



ALLEGATO AL DOCUMENTO DI OSSERVAZIONI AL PIANO RIFIUTI ROMA

LE TECNOLOGIE CCS

Nel presente documento si riportano alcune considerazioni generali sulle tecnologie CCS (Carbon Capture and Storage), concepite per impianti industriali – essenzialmente termoelettrici - forti emettitori di CO₂, che non hanno trovato, però, una utilizzazione pratica per gli elevati costi e per le difficoltà complessive di tutto il sistema.

Si è cercato poi di estendere lo spettro di interesse facendo anche riferimento alla utilizzazione della CO₂ (CCUS, Carbon Capture, Utilization and Storage), ma non si è andati oltre le applicazioni già realizzate nel settore petrolifero.

Non si ritengono assolutamente idonee per l'applicazione in impianti di incenerimento di rifiuti, per le ragioni che ne sconsigliano l'impiego addirittura in impianti a carbone, e per i costi ancor più proibitivi in considerazione della taglia (medio-piccola) di tali impianti.

Premessa

Le tecnologie di cattura e stoccaggio del CO₂ (CCS) sono state a lungo considerate una importante opportunità per un impiego dei combustibili fossili compatibile con l'esigenza di limitare l'emissione di gas serra a livelli sostenibili per l'ambiente.

Molte delle tecnologie CCS 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) ma hanno bisogno di essere integrate opportunamente con l'impiantistica di produzione energetica per minimizzare le perdite energetiche ed i costi aggiuntivi ad esse associate. Tali tecnologie, però, non sono mature per applicazioni in situazioni reali, e richiedono ancora attività di R/S/D.

L'ipotesi di introdurre le CCS si basava sulla considerazione che in alcune aree geopolitiche il carbone avrebbe continuato ad essere impiegato per molti decenni, principalmente per la generazione elettrica ma anche in altri processi industriali, e dunque risultava necessario utilizzare tecnologie pulite sempre più efficaci nella riduzione delle emissioni di macro e micro inquinanti, e allo stesso tempo soluzioni in grado di abbattere radicalmente le emissioni di anidride carbonica, sia puntando da un lato al miglioramento delle efficienze energetiche - legate all'innovazione dei cicli termodinamici e all'utilizzo di materiali innovativi – dall'altro allo sviluppo e alla dimostrazione di tecnologie di cattura e confinamento della CO₂ (tecnologie CCS).

L'utilizzo di tecnologie CCS può ridurre le emissioni di CO₂ causate dagli impianti di potenza dell'80% - 90%, con una riduzione di efficienza energetica pari a circa 8-12 punti percentuali.

Gli impianti di generazione elettrica da combustibili fossili non sono chiaramente gli unici produttori di anidride carbonica (basti pensare agli impianti dell'industria metallurgica, cementifici, vetro, ceramica, al settore dei trasporti etc.) ma rappresentano un settore importante essendo ad essi imputabile, a livello globale, l'emissione annuale di circa 1/3 dei 30.000 milioni di tonnellate di CO₂. In Italia il livello globale di emissioni di CO₂ è dell'ordine di circa 600 Mt annue, di cui 150 imputabili al settore generazione elettrica.

Le tecnologie di cattura della CO2

Nei processi di generazione elettrica, la CO2 può essere separata dagli altri effluenti sia con metodi di cattura pre-combustione, grazie ad un trattamento sul combustibile di origine fossile a monte della combustione, che con metodi di cattura post-combustione che si applicano appunto a valle della combustione, sui fumi prodotti. Esiste poi una terza possibilità, che è rappresentata dall'utilizzo di sistemi a oxy-combustione, che impiegano come comburente ossigeno invece che aria, e che da luogo ad un flusso di CO2 molto concentrata.

Le tecnologie proposte sono attualmente a differenti stadi di maturazione.

La cattura effettuata a monte della combustione (precombustion) si può applicare in sistemi alimentati sia a carbone che a gas naturale; nel primo caso attraverso i processi di gassificazione del carbone, nel secondo caso a seguito di un processo di reforming; in entrambi i casi il processo di cattura della CO2 prevede una reazione di CO-shift seguita dall'assorbimento della CO2, che generalmente è di tipo fisico essendo quest'ultimo favorito dalle alte pressioni presenti.

Tale tipo di tecnologia, considerata promettente dal punto di vista sia dei costi che dell'efficienza, potrebbe essere impiegata anche in sistemi integrati con la gassificazione del carbone (IGCC) o in cicli combinati a gas (NGCC).

Le problematiche di R/S, per questa categoria di sistemi, sono legate essenzialmente alla minimizzazione delle perdite energetiche, buona parte delle quali sono localizzate nel reattore di reforming nel caso degli NGCC, ad una ottimale integrazione del sistema complessivo ed infine all'adattamento della turbina a gas al funzionamento con syngas ricco di idrogeno.

La cattura a valle della combustione (postcombustion) implica l'utilizzo di sistemi di assorbimento chimico della CO2 dai gas esausti provenienti da impianti operanti o con cicli a vapore in condizioni super-critiche, o da impianti a ciclo combinato alimentati a gas. Il vantaggio principale di questa tecnologia è la possibilità di essere applicata anche ad impianti esistenti, previa verifica della disponibilità dei necessari spazi.

Le problematiche di R/S nei sistemi di cattura post-combustion sono da identificarsi essenzialmente nella minimizzazione del fabbisogno energetico della rigenerazione dei solventi (generalmente ammine) per la cattura della CO2, anche attraverso la ricerca di nuovi tipi di solventi.

La terza opzione, cioè l'ossi-combustione di combustibili fossili, impiega ossigeno più o meno puro come comburente e produce gas esausti con un'altissima percentuale di CO2, che può essere facilmente separata.

In questo caso la ricerca è volta sia verso la minimizzazione delle perdite energetiche dell'ASU (Air Separation Unit per separazione dell'ossigeno dall'aria) visto il largo consumo di ossigeno di questi sistemi, sia verso la camera di combustione, sia infine verso il ciclo di produzione energetica.

Altri metodi di separazione, come quelli basati sull'utilizzo di membrane, sono stati considerati, sia da soli che in combinazione con altre tecniche di assorbimento, come opzioni a lungo termine per entrambe le applicazioni di cattura pre e post combustione.

Le variazioni sull'efficienza elettrica più elevate si riscontrano per gli impianti a polverino di carbone (25%); ciò è dovuto a due motivi: il più basso valore dell'efficienza dell'impianto base e l'elevato consumo energetico necessario per la separazione della CO₂ a causa della forte diluizione della CO₂ nei gas di scarico.

Per quanto riguarda i dati sulle emissioni di CO₂, un attuale impianto a carbone di 500 MWe emette poco meno di 3 milioni di tonnellate all'anno, mentre circa la metà è la quantità di CO₂ emessa dagli impianti a ciclo combinato a gas naturale; nel caso di applicazione delle CCS, tali quantità si riducono per tutti gli impianti a valori compresi tra 300.000 e 450.000 tonnellate, riducendosi ulteriormente nel caso di sviluppo delle tecnologie.

Le tecnologie di utilizzo della CO₂

Le tecnologie di utilizzo della CO₂ ai fini produttivi sono sostanzialmente due:

- Enhanced Oil & Gas Recovery (EOR ed EGR): iniezione di CO₂ in pozzi operative di petrolio o gas per aumentarne la produttività;
- Enhanced Coal Bed Methane (ECBM): iniezione di CO₂ in giacimenti esauriti di carbone, con fissaggio della CO₂ ed estrazione di metano

La metodologia EOR, consistente sostanzialmente in un incremento del recupero di petrolio mediante l'utilizzo di CO₂, è stata sviluppata e applicata principalmente negli USA non specificatamente per il confinamento della CO₂ ma per aumentare la capacità di estrazione del petrolio.

Il metodo EGR è in una fase sperimentale e, come l'EOR, la CO₂ non è considerata come un rifiuto ma come una commodity che si inserisce nelle attività produttive esistenti. In Italia la CO₂ è stata proposta di recente come cushion gas nelle attività di stoccaggio del gas naturale; in pratica consiste nel sostituire il cushion di gas naturale, che può raggiungere anche il 50% del gas totale immagazzinato, con la CO₂ e quindi evitare l'immobilizzo di capitali piuttosto ingenti.

Il metodo ECBM sta trovando un certo interesse in diverse nazioni Europee in quanto i bacini carboniferi sono piuttosto noti e anche se le capacità di confinamento sono molto inferiori rispetto a quelle degli acquiferi salini, si può instaurare un ciclo che oltre al fissaggio della CO₂ consente il recupero e quindi la produzione di gas metano.

Le tecnologie di storage della CO₂

Il destino relativo alla CO₂ catturata prevede diverse possibilità. Si va dal suo utilizzo a fini produttivi, alla biofissazione e a diverse possibilità di stoccaggio che si possono suddividere in: confinamento geologico, confinamento marino e minerale/chimico.

Per biofissazione si intendono i processi di produzione di biomassa ove viene fissata la CO₂ grazie all'energia solare (forestazione, utilizzo di microalghe, ciano-batteri e formazione di idrati).

Il confinamento geologico può essere attuato in formazioni saline profonde, in pozzi esauriti di petrolio-gas, in giacimenti di carbone profondi o in campi geotermici non sfruttabili.

Tipologia di confinamento della CO ₂	Potenzialità
reazioni mineralogiche	1
carbone: giacimenti non coltivabili	10
giacimenti esauriti di olio e gas	100
acquiferi salini profondi	1000

Tab. 1 - Potenzialità delle diverse possibilità di sconfinamento (fonte ZEP)

La Tabella 1, elaborata dalla piattaforma tecnologica europea ZEP, fornisce una indicazione sulla potenzialità relativa dei vari metodi utilizzabili per il confinamento della CO₂: si passa da una potenzialità molto bassa relativamente ai metodi chimici, a valori assai elevati per il confinamento geologico in acquiferi salini profondi.

Esistono invece diverse stime a livello mondiale sulle capacità di confinamento della CO₂ come quelle riportate in Tabella 2 proposte da uno studio di IPCC.

Capacità globali di stoccaggio	Gtonn CO ₂
Acquiferi salini profondi	6.000 - 10.000
Giacimenti di petrolio e gas	900 - 1.300
Miniere di carbone	60 - 150

Tab. 2 - Capacità relative alle diverse possibilità di sconfinamento (fonte IPCC)

Altre stime indicano per i soli campi esauriti a olio e gas una capacità di stoccaggio di oltre 1800 Gt CO₂: tale volume potrebbe coprire la produzione mondiale di CO₂ per un arco di tempo superiore ai prossimi 20 anni. Molto superiore sembra il potenziale degli acquiferi salini.

Per quanto riguarda la situazione italiana, si stima per il nostro Paese una capacità di sequestrazione geologica della CO₂ negli acquiferi profondi, ivi incluse le aree geotermiche, di 440 Mt, dei quali 353 onshore e 84 Mt offshore. Per quanto riguarda i giacimenti di olio e gas onshore il valore stimato è di 1.790 Mt di CO₂. Pertanto complessivamente in Italia si potrebbero sequestrare 2.230 M/t di CO₂, come mostrato in Tabella 3.

Potenzialità di stoccaggio in Italia	Mtonn CO ₂
Acquiferi on-shore	353
Acquiferi off-shore	84
Giacimenti di olio e gas on-shore	1.790
Totale nazionale	2.230

Tab. 3 - Capacità di stoccaggio in Italia (fonte UE)

Le principali barriere all'applicazione delle tecniche di stoccaggio geologico sono individuabili nella insufficiente conoscenza della geologia delle aree d'interesse, per quanto riguarda in particolare gli aspetti mineralogici, idrologici e geochimici e nella limitatezza delle conoscenze in merito al comportamento della CO₂ immagazzinata, sia ai fini degli effetti globali, quali rischio di fughe che potrebbero in parte vanificare lo sforzo di cattura e confinamento, che locali dati da effetti dannosi sull'ambiente e sulla popolazione in caso di rilascio rapido di quantità significative.

Altri ostacoli che attualmente ne limitano l'uso sono invece quelli della inadeguatezza della normativa relativa alla gestione dei rifiuti, all'uso del sottosuolo e del mare e all'accettabilità sociale, in relazione in particolare ai rischi di effetti locali dannosi.

Molti progetti sono stati avviati in varie parti del mondo, per validare i metodi per la scelta dei siti e la stima dei rischi in una pluralità di contesti geologici molto diversificati, e anche per ottimizzare le tecniche di controllo dalla superficie dell'evoluzione negli strati geologici profondi della CO₂ iniettata. Il fine ultimo è quello di sviluppare "best practice" e "standard" per tutte le fasi operative connesse, che servano da base nella definizione delle procedure autorizzative e delle responsabilità correlate alla scelta dei siti, all'esecuzione del confinamento, al controllo a breve e lungo termine, all'abbandono dei siti di confinamento.

Problematiche di accettabilità sociale e normative

Dal punto di vista generale l'adozione di nuovi sistemi di produzione e gestione dell'energia comporta l'emergere di nuove problematiche di gestione del territorio. Da un lato si rendono necessari adeguamenti e innovazioni nell'ambito amministrativo-legislativo, dall'altro nasce l'esigenza di far conoscere le nuove tecnologie e i vantaggi/svantaggi che esse procurano, per assicurare un processo partecipativo dei cittadini e delle istituzioni territoriali. Ciò vale in modo particolare per le tecnologie CCS.

Occorrono progetti dimostrativi in grado di verificare definitivamente tale opzione, dimostrando il buon funzionamento degli impianti per produzione di elettricità e la sicurezza delle tecniche di confinamento geologico anche mediante la qualificazione delle metodologie di monitoraggio.

E' essenziale il rapporto con il sistema socio-politico territoriale, identificato nella dimensione regionale e comunale, elaborando un'articolata strategia di informazione-comunicazione basata sulle evidenze scientifiche e tecnologiche, ma tarata sulle problematiche socio-culturali e territoriali.

Le attività di R/S/D sulla CCS

Il settore delle tecnologie CCS che richiede sicuramente il maggiore impegno tecnologico è quello dell'applicazione dei sistemi di cattura della CO₂ all'impiantistica energetica.

Se nel breve-medio periodo l'obiettivo principale è la dimostrazione delle tecnologie disponibili (pre, post e oxyfuel combustion), nel lungo periodo l'obiettivo è lo sviluppo e dimostrazione di tecnologie ancora più efficienti e meno costose.

Per quanto riguarda gli altri settori, quello del trasporto della CO₂ è considerato sostanzialmente maturo, e richiede essenzialmente attività di ottimizzazione, mentre il settore del confinamento della CO₂, anche se per alcune applicazioni è maturo da tempo – come nel caso dell'iniezione di anidride carbonica in pozzi petroliferi per aumentarne la produttività – necessita di attività di messa a punto e dimostrazione specialmente al fine di accrescere il livello di "confidenza" e quindi la accettabilità sociale.

Sarebbe necessario realizzare impianti dimostrativi in modo da verificare la possibilità di passare alla fase commerciale, e continuare le attività di ricerca con l'obiettivo di ridurre ulteriormente i costi di cattura ed incrementare l'efficienza complessiva.

Risulta invece indispensabile effettuare una mappatura accurata dei siti geologici atti allo storage della CO2 e avviare programmi dimostrativi sulle potenzialità delle tecnologie di storage geologico, verificando l'efficienza e la sicurezza pur rimanendo opportuno sondare altre metodologie di storage diverse da quelle geologiche.

Gli obiettivi delle attività di R/S/D nei prossimi anni si possono così sintetizzare:

- abbassare il costo della CO2 evitata a valori tali da rendere competitivo l'impiego delle CCS;
- ridurre i costi di investimento degli impianti CCS;
- ridurre i costi di esercizio degli impianti CCS;
- ridurre l'energia aggiuntiva richiesta per l'applicazione delle tecnologie CCS;
- ottenere elevata disponibilità in termini di ore/anno di esercizio.

In conclusione, in passato **le tecnologie CCS** sono state considerate essenziali per contribuire al raggiungimento degli obiettivi di emissione di CO2, ma non sono state sviluppate al punto da poter essere impiegate a costi ragionevoli e garantendo adeguata efficienza e affidabilità.

Pertanto, dopo una fase di grande impegno molti programmi di ricerca/sviluppo/dimostrazione **hanno subito un consistente ridimensionamento.**

Recentemente si è tornati a considerare le CCS, ma limitandone il campo di applicazione a settori dove non sono ipotizzabili altre soluzioni per la riduzione delle emissioni di CO2.

Sono, infine, stati lanciati progetti di CCS per la produzione di **"idrogeno blu"**, prodotto dalla sua separazione dal gas naturale attraverso la cattura della CO2 per un suo stoccaggio successivo.

Si fa presente, a tal proposito, che l'idrogeno è stato reintrodotta nelle politiche di sviluppo tecnologico ed energetiche quale sistema di stoccaggio dell'energia rinnovabile (**idrogeno verde**): l'eccesso di energia elettrica rinnovabile, rispetto alla domanda in alcuni periodi della giornata, viene utilizzato in sistemi per l'elettrolisi dell'acqua per produrre idrogeno che poi può essere utilizzato successivamente quale vettore energetico.