttamente in atmosfera (la cosiddetta 'Direct Air Capture') o utilizzata per produrre 'combustibili da carbonio non-fossile', come già sperimentato in Islanda. L'International Energy Agency (IEA) stima che attualmente le infrastrutture CCS esistenti a livello mondiale siano in grado di catturare oltre 35 milioni di tonnellate CO<sub>2</sub> l'anno – pari alle emissioni annuali di un paese come l'Irlanda – e che sia necessario aumentare di 20 volte i tassi annuali di cattura di CO<sub>2</sub> dalle centrali elettriche e dalle industrie nel prossimo decennio.

Per maggiori informazioni:

<https://eccsel.org/about/eccselerate/> [https://www.eccsel.org/facilities/capture/it31\\_enea\\_zecomix/](https://www.eccsel.org/facilities/capture/it31_enea_zecomix/)  
cattura CO<sub>2</sub> materiali edilizi cattura CO<sub>2</sub> materiali edilizia

**BIBLIOGRAFIA**

1. Gabrielli, P., et al., The Role of Carbon Capture and Utilization, Carbon Capture and Storage, and Biomass to Enable a Net-Zero-CO<sub>2</sub> Emissions Chemical Industry. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2020. 59(15): p. 7033-7045
2. Snoeckx, R., et al., Plasma-Based Dry Reforming: A Computational Study Ranging from the Nanoseconds to Seconds Time Scale. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2013. 117(10): p. 4957-4970
3. Stendardo, S., et al., High quality syngas production via steam-oxygen blown bubbling fluidised bed gasifier. *Energy*, 2016. 103: p. 697-708
4. Stendardo, S., et al., Test sperimentale e simulazione numerica del processo SE-WGS nell'infrastruttura di ricerca ZECOMIX. (2015) Report RdS/PAR2014/248