



Ricerca di Sistema elettrico

Tecnologie avanzate di gassificazione

P. Deiana, M. Subrizi, C. Bassano

TECNOLOGIE AVANZATE DI GASSIFICAZIONE

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

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: B2 Cattura e sequestro della CO₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili

Obiettivo: B2-a - Tecnologie innovative per la cattura della CO₂ in Pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi e liquidi

Task a.1 Tecnologie avanzate di gassificazione presso impianto GESSYCA

Responsabile del Progetto: Ing. Stefano Giammartini, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Studi sull'utilizzo pulito di combustibili fossili, cattura e sequestro della CO₂*"

Responsabile scientifico ENEA: ing. Paolo Deiana

Responsabile scientifico SOTACARBO: ing. Enrico Maggio

Indice

| | |
|--|----|
| SOMMARIO..... | 4 |
| 1 INTRODUZIONE..... | 5 |
| 2 TEST SPERIMENTALI PRESSO IMPIANTO GESSICA..... | 5 |
| 2.1 L'IMPIANTO GESSYCA | 6 |
| 2.1.1 <i>Sistema di acquisizione e controllo</i> | 8 |
| 2.1.2 <i>Analisi del gas</i> | 9 |
| 2.2 ATTIVITÀ SPERIMENTALE | 10 |
| 3 PIATTAFORMA PILOTA SOTACARBO | 17 |
| 3.1 ATTIVITÀ SPERIMENTALI..... | 18 |
| 4 CONCLUSIONI..... | 20 |
| 5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..... | 20 |
| 6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI..... | 21 |

Sommario

La produzione di Synthetic Natural Gas (SNG) da carbone ha visto una recente crescita di interesse imputabile ad un prevedibile aumento del prezzo del gas e del petrolio ed ad un parallelo sviluppo di nuove tecnologie che permettono l'uso più pulito del carbone. Tale sviluppo sta portando anche a un grande interesse nei confronti dei cosiddetti Alternative Fuels derivati dalla gassificazione del carbone: CTL (Coal To Liquid) e SNG (Substitute Natural Gas). In particolare quest'ultimo ha grandi possibilità di mercato nel mondo del refining (utilizzato come fuel gas) e dell'automotive (combustibile per autoveicoli di nuova generazione), ma soprattutto può essere immesso direttamente nei gasdotti per il potenziamento delle reti di distribuzione nell'ottica strategica di favorire la differenziazione delle fonti di approvvigionamento.

In quest'ambito si sono svolte le attività di sperimentazione presso il Centro di Ricerche ENEA di Casaccia, dove è ubicato il mini impianto GESSICA (GENERatore Sperimentale di SIngas da CARbone) di produzione di gas naturale sintetico. Il sistema è equipaggiato di un gassificatore a letto fisso in grado di operare in continuo, di uno scrubber per la pulizia del syngas, di un reattore di desolforazione, di un reattore di shift, di tre reattori di metanazione che effettuano la conversione del syngas in gas naturale sintetico e di una torcia di smaltimento del gas prodotto. L'intero impianto pilota è dotato di un sistema di acquisizione e controllo dei principali parametri operativi che consente il monitoraggio del processo da remoto.

L'obiettivo delle attività sperimentali condotte sul mini impianto è stato quello di testare le modalità di esercizio per il miglioramento del processo di produzione di syngas, nonché di testare strumentazione atta al controllo del processo. In particolare le attività si sono sviluppate focalizzando l'attenzione sulla qualità del syngas prodotto e sul definire le modalità di conduzione dell'impianto, attraverso l'uso di strumentazione e analitica di supporto al controllo di impianto.

Sono proseguite le attività di coordinamento e collaborazione alla sperimentazione presso gli impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo. In particolare si è dato corso ad un'attività di monitoraggio del processo di gassificazione. Infatti al fine di avere una migliorata mappatura termica del processo in svolgimento all'interno del gassificatore si è proceduto con l'installazione di una serie di punti di misura basati su termocoppie di tipo K disposte a 120° su tre direttrici della parte cilindrica.

Tra i primi risultati si è riscontrata una dinamica più rapida per il sistema con le termocoppie in parete, inoltre è degno di nota il fatto che i profili termici ricavati danno un'informazione anche in senso radiale, in caso di avarie si ha una maggior ridondanza dei dati sui diversi piani ed anche la sostituzione di un singolo sensore è possibile senza operazioni troppo dispendiose o che comportino la fermata dell'impianto.

1 Introduzione

Il presente Rapporto descrive le attività svolte nell'ambito del progetto di Ricerca di Sistema, Piano Annuale di realizzazione 2013 in riferimento al Sub Task a.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 CO₂, con prove e test relativi a diverse condizioni di funzionamento, tesi alla messa a punto ed all'ottimizzazione dei processi e delle apparecchiature.

Il Task a.1 Tecnologie avanzate di gassificazione presso impianto GESSYCA e presso la piattaforma pilota SOTACARBO ha visto la prosecuzione delle attività sperimentali avviate nel precedente PAR, legate allo sviluppo e caratterizzazione del processo di gassificazione e dei sistemi di separazione della CO₂ da syngas con ammine. Nel dettaglio, l'attività sperimentale di gassificazione in oggetto è stata condotta presso l'impianto GESSYCA (GENERatore Sperimentale di SYngas da CARbone) di ENEA-C.R.Casaccia, messo a punto nel precedente PAR. Su di esso sono state testate differenti tipologie di carbone, biomasse (pellet) e loro miscele, analizzando ed elaborando i dati sperimentali ottenuti nel corso dei test. L'obiettivo ambizioso, che proseguirà anche nel PAR 2014, è quello di sviluppare procedure automatiche di conduzione ed esercizio di impianto. I primi test a caldo hanno visto l'accensione del gassificatore e una prima verifica di tutta la componentistica e dei sistemi di misura.

Parallelamente sono state svolte attività a supporto dei "Test di gassificazione presso la piattaforma pilota Sotacarbo" e di quelli "di separazione della CO₂ da syngas" (rif. Task a.1 e a.2, Attività Polo Tecnologico - Parte B1, a responsabilità SOTACARBO) per quanto attiene alla pianificazione e conduzione delle esperienze. In particolare si è effettuato il monitoraggio delle temperature del gassificatore della piattaforma pilota SOTACARBO attraverso la strumentazione del mantello e della griglia.

2 Test sperimentali presso impianto GESSICA

La produzione di Synthetic Natural Gas (SNG) da carbone ha visto una recente crescita di interesse imputabile ad un prevedibile aumento del prezzo del gas e del petrolio ed ad un parallelo sviluppo di nuove tecnologie che permettono l'utilizzo più pulito del carbone. Tale sviluppo sta portando anche a un grande interesse nei confronti dei cosiddetti Alternative Fuels derivati dalla gassificazione del carbone: CTL (Coal To Liquid) e SNG (Substitute Natural Gas). In particolare quest'ultimo ha grandi possibilità di mercato nel mondo del refining (utilizzato come fuel gas) e dell'automotive (combustibile per autoveicoli di nuova generazione), ma soprattutto può essere immesso direttamente nei gasdotti per il potenziamento delle reti di distribuzione nell'ottica strategica di favorire la differenziazione delle fonti di approvvigionamento.

In quest'ambito si sono svolte le attività di sperimentazione presso il Centro di Ricerche ENEA di Casaccia, dove è ubicato il mini impianto GESSICA (GENERatore Sperimentale di Singas da CARbone) di produzione di gas naturale sintetico. Il sistema è equipaggiato di un gassificatore a letto fisso in grado di operare in continuo, di uno scrubber per la pulizia del syngas, di un reattore di desolforazione, di un reattore di shift, di tre reattori di metanazione che effettuano la conversione del syngas in gas naturale sintetico e di una torcia di smaltimento del gas prodotto. L'intero impianto pilota è dotato di un sistema di acquisizione e controllo dei principali parametri operativi che consente il monitoraggio del processo da remoto.

Le attività hanno visto lo sviluppo ed il proseguo di quanto svolto nelle annualità precedenti.

L'obiettivo delle attività sperimentali condotte sul mini impianto è stato quello di testare le modalità di esercizio per il miglioramento del processo di produzione di syngas, nonché di testare strumentazione atta al controllo del processo. In particolare le attività si sono sviluppate focalizzando l'attenzione sulla qualità del syngas prodotto e sul definire le modalità di conduzione dell'impianto, attraverso l'utilizzo di strumentazione e analitica di supporto al controllo di impianto.

Si sono quindi, condotte prove e test relativi a diverse condizioni di funzionamento, modificando la miscela degli agenti gassificanti al fine di pervenire ad una serie di informazioni utili alla messa a punto ed all'ottimizzazione dei processi e delle apparecchiature. La finalità ultima è quella di fornire dati utili ad successivo upgrade dell'impianto.

Attraverso l'attività di sperimentazione si è caratterizzato il processo e si sono definite le modalità e i principali parametri con cui operare per il raggiungimento delle condizioni di esercizio ottimali e stazionarie; si sono inoltre valutati i tempi e le modalità di risposta del sistema al variare dei parametri di ingresso quali la tipologia di agenti gassificanti e la tipologia di carbone utilizzato.

Di seguito viene descritta l'apparato sperimentale utilizzato e le modalità con cui si sono effettuate i test di esercizio.

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.

2.1 L'impianto GESSYCA

L'impianto è caratterizzato dal fatto di essere alloggiato su di uno skid mobile, il cui ingombro ricade all'interno della sagoma standard trasportabile su di un camion. Il sistema è equipaggiato di un gassificatore refrattariato a letto fisso, di uno scrubber per la pulizia del syngas, di un reattore di desolforazione, di un reattore di shift, di tre reattori di metanazione che effettuano la conversione del syngas in gas naturale sintetico e di una torcia di smaltimento del gas prodotto. Il gassificatore di tipo updraft è dotato di un sistema di carico e scarico che permette di operare in continuo.



Figura 1: Impianto di produzione di gas sintetico GESSYCA

Il combustibile, in pezzatura dell'ordine di qualche centimetro, è alimentato in continuo mediante un dosatore volumetrico costituito da un sistema a coclea motorizzata gestita da inverter. Un sistema a doppia ghigliottina permette di caricare il reattore isolando l'ambiente di reazione dall'ambiente di stoccaggio della carica. Un sistema ausiliario alimentato elettricamente provvede alla produzione del vapore necessario al processo. L'estrazione delle ceneri è resa possibile da una griglia mobile posizionata sul fondo. L'alimentazione degli agenti gassificanti è garantita da diverse linee di adduzione dei gas di processo, collegate tramite riduttori di pressione alle opportune bombole e alla rete dell'aria compressa. Completa le dotazioni di impianto una linea di allaccio dell'acqua che serve da alimentazione per la caldaia a vapore e per le previste necessità di raffreddatori e torri di lavaggio. Tutte le linee (vapore, ossigeno, aria, CO₂ e azoto di purge) sono opportunamente strumentate al fine di monitorare in continuo pressione, temperatura e portata.

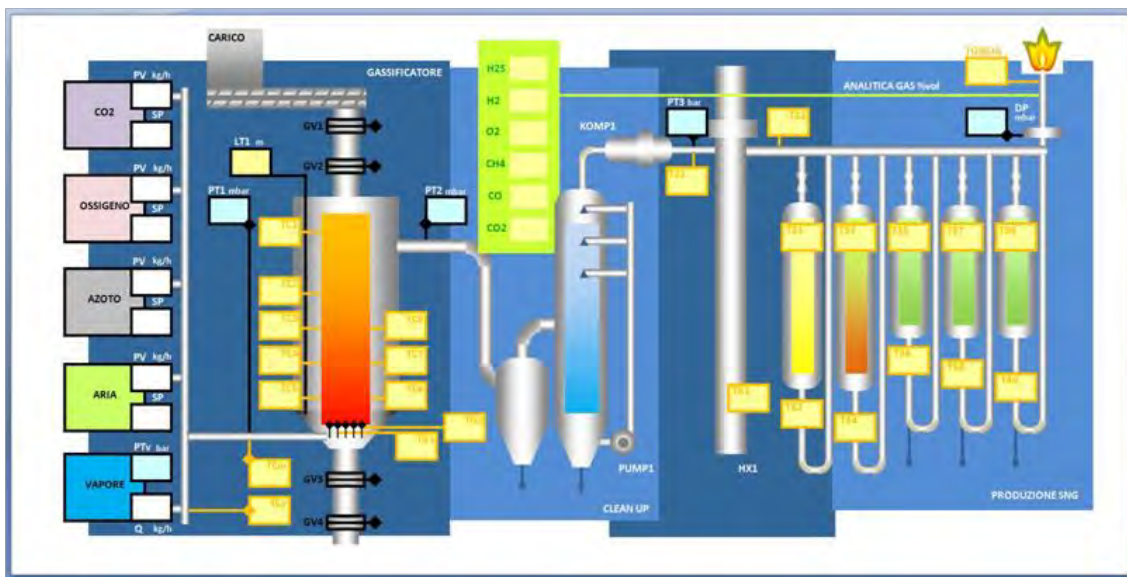


Figura 1b. Impianto GESSICA: schema di massima del complessivo della sezione di trattamento del syngas

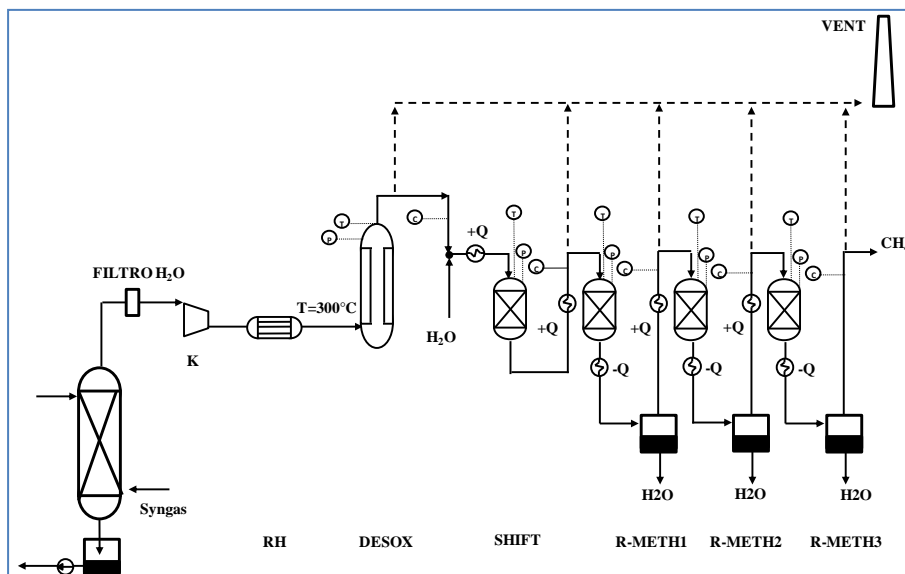


Figura 2. Impianto GESSICA: schema di massima del complessivo della sezione di trattamento del syngas

Al fine di controllare il profilo di temperatura lungo il letto del reattore, il gassificatore è stato equipaggiato di termocoppie di tipo K alloggiato lateralmente sui due lati del mantello del reattore.

Il gassificatore è, altresì, dotato di un sensore di livello che, basandosi sul principio delle microonde guidate in barra metallica, misura ogni variazione dell'altezza del letto, monitorando in continuo l'andamento del processo di gassificazione. L'obiettivo dichiarato è quello di pervenire alla definizione del comportamento del processo in continuo e stazionario, agendo sullo scarico e carico dei solidi

La Figura 2 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.

Il reattore di desolfurazione 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 desolfurazione 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.

2.1.1 Sistema di acquisizione e controllo

L'intero impianto pilota è dotato di un sistema di acquisizione e controllo dei principali parametri operativi che permette il monitoraggio del processo.

Come riportato nella figura successiva, la pagina principale del sinottico permette di avere sotto controllo tutti i dati strumentali in tempo reale e di controllare il processo nel suo complesso con semplicità e sicurezza sia in modalità automatica che manuale. Il sistema di regolazione e controllo è dotato anche di allarmi per il blocco del processo in caso di anomalie di funzionamento.



Figura 3. Dettaglio quadro elettrico di acquisizione dati

In particolare, la strumentazione così approntata, permette di acquisire e controllare un insieme di informazioni riguardanti il processo di gassificazione quali: il profilo di temperatura lungo l'asse del reattore, le portate gas di alimentazione del syngas prodotto ed il quantitativo di carbone presente nel reattore mediante un misuratore di livello. Sulla base di questi dati è possibile pervenire agli andamenti nel tempo e quindi ai consumi e alle quantità orarie di syngas prodotto.

GESSIGA

Figura 4. LOGO dell'impianto

2.1.2 Analisi del gas

Al fine di monitorare la qualità del syngas prodotto e l'andamento delle concentrazioni dei principali componenti durante l'esercizio l'impianto è dotato di un sistema di analisi online dei principali gas prodotti.

L'impianto è equipaggiato con un sistema di misura in continuo della composizione dei gas prodotti attraverso l'utilizzo di una linea di campionamento online che si interfaccia con un più sistemi di analisi gas: un sistema modulare.

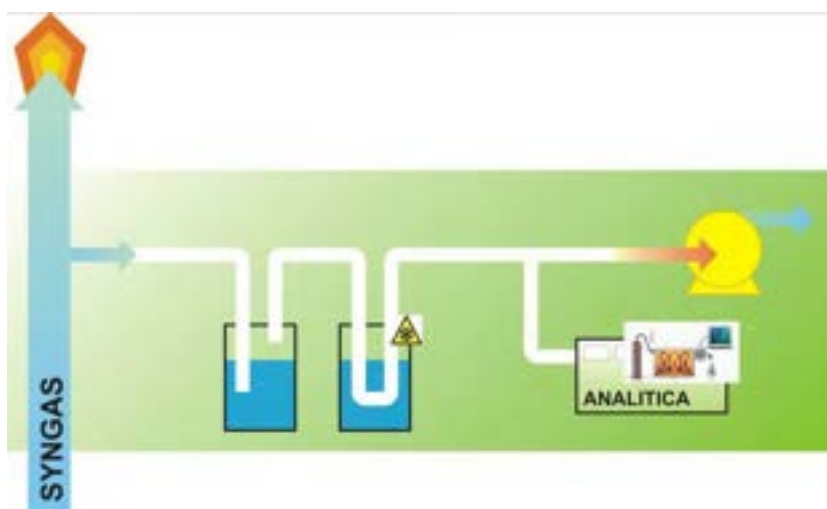


Figura 5: Schema della linea di campionamento

In particolare la linea di campionamento è realizzata attraverso una serie di trappole fredde in modo da evitare che composti indesiderati quali tar, particolato e condense che possano nuocere alla sensibilità dello strumento. Il gas viene prelevato prima della sua adduzione alla torcia e avviato alla linea di campionamento, il cui schema è illustrato in figura 5.

Le trappole fredde sono alloggiato all'interno di un gruppo frigo, mostrato in figura 5, così da assicurare la condensazione e cattura dei composti condensabili indesiderati di cui sopra. Una pompa di aspirazione assicura il flussaggio del gas nella linea.

L'analitica modulare è un sistema costituito da più moduli a cella che permette la misura in continuo dei principali composti costituenti il syngas (H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , H_2S , O_2) basandosi su differenti principi di misura a seconda del composto che si deve misurare (Figura 6)



Figura 6: Analitica modulare e sinottico di interfaccia con l'operatore

Il gas prelevato ed avviato al sistema modulare di analisi dei gas prima di essere avviato agli strumenti viene riscaldato con un'apposita sonda riscaldante. L'acquisizione dei dati dell'analitica modulare avviene con rate di qualche secondo e la composizione è visibile all'operatore in un sinottico su PC, così da avere visione in tempo reale dell'andamento del processo e potere monitorare la conduzione dell'impianto.

2.2 Attività sperimentale

I test sperimentali sono stati preceduti dalla cottura del refrattario interno al gassificatore in modo da rendere autotermico il processo di gassificazione e minimizzare le perdite di calore verso l'esterno con l'obiettivo di ottimizzare così il rendimento energetico del processo. In figura 7 è riportato il dettaglio monitoraggio termico durante la cottura del refrattario

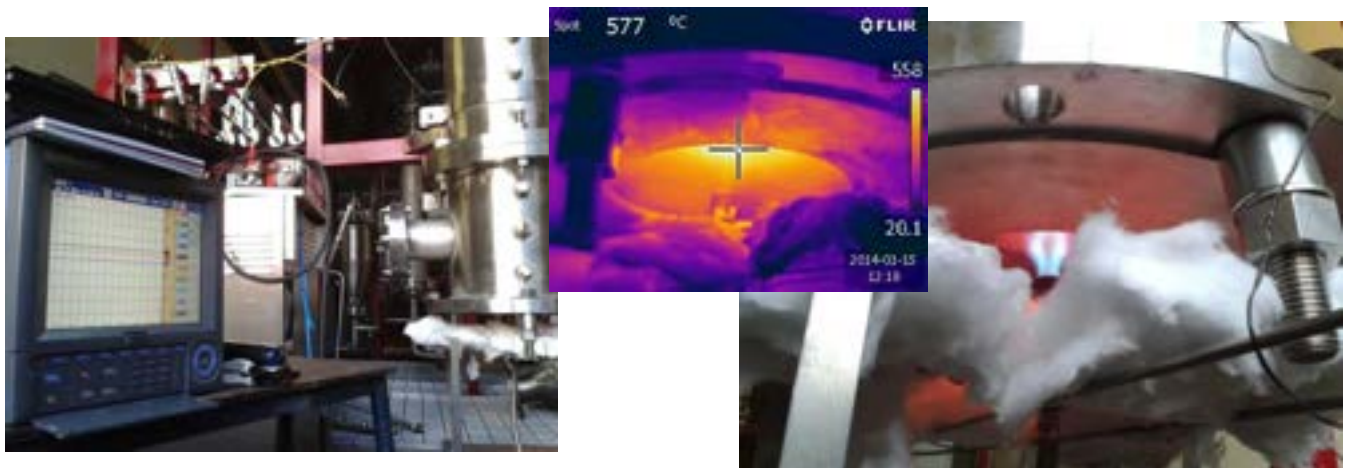


Figura 7. Dettaglio del monitoraggio termico durante la cottura del refrattario

I primi test a caldo hanno contemplato l'accensione del gassificatore e una prima verifica di tutta la componentistica e dei sistemi di misura.

L'attività sperimentale condotta si è basata su una preventiva valutazione dei parametri sperimentali sui quali agire in modo da definire le procedure con cui eseguire le prove.

Attraverso l'attività di sperimentazione si è caratterizzato il processo e si sono definite le modalità e i principali parametri con cui operare per il raggiungimento delle condizioni di esercizio ottimali e stazionarie; si sono inoltre valutati i tempi e le modalità di risposta del sistema al variare degli input di ingresso quali la tipologia di agenti gassificanti e la tipologia di carbone utilizzato.

Durante le prove si è monitorato in continuo i principali parametri di processo quali portate degli agenti gassificanti, temperature all'interno del gassificatore, pressioni e composizione del gas uscente. Monitorando le temperature, registrate dalle termocoppie poste lungo l'altezza del reattore di gassificazione, si è agito sulla portata degli agenti gassificanti in modo tale da portare il processo in condizioni stazionarie e parallelamente evitare picchi di temperatura.

Una termocoppia posizionata sulla torcia ha inoltre fornito l'informazione sulla presenza o meno della fiamma.

Nel particolare l'attività si è posta come obiettivo lo studio della reattiva di differenti carboni e di biomassa (pellet) e carbone di legna con differenti composizioni delle miscele di agenti gassificanti (aria/vapore).

A titolo di esempio di seguito si riportano i risultati di uno dei test di gassificazione condotti in data 11 Giugno 2014, che ha visto come alimentazione l'utilizzo di carbone di legna.

In figura 8 è illustrato l'andamento temporale della composizione del syngas nei suoi principali componenti, nelle differenti fasi della prova sperimentale.

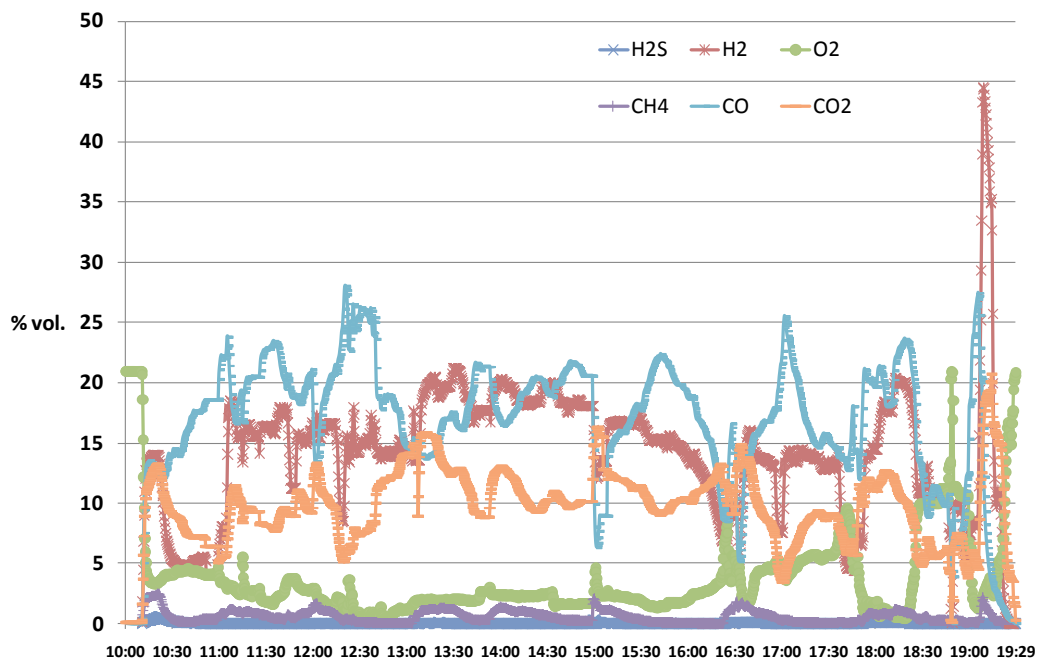


Figura 8. Andamento temporale della composizione del syngas nei suoi principali componenti test 11/06/2014

Come si evidenzia dal grafico nella fase di gassificazione con aria/vapore si è ottenuto un gas con la composizione tipica dell'esercizio dei gassificatori updraft in queste condizioni, con valori del contenuto in H2 di quasi il 20 % vol., di CO leggermente al di sopra del 20 % vol. e della CO₂ compresa tra il 10-15% vol.

Le figure successive riportano le variazioni delle portate aria e vapore durante il test



Figura 9. Variazione delle portate di aria e vapore test 11/06/2014

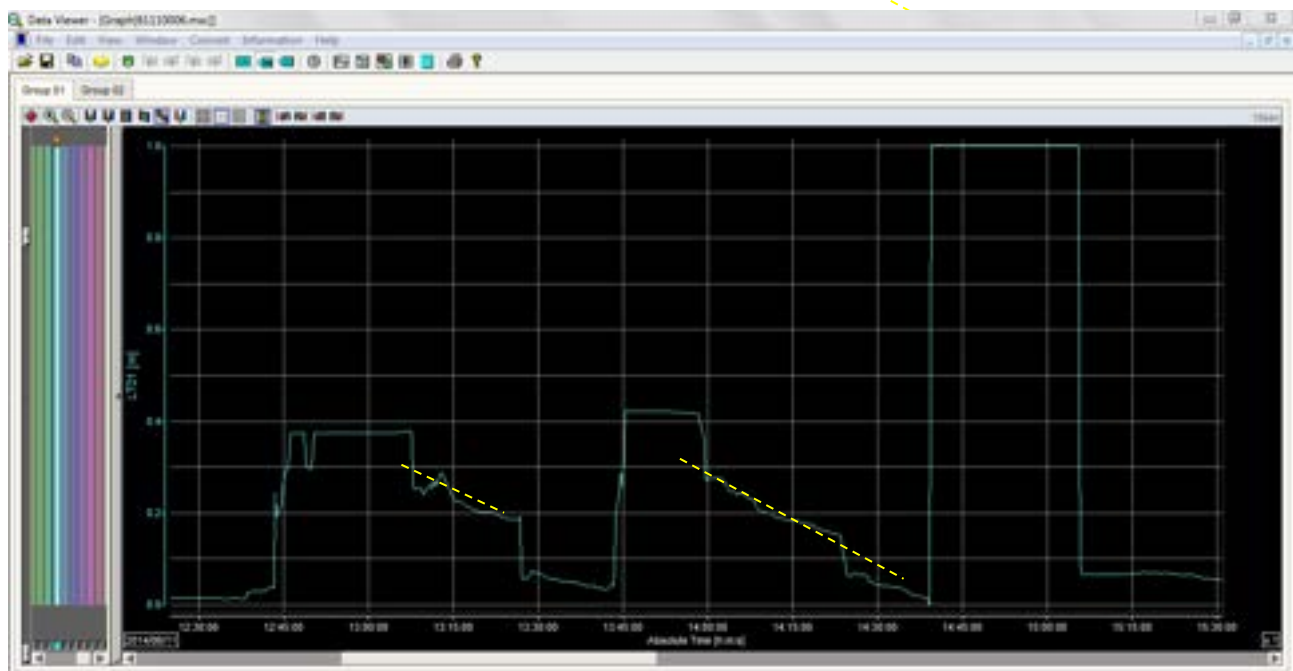


Figura 10. Variazione del livello all'interno del gassificatore nella fase di startup test 11/06/2014

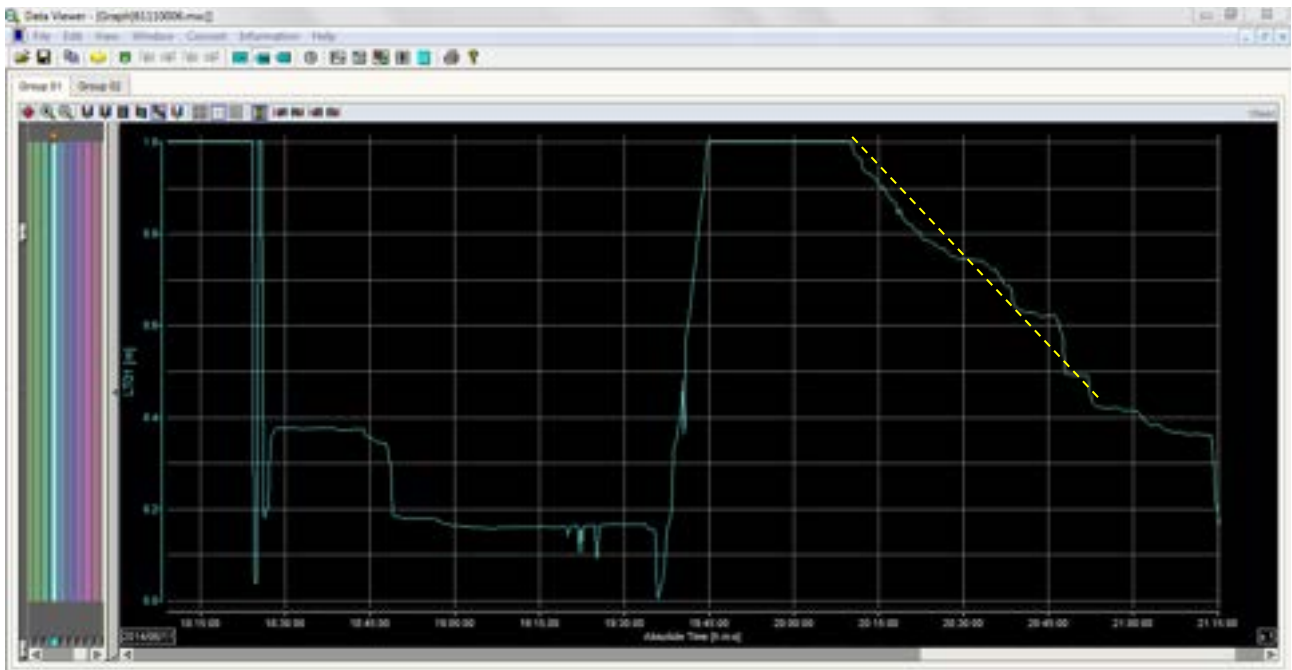


Figura 11. Variazione del livello all'interno del gassificatore in campo di flusso e temperatura elevati test 11/06/2014

La figure 10 e 11 mostrano la variazione del livello all'interno del gassificatore nella fase di start up e nella fase di gassificazione, caratterizzata da un campo di flusso e temperatura elevati. Dall'elaborazione di tali curve si è pervenuti ad una stima delle potenzialità del gassificatore misurando la differenza di altezza del letto di solidi nel reattore tra le fasi di carico e scarico.

Dai dati mostrati nelle figura 11, registrati nelle prime prove preliminari, si può ricavare una decrescita media del livello pari a circa 10 cm ogni quarto d'ora per la fase iniziale fino a raddoppiare in condizioni di temperatura più elevate con decremento di circa 80 cm/h che si traduce in un consumo di carbone stimato in circa 15 kg/h che corrispondono ad una potenzialità di circa 100 kW.

Tabella 1. Calcolo consumi e potenzialità nel caso stazionario a temperature elevate

| Variazione di livello | Consumo | Potenza |
|------------------------------|----------------|----------------|
| m/h | kg/h | kW |
| 0,8 | 14,2 | 98,5 |

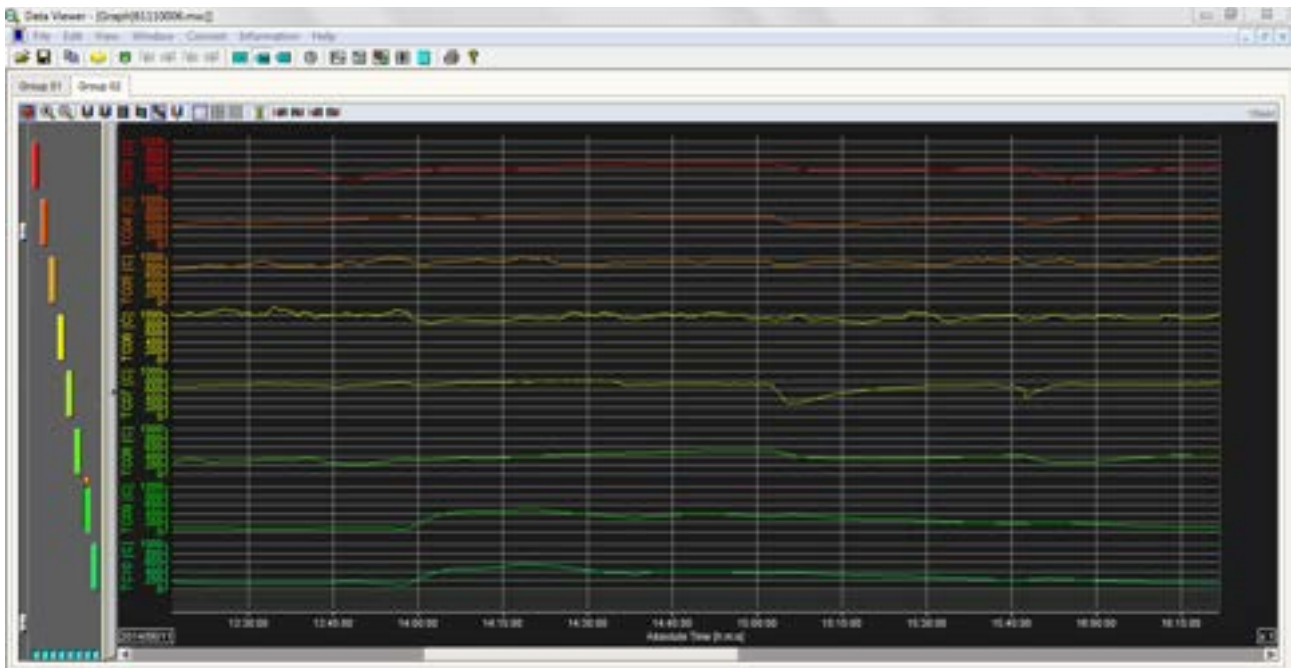


Figura 12. Andamento delle temperatura interne al reattore test 11/06/2014

La figura 13 riporta l'andamento delle temperature interne al reattore nel test di gassificazione di carbone di basso rango con aria e vapore del 25/06/2014 , dopo una prima fase di start-up si evidenzia il raggiungimento di una condizione stazionaria nel tempo.



Figura 13. Andamento delle temperatura interne in avviamento test 25/06/2014

L'approfondimento degli aspetti tecnologici e sperimentali del processo proseguirà per definire le differenti problematiche e per fornire una prima stima dei costi di produzione dell'SNG a partire da diversi materiali. Sarà a tale scopo completata la componentistica e gli ausiliari di corredo all'impianto.

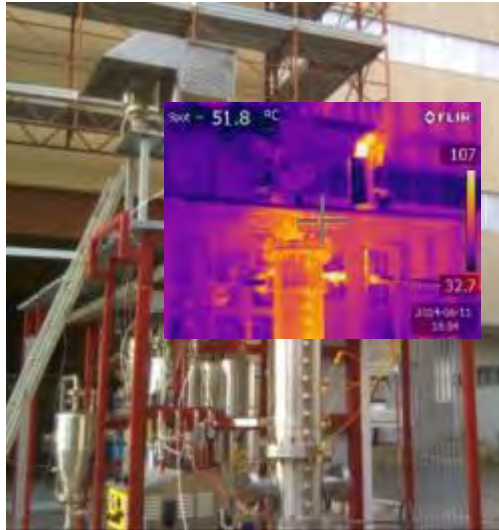


Figura 14. Immagine termografica con dettaglio di gassificatore e torcia



Figura 15. Targa di impianto e dettaglio



Figura 16. Particolari dell'assemblaggio meccanico ed elettrostrumentale

3 Piattaforma Pilota Sotacarbo

Sono 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.



Figura 17. Impianto Piattaforma Pilota: monitoraggio termico del gassificatore

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..

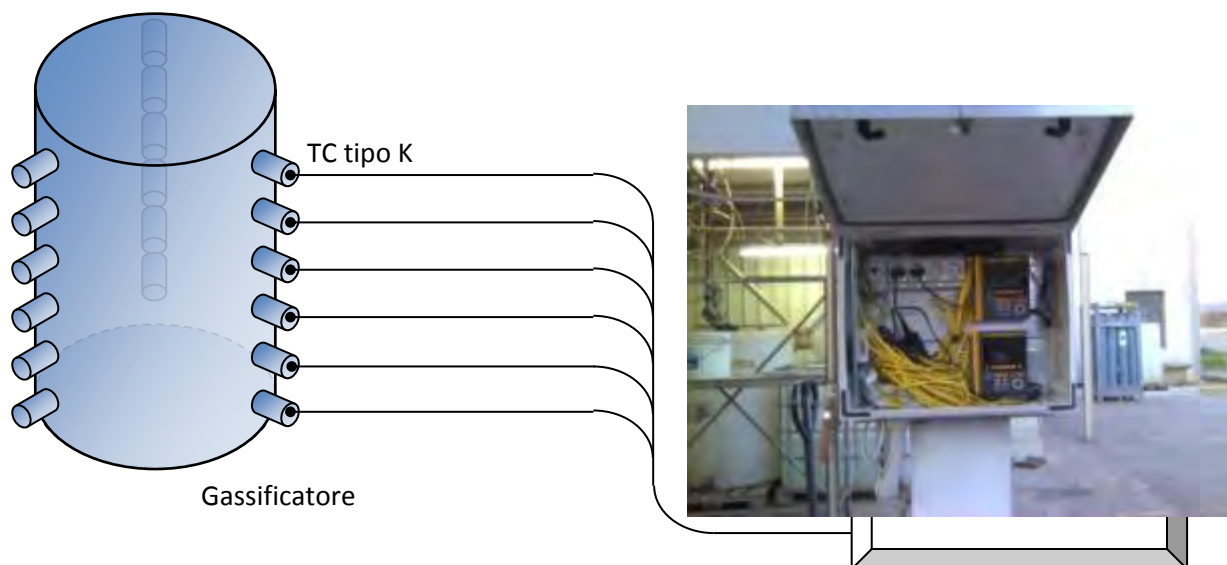


Figura 18. Impianto Piattaforma Pilota: schema disposizione sensori TC e quadro recentemente installato

Il sistema di monitoraggio e mappatura termica del processo in svolgimento all'interno del gassificatore è composto da una serie di punti di misura basati su termocoppie di tipo K disposte a 120° su tre direttrici della parte cilindrica (Figura 18). Al momento attuale il numero totale dei sensori è pari a trenta distribuiti su dieci piani lungo tre direttrici a 120°. A queste si sommano poi le sette termocoppie sulla griglia. Il sistema è altresì composto da un quadro elettrico completo di alloggiamento per la strumentazione di acquisizione

3.1 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 rispettivamente: linea 1, linea 2 e linea 3.

Alla prima situazione, relativa all'avviamento corrispondono temperature abbastanza limitate in prossimità del sul fondo del reattore (max 650°C) che vanno poi a degradare verso l'alto. La temperatura del gas in uscita è all'incirca intorno ai 60°C. Il profilo delle temperature per le tre direttrici presenta il tipico andamento a naso.

La situazione riportata dall'immagine successiva è invece relativa ad una raggiunta condizione di sufficiente stazionarietà. Il massimo della temperatura (circa 900°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 in particolare nella parte bassa, la temperatura nella parte alta del gassificatore si attesta intorno ai 200°C.

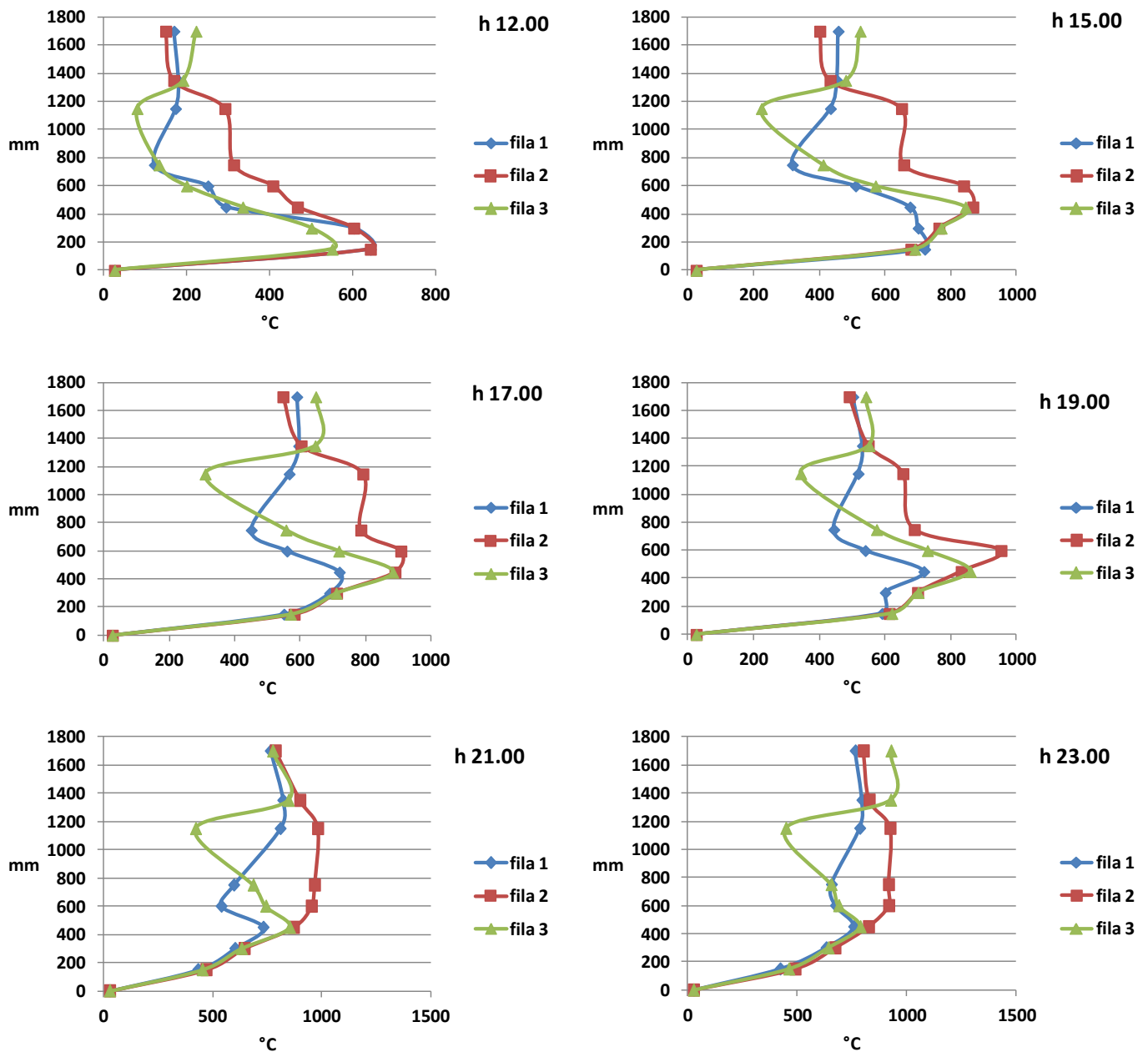


Figura 19. Impianto Piattaforma Pilota: andamento delle temperature durante l'avviamento del 19/06/2014

La terza immagine (alle 17:00) 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 della parte alta del letto è più elevata (200 °C).

La quarta figura mostra invece un ribilanciamento della linea 3 con rientro in zona più o meno stazionaria con il tipico diagramma a naso. Con il passare del tempo il profilo a naso presenta un innalzamento della temperatura più alta che corrisponde ad uno spostamento del processo di gassificazione verso zone più alte. Le temperature nella parte alta del letto continuano a mantenersi elevate.

Anche in questa annualità lo sviluppo delle attività sulla gassificazione del carbone e sul trattamento del syngas effluente ha avuto proseguito 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 della 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

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 delle attività 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 annoverano i primi test di sperimentazione a caldo sul mini impianto GESSICA (GGeneratore Sperimentale di SIngas da Carbone c/o C.R. ENEA Casaccia), di produzione di gas naturale sintetico. L'impianto presenta il vantaggio di essere allocato su skid mobile di essere alimentato con differenti tipologie di combustibile inoltre essendo dotato di una sezione di conversione catalitica di essere versatile per tesare nuovi processi di conversione del syngas in prodotti ad maggiore valore aggiunto.

I primi test a caldo hanno visto l'accensione del gassificatore e una prima verifica di tutta la componentistica e dei sistemi di misura.

Sono proseguite le attività di coordinamento e collaborazione alla sperimentazione presso gli impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo. (c/o il C.R. Sotacarbo all'interno della ex miniera di Sebariu a Carbonia – CI). In particolare si è proseguita l'attività di monitoraggio del processo di gassificazione mediante 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. In tal modo è stato possibile avere una migliorata mappatura termica del processo in svolgimento all'interno del gassificatore.

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.

In particolare relativamente al mini impianto GESSICA di produzione di gas sintetico si dovrà proseguire con l'approfondimento degli aspetti tecnologici e sperimentali del processo per definire le differenti problematiche e per fornire una prima stima dei costi di produzione dell'SNG a partire da diversi materiali. Si dovrà a tale scopo completare la componentistica e gli ausiliari di corredo all'impianto.

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 |