

Lo stoccaggio, la cattura e il possibile utilizzo della CO₂

Ad oggi le tecnologie CCS sono presenti solo in pochi impianti su scala industriale e commerciale e la diffusione su larga scala è ostacolata da problemi di costo, di regolamentazione, di accettazione dello stoccaggio geologico e di scaling-up dei processi. Potrebbero essere invece un'opportunità perseguibile per la ridurre le emissioni climalteranti anche in sinergia con la produzione di combustibili sintetici ed E-fuels.

DOI 10.12910/EAI2022-065

di **Paolo Deiana**, Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'idrogeno - ENEA

Tra le sfide presenti nella timeline dell'Unione Europea e dell'Italia nel settore dell'energia figurano la crescente dipendenza dalle importazioni, la diversificazione limitata, i prezzi elevati e volatili dell'energia, l'aumento della domanda di energia a livello mondiale. A ciò si aggiungono i rischi per la sicurezza nei paesi di produzione e di transito, le crescenti minacce poste dai cambiamenti climatici, la decarbonizzazione, la lentezza dei progressi sul fronte dell'efficienza energetica, le sfide poste dall'aumento della quota delle fonti energetiche rinnovabili, nonché la necessità di una maggiore trasparenza e di un'ulteriore integrazione e interconnessione dei mercati energetici. Il nucleo della politica energetica dell'UE è costituito da un'ampia gamma di misure volte a conseguire un mercato energetico integrato, la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e la sostenibilità del settore energetico.

In particolare, per quanto riguarda il panorama europeo la strategia è tracciata dal lancio del Green Deal Europeo che punta alla neutralità energetica fissata al 2050 per l'intera Unione ed il Pacchetto "Fit for 55" che mira ad una riduzione del 55% delle emissioni riferite al 1990 entro

il 2030. Sul fronte nazionale si possono citare le iniziative relative al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza PNRR (2021) con le misure per la decarbonizzazione e la strategia per l'idrogeno.

Le principali strategie per la decarbonizzazione

Con il termine "sistema energetico" oggi si è soliti indicare l'insieme dei processi di produzione, trasformazione, trasporto e distribuzione di fonti di energia. I sistemi energetici sono attualmente organizzati per silos o filiere dirette. In pratica la panoramica vede settori indipendenti seppur estremamente complessi e caratterizzati da competenze multidisciplinari utili alla loro costruzione e gestione. In un futuro prossimo molto vicino si prevede un totale cambiamento di paradigma ove tutti i settori e tutti i vettori energetici verranno integrati in maniera circolare con la visione del sector coupling in modo da **realizzare un sistema più efficiente e circolare dove aumenta la penetrazione dell'elettrificazione diretta e l'utilizzo di nuovi combustibili per i settori hard to abate.**

L'industria è nel panorama nazionale la prima per emissioni climalteranti dirette. Le emissioni vengono moni-

torate, contabilizzate e limitate nella cornice del sistema di interscambio europeo di quote di emissione ETS (Emission Trading System) con la finalità di raggiungere gli obiettivi dichiarati di riduzione delle emissioni e mitigazione dei cambiamenti climatici.

Ma quali sono le principali strategie per la decarbonizzazione?

Una prima possibilità è quella dell'**elettrificazione spinta dei processi e dei consumi** che potrebbe andare a coprire fino al 60% dei volumi globali prodotti e consumati come riportato dallo studio "Decarbonisation Pathways" di Eurelectric del 2018.

Una seconda possibilità è relativa allo **switch dai combustibili fossili a quelli rinnovabili quali idrogeno, biofuel e combustibili sintetici (quali metano, metanolo, kerosene...)**, che porterebbe ad un'ulteriore riduzione delle emissioni provenienti specialmente dall'industria hard to abate (dove le emissioni sono letteralmente difficili da abbattere) e dalla mobilità pesante. Una terza via è quella della **circolarità energetica ed economia circolare** che dalla sinergia delle diverse filiere energetiche e dei materiali potrebbe portare notevoli risparmi ed aumenti delle efficienze globali di sistema.

La quarta opzione è proprio quella

dell'applicazione delle tecnologie CCUS ossia di cattura, stoccaggio e utilizzo dell'anidride carbonica.

Le tecnologie di cattura e stoccaggio della CO₂

Le tecnologie di cattura e stoccaggio della CO₂, spesso indicate con l'acronimo anglosassone CCS (carbon capture and storage) o CCUS (Carbon Capture Utilization Storage) consentono la riduzione delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) provenienti dalla combustione dei fossili (ad esempio nel settore della elettro-generazione) e da alcuni processi industriali, ad esempio la produzione di cemento o l'estrazione di gas naturale da giacimenti con elevato contenuto di CO₂. Le tecnologie CCS includono tipicamente tre fasi: la cattura della CO₂ mediante de-carbonizzazione

dei combustibili fossili o separazione dai fumi della combustione o da correnti gassose ad alto contenuto di CO₂; il trasporto della CO₂ ai siti di stoccaggio, in genere via pipeline; e infine il deposito o stoccaggio geologico in opportuni siti quali acquiferi salini profondi, strati carboniferi non altrimenti utilizzabili, giacimenti di petrolio e/o gas naturale esauriti o in fase di esaurimento, ove la CO₂ può essere utilizzata per facilitare l'estrazione, i.e. enhanced oil/gas recovery (EOR/EGR). Nei processi di combustione, la CO₂ può essere isolata sia prima della combustione (pre-combustion capture), agendo sul combustibile, trasformandolo (attraverso il reforming nel caso del gas naturale o la gassificazione nel caso di carbone e biomasse) in una miscela di gas da cui viene poi separata, sia dopo la com-

bustione (post-combustione capture) con separazione dai fumi.

Una terza possibilità è rappresentata dal processo di oxy-combustione, nel quale la combustione avviene in atmosfera di ossigeno generando fumi con alto tenore di CO₂ e vapor acqueo. Combustione a parte, in altri processi industriali che producono CO₂, la separazione avviene in genere da correnti gassose ad alto tenore di CO₂. **Caso per caso la scelta della migliore opzione tecnologica dipende dalla pressione parziale della CO₂.** In generale, l'implementazione e la cattura genera un calo del rendimento dai 5 ai 10 % e quindi un consumo maggiore di energia. Il trasporto può avvenire attraverso pipeline on-shore o off-shore o, in alternativa, attraverso navi cisterna. Lo stoccaggio definitivo può essere attuato attraverso minera-



lizzazione, biofissazione, assorbimento negli strati profondi degli oceani e in siti geologici adatti costituiti da giacimenti esausti, acquiferi salini o strati porosi profondi.

Problemi di costo, di regolamentazione e di accettazione

Le tecnologie CCUS sono in parte basate su processi con una buona maturità tecnologica e commerciale, già diffusi in alcuni settori industriali, tuttavia la loro applicazione su larga scala, in particolare nel settore della elettro-generazione e in altri settori ad alta produzione di CO₂ (es: cemento) è ostacolata da problemi di costo, di regolamentazione, di accettazione dello stoccaggio geologico e di scaling-up dei processi. Attualmente le tecnologie CCS sono presenti solo in pochi impianti su scala industriale e commerciale in particolare nel settore dell'estrazione di gas naturale da giacimenti con elevato contenuto di CO₂ e nel settore della generazione elettrica o industriale. **Le potenziali applicazioni in campo industriale possono variare dal settore siderurgico a quello del cemento, dal settore dell'ammoniaca e dei fertilizzanti a quello della produzione di idrogeno blu.** In campo siderurgico, una delle applicazioni riguarda la cattura applicata sul gas di altoforno che diventa

un ottimo riducente ad alto contenuto di idrogeno. Nell'industria del cemento, che in genere utilizza combustibili a basso costo, può rappresentare una soluzione per la decarbonizzazione a valle della combustione. Nell'industria dell'ammoniaca e dei fertilizzanti, è alla base della produzione dell'idrogeno necessario per la sintesi. **Tutti questi processi sono infatti contraddistinti dalla presenza di flussi che contengono alte concentrazioni di anidride carbonica che possono essere trattati e diventare sorgente di anidride carbonica più o meno pura da inviare a stoccaggio o all'utilizzo (Carbon Capture Utilization - CCU).** Nel caso di alcuni prodotti industriali e della produzione di combustibili la CO₂ viene di fatto già separata per consentire la produzione delle sostanze e materiali desiderati. La produzione di biometano, per esempio, utilizza solventi e membrane per separare l'anidride carbonica dal biogas proveniente dalla fermentazione di residui alimentari, agroindustriali e zootecnici e costituito prevalentemente da metano e anidride carbonica.

Il contributo degli E-fuels

C'è un consenso abbastanza diffuso sul fatto che anche la produzione di E-fuels potrà giocare un ruolo importante nella transizione energeti-

ca. Si tratta di combustibili sintetici prodotti a partire da idrogeno generato da elettrolisi alimentata da energia elettrica (nel caso migliore al 100% da fonti energetiche rinnovabili) e CO₂ da impianti di cattura. Si ritrovano tipicamente allo stato gassoso mentre altri sono liquidi. Partendo dalla filiera più corta si possono citare a parte l'idrogeno, il metano, il metanolo, il DME, le benzine, il diesel, il kerosene. Sono prodotti utilizzabili direttamente o in miscela nelle utenze preesistenti che al momento utilizzano combustibili di origine fossile. Se i reagenti utilizzati per la sintesi (H₂ e CO₂) sono di origine rinnovabile così sarà il prodotto sintetizzato. Ci sono diversi processi che vengono utilizzati in genere basati su reazioni catalizzate a specifiche condizioni di temperatura e pressione. In particolare, per i prodotti con composizione più complessa si utilizza il processo Fisher-Tropsch che a partire da una miscela di idrogeno e monossido di carbonio e anidride carbonica produce idrocarburi liquidi. Non sono tanti gli esempi di questo tipo di impianti operativi in scala significativa a livello globale, ma diversi progetti attuati da provider tecnologici e grandi utility sono in corso su questo tema.

Per info: paolo.deiana@enea.it