



Ricerca di Sistema elettrico

## Attività di ottimizzazione del processo di gassificazione del carbone

*P. Deiana, C. Bassano, M. Subrizi, A. Dedola*

ATTIVITÀ DI OTTIMIZZAZIONE DEL PROCESSO DI GASSIFICAZIONE DEL CARBONE

P. Deiana, C. Bassano, M. Subrizi (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Cattura e sequestro della CO<sub>2</sub> prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili

Obiettivo: Tecnologie per la cattura della CO<sub>2</sub> in pre-combustione

Responsabile del Progetto: ing. Stefano Giammartini, ENEA



## Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 MODIFICHE E REALIZZAZIONI DI NUOVE SEZIONI DI IMPIANTO.....	5
2.1 IMPIANTO GESSICA.....	5
2.2 PIATTAFORMA PILOTA SOTACARBO.....	9
3 ATTIVITÀ SPERIMENTALI.....	10
4 CONCLUSIONI.....	15
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	15
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	16

## Sommario

Il presente rapporto è relativo alle attività di ottimizzazione del processo di gassificazione del carbone svolte, nell'ambito della Ricerca di Sistema, durante l'ultima annualità, presso i laboratori e gli impianti del C.R. ENEA di Casaccia e presso gli impianti della Piattaforma Pilota per la Produzione di Idrogeno situata a Carbonia, all'interno del Centro SOTACARBO, prospiciente all'area del bacino minerario del Sulcis.

E' stato dato proseguo alle attività di progettazione e realizzazione delle modifiche all'impianto GESSICA (GEnereatore Sperimentale di SYngas da Carbone). In particolare è stata realizzata una sezione integrata di cleanup, desolfurazione e trattamento del gas di sintesi orientato alla produzione di SNG. Altresì si è proceduto con l'installazione di componentistica ausiliaria utile per il funzionamento dell'impianto che risulta a oggi essere installato su una piattaforma di dimensioni assimilabili ad un container movimentabile ed eventualmente trasportabile su camion.

A causa del ritardato avvio dei contratti e del conseguente prolungarsi delle attività di modifica dell'impianto non è stato possibile procedere con l'installazione dei sistemi elettro-strumentali e con i collaudi e i primi test sperimentali che sono quindi rimandati alla prossima annualità.

Sono invece proseguite le attività di coordinamento e collaborazione alla sperimentazione presso gli impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo. In particolare si è dato corso al consolidamento delle attività di monitoraggio del processo di gassificazione procedendo alla modifica ed al completamento di un sistema dedicato per la misura della temperatura di parte del reattore di gassificazione basato su una serie di termocoppie di tipo K disposte a 120° su tre direttrici della parte cilindrica.

Altresì è stata integrata la misura della temperatura del sotto griglia con modifiche alla geometria del sistema che in prima istanza fornisce informazioni utili:

- a segnalare, a seconda delle diverse fasi di funzionamento (avviamento, regime, spegnimento) la presenza di anomalie nella distribuzione di temperatura sia lungo le direttrici verticali che radiale;
- a prevenire effetti di agglomerazione principalmente dovuti alla fusione delle ceneri e danneggiamenti del refrattario, della griglia e di organi interni eventualmente presenti quali stirrer e sensoristica interna al reattore come quella relativa a livello e temperatura;
- a dare una misura qualitativa della reattività interna dei diversi tipi di carbone e combustibili processati;
- alla regolazione ed al controllo del processo in continuo.

L'obiettivo finale dichiarato è quello migliorare la gestione del processo di gassificazione pervenendo ad un sistema automatico di carico del carbone, scarico delle ceneri, modulazione dei reagenti gassosi nell'ottica di ottenere un funzionamento stabile ed efficiente. Il sistema abbisogna ancora di essere migliorato specie sul lungo periodo dal punto di vista della resistenza delle sonde poste in ambienti fortemente aggressivi dal punto di vista meccanico, chimico e termico. E' stato possibile di fatto eliminare la presenza della termocoppia multipla interna e della barra di misurazione di livello andando ad eliminare così la principale causa della formazione di camini preferenziali lungo il letto di gassificazione (channeling). Tale fenomeno porta inevitabilmente ad un abbattimento delle prestazioni del sistema che diventa di fatto non controllabile costringendo il più delle volte a non procrastinabili fermate d'impianto.

## 1 Introduzione

L'interesse verso le fonti alternative a petrolio e gas è in crescita costante. La produzione di fuel e chemicals in molti Paesi si basa soprattutto su petrolio e, in misura minore, su gas naturale. È risaputo che la riserva di entrambe queste fonti fossili è limitata a un range di 40-60 anni. Al contrario, la disponibilità di carbone, considerando le riserve provate, è di circa 230 anni. Questo, unito alla possibilità di ridurre l'emissione di gas serra attraverso le tecnologie CCS (Carbon Capture and Sequestration) sta aumentando le possibilità di sfruttamento di tale risorsa che ad esempio costituisce già la prima fonte di energia per il mercato cinese. Tale sviluppo sta portando anche a un grande interesse nei confronti del syngas e dell' SNG (Substitute Natural Gas) per le grandi possibilità di mercato nel mondo del refining (utilizzato come fuel gas) oppure dell'automotive (combustibile per autoveicoli di nuova generazione), ma soprattutto perché può essere immesso direttamente nei gasdotti per il potenziamento delle reti di distribuzione.

Su questa grande tematica – fossili/carbone/nuovi combustibili e chemicals/integrazione – si riscontra un grande interesse a livello europeo e internazionale: si cita soltanto il Working Party sui Fossil Fuels della IEA che ha recentemente avviato una task force a cui attualmente partecipano USA, Germania, Polonia, Italia, Sud Africa e India e che verrà estesa anche ad altri Paesi fra cui la Cina. ENEA opera nel campo da tempo, già nell'ambito per precedente piano triennale dell'accordo di programma con il MiSE, e sta intensificando l'impegno con attività teoriche e sperimentali presso i propri laboratori di Casaccia e presso il Centro Ricerche di Sotacarbo.

Per quanto riguarda in particolare il settore della gassificazione ENEA svolge da anni attività di ricerca e sviluppo sul tema della produzione e trattamento del syngas da carbone nell'ambito degli obiettivi individuati annualmente nell'Accordo di Programma (AdP) stipulato tra ENEA e il Ministero dello Sviluppo Economico. Le attività di ricerca prevedono analisi di sistema effettuate con codici di simulazione impiantistica di natura commerciale, studi fattibilità tecnica economica, attività di coordinamento e sviluppo di attività sperimentali condotte di concerto con Sotacarbo e le Università.

Le finalità sono quelle di sviluppare soluzioni tecnologiche che, a valle di attività di ottimizzazione del processo di gassificazione portino a concrete soluzioni tecnologiche nella direzione di una migliorata efficienza ed un minor costo di produzione.

## 2 Modifiche e realizzazioni di nuove sezioni di impianto

Il presente Rapporto descrive le attività svolte nell'ambito del progetto di Ricerca di Sistema, Piano Annuale di realizzazione 2012 in riferimento al Sub Task b.1, relativo alla ottimizzazione della tecnologia nota di gassificazione, trattamento e conversione del syngas. Nel particolare le attività svolte si sono sviluppate nell'ottica di perseguire l'obiettivo relativo alla sperimentazione e ottimizzazione di impianti di gassificazione. A tale scopo presso ENEA e presso la piattaforma pilota SOTACARBO si sono svolte le attività sperimentali sugli impianti di gassificazione con aria, ossigeno e CO<sub>2</sub>, con prove e test relativi a diverse condizioni di funzionamento, tesi alla messa a punto ed all'ottimizzazione dei processi e delle apparecchiature.

### 2.1 Impianto GESSICA

Allo scopo di assicurare il perseguimento gli obiettivi previsti nell'Accordo di Programma 2012 ovvero nello specifico allo sviluppo di attività finalizzate all'ottimizzazione del processo di gassificazione, al trattamento

e la conversione del syngas, è stato necessario completare le dotazioni del nuovo impianto GESSICA generatore sperimentale di syngas da carbone.

Sono stati quindi progettati e realizzati nuovi componenti di impianto con il relativo piping di connessione. L'impianto prima dotato di un gassificatore a letto fisso e di uno scrubber operante la pulizia del syngas è stato equipaggiato con un apposito reattore di desolforazione, un reattore di shift e tre reattori di conversione del syngas (metanazione).

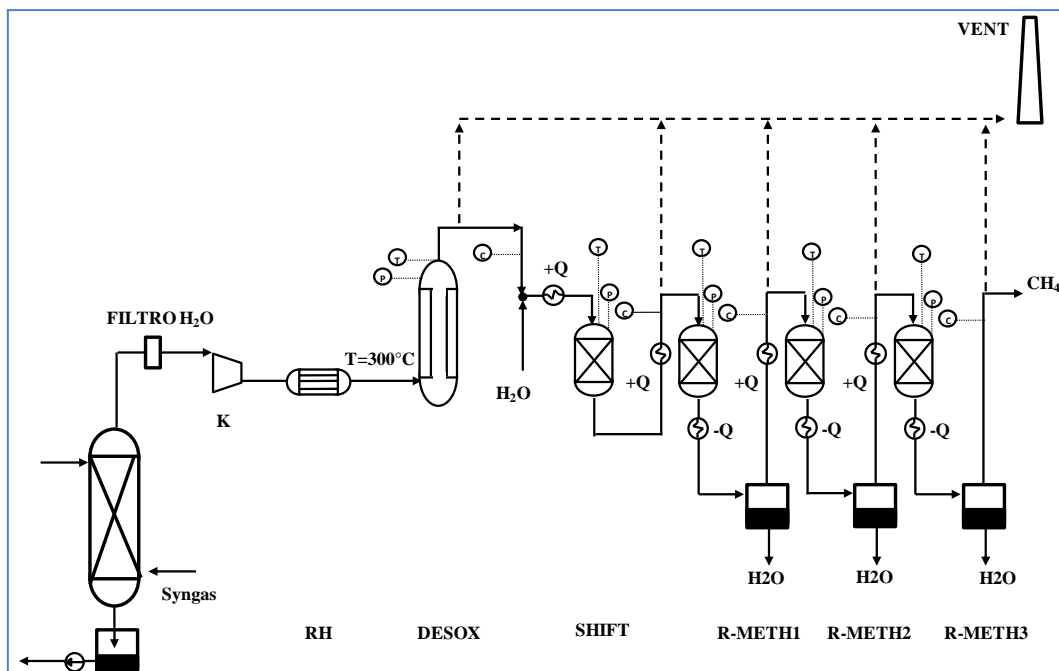


Figura 1. Impianto GESSICA: schema di massima del complessivo della sezione di trattamento del syngas

La progettazione della linea si è avvalsa di una fase preliminare di studio e modellazione di processo effettuata con l'ausilio di software di natura commerciale. L'analisi ha fornito le principali informazioni utili a definire i parametri di progetto dei reattori.

Il reattore di desolforazione è un reattore tubolare dotato di griglia di sostegno del letto di sorbente e dotato di sistemi compensazione delle dilatazioni dovute all'aumento non uniforme di temperatura.

Il reattore è altresì equipaggiato con un coibente atto a mantenere il sistema auto-termico data l'endotermicità della reazione di desolforazione generalmente operata su sorbenti commerciali a base di zinco. A valle, un reattore a letto fisso è sede della trasformazione di Water Gas Shift (WGS). Anche questo è provvisto di coibente utile ad evitare di disperdere il calore verso l'esterno. Sui fondelli superiore ed inferiore sono inserite una serie di bocchelli per l'immissione e l'uscita del gas e per il monitoraggio della temperatura interna. La Figura 1 mostra uno schema di massima del complessivo della sezione di trattamento del syngas a valle del gassificatore. All'interno dei reattori di conversione si va ad operare una trasformazione del syngas in un gas di maggiore qualità attraverso un processo di natura catalitica.

Sui fondelli superiore ed inferiore vanno ad inserirsi i bocchelli per l'immissione e l'uscita del gas e bocchelli per l'alloggiamento della strumentazione atta al controllo del processo. I reattori sono inoltre provvisti di uno strato coibente che impedisce di disperdere il calore verso l'esterno.

La tipologia di costruzione, i materiali, le geometrie e le tenute consentono di operare in pressione. Il reattore è inoltre fornito di un opportuno sistema di scarico della condensa atto ad eliminare le condense eventualmente prodotte nel processo. E' stata infine predisposta la tubazione necessaria al collegamento con gli altri componenti dell'impianto comprensiva di valvole e bocchelli finalizzati al campionamento del gas all'ingresso e all'uscita dei reattori e della tubazione di collegamento verso il vent.

Particolare attenzione nella progettazione della linea è stata rivolta al controllo di processo dotando, come descritto, i reattori di bocchelli atti ad alloggiare sensoristica quali termocoppie o punti di campionamento in continuo di gas al fine di ottenere informazioni utili per il controllo del processo, specie nel caso in cui lo sviluppo di reazioni fortemente esotermiche (p.es. di metanazione) potrebbero determinare fenomeni di runaway termico.

Le figure seguenti mostrano le caratteristiche di mobilità dell'impianto ed una vista d'insieme della sezione di clean up recentemente realizzata.



**Figura 2. Impianto GESSICA: installazione e vista di insieme della nuova sezione di clean up**

Di seguito sono invece riportate due figure che mostrano la sezione di conversione del syngas ed un dettaglio delle ruote semoventi.

Altri interventi e modifiche sostanziali hanno riguardato:

- Il sistema di alimentazione dei gas reagenti che è stato dotato di quattro rampe gas dotate di misuratori di portata, valvole di regolazione del flusso e sensoristica di temperatura e pressione;



**Figura 3. Impianto GESSICA: sezione di upgrading del syngas e dettaglio ruote movimentazione skid**

- L'installazione del sistema di generazione di vapore;
- L'installazione del misuratore della portata di vapore;

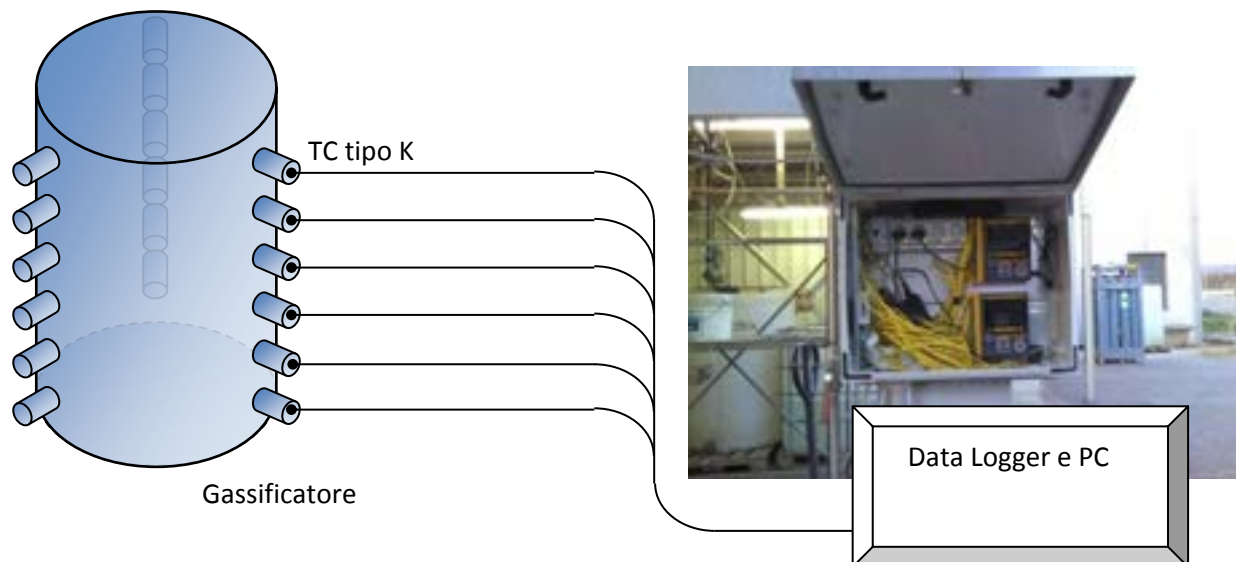
- La modifica della tramoggia di carico e della linea di alimentazione del carbone;
- L'installazione delle valvole a ghigliottina sulla linea di alimentazione carbone;
- L'installazione delle valvole a ghigliottina sulla linea di scarico ceneri;
- L'installazione di un piano di calpestio interno allo skid in grigliato metallico zincato;
- L'installazione della pompa di ricircolo dedicata alla torre di lavaggio;
- La realizzazione del circuito di ricircolo e l'installazione degli ugelli nella torre di lavaggio;
- La realizzazione e l'installazione delle linee multiple per i vent ed i bypass del singolo reattore;
- La realizzazione e l'installazione delle linee di drenaggio condense;
- L'installazione meccanica dei quadri elettrici di interfaccia e controllo;
- L'installazione delle ruote per la movimentazione dello skid;
- La verniciatura delle nuove travature di sostegno della struttura.



Figura 4. Impianto GESSICA: targa e dettaglio pompa scrubber

## 2.2 Piattaforma Pilota Sotacarbo

A monte delle attività della scorsa annualità, il monitoraggio della temperatura interna del gassificatore durante lo svolgersi del processo avveniva grazie alla presenza di una termocoppia multipla (dotata di 11 punti di misura disposti lungo un'unica barra) che attraversava il reattore lungo tutta la sua altezza. Oltre a dare un'informazione solo parziale, in quanto individuava un unico profilo di temperature, la presenza della sonda era causa di possibili formazioni di cammini preferenziali che alteravano il processo ed inficiavano la correttezza della misura. Inoltre era di ostacolo (al pari della barra di livello) alla installazione di un agitatore interno (stirrer proposto da ENEA) che sarebbe molto utile per migliorare l'omogeneità del letto reagente e per aumentare la controllabilità del processo nelle fasi più critiche nelle quali intasamenti ed occlusioni bloccano di fatto la prosecuzione delle sperimentazioni.



**Figura 5. Impianto Piattaforma Pilota: schema disposizione sensori TC e quadro recentemente installato**

Per tutti questi motivi al fine di avere una migliorata mappatura termica del processo in svolgimento all'interno del gassificatore si è proceduto, nella scorsa annualità, con l'installazione di una serie di punti di misura basati su termocoppie di tipo K disposte a  $120^\circ$  su tre direttrici della parte cilindrica. Al momento attuale il numero totale dei sensori è pari a trenta distribuiti su dieci piani lungo tre direttrici a  $120^\circ$ . A queste si sommano poi le sette termocoppie sulla griglia.

In particolare per ciò che riguarda il completamento della sezione di monitoraggio delle temperature interne del gassificatore e del sottogriglia c/o gli impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo (c/o il C.R. Sotacarbo all'interno della ex miniera di Sebariu a Carbonia – CI) è stato progettato e installato un quadro elettrico completo di alloggiamento per la strumentazione di acquisizione ed è stato effettuato il cablaggio delle linee di trasporto del segnale dai sensori di temperatura posti sul reattore principale.

E' stata altresì predisposta un attacco multiplo per consentire il passaggio dei sensori di temperatura fino alla zona del sottogriglia. Tra una prova di avviamento e l'altra si è provveduto alla sostituzione dei sensori danneggiati ed al ripristino delle connessioni elettriche.



**Figura 6. Impianto Piattaforma Pilota: monitoraggio termico del gassificatore**

### 3 Attività sperimentali

L'obiettivo finale delle attività sperimentali, condotte presso la piattaforma pilota, è stato quello di ottenere un insieme di informazioni provenienti dalla misura delle diverse grandezze caratterizzanti l'esercizio del gassificatore (livello, temperature, pressioni, portate in ingresso ed in uscita, composizione syngas) in modo da pervenire, agendo sull'alimentazione degli agenti gassificanti e sulle operazioni di carico/scarico dei solidi, ad una strategia di controllo ottimale del processo che possa garantire innanzi tutto il funzionamento stazionario in continuo e dall'altro la massimizzazione di parametri quali p.es. rendimento di gassificazione, portata totale, potere calorifico, contenuto in idrogeno del syngas e la minimizzazione del contenuto di inquinanti nel syngas e di incombusti nei solidi scaricati

Nella figure seguenti vengono mostrati i profili termici lungo le tre direttrici del gassificatore ed una mappatura del sottogriglia in corrispondenza delle diverse fasi di avviamento, stazionario e spegnimento.

Alla prima situazione, relativa all'avviamento (circa 2h dall'accensione) corrispondono temperature abbastanza limitate in prossimità del sul fondo del reattore (max 800 °C) che vanno poi a degradare verso l'alto. La temperatura del gas in uscita è all'incirca intorno ai 60°C.

La situazione riportata dall'immagine successiva è invece relativa ad una raggiunta condizione di sufficiente stazionarietà (a circa 6h dall'accensione). Il massimo della temperatura (circa 1000°C) si ha in una zona posta abbastanza al di sopra della griglia, la stratificazione delle temperature non è perfetta ma abbastanza omogenea anche in senso radiale, la temperatura di uscita del gas si attesta intorno ai 140°C.

La terza immagine (a circa 15h dallo start up) propone invece una situazione già compromessa in cui la zona ad alta temperatura interessa gran parte del letto con asimmetrie in senso radiale indice della presenza di zone a reattività maggiore e/o della presenza di zone di blocco e channeling causate dalla presenza di ceneri fuse o anomalie nello scaricamento dei solidi. La temperatura di uscita del gas più elevata (200 °C).

La quarta figura mostra invece un ribilanciamento con rientro in zona più o meno stazionaria con il tipico diagramma a naso.

Ulteriori sviluppi sono previsti per il proseguo dell'attività in modo da pervenire ad un sistema integrato per il monitoraggio ed il controllo del processo di gassificazione basato sull'integrazione della mappatura on line delle temperature interne del reattore con la misura di livello del letto reagente e la misura delle perdite di carico tra monte e valle del reattore.

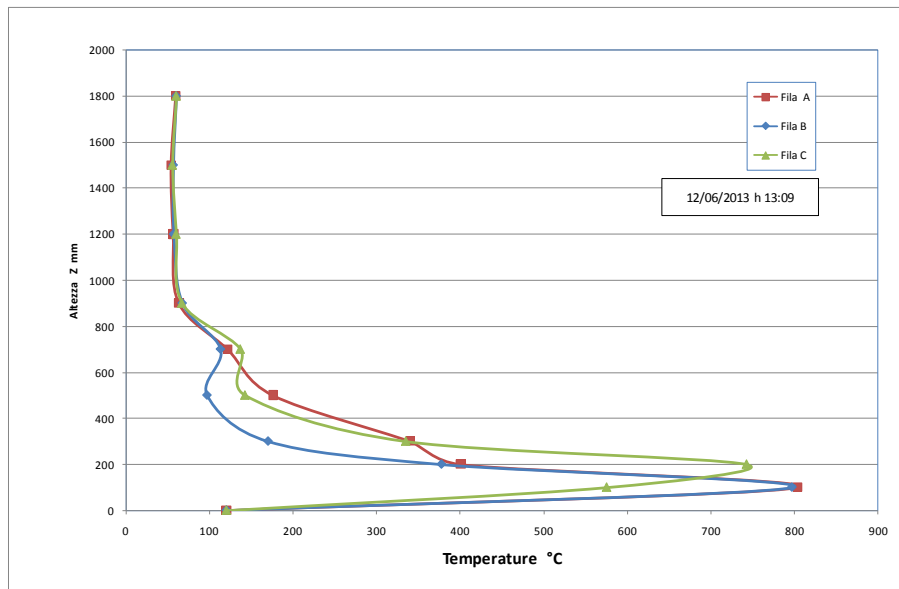


Figura 7a. Impianto Piattaforma Pilota: andamento delle temperature dopo circa 2h dall'avviamento

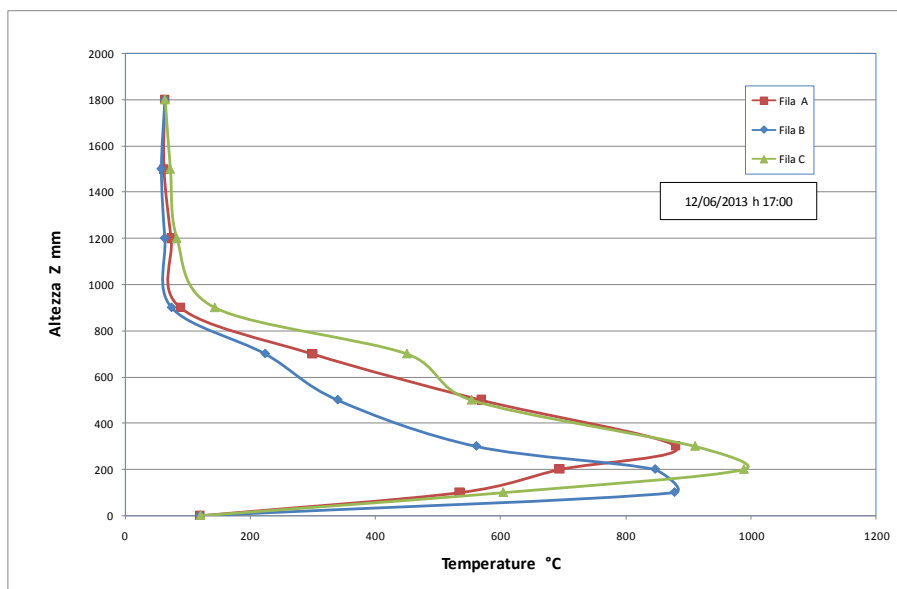


Figura 7b. Impianto Piattaforma Pilota: andamento delle temperature dopo circa 6h dall'avviamento

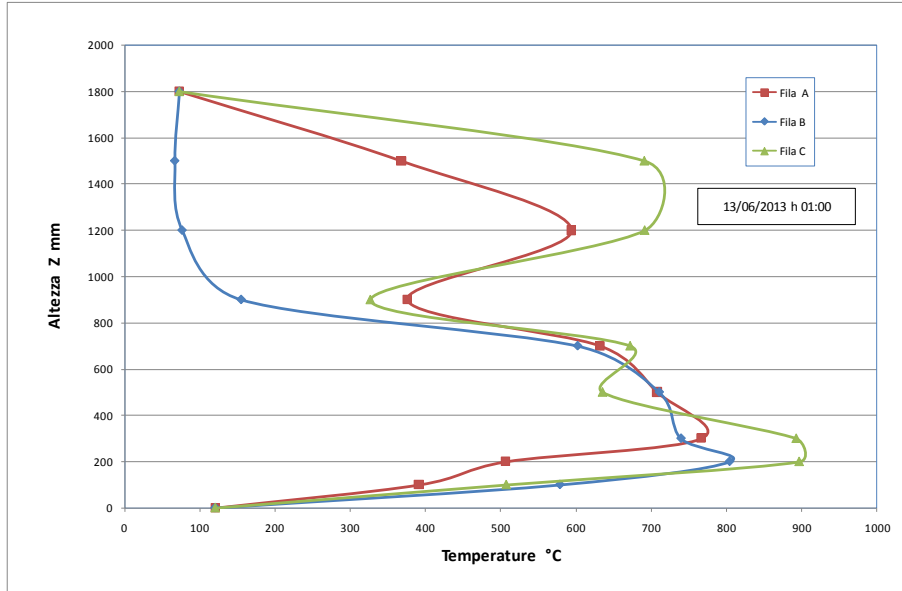


Figura 7c. Impianto Piattaforma Pilota: andamento delle temperature dopo circa 15h dall'avviamento

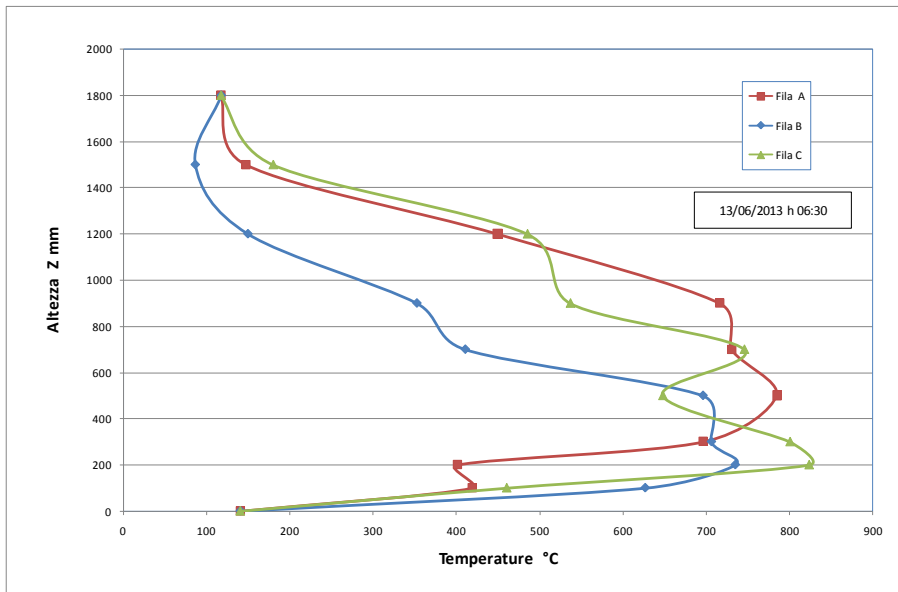
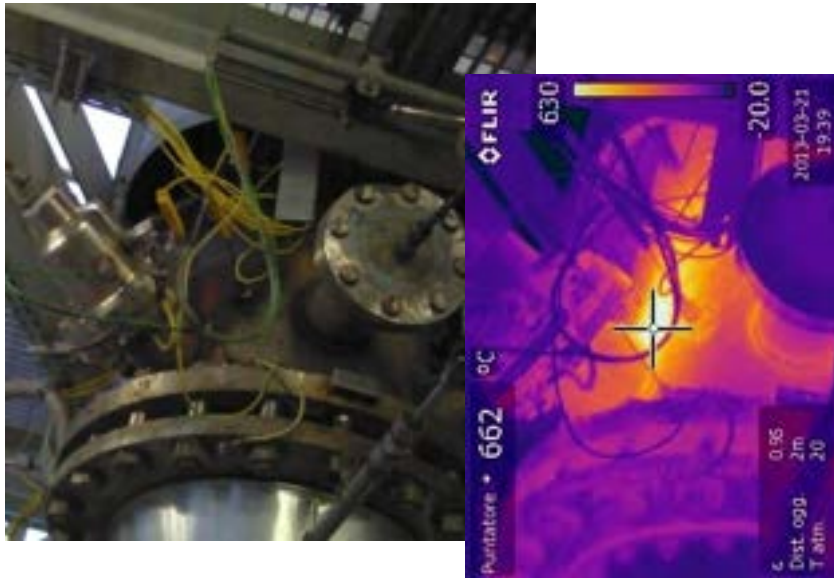


Figura 7d. Impianto Piattaforma Pilota: andamento delle temperature dopo circa 20h dall'avviamento

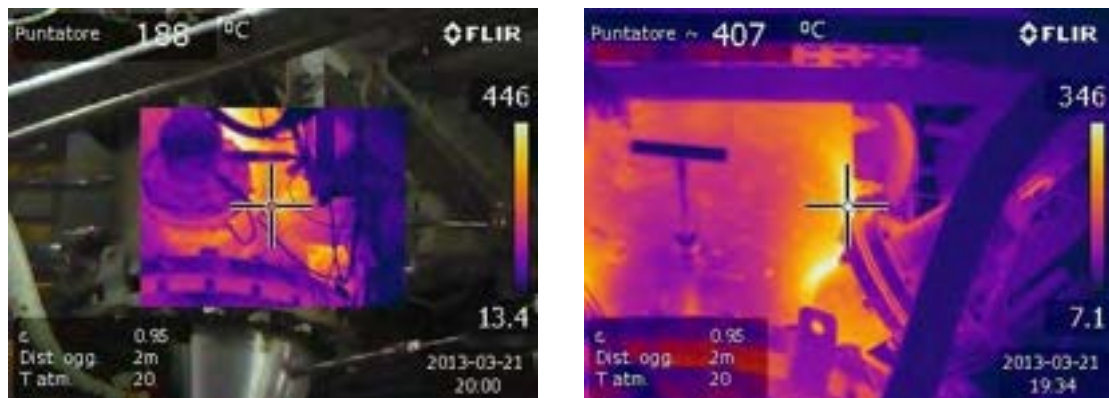
E' stata effettuata anche una prima analisi termometrica di raffronto qualitativo attraverso l'utilizzo di misure termografiche con uno strumento recentemente acquisito in ENEA. Nell'ambito dell'analisi termica le termocamere ad infrarossi sono strumenti potenti e non invasivi per il monitoraggio e la diagnosi delle condizioni di installazioni e componenti elettrici e meccanici. Con una termo camera è possibile identificare precocemente i problemi, permettendo di documentarli e correggerli prima che diventino più gravi e costosi da riparare.



**Figura 8. Impianto Piattaforma Pilota: termometria IR del mantello del gassificatore**

Le caratteristiche generali delle tecniche termografiche comprendono:

- Misura delle temperature e memorizzazione dei dati nel tempo
- Facilità d'uso simile a quello di una fotocamera
- Completezza dell'informazione che restituisce con un'immagine una panoramica intera della situazione
- Possibilità di eseguire analisi durante il funzionamento di impianto e componenti in maniera non intrusiva
- Possibilità di identificare zone di anomalia termica con localizzazione puntuale e temporale



**Figura 9. Impianto Piattaforma Pilota: termometria IR del mantello del gassificatore**

Un'immagine termica che includa dati accurati di temperatura fornisce ad un esperto di manutenzione importanti informazioni sulle condizioni dei dispositivi ispezionati. Queste ispezioni possono essere svolte con il processo produttivo in azione a pieno ritmo, e, in molti casi, l'uso di una termocamera può addirittura ottimizzarlo. Le termocamere sono strumenti validi e versatili che consentono un ampio ventaglio di applicazioni.

Le immagini sopra riportate mostrano un particolare della zona del reattore corrispondente all'intersezione tra due gruppi lampada di startup del gassificatore. Questa zona è particolarmente sollecitata dal punto di vista termico a causa di fenomeni di channeling e di difetto di isolamento. E' una zona difficilmente monitorabile con le convenzionali termocoppie ad accesso esterno per questo l'apporto delle misure termometriche ha in questa prima fase suggerito una diversa regolazione degli agenti ossidanti sottogriglia minimizzando i punti di sovratemperatura in modo da preservare la struttura e gli "internals" del gassificatore.

I rivestimenti refrattari per fornaci, caldaie, gassificatori e reattori sono soggetti a usura e perdita di prestazioni. Con una termocamera è possibile individuare facilmente il materiale refrattario danneggiato e la corrispondente perdita di calore, poiché la dispersione di calore appare chiaramente sull'immagine termica. Le termocamere forniscono diagnosi rapide e precise per la manutenzione di tutti i tipi di installazioni che includono materiale refrattario. Le termocamere ad infrarossi vengono usate diffusamente anche nel settore petrolchimico. Forniscono diagnosi rapide ed accurate per la manutenzione di forni, la gestione della perdita di materiale refrattario e la diagnosi di dissipatori. Gli scambiatori di calore vengono regolarmente ispezionati con gli infrarossi per rilevare eventuali tubi ostruiti.



**Figura 10. Impianto Piattaforma Pilota: termometria IR del tank del clean up**

La termografia ad infrarossi può anche essere facilmente utilizzata per individuare i livelli dei liquidi dei serbatoi. Grazie agli effetti di remissività o a differenze di temperatura, l'immagine termografica mostra chiaramente il livello del liquido in un serbatoio. La cosa permette una verifica in runtime delle misure di

livello su reattori, sui tank e sui reattori a bolle come mostrato nella Figura 10. Anche in questo caso si tratta di test di primo livello di attività di caratterizzazione e supporto che troveranno sviluppo nelle attività future.

## 4 Conclusioni

L'esperienza maturata durante le campagne sperimentali svolte nel corso delle precedenti annualità ha consentito la modifica ed il miglioramento di attrezzature ed impianti che a partire dalla gassificazione del carbone consentono di produrre energia elettrica e/o syngas ad alto tenore di idrogeno o metano.

Anche in questa annualità lo sviluppo delle attività sulla gassificazione del carbone e sul trattamento del syngas effluente ha avuto proseguito sia presso il Centro Ricerche ENEA di Casaccia sia presso il C.R. Sotacarbo ed in particolare sulla Piattaforma Sperimentale di Produzione di Energia Elettrica ed Idrogeno da Carbone. In particolare ENEA si è occupata della progettazione e del coordinamento di oltre 200 ore di sperimentazione a caldo, oltre che della progettazione e realizzazione di nuovi sistemi ed impianti nella prosecuzione della strategia di approfondimento degli studi sulla conversione termochimica del carbone.

Tra i risultati più importanti si annovera il progetto e la realizzazione della nuova sezione di clean-up, desolfurazione e trattamento del syngas sull'impianto GESSICA (c/o C.R. ENEA Casaccia), il completamento della sezione di monitoraggio delle temperature interne del gassificatore e del sottogriglia c/o gli impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo (c/o il C.R. Sotacarbo all'interno della ex miniera di Sebariu a Carbonia – CI), l'esecuzione di oltre 200 ore di sperimentazione in impianto.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri rimane da un lato la necessità di concludere parte dei lavori di modifica e realizzazione delle nuove sezioni e dall'altro quella di proseguire l'ottimizzazione con sperimentazioni volte a integrare gli aspetti operativi delle varie sezioni, garantire l'accuratezza delle misure effettuate e approfondire le conoscenze relative alle sezioni di recente acquisizione.

## 5 Riferimenti bibliografici

1. M.L. Hobbs, P.T. Radulovic, L.D. Smoot, Modeling fixed-bed coal gasifiers, *AIChE Journal*, vol. 38, No. 5, May 1992
3. P. Deiana, A. Pettinau, V. Tola, Hydrogen production from coal gasification in updraft gasifier with syngas treatment line, CCT 2007 Third International Conference on Clean Coal Technologies 15-17 May, Cagliari, Sardinia, Italy
4. P. Deiana, C. Bassano, M. Subrizi, "COAL LEVEL MEASUREMENT IN FIXED BED GASIFIERS", 11th Gasification Conference, Icheme, Cagliari, May 2012.
5. M. Sudiro, A. Bertucco, in *Synthetic Natural Gas (SNG) from Coal and Biomass: a Survey of Existing Process Technologies, Open Issues and Perspectives* Chap. 5. Gas natural ISBN 978-953-307-112-1, (Sciyo 2010)
6. Bassano, P. Deiana, A. Assettati, M. Subrizi, G. Ricci "Primi risultati dell'analisi sperimentale del processo di gassificazione del carbone in un impianto di piccola scala" 65° Congresso Nazionale ATI – Domus de Maria (CA), 13-17 Settembre 2010 ISBN: 978-88-90411-63-2

## 6 Abbreviazioni ed acronimi

CCS	Carbon Capture and Storage
GESSICA	GEneratore Sperimentale di Singas da Carbone
TC	Termocoppia
WGS	Water Gas Shift