



Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente

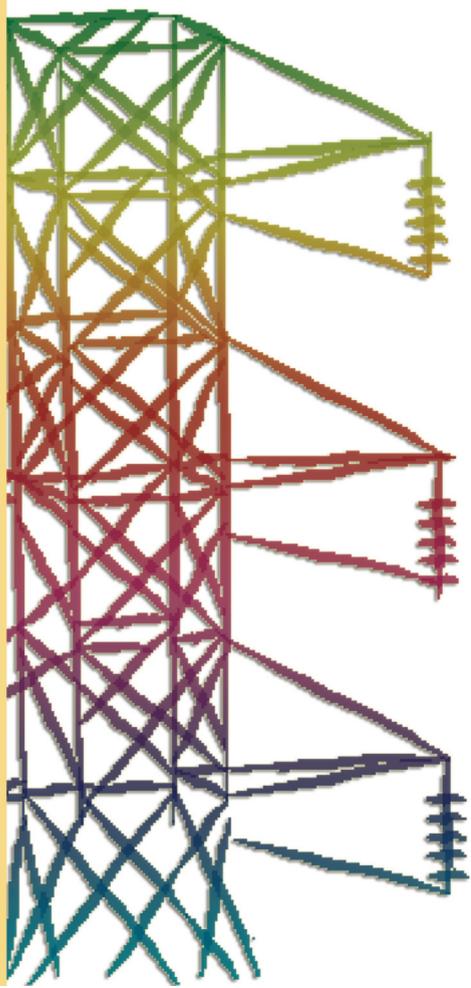


*Ministero dello Sviluppo Economico*

## **RICERCA SISTEMA ELETTRICO**

---

**Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e  
gas cleaning**





Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning

SVILUPPO E APPLICAZIONE DI CODICI, PROVE SPERIMENTALI E GAS CLEANING

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone - Sviluppo di un sistema di combustione di tipo "flameless" per impianti di produzione di elettricità con ridottissimi livelli di emissione di inquinanti e CO<sub>2</sub>

Responsabile Tema: Stefano Giammartini, ENEA

***Accordo di collaborazione tra ENEA e SOTACARBO per l'attività di ricerca dal titolo "Tecnologie di impiego del polverino di carbone a differenti granulometrie con cattura e sequestro della CO<sub>2</sub>"***

*nell'ambito del tema di ricerca 5.2.2.2.*

*"Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone" dell'accordo di programma MSE-ENEA*

*Stato di avanzamento*  
*Attività 5.2.2.2.- A2*

**Sviluppo e applicazione di codici,  
prove sperimentali e gas cleaning**

Rev. 1

## **Premessa**

Il presente stato di avanzamento è riferito alla attività A2 “sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning” del tema di ricerca area carbone n.5.2.2.2 “Tecnologie innovative per migliorare i rendimenti di conversione delle centrali a polverino di carbone”, a fronte dell’Accordo di collaborazione tra ENEA e SOTACARBO S.p.A. stipulato il 26 marzo 2008, Prot. N. ENEA/2008/19022/TER.

In particolare il documento risulta così suddiviso:

- Descrizione delle attività svolte e relativo stato di avanzamento
- Rapporto giustificativo delle spese sostenute;
- Rendicontazione costi sostenuti

## Indice

<b>Premessa</b> .....	2
<b>1. Descrizione delle attività svolte e relativo stato di avanzamento</b> .....	4
1.1 Laboratorio preparazione campioni.....	5
1.2 Laboratorio analisi elementare e immediata dei combustibili:.....	9
<b>2. Rapporto giustificativo delle spese sostenute</b> .....	13
<b>3. Rendicontazione costi</b> .....	13

## **1. Descrizione delle attività svolte e relativo stato di avanzamento**

Nell'ambito dello svolgimento delle azioni per il raggiungimento del risultato finale della attività A2 "sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning" da conseguirsi in data dicembre 2008, sono stati finora effettuati acquisti di attrezzature e strumentazioni necessarie per avviare le attività di caratterizzazione del carbone.

Infatti, nell'ambito dello sviluppo e della applicazione di codici di simulazione termodinamica, sono previste una serie di sperimentazioni di laboratorio volte alla caratterizzazione delle specificità chimico-fisiche del carbone, la sua porosità, il relativo assorbimento dell'acqua. E' in questo ambito che Sotacarbo fornirà il suo contributo alla ricerca; dotandosi della strumentazione adeguata sarà in grado di acquisire le informazioni sulle tipologie di carbone da utilizzare in fase sperimentale. Tali dati di caratterizzazione consentiranno di arricchire i codici di simulazione termodinamica indispensabili per lo studio del processo.

Relativamente alle altre attività previste per il tema A2, Sotacarbo fornirà il suo contributo anche per quanto riguarda il "gas cleaning" realizzando uno studio riguardante le tecnologie di pulizia dei gas derivanti del processo di oxy-combustione flameless.

Per il tema A2 sono state pertanto sostenuti costi relativi sia all'impiego del personale sia alla parziale integrazione degli acquisti già effettuati durante l'attività A1.

Tra gli acquisti finora effettuati, anche le seguenti apparecchiature da impiegare per la caratterizzazione del carbone:

- Laboratorio preparazione campioni:
  - Frantoio a mascelle con ganasce Retsch, modello BB 200;
  - Mulino a croce battente Retsch, modello SK 100;
  - Setacciatrice.
  - Ripartitore.
- Laboratorio analisi elementare e immediata dei combustibili:
  - Termogravimetro; per la determinazione dell'analisi immediata sui combustibili (umidità, contenuto ceneri e volatili).
  - Determinatore CHNS: per la determinazione dell'analisi elementare dei combustibili (carbone e/o biomasse).
  - Calorimetro: per la determinazione del potere calorifico dei combustibili (carbone e/o biomasse).
  - Muffola.

E' di seguito riportata una descrizione degli strumenti.

### **1.1 Laboratorio preparazione campioni**

Le apparecchiature acquistate per il laboratorio di preparazione campioni, sopra elencate, consentono di ridurre il combustibile (carbone) alle dimensioni desiderate in base alle sperimentazioni a cui è destinato. Il carbone acquistato (in pezzatura variabile), può essere inizialmente frantumato nel frantoio a mascelle BB 200 (fig. 1).

Tale strumento 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'ampiezza della fessura è regolabile, tramite asta filettata, da 0 fino a circa 30 mm.

I dati prestazionali di portata e di finezza in uscita sono funzione del comportamento alla frattura e dal grado di durezza del materiale da frantumare, nonché dell'ampiezza di fessura impostata.



*Fig. 1 - Frantoio a mascelle con ganasce Retsch, modello BB 200*

Una frantumazione più spinta può poi essere ottenuta tramite il mulino a croce SK 100 (fig. 2) nel quale è possibile frantumare materiali di durezza da media ad alta, nonché friabili, con grado di durezza sino a circa 6 secondo la scala di Mohs. Anche in questo caso il grado di finezza raggiungibile in uscita è funzione dell'ampiezza di foratura del vaglio di fondo, nonché delle caratteristiche di frattura del materiale da frantumare. In casi favorevoli è possibile conseguire gradi di finezza inferiori ai 100  $\mu\text{m}$ . In alimentazione, invece, lo strumento richiede una granulometria massima di 20 mm.



*Fig. 2 – Mulino a croce modello SK 100*

Il laboratorio di preparazione campioni è poi equipaggiato con un mulino a vibrazione Retsch, mod. AS 200 (fig. 3), adatto sia per la setacciatura a secco che per quella ad umido di flussi di prodotti con una granulometria in entrata fino ad un massimo di 25 mm.

In particolare sono stati acquistati setacci con dimensioni delle maglie variabili (4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 63  $\mu\text{m}$  e 45  $\mu\text{m}$ ) che consentono sia di effettuare un'analisi granulometrica, sia di separare il materiale frantumato a seconda della dimensione desiderata: per esempio, le analisi da condurre con le apparecchiature del laboratorio di analisi elementare richiedono una dimensione del carbone inferiore ai 250  $\mu\text{m}$ .



*Fig. 3 – Setacciatrice da laboratorio modello AS 200*

Per poter, infine, distribuire in campioni omogenei il materiale frantumato, è stato acquistato un ripartitore di campioni da laboratorio Retsch PT 100 (fig. 4). Tale apparecchiatura è indicata per la suddivisione rappresentativa e la riduzione di sostanze fuse e fluidizzabili aventi granulometria massima in alimentazione pari a 10 mm. Il volume massimo alimentato è pari a 5.000 cm<sup>3</sup> con corona ripartitrice a otto posizioni; in tal caso è possibile raccogliere otto campioni singoli entro recipienti di vetro aventi capacità unitaria pari a 500 cm<sup>3</sup>.

Per conseguire una ripartizione esatta del campione è raccomandabile, in linea generale, alimentare in modo uniforme e continuo il materiale campione tramite l'apparecchiatura dosatrice posta nella parte superiore dello strumento.



*Fig. 4 – Ripartitore da laboratorio modello PT 100*

## **1.2 Laboratorio analisi elementare e immediata dei combustibili:**

L'analisi elementare del carbone consente di determinare il tenore in peso dei principali costituenti atomici del carbone: carbonio, idrogeno, azoto e zolfo.

Il determinatore automatico di carbonio, idrogeno, azoto e zolfo, TruSpec (fig. 5) della Leco, è dedicato all'analisi elementare dei campioni organici e opera con un forno a resistenza alla temperatura di 1050 °C in corrente di ossigeno.

Le determinazioni di carbonio, idrogeno e zolfo vengono condotte tramite una cella IR mentre la determinazione dell'azoto viene effettuata con una cella a termoconducibilità. La pesata massima del campione è di 200 mg nominali

per prodotti come il carbone e il coke. Il tempo di analisi è pari a circa 240 secondi.



*Fig. 5 – Determinatore CHN+S TruSpec Leco*

L'analisi immediata o prossima sul carbone consente di determinare umidità, ceneri, sostanze volatili e carbonio fisso. Tale analisi può essere effettuata tramite il termogravimetro TGA-701 (fig. 6) della Leco che, provvisto di forno a resistenza programmabile e bilancia analitica incorporata, permette di determinare umidità, volatili e ceneri secondo le seguenti metodologie:

- umidità: perdita di peso in seguito a riscaldamento a circa 107 °C prolungato fino alla costanza del peso;
- sostanze volatili: perdita di peso percentuale in seguito a riscaldamento del campione essiccato in assenza di aria fino a 950 °C per circa 7 minuti;
- ceneri: percentuale di peso residua dopo combustione completa.

Il carbonio fisso si ottiene per sottrazione dal peso totale di tutti gli altri contributi.



*Fig. 6 – Analizzatore termogravimetrico TGA-701 Leco*

Per la determinazione del potere calorifico del carbone è stato acquistato il calorimetro isoperibolico AC-500 (fig. 7) della Leco. L'unità è provvista di calorimetro e bomba calorimetrica e permette in tempi brevi di determinare il calore specifico posseduto da un combustibile.



*Fig. 7 – Calorimetro isoperibolico AC-500 Leco*

Per completare la caratterizzazione del carbone Sulcis, con riferimento alla porosità del carbone, si è proceduto all'acquisto di un microporosimetro.

In data 13/10/2008 è stato ordinato presso la ditta Alfatest un porosimetro a gas, modello Autosorb-1-MP della Quantachrome Instruments, adatto alla determinazione dell'area superficiale e della dimensione dei pori di materiali quali zeoliti, carboni, setacci molecolari etc. Consente l'acquisizione di data point in adsorbimento ed è ideale per misure dettagliate delle dimensioni dei micropori con un'ampia scelta di gas. Il collaudo dello strumento avverrà nel mese di dicembre.



*Fig. 8 – Porosimetro Autosorb-1-MP, Alfatest*

Oltre alla strumentazione specifica per la caratterizzazione del carbone Sulcis, si è proceduto all'acquisto di altri articoli necessari per lo svolgimento delle attività di base dei laboratori:

- bilancia analitica;
- bilancia tecnica;
- bagnomaria elettrico;
- pompa da vuoto;
- pH-metro da laboratorio;

- distillatore per acqua;
- reagenti e vetreria;
- stufa per essiccazione.

La strumentazione di cui sopra, ad eccezione del microporosimetro e alcuni articoli da laboratorio (reagenti e vetreria), è già stata consuntivata nel precedente tema A1.

Relativamente alle attività specifiche di laboratorio per la caratterizzazione del carbone Sulcis nonché all'acquisto del porosimetro, dettagli sulle operazioni e le voci di costo saranno contenuti nella successiva fase conclusiva del tema A2.

## **2. Rapporto giustificativo delle spese sostenute**

Per realizzare le successive attività relative al tema “sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning” è stato necessario effettuare ulteriori acquisti, oltre quelli già sostenuti per lo svolgimento delle attività A1. E' di seguito riportato l'elenco delle apparecchiature nonché gli ordini emessi oltre a quelli già indicati nel rapporto economico “attività 5222 A1”.

- Fornitura di reagenti e vetreria / consumabili per i laboratori del Centro ricerche – ordine n. 47/08 e prot. 363/08 a favore della ditta Bodanchimica Srl.
- Fornitura hardware e software – ordini emessi a favore della ditta KIP Computer e Iper E. Leclerc.
- Fornitura impianto centralizzazione gas alta purezza – ordine n. 63/08 emesso a favore della ditta AIR Liquide.

## **3. Rendicontazione costi**

Sono di seguito riportate le tabelle esplicative sui costi sostenuti per lo sviluppo e la realizzazione delle attività.

<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo " Combustione flameless: sviluppo di codici di simulazione e verifiche sperimentali"	
	<b>TEMA DI RICERCA: 5.2.2.2 - Attività A2</b> "Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning"	
	<b>Data inizio:</b>	01/01/2008
	<b>Data fine</b>	31/12/2008
	CONTABILIZZAZIONE COSTI luglio-settembre 2008 IMPORTI IN Euro	
DESCRIZIONE		TOTALE
<b>A) Personale (dipendente e con contratto flessibile)</b>		10.115,66
<b>B) Spese generali (90% del personale)</b>		9.104,09
<b>SUB TOTALE Personale e Spese generali</b>		<b>19.219,75</b>
<b>C) Attrezzature e strumentazioni</b>		795,62
<b>D) Costi di esercizio</b>		4.159,35
<b>E) Consulenza e brevetti</b>		0,00
<b>F) Missioni e viaggi e congressi</b>		128,00
<b>SUB TOTALE Investimenti</b>		<b>5.082,97</b>
<b>TOTALE DEL PERIODO</b>		<b>24.302,72</b>

Il legale rappresentante o un suo procuratore

<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo " Combustione flameless: sviluppo di codici di simulazione e verifiche sperimentali"		
	<b>TEMA DI RICERCA: 5.2.2.2 - Attività A2</b> "Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning"		
	<b>Data inizio:</b> 01/01/2008  <b>Data fine</b> 31/12/2008 CONTABILIZZAZIONE COSTI luglio - settembre 2008 IMPORTI IN Euro	PERSONALE DIPENDENTE '(A1)	
		Foglio 1 di 2	
<b>Cognome e nome</b>	<b>Costo orario</b>	<b>Ore</b>	<b>Importo</b>
RAGGIO GIOVANNI	36,03	26	936,780
MADEDDU ALESSANDRA	27,89	112	3.123,680
PETTINAU ALBERTO	23,51	90	2.115,900
ORSINI ALESSANDRO	21,30	82	1.746,600
FRAU CATERINA	18,54	45	834,3
		<b>TOTALE</b>	<b>355</b>
			<b>8.757,26</b>

Il responsabile amministrativo

<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo " Combustione flameless: sviluppo di codici di simulazione e verifiche sperimentali"			
	<b>TEMA DI RICERCA: 5.2.2.2 - Attività A2</b> "Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning"			
	<b>Data inizio:</b>	01/01/2008		
<b>Data fine</b>	31/12/2008			
CONTABILIZZAZIONE COSTI luglio -settembre 2008 IMPORTI IN Euro			PERSONALE CON CONTRATTO FLESSIBILE '(A2)	
<b>Cognome e nome</b>	<b>Data di pagamento</b>	<b>Costo orario</b>	<b>Ore</b>	<b>Importo</b>
AMORINO CARLO	25/07/2008	33,96	8	271,68
AMORINO CARLO	27/08/2008	33,96	16	543,36
AMORINO CARLO	25/09/2008	33,96	16	543,36
		<b>TOTALE</b>	<b>40</b>	<b>1.358,40</b>

Il responsabile amministrativo

<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo " Combustione flameless: sviluppo di codici di simulazione e verifiche sperimentali"				
	<b>TEMA DI RICERCA: 5.2.2.2 - Attività A2</b> "Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning"				
	<b>Data inizio:</b>	01/01/2008			ATTREZZATURE E STRUMENTAZIONI (C)
<b>Data fine</b>	31/12/2008				
CONTABILIZZAZIONE COSTI luglio - settembre 2008 IMPORTI IN Euro					
<b>Descrizione</b>	<b>Fornitore</b>	<b>Numero fattura</b>	<b>Data fattura</b>	<b>Data pagamento</b>	<b>Costo</b>
Materiale per laboratori	BODANCHIMICA	1226/00	16/07/2008	12/09/2008	238,71
Hard disk - gruppo continuità e antivirus	KIP Computer	407	30/07/2008	29/08/2008	260,00
Recupero dati hard disk	KIP Computer	408	30/07/2008	29/08/2008	90,00
Stampanti e cavo USB	IPER E.LECLERC - CONAD	5519/WP	30/09/2008	30/09/2008	206,91
				<b>TOTALE</b>	<b>795,62</b>

Il responsabile amministrativo

<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo " Combustione flameless: sviluppo di codici di simulazione e verifiche sperimentali"		
	<b>TEMA DI RICERCA: 5.2.2.2 - Attività A2</b> "Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning"		
	<b>Data inizio:</b> 01/01/2008 <b>Data fine</b> 31/12/2008 CONTABILIZZAZIONE COSTI luglio - settembre 2008 IMPORTI IN Euro	COSTI ESERCIZIO (D)	
<b>Descrizione</b>	<b>Costo orario</b>	<b>Ore</b>	<b>Costo</b>
Costo strutture sperimentali e Centro Ricerche	10,53	395	4.159,35
		<b>TOTALE</b>	<b>4.159,35</b>

Il responsabile amministrativo

<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO dal titolo " Combustione flameless: sviluppo di codici di simulazione e verifiche sperimentali"				
	<b>TEMA DI RICERCA: 5.2.2.2 - Attività A2</b> "Sviluppo e applicazione di codici, prove sperimentali e gas cleaning"				
	<b>Data inizio:</b> 01/01/2008 <b>Data fine:</b> 31/12/2008 CONTABILIZZAZIONE COSTI luglio - settembre 2008 IMPORTI IN Euro			MISSIONI E VIAGGI E CONGRESSI (F)	
<b>Descrizione</b>		<b>Numero fattura</b>	<b>Data fattura</b>	<b>Data pagamento</b>	<b>Costo</b>
Missione Cagliari del dipendente Catrina Frau - Rimborso spese		N.A.	N.A.	04/09/2008	64,00
Missione Cagliari del dipendente Alessandra Madeddu - Rimborso spese		N.A.	N.A.	15/09/2008	64,00
				<b>TOTALE</b>	<b>128,00</b>

Il responsabile amministrativo \_\_\_\_\_

<b>GIUSTIFICATIVO SPESE GENERALI DA BILANCIO 2007</b>	
<b>SOTACARBO S.p.A.</b>	
IMPORTI IN Euro	
Descrizione Spese generali	Costo
Acquisti vari	11.567,00
Consulenze amministrative	18.734,00
ENEL	6.797,00
Acqua	583,00
Rimborsi dipendenti	15.260,00
Vigilanza	17.724,00
Compensi amm.ri	66.500,00
Compensi sindaci	27.649,00
Altri costi amm.ri	21.218,00
Altri costi sindaci	19.397,00
Pulizie	4.560,00
Agg. Formaz. Dip	7.988,00
Publicità	1.750,00
Spese per automezzi	1.269,00
Spese legali - notarili	55.542,00
Telefoniche	10.820,00
Postali	1.130,00
Assicurazioni	12.153,00
Rappresentanza	3.647,00
Viaggi dipendenti	13.765,00
tickets dip.	40.988,00
spese commissioni bancarie	4.122,00
costi fideiussioni	4.458,00
costi per servizi	6.470,00
Imposte esercizio	16.000,00
Giornali e riviste	5.190,00
Quota adesione IEA	56.036,00
Assocarboni	1.550,00
Ass.Ind.li	1.325,00
Altre imposte e tasse	1.233,00
Ammortamenti	153.939,00
<b>TOTALE</b>	<b>609.364,00</b>
Descrizione costi personale	Costo
Stipendi	426.203,00
Oneri sociali	108.405,00
TFR	34.146,00
Costi personale per collaborazione esterna	114.700,00
<b>TOTALE</b>	<b>683.454,00</b>

Rapporto tra spese generali e costo del personale	0,9
---	-----

Il responsabile amministrativo