



# **I progetti CCS dell'ENEL**

## **Metodologie di analisi e individuazione dei siti di stoccaggio di CO<sub>2</sub>**

Workshop GEOFLUID - Piacenza, 6 ottobre 2010

**Monia Politi**  
**Enel Ingegneria e Innovazione SpA – Area Tecnica Ricerca**

# Outline

- **Overview sullo stoccaggio della CO2**
- **Lo stoccaggio della CO2 in Italia: Gli studi pregressi**
- **La scelta dei siti per lo stoccaggio della CO2**
- **Riferimenti legislativi e normativi**
- **L'approccio metodologico per la selezione e la caratterizzazione dei siti di stoccaggio**

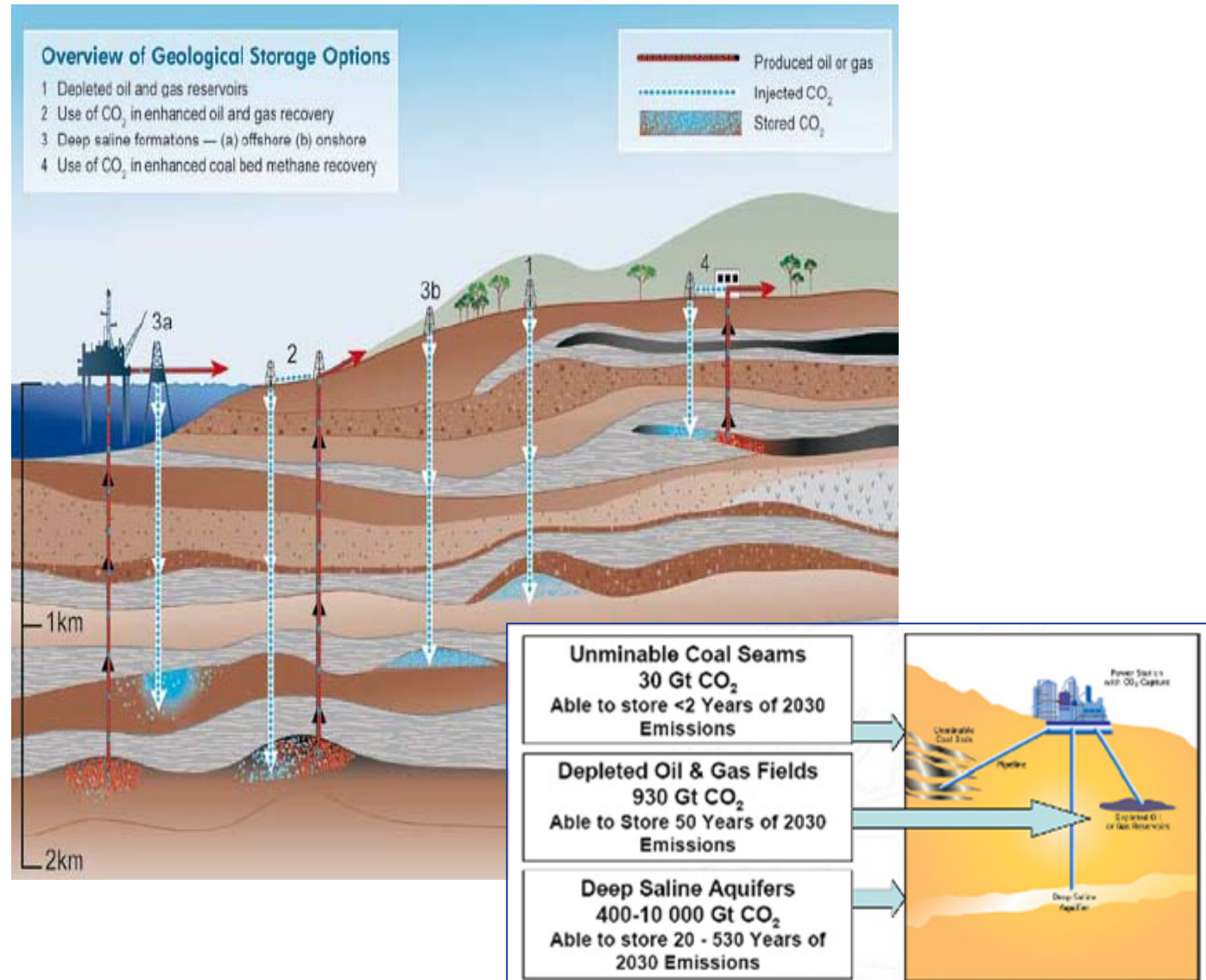
# Outline

- **Overview sullo stoccaggio della CO2**
- Lo stoccaggio della CO2 in Italia: Gli studi pregressi
- La scelta dei siti per lo stoccaggio della CO2
- Riferimenti legislativi e normativi
- L'approccio metodologico per la selezione e la caratterizzazione dei siti di stoccaggio

# Opzioni di stoccaggio

## Stoccaggio geologico

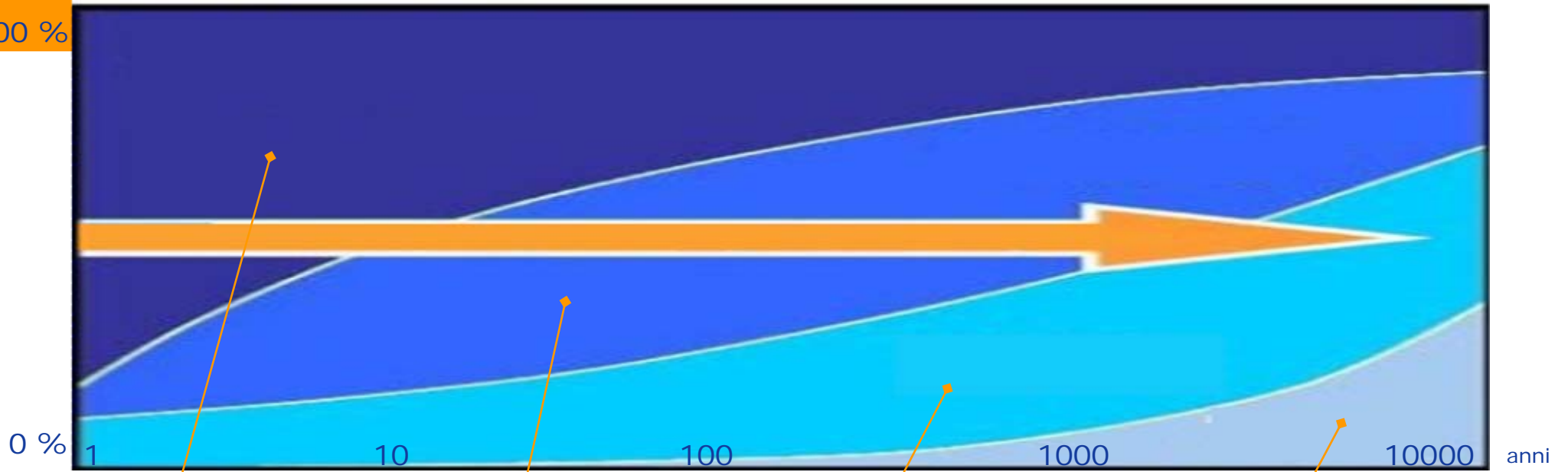
- Campi petroliferi e riserve di gas esausti
- Campi di estrazione di Petrolio e Gas Naturale (Enhanced Oil/Gas Recovery EOR/EGR)
- Acquiferi salini: on-shore ed off-shore
- Bacini a carbone non minabili (Enhanced Coal Bed Recovery ECBM)



Fonte: IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

# Meccanismi di intrappolamento

100 %



anni

Intrappolamento  
strutturale

CAPROCK



Intrappolamento  
residuale



Intrappolamento  
per dissoluzione



Intrappolamento  
minerale



# Fattori chiave per lo stoccaggio

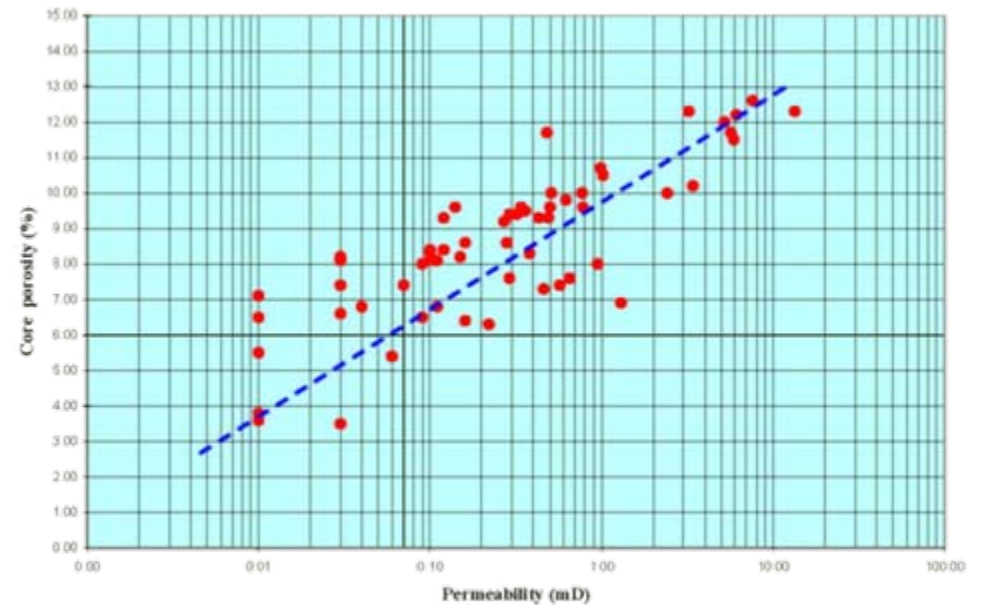
Perché lo stoccaggio geologico sia tecnicamente fattibile sono essenziali tre elementi :

**Capacità:** il potenziale serbatoio deve avere un volume poroso sufficiente a contenere tutta la CO<sub>2</sub> iniettata. Parametro chiave: **porosità**

**Iniettività:** le caratteristiche della formazione devono tali da consentire l'iniezione in aree prossime al pozzo. Parametro chiave: **permeabilità della roccia serbatoio**

**Contenimento:** il serbatoio deve possedere una adeguata copertura al fine di assicurare il confinamento della CO<sub>2</sub> iniettata. Parametro chiave: **permeabilità del caprock**

FIGURE 4. CORE ANALYSIS POROSITY VS. PERMEABILITY CROSS-PLOT



# Outline

- Overview sullo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- **Lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> in Italia: Gli studi pregressi**
- La scelta dei siti per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- Riferimenti legislativi e normativi
- L'approccio metodologico per la selezione e la caratterizzazione dei siti di stoccaggio



# Potenziali siti di stoccaggio in Italia

La valutazione delle potenzialità di stoccaggio geologico della CO2 in Italia è stata oggetto di due progetti:

- Il primo, su scala europea, è GEOCAPACITY, un progetto finanziato dalla Unione nell'ambito del VI Programma Quadro, il cui principale obiettivo è definire le potenzialità di stoccaggio di molti Paesi Europei, tra i quali l'Italia.
- il secondo, su scala nazionale, è lo studio: "Individuazione sul territorio Italiano dei serbatoi geologici idonei al confinamento dell'anidride carbonica" finanziato dal MSE nell'ambito dell'Accordo di Programma della Ricerca di Sistema (Area Tematica Produzione e fonti energetiche – WP Censimento dei depositi geologici italiani). Lo studio è stato commissionato a Cnr Ricerca (ora RSE) e mira alla definizione dettagliata delle opportunità di stoccaggio geologico della CO2 in Italia.

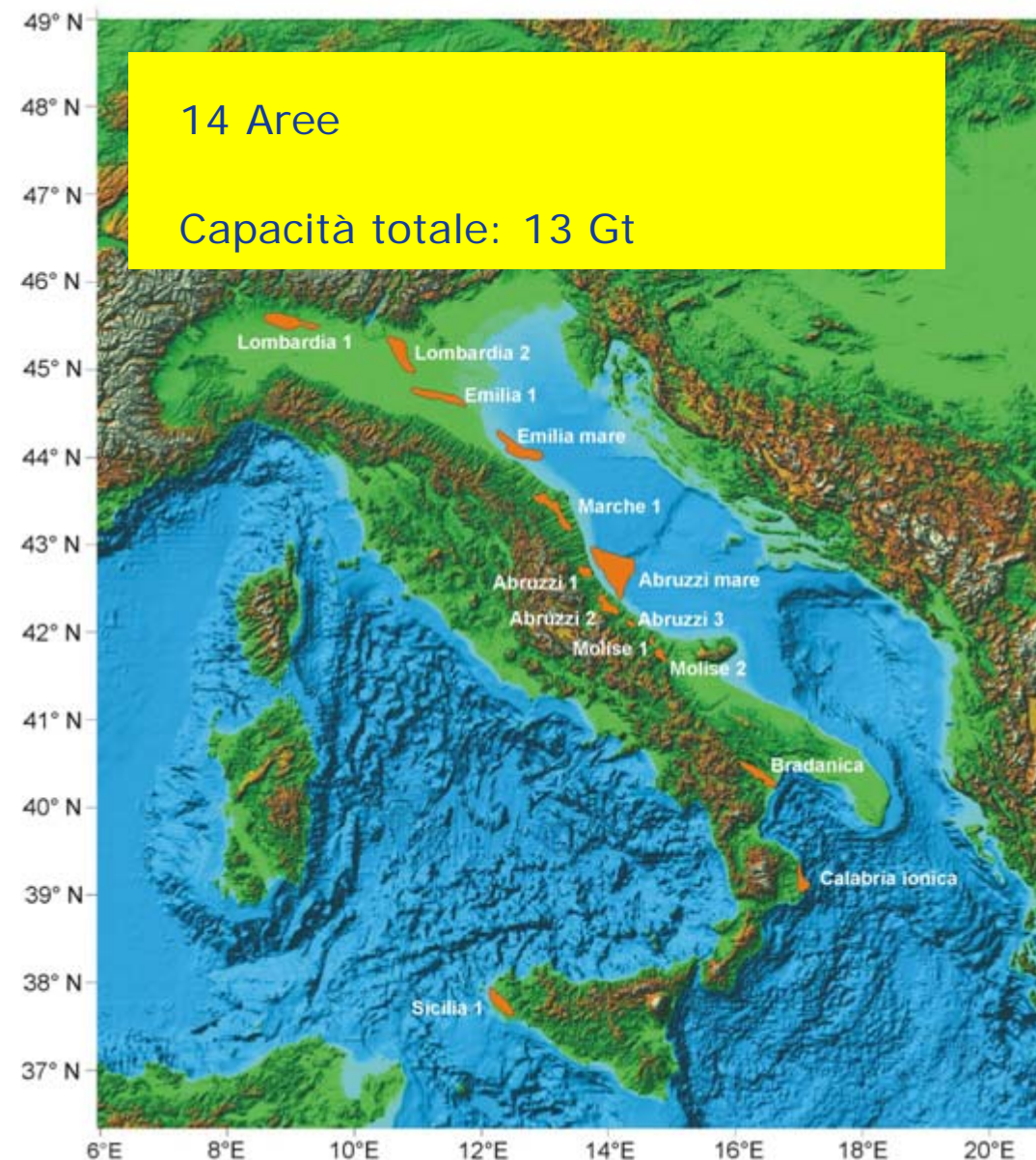
Entrambe i progetti seguono a grandi linee lo stesso approccio, anche se su scale diverse:

- Analisi delle sorgenti di emissione di CO2
- Analisi dei possibili siti di stoccaggio geologico (acquiferi salini, serbatoi di idrocarburi, miniere di carbone)
- Matching tra sorgente e serbatoio per la definizione delle reali opportunità di stoccaggio della CO2: la vicinanza della sorgente di CO2 al potenziale serbatoio di stoccaggio infatti rappresenta un concetto fondamentale per limitare costi e rischi delle operazioni di trasporto e stoccaggio.

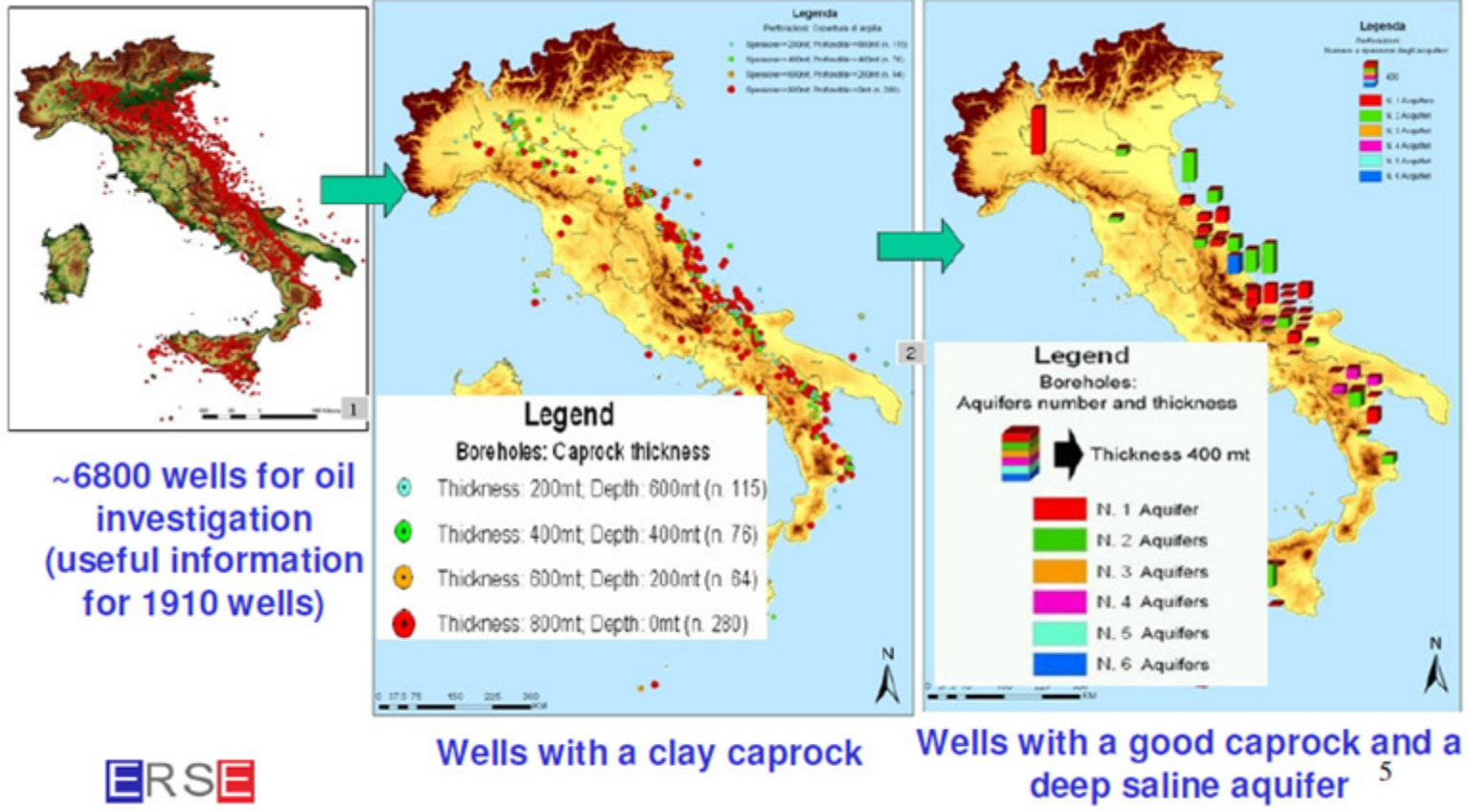


# Il progetto Geocapacity

Tipologia di stoccaggio	Stima della capacità di stoccaggio (Mt)
<b>ACQUIFERI SALINI</b>	9590
<b>GIACIMENTI DI IDROCARBURI</b>	3426.5
<b>MINIERE DI CARBONE</b>	265
<b>Stima toale della capacità di stoccaggio</b>	<b>13281.5</b>



# II progetto RSE



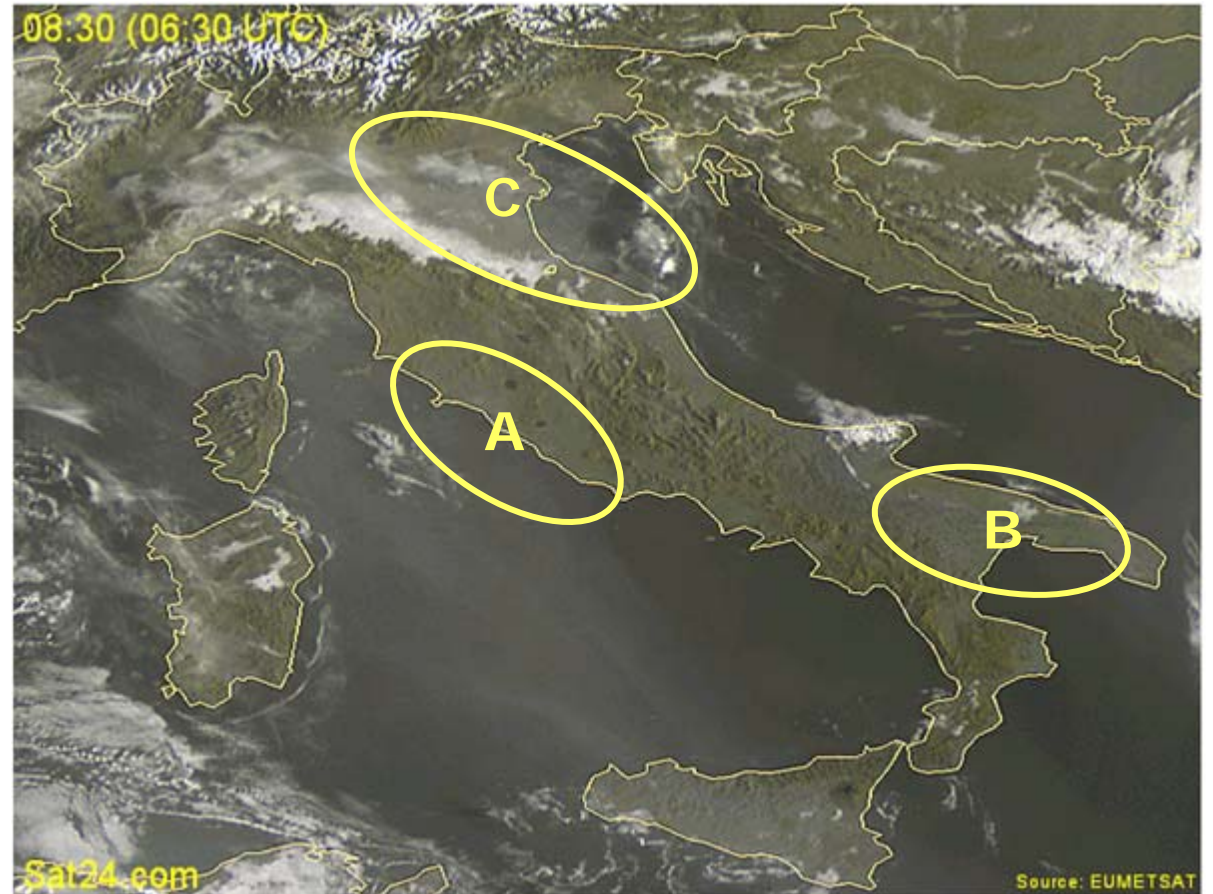
# Outline

- Overview sullo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- Lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> in Italia: Gli studi pregressi
- **La scelta dei siti per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>**
- Riferimenti legislativi e normativi
- L'approccio metodologico per la selezione e la caratterizzazione dei siti di stoccaggio



# La scelta dei siti

L'obiettivo del progetto Enel è valutare le potenzialità di stoccaggio in aree vicine ai più grandi impianti termoelettrici a carbone attraverso una indagine preliminare su scala regionale

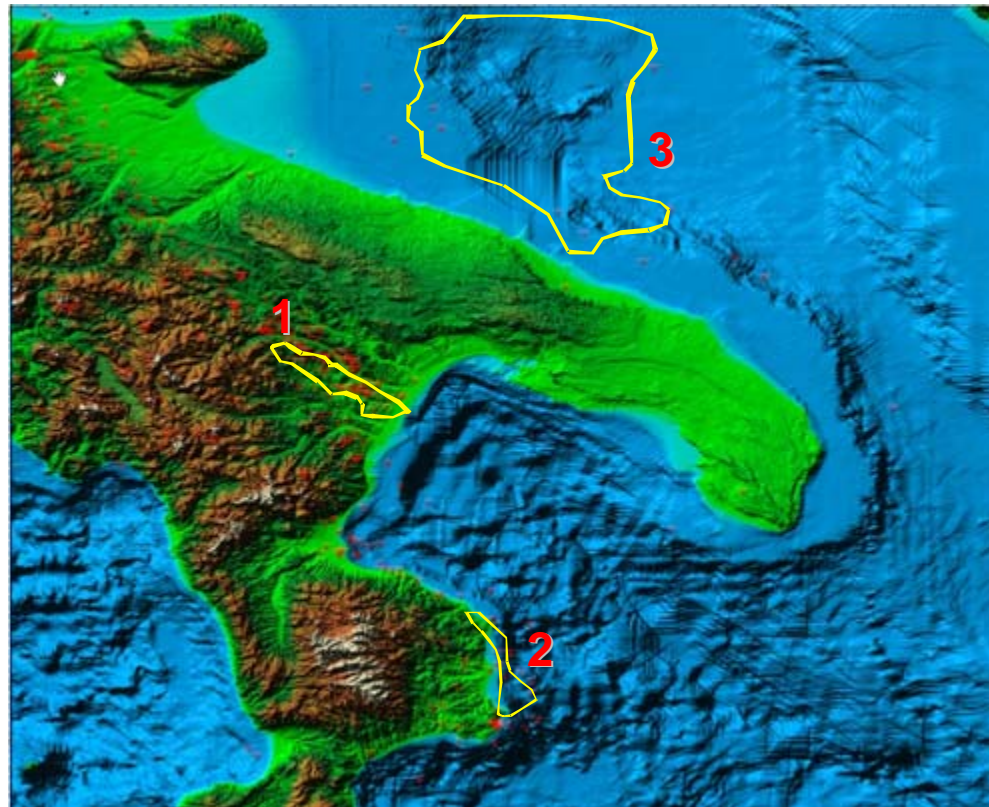


# Criteri per l'identificazione

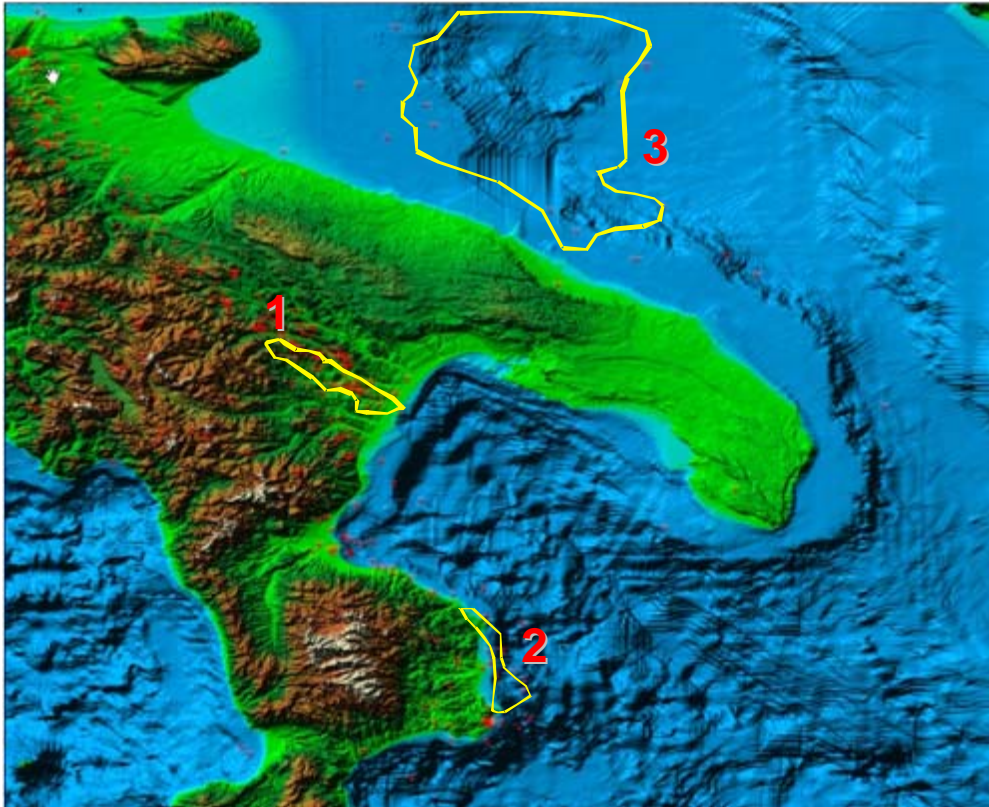
- **Distanza:** entro un raggio di 200 km dalla sorgente di emissione di CO<sub>2</sub>
- **Sismicità:** l'area deve essere stabile per garantire le condizioni strutturali per lo stoccaggio
- **Profondità:** compresa tra 800 – 2000 m
- **Caratteristiche fisiche del reservoir:** porosità e permeabilità
- **Caprock:** presenza di una formazione geologica impermeabile e sigillante

# Focus sul basso Adriatico-1

1. Fossa Bradanica
2. Offshore Calabria
3. Offshore Puglia



## Focus su basso Adriatico -2








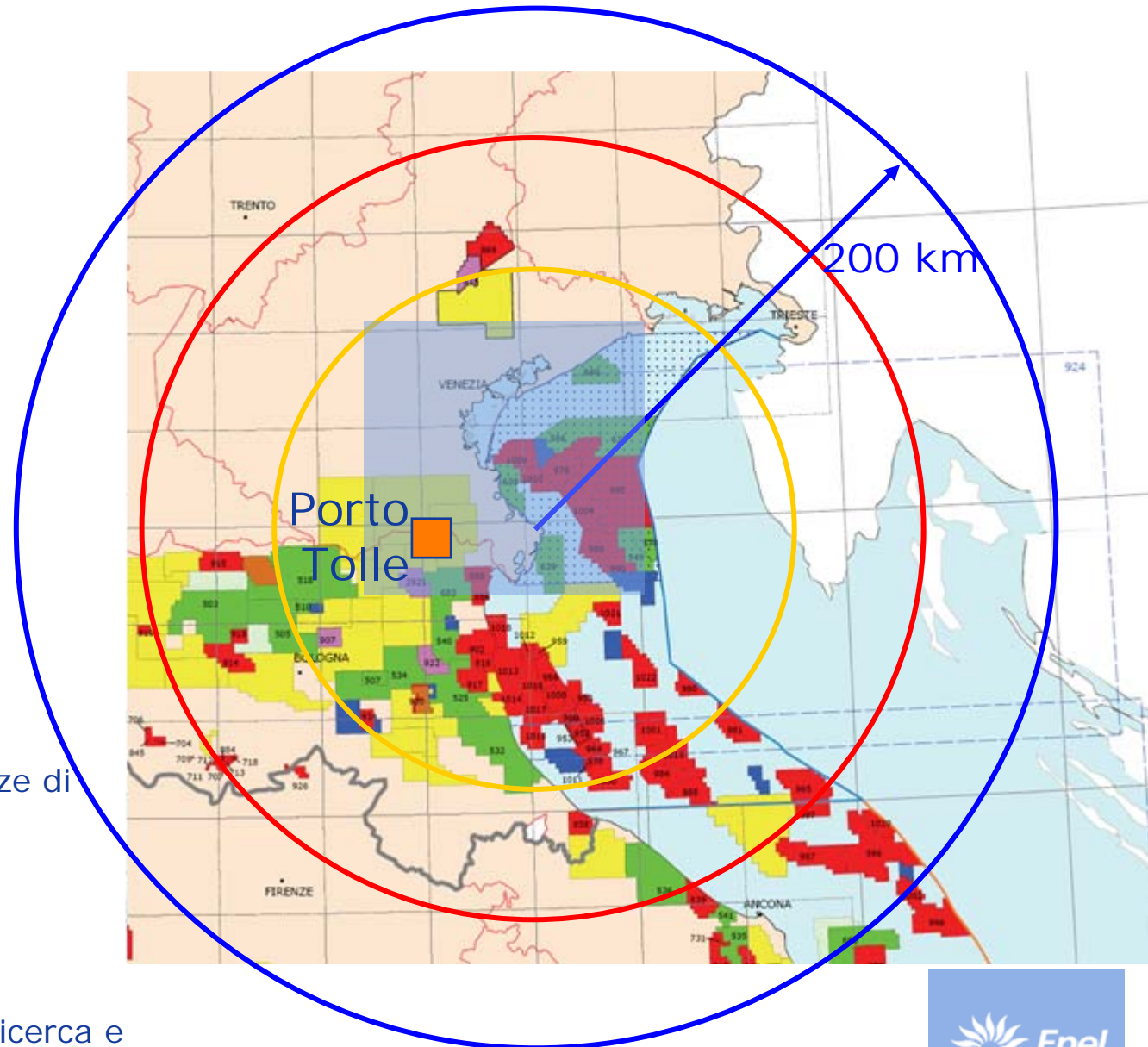
		Area	Reservoir	Caprock
1	Fossa Bradanica	500 km <sup>2</sup>	sands, clayey sands	clays
2	Offshore Calabria	320 km <sup>2</sup>	polygenic conglomerate	clays
3	Offshore Puglia	6200 km <sup>2</sup>	carbonates	marls



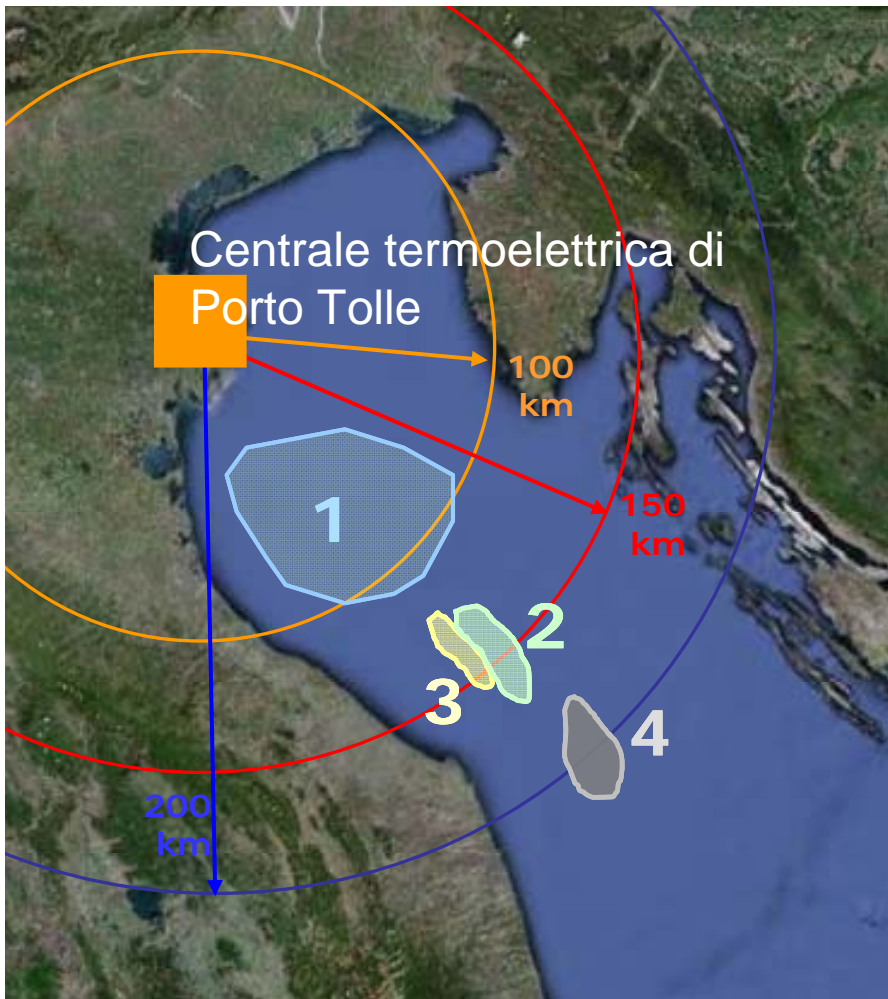
# Focus su Alto Adriatico -1

Analisi dei bacini sedimentari su scala regionale nella zona dell'Alto Adriatico in un'area entro i 150-200 km da Porto Tolle

-  Concessioni di coltivazione
-  Permessi di ricerca
-  Aree ricoperte da una o più istanze di permesso di ricerca
-  Aree richieste in concessione di coltivazione
-  **Zona vietata** alla prospezione, ricerca e coltivazione



## Focus su Alto Adriatico -2



Zone identificate	Distanza da PT	Roccia reservoir
Areale Emilia mare (zona 1)	≈ 100 km	sabbie
Struttura Cornelia (zona 2)	≈ 130 km	carbonati
Struttura Pesaro mare (zona 3)	≈ 150 km	carbonati
Struttura Colosseo (zona 4)	≈ 200 km	carbonati

# Outline

- Overview sullo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- Lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> in Italia: Gli studi pregressi
- La scelta dei siti per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- **Riferimenti legislativi e normativi**
- L'approccio metodologico per la selezione e la caratterizzazione dei siti di stoccaggio

# Direttiva europea, Linee Guida e CO2qualstore

L 140/114

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

5.6.2009

## DIRETTIVA 2009/31/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 23 aprile 2009

relativa allo stoccaggio geologico di biossido di carbonio e recante modifica della direttiva 85/337/CEE del Consiglio, delle direttive del Parlamento europeo e del Consiglio 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE, 2008/1/CE e del regolamento (CE) n. 1013/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio

(Testo rilevante ai fini del SEE)

### Implementation of Directive 2009/31/EC on the Geological Storage of Carbon Dioxide

#### Guidance Document 1

#### CO<sub>2</sub> Storage Life Cycle Risk Management Framework

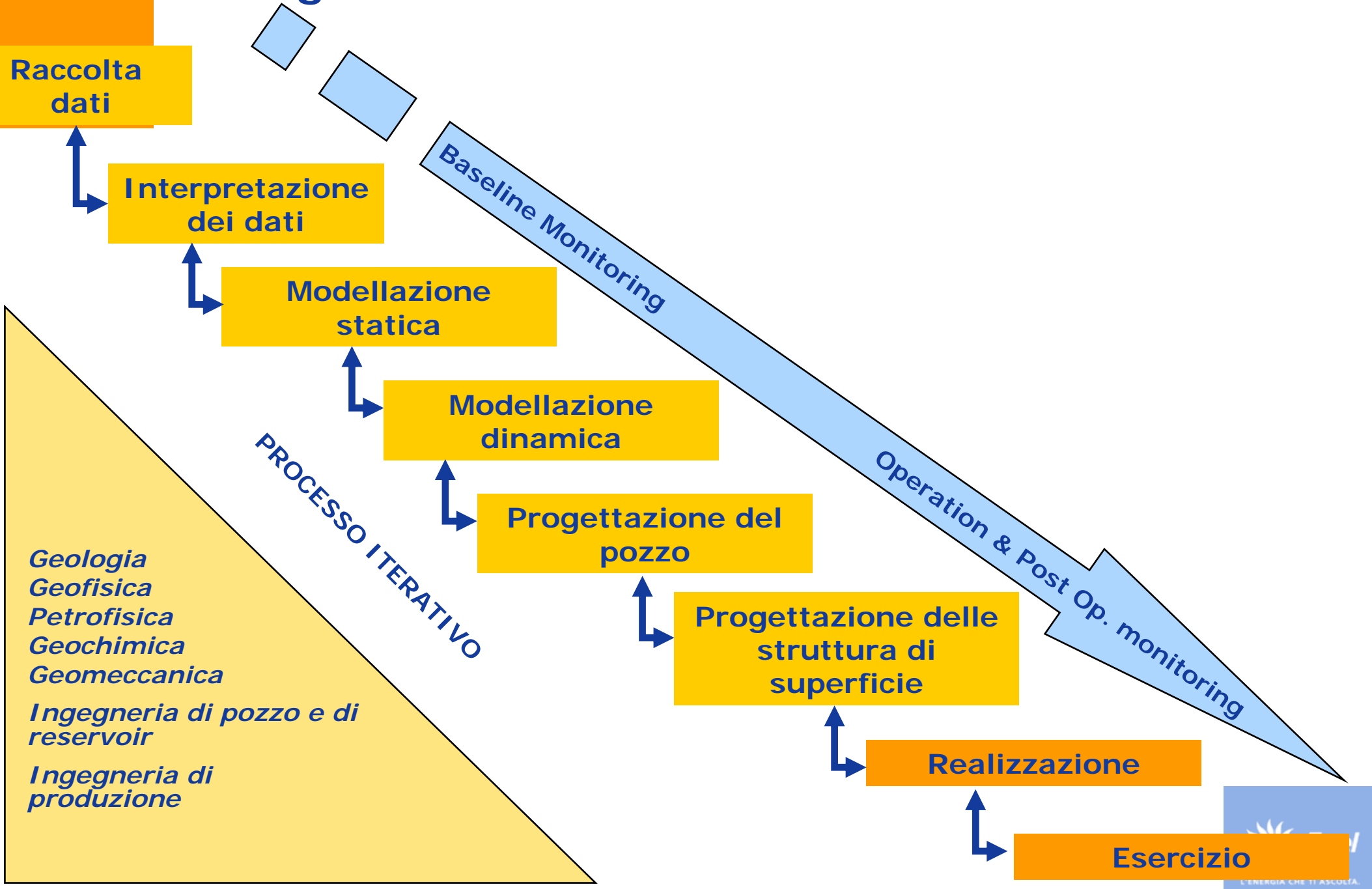
CO<sub>2</sub>QUALSTORE  
guideline



# Outline

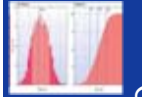
- Overview sullo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- Lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> in Italia: Gli studi pregressi
- La scelta dei siti per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>
- Riferimenti legislativi e normativi
- **L'approccio metodologico per la selezione e la caratterizzazione dei siti di stoccaggio**

# La metodologia utilizzata





# I tempi



Performance & Risk Management System (PRSM)  
 Communication and Public Acceptance



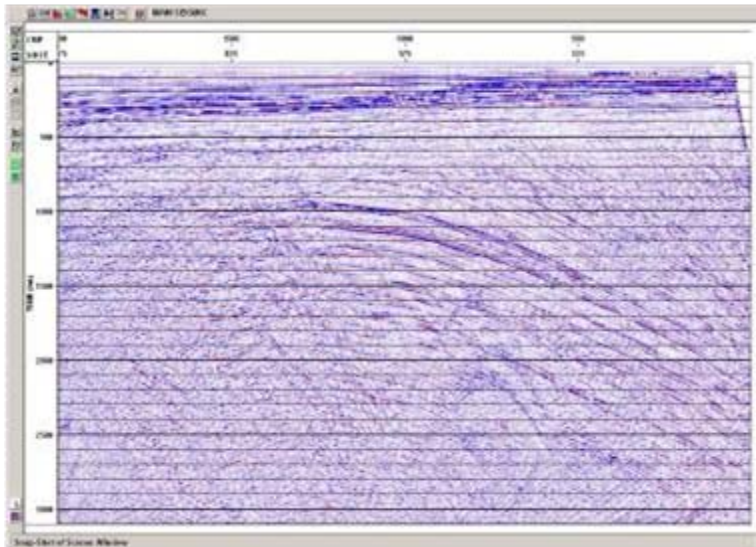


# La metodologia utilizzata

## Raccolta dati

*Devono essere raccolti dati sufficienti a creare un modello geologico statico tridimensionale (3D) e volumetrico per il sito di stoccaggio e il complesso di stoccaggio, compresa la roccia di copertura (caprock), e per l'area circostante, comprese le zone collegate per via idraulica.*

La maggiore fonte di informazioni è rappresentata dalle indagini di esplorazione idrocarburi (es. logs pozzo, linee sismiche, carote, prove di produttività...).

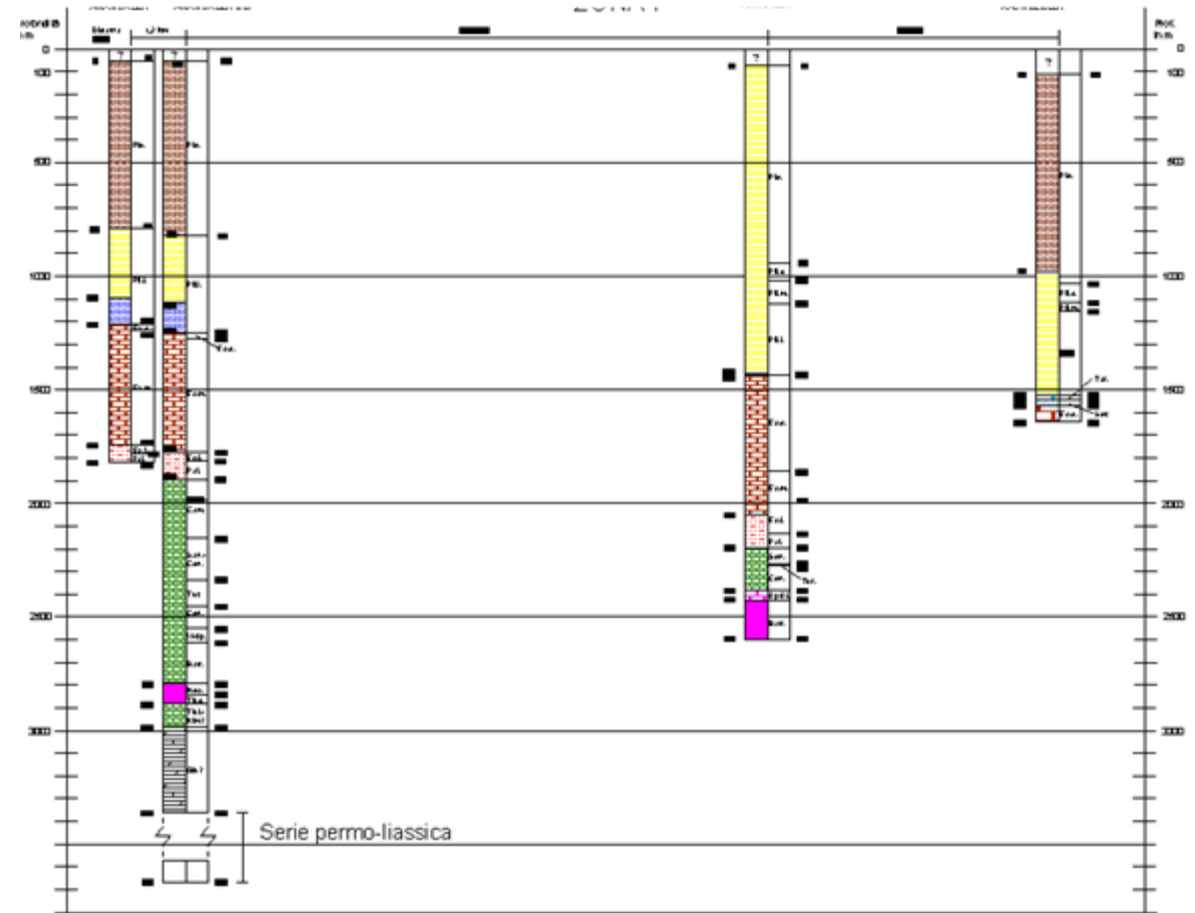
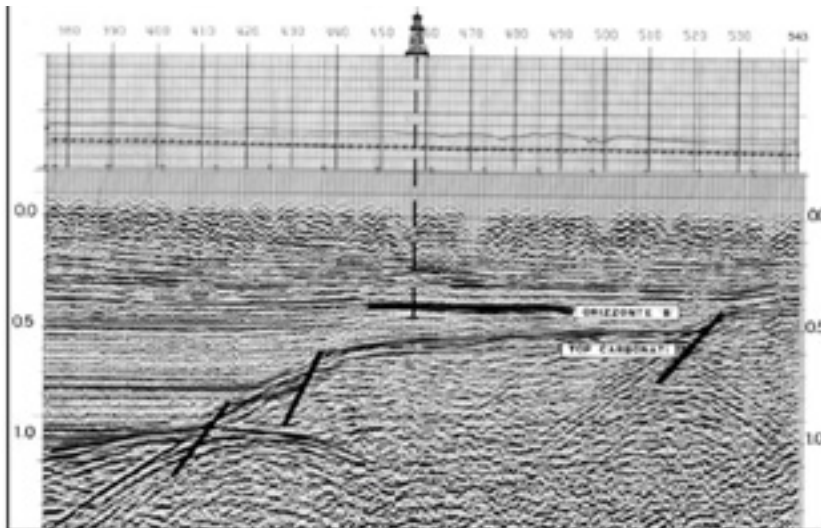


# La metodologia utilizzata

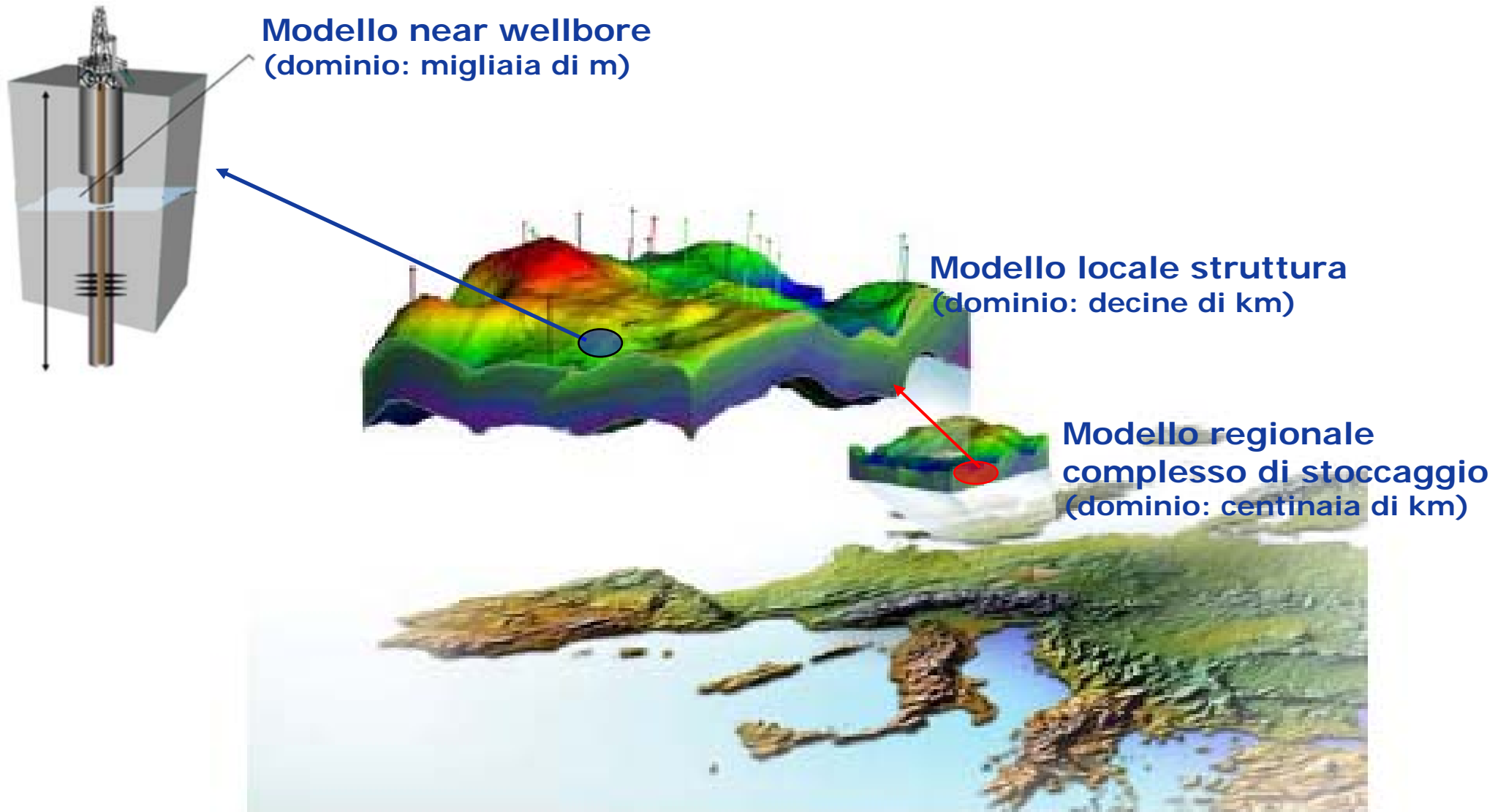
## Interpretazione dei dati

I dati raccolti devono essere "riletti" in maniera da estrarne le informazioni utili allo stoccaggio della CO<sub>2</sub> tra cui:

- Spessore e natura del caprock e della roccia reservoir
- Profondità ed estensione del serbatoio
- ...



# Il dominio della modellazione

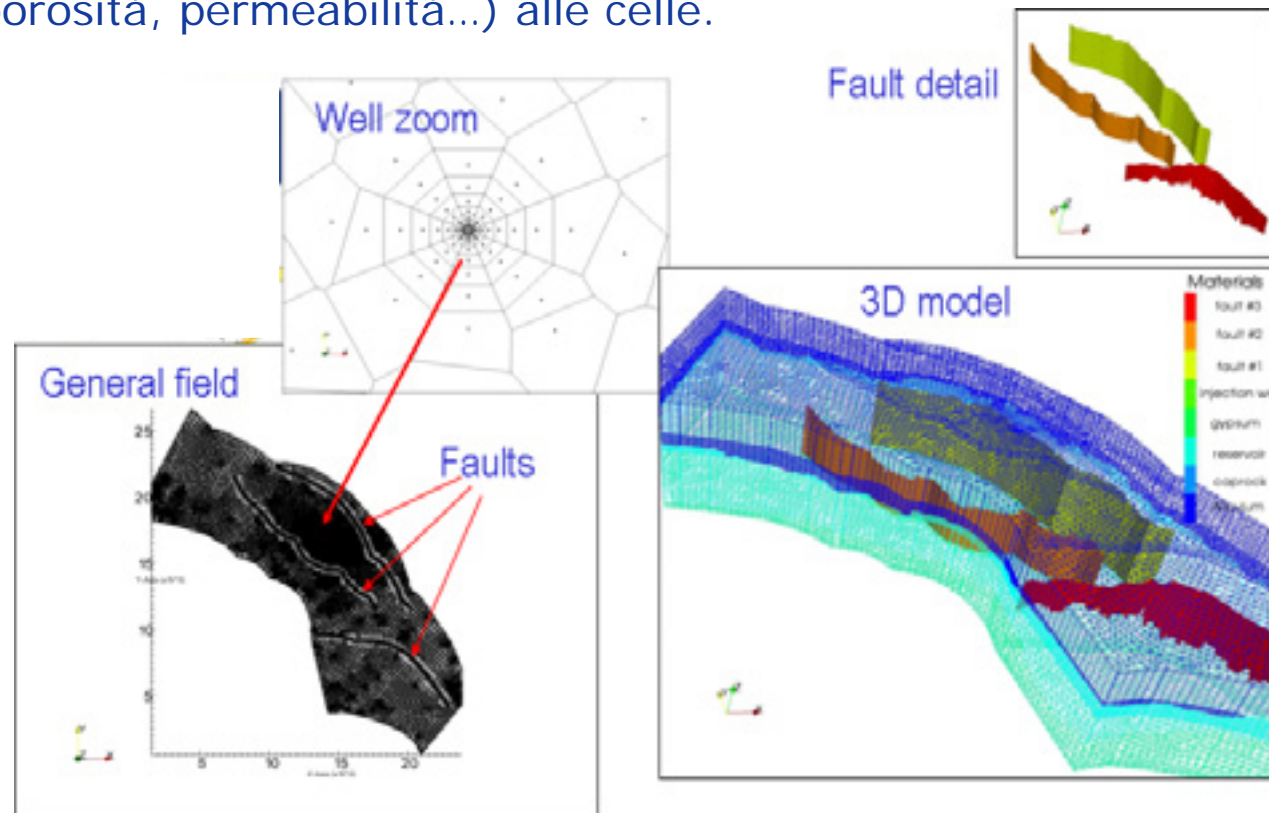


# La metodologia utilizzata

## Modellazione statica

*Sulla scorta dei dati rilevati, si deve creare un modello o una serie di modelli terrestri geologici statici e tridimensionali del complesso di stoccaggio da selezionare, compresa la roccia di copertura e le aree collegate per via idraulica.*

La modellazione statica si compone di più stadi tra cui l'elaborazione del modello geometrico, il gridding del volume di riferimento, e quindi l'attribuzione delle proprietà petrofisiche (porosità, permeabilità...) alle celle.



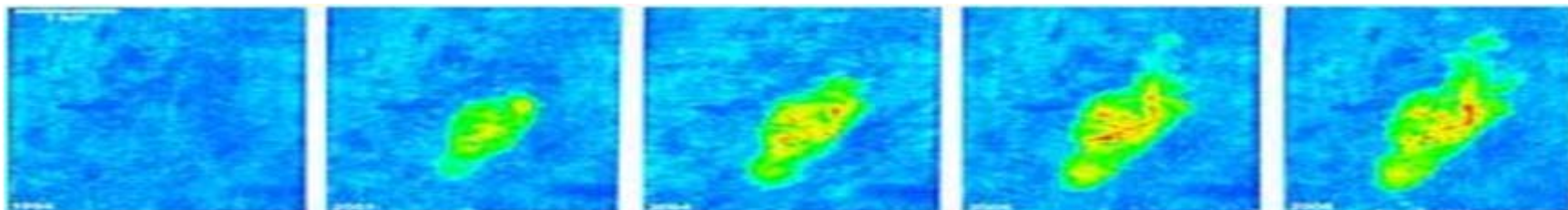
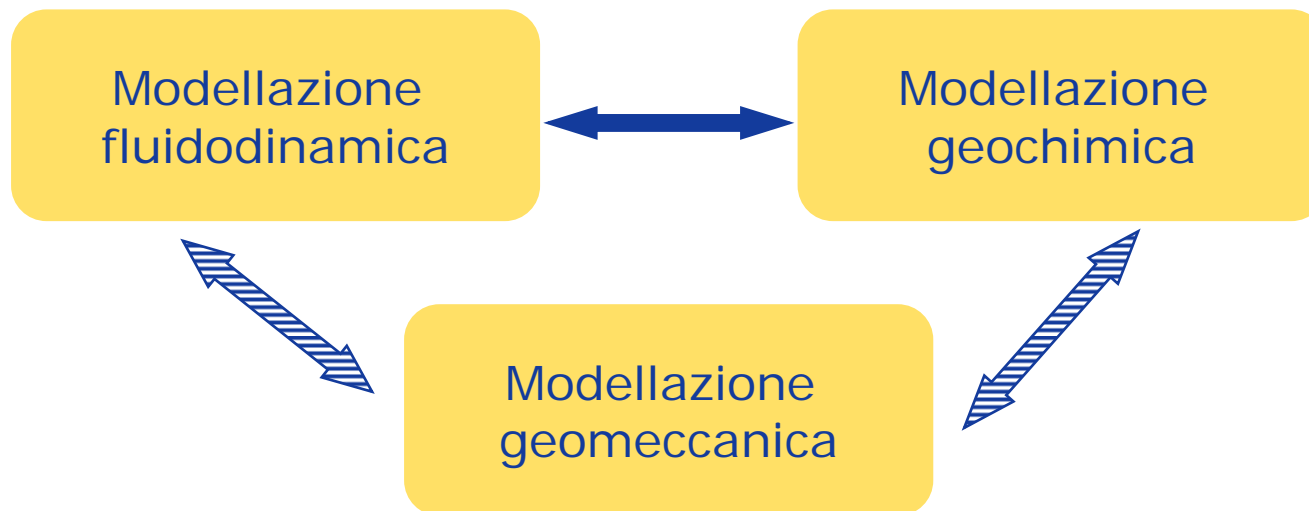


# La metodologia utilizzata

## Modellazione dinamica

*Per la caratterizzazione e la valutazione si utilizza un modello dinamico, comprendente varie simulazioni dell'iniezione di CO<sub>2</sub> nel sito di stoccaggio a vari intervalli di tempo.*

In questa fase si valuta l'estensione e la forma del plume di CO<sub>2</sub>, le interazioni della CO<sub>2</sub> con le rocce e l'acqua di formazione e le sollecitazioni meccaniche derivanti dall'iniezione della CO<sub>2</sub> nel serbatoio.

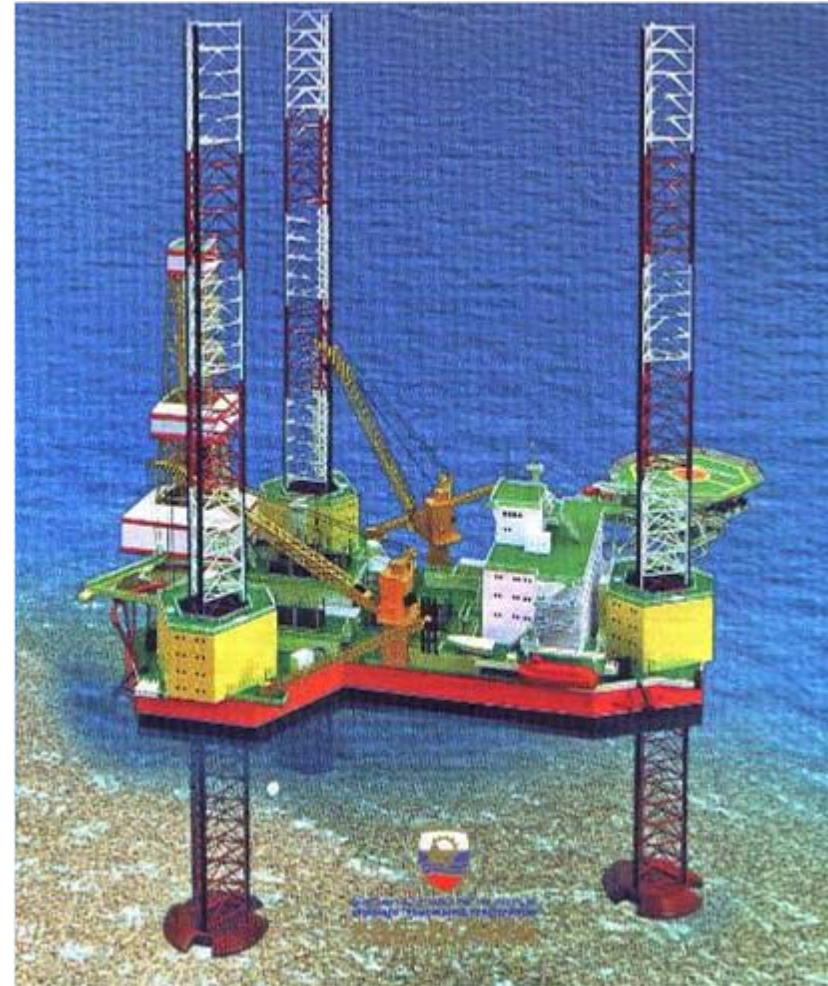


## Il Pozzo esplorativo

Il pozzo esplorativo fornisce informazioni specifiche sulla geologia e le acque sotterranee della zona identificata.

Obiettivo del pozzo è di confermare lo spessore del reservoir, misurare le proprietà fisiche e meccaniche delle formazioni e del caprock, ed inoltre raccogliere carote da analizzare provenienti da diverse profondità in maniera tale da ottenere una descrizione dettagliata delle condizioni geologiche della zona.

I dati acquisiti serviranno a validare e implementare le attività di modellazione.



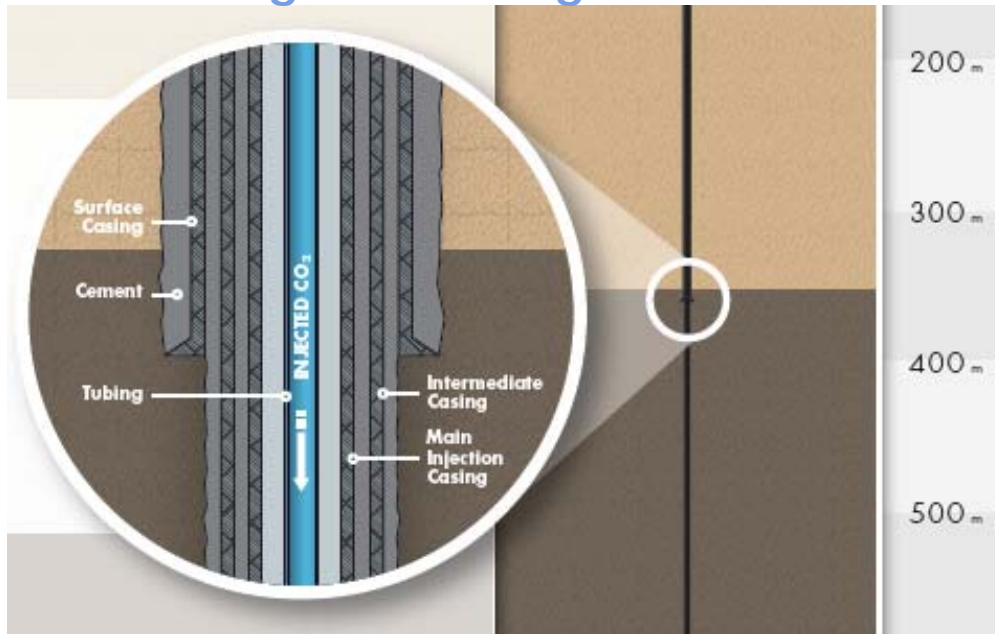
# La metodologia utilizzata

Progettazione del pozzo

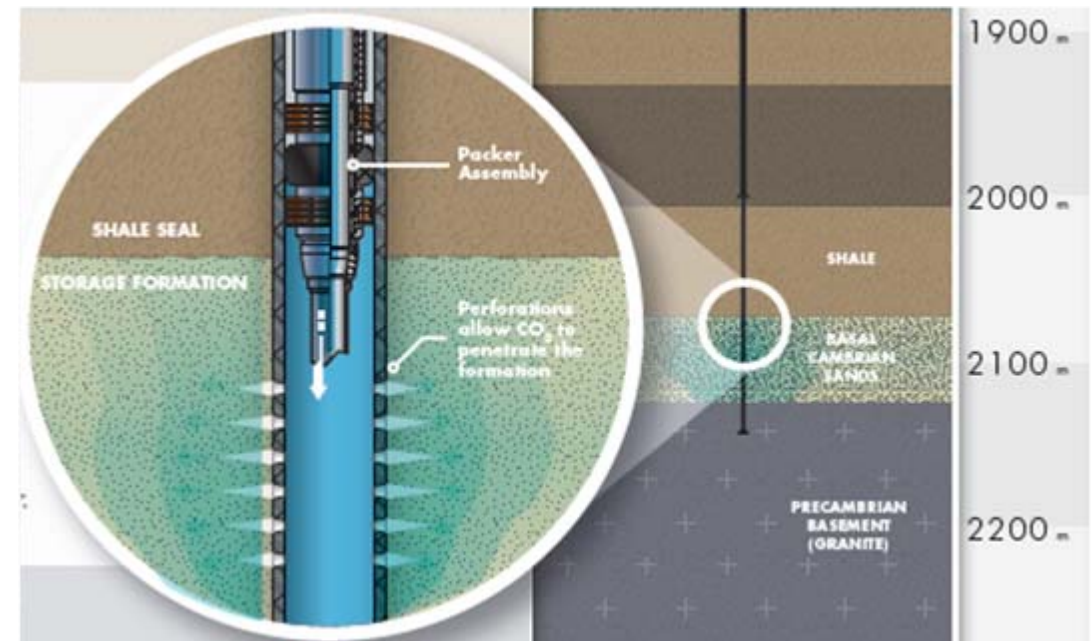
Progettazione della struttura di superficie

L'ubicazione, la profondità, la tipologia e programma fanghi, i prelievi di carote, il programma log (potenziale spontaneo, resistività elettrica, conduttività elettrica...), i test e prove di iniettività da utilizzare per la perforazione, nonché i risultati dalle fasi di modellazione, sono alcuni dei parametri chiave dell'ingegneria del pozzo.

## Dettaglio di casing



## Punto di iniezione



Fonte: CO2 Capture project



# Monitoraggio

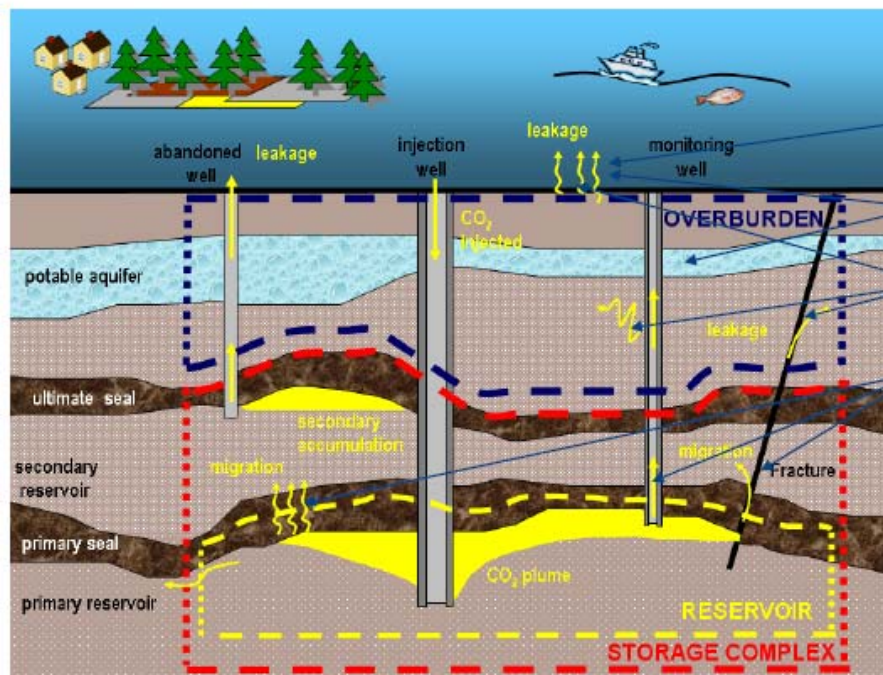
In base a quanto richiesto dalla Direttiva Europea sullo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>:

*“Lo stoccaggio geologico ambientalmente sicuro di CO<sub>2</sub> è finalizzato al confinamento permanente di CO<sub>2</sub> in modo da prevenire e, qualora ciò non sia possibile, eliminare il più possibile gli effetti negativi e qualsiasi rischio per l’ambiente e la salute umana.”*

Questo concetto si sviluppa attraverso la redazione del piano di monitoraggio.

I principali obiettivi delle operazioni di monitoraggio sono di seguito elencati:

- Controllo delle operazioni di iniezione
- Controllo del destino della di CO<sub>2</sub> nel sito di stoccaggio e degli effetti indotti dall’iniezione
- Controllo dell’effettivo contenimento
- Valutazione dei possibili impatti derivanti da una fuoriuscita di CO<sub>2</sub>.



Il monitoraggio è una azione trasversale all'intero progetto di stoccaggio e va intrapresa a partire dalla scelta del sito e portata avanti sino alle fasi di chiusura e post chiusura dello stesso.

In fase preliminare è necessario contestualizzare le attività di monitoraggio attraverso la misura di una baseline che rappresenta il sistema di riferimento.

