



RICERCA DI
SISTEMA ELETTRICO



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Accordo di Programma MiSE-ENEA

Cattura e sequestro della CO₂ prodotta da combustibili fossili

ENEA, Via Giulio Romano, 41

Roma, 24 giugno 2015

ENRICO MAGGIO

e.maggio@sotacarbo.it

Le attività Sotacarbo sul tema della cattura e stoccaggio della CO₂

SOTACARBO – Società Tecnologie Avanzate Carbone - SpA
c/o Grande Miniera Serbariu
09013 Carbonia (CI)

⇒ Panoramica sulla attività Sotacarbo

- Impianti sperimentali pilota e dimostrativo
- Impianti su scala da laboratorio
- Laboratori
- Attività Sotacarbo su cattura e stoccaggio CO₂
- Sviluppi futuri

Panoramica sulla attività Sotacarbo



MINISTERO DELLO
SVILUPPO ECONOMICO



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ATTIVITÀ DEL POLO TECNOLOGICO-SOTACARBO PER L'IMPIEGO SOSTENIBILE DEL CARBONE

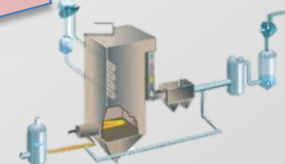
Programma di ricerca



Cattura della CO₂



Stoccaggio della CO₂



Ossicombustione

Copertura Finanziaria delle attività del Polo Tecnologico:

MiSE: € 2.200.000 SOTACARBO + € 800.000 ENEA all'anno x 10 anni

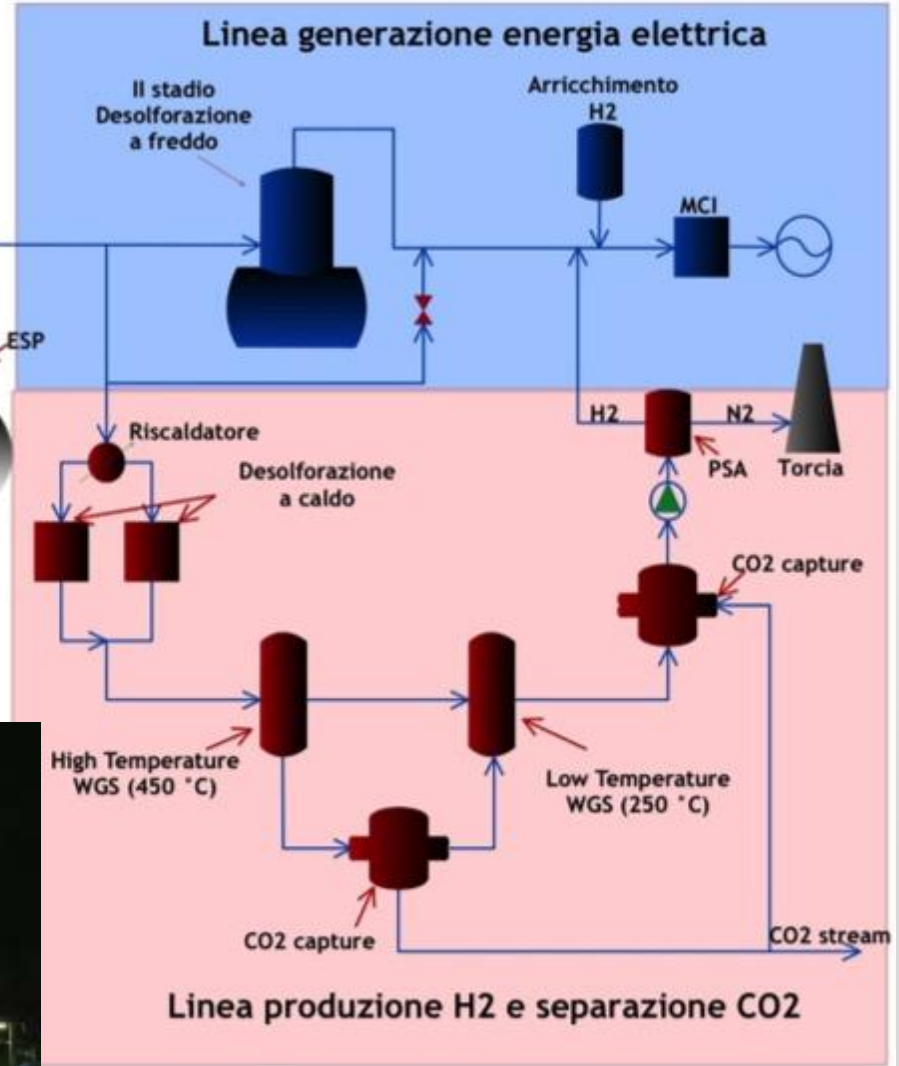
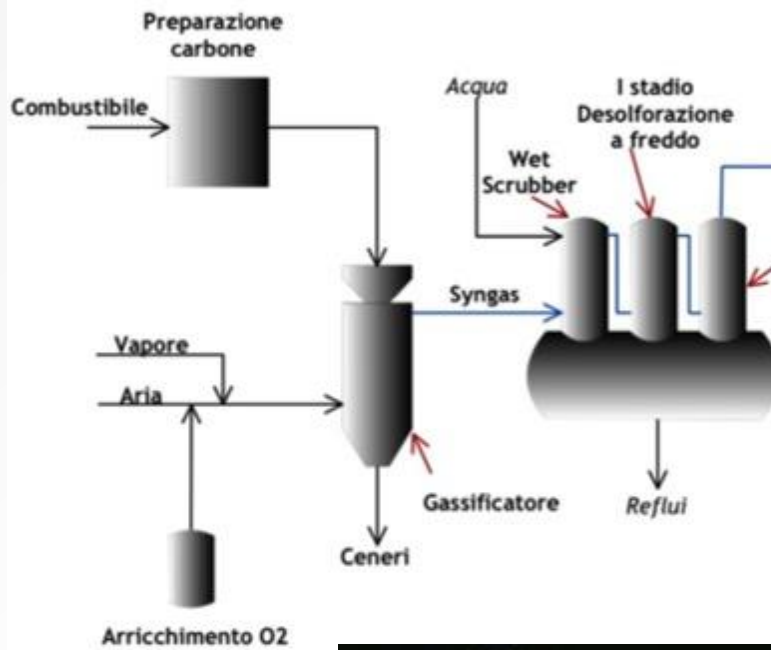
RAS: € 8.400.000 x 3 anni + ulteriori finanziamenti da definire per i successivi 3 anni

Panoramica sulla attività Sotacarbo

⇒ Impianti sperimentali pilota e dimostrativo

- Impianti su scala da laboratorio
- Laboratori
- Attività Sotacarbo su cattura e stoccaggio CO₂
- Sviluppi futuri

Impianto PILOTA





Gassificatore



Desolforazione a caldo



Skid a freddo



Cattura CO₂



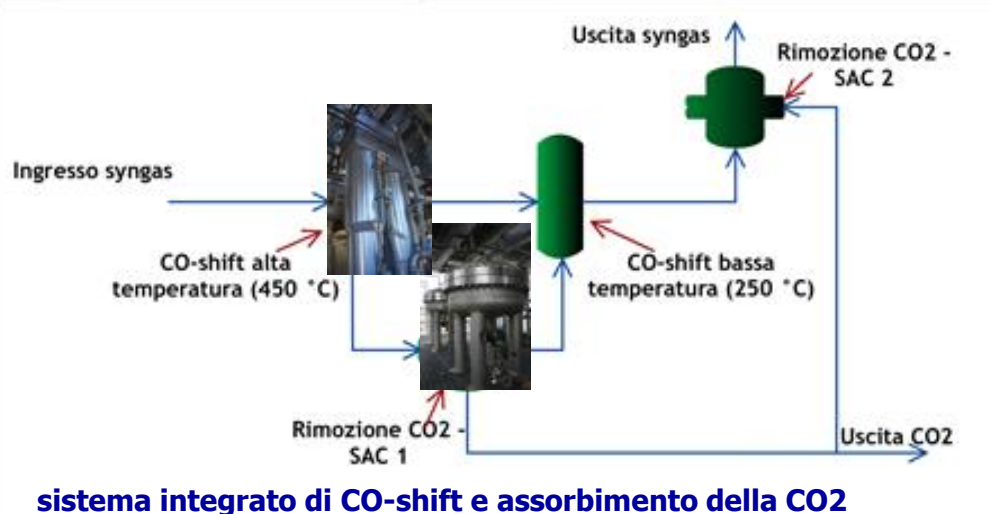
Desolforazione a freddo



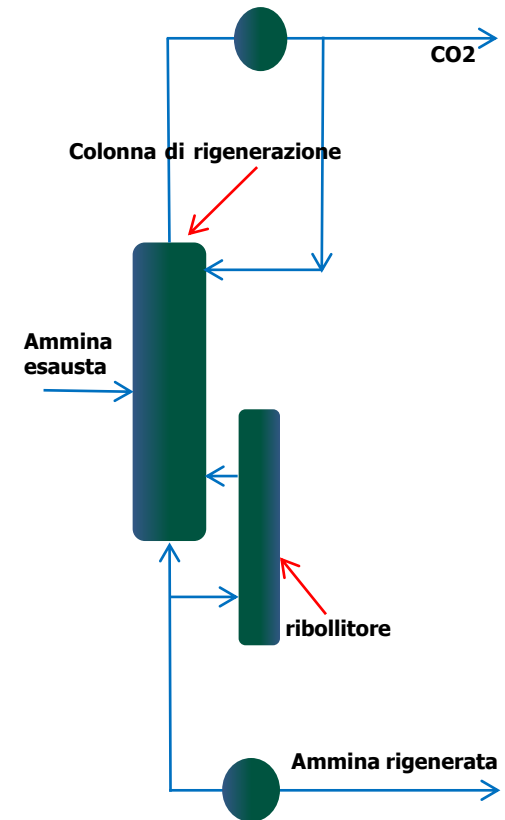
Rigenerazione ammine

Impianto PILOTA

Sezioni coinvolte nelle sperimentazioni di cattura CO₂ e rigenerazione ammine



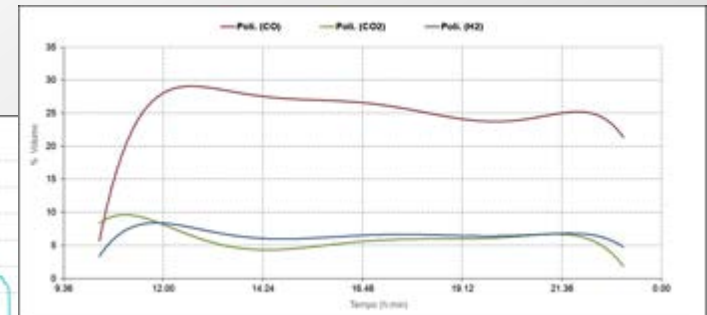
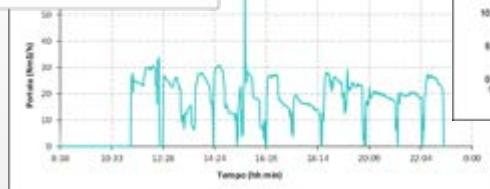
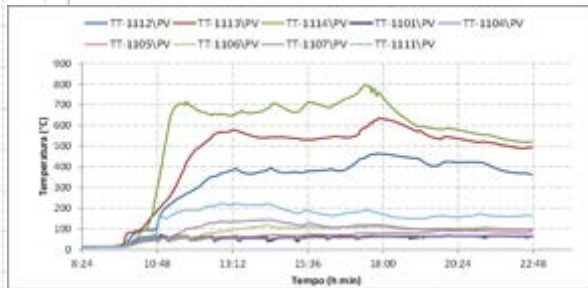
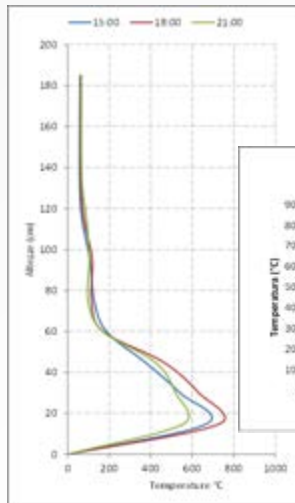
Misuratori di densità



Risultati sperimentazione

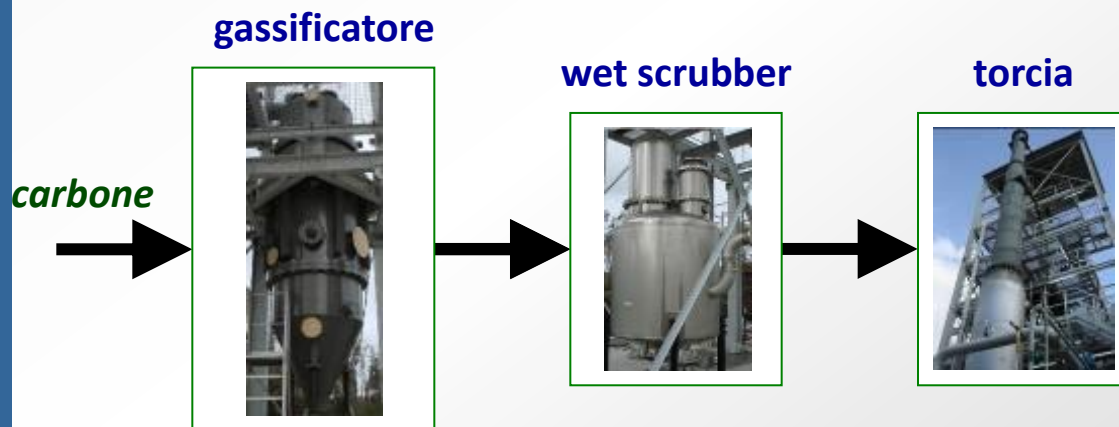


n.	data	miscela combustibile	tipologia test (G: gassificazione; CC: Carbon Capture)	ore di sperimentazione
1	08/05	72% carbone Sulcis + 28% cippato [wt%]	G + CC	14
2	14/05	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G	16
3	29/05	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G	16
4	05/06	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G	16
5	12/06	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G + CC	16
6	19/06	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G + CC	16
7	03/07	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G + CC	16
8	10/07	44% carbone Sulcis + 56% pellet [wt%]	G + CC	16



Impianto DIMOSTRATIVO

- Gassificatore a letto fisso up-draft
- Potenza termica: ~ 5 MW
- Temperatura syngas: ~ 350-400 C
- Tipologia ceneri: **secche**



Impianto dimostrativo



Irradiatori ceramici del sistema di accensione



Particolare griglia di scarico ceneri



Sistema rotazione griglia



Sistema di raffreddamento:
Steam drum



Soffiante aria processo

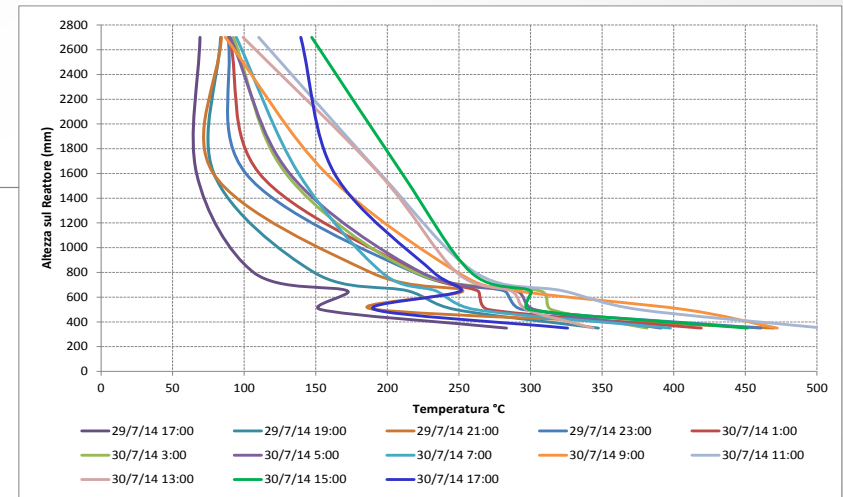
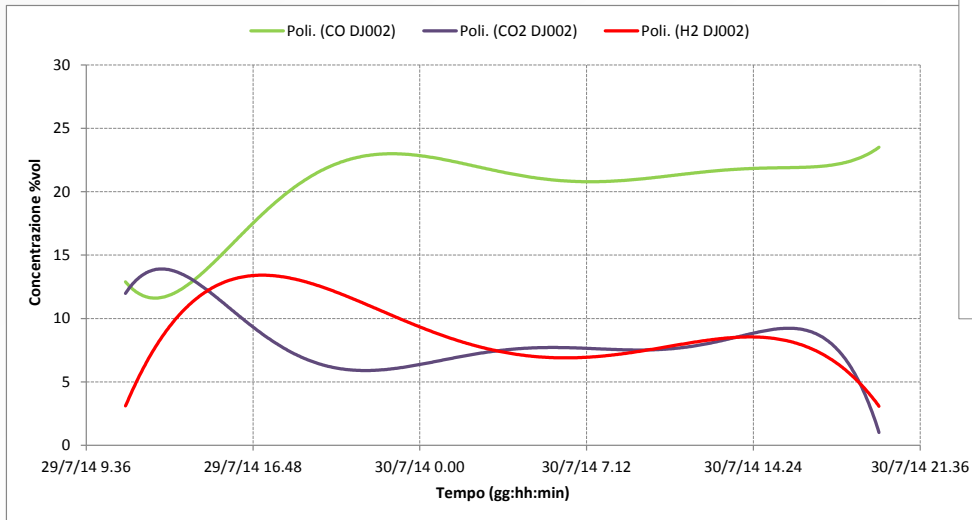


Sistema Caricamento combustibile

Impianti sperimentali pilota e dimostrativo

Nel precedente PAR sono state eseguite 2 prove sperimentali sull'impianto dimostrativo (in data 29-30.07.2014 e in data 16-17.09.2014) della durata di 36 ore ciascuna per una durata complessiva di 72 ore.

Prova del 29-30.07.2014 – Composizione syngas uscita scrubber



Prova del 29-30.07.2014 – Profilo temperature gassificatore

Sistema campionamento e analisi syngas



15 prese di campionamento impianto pilota



Gas Cromatografo

Composti chimici analizzati (CO_2 , H_2 , O_2 , CO , CH_4 , N_2 , H_2S , COS , C_2H_6 , C_3H_8)

Sistema campionamento e analisi syngas

Sistema di monitoraggio composizione syngas in tempo reale



CO	}	Rilevazione infrarossi
CO ₂		
CH ₄		
H ₂		conduttività termica
O ₂		paramagnetico
H ₂ S		Rilevazione UV



Risultati campagne sperimentali

Tipologie di carbone utilizzati

Circa **2200 ore**
di test sperimentali
(giugno 2008 – giugno 2015)



	S.African (SAF)	Russian (RUS)	Sulcis (SUL)	Usibelli (UAK)	Hungarian (HUN)
<i>General information</i>					
<i>classification</i>	<i>bituminous</i>	<i>bituminous</i>	<i>sub-bitumin.</i>	<i>Lignite</i>	<i>lignite</i>
<i>origin</i>	<i>South Africa</i>	<i>Russia</i>	<i>Italy</i>	<i>Alaska</i>	<i>Hungary</i>
<i>Density (kg/dm³)</i>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
<i>Proximate analysis (% by weight)</i>					
fixed carbon	72.58	80.19	40.65	31.33	17.54
moisture	3.64	2.38	7.45	17.64	22.90
volatiles	8.81	4.81	40.45	41.00	24.85
ash	14.97	12.62	11.45	10.02	34.71
<i>Ultimate analysis (% by weight)</i>					
total carbon	75.56	81.65	66.49	48.56	25.43
hydrogen	3.86	4.64	6.18	5.96	3.63
nitrogen	1.40	0.79	1.41	0.50	0.48
sulphur	0.57	1.01	7.02	0.18	4.82
oxygen	n.a.	n.a.	n.a.	17.14	8.03
moisture	3.64	2.38	7.45	17.64	22.90
ash	14.97	12.62	11.4	10.02	34.71
<i>Thermal analysis (MJ/kg)</i>					
HHV	28.10	29.39	22.59	19.46	9.21
LHV	27.18	28.96	21.07	17.75	7.88

migliore
performance



- ☑ Panoramica sulla attività Sotacarbo
- ☑ Impianti sperimentali pilota e dimostrativo
- ⇒ Impianti su scala da laboratorio
 - Laboratori
 - Attività Sotacarbo su cattura e stoccaggio CO₂
 - Sviluppi futuri

Impianti su scala da laboratorio

GAIA bench scale unit

Greenhouse gas Absorption In Amine-based solvents pilot plant

Impianto di separazione CO₂ con solventi amminici

MOSCA bench scale unit

Metal Oxides for Sulphur Compounds Adsorption

Reattore di adsorbimento dello zolfo



Impianti su scala da laboratorio

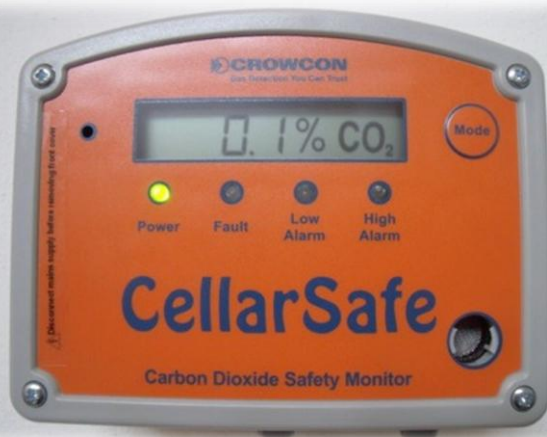


analisi gas

micro gas cromatografo

*acquisizione portate di
solvente*

*registratore videografico di segnali
a 5 canali*



rilevatore di CO₂ nell'ambiente

*sistema CellasSafe dotato di segnali sonori e
visivi in caso di raggiungimento delle
concentrazioni pericolose di CO₂*

- ☑ Panoramica sulla attività Sotacarbo
- ☑ Impianti sperimentali pilota e dimostrativo
- ☑ Impianti su scala da laboratorio

⇒ Laboratori

- Attività Sotacarbo su cattura e stoccaggio CO₂
- Sviluppi futuri

Preparazione campioni



Laboratorio analisi CHN-S





Laboratorio analisi termica





Laboratorio analisi calorimetrica

Personale impegnato nei progetti di ricerca


 6 Ingegneri meccanici (3 con esperienza decennale)


 6 Ingegneri chimici (4 con esperienza decennale)


 3 Ingegneri ambientali con esperienza decennale


 1 Ingegnere elettrico con esperienza decennale

 2 Ingegneri energetici

 4 Geologi (2 con esperienza decennale)

 2 Chimici

 1 Laureato in giurisprudenza e giornalista pubblicista

 5 Operatori d'impianto con esperienza decennale

- ☑ Panoramica sulla attività Sotacarbo
 - ☑ Impianti sperimentali pilota e dimostrativo
 - ☑ Impianti su scala da laboratorio
 - ☑ Laboratori
- ⇒ Attività Sotacarbo su cattura e stoccaggio CO₂
- Sviluppi futuri

Cattura della CO₂ in pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi

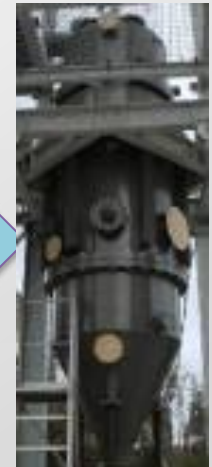
Produzione di combustibili gassosi dal carbone attraverso il processo di gassificazione e l'approfondimento di processi di separazione della CO₂ dal syngas con solventi liquidi.

Sperimentazioni volte a caratterizzare la produzione di syngas, il suo trattamento e il loop completo di assorbimento e desorbimento della CO₂ presente nel syngas con misure di densimetria e viscosimetria.



Impianto Pilota

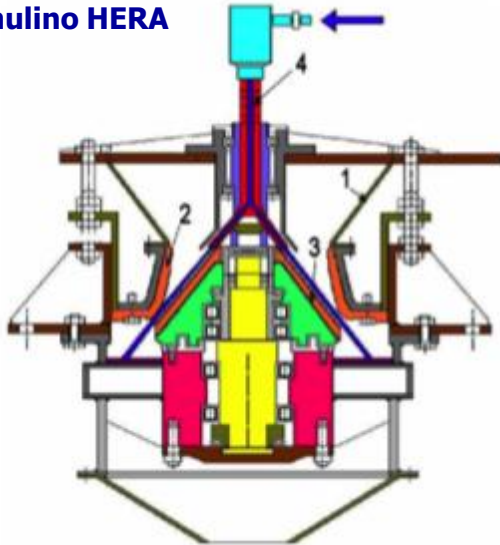
220 ore di test sperimentali



Impianto Dimostrativo

Preparazione ed alimentazione del coal slurry da alimentare al reattore di ossicombustione

mulino HERA



fase sperimentale



CARATTERISTICHE	VALORI
Contenuto di carbone [%]	68-70
Potere calorifico superiore [kcal/kg]	5000-5200
Potere calorifico inferiore [kcal/kg]	4600-4800
Viscosità apparente [mPas]	1000
Densità [-]	1,25
Contenuto in peso di ceneri [%]	8
Tenore di zolfo [%]	0,2
Massa <200 mesh [%]	80-85

Condizioni operative adottate nelle prove:

- a) Materiale tal quale
- b) Materiale imbibito

Coal slurry: caratteristiche tipiche

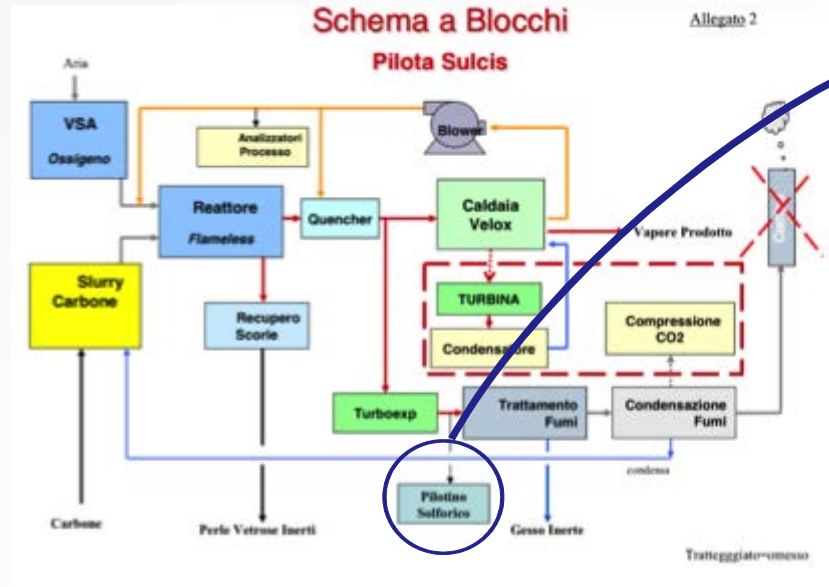
Velocità del getto d'acqua alle diverse condizioni operative

SIGLA	CONDIZIONI OPERATIVE				
	Diam. Ugello [mm]	Pressione [MPa] *	Portata H ₂ O [l/min]	Potenza idr. [kW]	Granul. alim.
PROVA 1 S	-	-	-	-	< 20 mm
PROVA 1 WJ	0,8	50	8,5 x 2	14	< 20 mm
PROVA 2 WJ	0,8	100	12,0 x 2	40	< 20 mm
PROVA 3 WJ	0,8	150	14,7 x 2	74	< 20 mm
PROVA 4 WJ	0,5	100	4,7 x 2	16	< 20 mm
PROVA 5 WJ	0,5	150	5,7 x 2	29	< 20 mm
PROVA 6 WJ	0,5	180	6,3 x 2	38	< 20 mm

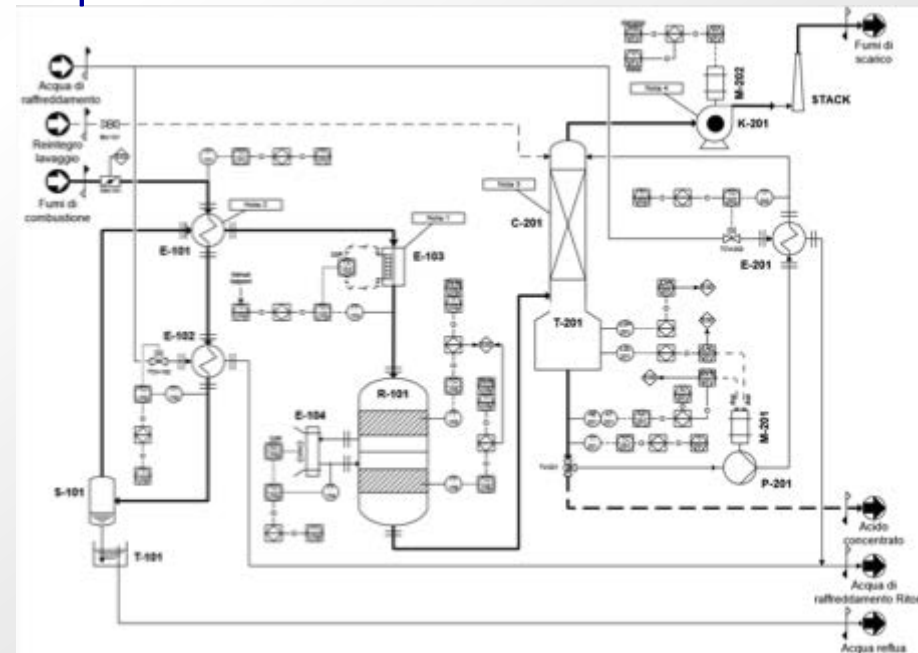
SIGLA	CONDIZIONI OPERATIVE				
	Diam. Ugello [mm]	Pressione [MPa]	Portata H ₂ O [l/min]	Potenza idr. [kW]	Granul. alim.
PROVA 2 S	-	-	-	-	< 10 mm
PROVA 7 WJ	0,5	100	4,7 x 2	16	< 20 mm
PROVA 8 WJ	0,5	100	4,7 x 2	16	< 10 mm

DIAMETRO UGELLO [mm]	PRESSIONE [MPa]			
	50	100	150	180
0,5		435	532	583
0,8	307	435	532	

Definizione e trattamento degli effluenti tipici del processo e realizzazione di una sezione di recupero di acido solforico da fumi di ossicombustione



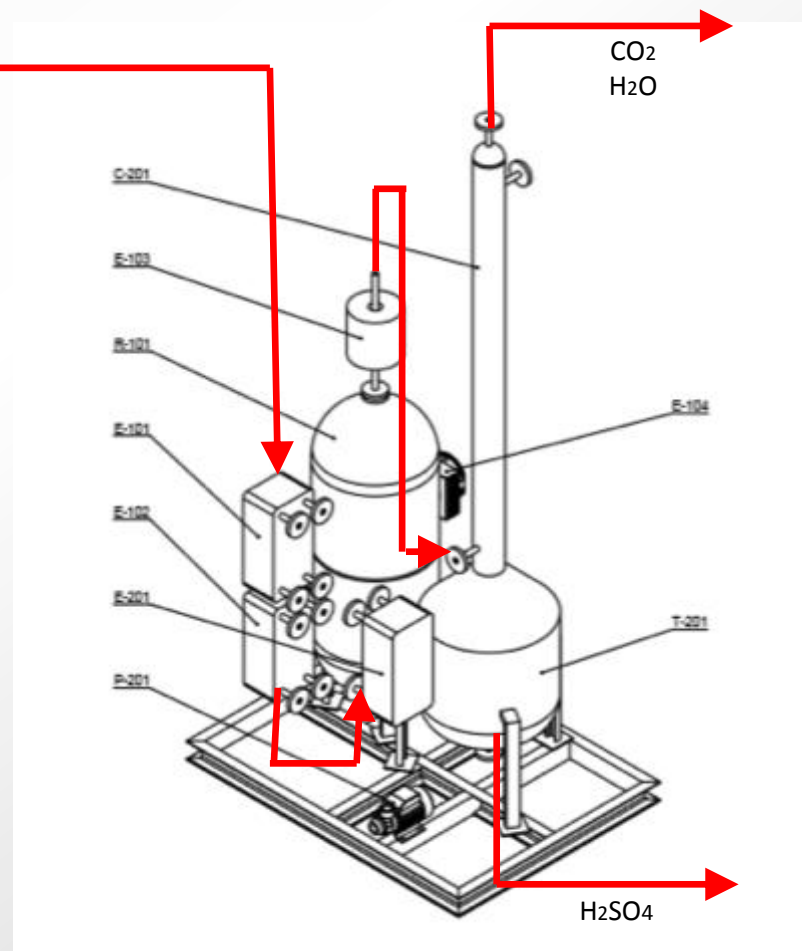
Schema sezione di recupero zolfo e produzione acido solforico



"Fumi di combustione"	
<i>Corrente gassosa in uscita dal processo di combustione del carbone</i>	
Portata totale (Max / Nor / Min)	4,5 / - / - kg/h
Temperatura (Max /Nor /Min)	450 / - / - ° C
Pressione (Max / Nor / Min)	0,2 / - / - barg
<i>Composizione [%_{vol}]</i>	
Particolato	assente
Metalli pesanti e alcalini	assenti
NO _x	assenti
CO ₂	56%
SO ₂	2%
H ₂ O	39%
O ₂	3%

Principali componenti della sezione

- reattore catalitico (R-101)
- scambiatore di calore (recupero termico) (E-101)
- scambiatore di calore (E-102)
- riscaldatore elettrico (E-103)
- scambiatore di calore (E-104)
- colonna di assorbimento (C-201)
- sistema di controllo
- sistemi ausiliari

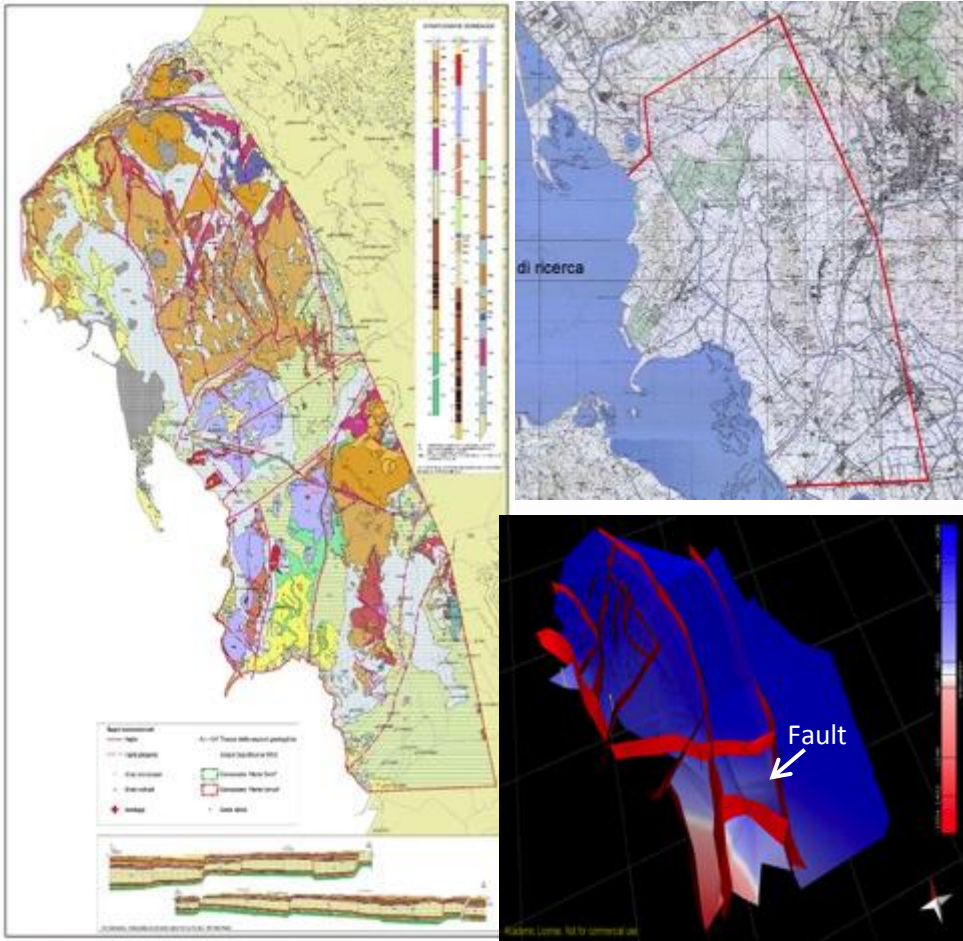


Attività realizzate nell'annualità 2013/2014

- Raccolta di tutte le informazioni pregresse
- Avvio delle attività mirate alla definizione della sismicità naturale
- Rilievo geostrutturale di superficie
- Indagine geochimica nell'area vasta per definire la baseline della CO₂ presente al suolo

Attività da svolgere nell'annualità 2014/2015

- Completamento degli studi per la definizione della sismicità naturale
- Rilievo geostrutturale in galleria in sotterraneo
- Indagine geochimica di dettaglio in prossimità di una faglia per futuri test di iniezione



Approfondimenti sulla raccolta delle informazioni, definizione preliminare delle specifiche tecniche per la realizzazione delle perforazioni e procedure autorizzative per attività di ricerca e prospezione

Studio preliminare ambientale quale parte integrante della procedura di verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).



Rilievo geostrutturale in galleria

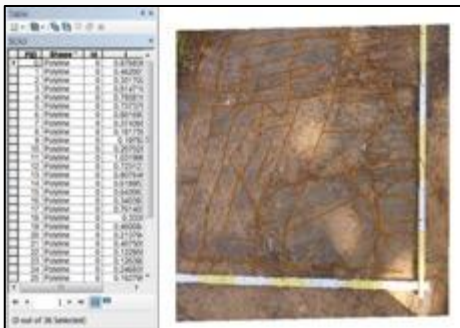
Area del Sulcis: modellazione geologica e analisi delle faglie/fratture



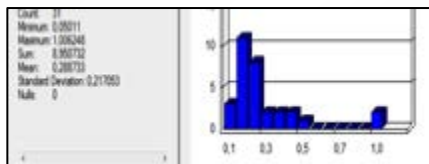
Faglia nel Cixerri



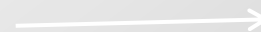
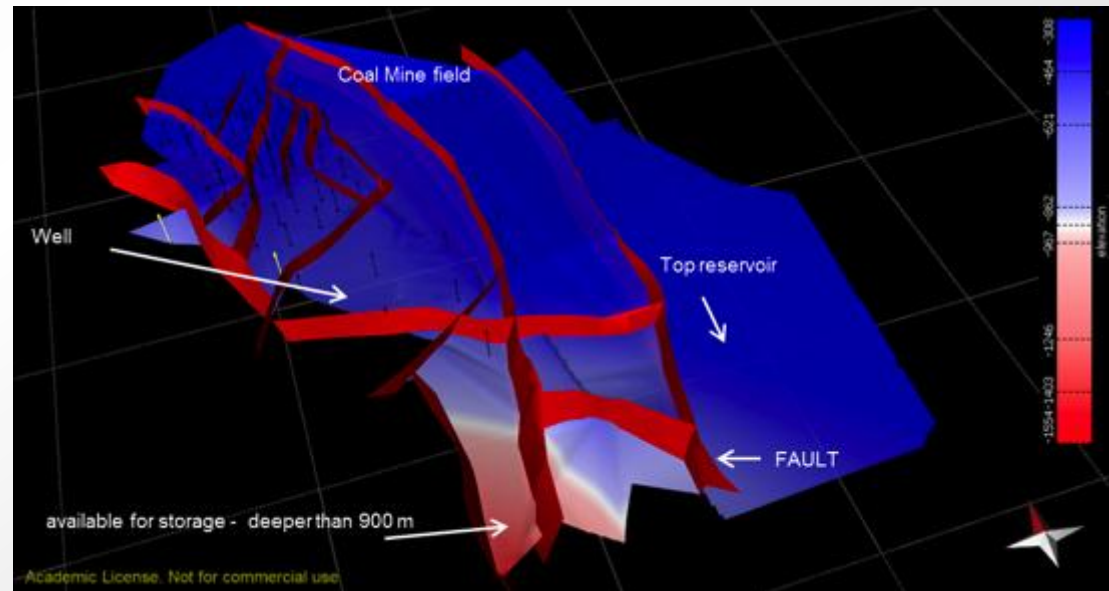
Analisi strutturale nella miniera del Sulcis



Scanarea



Frequency analysis of fractures

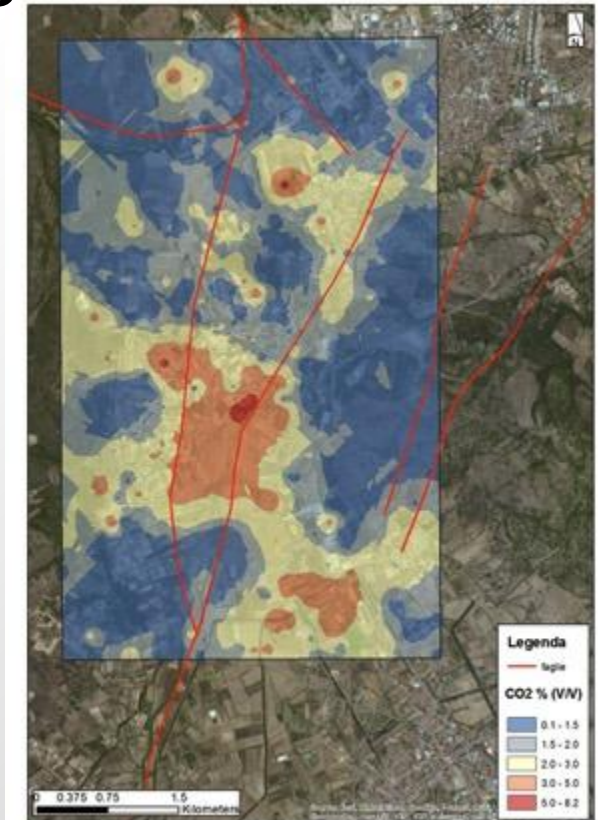
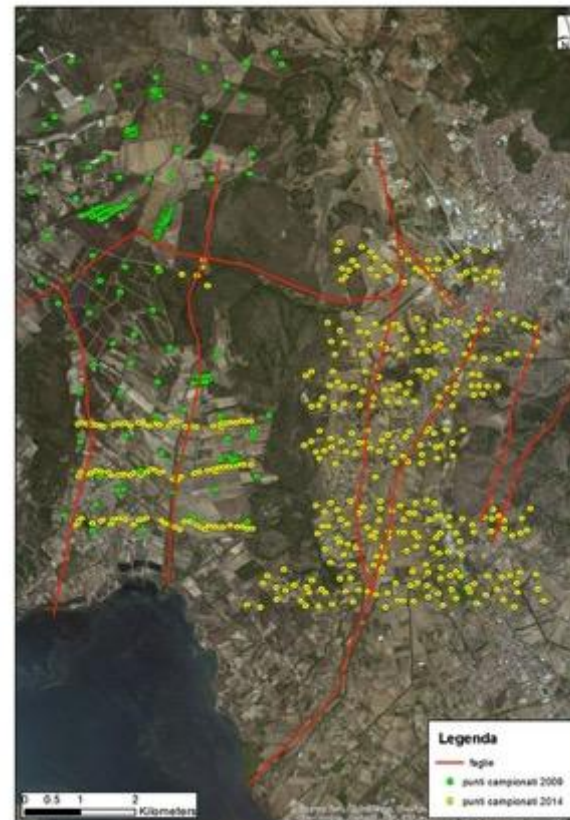


Monitoraggio geochimico dell'area del bacino del Sulcis

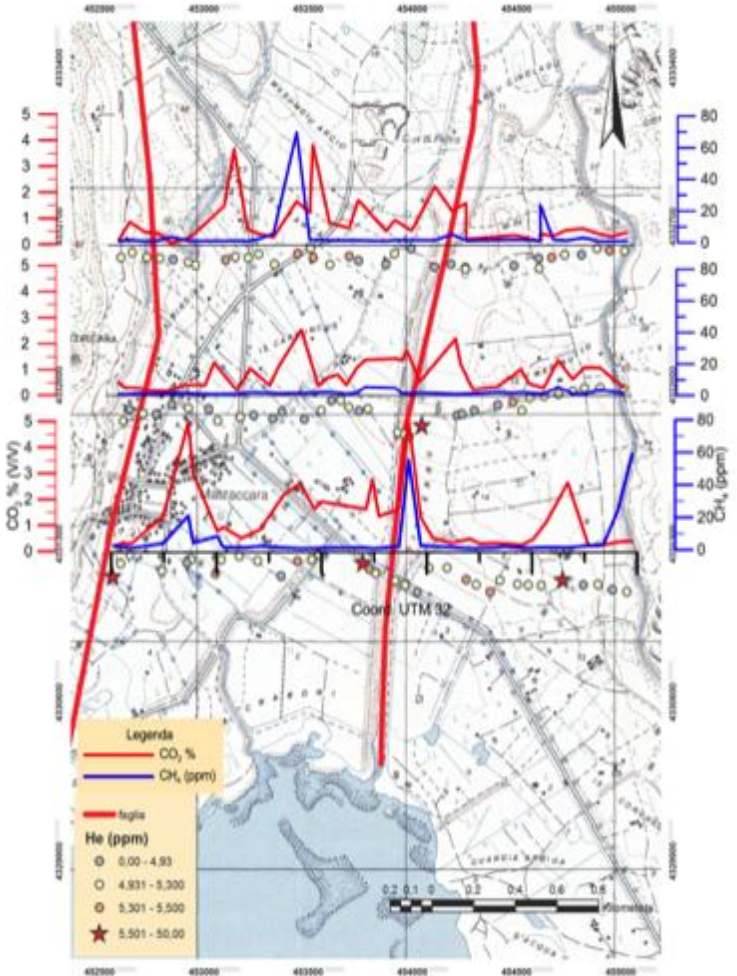
- Campionamento e misura in campo;
- Analisi ed elaborazione statica;
- Definizione della BASELINE.



Prelievi dei gas al suolo



Monitoraggio geochimico dell'area del bacino del Sulcis



Profilo della presenza dei gas al suolo lungo le faglie

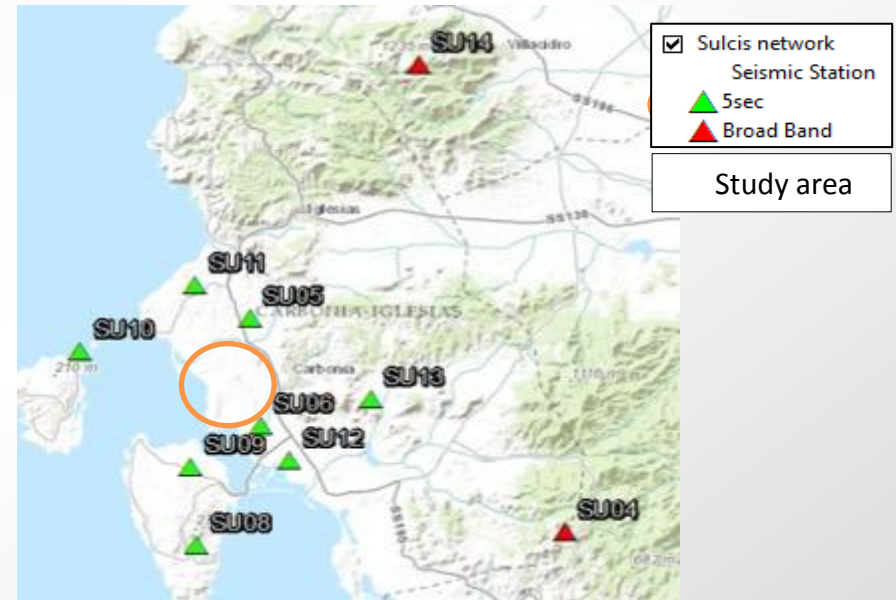
Faglia di Matzaccara:

- Coinvolge un deposito quaternario
- Ha una geometria semplice
- Mostra permeabilità

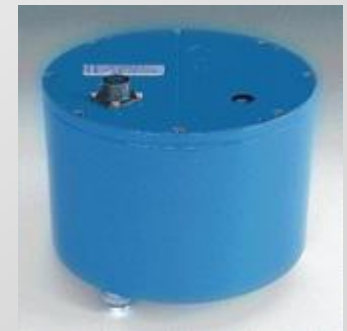
Indagine sul sistema di faglie nell'area di Matzaccara

Studio della sismicità e definizione della baseline dell'area del bacino del Sulcis

Sistema di rilevazione



10 Stazioni sismiche



Primi Risultati Storage

- **Definizione della Baseline** del contenuto di CO₂ presente nel suolo
- **Studio della permeabilità delle faglie**
(Lo studio delle faglie mostra una bassa permeabilità ma sono necessari ulteriori dati per realizzare un modello più complesso dello strato superficiale)
- **Analisi di laboratorio:** Bassa porosità delle formazioni carbonatiche (che mostra una buona permeabilità per fratturazione e carsismo)
- **Bassa sismicità** dell'area sulla base dai dati storici (INGV)
- **Differenze tra le stratigrafie** delle aree nord e sud del bacino carbonifero
(Sarà necessario, per confermare tale differenza, realizzare un nuovo pozzo di esplorazione)
- **Caprock e reservoir:** Mostrano alta eterogeneità



piano di comunicazione

OTT 16 2014
IMPIANTI AVANZATI ULTRASUPERCRITICI: PRESENTE O FUTURO?
 NELLA SEZIONE NEWS
 Gli impianti di produzione di energia elettrica mediante cicli a vapore avanzati ultrasupercritici (A-US) stanno attraversando oggi una fase di rapido sviluppo tecnologico che porterà, si prevede entro il 2030, a un incremento molto significativo della efficienza di generazione. Di tale sviluppo si è discusso il 14 e 15 ottobre scorso a Roma nella due giorni

OTT 15 2014
BIOETANOLO (ANCORA) PRO E CONTRO
 NELLA SEZIONE NEWS
 Per una nota prima. Una superficie di 23 ettari, 330 addetti diretti, 200 mulini, una capacità produttiva di 75 milioni di litri (anno di bioetanolo di seconda generazione. Sono i numeri della bioetanoleria "Beta Renewables" di Crescentino, primo impianto al mondo per la produzione di bioetanoli di seconda generazione (derivati da prodotti agricoli residui, non alimentari). Utamente più innovativo, nella

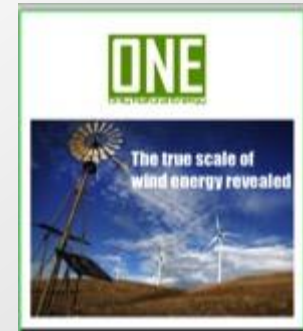
OTT 14
NETEFFICIENT: LE RETI INTELLIGENTI

International Sulcis CCS Summer School 3rd edition
 Monday, July 13th, 2015
 Tuesday, July 14th, 2015
 Wednesday, July 15th, 2015
 Thursday, July 16th, 2015
 Friday, July 17th, 2015

The interest in the Sulcis CCS Summer School has easily be explained by the growing attention worldwide for the technologies of separation and treatment of carbon dioxide (so-called CCS - "Carbon Capture and Storage"). The lecture programme will cover the range of technologies developed for the capture, transport and geological storage of CO₂, for which the Sulcis basin is the ideal laboratory for experimentation. It is one of the few sites in the world potentially able to accommodate large amounts of carbon dioxide with almost no environmental risks, thanks to the presence of deep layers of rock suitable for the permanent storage of large quantities of CO₂ due to its peculiar geological features) and also of an aquifer underseals the coal basin.

Centro Ricerche Sotacarbo Grande Miniera di Serbariu Carbonia, Italy
13-17 July 2015

ENEA
 SOTACARBO
 CLEAN COAL CENTRE



3^a Edizione Sulcis CCS Summer School

www.sulciscs Summerschool.it



**International Sulcis
CCS Summer School
3rd edition**

The interest in the Sulcis CCS Summer School can easily be explained by the growing attention worldwide for the technologies of separation and containment of carbon dioxide (so-called CCQ - "Carbon Capture and Storage"). The lecture programme will cover the range of techniques developed for the capture, transport and geological storage of CO₂, for which the Sulcis basin is the ideal laboratory for experimentation. It is one of the few sites in the world potentially able to accommodate large amounts of carbon dioxide with almost no environmental risks, thanks to the presence of deep layers of coal (suitable for the permanent storage of large quantities of CO₂ due to its peculiar geological features) and also of an aquifer underneath the coal basin.

**Centro Ricerche
Sotacarbo
Grande Miniera di
Serbariu
Carbonia, Italy**

**13-17
July 2015**

Monday, July 13th, 2015
Introduction to CCS

Tuesday, July 14th, 2015
CO₂ capture and transport technologies

Wednesday, July 15th, 2015
CO₂ utilization and transport technologies

Thursday, July 16th, 2015
CO₂ storage

Friday, July 17th, 2015
CO₂ and CCS: Prospects and challenges



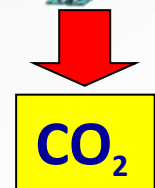
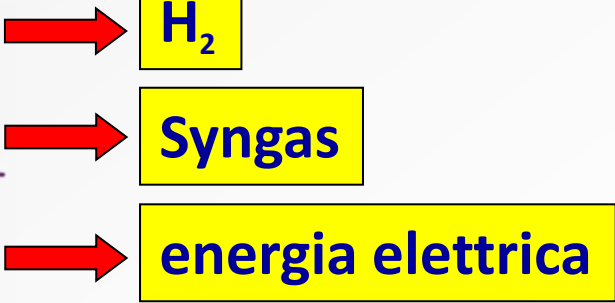
- ☑ Panoramica sulla attività Sotacarbo
- ☑ Impianti sperimentali pilota e dimostrativo
- ☑ Impianti su scala da laboratorio
- ☑ Laboratori
- ☑ Attività Sotacarbo su cattura e stoccaggio CO₂

⇒ Sviluppi futuri

Sviluppi futuri



Combustibili



Cattura CO₂ in pre-combustione

Cattura CO₂ in post-combustione

Cattura CO₂ in ossicombustione

Cattura CO₂

Solventi di II e III generazione

- Ottimizzazione processo
- Scale UP impianto
- Recupero calore residuo fumi

Stoccaggio CO₂



Definizione Baseline dell'area (geochimica e sismica)



Modello geologico



Pozzi di esplorazione



Test di iniezione



Laboratori di superficie e in sottosuolo



Divulgazione scientifica e public acceptance

ENOS - ENabling Onshore CO₂ Storage in Europe

- Sviluppare e testare in condizioni reali tecnologie chiave per lo stoccaggio “onshore” della CO₂
- Contribuire alla creazione di condizioni ottimali per lo stoccaggio della CO₂ in Europa.

Test di iniezione di CO₂ attraverso le faglie per creare un laboratorio di superficie che permetta di studiarne il comportamento.

Laboratorio sotterraneo

(in gallerie non più utilizzate della miniera di carbone)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

