



# Transizione del sistema energetico sviluppo e sostenibilità

## Principi e costi delle tecnologie CCS Il Progetto Sulcis

**Giuseppe Girardi**

*ENEA*

*Impiego sostenibile dei combustibili fossili*

*SOTACARBO*

*vicePresidente*

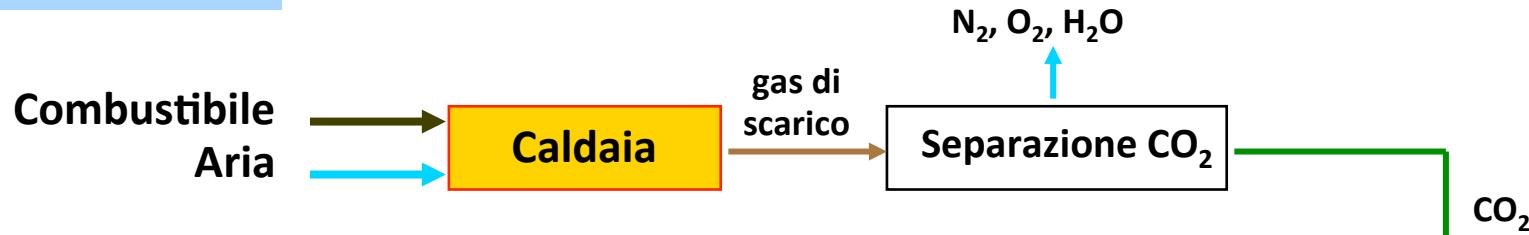
[giuseppe.girardi@enea.it](mailto:giuseppe.girardi@enea.it)



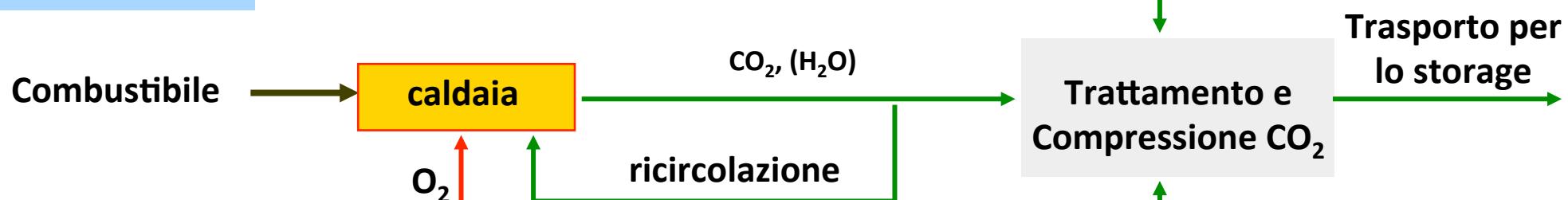
**SOTACARBO**

Incontro con la stampa  
ENEA-Roma 8 Ottobre 2013

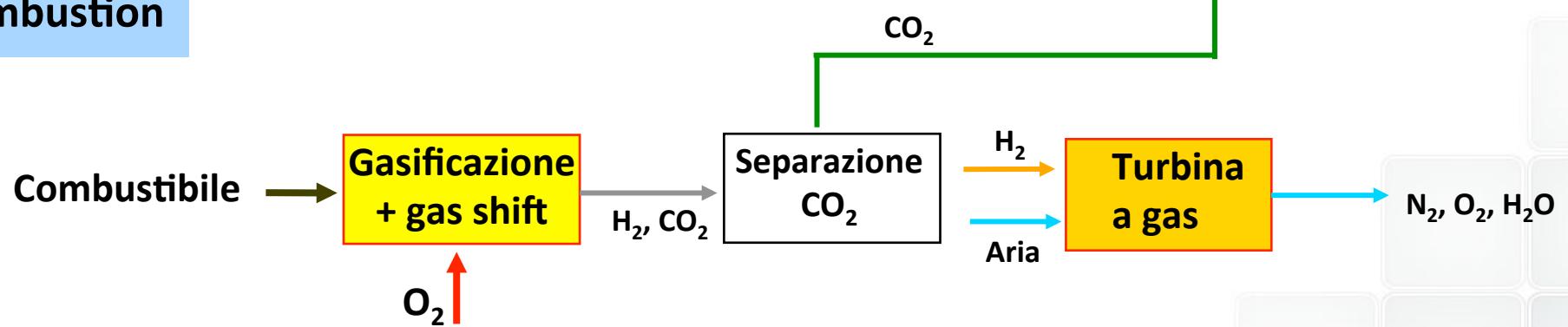
## Post-combustion



## Oxy-combustion



## Pre-combustion



$$\text{COE} = \frac{\text{SCI} * \text{NPO} * \text{DR} + \text{FOC}}{\text{LF} * 8760 * \text{NPO}} + \text{VOC} + \text{HR} * \text{FC}$$

Net power Output (kW)      Plant total capital requirement      Fixed annual operating costs (€/yr)  
 Specific capital investment (€/kW)      Discount rate      Variable operating costs (€/kWh)  
 plant load factor      Net power output (kW)      Fuel cost (€/GJ)  
 Yearly operational hours of the plant      plant heat rate (kJ/kWh) =  
 energy (fuel) required for the production of a unit of electrical energy

con : SCI costo specifico di impianto

NPO potenza elettrica netta installata

DR fattore di ammortamento

LF disponibilità

FOC costi fissi

VOC costi variabili

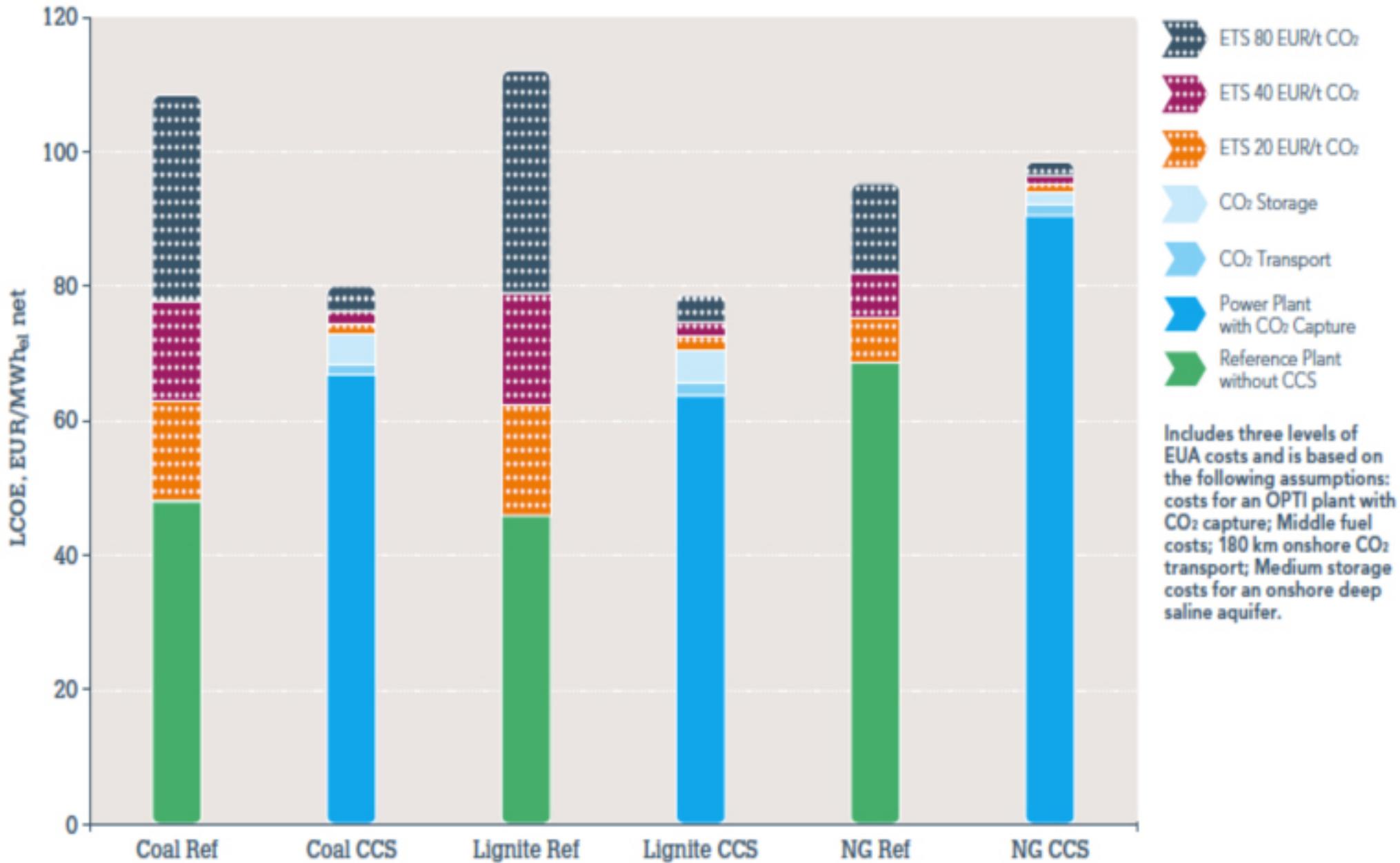
HR fattore energetico che associa il contenuto di energia del combustibile utilizzato per unità di energia elettrica prodotta

FC costo del combustibile

Metodo: plant level approach

# ZEP: “Levelized CoE con/senza CCS

Valore attualizzato dei costi complessivi dell'impianto durante tutta la sua vita convertito in quota annuale costante “livellata” in costo reale (inflazione)

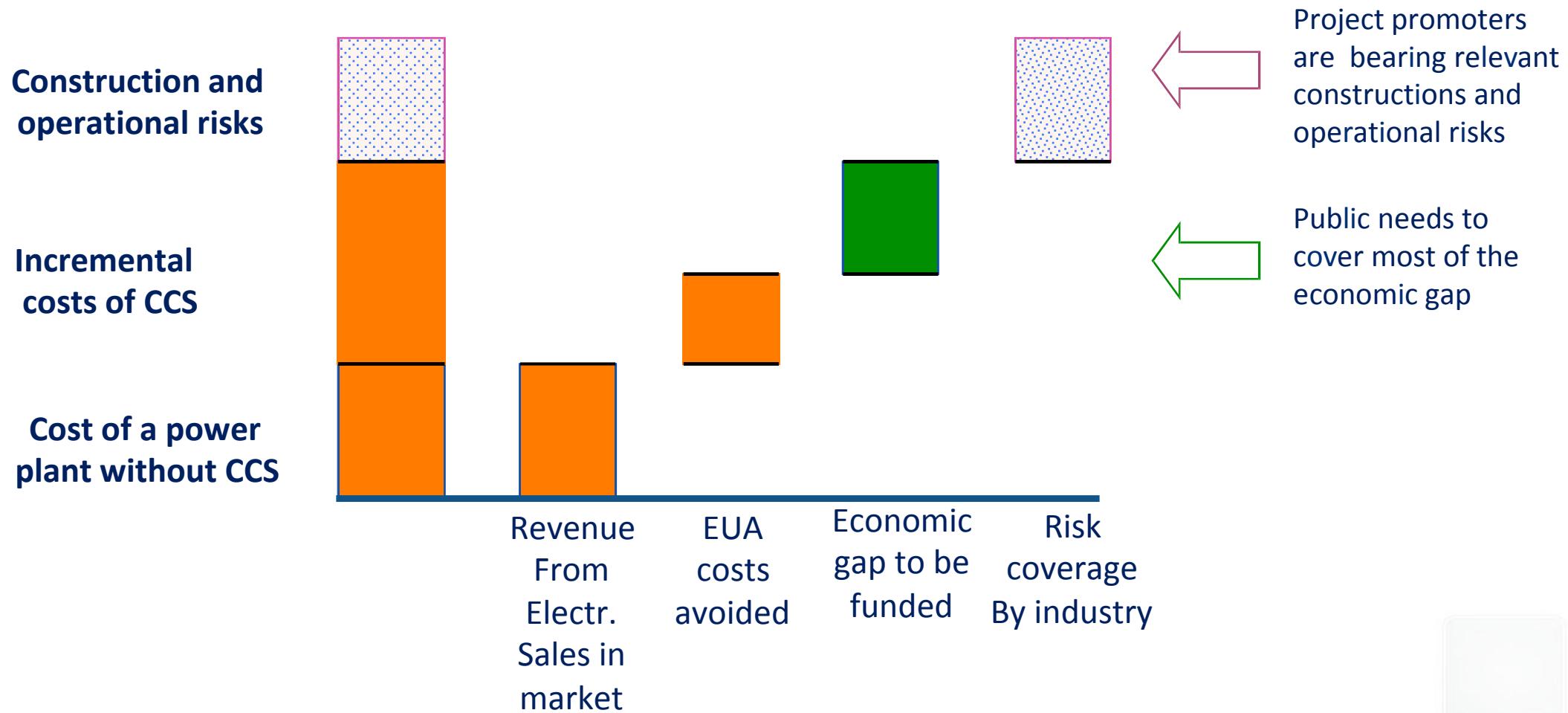


# Centrali a carbone USC

## costi 2009, €2.4/GJ

			GTCC	IGCC	SC	OXY*
<b>COSTI</b> di <b>INVESTIMENTO</b>	rif	\$/kW	528	1333	1114	1114
	concat	\$/kW	951	1856	1894	1620
	var	%	80,1	39,2	70,0	45,4
<b>EFFICIENZA</b>	rif	%	62,0	50,0	51,0	51,0
	concat	%	53,9	41,7	39,6	43,2
	var	%	-13,1	-16,6	-22,4	-15,3
<b>EMISSIONI</b> di <b>CO2</b>	rif	kg/MWh	319	686	672	672
	concat	kg/MWh	37	123	130	119
	var	%	-88,4	-82,1	-80,7	-82,3
<b>COE</b>	rif	c\$/kWh	5,55	5,32	4,72	4,72
	concat	c\$/kWh	7,42	7,20	8,02	6,90
	var	%	33,7	35,4	69,9	46,2
<b>MC</b>	MC	\$/tonCO2	69,7	37,2	64,8	43,1

Costo combustibili  
(valutazione 2008):  
Gas: 7 \$/GJ  
Carbone: 2 \$/GJ



The extra-costs for a typical CCS demo project is of the order of 1b €

Integrazione impianto e compressione CO2	M€	M€/y Average	M€ in 10 anni	M€ totale in 10 anni
Capital cost	107		107	
Operating cost		12	120	
integrazione d'impianto e compressione				227

**Costi di un tipico  
Progetto dimostrativo  
Europeo**

**Impianto di riferimento: 660 MWe  
CCS: 250 MWe equivalenti**

Unità di cattura della CO2	M€	M€/y	M€ in 10 anni	M€ totale in 10 anni
Capital cost	235		235	
Operating cost		35	350	
Maintenance cost		5.0	50	
unità di cattura della CO2				635

pipeline per il trasporto della CO2	M€	M€/y	M€ in 10 anni	M€ totale in 10 anni
Capital cost	52		52	
Maintenance cost		2,2	22	
pipeline per il trasporto della CO2				74

Gli extra costi dovuti alla  
adozione delle Tecnologie CCS,  
valutando CAPEX  
+ OPEX per 10 anni di esercizio,  
è di circa 1 MLD €  
(1.074 M€)

Infrastrutture per iniezione e storage CO2	M€	M€/y	M€ in 10 anni	M€ totale in 10 anni
Capital cost	108		108	
Maintenance cost		0,3	30	
infrastrutture per iniezione e storage CO2				138

# Polo tecnologico carbone pulito e impianto industriale con CCS



SULCIS



## PROTOCOLLO D'INTESA fra MISE Regione Sardegna - Roma, 2 agosto 2013

### 1. Polo tecnologico del Sulcis E' il centro di ricerca ove saranno realizzate le seguenti attività:

- Progetto e prova entro il 2015 di **un impianto di ossicombustione** di potenza  $\approx 50$  MWt
- Altre attività di ricerca nel campo del carbone pulito (durata: 10 anni):
  - sviluppo di **nuovi sistemi di separazione e cattura** pre e post-combustion della CO2;
  - la realizzazione di un campo di sperimentazione europeo di diverse tecniche di **confinamento in strati sotterranei profondi** del bacino carbonifero del Sulcis.

### 2. Centrale elettrica clean coal technology (progetto CCS Sulcis) per sviluppare una filiera tecnologica italiana per la produzione di energia elettrica ad emissioni zero

- entro il 30/06 /2016, la Regione dovrà bandire una gara internazionale per l'affidamento della realizzazione di una centrale termoelettrica, dotata di sistemi di cattura (gassificazione, o combustione a ciclo supercritico, o ossicombustione, o altra tecnologia ambientalmente equivalente) e stoccaggio dell'anidride carbonica
- Per l'energia immessa in rete sarà riconosciuto, al vincitore della gara, dal primo al ventesimo anno di esercizio dell'impianto, **un incentivo pari a 30 €/MWh**, rivalutato sulla base dell'inflazione su indice ISTAT, **fino ad un massimo di 2.100 GWh/anno** (per 7.000 ore funzionamento/anno  $\rightarrow$  300 MWe)

## POLO TECNOLOGICO

Progetto Ossicombustione 50 MWt 30 M€ a valere su:

- ◆ risorse destinate alla realizzazione del Piano Sulcis;
- ◆ risorse regionali;
- ◆ altre risorse gestite dal Ministero e riprogrammabili per tale finalità;
- ◆ ulteriori risorse da rinvenire in sede di modifica della normativa vigente (legge 99/2009)

Piano pluriennale di attività: 3 M€/anno per un periodo di 10 anni

- ◆ risorse provenienti dalla Ricerca di sistema elettrico nazionale.

## CENTRALE ELETTRICA CLEAN COAL TECHNOLOGY

Le risorse saranno prelevate sulla tariffa elettrica (in maniera compatibile con le regole della commissione europea) ed erogate dal CCSE come stabilito dalla nuova norma, da sottoporre alla approvazione del Parlamento così come definito in seguito alle modifiche della normativa (legge 99/2009).

Entro il 31 ottobre 2013 il Ministero e la RAS concorderanno le fonti del finanziamento



## R/D - Pilota

### Sviluppo tecnologie “zero emission”

- ◆ Generazione elettrica da carbone e fossili
- ◆ Produzione di nuovi combustibili
- ◆ Integrazione – Rinnovabili (es.: CSP e Biomasse)

## Pilota - Demo

### Impianto pilota oxycomb (50 MWth)

- ◆ Sviluppo e dimostrazione tecnologia (italiana)
- ◆ Realizzare in Sardegna le infrastrutture per la realizzazione dei componenti dei nuovi impianti

## Pilota - Demo

### Stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>

- ◆ Caratterizzazione del sito per lo stoccaggio
- ◆ Iniezione in acquiferi salini
- ◆ Iniezione in starti di carbone con estrazione CH<sub>4</sub>

## Demo

### Impianto a carbone ≈ 350 MWe con sistema CCS (potenzialità da definire)

## Formazione e Accettazione pubblica

### Summer School Prima edizione: Luglio 2013

- ◆ Formazione specialistica - master
- ◆ Turismo scientifico
- ◆ Apertura alla società: informazione e dialogo

## 1. ATTIVITA' PRELIMINARI (2004): analisi di ECBM e iniezione in acquiferi profondi

- Primi studi nel 2005, condotti da Sotacarbo e INGV.
- I promettenti risultati sono stati poi analizzati dal TNO (Olandese).
- I risultati incoraggianti dello studio preliminare hanno spinto nel 2008 a richiedere ed ottenere (CARBOSULCIS) un Permesso di Ricerca dalla Regione Autonoma della Sardegna per avviare l'esplorazione e realizzare una valutazione di dettaglio sulla fattibilità di stoccaggio di CO<sub>2</sub> .

## 2. Progetto Regione Sardegna su test in campo per ECBM (Carbosulcis, con Sotacarbo)

- studi commissionati a Carbosulcis e Sotacarbo
- Inizio perforazione pozzi da parte di Carbosulcis

## 3. PROGRAMMA DI STUDIO E QUALIFICAZIONE DELL'AREA DEL SULCIS – 3 linee:

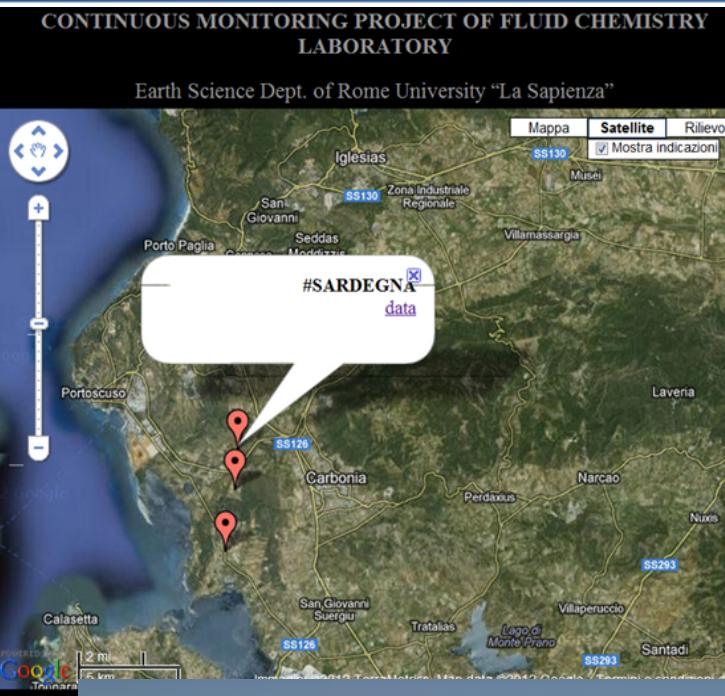
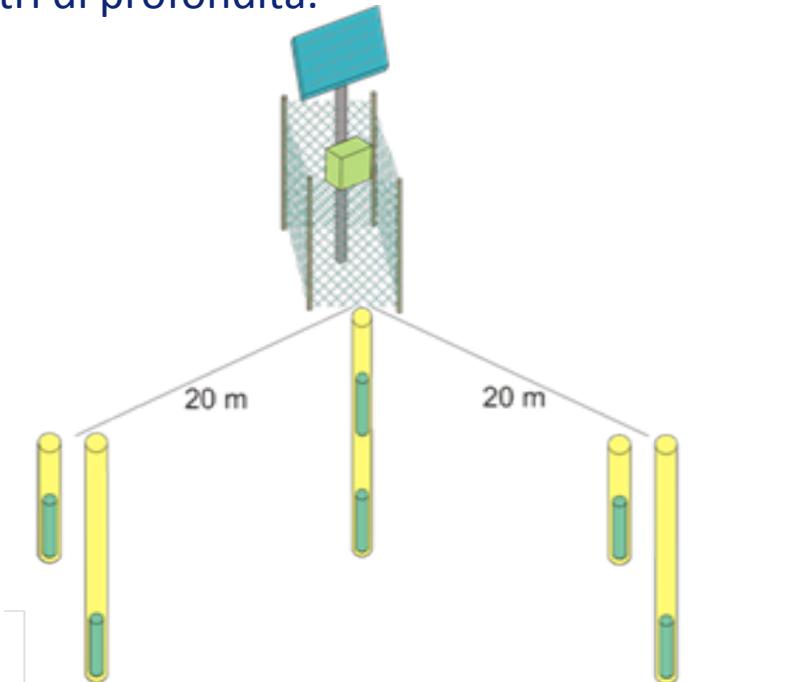
- studio commissionato da Carbosulcis a 5 enti di **CO2GeoNet** coordinati da **OGS**
- collaborazione di Carbosulcis e Sotacarbo con il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Ingegneria delle Georisorse (CINIgeo) - Università di Cagliari - e RSE
- Collaborazione di **ENEA** con **UNI La Sapienza**, in accordo con Carbosulcis e Sotacarbo, su RETE DI MONITORAGGIO

# Rete di monitoraggio CO<sub>2</sub> Sulcis (CERI/ENEA)

Sistemi di monitoraggio: progettati, costruiti e testati da UNI Roma "Sapienza"/CERI.

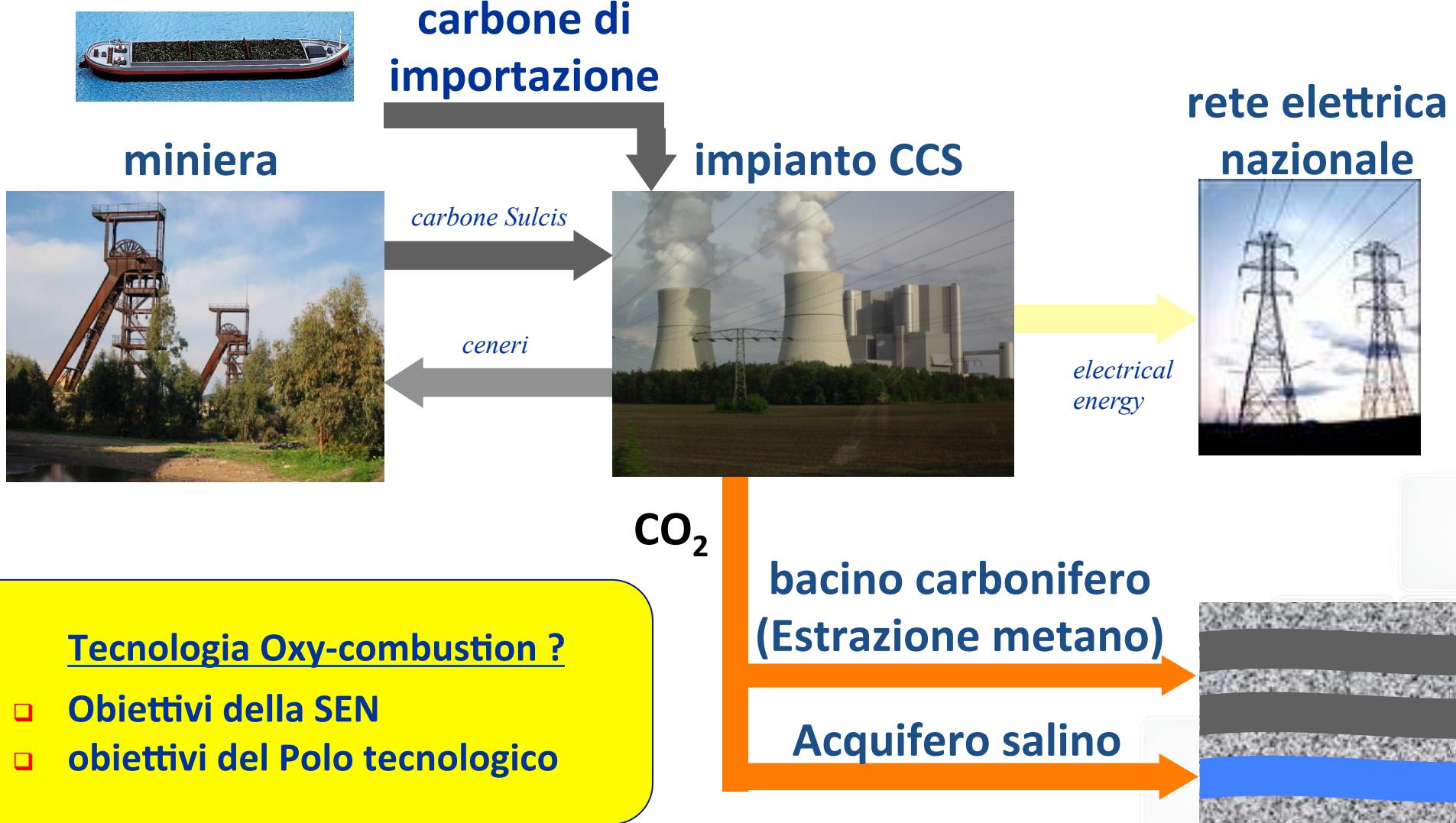
Configurazione: collegamento di sonde di piccole dimensioni (78 mm di diametro x 283 mm di altezza), equipaggiate con sensori NDIR, collegate via cavo ad un'unità centrale. Installate tre stazioni di monitoraggio, alimentate con pannelli solari.

Ogni stazione di monitoraggio può controllare fino a 6 punti di misura (corrispondenti a 3 coppie di sonde ubicate a 3 e 5 metri di profondità.



# Impianto dimostrativo 300 MWe

Dimostrazione delle tecnologie di separazione della CO<sub>2</sub> e di due tecniche di confinamento: ECBM e acquiferi



- Coerente con strategia europea e internazionale
- Compatibile con la SEN
- Inserito – ma va aggiornato in funzione del Polo tecnologico del Sulcis – nella Banca dati SETIS, insieme ai Progetti ZEPT e Brindisi
- Proposta di endorsement al meeting del CSLF – USA, Novembre 2013
- Opportunità di partecipazione a Horizon 2020

## Caratteristiche salienti

- Ricerca: impianti di Sotacarbo
- Infrastrutture pilota – e dimostrativi – di taglia industriale: impianti Sotacarbo e altre facilities
- Trasporto e Stoccaggio della CO2: sito qualificato per lo stoccaggio in Italia
- Formazione e informazione - Education: Summer School