

Stato dell'arte dello stoccaggio geologico di CO₂ nell'ambito delle tecnologie CCS (CO₂ Capture & Storage) in Italia ed all'estero



Istituto Nazionale
di Geofisica e
Vulcanologia

Quattrocchi F.

quattrocchi@ingv.it

INGV, Via di Vigna Murata 605, 00143, Roma, Italia

Politecnico Milano, 12 Novembre 2007



Perché l'INGV è coinvolto “in primis” nei progetti di stoccaggio geologico di CO₂ ?



Perché la TERRA ha SISTEMI naturalmente RICCHI IN CO₂:

Le specie viventi ed umane hanno da sempre convissuto in strutture degassanti a CO₂ quali vulcani, aree di faglia (Diffuse Degassing Structures=DDS) definite “CO₂ analogues” o aree naturalmente “sequestranti” CO₂

Concetto di flusso endogeno di CO₂



- I processi base riconosciuti da noi geologi essere importanti nel muovere verso la superficie del suolo dei geogas naturalmente o industrialmente conservati nel sottosuolo (processi noti come: leakage e seepage) attraverso gli strati di roccia del sottosuolo ed i sedimenti sono: la *diffusione*, la *advezione*, oltre alla *convezione*.
- Se il trasporto attraverso il mezzo (roccia e acquiferi) avviene per diffusione, il flusso stazionario, diffusivo, Φ_d è proporzionale al gradiente di concentrazione, $dC/d\lambda$, come espresso dalla Legge di Fick:



$$\Phi_d = -vD(dC/d\lambda) \quad (1)$$

- Dove v e D rappresentano la porosità del mezzo (i.e., la frazione di volume di poro rispetto al totale del volume del suolo o della roccia) e il coefficiente di diffusione rispettivamente, il segno meno indica che le molecole di gas (CO₂) si muovono verso l'alto cioè dal punto a maggiore concentrazione al punto a minore concentrazione. Al contrario, l'advezione implica movimento di massa conseguente ad un gradiente di pressione $dP/d\lambda$. Il flusso advettivo Φ_a è descritto dalla Legge di Darcy:

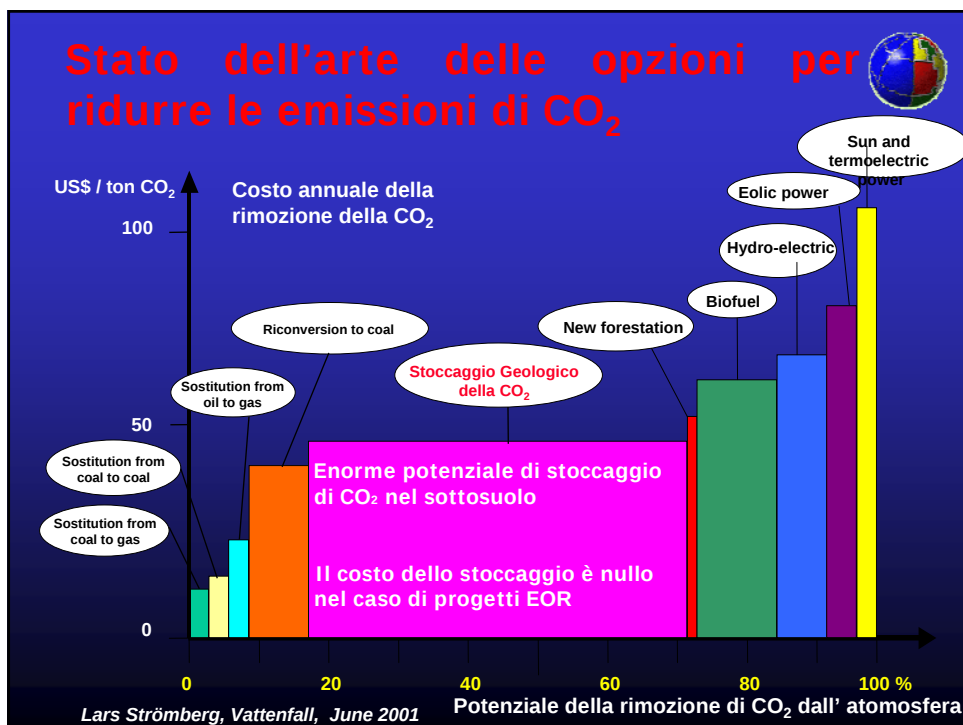
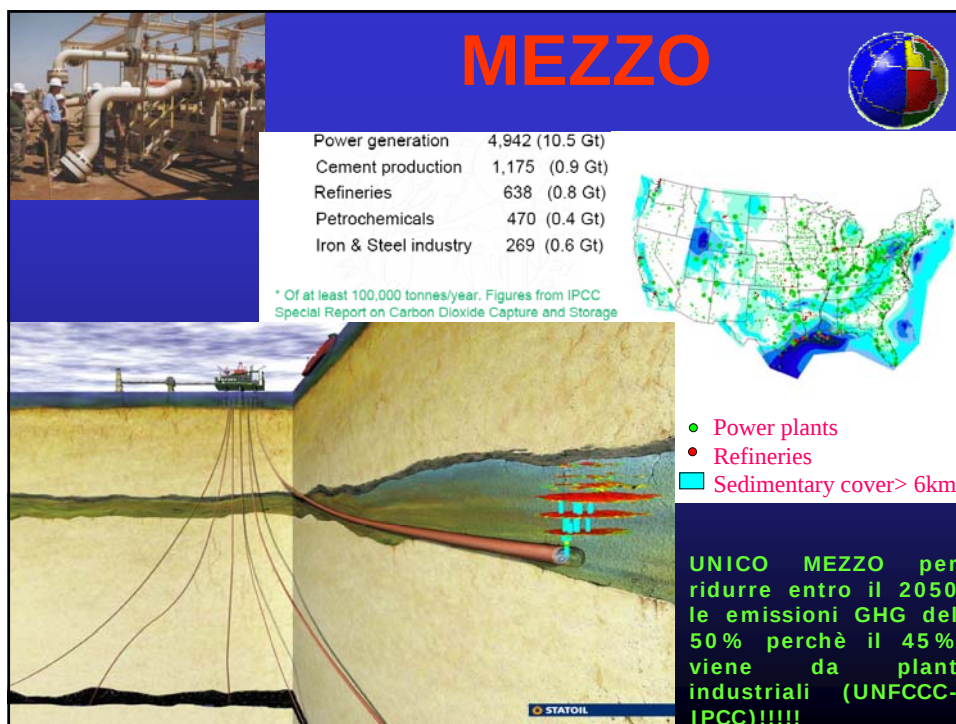
$$\Phi_a = (k/\mu)(dP/d\lambda) \quad (2)$$



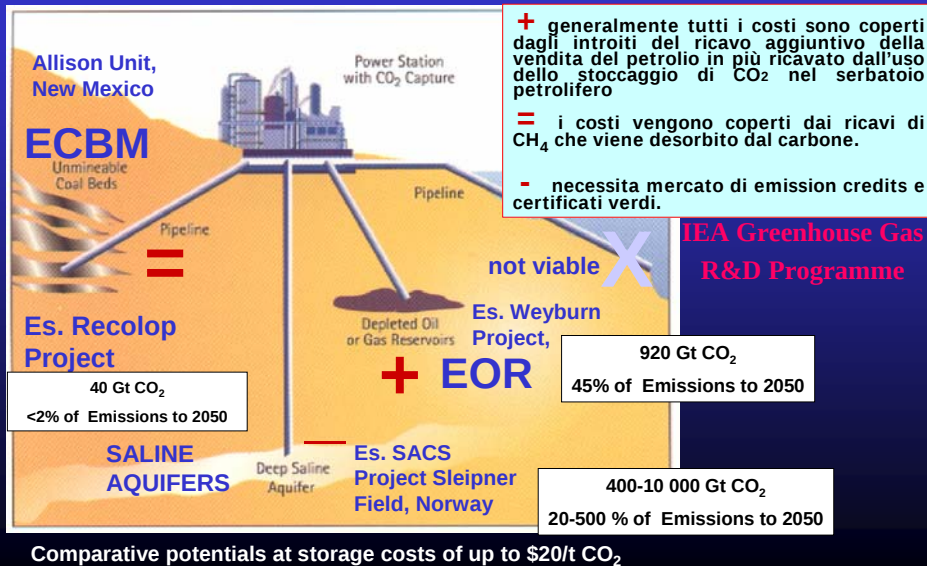
Scaletta presentazione



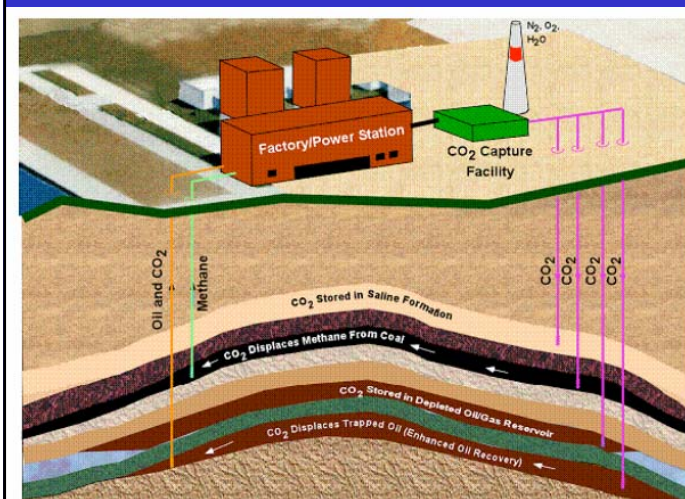
- **MEZZO:** CO₂ geological storage è il mezzo più efficace per abbattere le emissioni serra in atmosfera, ed in particolare per rimuovere l'ultimo ostacolo rimanente per l'avvio del "Vettore Idrogeno" (es. Progetto HYGEN di ENEL) e per l'avvio massiccio della ZEP (ZERO EMISSIONS FOSSIL FUELS POWER PLANTS) e delle "Clean Coal Technologies" (CCT);
- **ENTITA' INTERGOVERNATIVE:** IPCC, CSLF, ZEP-EU, IEA-GHG. Progetto IEA-EC Weyburn come più eclatante esempio al mondo di CO₂ geological storage con aumento della produzione di petrolio (EOR)
- **E in ITALIA ?**
- **CCS COME RISOLUZIONE PROBLEMA ENERGETICO:** stato disastroso delle riserve di petrolio e gas naturale del pianeta dovuto ad uno spregiudicato uso dei fossil fuels.
- **CCS COME RISOLUZIONE PROBLEMA CLIMATOLOGICO:** stato di degenerazione del clima per uso dei combustibili fossili.
- **CONCLUSIONI**



Opzioni per lo stoccaggio geol. di CO₂



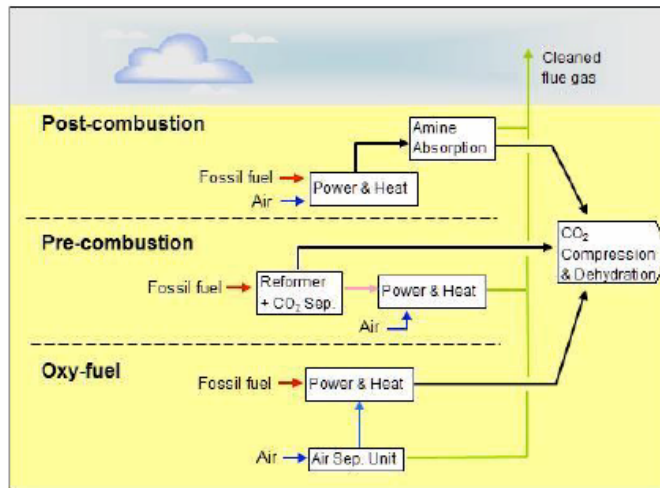
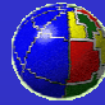
Opzioni per lo stoccaggio geol. di CO₂



1000	Deep saline aquifer storage (porous rocks)
100	Oil/gas field use and storage
10	Deep unmineable coal bed use and storage
1	Mineral sequestration

Soltanto l'acquifero salino Utsira, sotto al Mare del Nord può ospitare **600 miliardi di tonn. CO₂**: tutte le emissioni del Nord Europa di 300 anni di produzione energia elettrica!!!! (da IEA, www.ieagreen.org.uk)

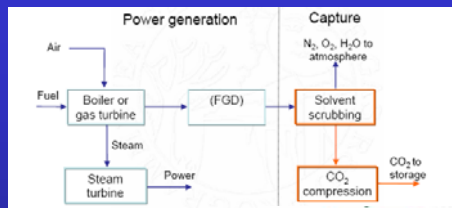
Opzioni per la cattura di CO₂



Separation	30-60 \$/t
Compression	8-10 \$/t
transport	1-3,5/100 km
Store	2-20
Total :	45-95 \$/t

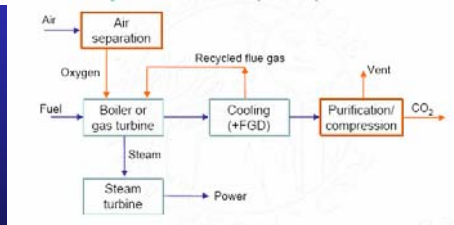
IPCC (2005): *Summary for Policymakers*. A Report of Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Opzioni per la cattura di CO₂

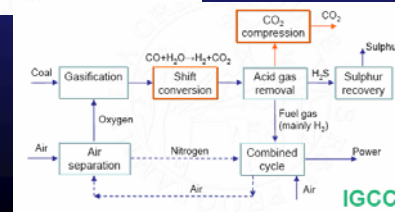


Post-combustion

Oxyfuel



Pre-combustion



IGCC

Stato dell'arte Cattura

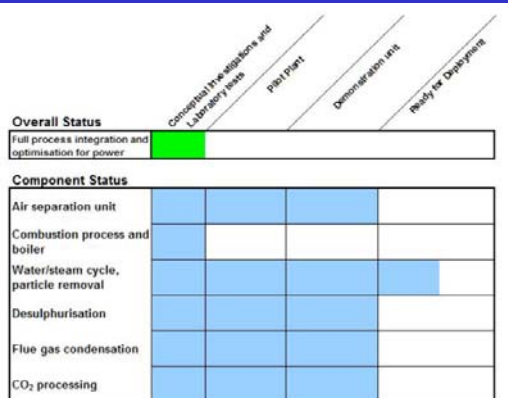


POST-COMBUSTION:
eliminazione CO₂ dopo la combustione (applicabile alle attuali centrali)

- Capture of CO₂ from flue gases:
 - Post-combustion capture
- Burning fuel in oxygen instead of air:
 - Oxy-combustion
- Conversion of fuel to H₂ (and CO₂) before combustion:
 - Pre-combustion capture

PRE-COMBUSTION
Conversione del fuel in H₂ (e CO₂) prima della combustione

Stato dell'arte Cattura



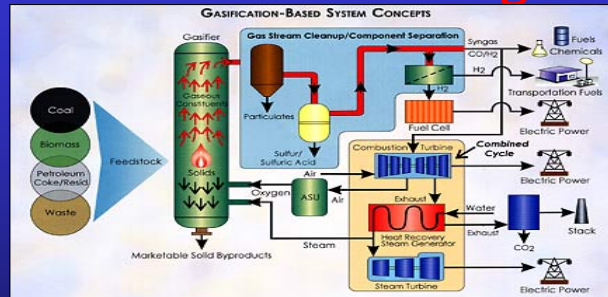
OXY-FUEL: nella combustione oxy-fuel, l'azoto viene rimosso dall'aria usando convenzionali Air-Separation-Unit (ASU). Il combustibile viene bruciato con l'O₂ mescolato a CO₂, che viene ricircolata per controllare la temperatura di combustione.

Research issues

- No commercial gas- or coal-fired power plants currently exist which operate under oxy-fuel conditions
- Only tests being performed are in laboratory-scale rigs and experimental boilers up to a size of a few MW_a
- There are uncertainties as to what are acceptable impurities in the CO₂ rich flue gas
- CO₂ rich flue gas treatment is not yet developed

Questo comporta che il gas di scarico principalmente consiste in CO₂ e vapor d'acqua, quest'ultimo viene condensato per produrre un flusso concentrato di CO₂ pronto per lo stoccaggio geologico.

Concetto di syngas verso il Vettore Idrogeno



SYNGAS è una svolta tecnologica in un pianeta "da riciclo"

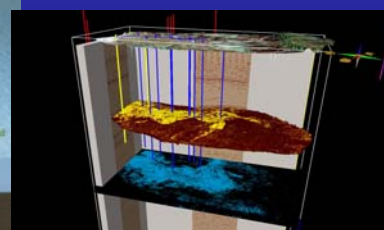
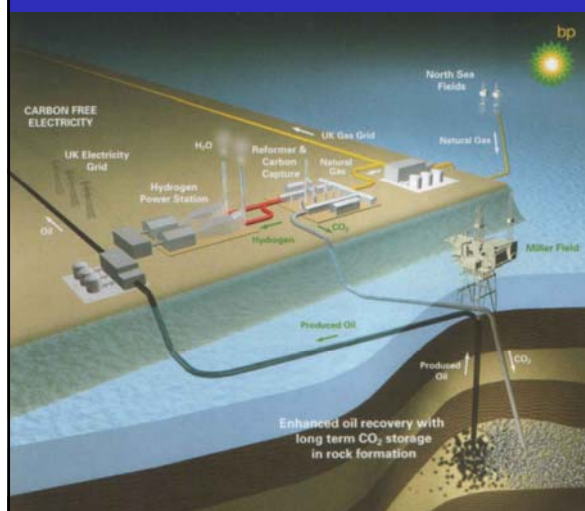
Il gas di sintesi in ingresso all'impianto di potenza, generalmente la turbina gas, è composto prevalentemente da CO (40 %), H₂ (20 %), H₂O (40 %) e tracce di CO₂ e CH₄ con un potere calorifero inferiore di 1.800 Kcal/Kg. E' possibile "riallocare" il potere calorifico del syngas sotto forma di idrogeno con la simultanea rimozione del carbonio sotto forma di CO₂ mediante reazione di shift:



ENTITA' INTERGOVERNATIVE & stakeholders



- IPCC
- CSLF
- IEA, IEA-GHG
- ZEP-EU



bp: injection simulation
in InSalah, Algeria

IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change)



- L'IPCC è stato fondato nel 1988 dalla World Meteorological Organization (WMO) e dall'United Nations Environmental Programme (UNEP); con il compito di elaborare le linee guida, attraverso report periodici, per realizzare degli inventari nazionali delle emissioni gas serra e per monitorare l'evoluzione della situazione anche rispetto al consumo/produzione dei fossil fuels (petrolio, gas naturale, carbone);
- le linee guida IPCC fanno parte dei documenti sviluppati nell'ambito della CONVENZIONE QUADRO DELLE NAZIONI UNITE SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI (UNFCCC), sottoscritta dai paesi aderenti alle Nazioni Unite, nel corso della Conferenza Mondiale Sull'Ambiente e Sviluppo, Rio De Janeiro, 1992;
- in base alla convenzione i paesi aderenti si sono impegnati ad adottare programmi e misure finalizzate alla prevenzione controllo e mitigazione degli effetti delle attività antropiche sul pianeta;
- l'IPCC ha finito di compilare il Report IPCC 2005 in cui hanno partecipato un centinaio di scienziati di tutto il mondo ed altrettanti "critical review" tra cui l'autore, nella parte dedicata al "CO₂ geological storage".

CSLF: Organo governativo del MAP



CARBON SEQUESTRATION LEADERSHIP FORUM



Il MAP (Ministero per le Attività Produttive), istituisce il CSLF (Carbon Sequestration Leadership Forum) anche in Italia nel 2003, in previsione della rettifica dell'accordo di Kyoto, ormai imminente, qualora si fosse raggiunto il quorum >50%, raggiunto con entrata della Russia (operatività nel febbraio 2005);

- il CSLF è un organismo internazionale già attivo dal 2003 in circa 20 paesi tra cui Cina e USA (che lo ha molto sponsorizzato con il DOE), nonostante che questi 2 paesi non abbiano ratificato l'accordo di Kyoto.
- In Italia il CSLF è un tavolo di circa 20 industrie/istituzioni che si riuniscono circa una volta al mese e si occupano di stabilire una "road map" per il passaggio in Italia a tecnologie con minime emissioni, anche in previsione dell'imminente esaurimento di certi combustibili fossili (olio, gas naturale = CH₄); sito web è: www.cslf.org

I partecipanti-fondatori del CSLF in Italia sono: MAP e MATT come ministeri, ENEL-CESI, ENI, ANSALDO, FIAT Ricerca, ASSOELETTICA, ASSOCARBONI, SOTACARBO, CARBOSULCIS etc..., mentre gli enti di ricerca sono INGV, ENEA e OGS.



IEA, IEA-GHG

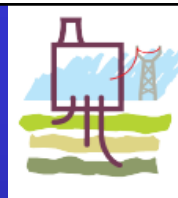


IEA Greenhouse Gas R&D Programme

- Main capture potential in the electricity sector
- Demo projects suggest CO₂ safely storable underground
- CCS is feasible using existing technologies
- Cost can be reduced to US\$ 25-50/t CO₂ (US¢ 1-2/kWh)



European Platform ZEFFPP: ZERO EMISSION FOSSIL FUELS POWER PLANTS (ZEP)



SRA/SDD Overseeing Responsibility

Mirror Group
of Member States

Advisory Council

Agreed

Coordination Group

Secretariat

Plants &
CO₂-Capture

CO₂-Use &
Storage

Infrastructure &
Environment

Market,
Regulation & Policy

Communication &
Public Acceptance

SRA Responsibility:
Appert
Soothill
Valero

Strategic Research Agenda (SRA)

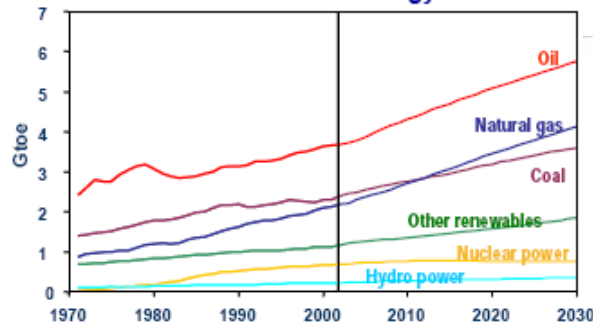
Deployment Strategy (DS)

SDD Responsibility:
Haeger
Hill
Sweeney

The coordination group is responsible of the SRA and SDD,
overseeing the 5 groups

Common strategy: IPCC, CSLF, IEA, ZEP-EU, NATO

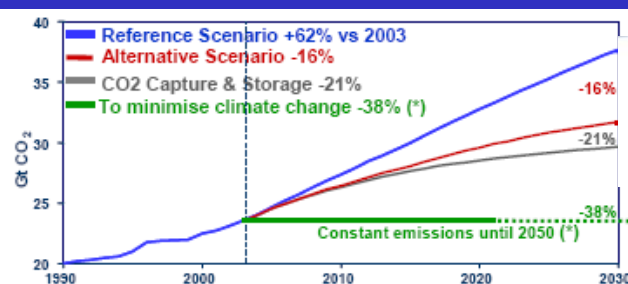
Ref. Scenario World's Energy Demand



- Demand 16.5 Gtoe by 2030 (+60%, +1.7% year, most in DCs)
- Fossil fuels dominance of (82% by 2030)
- Oil from 77 to 121 mb/d (2002-2030), +1.6%, more than 50% from OPEC, most used in transport.
- Fast growth of gas, slow growth of coal, increasing but marginal role of renewables, declining nuclear power



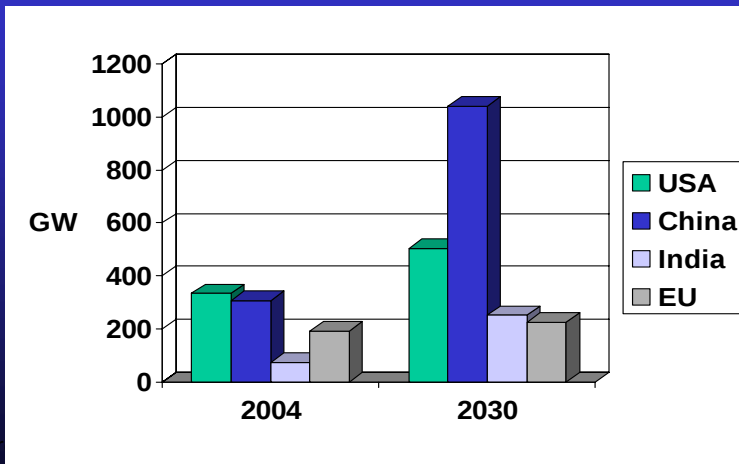
Common strategy: IPCC, CSLF, IEA, ZEP-EU, NATO



- Ref. Scenario: +62% (1.7% a year), most in DCs (70%).
- Energy C- content will not decline
- Power generation: 50% of the increase
- Alt. Scenario: -16% (-10% energy; -14% fossil-fuels; -11% oil (12.8 mb/d), +14% nuclear, +30% non-hydro renewables; (+12% electricity prices in EU; no investment change
- To limit CO2 concentration within safe limits (500 ± 50 ppm, 2100), require reduction is equivalent to keep emissions constant through 2050 (Pacala & Socolow, Science 2004)

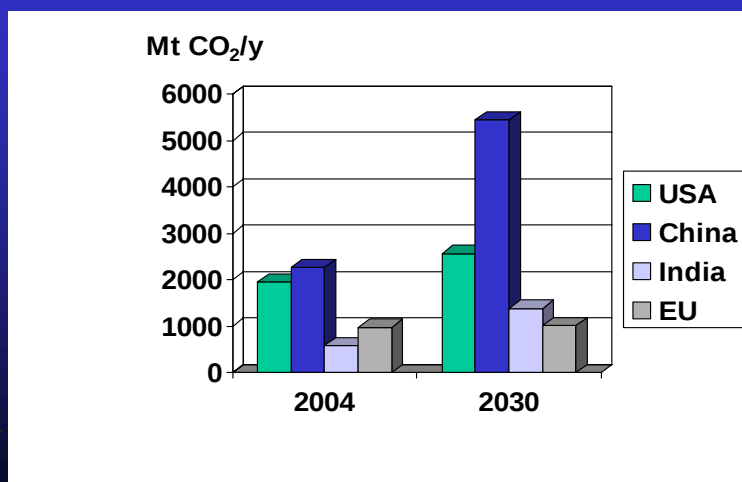


Growth in coal-fired power generation



Source: IEA WEO 2006

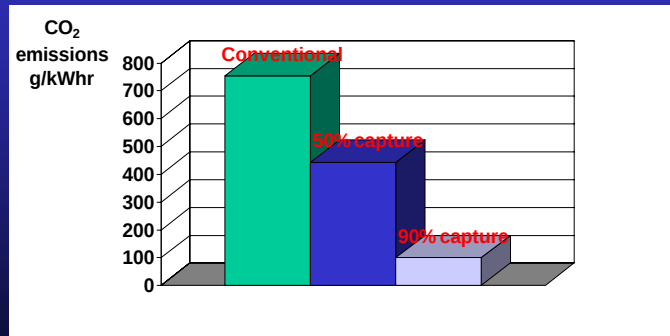
Emissions growth from coal power



Source: IEA WEO 2006

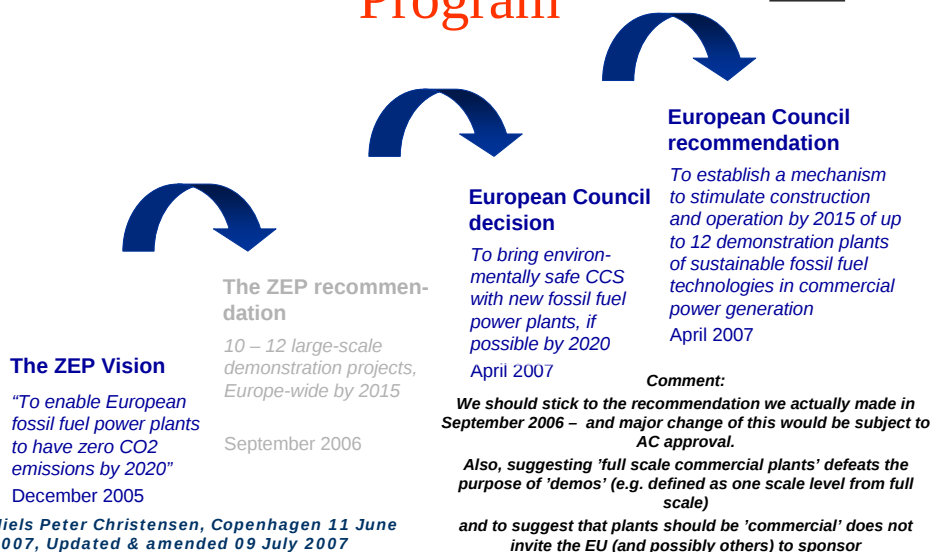
CO₂ capture and storage option

- Carbon Capture and Storage can make deep reductions in emissions from power generation

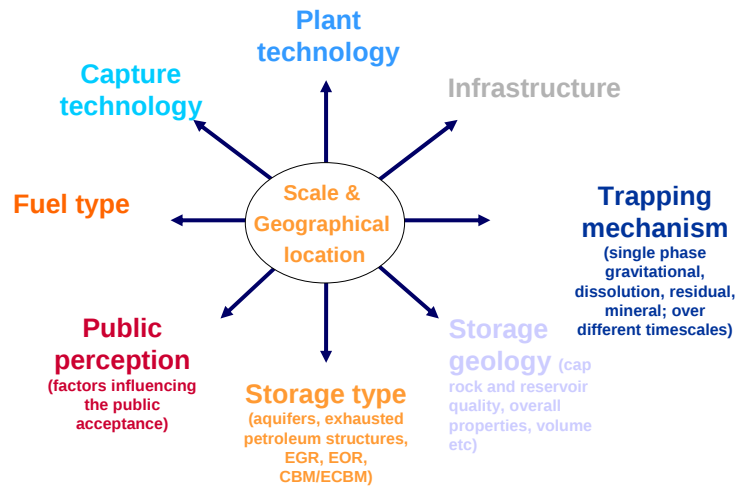


Events leading to a Flagship Program

DRAFT

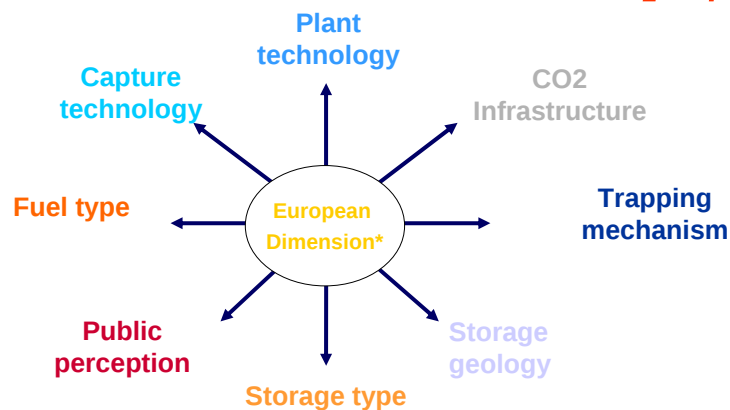


For the Flagship Program, a number of criteria need to be tested



Modified 11 June 2007/NPC

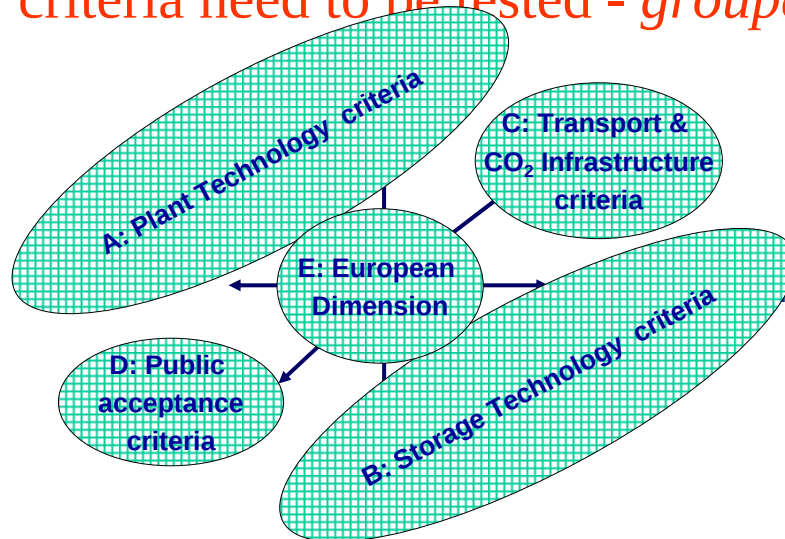
For the Flagship Program, a number of criteria need to be tested - *simplified*



* European Dimension: location, scale & partnership

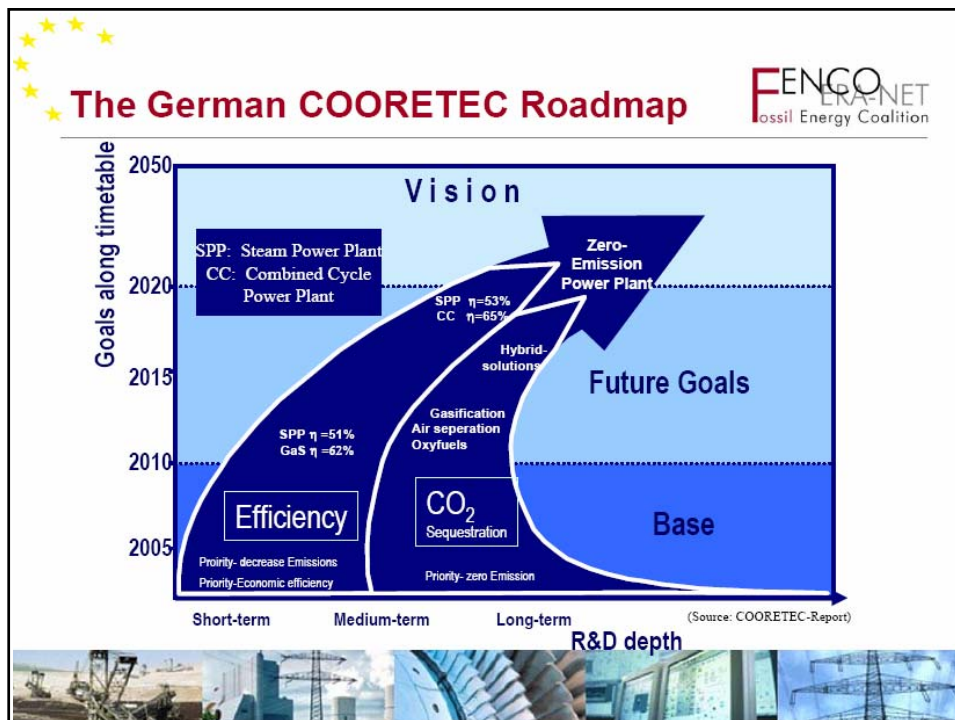
Modified 9 July 2007/NPC

For the flagship program, a number of criteria need to be tested - *grouped*



* European Dimension: location, scale & partnership

Modified 9 July 2007/NPC



EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE-GENERAL FOR ENERGY

5. The Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuels Power Plants (ZEFFPP)

- A Strategic Item

Technology Platform ZEFFPP Organisational Structure

Vision Statement: To enable European fossil fuel power plants to have zero emission of CO₂ by 2020

Minister Group of Member States
Advisory Council
Coordination Group
Secretariat

Plants & CO₂ Capture
CO₂ Use & Storage
Infrastructure & Environment
Market, Regulation & Policy
Communication & Public Acceptance

Strategic Research Agenda (SRA)
Deployment Strategy (DS)

SRA/SDD Breakdowns: Indicative Weighting/Contributions from WGs

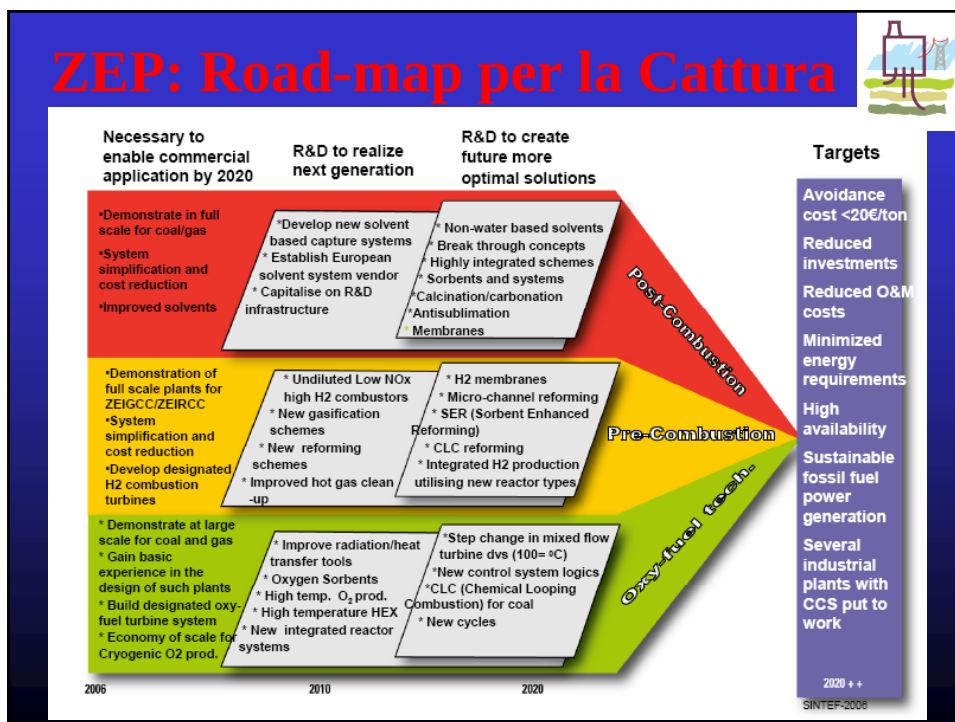
85-100% SRA

WG1: Plants and CO₂ Capture (10%)
WG2: CO₂ Use and Storage (20%)
WG3: Infrastructure and Environment (20%)
WG4: Markets, Regulation and Policy (20%)
WG5: Communication and Public Awareness (10%)

100% SDD

Energy Research on Europa
http://europa.eu.int/comm/research/energy/index_en.html

CORDIS EC research programmes and projects
<http://www.cordis.lu>



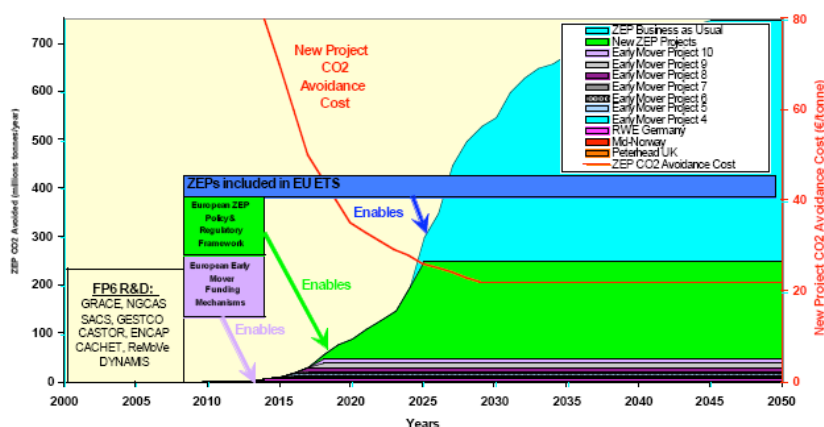
ZEP: Road-map per la Cattura: Diminuire i costi CCS con aumento efficienza



Centrale elettrica con cattura e stoccaggio geologico (CCS) FONTE: IPCC (2002)	Centrale elettrica a carbone polverizzato	Centrale a ciclo combinato con gas naturale	Centrale a ciclo combinato con gassificazione integrata del carbone
Costo dell'elettricità senza CCS per MWh (in €)	43-52	31-50	41-61
Costo dell'elettricità con CCS per MWh (in €)	63-99	43-77	55-91
Incremento costo elettricità per MWh (in €)	19-47	12-29	10-32
Incremento % dei costi con CCS	43-91%	37-85%	21-78%
Costo per tonnellata di CO ₂ (in €)	30-71	38-91	14-53

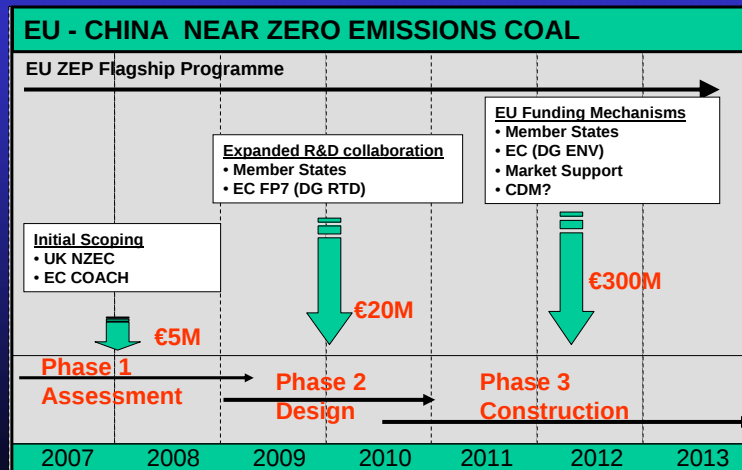
Cattura: prezzi di elettricità di 45-55 €/MWh per il carbone e a circa 70 €/MWh per il gas naturale, con costi di CO₂ evitata in atmosfera di 15-25 €/t CO₂ per il carbone e di 60-80 €/t CO₂ per il gas naturale (calcolo con prezzi combustibili della primavera 2006).

Obiettivo finale della ZEP e steps



L'asse sinistro mostra la CO₂ che può essere evitata in atmosfera tramite il progressivo sviluppo ZEP in Europa. La linea rossa mostra come i costi si aspettino diminuire mentre si va avanti con R&D fino alla scala industriale.

EU ZEP Flagship Program (EU-China)



Zero Emissions Fossil Fuels Power Plants EU Platform (ZEP)



European Industry has announced:

Vattenfall Schwartz Pumpe - OxyFuel Pilot, DE
 BP Miller-Peterhead – Power & EOR offshore, UK
 Statoil&Shell Halten CO2 – Power and EOR offshore, NO
 RWE - IGCC & Storage onshore, DE

+ coming ?

Total / Pau

E.ON UK / Killingholme

ENEL S.p.A. test sites

Sardinia Region, ECBM Sulcis

SEI S.p.A. test site

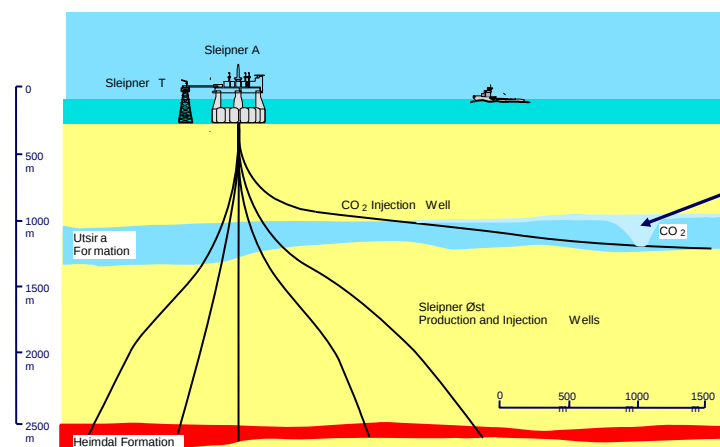


Zero Emissions Fossil Fuels Power Plants EU Platform (ZEP)

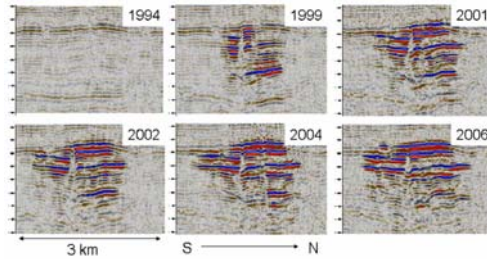


The Sleipner field - saline aquifer: 10 years of CO₂ Injection

CO₂ Injection Well in "Utsira" saline aquifer



Sleipner CO₂ underground monitoring



- 8,4 million tonnes injected over 10 years
- Plume area: 2,8 km² (1,3 km² in 2001)
- Plume long axis: 3760 m
- Maximum distance from injection point: 2560m
- Maximum speed of front since 2004: 250 m/year,
- Distance from CO₂ to wells:
 - Exploration well 15/9-13: 430m, decreasing about 12 m/year
 - D-template: about 2 km straight west of northern plume
 - 15/9-19 wells: about 4,5 km north of plume

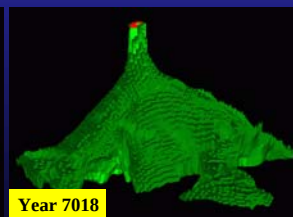
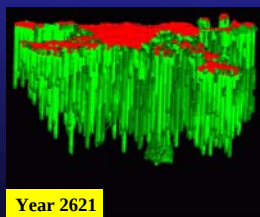
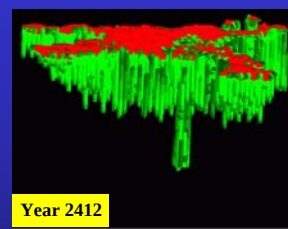
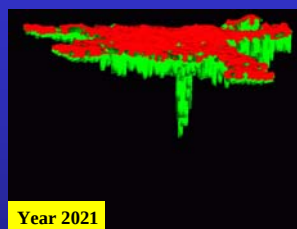


Sleipner CO₂ injection:

- Decided in 1992
- In operation since 1996
- 1 million tonn CO₂/year

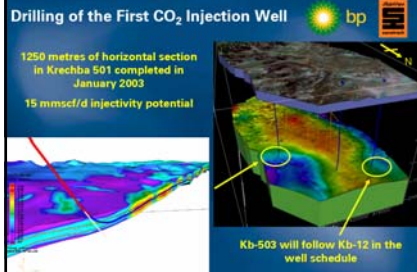
Time Magazine,
17. May 2004

Dissolution of CO₂ in the Utsira Brine



Source: Gemini No. 1, 2004 (NTNU and Sintef)

Zero Emissions Fossil Fuels Power Plants EU Platform (ZEP)



- Gasfield in Rotliengen clastics, offshore
- Depth: 3500-4000 m
- High temperature: 128 °C, low pressure: 40 bars
- Small-scale injection test: 20 000 t/year in mid-2004
- 480 000 tonnes/year in 2006, 8 Mt total

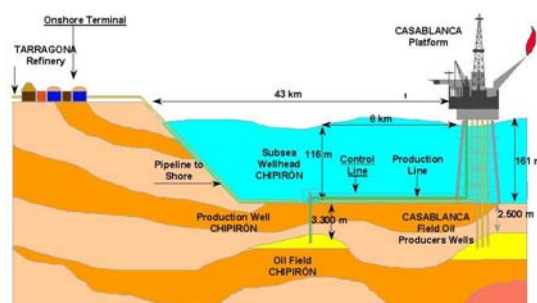
Operator: Gaz de France Production Nederland B.V.

K12-B field:
Injection of CO₂ in a near depleted gas field offshore
The Netherlands

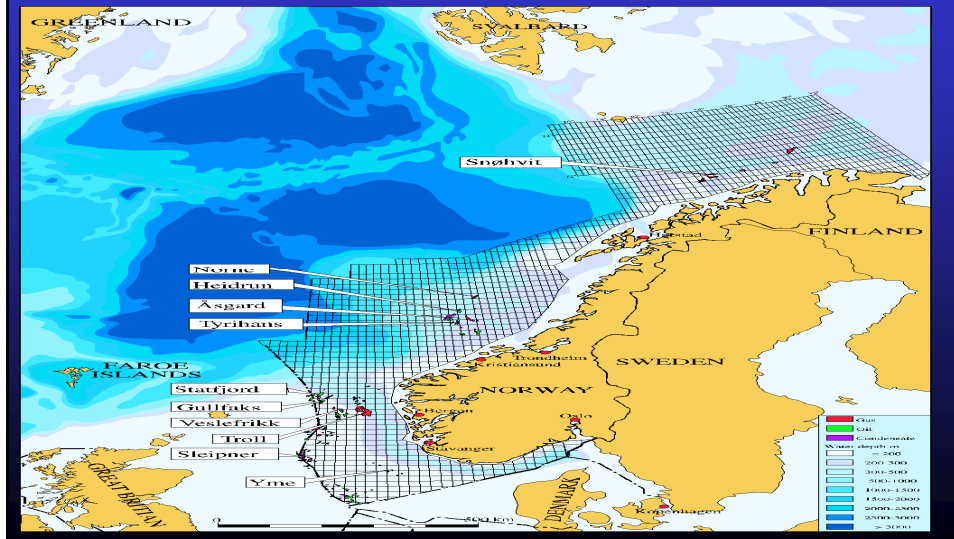
Upcoming: Casablanca oilfield (Repsol, Spain)



- Depleted oil-field in carbonates
- Depth: 2500 m
- Injection of 0,5 Mt CO₂ / year from the Tarragona Refinery



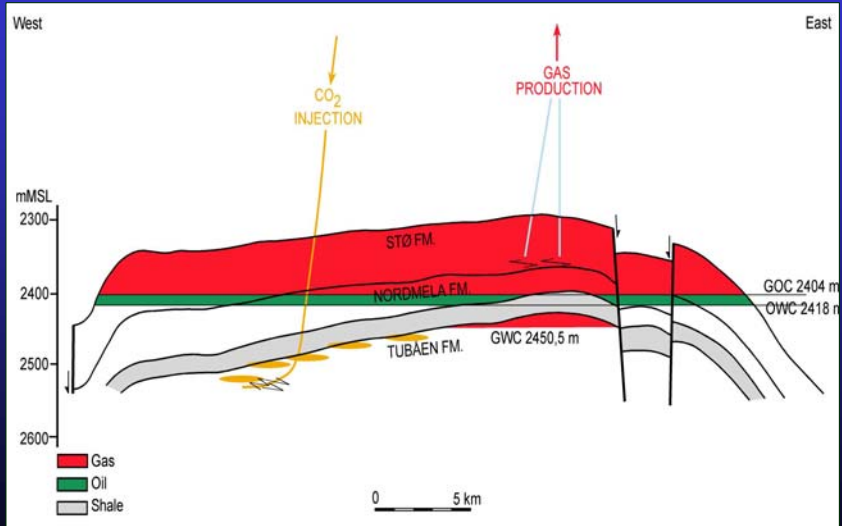
Snøhvit (Norway), the next field to implement CO₂ storage (november 2007 started!!)



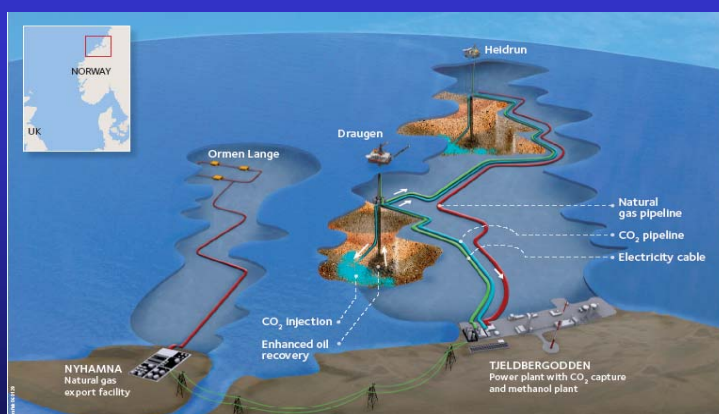
Snøhvit (Norway) – at sea-bottom as a whole



The Snøhvit (Norway) CO₂ Injection (november 2007 started!!!)



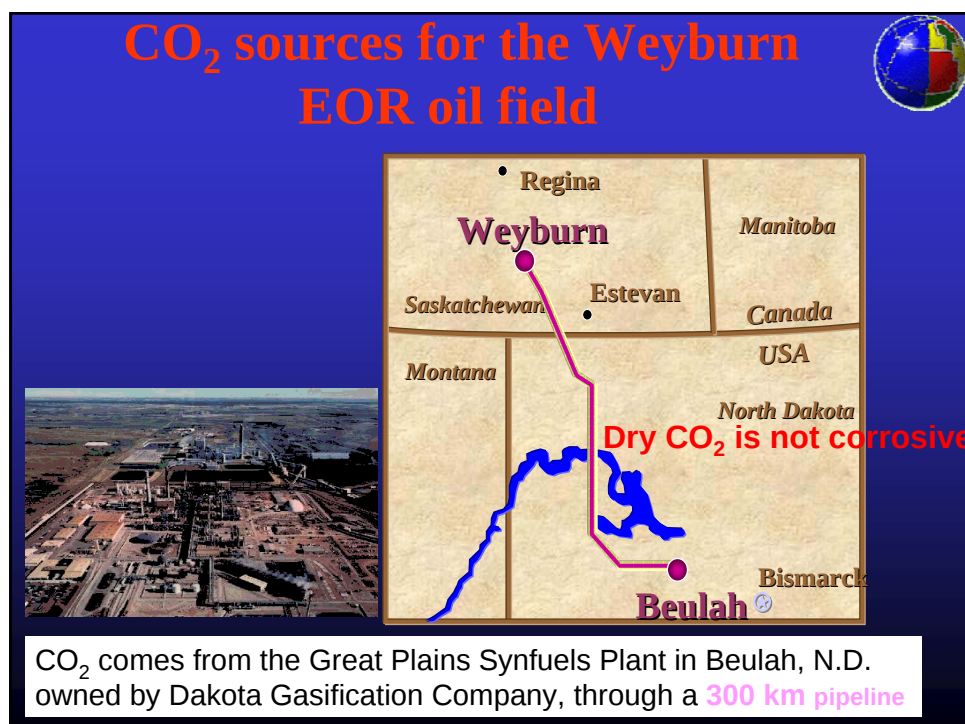
HALTEN CO₂ Project Statoil & Shell industrial realization



Key recommendations

The Halten Project, Norway

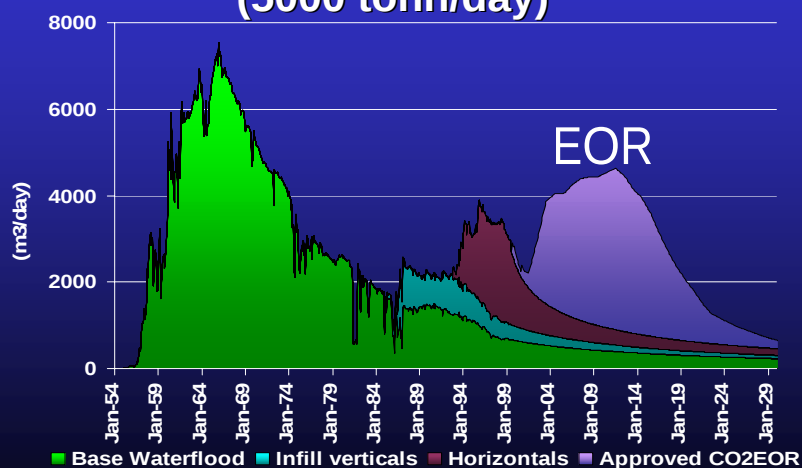
Experts agree that CO₂ capture and storage technology (CCS), together with improved energy conversion efficiency, is a near-term solution to reducing CO₂ emissions from fossil fuel power generation on a massive scale. Its *immediate* deployment is therefore vital if we are to avoid the catastrophic consequences of climate change we are facing today.



Aumento di produzione di petrolio del campo di Weyburn previsto in 25 anni



tramite stoccaggio di CO₂
(5000 tonn/day)



EOR/ambiente

Studi recenti (Tian et al., 2004) dimostrano come dopo 3 anni di iniezione di CO₂ la produzione di petrolio è cresciuta, sebbene più lentamente di quanto previsto, con risposta solo in 30 pozzi su 90 (aumento medio da 6 a 11 m³/day), mentre in rapporto Gas/Oil Ratio nella zona Phase A1 è passato da 20 a 33 m³/m³. L'efficienza di stoccaggio decresce con il tempo. Il progetto rimane in ogni caso fondamentale per la co-ottimizzazione tra stoccaggio di CO₂ a fini EOR e stoccaggio di CO₂ ambientale.



Monitoring of CO₂ evolution at depth in the frame of the Weyburn IEA-EC

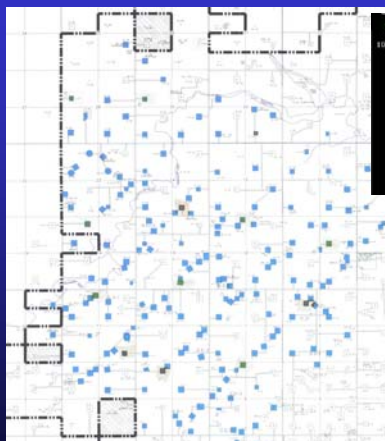


Next step: LBNL U-tube sampling as Frio Project (Texas)

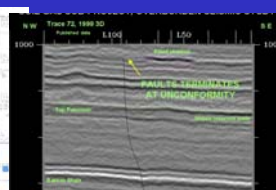
OIL WATER SURVEYS

- "Baseline" August 2000
- M 1 = March 2001
- M 2 = July 01
- M 3 = September 01
- M 4 = March 02
- M 5 = June 02
- M 6 = Sept. 02
- M 7 = April 03
- M 8 = June 03 (1.7 Ml m³ CO₂)
- M 9 = Sept. 03
- M 10 = March 04
- M11 = June 04
- M 12 = Sept. 04

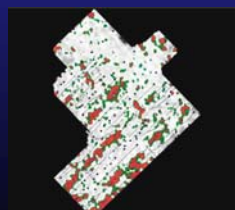
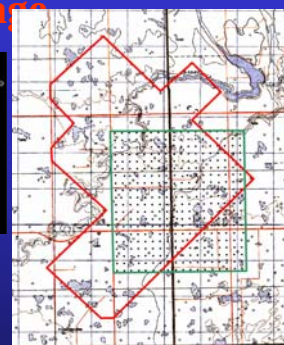
"Public Acceptance": INGV monitoring of deep reservoir and soil gases to discriminate CO₂ seepage and leakage



"Oil waters"

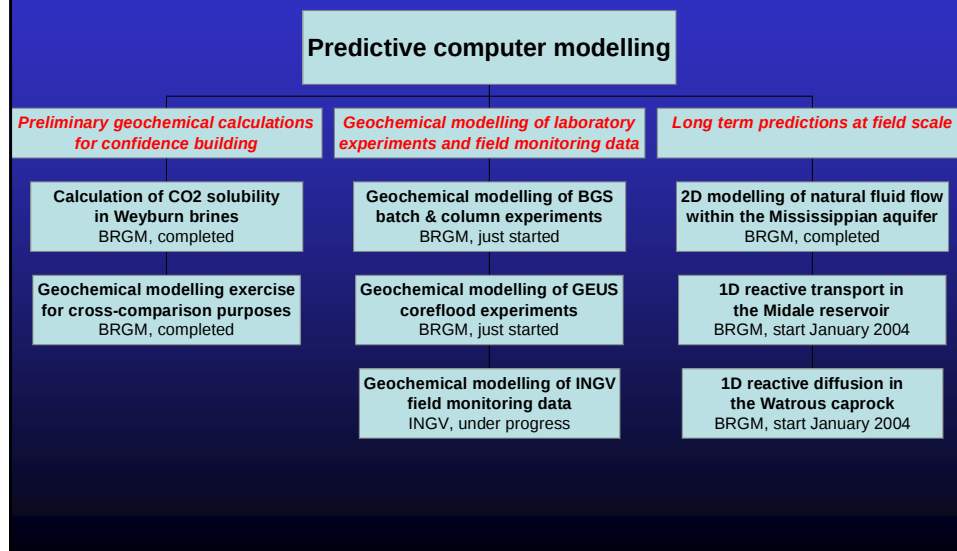


"Soil gas"



"Reservoir" profondo tramite sismica 4D and microseismicity

Modellizzazione geochemica del reservoir di iniezione di CO₂

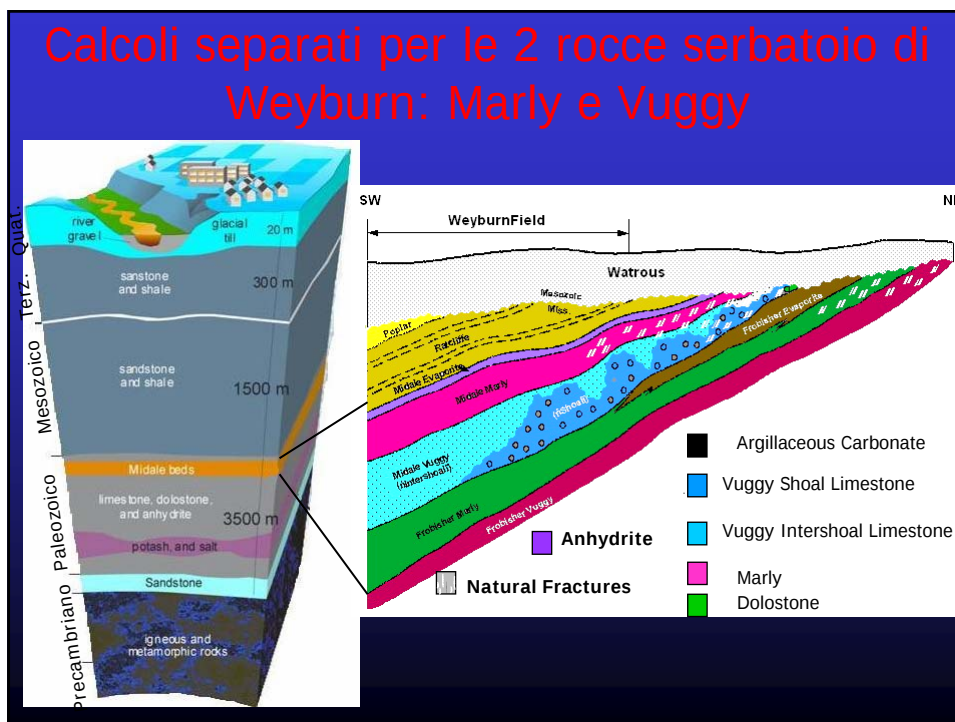
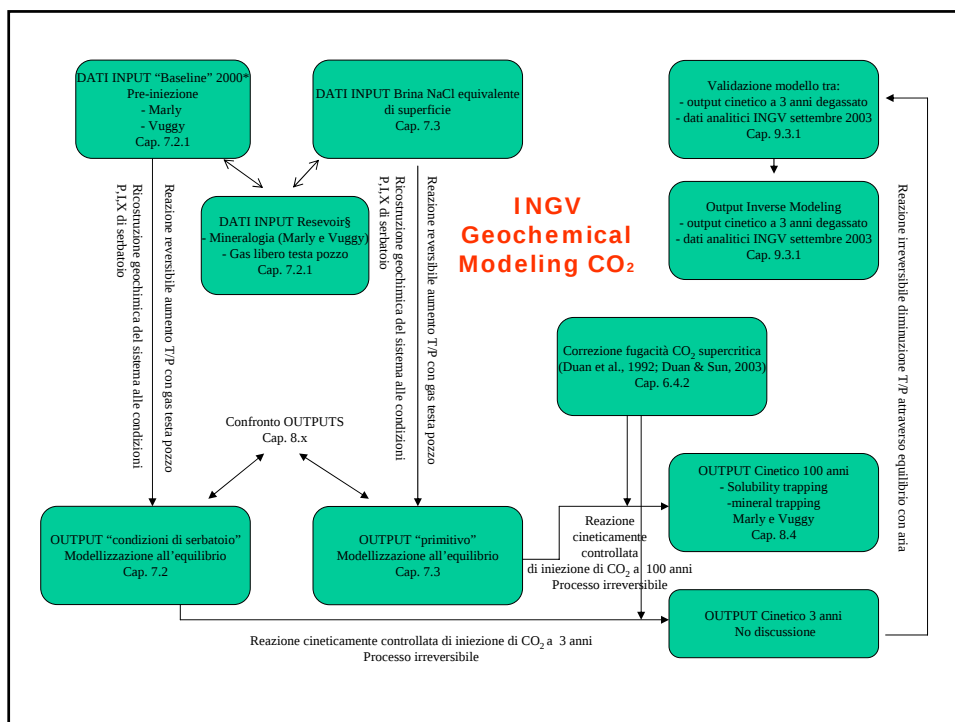


Modellizzazione geochemica del reservoir di iniezione di CO₂

Per fluidi profondi è un importante strumento per:

- ❖ valutare le condizioni di equilibrio tra le fasi presenti mediante l'utilizzo dei database termodinamici per il calcolo degli indici di saturazione e l'attività delle specie ioniche in fase liquida
- ❖ ricostruire le variazioni chimico-fisiche delle fasi in situazioni di NON-EQUILIBRIO a breve e lungo termine

Utilizzando dati analitici campionati in superficie



Meccanismi di trappola: Trapping of 20 ML tonn CO₂



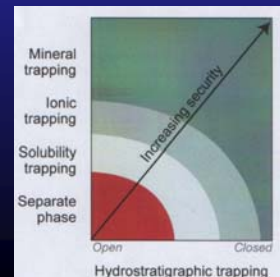
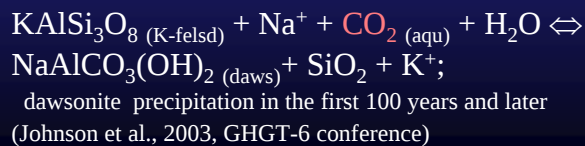
- SOLUBILITY TRAPPING (pH), MINERAL TRAPPING and HYDRODYNAMIC TRAPPING as immiscible fluid (supercritical free gas) for the CO₂ geological storage (around 40 ML tonn available)

A typical Weyburn brine (50°C, 14 MPa, salinità 35-110 g/l) dissolved, at equilibrium, 1 mole CO₂ in 1 kg water

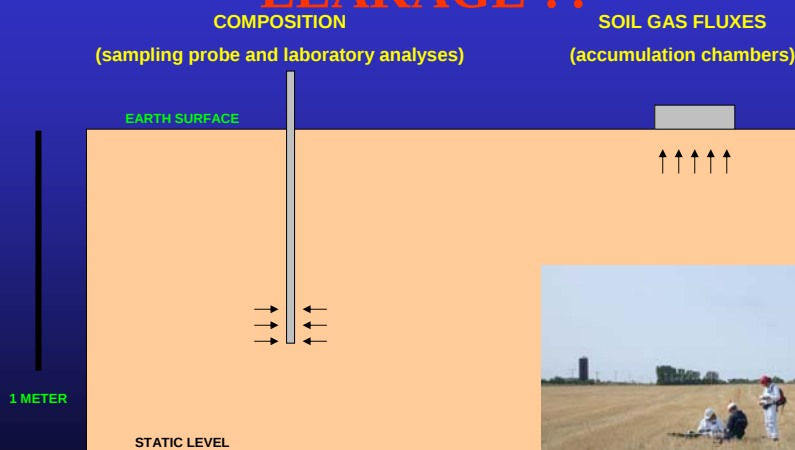


In the first 3 years in Weyburn the CO₂ geological storage was essentially SOLUBILITY TRAPPING and CO₂-HCO₃ dissolution (role of pH), with a minor role of MINERAL TRAPPING.

- Varification of previously proposed reactions:



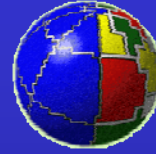
Monitoraggio dei flussi di CO₂ e concentrazioni di geogas dal suolo: LEAKAGE ??



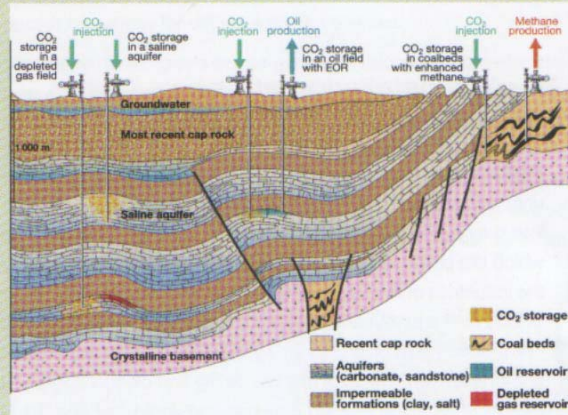
Systematic soil gas measurements including CO₂, CO, flux, O₂, CH₄, radon, thoron, helium, sulphur species (COS) and light hydrocarbons (CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₃H₈ and C₄H₁₀). Data from July-September 2001 provided baseline values up to 2005.



E IN ITALIA ?



The various types of geological storage



Source: brochure by IFP-Ademe-BRGM, copyright BRGM-im@g6

Programma Unione

Lo sviluppo della capacità di approvvigionamento deve essere perseguito anche con una pluralità di provenienze per il gas e una pluralità di fonti primarie per la generazione di elettricità. È per questo che puntiamo alla costruzione di nuovi impianti e terminali di rigassificazione del gas naturale liquefatto (GNL), che dunque potrebbe essere importato via nave da qualsiasi parte del mondo e rigassificato in loco attraverso un'infrastruttura accessibile a tutti e non solo a chi lo produce.

Per la riuscita delle azioni sopra indicate è indispensabile costituire all'Autorità gestore per il gas e l'energia elettrica la piamessa dei suoi poteri esecutivi, incaricata negli cinque ultimi anni da numerosi provvedimenti legislativi, provvedendo tuttavia anche maggiori obblighi di rendicontazione al Parlamento. In particolare, vogliamo un sistema di regolazione che preveda, attraverso opportuni supporti istituzionali, la tutela tariffaria e la sicurezza del servizio per gli utenti domestici. Proponiamo inoltre una riforma della tariffa sociale dell'elettricità che copra l'attuale meccanismo, vecchio e insufficiente.

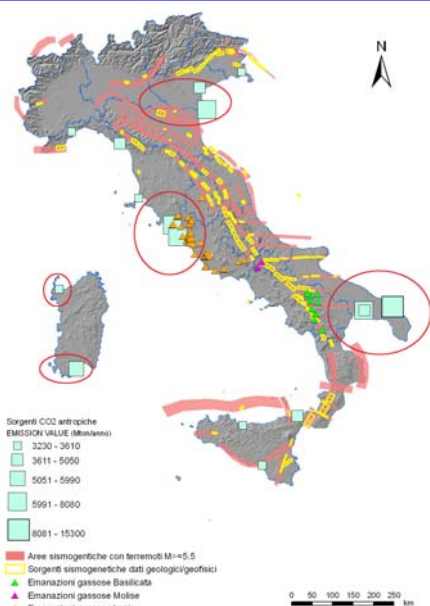
Questo alle "nuove fonti rinnovabili" (eolico, biomasse, fotovoltaico, mini-idroelettrico, geotermia, energia termica, idroelettrico di piccola taglia, geotermia), vogliamo nel- l'arco della legislatura dare alcune indicazioni, da metà da giungere al 2011 al 20% di produzione elettrica da rinnovabili. A tal fine, applicando correttamente le direttive comunitarie e utilizzando le migliori esperienze europee, al punto di avere il sistema di incentivazione delle fonti rinnovabili e favorire il passaggio dai certificati verdi a tariffe certe, limitazioni per un numero definito di anni, differenziate per le diverse fonti.

Nel settore della ricerca sulle energie sostenibili, crediamo che un ruolo di ricerca strategica spetti all'ENEA, un prezioso patrimonio di esperienze lanciato per tempo tempo nell'istituzione. Puntiamo inoltre allo sviluppo di specifici centri di eccellenza per il settore energetico e ambientale che, attraverso attività di ricerca e diffusione tecnologica, possano contribuire, in particolare, a ridurre i costi di produzione dell'energia elettrica e a migliorare l'efficienza dell'uso dell'energia. In questo contesto, il ruolo dell'ENEA è fondamentale. Il nostro impegno per la riduzione del rischio è orientato a produrre: - azioni di messa in sicurezza del combustibile e delle risorse esistenti in Italia; - la partecipazione in modo internazionale alla ricerca sul nucleare pulito di nuova generazione.

Infine, proponiamo la realizzazione di un Programma ener-

Pag. 143 143

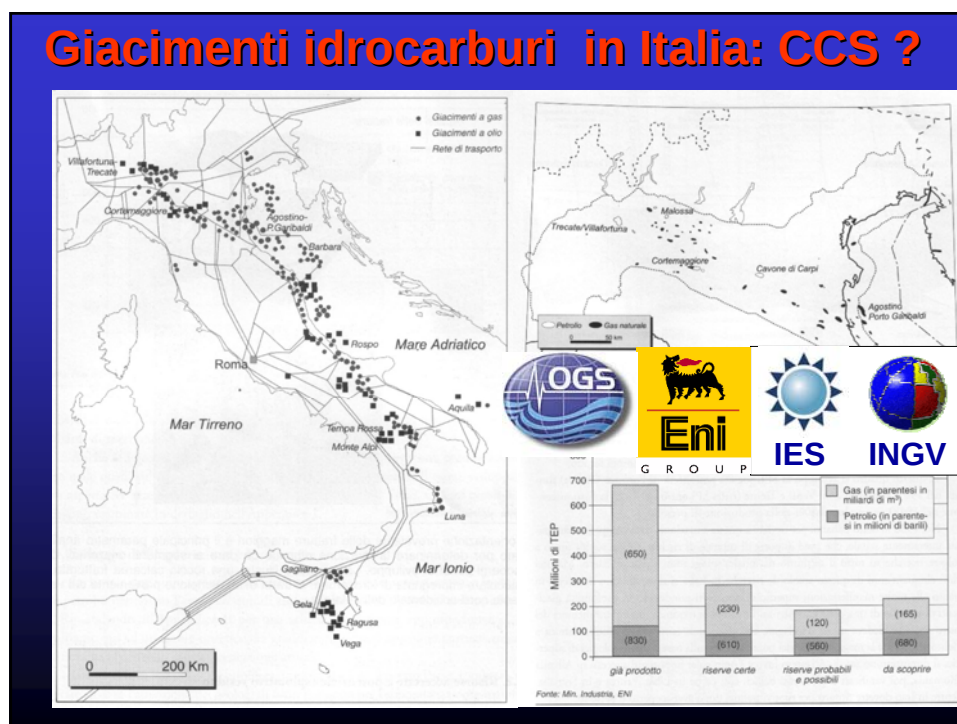
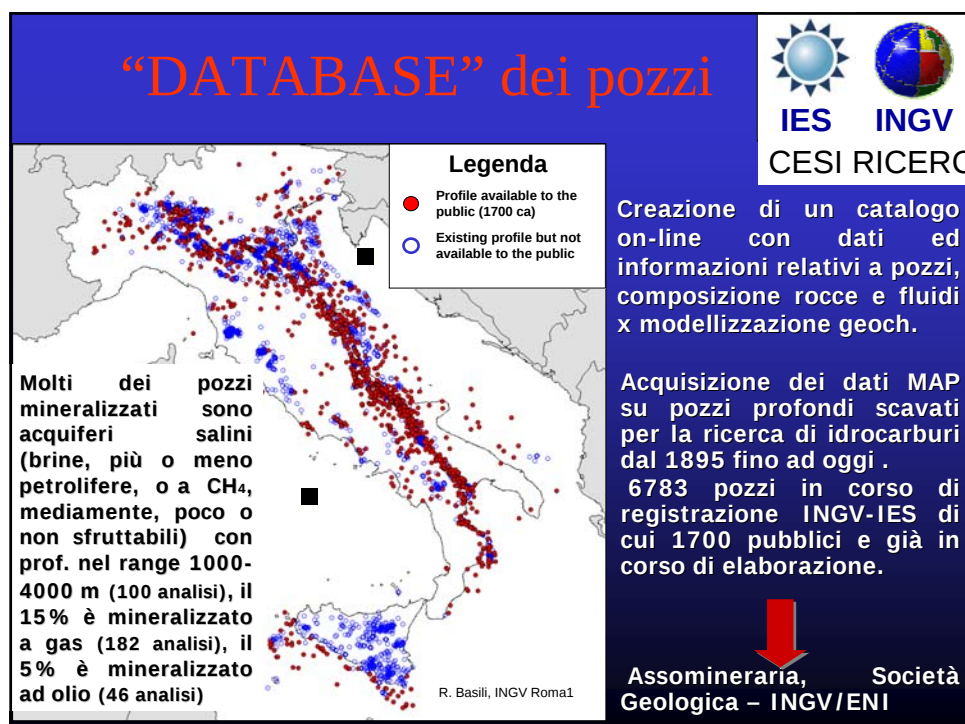
SITI DI INIEZIONE di CO₂ in Italia

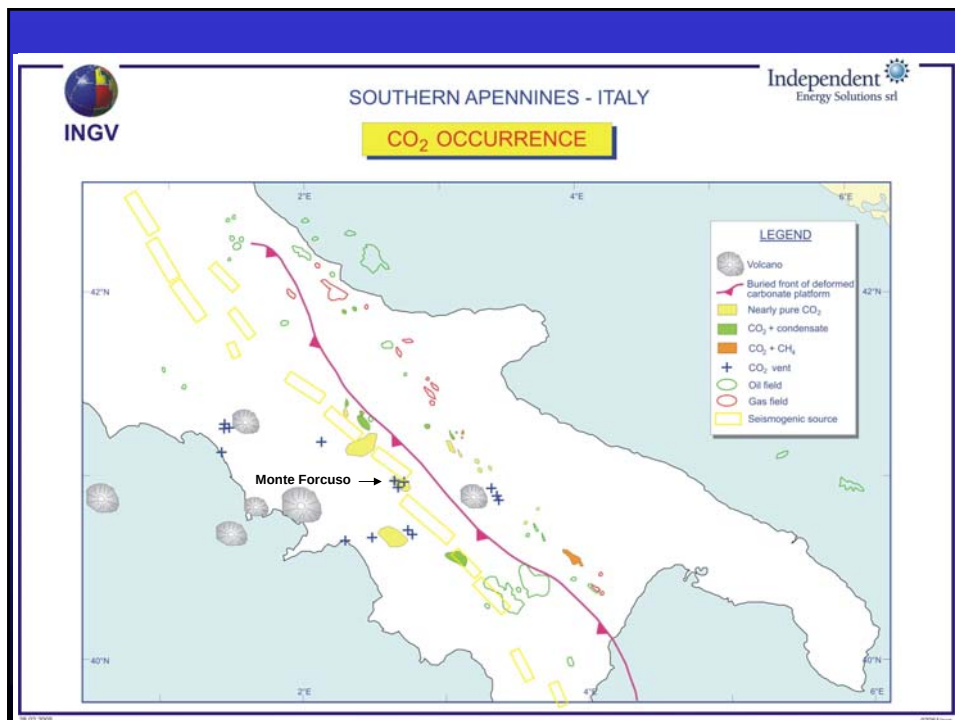
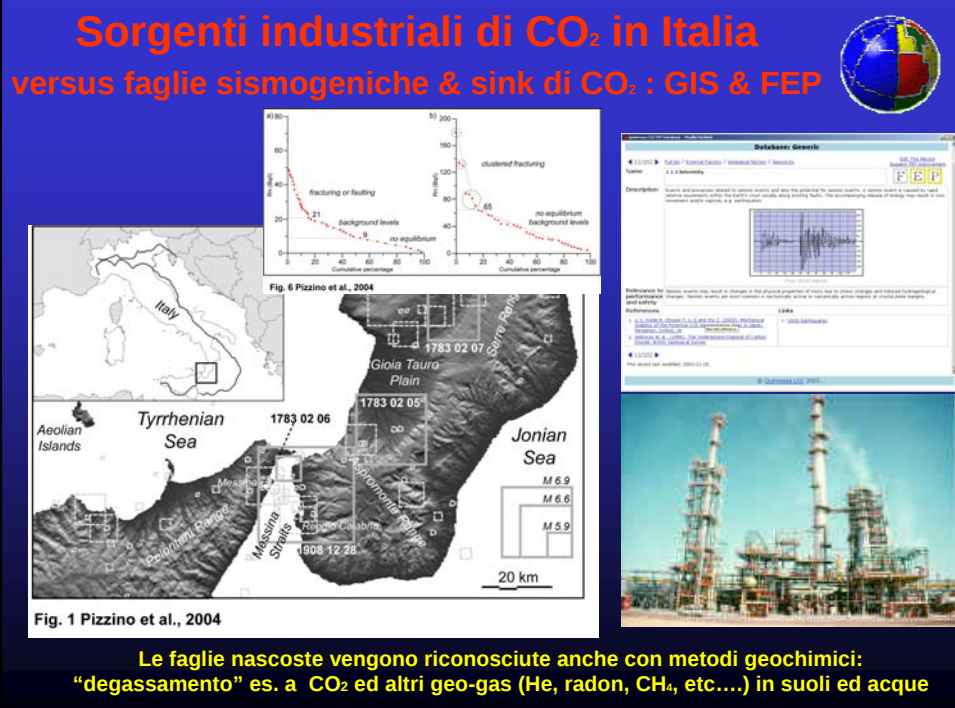


INGV & partners studiano come potenziali siti soprattutto:

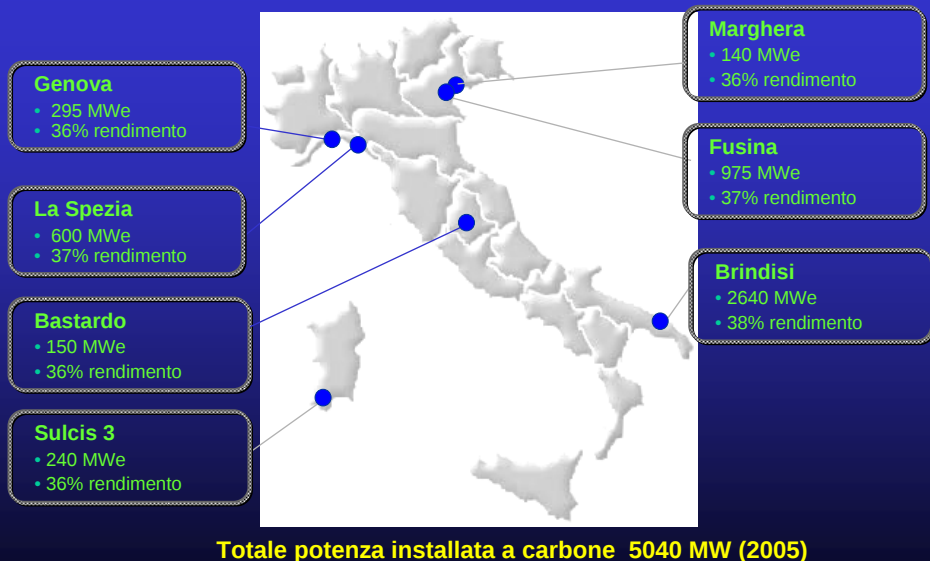
- Costa adriatica e Fossa Bradanica
- Pianura Padana e offshore adriatico settentrionale
- Alcune strutture offshore Alto Lazio
- Sardegna: in carbone profondo Sulcis (ECBM)

INGV + Univ hanno iniziato, anche tramite la modellizzazione geochimica, uno studio sui rischi associati allo stoccaggio di CO₂

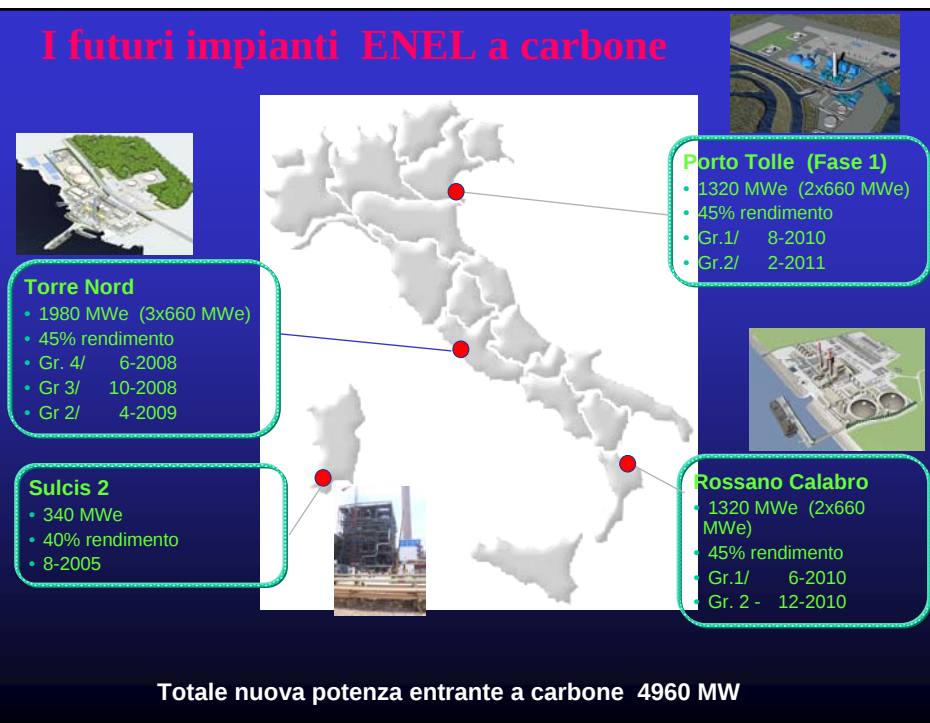


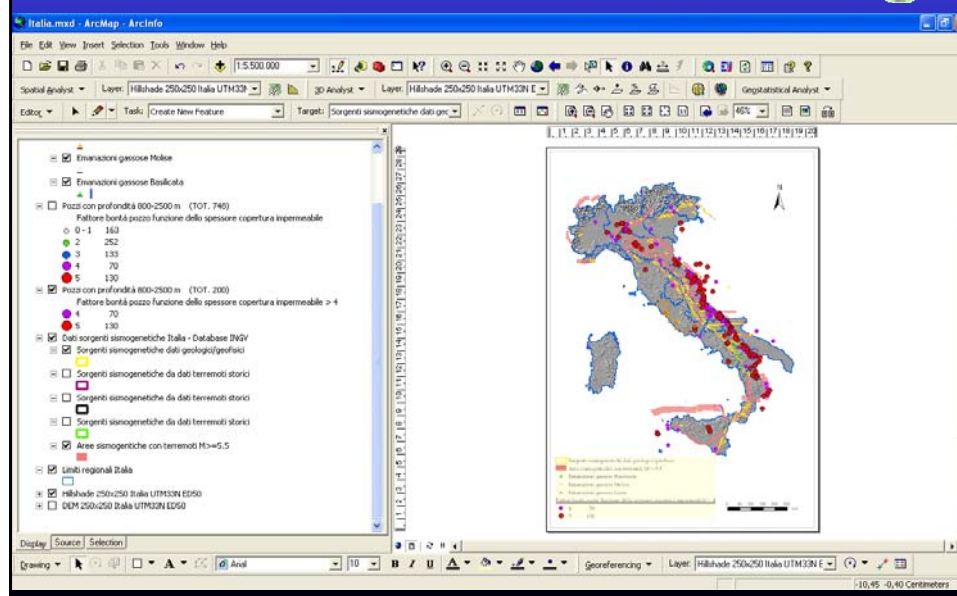
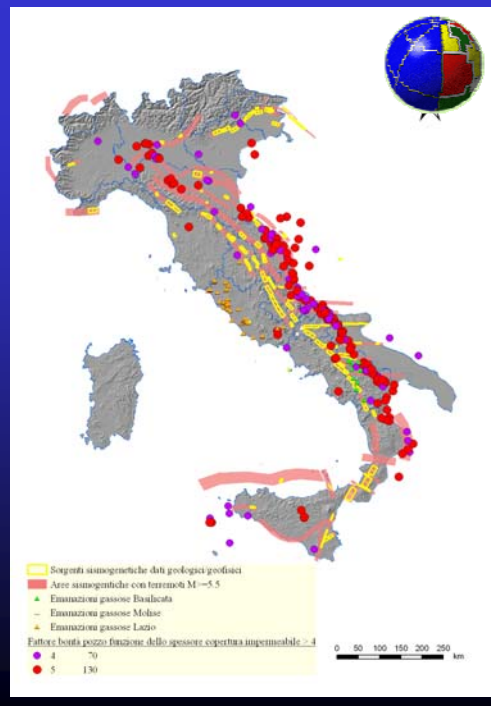


Gli Impianti ENEL a carbone oggi



I futuri impianti ENEL a carbone





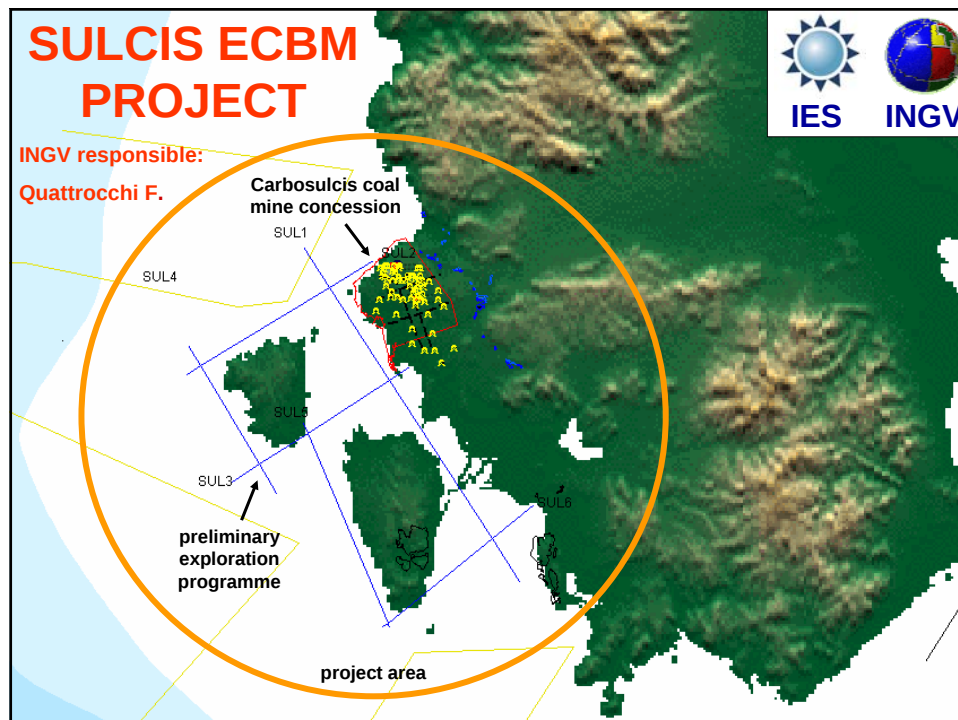
INGV-CESI RICERCA CO₂ storage sites catalog & feasibility studies in Italy

Buttinelli M.⁽¹⁾, Procesi M.⁽²⁾, Cantucci B.⁽¹⁾, Quattrocchi F.⁽¹⁾, Moia F.⁽³⁾

⁽¹⁾ INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma1, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italy.

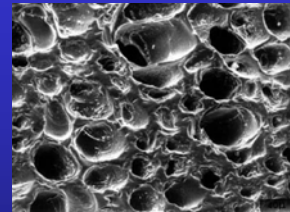
⁽²⁾ Università degli studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze geologiche, L.go San Leonardo Murialdo 1, 00146 Roma, Italy

⁽³⁾ CESI RICERCA SpA, Via R. Rubattino 54, 20134 Milano



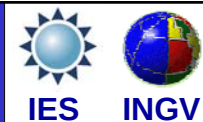
Progetto ECBM Sulcis:

INGV, IES, ETH Zurigo,
Carbosulcis S.p.A., Sotacarbo S.p.A.,
Univ. Cagliari



CO₂-ECBM in Sulcis:

pro e contro

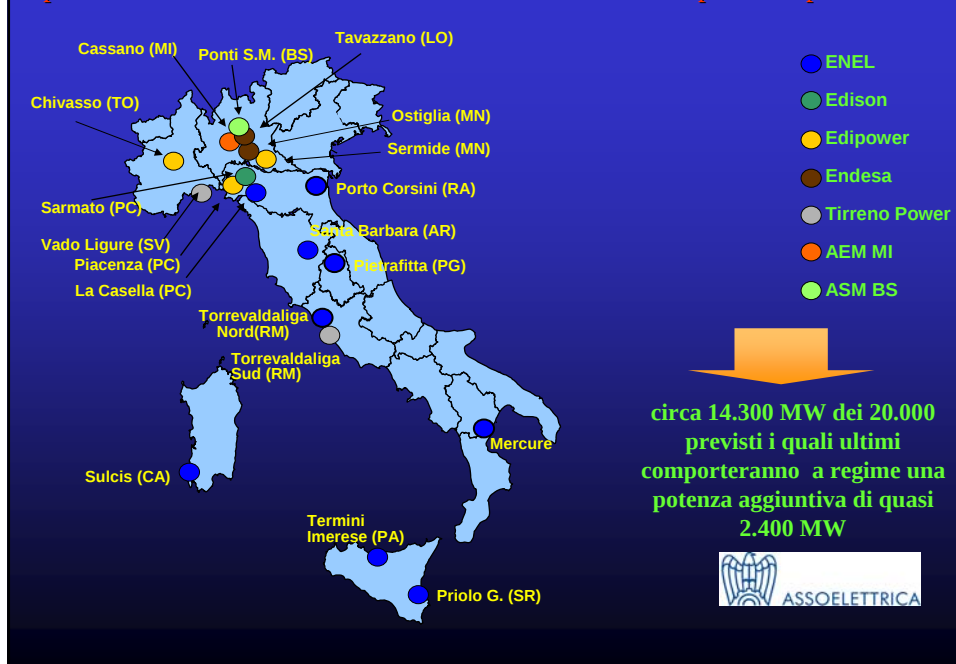


- reservoir screening criteria (IEA)
 - Reservoir homogeneity
 - Minimal presence of faults and folds
 - Range of depths (800 – 1500 m)
 - Coal bed condensed geometry
 - Sound permeability
 - Coal composition (macerals, rank, ash)
 - “Miliolitico” groundwater composition
 - GIP (Gas in Place) and its saturation
 - Moisture content

☺ ?
☹ ?
☺ ?
☺ ?
☺ ?
☺ ?
☺ ?
☺ ?
☹ ?
☹ ?

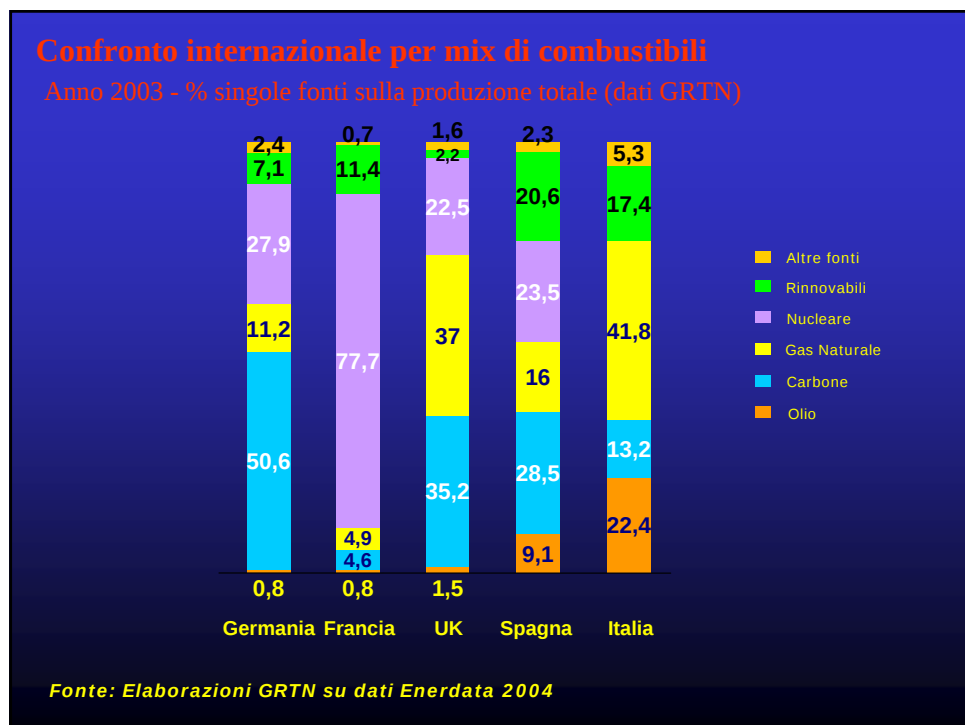
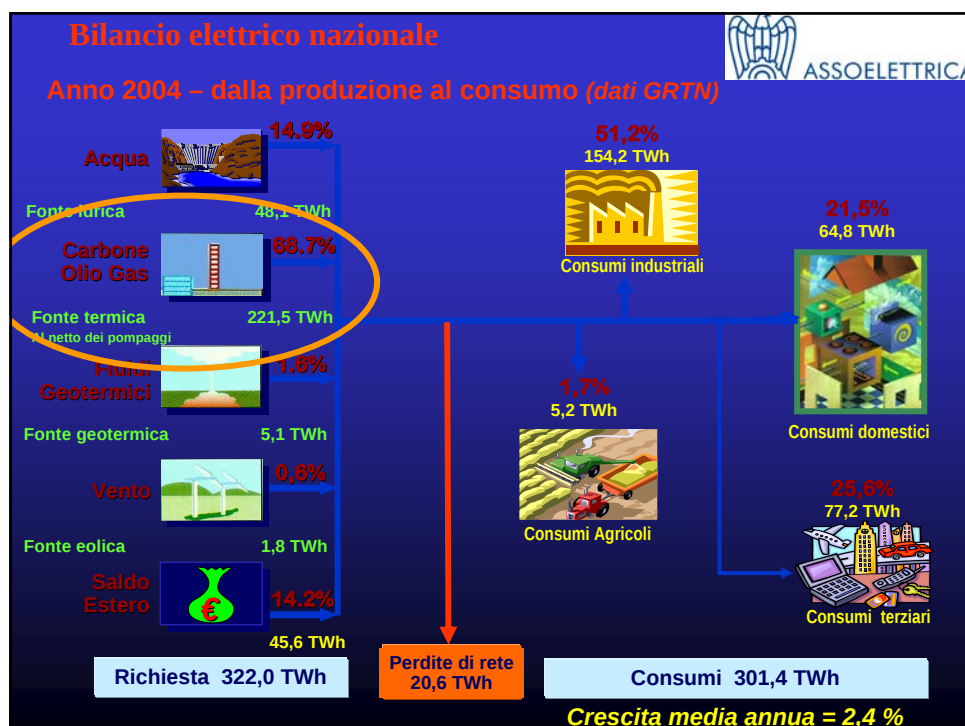
MMCM = Millions of Cubic Meters, MMT = Millions tons	Onshore	Offshore	Total
Estimated PG by CBM (MMCM)	6687	4566	11253
Estimated PG by ECBM (MMCM)	12037	8219	20256
CO ₂ Storage Capacity under ECBM (MMT)	42	29	71
CO ₂ Storage Capacity beyond ECBM (MMT)	110,1	83,5	193,6

Ripotenziamenti e conversioni di centrali esistenti: cantieri aperti e impianti avviati

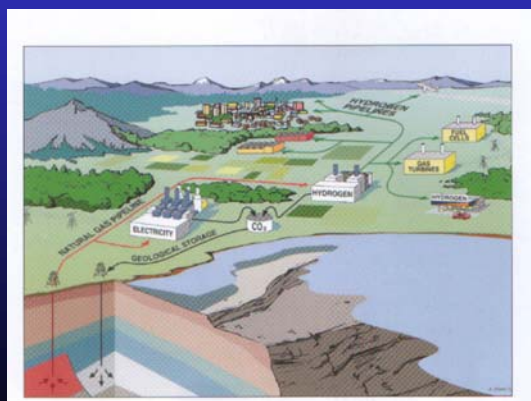
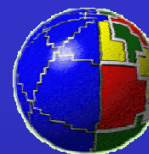


Cicli combinati greenfield: cantieri aperti e impianti avviati





Perché le tecniche CCS risolverebbero il PROBLEMA ENERGETICO



Ruolo degli idrocarburi naturali nelle riserve globali di energia:

Passato – Presente - Futuro

...his means that all new demand growth needs to come from OPEC and OPEC is neither ready nor prepared for the volumes needed... some of our friends ignore the geological realities... a realistic analysis is lost in this argument...

...questo significa che tutta la nuova crescita di domanda necessita di provenire dall'OPEC e l'OPEC non è ne pronta nè preparata per i volumi necessari alcuni nostri amici ignorano la realtà geologica si è persa un'analisi realistica su questo argomento... (Fesharaki, President International Association for Energy Economics, 2004, pg 4)



Lakatos



Riserve provate di petrolio e sua durata convenzionale (BP Amoco 2000)

R=Riserve mondiali
provate a fine 2000

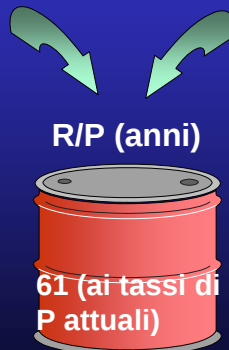
P=Produzione Mondiale
nel 2000



Riserve provate di gas naturale e sua durata convenzionale (BP Amoco 2000)

R=Riserve mondiali
provate a fine 2000

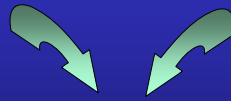
P=Produzione Mondiale
nel 2000



Riserve provate di carbone e sua durata convenzionale (BP Amoco 2000)

R=Riserve mondiali provate a fine 2000

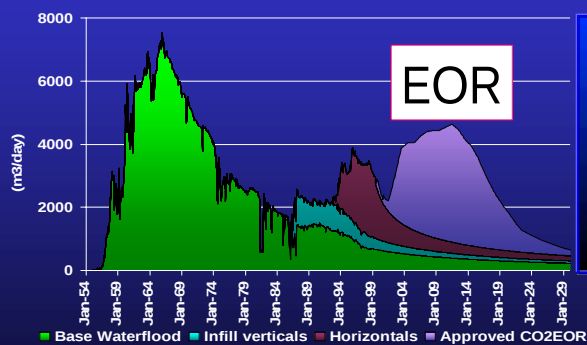
P=Produzione Mondiale nel 2000



R/P (anni)



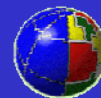
Urgente e necessario: EOR, EGR, NGP (Natural Gas Pressurization) con CO₂



EOR



Perché le tecniche CCS risolverebbero il PROBLEMA CLIMATOLOGICO



Il caso delle tecnologie CCS è molto chiaro: senza la sua urgente implementazione su scala industriale, gli esperti prevedono che le emissioni di CO₂ arriveranno in un aumento di temperatura globale di 1.4-5.8 C tra il 2000 ed il 2100 con CONSEQUENZE CATASTROFICHE SUL CLIMA.

Firmato:

IPCC, IEA, IEA_GHG, ZEP-EU, www.CCTP.gov, CSLF, etc..

L'anidride carbonica si stocca nel sottosuolo

■ Funziona il processo di stoccaggio geologico dell'anidride carbonica prodotta dalle industrie. Il sistema è stato sperimentato nel giacimento petrolifero canadese (nella foto Corbis un giacimento in Quebec) in fase di esaurimento di Weyburn. Qui, negli ultimi quattro anni, sono state iniettate 5 mila tonnellate al giorno di biossido di carbonio per verificare la sicurezza dello stoccaggio di questo gas serra, che in tal modo non è più immesso nell'atmosfera. Secondo i ricercatori, questa tecnica consente di trattenere nel sottosuolo per migliaia di anni il 99,99% dell'anidride carbonica iniettata, in quanto il gas si

autosigilla trasformandosi in materiale calcareo inerte. I risultati sono stati presentati al convegno dedicato alle tecnologie per il controllo dei gas serra che si è svolto a Vancouver, in Canada. All'esperimento ha partecipato per l'Italia l'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia.



INGV

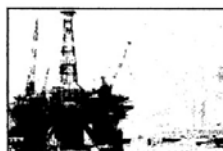
Il Sole **24 ORE**

Alfa



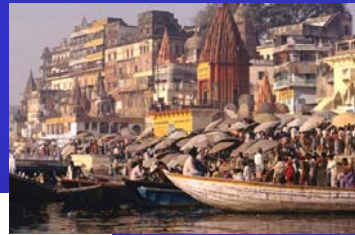
Data 31-03-2005
Pagina 13
Foglio 1

IN BREVE



**Divulghiamo
urgentemente !!!**

World Population: 6,056,528,577 beings

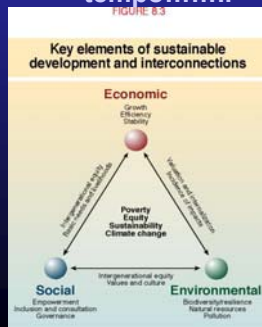


The Challenge: Sustainable Management of an Ever-Changing Planet

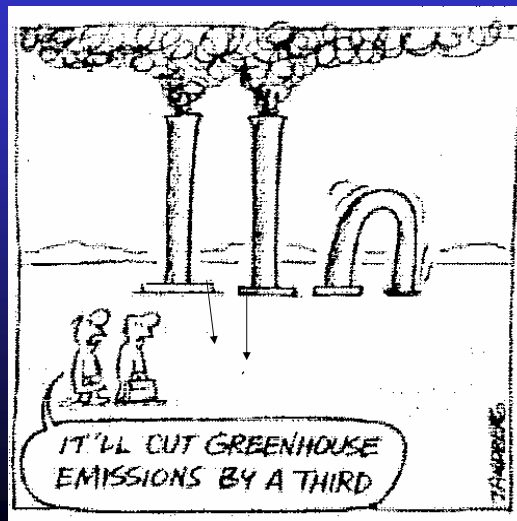
« E' urgente
applicare le
tecniche CCS ed in
particolare EOR di
CO₂ su scala
mondiale»

Quattrocchi, Firenze, 2003

.....
Abbiamo solo 20 anni di
tempo.....



CONCLUSIONI





INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

- **INGV** is the main national research institution specifically devoted to geophysics, structural geology and fluid geochemistry mainly applied to the monitoring of seismic, volcanic and naturally degassing areas. These kind of geodynamical settings are defined as "**CO₂ analogue**" in the frame of CCS studies.
- **INGV** is among the **main partners of the Environmental Ministry (MATT)** as regards *i)* the climate changes and models; *ii)* the environmental impact of both seismicity and of natural fluids or anthropogenic fluids, discharging in water, soils, atmosphere, with particular reference to CO₂, H₂S, Radon, CH₄ release in the geo-sphere.
- **INGV** is organised with divulgation and press-relationships. **Public acceptability of CCS (CO₂ Capture & Storage) industrial processes** and publicity of CCS projects is performed also in the frame of CO₂NET activities, being INGV partner since 2002. INGV Sponsored the Erice International School on CCS (1-7 Nov. 2007)

The CCS project and R&D strategies are followed for **INGV** by **Doct. Fedora Quattrocchi** Responsible of the **UF Fluid Geochemistry, Geological Storage and Geothermy, Rome 1 Section, also in the frame of CSLF.**

Quattrocchi F. + LGF-RM1 GROUP:



Buttinelli M., Voltattorni N., Sciarra A., Pizzino L., Galli G., Cantucci B., Cinti D.,

- Senior researcher-technologist of II level (Associated Professor level in Italy), responsible of the **Fluid Geochemistry Laboratory, INGV Rome 1 Section (LGF-RM1)** since 1990.
- INGV representative within the **CSLF (MAP)**
- Obtained (2005) First Intern. Master in “Technologies for the Greenhouse Gases reduction” University of Perugia, (May-December 2004).
- Italian member at the WG2 of the European Platform **ZEFFPP**
- Teacher **Master II level “Global Environmental Protection and Intern. Policies”** (2005/6).
- INGV member of the “Technical Commission of the Lazio Region on prevention and forecasting of natural gas emissions hazard in the Ciampino-Marino area.”
- project manager for INGV of **Rivara-CBM Ribolla**, recently funded by IGM-IES S.r.l.
- project manager for INGV of **ECBM Sulcis** Project (Sotacarbo & Carbosulcis S.p.A).
- scientific responsible for INGV of in **EOR WEYBURN** EC Project.
- scientific responsible **Progetto ENEL Alto-Lazio** (Fattibilità stoccaggio CO₂) 2006-2008.
- scientific responsible **Conv. CESI RICERCA-INGV-Data Base Stoccaggio CO₂ in Italia.**
- scientific responsible for the **LING(V)** of past **EC projects**: AGMV, Geochemical Seismic Zonation, 3F (Fault-Fracture-Fluids)- **CORINTH** EC Project.
- scientific responsible of the “**Diffuse Degassing in Italy**” **DPC V5 – UR 11 Project.**
- Expert Reviewer of the **IPCC** Special Report on CCS (SRCCS) .
- Organiser of the 2005 **Intern. Meeting IEA-GHG “Monitoring Network”** at INGV Rome