



Ricerca di Sistema elettrico

Attività di caratterizzazione dei sistemi di campionamento e analisi di solidi, gas e liquidi

A. Orsini, D. Multineddu, A. Plaisant, R. Cara, E. Loria

ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DEI SISTEMI DI CAMPIONAMENTO E ANALISI DI SOLIDI, GAS E LIQUIDI

A. Orsini, D. Multineddu, A. Plaisant, R. Cara, E. Loria (Sotacarbo)

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 CO₂ prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili

Obiettivo: Tecnologie innovative per la cattura della CO₂ in post-combustione

Responsabile del Progetto: 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: Paolo Deiana

Responsabile scientifico Sotacarbo: Enrico Maggio

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 CARATTERIZZAZIONE COMBUSTIBILI E SCARICHI	6
2.1 INTRODUZIONE.....	6
2.1.1 FRANTUMATORE A MASCELLE BB200 RETSCH	6
2.1.2 MULINO A CROCE SK100 RETSCH	7
2.1.3 MULINO A VIBRAZIONE AS200 RETSCH	8
2.1.4 DETERMINATORE ANALISI ELEMENTARE LECO TRUSPEC CHN/S.....	9
2.1.5 TERMOGRAVIMETRO LECO TGA-701	10
2.1.6 CALORIMETRO LECO AC-500.....	11
2.2 DETTAGLI OPERATIVI SULL'ANALISI DEI SOLIDI	12
3 CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI GAS	16
3.1 INTRODUZIONE.....	16
3.1.1 MICRO-GASCROMATOLOGRAFO AGILENT 3000.....	16
3.1.2 SISTEMA DI ANALISI GAS ABB.....	17
3.2 DETTAGLI OPERATIVI SULL'ANALISI DEI GAS	18
4 ANALISI SOLUZIONI ACQUOSE	22
4.1 INTRODUZIONE.....	22
4.1.1 METODICA ANALITICA PER DETERMINAZIONE CARICAMENTO CO ₂ IN SOLUZIONI ACQUOSE	22
4.2 DETTAGLI OPERATIVI SULL'ANALISI DEI LIQUIDI.....	22
5 CONCLUSIONI.....	25

Sommario

Nel presente documento sono presentate le attività di caratterizzazione attualmente condotte presso l'impianto e i laboratori Sotacarbo a supporto delle campagne sperimentali relativamente alla caratterizzazione di solidi, liquidi e gas.

Il documento, che si divide in tre parti, ha l'obiettivo di presentare la strumentazione utilizzata e le procedure analitiche normalmente sviluppate nel Centro Ricerche Sotacarbo, per la caratterizzazione di:

- solidi (combustibili quali carboni e/o biomasse utilizzati nel reattore di gassificazione dell'impianto, scarichi, ovvero ceneri e combustibile non reagito, del suddetto gassificatore);
- liquidi (soluzioni acquose di ammine utilizzate per l'assorbimento dell'anidride carbonica);
- gas (campionamento e analisi del syngas e di miscele gassose sia tramite sistemi continui che discontinui).

La definizione di tali procedure operative è di fondamentale importanza per consentire una buona riproducibilità delle analisi effettuate e dall'altro per rendere confrontabili i risultati ottenuti su campioni differenti e durante differenti test sperimentali. È dunque fondamentale standardizzare quanto più possibile metodi e procedure di prelievo, preparazione e analisi campioni. Per quanto possibile (ad esempio per le analisi delle differenti tipologie di combustibile), presso i laboratori Sotacarbo si seguono gli standard internazionali (principalmente quelli proposti dall'ASTM, American Society for Testing Materials); tuttavia alcuni metodi di analisi sono stati messi a punto con specifico riferimento alla piattaforma pilota Sotacarbo.

Per ciascuna attività di caratterizzazione sono illustrati, oltre alle apparecchiature utilizzate, i metodi analitici impiegati, gli aspetti critici legati a ciascuna procedura di analisi e gli eventuali sviluppi e miglioramenti che possono essere condotti o sviluppati per l'ottenimento di una caratterizzazione la più precisa e puntuale possibile.

1 Introduzione

L'attività sperimentale condotta negli impianti Sotacarbo (impianto pilota e impianto da banco per l'assorbimento della CO₂ con soluzioni acquose di ammine) non può prescindere dai test analitici condotti in laboratorio necessari sia per la definizione delle campagne sperimentali, sia per la verifica e la conferma, a test effettuati, dei risultati ottenuti e del raggiungimento degli obiettivi prefissati. In diversi modi l'attività di analisi si interfaccia con le attività di impianto: in alcuni casi la precede, in altri la segue, in altri ancora le attività procedono di pari passo.

Scopo di questo documento è descrivere le procedure operative riguardanti le attività di laboratorio ed in particolare:

- analisi di solidi (combustibili quali carbone e biomasse);
- analisi di gas (syngas e/o miscele gassose da alimentazione in bombola);
- analisi di liquidi (caratterizzazione soluzioni acquose di ammine con CO₂ disciolta).

Il presente documento è perciò suddiviso in tre parti.

La prima riguarda la descrizione delle attività sperimentali di caratterizzazione di combustibili solidi e scarichi ed in particolare presenta le apparecchiature utilizzate per la preparazione dei campioni (frantumatori e mulini) e per le analisi granulometrica, elementare, immediata e termica.

Nella seconda sono descritti i sistemi utilizzati per l'analisi di miscele di gas prodotte nelle attività sperimentali di impianto e di laboratorio.

Nella terza è descritta la procedura analitica per la caratterizzazione di soluzioni acquose liquide di ammine e per la determinazione della concentrazione di anidride carbonica in tali soluzioni.

2 Caratterizzazione combustibili e scarichi

2.1 Introduzione

I combustibili impiegati per i test di gassificazione vengono caratterizzati in laboratorio in termini di analisi elementare, immediata e termica. Tramite queste analisi è possibile conoscere in modo dettagliato le loro caratteristiche da un punto di vista chimico, al fine di definire e programmare le campagne sperimentali di gassificazione e i trattamenti di purificazione del syngas.

Qualora i carboni destinati all'alimentazione del gassificatore fossero di granulometria non adeguata alle esigenze sperimentali prefissate, questi possono essere frantumati e di conseguenza ridotti di dimensione tramite un frantoio a mascelle (par. 2.1.1) che permette di ridurre le dimensioni delle particelle fino ai valori desiderati. Per preparare invece i combustibili (siano essi carboni o biomasse) alle prefissate analisi di caratterizzazione, viene normalmente utilizzato un mulino a croce (par. 2.1.2). Una volta ottenuto alla dimensione desiderata, il materiale destinato ad essere introdotto nel reattore viene sottoposto all'analisi granulometrica tramite l'utilizzo di un mulino a vibrazione (par. 2.1.3).

L'analisi elementare dei combustibili può essere condotta tramite un determinatore CHN/S (par 2.1.4) che permette di conoscere le percentuali di carbonio, idrogeno, azoto e zolfo che costituiscono il suddetto combustibile. L'analisi immediata viene eseguita tramite un termogravimetro (par 2.1.5) mentre l'analisi termica è condotta tramite un calorimetro (par. 2.1.6).

Oltre alla caratterizzazione dei combustibili viene eseguita (mediante la stessa serie di analisi) la caratterizzazione degli scarichi solidi del gassificatore raccolti durante le prove condotte in impianto. Nel corso dei test di gassificazione, dal reattore vengono infatti periodicamente effettuati degli scarichi, normalmente costituiti da ceneri, combustibili parzialmente reagiti e materiale incombusto. Gli scarichi vengono pesati, campionati e successivamente analizzati in laboratorio al fine di avere delle informazioni sul grado di conversione delle specie chimiche costituenti gli scarichi stessi.

Per una descrizione approfondita delle metodiche di analisi e delle procedure di funzionamento degli strumenti presentati in questa sezione, si rimanda al report "Caratterizzazione sistemi di campionamento e analisi a supporto delle attività di impianto" (Cerse IV, OR1).

2.1.1 Frantumatore a mascelle BB200 Retsch

Descrizione: Lo strumento (Figura 1) è idoneo alla frantumazione di sostanze di durezza variabile tra "media" ed "estrema", nonché di materiali friabili e di tipo plastico-duro. La finezza conseguibile in uscita può essere sino a 2 mm o anche inferiore in funzione del materiale alimentato. L'apertura massima di carico è pari a 90 mm. Tra i materiali che possono essere sottoposti a frantumazione nel BB200 si hanno, tra gli altri, bauxite, calcestruzzo, ghiaia, carbone, quarzo, sali, coke, ecc.

Lo strumento viene anche utilizzato per la preparazione del carbone che viene introdotto nel reattore di gassificazione per i test di impianto. Normalmente si riduce il carbone ad una granulometria compresa tra 8 e 12 mm.

Note: Lo strumento è stato acquisito nel 2008 ed è stato finora costantemente utilizzato. Allo stato attuale è perfettamente funzionante e disponibile per la frantumazione dei carboni utilizzati nelle prove sperimentali di impianto.



Figura 1. Frantoio a mascelle BB200 Retsch

2.1.2 Mulino a croce SK100 Retsch

Descrizione: Lo strumento (Figura 2) viene utilizzato per applicazioni in cui sia necessario frantumare materiali di durezza da "media" a "alta" con grado massimo della scala Mohs sino a circa 6. È concepito, per esempio, per la frantumazione di ceneri, rocce, carbone, calcare, vetro, resine, sali ecc.). Tramite l'utilizzo di vagli (aventi opportuna dimensione dei fori) si può perciò ridurre il materiale alla dimensione desiderata. In particolare lo strumento viene utilizzato per ridurre i campioni di carbone (o i campioni degli scarichi del gassificatore) ad una granulometria opportuna per l'analisi nelle apparecchiature da laboratorio. Per esempio, i campioni destinati ad essere introdotti nel determinatore CHN/S devono avere una dimensione inferiore ai 250 μm , come verrà illustrato nel seguito.

Note: Lo strumento è stato acquisito nel 2008 ed è stato finora costantemente utilizzato. Allo stato attuale è perfettamente funzionante e disponibile per la preparazione dei campioni da analizzare nelle apparecchiature di laboratorio del Centro Ricerche.



Figura 2. Mulino a croce SK100 Retsch

2.1.3 Mulino a vibrazione AS200 Retsch

Descrizione: Lo strumento (Figura 3) è adatto sia per la setacciatura a secco che per quella ad umido di flussi di prodotti aventi granulometria in entrata fino ad un massimo di 25 mm. E' equipaggiato con una serie di setacci con aperture decrescenti andando verso il basso (da 25 mm fino a 45 μ m). Una quantità nota di campione (tipicamente 700 g) viene quindi versata nel primo setaccio posto in alto e dopo aver sottoposto la colonna dei setacci a vibrazione, vengono pesati i trattenuti parziali nei vari setacci, espressi in percentuale rispetto al peso totale del campione sottoposto a vagliatura. In questo modo è possibile stabilire la percentuale di campione trattenuto nel singolo setaccio: i dati ottenuti permettono di ricostruire la distribuzione granulometrica del campione e dunque di fare delle considerazioni sulla sua natura da un punto di vista dimensionale. I dati sono poi correlati per costruire, per ciascun campione considerato la curva granulometrica. Normalmente viene utilizzato per l'analisi granulometrica dei carboni che devono essere utilizzati per le prove in impianto. Ma l'analisi granulometrica è ripetuta anche per gli scarichi del gassificatore. Normalmente la curva granulometrica viene calcolata utilizzando i setacci aventi le seguenti aperture: 12,5 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 500 μ m e 250 μ m.

Note: Lo strumento è stato acquisito nel 2008 ed è stato finora costantemente utilizzato. Allo stato attuale è perfettamente funzionante ed è utilizzato per l'analisi granulometrica di materiali solidi (combustibili e non).



Figura 3. Mulino a vibrazione AS200 Retsch

2.1.4 Determinatore analisi elementare LECO Truspec CHN/S

Descrizione: Lo strumento viene utilizzato per eseguire l'analisi elementare di un qualunque campione solido (o contenente fino ad un massimo di umidità del 15%). L'analisi consente perciò di conoscere la percentuale nel campione analizzato di carbonio (C), idrogeno (H), azoto (N) e zolfo (S). Lo strumento è costituito da due moduli: un primo modulo CHN che determina la concentrazione di carbonio, idrogeno e azoto e un secondo modulo S che determina la concentrazione di zolfo presente nel campione in esame. Entrambi i moduli sono gestiti da un software sviluppato in ambiente *Microsoft Windows*.

L'analisi del contenuto in carbonio e in idrogeno avviene attraverso l'utilizzo di un rilevatore ad assorbimento infrarosso. Il campione da analizzare (circa 1 g) viene ridotto ad una granulometria opportuna (inferiore ai 250 μm) e alimentato per l'analisi nella fornace dello strumento. Il carbonio, a seguito della combustione del campione, è misurato sotto forma di CO_2 , mentre l'idrogeno sotto forma di H_2O . L'azoto si misura, invece, tramite un rilevatore a termoconduttività: una volta bruciato il campione, si ha la conversione degli NO_x a azoto elementare N_2 . L'analisi è completata in 4-5 minuti.

Lo zolfo, invece, è determinato in un modulo analitico differente. Il campione (circa 1 g), ridotto ad una granulometria opportuna (< 250 μm), è alimentato allo strumento tramite una navicella ceramica. Viene bruciato alla temperatura di 1350 °C: il contenuto di zolfo viene misurato tramite un rilevatore IR per la determinazione della SO_2 prodotta. L'analisi è completata in circa 3 minuti.

Note: Lo strumento è stato acquisito nel 2008 ed è stato finora costantemente utilizzato. Allo stato attuale è perfettamente funzionante e disponibile per le analisi di campioni solidi. Lo strumento è stato quasi esclusivamente utilizzato per l'analisi di differenti tipologie di carboni e, in alcuni casi, per la caratterizzazione delle biomasse (principalmente legno).



Figura 4. Analizzatore elementare LECO ruspec CHN/S

2.1.5 Termogravimetro LECO TGA-701

Descrizione: Lo strumento (Figura 5) è un termogravimetro utilizzato per la determinazione del contenuto di umidità, ceneri e sostanze volatili di un campione (principalmente solido). Lo stesso strumento può essere utilizzato per applicazioni relative alla valutazione della stabilità termica, della velocità di reazione e delle transizioni di fase. Tali proprietà sono misurate in funzione della temperatura e del tempo, sottoponendo il campione, in un ambiente controllato, ad una rampa programmata di temperatura che può avere fasi di riscaldamento e di mantenimento di una temperatura costante (isoterma) o una combinazione di esse. L'analizzatore termogravimetrico misura la perdita di peso del campione in funzione della temperatura, in un ambiente controllato, in presenza di aria, azoto o ossigeno. Lo strumento è costituito da un forno, che può raggiungere la temperatura massima di 1000 °C e che può alloggiare fino a 19 campioni (di circa 1 g) più uno di riferimento, e da un computer che gestisce e controlla tutte le parti dell'analizzatore quali il forno, il carosello e la bilancia interna. L'analizzatore consente di impiegare metodi di analisi rispondenti alla normativa ASTM, CEN, UNI o di creare metodi personalizzati. La temperatura del forno, la velocità di riscaldamento del forno, l'atmosfera così come i flussi di gas (aria, azoto o ossigeno) sono selezionabili in maniera indipendente per ogni step di analisi. Il metodo di analisi utilizzato per la determinazione è *ASTM D5142 Moisture Volatile Ash* e prevede per l'appunto l'analisi in sequenza di umidità, volatili e ceneri.

Note: Lo strumento è stato acquisito nel 2008 ed è stato finora costantemente utilizzato. Allo stato attuale è perfettamente funzionante e disponibile per le analisi di campioni solidi e non. Lo strumento è stato quasi esclusivamente utilizzato per l'analisi di differenti tipologie di carboni e, in alcuni casi, per la caratterizzazione delle biomasse (principalmente legno). Sono stati condotti, in questi anni, anche dei test cinetici su sorbenti metallici a base di ossidi di zinco per valutarne la capacità di desorbimento a seguito di un riscaldamento controllato.



Figura 5. Analizzatore termo gravimetrico LECO TGA-701

2.1.6 Calorimetro LECO AC-500

Caratteristiche: Lo strumento (Figura 6) è un calorimetro che permette di misurare il potere calorifico superiore di un qualsiasi campione solido o liquido con metodo isoiperibolico, in accordo con le norme ASTM, ISO, DIN, BSI. Lo strumento è controllato da un software sviluppato in ambiente *Microsoft Windows*. Il potere calorifico è determinato bruciando il campione (circa 0,5 g) in un ambiente controllato (bomba di Mahler) ed il calore che si sviluppa è trasmesso all'acqua del vaso calorimetrico in cui è immersa la bomba. La temperatura dell'acqua è misurata con un termometro elettronico. Lo strumento registra ed elabora le differenze di temperatura tra le fasi di pre-combustione e post-combustione.

Note: Lo strumento è stato acquisito nel 2008 ed è stato finora costantemente utilizzato. Allo stato attuale è perfettamente funzionante e disponibile per le analisi di campioni solidi e liquidi. Permette di determinare il contenuto energetico di qualsiasi campione: è stato finora utilizzato, principalmente, per la determinazione del potere calorifico di varie tipologie di carboni e di alcune biomasse.



Figura 6. Calorimetro LECO AC-500

2.2 Dettagli operativi sull'analisi dei solidi

L'attività di caratterizzazione dei solidi, in particolare dei combustibili, è stata necessaria, nell'ambito dell'accordo di programma Sotacarbo-Enea, per la programmazione delle campagne sperimentali in relazione alle tipologie di combustibili da utilizzare. La conoscenza delle caratteristiche dei vari tipi di combustibili disponibili è infatti servita per la definizione delle prove di gassificazione condotte sull'impianto pilota Sotacarbo, a seconda degli obiettivi prefissati dai temi di ricerca del progetto. Ciascun combustibile (carbone e/o biomassa) è stato perciò completamente caratterizzato in termini di analisi granulometrica, elementare, immediata e termica.

La caratterizzazione dei combustibili ha seguito sempre la medesima procedura per ciascun campione analizzato: è stata effettuata preliminarmente l'analisi granulometrica, necessaria anche per avere delle informazioni relativamente alle dimensioni del combustibile destinato ad essere immesso nel reattore di gassificazione. In alcuni casi il carbone è stato macinato nel frantoio a mascelle al fine di ridurlo ad una dimensione più opportuna per le prove di gassificazione previste. Successivamente ciascun campione di carbone destinato alle analisi in laboratorio è stato macinato nel mulino a croce per ridurlo ad una dimensione inferiore ai 250 µm, così come da specifica degli strumenti che richiedono per l'analisi un campione omogeneo e finemente macinato. Il campione così ottenuto è stato poi analizzato nel modulo CHN, nel modulo S, nel termogravimetro e nel calorimetro, per la sua completa caratterizzazione.

La Tabella 1 riporta le caratteristiche dei combustibili disponibili presso Sotacarbo, presi in considerazione per le attività sperimentali. In realtà, nell'ambito dell'ultima campagna sperimentale, solo i carboni Sulcis, russo e venezuelano sono stati utilizzati, mentre in soli due test si è effettuata una co-gassificazione (carbone più pellet/cippato di legno).

Tipologia	sub-bit.	lignite	lignite	lignite	bitum.	bitum.	cippato	pellet
Nome	Sulcis	Usibelli	-	-	-	-	Pinus pinea	-
Provenienza	Sardegna	Alaska	Ungheria	Venezuela	Sudafrica	Russia	Sardegna	n.d.
<i>Densità in mucchio (kg/dm³)</i>								
Densità	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,2	0,6
<i>Analisi immediata (% in massa)</i>								
Carbonio fisso	40,65	31,33	17,54	55,29	72,58	80,19	18,30	17,70
Umidità	7,45	17,64	22,90	3,46	3,64	2,38	7,70	8,57
Volatili	40,45	41,00	24,85	34,11	8,81	4,81	73,63	73,32
Ceneri	11,45	10,02	34,71	7,14	14,97	12,62	0,37	0,42
<i>Analisi elementare (% in massa)</i>								
Carbonio totale	66,49	48,56	25,43	77,90	75,56	81,55	49,95	79,51
Idrogeno	6,18	5,96	3,63	5,10	3,86	1,64	6,14	11,18
Azoto	1,41	0,50	0,48	1,57	1,40	0,79	0,11	0,32
Zolfo	7,02	0,18	4,82	0,76	0,57	1,01	0,00	0,00
Ossigeno	n.d.	17,14	8,03	7,07	n.d.	n.d.	35,74	n.d.
Umidità	7,45	17,64	22,90	3,46	3,64	2,38	7,70	8,57
Ceneri	11,45	10,02	34,71	7,14	14,97	12,62	0,37	0,42
<i>Analisi calorimetrica (MJ/kg)</i>								
Pot. calor. Superiore	22,59	19,46	9,21	30,69	28,10	29,39	18,76	18,45
Pot. calor. inferiore	21,07	17,75	7,88	29,50	27,18	28,96	17,25	16,85

Tabella 1. Caratterizzazione dei combustibili impiegati per i test sperimentali di gassificazione

Le analisi presentate nella tabella si riferiscono ai campioni “tal quali”, così come da approvvigionamento. Le stesse analisi sono state ripetute anche su campioni essiccati in stufa al fine di eliminare l’umidità e i risultati sono riassunti nel report “Caratterizzazione di campioni di carboni e biomasse per applicazioni di generazione elettrica”, facente parte del corrente accordo di collaborazione.

Oltre all’analisi dei combustibili, la caratterizzazione dei solidi è servita anche per avere informazioni sulla natura degli scarichi del gassificatore campionati in occasione dei test condotti nell’impianto pilota. Per ciascuna prova eseguita, il gassificatore è stato, ad intervalli più o meno prefissati, soggetto a piccoli scarichi di materiale dal cono per la raccolta delle ceneri. Il materiale scaricato, una volta raffreddato, è stato pesato (Figura 7) e un campione rappresentativo è stato poi separato e conservato per essere analizzato in laboratorio. La caratterizzazione degli scarichi del reattore è utile per avere informazioni sull’andamento del processo di gassificazione: tramite le analisi di laboratorio sui suddetti scarichi si possono fare delle valutazioni, di concerto con le altre informazioni impiantistiche e analitiche, sull’efficacia e le caratteristiche del processo di gassificazione condotto.

Normalmente uno scarico del gassificatore è costituito da ceneri, carbone parzialmente reagito e carbone incombusto, con percentuali variabili a seconda delle condizioni del processo e del momento in cui il materiale è stato scaricato. La principale problematica, in questo senso, è relativa all’intrinseca disomogeneità del campione da analizzare, costituito, come già detto, da materiale di differente natura (carbone e/o cenere, principalmente) nonché di diversa dimensione. Lo scarico campionato (circa 300-400 g), una volta raffreddato, viene pesato e sottoposto all’analisi granulometrica (Figura 8) che fornisce una prima indicazione sugli effetti del processo di gassificazione. Successivamente il campione viene completamente macinato per ottenere un prodotto fine e omogeneo che può essere analizzato nelle apparecchiature da laboratorio.



Figura 7. Pesata di uno scarico del gassificatore



Figura 8. Separazione granulometrica scarico gassificatore

Durante gli 11 test di gassificazione condotti nel corso dell'attività sperimentale, sono stati campionati, misurati e analizzati 35 scarichi. I risultati della caratterizzazione compiuta sono riassunti nelle tabelle che seguono. Tali dati sono serviti per l'elaborazione delle valutazioni complessive sull'efficacia di ogni singolo test di gassificazione eseguito.

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 07/02/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC1	85,5	0,945	0,690	1,45	0,17	3,39	12,70	83,75	6972,4
SC3	84,8	0,796	0,641	1,27	0,22	3,15	13,44	83,20	6773,1
SC5	88,6	0,457	0,613	1,22	0,49	2,15	10,53	86,85	6874,8

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 14/02/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC2	77,8	0,000	0,659	1,08	0,48	1,28	16,02	82,24	5922,4
SC4	76,0	0,307	0,676	1,53	1,22	2,93	17,03	78,84	5944,4
SC6	83,9	0,079	0,775	1,19	0,15	1,82	12,62	85,42	6619,3

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 07/03/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC2	74,2	0,578	0,683	1,47	2,59	3,70	22,84	70,87	5893,3
SC4	77,1	0,380	0,593	1,50	2,14	2,60	20,05	75,22	6109,2
SC6	78,2	0,215	0,474	1,15	0,44	3,37	20,00	76,21	6112,4
SC8	76,8	0,146	0,401	1,37	1,93	2,07	21,23	74,78	6040,1

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 21/03/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC2	72,1	1,080	0,680	1,85	2,43	5,57	22,89	69,11	5761,8
SC4	70,2	0,098	0,665	2,06	1,17	4,03	27,86	66,94	5493,7
SC5	75,3	0,015	0,595	1,53	1,28	2,76	22,98	72,97	5768,0

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 23/04/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC1	79,1	0,046	0,720	1,21	0,27	1,91	22,22	75,60	5681,4
SC3	79,3	0,068	0,764	1,21	2,05	2,09	18,08	77,79	6138,2
SC4	73,1	0,382	0,665	1,03	2,71	2,87	23,23	71,18	5629,5

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 09/05/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC1	82,7	0,803	0,735	1,18	2,50	3,57	14,30	79,64	6651,8
SC2	82,2	0,036	0,637	1,17	0,93	2,45	17,72	78,91	6055,0

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 30/05/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC1	81,8	0,173	0,632	0,94	0,99	1,82	17,96	79,23	5769,7
SC3	83,3	0,004	0,704	1,31	0,79	1,53	17,07	80,62	5870,7
SC5	88,2	0,015	0,708	1,58	0,75	1,44	12,59	85,23	6290,1

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 12/06/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC3	70,4	0,366	1,206	4,95	1,63	5,90	31,26	61,22	5720,1
SC7	72,9	0,843	1,390	5,04	0,49	6,74	27,07	65,71	6014,4
SC11	72,3	0,092	0,952	5,44	0,40	4,95	30,62	64,04	5849,0
SC15	75,0	0,186	1,152	5,44	0,43	4,58	26,67	68,32	6096,8
SC20	73,5	0,063	0,923	5,74	0,61	4,29	29,06	66,05	6034,5
SC23	74,5	0,027	1,045	6,01	0,68	4,28	28,62	66,43	6059,8

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 20/06/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC3				5,73	2,57	6,20	32,87	58,37	5466,9
SC6	66,0	0,462	1,322	4,77	0,30	6,54	32,45	60,71	5508,2
SC8	66,4	0,371	1,332	5,26	0,32	6,39	33,13	60,17	5505,6

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 11/07/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC3	55,6	0	0,918	0,752	1,66	2,22	42,51	53,59	4265,31
SC5	38,0	0	0,672	0,936	1,44	3,00	62,77	32,77	2558,37

Analisi scarichi gassificatore – Prova del 12/09/2013

	C %	H %	N %	S %	umidità %	volatili %	ceneri %	C fisso %	PCS (cal/g)
SC2	52,7	0	0,614	3,44	0,28	3,07	48,88	0,28	4343,36
SC3	68,6	0,069	1,319	4,15	1,12	4,71	30,10	64,05	5674,47
SC4	55,8	0	0,609	3,40	0,69	4,13	44,90	50,28	4561,04

3 Campionamento e analisi dei gas

3.1 Introduzione

I test di gassificazione di varie tipologie di carboni e/o biomasse necessitano della conoscenza più o meno in tempo reale della composizione del gas nelle varie sezioni dell'impianto, al fine di avere delle indicazioni sull'andamento dei test sperimentali e per verificare il corretto funzionamento dei sistemi interessati nelle prove stesse. In questo senso è stato realizzato un sistema di campionamento del gas che prevede, nei vari punti dell'impianto in cui il syngas può modificare la sua composizione, una presa di campionamento equipaggiata con sistema di filtraggio e/o raffreddamento del gas. Ciascun punto di campionamento è poi collegato tramite tubazione in acciaio ad una rastrelliera alla quale si collegano due differenti sistemi di analisi gas, di seguito descritti. Allo stato attuale sono 15 i punti di campionamento presenti nell'impianto pilota e per i quali è possibile determinare in modo pressoché immediato la composizione del gas che fluisce in essi. I sistemi per l'analisi del gas sono due:

- micro gas-cromatografo per l'analisi in discontinuo (par. 3.1.1);
- sistema analitico online tramite varie tipologie di analizzatori di gas per l'analisi in continuo (par. 3.1.2).

Per una descrizione approfondita delle procedure di funzionamento degli strumenti presentati in questa sezione, si rimanda ai report "Caratterizzazione sistemi di campionamento e analisi a supporto delle attività di impianto" (Cerse IV, OR1) e "Acquisizione e prima sperimentazione di un sistema di analisi online del syngas" (Cerse IV, OR1).

3.1.1 Micro-gascromatografo Agilent 3000

Caratteristiche: Si tratta di un gascromatografo a due canali analitici, costituito da micro-iniettore riscaldato dotato di controllo del volume, colonna analitica e colonna di riferimento capillari ad elevata efficienza, inserite in un comparto termostato a temperatura costante che può essere compresa tra 10° e 180° C, micro-rilevatore universale per il controllo e la programmazione elettronica della pressione in testa alla colonna, scheda elettronica di controllo ed acquisizione contenente le informazioni di configurazione del modulo specifico. La colonna analitica A è del tipo *Molsieve MS5A* (10 m, 0,32 mm) con iniettore BF; la colonna analitica B è del tipo *Plot U* (6 m, 0,32 mm). Sulla colonna analitica A è possibile separare, nell'ordine di uscita, i seguenti composti: idrogeno (H₂), ossigeno (O₂), azoto (N₂), metano (CH₄) e ossido di carbonio (CO). Sulla colonna analitica B si separano invece (sempre in ordine di uscita) anidride carbonica (CO₂), etano, idrogeno solforato (H₂S), solfuro di carbonile (COS) e propano. La colonna analitica A utilizza come gas carrier l'argon, mentre la colonna B utilizza elio.

Il micro-GC è collocato su un carrello mobile in acciaio con copertura. Oltre al micro-GC nel carrello sono presenti un selettore di linea, un sistema di refrigerazione e il sistema di aspirazione del gas costituito a sua volta da una pompa, due rotometri, tubazioni in acciaio e le opportune elettrovalvole.

Il selettore di linea permette, tramite un opportuno sistema di elettrovalvole, la gestione di sei posizioni (ingressi) da cui campionare il gas. Tramite il software si possono perciò creare delle sequenze analitiche in automatico che permettono di alternare le analisi sui 15 punti di campionamento dislocati nell'impianto a seconda delle esigenze sperimentali. Lo strumento viene collegato per l'analisi del gas ad un pannello/rastrelliera dove convergono le linee di campionamento gas ciascuna collegate ai vari punti di campionamento dislocati lungo l'impianto. Ciascun punto di campionamento è provvisto di filtri necessari per la rimozione di polveri e umidità, al fine di garantire l'adduzione di un gas perfettamente privo di impurità in vista della sua introduzione nelle colonne analitiche.

Quando il gas campionato viene iniettato nelle colonne, è necessario un tempo di analisi di circa 120 secondi perché si abbia la separazione dei composti che lo costituiscono. Contemporaneamente avviene il nuovo campionamento: il gas viene aspirato e successivamente iniettato per la nuova analisi. In questo modo è possibile avere una lettura della composizione del gas ogni 2-3 minuti dalla presa selezionata.

Note: Il sistema analitico (Figura 9) qui descritto è stato acquisito nel 2008 ed è stato costantemente utilizzato nelle prove sperimentali condotte finora. Il sistema ha richiesto, in questi anni, diversi interventi migliorativi e di manutenzione al fine di garantire l'affidabilità delle prestazioni per le prove di impianto.



Figura 9. Sistema di campionamento e analisi gas tramite micro-GC

3.1.2 Sistema di analisi gas ABB

Caratteristiche: Il sistema di analisi gas permette il campionamento e l'analisi immediata del syngas proveniente dai 15 stream dell'impianto pilota, posizionati a monte e a valle delle principali sezioni d'impianto. È costituito da un armadio carrellato mobile ABB, avente dimensioni 800 x 800 x 2000 mm, dotato di condizionatore e di segnalatore acustico luminoso per la segnalazione della presenza di gas esplosivo. In tale armadio sono installati sia un'unità di trattamento gas che gli analizzatori per la misura delle concentrazioni di sei gas, ovvero:

- CO, CO₂ e CH₄ tramite modulo URAS26 di tipo IR (raggi infrarossi), con i seguenti campi di misura:
 - CO₂: 0-25% in volume;
 - CH₄: 0-5% in volume;
 - CO: 0-30% in volume;
- H₂ tramite modulo CALDOS 25 a conducibilità termica, con campo di misura tra lo 0 e il 100% in volume;
- O₂ tramite modulo MAGNOS 206 di tipo paramagnetico, con campo di misura tra lo 0 e il 25% in volume;
- H₂S tramite modulo LIMAS 11 a raggi ultravioletti, con campo di misura tra lo 0 e il 2% in volume.

Il sistema di analisi del syngas è completato da un sistema di trasporto, acquisizione e registrazione dati. In particolare tutta la strumentazione di analisi è collegata ad un sistema di gestione della scansione dei punti di misura, ad un PLC per la gestione automatica delle sequenze di misura e ad un sistema per la gestione e archiviazione dati.

Note: Il sistema di analisi è stato acquisito nel settembre 2012 ed è attualmente utilizzato nelle prove sperimentali condotte presso l'impianto pilota.



Figura 10. Sistema di campionamento e analisi gas ABB

3.2 Dettagli operativi sull'analisi dei gas

Nell'ambito dell'accordo di programma Sotacarbo-ENEA sono stati condotti 19 test sperimentali sull'impianto pilota (tra febbraio e settembre 2013): alcuni hanno riguardato la gassificazione di varie tipologie di carbone con, in alcuni casi, biomasse; altri sono stati dei test di assorbimento/rigenerazione di CO₂ con soluzioni acquose di ammine. Per i dettagli su queste prove sperimentali, si rimanda ai report relativi. In questa sezione si vogliono invece descrivere alcuni dettagli operativi relativamente ai sistemi di analisi gas descritti, mettendo in evidenza che tipo di informazioni gli strumenti possono fornire e come sono stati gestiti i dati sperimentali ricavati.

Per tutti i test sperimentali condotti, sono stati utilizzati i sistemi di analisi del gas qui presentati, ovvero il micro-GC Agilent-3000 e il sistema di analisi online ABB.

In occasione di ogni avviamento programmato dell'impianto, il micro-GC è stato testato 24 ore prima al fine di verificarne il corretto funzionamento. Lo strumento è stato perciò avviato ed è stata verificata la buona separazione dei picchi analitici relativi ai composti gassosi di interesse, nonché la corrispondenza con i valori di taratura. Con l'utilizzo dello strumento può infatti capitare che, a causa dello sporco delle colonne analitiche, si possa avere una sovrapposizione dei picchi analitici e/o una non perfetta iniezione dei gas in colonna: ciò comporta un'impresione sulle concentrazioni ottenute per i singoli gas considerati. Le verifiche pre-avviamento sono dunque servite per testare il sistema di analisi e, in caso di necessità, per correggere la retta di taratura. Questo secondo intervento viene fatto direttamente sullo strumento iniettando miscele di gas a concentrazioni note (tramite bombole di taratura certificate), per i composti di interesse (idrogeno, azoto, anidride carbonica, ossido di carbonio, metano, idrogeno solforato, solfuro di carbonile). Sempre prima di ciascun avviamento programmato sono state soffiate con aria compressa le linee di campionamento destinate ad essere utilizzate per il test di impianto, al fine di consentire il corretto campionamento del gas. Ulteriori controlli sono stati condotti sullo strumento per garantirne la perfetta funzionalità, come ad esempio la verifica della pulizia dei fluissimetri e del filtro posto all'ingresso del

micro-GC e la verifica delle tenute delle linee e della perfetta funzionalità delle elettrovalvole regolate dal software di analisi che regola le aperture delle stesse sulla base delle sequenze analitiche programmate.

Durante l'esercizio sperimentale è possibile programmare sullo strumento delle sequenze di analisi per selezionare l'ordine in cui analizzare i vari punti di campionamento. Tramite software si imposta il tempo di campionamento (fissato normalmente in 120 secondi, valore che garantisce il corretto riempimento della linea di campionamento e che consente di iniettare in colonna la porzione di gas relativo al punto di prelievo selezionato) e l'ordine con cui avviene il campionamento. La fig. 11 mostra per l'appunto la schermata dalla quale si può gestire la procedura di analisi dello strumento. Nel caso mostrato, ad esempio, si ha una sequenza (che viene ripetuta ciclicamente) in cui si ha il campionamento di quattro prese: tre di queste sono ripetute due volte (la 2, la 5 e la 6) mentre la 8 viene ripetuta una sola volta nell'ambito della sequenza. L'analisi del gas è completata in un tempo che varia tra i 120 e i 180 secondi. Nella schermata a video sono riportati i valori delle concentrazioni (in termini di frazioni molari volumetriche) determinate sulla base delle rette di tarature memorizzate nello strumento. La taratura, come già accennato, viene valutata con l'ausilio di tre bombole di miscele gas a concentrazione certificata nota.

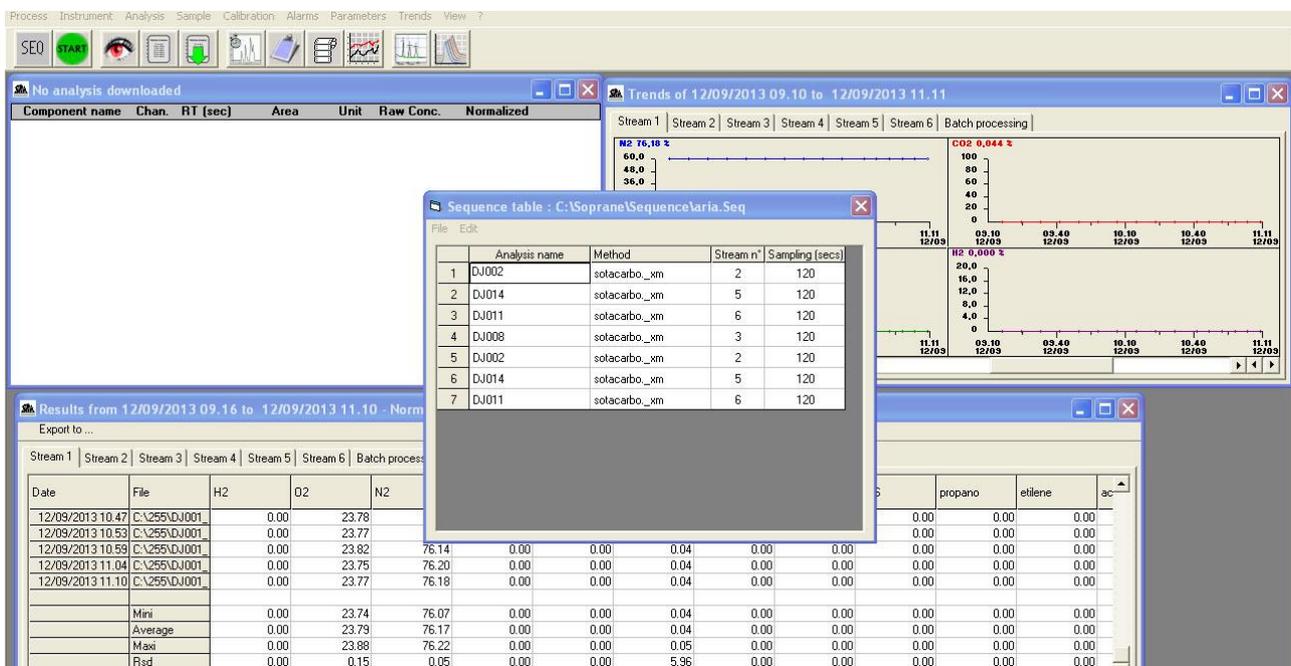


Figura 11. Schermata di gestione e programmazione analisi micro-GC

Anche sul modulo analitico ABB vengono fatte delle verifiche pre-avviamento al fine di garantire la perfetta funzionalità dello strumento in fase di analisi. Anche in questo caso si controlla la bontà delle misure sulla base delle tarature effettuate sullo strumento. In caso di errore e/o imprecisione si procede con una nuova taratura, anche in questo caso tramite l'utilizzo di bombole di gas a concentrazione nota. In fase di analisi, invece, sempre tramite software è possibile impostare le sequenze di analisi per i vari punti di campionamento. Come nel caso del micro-GC è possibile impostare il tempo di analisi per ciascuna presa: normalmente questo viene fissato a 120 secondi. Trattandosi di un sistema analitico online, lo strumento fornisce i valori delle concentrazioni dei composti considerati (idrogeno, ossigeno, anidride carbonica, ossido di carbonio, idrogeno solforato e metano) ogni due secondi. Tutti questi valori sono disponibili a video (sia su PC che su schermo posto nel modulo di analisi) e permettono di valutare istantaneamente l'andamento del processo e dunque di intervenire per modificare i parametri operativi dell'impianto. I dati sono poi memorizzati e sono disponibili per essere poi successivamente analizzati. Tali dati, acquisiti su *Microsoft Access*, possono poi essere gestiti anche su *Excel* al fine di diagrammare gli andamenti delle concentrazioni dei composti di interesse nel tempo.

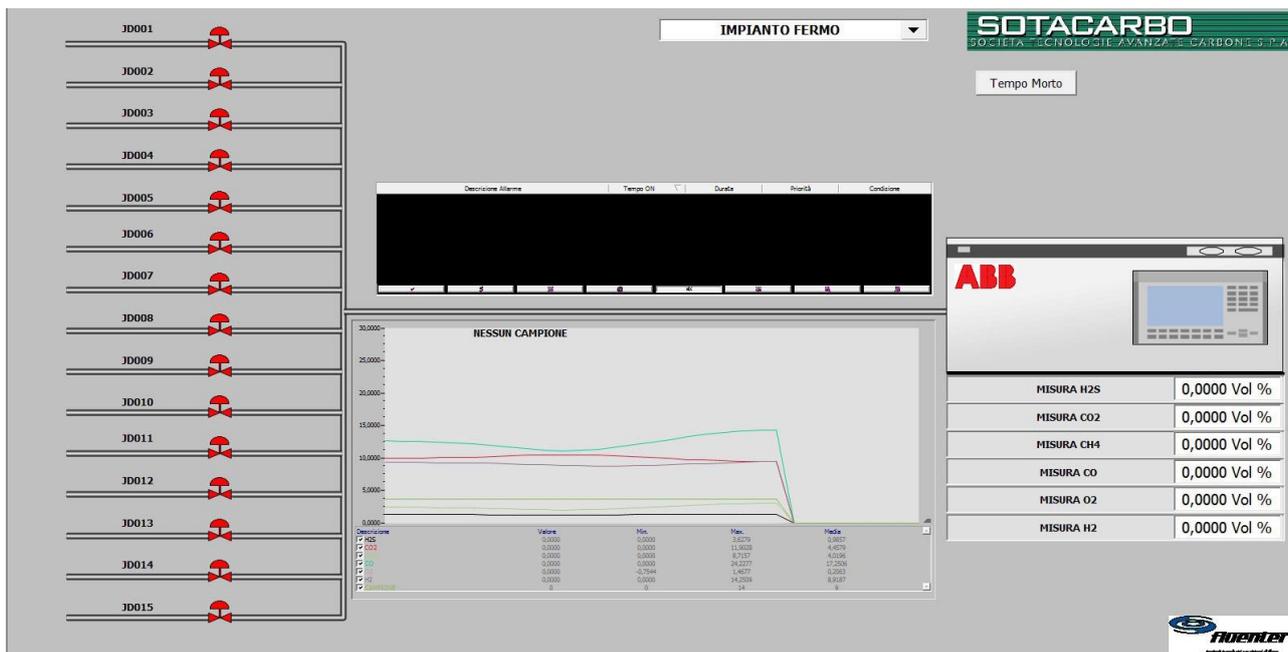


Figura 12. Schermata di gestione e programmazione analisi sistema ABB

Un discorso a parte riguarda l'introduzione, nel sistema di acquisizione dati, del cosiddetto "tempo morto". Quando infatti il sistema analitico cambia da un punto di campionamento all'altro (secondo la sequenza che è stata impostata), nei primi venti secondi il gas che arriva ai moduli di analisi risente della composizione del gas proveniente dallo stream precedente. Questo effetto è molto più evidente quando per certi composti la composizione tra due diversi stream è molto diversa. Tramite software è possibile introdurre per ciascuna presa di campionamento un "tempo morto", ovvero un intervallo in cui lo strumento, pur mostrando a video i valori di concentrazione dei vari composti, non registra tali valori che perciò non si ritrovano tra i dati disponibili a fine prova.

Nella Figura 13 è riportato, come esempio, un confronto tra i dati ottenuti tramite il sistema in continuo ABB e tramite il sistema di analisi GC. I due andamenti si riferiscono alla variazione della concentrazione dell'anidride carbonica durante la prova di impianto del 6 giugno 2013 per la presa di campionamento DJ011 posta all'uscita del secondo reattore di assorbimento dell'anidride carbonica. I dati si riferiscono ad un breve intervallo di tempo (circa tre ore) e mostrano la buona corrispondenza dell'andamento della concentrazione per i due sistemi di analisi considerati. Logicamente a prova in corso è possibile effettuare un confronto di massima tra le misure dei due sistemi: la disponibilità di entrambi gli strumenti di misura permette di confermare il corretto funzionamento dell'uno e dell'altro dal semplice confronto dei dati e permette, altresì, di individuare, in caso di discrepanza nelle misure, eventuali malfunzionamenti o di prevedere piccoli interventi di manutenzione (pulizia delle linee, sostituzione filtri, verifica della taratura). Una volta terminata la prova i dati vengono rielaborati, verificati e vengono diagrammate le concentrazioni di gas nel tempo, al fine di poter fare delle considerazioni sul test sperimentale eseguito e di confrontare i risultati ottenuti con quelli forniti dalle altre apparecchiature a supporto. Questa procedura è stata ripetuta per ciascuna prova di impianto effettuata. Globalmente nell'ambito del progetto, sono stati effettuati i seguenti test di impianto:

- 10 prove di gassificazione da 16 ore;
- 1 prova di gassificazione da 36 ore;
- 8 prove di assorbimento CO₂/rigenerazione soluzione amminica da 12 ore;

per un totale di circa 290 ore di sperimentazione in impianto. I dati ottenuti sono memorizzati e disponibili per eventuali verifiche e approfondimenti sulle fasi di gassificazione condotte.

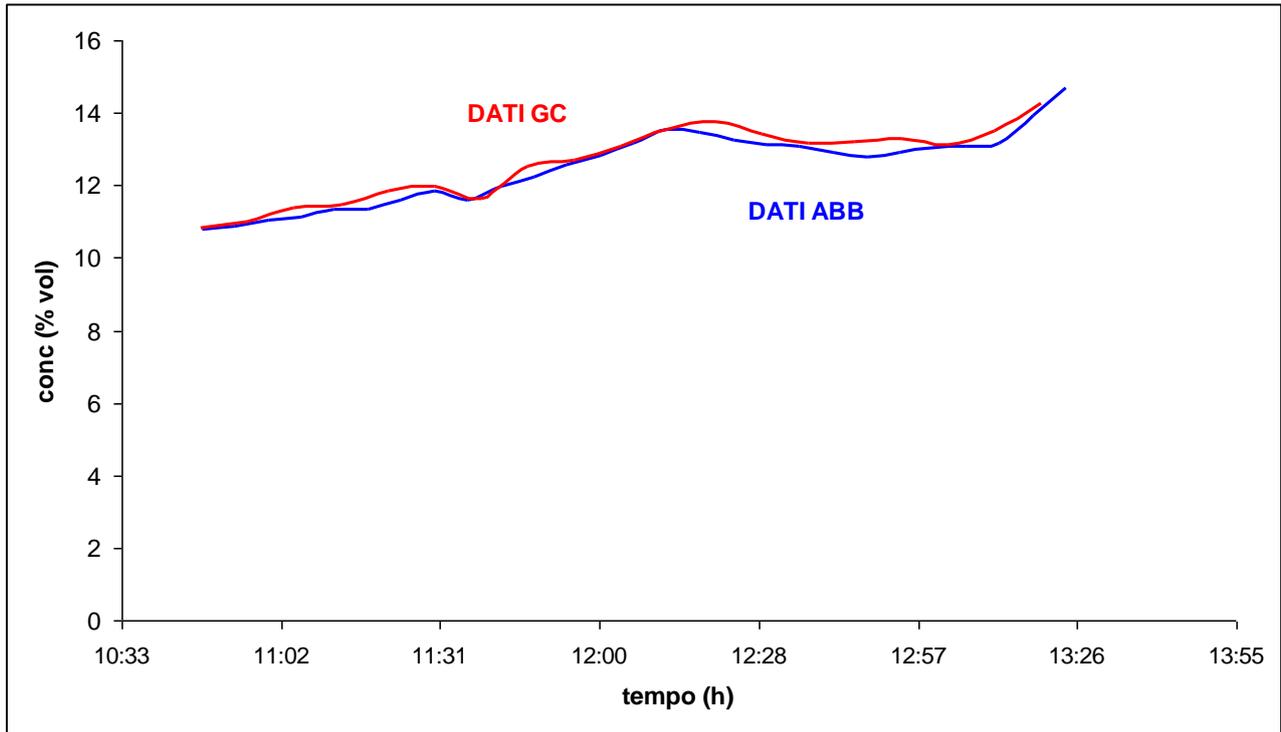


Figura 13. Andamento concentrazione anidride carbonica tramite sistemi di analisi gas differenti

4 Analisi soluzioni acquose

4.1 Introduzione

A supporto delle attività sperimentali relative all'assorbimento dell'anidride carbonica tramite soluzioni acquose di ammine, vengono effettuati dei test analitici per la determinazione della concentrazione della CO₂ nelle suddette soluzioni. Nel corso dei test sperimentali condotti sia nell'impianto pilota, sia nel impianto da banco (GAIA), vengono raccolti alcuni campioni rappresentativi che poi possono essere analizzati in laboratorio tramite metodica analitica descritta nel paragrafo 4.1.1.

Per una descrizione approfondita delle attività di impianto per la separazione della CO₂, si rimanda ai report "Impianto da banco per la separazione della CO₂ e la rigenerazione di solventi a base di ammine: messa a punto delle apparecchiature e analisi sperimentale del processo (Cerse IV, OR2) e "Sperimentazione dei processi di separazione della CO₂ con ammine (Cerse IV, OR2).

4.1.1 Metodica analitica per determinazione caricamento CO₂ in soluzioni acquose

Caratteristiche: I campioni di soluzioni acquose di ammine con CO₂ disciolta raccolti durante le sperimentazioni, sono caratterizzati, nei laboratori Sotacarbo, in termini di pH, densità e caricamento di CO₂, espresso come rapporto tra le moli di CO₂ e le moli di ammina. Le misure di pH sono state eseguite mediante un pH-metro (Basic 20 Crison), mentre le analisi di densità sono state tramite un densimetro automatico Density Meter DMA 35 Paar.

Per determinare il caricamento delle soluzioni è stata utilizzata la metodica proposta da SINTEF (Trondheim, Norvegia), che si basa sul trattamento del campione con cloruro di bario che porta alla precipitazione del carbonato di bario e alla sua titolazione con acido cloridrico e idrossido di sodio. Tramite questa metodica è possibile perciò ricavare informazioni sugli andamenti della concentrazione della CO₂ disciolta nei campioni acquosi di ammine considerati. La metodica è applicata utilizzando un titolatore automatico della Crison, pH Burette 24 (Figura 14).



Figura 14. Sistemi di analisi per la titolazione di soluzioni acquose di ammine

4.2 Dettagli operativi sull'analisi dei liquidi

La caratterizzazione delle soluzioni acquose di ammine con anidride carbonica disciolta è stata effettuata nel corso delle prove di impianto per le quali era prevista l'assorbimento della CO₂ e la successiva rigenerazione della soluzione amminica esausta. Parametri quali la densità e la misurazione del pH della soluzione acquosa forniscono in modo immediato e diretto un indice di come stia evolvendo il processo, permettendo perciò di variare, a seconda delle esigenze, i parametri impiantistici.

La densità di una soluzione acquosa amminica tende ad aumentare al crescere della concentrazione della CO₂ disciolta; in modo contrario il pH della soluzione diminuisce quando l'anidride carbonica viene assorbita. Durante ciascuna prova di impianto nella quale era previsto l'impiego della sezione di assorbimento e rigenerazione, l'andamento della densità e del pH sono stati monitorati costantemente. Ogni 15 minuti campioni della soluzione esausta (ricca in CO₂) in ingresso alla sezione di rigenerazione e campioni di soluzione rigenerata (a valle della suddetta sezione) sono stati raccolti e immediatamente misurati in termini di densità e pH tramite gli strumenti precedentemente menzionati. Ciò ha permesso di diagrammare, nel corso della prova impiantistica, i due andamenti al fine di verificare l'efficacia del processo. La Figura 15 mostra l'andamento delle densità delle soluzioni acquose nel tempo per la prova di assorbimento/rigenerazione effettuata il 6 giugno 2013: la curva in blu si riferisce al punto di campionamento dove arriva la soluzione carica in CO₂ (esausta), la curva in verde al punto di campionamento in cui arriva la soluzione rigenerata. La Figura 16 riporta invece l'andamento del pH per le stesse soluzioni. È possibile valutare l'efficienza globale del processo di assorbimento/rigenerazione dal confronto puntuale dei dati relativi ai campioni prelevati allo stesso tempo nei due punti di prelievo considerati.

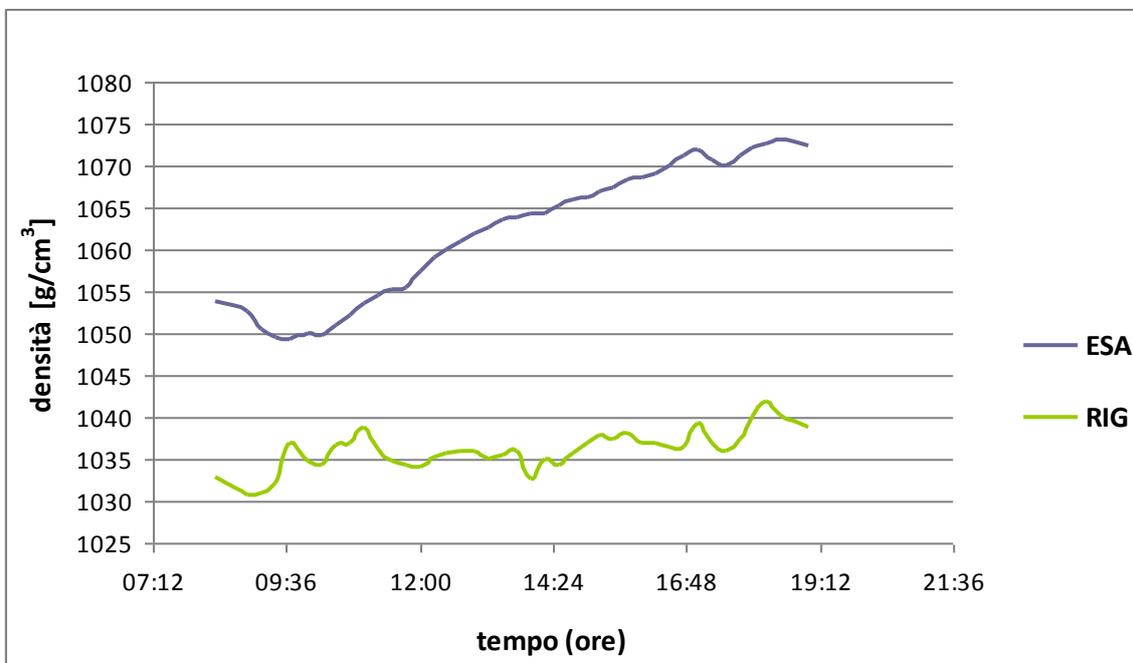


Figura 15. Andamento della densità delle soluzioni acquose di ammine nel corso di un test di impianto

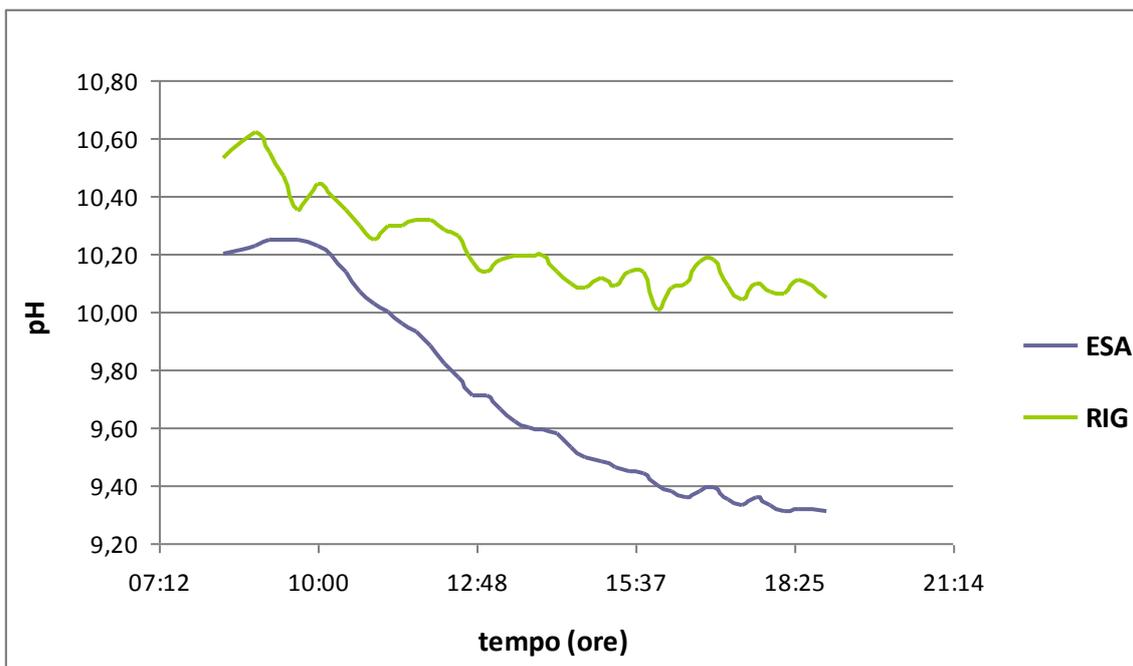


Figura 16. Andamento del pH delle soluzioni acquose di ammine nel corso di un test di impianto

I dati di densità e pH raccolti nel corso delle prove sperimentali vengono poi correlati alle analisi di titolazione eseguite in laboratorio che forniscono la concentrazione di anidride carbonica disciolta in soluzione. Su alcuni campioni rappresentativi dei cicli di assorbimento/rigenerazione effettuati, è stata infatti determinata la concentrazione di CO₂ e i dati ottenuti sono stati confrontati con quelli ottenuti durante la prova per un’analisi globale del processo effettuato.

La stessa tipologia di analisi (densità, pH e caricamento) è stata ripetuta per i campioni raccolti nel corso delle prove di saturazione del solvente condotte sull’impianto da banco GAIA e i dati ottenuti sono serviti per la valutazione globale dei risultati dei test sperimentali effettuati. Per approfondimenti su tali risultati si rimanda alle relazioni sui test di assorbimento/rigenerazione del presente accordo di programma Sotacarbo/Enea.

Globalmente sono state eseguite circa un centinaio di analisi di titolazione (comprese quelle di verifica e/o conferma risultati) sui campioni di soluzioni acquose provenienti dai test sperimentali sull’impianto da banco GAIA e circa altre 70 per le prove di assorbimento/rigenerazione condotte sull’impianto pilota Soatacarbo.

5 Conclusioni

La definizione delle procedure operative analitiche a supporto delle attività sperimentali sviluppate nell'ambito dell'accordo di programma Sotacarbo/Enea è di fondamentale importanza per rendere confrontabili i risultati ottenuti e per consentire una buona riproducibilità delle analisi effettuate. Nel presente documento sono state presentate le attività di caratterizzazione dei sistemi di campionamento e di analisi eseguite presso i laboratori Sotacarbo a supporto delle attività di impianto.

In particolare sono state descritte le apparecchiature e le procedure operative per l'analisi di solidi (caratterizzazione di carboni e biomasse), gas (sistemi di campionamento e analisi miscele gassose) e liquidi (analisi su campioni acquosi di ammine con anidride carbonica disciolta).

Per ciascuna sezione sono stati inoltre precisati alcuni dettagli puramente operativi e sono stati presentati alcuni esempi di elaborazione dei risultati analitici ottenuti.

Sotacarbo SpA

La Società Sotacarbo - Società Tecnologie Avanzate Carbone- S.p.A. è stata costituita il 2 aprile 1987, in attuazione dell'art. 5 della legge 351/85 "norme per la riattivazione del bacino carbonifero del Sulcis", con la finalità di sviluppare tecnologie innovative ed avanzate nell'utilizzazione del carbone attraverso la costituzione in Sardegna del Centro di Ricerche, la progettazione e la realizzazione di impianti dimostrativi sulla innovazione tecnologica nella utilizzazione del carbone, la realizzazione di impianti industriali per l'utilizzazione del carbone in alternativa alla combustione.

Le attività della Sotacarbo riguardano soprattutto:

- Sviluppare progetti di R&S e di ricerca applicata sulle nuove tecnologie di utilizzo del carbone, le così dette Clean Coal Technologies (CCTs)
- Operare come punto di riferimento a livello nazionale, per il coordinamento delle attività di R&S sul carbone a sostegno del sistema industriale italiano
- Promuovere e diffondere la conoscenza sulle CCTs, fornendo una corretta visione delle potenzialità del carbone nel panorama energetico italiano e non, con particolare riferimento alla sua compatibilità con l'ambiente
- Monitorare gli sviluppi tecnologici riguardanti l'utilizzo pulito del carbone
- Fornire attività di consulenza ad enti, istituzioni e privati nel campo delle CCTs. Partecipare a meeting internazionali e gestire rapporti con organizzazioni omologhe straniere per contribuire alla diffusione delle CCTs