

La transizione energetica e il ruolo della cattura dell'anidride carbonica

QUADRO DI RIFERIMENTO

La cattura dell'anidride carbonica emessa dagli impianti di generazione elettrica e da altre produzioni industriali, unita al suo riuso e/o il suo confinamento in serbatoi geologici, cosiddetto CCUS (Carbon Capture Use and Sequestration), ha avuto il maggior sviluppo nella prima decade degli anni duemila, per poi subire un rallentamento nel secondo decennio fino al 2017, come mostrato nella figura 1 [1].

Oggi, le strutture impiantistiche dedicate al CCUS in tutto il mondo hanno la capacità di catturare più di 40 Mt di CO₂ ogni anno. Alcuni di questi impianti sono operativi in Texas dagli anni '70 e '80, con la funzione di incrementare la produzione di idrocarburi nelle fasi di estrazione, nei campi di metano e di petrolio (EOR – Enhanced Oil Recovery). Da questi primi progetti, l'implementazione del CCUS si è estesa in altri paesi del mondo dalla Norvegia al Giappone. Il primo progetto di cattura e iniezione di CO₂ su larga scala è stato commissionato presso l'impianto di gas offshore di Sleipner in Norvegia nel 1996. Il progetto ha ad oggi immagazzinato più di 20 Mt di CO₂ in una formazione salina profonda situata a circa 1 km sotto il Mare del Nord.

La COP-26, la conferenza sul clima tenuta a Glasgow, ha confermato i risultati raggiunti nell'accordo in ambito europeo dello scorso 21 aprile, fissando definitivamente gli obiettivi al contenimento delle emissioni di gas Serra, con la riduzione, rispetto ai livelli del 2010, di almeno il 45 per cento entro il 2030 e l'annullamento entro la metà di questo secolo.

Questo programma consente di rispettare gli obiettivi dell'Accordo di Parigi sul clima, mantenendo l'aumento della temperatura media terrestre al di sotto di 1,5 gradi centigradi rispetto ai livelli preindustriali, condizione ritenuta compatibile per la vita futura dell'umanità. L'International Energy Agency (IEA) ha sviluppato via via scenari energetici finalizzati al raggiungimento di questi obiettivi che sono divenuti sempre più sfidanti e impegnativi. Gli scenari si sono sviluppati a partire da quello definito sulla base degli interventi dichiarati inizialmente dai paesi aderenti (Stated Policies Scenario – STEPS), a quello degli impegni presi successivamente (Announced net zero Pledges Scenario – APS), allo scenario di sviluppo sostenibile (Sustainable Development Scenario – SDS), fino all'ultimo, definito Net Zero

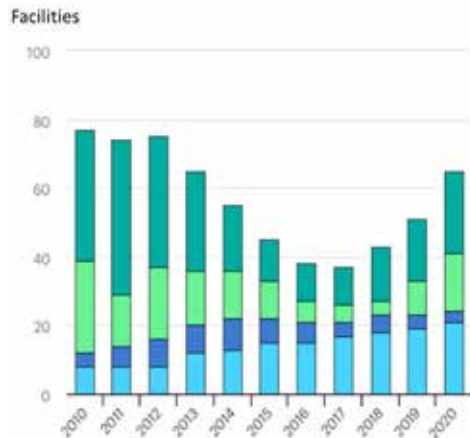


FIGURA 1 - Andamento del numero degli impianti nella seconda decade degli anni 2000 (IEA – 2021)

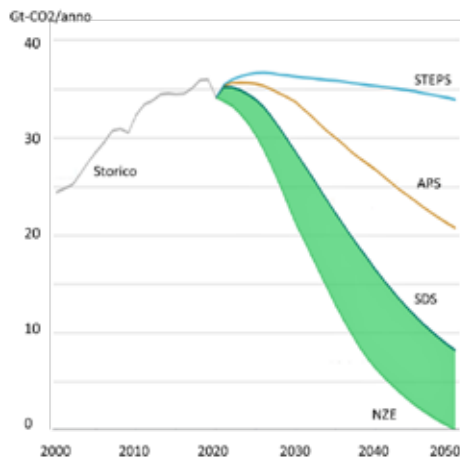


FIGURA 2 - Riduzione delle emissioni di CO₂ nei diversi scenari (IEA – 2021)

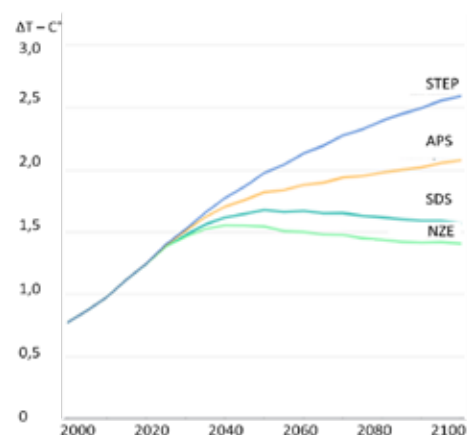


FIGURA 3 - Incrementi di temperatura per i vari scenari (IEA – 2021)

Scenario (NZE), che nelle ipotesi adottate consente l'azzeramento delle emissioni di carbonio al 2050 [2].

L'introduzione dello scenario NZE, più restrittivo dei precedenti, è derivata dall'esigenza di raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050 per mantenere il riscaldamento globale entro 1,5 °C, manifestatasi negli ultimi anni e confermata ulteriormente nell'ambito della COP 26. Tuttavia questo scenario, seppur fatto proprio da Europa e Stati Uniti, non è stato completamente accettato da tutti paesi, come ad esempio Russia e Arabia Saudita, grandi produttori di idrocarburi, che hanno posticipato il raggiungimento dell'obiettivo al 2060 e Cina e India almeno al 2070. Gli andamenti di emissioni annue relativamente ai diversi scenari sono confrontati in figura 2. A ciascuno di essi corrispondono andamenti di crescita della temperatura media terrestre, mostrati in figura 3, da cui si evidenzia che la stabilizzazione a lungo termine dell'incremento di temperatura a 1,5 °C, è realizzabile solo implementando lo scenario cosiddetto NZE. I punti determinanti su cui si basa questo scenario sono il ricorso alle fonti rinnovabili, la bioenergia, il miglioramento dell'efficienza e il contenimento della domanda, l'incremento della produzione elettrica e la sua penetrazione in tutti i settori, la produzione di idrogeno verde destinato soprattutto al trasporto navale e aereo e al settore chimico e infine la cattura dell'anidride carbonica prodotta dagli impianti, finalizzata al riutilizzo e/o al confinamento geologico. Quindi dopo una fase di progressivo rallentamento, la cattura della CO₂ torna ad essere uno strumento importante nel nuovo scenario di decarbonizzazione completa al 2050 e dovrà prevedere potenzialità ben più elevate delle attuali 40 Mt/anno.

TECNICHE DI CATTURA, UTILIZZO E SEQUESTRO DELLA CO₂

Il quadro complessivo dei processi di CCUS è riportato schematicamente nella figura 4. La CO₂ è prodotta in gran quantità dagli impianti termoelettrici a combustibili fossili, da processi industriali, dalla combustione di biomasse, anche se in quest'ultimo caso si tratta di una produzione a bilancio zero, in quanto le biomasse hanno precedentemente assorbito la CO₂ per generarsi. La sua rimozione può essere effettuata in diverse modalità, quali:

1. La conversione in combustibili sintetici, in prodotti chimici o in materiali per l'edilizia
2. L'utilizzo diretto per la produzione di alghe, fertilizzanti, come solvente per facilitare l'estrazione di fonti fossili, come fluido di lavoro in impianti di generazione elettrica, e in campo medico e alimentare
3. Il suo immagazzinamento in serbatoi geologici

La prima modalità, cioè la conversione in combustibili sintetici e prodotti chimici, richiede l'impiego di idrogeno, ovviamente da fonti rinnovabili, altrimenti non servirebbe per la finalità della decarbonizzazione o, nel caso di produzione da fonti fossili, associata comunque alla reiniezione della CO₂. La produzione di materiali da costruzione richiede tecniche di mineralizzazione per produrre carbonati, ad alta pressione piuttosto complesse ed energivore.

La seconda modalità è attualmente praticata, per quanto concerne incremento della resa di estrazione dei combustibili, ma limitata ai siti di estrazione. L'uso medico e alimentare, seppur di interesse, rappresenta un'entità poco rilevante, rispetto all'obiettivo della decarbonizzazione.

Rimane la terza modalità, cioè il suo confinamento in serbatoi sotterranei. Si tratta di un processo complesso che include la cattura, la compressione o la liquefazione, il vettoriamento e l'iniezione nei pozzi, spesso distanti dagli impianti di produzione.

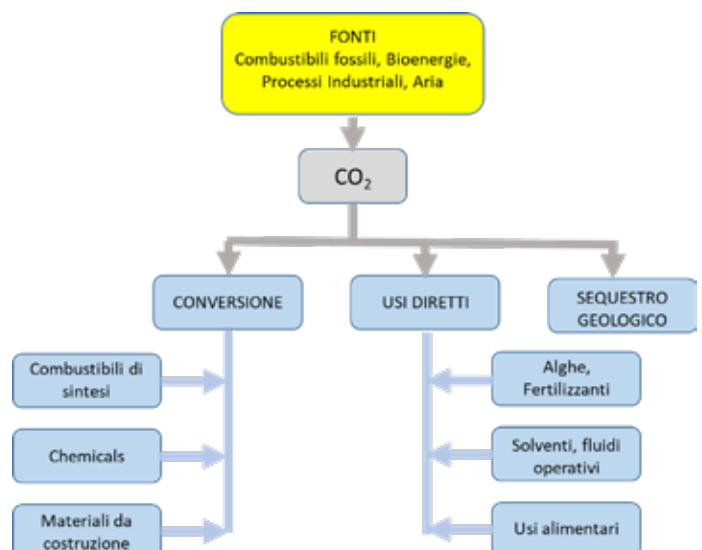
La cattura nei sistemi di generazione elettrica può essere effettuata essenzialmente attraverso tre strade che consentono la separazione e la concentrazione della CO₂, quali:

1. Trattamento dei fumi in uscita mediante lavaggio con sorbenti / solventi e successivo strippaggio o mediante separazione con membrane polimeriche
2. Combustione in ossigeno con produzione di fumi concentrati in CO₂
3. Gassificazione dei combustibili fossili con successiva reazione di shift con produzione di idrogeno e CO₂ concentrata

Si tratta di processi costosi sia in termini di impiantistica, che di perdita di efficienza, per cui il costo dell'elettricità prodotta può salire anche di due o tre volte a seconda del combustibile, rispetto a quello degli impianti senza cattura. Tra le tre soluzioni, forse la più interessante sulla carta è la terza, la produzione di idrogeno, ma non è implementabile negli impianti a combustione tradizionali e richiede un'impiantistica ad hoc legata alla gassificazione.

Per il metano questa soluzione risulta più agevole rispetto al carbone ed è basata sull'accoppiamento di due processi, il reforming e lo shift, al fine di produrre idrogeno, cosiddetto blu, se accoppiata al CCUS. Ovviamente la produzione di idrogeno da fonte fossile è ambiental-

FIGURA 4 - Processi di cattura, utilizzo e sequestro della CO₂



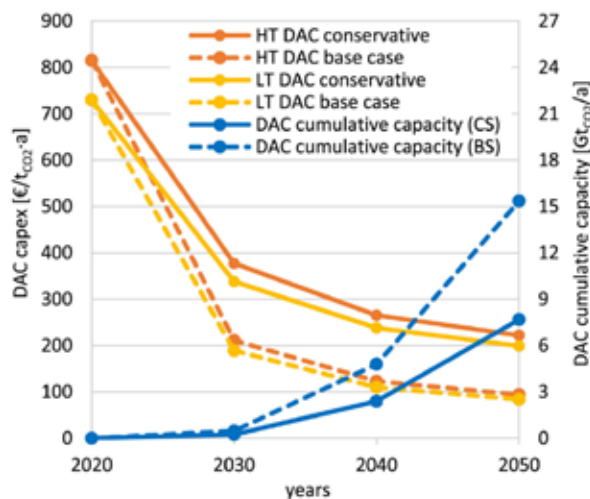


FIGURA 5 - Andamento dei costi della cattura diretta della CO₂ dall'aria [3]

mente compatibile solo attraverso la applicazione contestuale della CCUS. Sulla opportunità della cattura e del sequestro della CO₂ si è sviluppato recentemente in Italia un dibattito, a cui ha fatto seguito l'iniziativa di docenti universitari e ricercatori che hanno inviato un appello al presidente del Consiglio e al presidente della Repubblica contro il CCUS, ritenendolo un modo per consentire di continuare ad usare i combustibili fossili, compromettendo il percorso avviato verso una transizione energetica realmente sostenibile. Nella prima decade degli anni 2000, Eni ed Enel avevano già avviato un progetto di CCUS, siglando nel 2008 un accordo strategico di cooperazione per lo sviluppo delle tecnologie di cattura, trasporto e stoccaggio dell'anidride carbonica, emessa dalla centrale Enel di Brindisi per essere immagazzinata da Eni nel suo giacimento esaurito presso Cortemaggiore. Lo stoccaggio della CO₂ nei pozzi esauriti è anche un modo di renderli nuovamente produttivi e quindi di continuare a utilizzare com-

combustibili fossili, andando incontro agli interessi delle compagnie petrolifere.

Tuttavia pur ritenendo che la transizione energetica debba basarsi su fonti con assenza di carbonio, il ricorso ai combustibili fossili appare inevitabile nella fase di transizione e in questo caso il CCUS risulta necessario. Necessario è anche l'utilizzo delle risorse fossili nazionali, seppur limitate, rispetto a quelle di importazione, per ridurre il condizionamento economico da parte dei paesi che posseggono gran parte di queste fonti (Russia e Medio Oriente)

Veniamo ora all'altra soluzione, la Cattura Diretta dall'Atmosfera della CO₂ (DAC - Direct Atmosphere Capture), che consiste nel separare l'anidride carbonica dall'aria, dove è presente in concentrazione pari allo 0,04%, provvedendo poi al suo confinamento. La bassissima concentrazione determina costi di cattura notevolmente elevati, molto superiori a quelli relativi alla cattura effettuata sui fumi a bocca degli impianti combustione. La stima dei costi e il loro andamento decrescente legato allo sviluppo industriale della tecnologia, sono riportati nel diagramma di figura 5.

In particolare la figura prevede due scenari di crescita della capacità installata di questa tecnologia, quello conservativo più ridotto (CS) e quello ipotizzato di base (BS). Per i due scenari vengono riportati le tendenze di riduzione dei costi rispettivamente per i processi ad alta (HT) e bassa temperatura (LT).

Anche assumendo un costo per tonnellata di CO₂ rimossa pari al valore a tendere di 200 €/t, relativo allo scenario base (valore ottimistico se si considera che la cattura molto più agevole a bocca di impianto è stimata oggi in circa 100 €/t), considerando di rimuovere soltanto la quota aggiuntiva di CO₂ immessa ogni nell'atmosfera, l'impegno economico richiesto, risulterebbe superiore all'intero PIL mondiale del settore energetico.

CONCLUSIONI

La necessità di anticipare l'azzeramento delle emissioni di gas Serra al 2050, come previsto nello scenario NZE, rafforza il ruolo della cattura, utilizzo e sequestro dell'anidride carbonica (CCUS), con un riadattamento rispetto alla strategia precedente prevista nell'ambito dello scenario SDS. L'attenzione si focalizza infatti sulla produzione di idrogeno, sulla cattura dalla bioenergia e addirittura su quella diretta dall'aria.

La CCUS è uno dei due modi principali per produrre idrogeno a basse emissioni di carbonio, che rappresenta la base per combustibili sintetici destinati ai settori più energivori del trasporto marino e dell'aviazione. L'uso globale dell'idrogeno, già nello scenario di sviluppo sostenibile, aumenta di sette volte fino a 520 mega tonnellate (Mt) entro il 2070. La maggior parte della crescita nella produzione di idrogeno a basse emissioni di carbonio deriva dall'elettrolisi dell'acqua utilizzando elettricità pulita, con una potenza enorme da installare di circa 3300 GW a partire da meno di 0,2 GW oggi. Il restante 40% dell'idrogeno a basse emissioni di carbonio proviene dall'utilizzo di fonti fossili, in particolare nelle regioni con combustibili fossili a basso costo, con impianti dotati di CCUS, e stoccaggio di CO₂. Gli impianti di idrogeno dotati di CCUS operano già oggi in sette località, producendo 0,4 Mt di idrogeno, tre volte più idrogeno di quello prodotto dagli elettrolizzatori [1].

L'anticipazione al 2050 delle emissioni zero necessita di mettere in campo ulteriori opzioni. Se la cattura diretta dall'aria, come già detto precedentemente, sembra di difficile implementazione a causa degli elevati costi, la cattura dalla bioenergia appare un'opzione molto interessante, potendo realizzare condizioni di emissione negative, essendo la CO₂ prodotta da biomasse già neutra al carbonio.

Concludendo, se il CCUS rappresentava oltre il 10% della riduzione cumulativa delle emissioni nello scenario di sviluppo sostenibile, nel nuovo scenario di emissioni zero al 2050 è ipotizzabile un significativo incremento di questo valore di non meno del 50%

REFERENZE

1. IEA, About CCUS -Playing an important and diverse role in meeting global energy and climate goals, Technology report, April 2021
2. IEA, World Energy Outlook 2021, Flagship report, October 2021
3. Mahdi Fasihi, Olga Efimova, Christian Breyer Techno-economic assessment of CO₂ direct air capture plants - ELSEVIER, Journal of Cleaner Production, Volume 224, 1 July 2019