



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO



Ricerca di Sistema elettrico

## Attività legate a IEA CLEAN COAL CENTRE

*Eusebio Loria, Alice Masili, Gianni Serra*



Report RdS/PAR2017/227

Attività legate a IEA CLEAN COAL CENTRE  
Eusebio Loria, Alice Masili, Gianni Serra

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA  
Piano Annuale di Realizzazione 2017

Progetto: Tecnologie e Metodologie 'Low Carbon' e Edifici ad energia quasi Zero (nZEB) - CUP I12F17000070001

Parte A: Tecnologie per l'impiantistica energetica 'low carbon'

Tema C: Disseminazione dei risultati

Responsabile del Progetto: dott.ssa Franca Rita Picchia, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Tecnologie e metodologie Low Carbon e Edifici ad energia quasi zero (nZEB)*"

Responsabile scientifico ENEA: ing. Paolo Deiana

Responsabile scientifico SOTACARBO: ing. Enrico Maggio

## Indice

SOMMARIO .....	4
1 INTRODUZIONE .....	5
1.1 SCOPO E MANDATO .....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI .....	6
2.1 3RD WORKSHOP AUSC POWER PLANT .....	6
2.2 SESTA EDIZIONE SULCIS CCS SUMMER SCHOOL .....	8
2.3 TRADUZIONE DI REPORT .....	8
2.4 ATTIVITÀ DI PUBBLICAZIONE DELLA TESTATA DIGITALE “ONE” .....	14
2.5 PARTECIPAZIONE IEA CLEAN COAL CENTRE EXCO MEETING .....	15
3 RAPPORTO OBIETTIVI-RISULTATI OTTENUTI .....	17
4 CONCLUSIONI .....	17
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI .....	17

## Sommario

Il presente documento costituisce una nota sintetica delle attività svolte in collaborazione con l'International Energy Agency Clean Coal Centre, dove la Società rappresenta l'Italia dal 1989 su indicazione dell'allora ministero dell'Industria.

Nel periodo oggetto del presente rapporto le attività hanno riguardato:

- La co-organizzazione della terza edizione del Workshop AUSC Power Plant (Advanced Ultra Super Critical Power Plant) in collaborazione con IEA Clean Coal Centre e RINA Consulting – CSM (Centro Sviluppo Materiali), che ha visto la partecipazione di 70 delegati da 12 differenti paesi che si sono confrontati sui progressi a livello mondiale degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati a carbone;
- La collaborazione nell'organizzazione della 6a edizione della Sulcis CCS Summer School;
- La sottoscrizione di un accordo di collaborazione triennale “Studies collaboration agreement” per la redazione congiunta di report di interesse comune;
- La traduzione sintetica dei report prodotti nel periodo da IEA CCC, con pubblicazione sul sito aziendale degli estratti e del link al report originale;
- La collaborazione nella redazione della rivista digitale [ONE] [onlynaturalenergy.com](http://onlynaturalenergy.com);
- La partecipazione ai due EXCO meeting annuali, con il coinvolgimento dei rappresentanti dei Paesi membri dell'organizzazione internazionale indipendente IEA CCC (International Energy Agency Clean Coal Centre) nell'individuazione e nella predisposizione di campagne informative rivolte ai non addetti ai lavori sul tema delle tecnologie CCUS.

# 1 Introduzione

## 1.1 *Scopo e mandato*

Istituito nel 1975 lo IEA Clean Coal Centre è uno dei quaranta Implementing agreement dell’Agenzia internazionale per l’Energia (IEA).

Il Clean Coal Centre è universalmente ritenuto la fonte più importante, imparziale e autorevole di informazioni, ricerche e analisi sul carbone e sulle tecnologie che possano permetterne un utilizzo efficiente e ambientalmente sostenibile.

Il Centro pubblica rapporti tecnici, analisi e commenti; agevola le attività di ricerca e sviluppo nel settore; organizza workshops e conferenze e gestisce il maggior database al mondo sul carbone. IEA CCC mette a disposizione dei Paesi membri dell’organizzazione la propria esperienza e conoscenza specifica sui tutti i temi relativi alla catena produttiva legata al carbone.

Su indicazione dell’allora ministero dell’Industria, dal 1989 Sotacarbo rappresenta l’Italia nello IEA Clean Coal Centre. Dal 2014 Sotacarbo svolge un ruolo attivo all’interno del Centro nel gruppo strategico finanziario e in quello della comunicazione.

## 2 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 2.1 3rd Workshop AUSC Power Plant

Dal 13 al 14 Dicembre 2017 Sotacarbo ha partecipato alla terza edizione del **workshop AUSC Power Plant (Advanced Ultra Super Critical Power Plant)** organizzato dall'IEA Clean Coal Centre e RINA Consulting – CSM (Centro Sviluppo Materiali), in collaborazione con Sotacarbo. L'evento, ospitato nella sede Inail di Roma, ha visto la partecipazione di 70 delegati da 12 differenti paesi che si sono confrontati sui progressi a livello mondiale degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati a carbone.

- L'interesse nel mondo per questi impianti è ancora molto forte, in quanto attualmente soddisfano il carico di base della rete elettrica e il carbone rimane ancora una delle fonti fossili più economiche e maggiormente impiegate a livello mondiale.
- Il carbone è, d'altra parte, caratterizzato da alte emissioni specifiche, comprese tra i 600 g/kWh ed i 900 g/kWh, a seconda dell'efficienza dell'impianto in cui esso viene impiegato.
- Gli impianti che utilizzano carbone polverizzato in condizioni di funzionamento supercritiche, sono ormai una realtà ben consolidata e operano da circa 40 anni. Gli impianti invece che operano con condizioni ultra-supercritiche (USC) sono invece in esercizio da circa 20 anni.
- Lo sviluppo e l'impiego di leghe metalliche in grado di operare in condizioni molto gravose (700°C e 350 bar) è di fondamentale importanza per incrementare le prestazioni energetiche degli impianti alimentati a carbone.
- Attualmente gli impianti USC hanno un'efficienza massima di 47,5% (General Electric: 275 bar/600°C/620°C). Con gli impianti AUSC si intende raggiungere un'efficienza superiore al 50%.
- L'esperienza maturata durante la vita degli impianti è di fondamentale importanza per la caratterizzazione delle prestazioni degli acciai speciali ad alte temperature. L'acciaio martensitico con il 9-12% di cromo ha manifestato problemi di cracking e si è rivelato meno resistente ad alte temperature di quanto previsto in fase di progetto. Inoltre, gli impianti si trovano spesso ad operare in condizioni off-design, provocando negli acciai ulteriori tensioni che possono provocare cedimenti precoci. Grazie all'esperienza maturata è stato possibile valutare le prestazioni degli acciai speciali dislocati nelle varie parti dell'impianto, valutandone i problemi e i possibili rimedi per ovviare a gli stessi.
- Sviluppare nuove leghe speciali consente di aumentare le temperature massime d'esercizio e l'affidabilità dell'impianto, permettendo il raggiungimento di rendimenti più elevati, con il conseguente risparmio in termini di combustibile utilizzato e la riduzione delle emissioni inquinanti. Lo sviluppo di nuove leghe risulta però molto costoso, richiedendo tempo e rischi legati alla necessità



di testare queste nuove leghe, realizzando prima impianti pilota, dimostrativi e in ultima fase impianti di taglia commerciale.

- Questo lavoro di ricerca sugli acciai speciali ha permesso di migliorare notevolmente il rendimento degli impianti passando dal 35-40% per gli impianti supercritici al 42-47,5% degli impianti ultrasupercritici. Gli impianti USC, mediante l'utilizzo delle leghe ferritiche basso legate, leghe martensitiche con una percentuale del 9-12% di cromo e acciai austenitici, riescono ad operare con temperature del vapore di circa 580-605°C e pressioni comprese tra 22-29 MPa.
- Attualmente gli impianti AUSC esistono solo a livello dimostrativo. Hanno maturato poche decine di migliaia di ore di funzionamento, insufficienti per comprendere tutti gli effetti delle condizioni operative estreme sui materiali. Il Workshop ha messo in evidenza l'importanza non solo di raccogliere ma di condividere i risultati di sperimentazioni e ricerca applicata.
- I principali problemi dei metalli impiegati in questo tipo di impianti sono: attacco chimico; surriscaldamenti localizzati; cricche da fatica.
- In ogni parte dell'impianto le condizioni operative sono differenti e di conseguenza diverso è il peso dei problemi elencati in precedenza. Altro aspetto molto importante e particolarmente critico sono le saldature. Problemi, legati ai limiti imposti dai materiali utilizzati, che hanno finora rallentato lo sviluppo degli impianti AUSC. Per citare alcune di queste leghe, la Super304H è caratterizzata da buona resistenza al creep ma bassa resistenza alla corrosione e all'ossidazione, mentre all'opposto la HR3C è caratterizzata da buona resistenza alla corrosione ma bassa resistenza al creep. La tendenza è quella di sviluppare leghe in grado di operare sopra i 700°C. In questo modo si potranno conseguire rendimenti superiori al 50%; basti pensare che un aumento di 20°C della temperatura massima del ciclo comporta un aumento del rendimento tra 1-3,5 punti percentuali.
- Una lega molto promettente, presentata durante il workshop, è il Sanicro25 (22Cr25NiWCoCu), prodotto dalla società svedese Sandvik. Si tratta di una lega austenitica con il 22% di cromo e 25% di nichel, con eccellenti proprietà ad alta temperatura, progettata appositamente per l'applicazione in impianti AUSC.
- L'inconveniente di queste superleghe è il costo elevato, che incide pesantemente sull'investimento per la realizzazione dell'impianto.
- Per questo, parallelamente allo sviluppo di nuovi materiali, alcuni gruppi di ricerca hanno suggerito nuovi layout d'impianto, che minimizzano la lunghezza delle tubature più critiche. Per esempio, portando il gruppo turbina di alta pressione vicino alla sommità della caldaia, si riduce fortemente la lunghezza della tubazione del vapore di altissima pressione, che nella configurazione classica può raggiungere i 200 metri e risulta di critica importanza in proposte di configurazione come quella a doppio surriscaldamento.
- Il Workshop ha messo in evidenza come a ricerca su nuove leghe, sia ormai affiancata dallo sviluppo di una politica di manutenzione programmata, per migliorare l'affidabilità dell'impianto ed aumentarne la disponibilità. Di fondamentale importanza il trattamento chimico dell'acqua impiegata come fluido termovettore, soprattutto nelle condizioni estreme a cui operano gli impianti AUSC. Tutti questi fattori concorrono a migliorare le prestazioni, la sicurezza degli impianti di produzione di energia elettrica.
- L'enorme sforzo per testare nuove leghe metalliche, cicli avanzati e nuove soluzioni impiantistiche, con l'applicazione combinata dei diversi approcci innovativi, consentirà lo sviluppo di impianti alimentati a carbone ad alta efficienza e a basse emissioni inquinanti. Questa tipologia di impianti sarà in grado di produrre energia elettrica a basso costo, condizione irrinunciabile per l'uso e la diffusione nei paesi poveri o in via di sviluppo.



## 2.2 Sesta Edizione Sulcis CCS Summer School

Dal 18 al 22 giugno 2018 si è tenuta nel Centro Ricerche Sotacarbo, la **Sesta edizione della “International Summer School on CCS Technologies”**.

- La Scuola, organizzata insieme a ENEA, Università di Cagliari, IEA Clean Coal Centre e Co2 Geonet, ha offerto ai partecipanti la più ampia visione possibile dei problemi che ruotano attorno al tema della riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera.
- Particolare attenzione è stata data agli aspetti tecnologici delle CCS; allo stato di sviluppo della ricerca e delle sue applicazioni; allo stato di attuazione dei progetti in corso a livello europeo e internazionale.
- La Scuola, oltre alle lezioni tenute dagli esperti nei diversi settori di sviluppo delle CCS, ha visto la partecipazione degli studenti ad attività di “formazione” sul campo, con visite ai laboratori e agli impianti Sotacarbo, concluse con un test finale sulla piattaforma e-learning dedicata.
- La Sesta edizione della Summer School ha visto partecipazione di studenti stranieri, con una formazione in ingegneria, geotecnologie e socio-economia, nonché di dottorandi e giovani laureati.

The interest in the Sulcis CCUS Summer School can easily be explained by the growing worldwide attention for the technologies of separation and containment of carbon dioxide (so called CCUS – “Carbon Capture, Utilization and Storage”). The lectures programme will cover the range of techniques developed for the capture, utilization and geological storage of CO<sub>2</sub>, for which the Sulcis basin is the ideal laboratory for experiments.

**Monday, June 18 (afternoon): Introduction**  
 - international policies  
 - CO<sub>2</sub> reduction approaches

**Tuesday, June 19: CO<sub>2</sub> capture technologies**  
 - pre-, post- and oxy-combustion  
 - membrane separation

**Wednesday, June 20: CO<sub>2</sub> utilization**  
 - CO<sub>2</sub> hydrogenation  
 - electrochemical reduction

**Thursday, June 21: CO<sub>2</sub> storage**  
 - CO<sub>2</sub> sequestration technologies  
 - site characterization and monitoring  
 - public awareness

**Friday, June 22 (morning): Economics and legal issues**  
 commercial diffusion of CCUS  
 economic and legal issues  
 and more:  
 technical visits and workshop on EOR  
 interactive programme for the students  
 e-learning platform

Registration is  
**FREE OF CHARGE**

ORGANIZED BY

SOTACARBO  
SUSTAINABLE ENERGY  
RESEARCH CENTRE

ENEA  
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

IN COOPERATION WITH

IEA  
CLEAN  
COAL  
CENTRE

ECOBASE  
Enhanced oil recovery with storage

GeoNet

## 2.3 Traduzione di report

Con l'obiettivo di massimizzare l'utilità della presenza del personale Sotacarbo a workshop, conferenze e convegni di interesse, sono state riviste in modo sostanziale le modalità di partecipazione. Queste novità dovrebbero rendere ancora più strategica la scelta degli eventi e migliorare la velocità di pubblicazione e la qualità dei resoconti di risultati e argomenti trattati durante i lavori.



È proseguito il lavoro di traduzione dei report pubblicati da IEA CCC nel periodo. Nel sito aziendale, il link al lavoro originale realizzato dal Clean Coal Centre è preceduto da una sintesi (in italiano) redatta dai ricercatori Sotacarbo. Questi i rapporti tradotti nel periodo oggetto del presente resoconto:

- **CCC/279 Combinazione di energia solare con centrali elettriche a carbone, o co-combustione di gas naturale**

L'aumento dell'efficienza energetica, congiuntamente all'ottimizzazione della flessibilità operativa e all'aumento della vita utile dell'impianto, nonché alla riduzione dell'impatto ambientale, sono tra i punti più importanti nella gestione della produzione energetica delle centrali a carbone.

In questo documento vengono esaminate due alternative: i) utilizzare un sistema combinato che sfrutti l'energia solare in ausilio alle centrali elettriche a carbone, oppure, ii) sfruttare la co-combustione di carbone e gas naturale. Entrambe le tecniche rivelano un grande potenziale. A seconda delle circostanze possono aumentare la flessibilità di una centrale elettrica, riducendo contemporaneamente le emissioni, e in alcuni casi i costi di gestione dell'impianto. La co-combustione può essere vantaggiosa, vista l'economicità del gas naturale, in termini di una maggiore flessibilità operativa della centrale e una minore produzione di emissioni. Gli impianti di co-combustione ottengono, inoltre, una maggiore accettazione pubblica.

L'ammodernamento di centrali a carbone per la co-combustione potrebbe non essere applicabile in alcuni impianti esistenti, mentre è del tutto utilizzabile in impianti di nuova costruzione. Potenzialmente, il più grande mercato per la co-combustione di gas naturale si trova negli Stati Uniti. Rispetto all'ibridazione solare, a livello globale le opportunità offerte dalla co-combustione sono più ampie essendoci molte località dove sono disponibili sia il carbone che il gas naturale. In entrambi i casi sia i progetti carbone-solare che i progetti di co-combustione richiedono un'accurata valutazione di vari fattori economici, operativi e ambientali.

- **CCC/280 La generazione elettrica da carbone attraverso cicli a CO<sub>2</sub> supercritica**

Il presente lavoro descrive e illustra gli sviluppi più recenti del sistema di conversione dell'energia basato sul ciclo Brayton a CO<sub>2</sub> supercritica (sCO<sub>2</sub>), applicato alla generazione elettrica da combustibili fossili, in particolare da carbone. Il ciclo di potenza sCO<sub>2</sub> rappresenta un concetto innovativo: utilizza l'anidride carbonica allo stato supercritico, come fluido di lavoro, in un ciclo Brayton chiuso o semi-chiuso. Questi cicli di potenza presentano vari vantaggi: un'alta efficienza termica (superiore al 50%), contenute dimensioni dell'impianto (e quindi inferiori costi capitali) e potenzialità nell'ambito della cattura dell'anidride carbonica. Il pieno sfruttamento dipenderà da come verranno intraprese le varie sfide riguardanti progettazione, tecnologie e materiali, che l'implementazione di tale sistema impone.

Progressi significativi sono stati fatti nello sviluppo di piccoli sistemi a bassa temperatura, ormai emergenti nel mercato, ed un impianto dimostrativo alimentato a gas naturale è attualmente in fase di costruzione. Le principali sfide nello sviluppo di sistemi di generazione sCO<sub>2</sub> derivano dai fattori che portano a una maggiore efficienza del ciclo, indispensabile per il successo commerciale degli stessi: scambiatori di calore, materiali compatibili con il funzionamento ad alta pressione e temperatura, integrazione termica e ottimizzazione a livello di ciclo e di processo.

Il lavoro più notevole nella ricerca del ciclo sCO<sub>2</sub> semi-chiuso ad ossi-combustione diretta e recupero è rappresentato dallo sviluppo del ciclo Allam, che può raggiungere un'elevata efficienza dell'impianto con

un'efficienza di cattura del carbonio prossima al 100%. Una centrale elettrica dimostrativa da 25 MWe basata su tale ciclo è in costruzione in Texas (Stati Uniti).

- **CCC/281 Effetti ambientali e conseguenze dell'estrazione e del trasporto del carbone**

L'attività di estrazione mineraria ha rivestito nei secoli, un ruolo significativo nell'industrializzazione, nella crescita economica e conseguentemente nella riduzione della povertà. Col tempo ha però portato problemi di tipo ambientale, associati a danni paesaggistici, inquinamento atmosferico ed acustico. Il settore è ancora in espansione e la maggior parte delle compagnie minerarie agisce con pianificazione e responsabilità al fine di minimizzare i potenziali effetti negativi. Le forti preoccupazioni per le potenziali conseguenze ambientali si riflettono in un inasprimento delle pratiche di finanziamento.

Molti istituti di credito internazionali hanno ridotto gli investimenti relativi a progetti legati ad attività estrattive, in ragione dei possibili danni ambientali e sociali. Le organizzazioni non governative (ONG) e gruppi di azione stanno guadagnando consenso nelle azioni di protesta e opposizione, nei riguardi delle miniere di carbone operative e in progetto. Gli approcci statali nei riguardi dell'estrazione del carbone variano di continuo, ma le principali nazioni produttrici, tra cui Cina, Stati Uniti, India, Australia, Indonesia, Russia, Sudafrica, Germania, Polonia e Kazakistan, hanno norme rigorose per la salvaguardia della terra e dell'acqua.

I siti web di grandi compagnie del carbone come SUEK e Peabody riportano le prestazioni dell'azienda e le condizioni delle singole miniere. L'industria carbonifera è maturata negli ultimi anni: ci sono aziende che dimostrano come l'applicazione delle migliori pratiche (nella catena di produzione del carbone) possa non solo contribuire alla riduzione dei danni ambientali ma anche favorire un'industrializzazione positiva per le comunità locali.

- **CCC/282 Celle a combustibile stazionarie alimentate a carbone**

Oltre a promuovere l'uso di risorse energetiche rinnovabili, diversi paesi stanno anche cercando tecnologie innovative per la conversione di combustibili fossili, incluso il carbone. Una delle più promettenti di queste tecnologie è costituita dalle celle a combustibile stazionarie. Le celle a combustibile sono dispositivi elettrochimici che convertono direttamente l'energia chimica dei reagenti in elettricità e calore con alta efficienza. Generano continuamente elettricità, finché è presente una fonte di carburante. I potenziali vantaggi includono l'alta efficienza con calore, raffreddamento e potenza combinati (efficienza elettrica fino al 60%, efficienza combinata in cogenerazione superiore al 90%), alta densità di potenza, minimo impatto ambientale, basse emissioni, bassa rumorosità e alta qualità energetica.

Il mercato è dominato da Giappone, Corea del Sud, Stati Uniti e alcuni paesi europei. Per la produzione di energia stazionaria su larga scala, l'integrazione di un processo di gassificazione del carbone con celle a combustibile ad alta temperatura (IGFC) è un'opzione che consentirebbe di creare sistemi di generazione di energia ad altissima efficienza e a basse emissioni. Le celle a combustibile a carbone diretto (DCFC) sono in fase di sviluppo. Le DCFC rappresentano un modo per convertire l'energia chimica del carbonio in elettricità in modo efficiente senza formare gli inquinanti associati alla combustione convenzionale, quali particolati, NOx, SOx e mercurio.

Le grandi sfide per le celle a combustibile stazionarie sono il costo e la durata. Per i sistemi di celle a carburante alimentati a carbone, la commercializzazione dipende anche dal miglioramento della produzione dell'idrogeno e dal recupero di gas di sintesi dalla gassificazione del carbone. Il supporto da parte dei governi è un aspetto critico per il progresso delle applicazioni di celle stazionarie finché tale tecnologia non risulta pronta ad entrare nel mercato.

- **CCC/283 Acque di scarico degli impianti elettrici a carbone: norme e problemi**

La domanda globale di energia e di acqua sta aumentando in conseguenza della crescita della popolazione e dell'economia mondiale e di uno standard di vita più alto. Di contro l'acqua sta diventando un bene che scarseggia in molte parti del mondo a causa dell'eccessivo sfruttamento, della siccità, del riscaldamento globale oltreché di altri fattori. Si stima che il 20% delle falde acquifere mondiali sia già eccessivamente sfruttato e pertanto soddisfare la crescente domanda energetica con la produzione di energia termica sta portando all'esaurimento delle (già limitate) risorse di acqua, con ripercussioni nei settori agricolo, industriale e domestico.

Paesi come l'India e la Cina, che stanno costruendo nuove centrali elettriche a carbone, sono obbligati ad affrontare i problemi legati alla disponibilità di acqua. A causa della sua carenza, ogni anno vengono temporaneamente fermate diverse centrali elettriche, con evidenti danni economici. Le politiche idriche in alcuni paesi stanno obbligando le centrali elettriche a trattare tutti i loro flussi di acque reflue in modo tale da avvicinarsi al modello "a scarico zero" (Zero Liquid Discharge); questo aiuterà la conservazione delle acque di falda.

Un sistema di gestione delle acque basato sul riciclo e il riutilizzo, così come implementato già dalla Cina su una nuova centrale elettrica a carbone ZLD, offre risparmi significativi con riduzioni dei costi di scarico. La tipologia di impianto ZLD consentirà inoltre una riduzione del consumo di acqua fresca e eliminerà la necessità di rispettare i limiti di scarico regolamentati, oltreché i costosi requisiti di monitoraggio e misurazione associati. L'impianto ZLD rappresenta pertanto un approccio innovativo per il trattamento degli scarichi in un impianto elettrico a carbone e offre l'opportunità agli operatori di gestire l'acqua in modo più sostenibile.

- **CCC/284 La collaborazione internazionale come mezzo per superare gli ostacoli allo sviluppo delle CCS**

Le tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS – Carbon Capture and Storage) sono state ampiamente riconosciute come fondamentali per la decarbonizzazione del settore energetico, e nel corso degli ultimi due decenni un certo numero di paesi ha perseguito programmi per dimostrare le tecnologie CCS su larga scala. Sono stati introdotti alcuni incentivi diretti per le CCS, come i crediti di stoccaggio, che tuttavia non riescono a coprire gli alti costi della maggior parte degli impianti CCS, e ciò mette in luce la scarsa volontà politica di portare avanti queste tecnologie. L'inadeguato sostegno da parte dei governi ha inoltre contribuito all'allontanamento di interesse da parte degli investitori privati.

Il deficit finanziario tra il costo della dimostrazione delle CCS e gli incentivi disponibili è aggravato da una serie di rischi specifici di tali tecnologie, che il settore privato è poco propenso a sostenere vista la prospettiva di ricavi limitati e incerti. Il successo delle CCS è strettamente legato al coordinamento di impegni internazionali per la decarbonizzazione, e molte delle sfide affrontate dall'emergente industria CCS confermano la presenza di ulteriori vantaggi che si possono trarre dalla cooperazione internazionale. I primi sforzi internazionali per accelerare lo sviluppo delle CCS hanno affrontato alcune sfide senza però ottenere grandi successi anche perché il crollo finanziario globale ha smorzato l'impegno globale alla decarbonizzazione.

Le tecnologie CCS attualmente rientrano nuovamente tra gli impegni governativi di molti paesi, e l'aumento di finanziamenti destinati alla ricerca in questo campo è un passo in avanti fondamentale. Finora gli sforzi si sono concentrati sulla ricerca, per migliorare l'economia delle CCS, ma più opportuna e efficace sarebbe un'azione politica per incoraggiare gli investitori privati a puntare sui grandi progetti dimostrativi.

- **CCC/285 Il controllo degli NOx per carboni ad alto contenuto di cenere**

La sigla (NOx) identifica in modo generico gli ossidi di azoto che si producono durante una combustione che avvenga impiegando aria come comburente. Gli NOx sono sostanze inquinanti dell'atmosfera e hanno effetti nocivi anche sulla salute; possono infatti causare l'insorgere di problemi respiratori, edemi polmonari, problemi cardiovascolari e irritazione delle mucose. Molti paesi hanno limiti di emissione molto rigorosi per gli ossidi di azoto (NOx) e quindi fanno un uso molto ampio dei controlli per gli NOx emessi in atmosfera.

Uno tra i paesi emergenti ad aver introdotto nuovi standard di emissione per le centrali a carbone con un alto contenuto di ceneri, esistenti e di nuova costruzione, è l'India. Le nuove norme sono obbligatorie dal 1° gennaio 2017 per i nuovi impianti mentre le centrali esistenti hanno due anni per uniformarsi ai limiti stabiliti dal governo Indiano. Esistono diverse tecnologie di controllo NOx che possono essere suddivise in controlli con misure primarie e controlli con misure secondarie; questi possono essere utilizzati da soli o in combinazione a seconda del tasso di rimozione di NOx richiesto. Attualmente per il controllo delle emissioni inquinanti si sta adottando un approccio di tipo integrato mentre in passato sono stati utilizzati dispositivi dedicati alla rimozione delle singole specie inquinanti.

- **CCC/286 Co combustione della biomassa: analisi dei costi di approvvigionamento**

Negli ultimi 20 anni l'utilizzo della biomassa nel settore della produzione dell'energia elettrica è cresciuto costantemente per far fronte ai sempre più stringenti target ambientali. Infatti, la combustione della biomassa è considerata "Carbon Neutral", in quanto l'anidride carbonica assorbita durante il ciclo di vita della pianta viene liberata durante la sua combustione. Il consumo di biomassa nel settore energetico incrementerà nei prossimi anni a causa delle politiche ambientali in atto in paesi come Europa, Cina e Giappone ma sarà importante, nel lungo termine, valutarne la sostenibilità economica.

La co-combustione della biomassa con il carbone è una soluzione promettente per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica, in quanto facilmente implementabile su impianti esistenti senza modifiche sostanziali al sistema di approvvigionamento del combustibile e ai bruciatori. La co-combustione della biomassa introduce dei costi aggiuntivi rispetto alla combustione del solo carbone. Un aspetto che gioca un ruolo molto importante è il costo legato alle emissioni di anidride carbonica; infatti all'aumentare dello stesso il LCOE (levelized cost of electricity) conseguibile con la combustione del solo carbone tende a convergere con il LCOE conseguibile con la co-combustione. Attualmente il costo per tonnellata dell'anidride carbonica è estremamente basso.

Attualmente con il crollo del costo di produzione degli impianti solari ed eolici di grossa taglia il LCOE è favorevole a quest'ultimi, soprattutto nel caso di un'alta percentuale di biomassa nel mix per la co-combustione. Il ruolo che giocheranno le biomasse di scarto nel settore dell'energia elettrica dipende dall'andamento della domanda, dal costo dell'anidride carbonica, dal trasporto e dal costo energetico per la produzione del pellet. Tutti questi fattori sono molto volatili e legati ai mercati mondiali ma è chiaro che la co-combustione ha il potenziale di mitigare le emissioni clima-alteranti.

- **CCC/287 Prospettive delle tecnologie HELE nei paesi del sud-est asiatico**

Dalla pubblicazione del rapporto tecnico della IEA "Technology Roadmap – High Efficiency, Low Emissions Coal-Fired Power Generation" (IEA, 2012) che ha preso in esame il retrofitting di grandi, più efficienti e più recenti impianti a carbone, è stato fermamente accettato il fatto che le tecnologie, conosciute con l'acronimo HELE (High Efficiency, Low Emission) rappresentino la via percorribile da quelle nazioni che intendono espandere la capacità di generazione elettrica da carbone.

Il report in esame focalizza la sua attenzione sul ruolo delle tecnologie HELE applicate a impianti di generazione elettrica alimentati a carbone ai fini della riduzione delle emissioni, prefiggendosi come obiettivo quello di fornire una panoramica di tali tecnologie in diversi paesi “carbone-dipendenti”. Lo studio prende in considerazione le più “piccole”, ma sempre più in espansione, economie del sud-est asiatico quali Bangladesh, Indonesia, Malesia, Filippine, Thailandia e Vietnam.

Sebbene il numero di persone nell’associazione delle nazioni del sud-est asiatico (ASEAN) senza accesso all’elettricità sia diminuito di due terzi a partire dal 2000, il 20% della popolazione non ha tuttora accesso all’elettricità, con il 45% della popolazione dipendente da combustibili solidi quali legno e carbonella per la cottura dei cibi.

In questi paesi si prevede che il carbone costituisca ancora un’importante risorsa all’interno del mix energetico contribuendo alla maggiore richiesta di domanda di elettricità ad un prezzo competitivo. Le tecnologie HELE possono contribuire alla riduzione delle emissioni senza compromettere l’obiettivo di crescita primario. In definitiva, nella maggior parte di questi paesi, nonostante gli impegni siglati durante l’accordo di Parigi, il carbone continua ad essere di fondamentale importanza, essendo quest’ultimo relativamente economico e ampiamente disponibile.

- **CCC/288 L’utilizzo degli scarti del carbone come fonte energetica**

Molti governi di tutto il mondo subiscono crescenti pressioni per la minimizzazione degli impatti ambientali associati all’uso del carbone, con riferimento particolare alla produzione di energia. Una serie di tecnologie, applicate sia all’inizio della catena di approvvigionamento che dopo la combustione, può contribuire ad una notevole riduzione delle emissioni generate dagli impianti. A riguardo, l’uso di sistemi minerari più selettivi e efficienti così come l’impiego, a valle del processo di estrazione, di tecniche di lavaggio avanzate concorrono al decremento di materia minerale indesiderata.

Tuttavia, le operazioni connesse all’estrazione e al lavaggio del carbone generano grandi quantità di scarti, di natura solida e liquida, spesso depositati in discariche fuori terra o in vasche di decantazione, incidendo visivamente sul paesaggio con una serie di conseguenze ambientali correlate anche all’occupazione di considerevoli aree di terreno, rese conseguentemente indisponibili ad uso produttivo. Consistenti quantità di rifiuti di carbone sono utilizzate per produrre energia.

Alcuni rifiuti depositati, in particolare quelli più vecchi, contengono abbastanza carbonio residuo per garantirne il recupero e l’utilizzo come fonte energetica. In generale, la tecnologia CFBC (circulating fluidised bed combustion) è tra le più idonee alla combustione dei rifiuti carboniosi; ne vengono utilizzate diverse varianti tecnologiche per consentire di operare in modo più efficiente sul carbone di scarto. Il riutilizzo dei rifiuti da carbone come fonte energetica è attivamente promosso in Cina. L’obiettivo strategico del programma asiatico, sullo sviluppo della “green energy” e sull’uso pulito del carbone, mira alla riduzione dei consumi energetici complessivi entro il 2020, promuovendo un utilizzo determinante dei rifiuti del carbone.

A livello globale, nonostante alcuni successi, resta ancora molto da fare. Per promuovere un maggiore utilizzo degli scarti di produzione del carbone è necessario anzitutto introdurre meccanismi di incentivazione economica ed ambientale. Affinché le azioni correttive siano efficaci, è importante che queste iniziative siano programmate a lungo termine e che vengano utilizzati metodi economicamente efficienti per adoperare gli scarti nella produzione di energia ed in altre applicazioni energivore.

- **CCC/289 Costi di produzione e approvvigionamento del carbone**

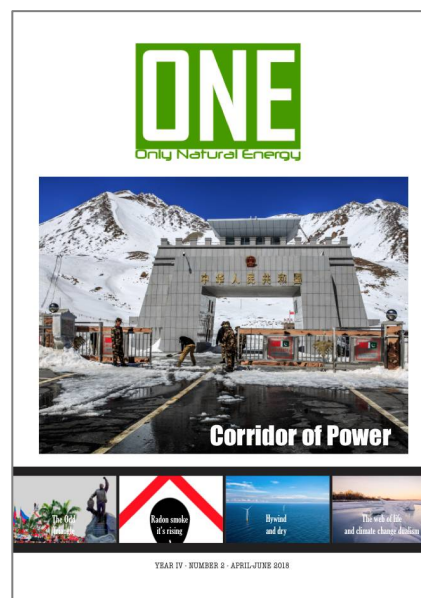
I costi di produzione e della catena di fornitura rappresentano un importante fattore decisionale per produttori, traders e compratori di carbone. Dal punto di vista del produttore, la profittabilità di una miniera sarà influenzata dal rapporto tra i costi di produzione ed il prezzo del mercato del carbone; da quello di un compratore e di un trader, la comprensione dei costi relativi alla catena di distribuzione rappresenta un'utile indicazione per la previsione del prezzo del carbone.

Tra il 2011 ed il 2016 il costo del trasporto via mare del carbone ha registrato un calo costante. Conseguentemente, le compagnie estrattive sono state costrette ad affrontare un programma di taglio di costi e di ristrutturazione delle attività. In funzione della collocazione del carbone nel sottosuolo e delle risorse finanziarie disponibili nell'industria estrattiva locale, si sono sviluppati differenti metodi di estrazione ora adottati in tutto il mondo (tra cui le miniere a cielo aperto e le miniere sotterranee). Al di là del metodo di estrazione, la maggior parte delle miniere hanno caratteristiche simili tra di loro. Il confronto tra le attività estrattive in differenti miniere nel mondo mostra che la forza lavoro rappresenta la più significativa componente di costo influenzando per un valore compreso tra il 20 ed il 50% del totale costo di estrazione, anche in moderne miniere altamente meccanizzate. Altri costi operativi relativi a macchine e consumabili, come ad esempio combustibili e ricambi, sono comunque importanti.

La crescita dei prezzi tra la fine del 2016 ed il 2017 ha incrementato rispettivamente di 20\$ e 40\$/t il prezzo di steam coal e carbone da coke. Il controllo dei costi e l'innovazione appaiono quindi la condizione necessaria perché le compagnie estrattive si assicurino un futuro proficuo a lungo termine, con relativa indipendenza da eventuali variazioni negli scenari di mercato.

#### 2.4 Attività di pubblicazione della testata digitale "ONE"

- Come anticipato, le pubblicazioni della testata digitale **Only Natural Energy (ONE)** hanno continuato a registrare un costante aumento della produzione di articoli originali, con conseguente riduzione del numero di articoli esterni ospitati nella rivista.
- Per assicurare comunque spazio alla selezione dei migliori articoli pubblicati altrove, curata da Eusebio Loria e Alice Masili, si è scelto di aumentarne la frequenza di pubblicazione nella sezione centrale del sito web. Nel periodo oggetto del presente rapporto, il contributo di contenuti assicurato da IEA Clean Coal Centre, è rappresentato dagli articoli firmati da Toby Lockwood:



- Articolo pubblicato nel numero ottobre-dicembre 2017, dal titolo **"The Kemper County CCS project – what went wrong and what next?"**.
- Articolo pubblicato nel numero gennaio-marzo 2018, dal titolo **"Coal may be Jurassic but technology is not"**.
- Articolo pubblicato nel numero aprile-giugno 2018, dal titolo **"Corridor of power"**.
- Articolo pubblicato nel numero luglio-settembre 2018, dal titolo **"The Allam Cycle fires up"**.



## 2.5 Partecipazione IEA Clean Coal Centre EXCO meeting

Sintesi per punti degli argomenti di maggior interesse affrontati nei meeting svolti nel periodo oggetto del presente rapporto:

### NOTA RIASSUNTIVA DEL 67° IEA CLEAN COAL CENTRE EXECUTIVE COMMITTEE MEETING (WINDSOR, 18-19 OTTOBRE 2017)

- Il Comitato esecutivo ha approvato i documenti presentati dal Clean Coal Centre in relazione ai programmi di attività e le strategie da adottare per migliorarne risultati e elevarne il profilo. Al termine della discussione è stata votata all'unanimità l'autorizzazione a avviare l'iter necessario al rinnovo del mandato per i prossimi cinque anni, che verrà completato il prossimo aprile 2018 presso l'Agenzia Internazionale per l'Energia a Parigi.
- Il Kazakistan ha comunicato formalmente la volontà di entrare nell'organizzazione in qualità di sponsor, attraverso la partecipazione di Samruk Energy.
- Ancora in corso le trattative con la Turchia per definire l'ingresso di TKI in qualità di sponsor.
- La Polonia ha superato le incertezze legate alla sua partecipazione e ha ripreso la normale partecipazione alle attività del Clean Coal Centre in qualità di membro.
- Sono stati avviati i primi contatti con Indonesia, Filippine, Vietnam, Malesia e India. Ancora da definire l'idea di coinvolgere l'African Development Bank per la creazione di un "consorzio" di Paesi africani in grado di partecipare al Clean Coal Centre attraverso un'unica rappresentanza.
- Ospite del meeting Charles Soothill, vicepresidente Alstom e Zero Emissions Platform, che ha spiegato l'effetto benefico anche dal punto di vista finanziario di un'eventuale sviluppo e diffusione della tecnologia CCS in Europa.
- Soothill è stato invece critico della tecnologia CCUS, perché è utile a "vendere meglio la tecnologia", perché sposta il costo su altri, ma non risolve il problema ambientale. Molto più logico puntare sull'EOR (Enhanced Oil Recovery).
- Soothill ha anche evidenziato che, a differenza di quanto accade nel resto del mondo, in Europa non si può più parlare di fossili. Non c'è dibattito, perché nessuno, per motivi opposti, ha interesse ad avviarlo. Questo accade perché non ci sono soluzioni pronte all'uso, che fornirebbero una risposta pronta in un eventuale confronto. Ma i fossili avranno comunque un ruolo nei prossimi 100 anni.
- Noel Simento (ANLEC&RD) e Andy Boston (GET - Gamma Energy Technology) hanno dato un quadro aggiornato della situazione in Australia e dei più recenti cambi di programma del governo in tema di energia da carbone. L'Australia è il 5° produttore e il 2° esportatore al mondo di carbone. Il 67% dell'energia nazionale è prodotta da carbone (42% black coal; 27% brown coal). L'Australia si trova nella situazione di essere in grado di rispettare gli impegni presi negli Accordi di Parigi per il 2020 ma non per il 2030. Il governo quindi si trova stretto tra la necessità di ridurre le emissioni e la volontà di sfruttare una filiera produttiva solida, che prevede l'apertura della più grande miniera di carbone al mondo nel bacino Galilee, scelta osteggiata da gruppi ambientalisti che lamentano l'enorme impatto ambientale che avrebbe un progetto simile.
- Lesley Sloss, Qian Zhu, Anne Carpenter, Toby Lockwood e Paul Baruya hanno anticipato parte dei contenuti dei report di prossima pubblicazione.
- Lesley Sloss ha presentato una relazione sul lavoro svolto sinora dal Clean Coal Centre per il COP1 in collaborazione con l'UNEP (United Nations Environment Programme) sulle emissioni di mercurio.



IEA  
CLEAN COAL CENTRE

**NOTA RIASSUNTIVA DEL 68° IEA CLEAN COAL CENTRE EXECUTIVE COMMITTEE MEETING (LONDRA, 25-26 APRILE 2018)**

- È stata presentata una bozza di modifica del testo dell'Implementing Agreement, che consiste in un aggiornamento lessicale-stilistico dell'accordo sottoscritto nel 1975. Nessuna modifica è stata apportata ai termini legali dell'accordo.
- L'attualità dell'azione del Clean Coal Centre è confermata dai 17 obiettivi di sviluppo sostenibile indicati dalle Nazioni Unite. Almeno cinque coincidono con quelli del mandato del Centro: energia pulita e economica accessibile (obiettivo numero 7); industria, innovazione e infrastrutture (9); sostenibilità per città e popolazione (11); produzione e consumo delle risorse responsabile (12); azioni per la salvaguardia del clima (13).
- Continuano le trattative con i governi di Kazakistan, Turchia e Polonia sulla membership. Per quanto riguarda i primi si tratterebbe di un primo ingresso, nel caso della Polonia di un ritorno a pieno titolo, dopo che il mancato pagamento delle quote ha di fatto congelato la sua partecipazione.
- Ancora da perfezionare la strategia migliore per coinvolgere, attraverso l'Asian Development Bank, i paesi del Sud-Est asiatico e, attraverso l'Africa Development Bank, il blocco di paesi confinanti con il Sud Africa. In entrambi i casi si tratta di quelli maggiormente interessati al carbone e alle nuove tecnologie, per poter sostenere il proprio sviluppo economico e industriale.
- Ospite del meeting David Reiner, professore dell'Università di Cambridge e componente dell'Energy Policy Research Group, che è intervenuto per fare il punto sulle tecnologie di cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> (Ccs) e sull'impatto che potrebbe avere l'estensione dello schema Carbon Price Floor (CPF), introdotto dal governo britannico nel 2013. Questi i passaggi più rilevanti dell'intervento:
  - Le **Ccs** sono state dichiarate dall'Ipcc "essenziali" per raggiungere gli obiettivi fissati nell'Accordo sul clima di Parigi. L'importanza di assicurare una produzione energetica in grado di coniugare la tutela dell'ambiente e la sicurezza dell'approvvigionamento dà un ruolo alle Ccs, idonee ad allungare la vita del settore manifatturiero e quello della produzione elettrica da combustibili fossili, nonostante normative più stringenti in tema ambientale.
  - Nonostante si dica il contrario, le Ccs rappresentano una delle vie più economiche per raggiungere gli obiettivi sul clima fissati nell'Accordo di Parigi. I costi notevolmente più bassi rispetto a quelli che si determinerebbero (e si dovranno, inevitabilmente, sostenere) se si lasciasse la situazione com'è, sono un punto di forza, che invece viene presentato come il vero tallone d'Achille.
  - In realtà i limiti che stanno penalizzando sviluppo e diffusione di queste tecnologie sono altri:
  - L'adozione delle Ccs ha una giustificazione solo nella prospettiva di risolvere il problema del cambiamento climatico.
  - Le Ccs rimandano a un'immagine vecchia del modo di affrontare il problema emissioni;
  - È un settore privo di "campioni" pronti a sostenerne la causa.
  - I pochi che lo hanno fatto o continuano a farlo, alimentano sospetti e diffidenze: amministrazione Bush, il governo australiano, l'industria legata al carbone.
  - Nessun serio tentativo di inserire le Ccs all'interno di una politica industriale né di sviluppare le infrastrutture necessarie per avviare una diffusione su larga scala delle tecnologie Ccs.
  - Nel 2009 si materializza la tempesta perfetta: il fallimento della Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici di Copenhagen; la recessione economica determinata dalla crisi finanziaria mondiale dell'anno precedente; l'adeguamento al ribasso degli obiettivi del protocollo di Kyoto.
  - Le grandi aspettative riposte nei pochi impianti dimostrativi hanno incrementato le attenzioni e ha reso più visibili e costose le necessarie sperimentazioni, che per loro natura devono contemplare rischi e la possibilità di registrare problemi o fallimenti, eventualità che in questo caso hanno un effetto nefasto sul sostegno allo sviluppo della tecnologia.

- La poca credibilità dei governi che prima annunciano e poi ritirano il sostegno ai progetti in questo campo.
- L'industria ha già accantonato le Ccs, viste come tecnologie concepite sulla base di modelli e scenari superati.
  - Sono quattro gli argomenti forti che possono essere utilizzati da chi sostiene le Ccs per bilanciare queste situazioni sfavorevoli: 1) Dimostrare che le Ccs possono essere decisive nella decarbonizzazione della Cina; 2) Costi maggiori dell'inazione; 3) Le potenzialità del riutilizzo; 4) Le infrastrutture realizzate per la collettività nell'ambito dei progetti.
- L'estensione del Carbon Price Floor (CPF) - un meccanismo penalizzante per le fonti fossili e per questo considerato il più efficace a promuovere la transizione verso una produzione energetica a basso contenuto di carbonio - può essere la leva decisiva per scelte politiche di sostegno alle tecnologie più idonee a contrastare o minimizzare il problema, tra le quali vanno annoverate le Ccs. L'introduzione di questo tipo di tassazione, che deve fungere da incentivo, non è garanzia di successo, anche perché ognuno la concepisce e attua in maniera diversa. Vi sono infatti esempi contrastanti: il "congestion price" a Londra funziona benissimo e tutti cercano di replicare il modello, ma senza successo. In Cina, ad esempio, nelle province in cui è stato introdotto un prezzo del carbonio, i risultati sono paradossali: gli impianti più inquinanti (subcritical) finiscono per essere i maggiori beneficiari della tassazione imposta agli altri (ultrasupercritical).

### 3 Rapporto obiettivi-risultati ottenuti

Nel periodo sono stati portati a compimento diversi obiettivi tra quelli prefissati. In particolare da segnalare il raggiungimento di alcuni risultati, tra i quali:

- sottoscrizione di un accordo di collaborazione triennale "Studies collaboration agreement" per la redazione congiunta di report di interesse comune;
- riduzione del costo della membership e prezzo bloccato (anche rispetto all'inflazione) per il per il triennio 2019-21;
- conferma della collaborazione nel magazine digitale Only Natural Energy, con crescita del seguito internazionale della rivista.

### 4 Conclusioni

Le attività descritte sinteticamente nel presente documento, oltre ad aver garantito la puntuale esecuzione del mandato ricevuto dalla Società di rappresentare l'Italia in seno all'organizzazione IEA Clean Coal Centre, hanno contribuito a consolidare e implementare la collaborazione con il Centro, ampliando e diversificando il numero di attività.

### 5 Abbreviazioni ed acronimi

CCC: Clean Coal Centre

CCS: Carbon Capture and Storage

ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

IEA: International Energy Agency

ONE: Only Natural Energy