



VÝZKUM A VÝVOJ METOD A TECHNOLOGIÍ ZACHYCOVÁNÍ CO₂ V ELEKTRÁRNÁCH NA FOSILNÍ PALIVA A UKLÁDÁNÍ DO GEOLOGICKÝCH FORMACÍ V PODMÍNKÁCH ČR FR-TI1/379

Olga Ubrá, Václava Havlová





ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU

ŘEŠITEL: Ústav jaderného výzkumu Řež, a.s.
SPOLUŘEŠITELÉ: České vysoké učení technické – fakulta strojní
Česká geologická služba

ZAHÁJENÍ PROJEKTU: 01.07.2009
UKONČENÍ PROJEKTU: 30.06.2013, trvání projektu 4 roky

ČÍSLO PROJEKTU: FR-TI1/379

CELKOVÉ NÁKLADY: 49 500 000 Kč

Projekt je realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím MPO.



CÍLE PROJEKTU

1. Pro elektrárenský blok cca 200MW spalující tuzemské hnědé uhlí vyvinout koncepční návrh technologie zachycování CO₂ ze spalin optimálně integrované do základní technologie výrobního bloku a návrh dalšího nakládání s CO₂.

Zachycování CO₂ řešit ve dvou variantách:

- s vybranou metodou na bázi chemické absorpce,
- metodou na bázi oxyfuel vč. návrhu koncepce kotle pro spalování s kyslíkem.

Navržené technologie zachycování CO₂ integrovat do základní výrobní technologie elektrárenského bloku a provést technicko-ekonomické posouzení a porovnání obou navržených konceptů. Pro nové komponenty zpracovat výchozí technické podklady pro navazující průmyslový výzkum a vývoj.

2. Připravit odborné zázemí pro další nakládání s CO₂ – ukládání CO₂ do vybraných geologických formací v podmínkách ČR. Pro ukládání CO₂ do geologických formací vyvinout potřebné metodiky a analytické nástroje:

- Metodiky hodnocení migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím.
- Metodiky rizikové analýzy pro hodnocení bezpečnosti ukládání CO₂ do geologických struktur.
- Metodiky hodnocení přijatelnosti ukládání CO₂ do geologických formací pro veřejnost.

3. Vytvořit odbornou základnu (znalostní, personální) pro řešení problematiky CCS v ČR.



7 HLAVNÍCH VĚCNÝCH ETAP PROJKTU

ETAPA		ŘEŠITELÉ	ZAHÁJENÍ	UKONČENÍ
E1	Analýza spalování s kyslíkem. Vliv paliva a spalování na vlastnosti spalin, problematika OXYFUEL.	ÚJV Řež a.s. ČVUT FS	01.07.2009	31.12.2010
E2	Metody a technologie zachycování CO ₂ ze spalin. Principiální návrh dvou koncepcí: post-combustion (absorpce) a oxyfuel.	ÚJV Řež a.s. ČVUT FS	01.07.2009	31.12.2010
E3	Migrace a interakce CO₂ v horninovém prostředí.	ÚJV Řež a.s. ČGS	01.07.2009	30.06.2013
E4	Riziková analýza pro hodnocení bezpečnosti ukládání CO₂ do geologických struktur.	ÚJV Řež a.s. ČGS	01.01.2010	31.12.2012
E5	Integrace technologie zachycování CO ₂ do technologie bloku. Projektová studie.	ÚJV Řež a.s. ČVUT FS	01.09.2010	30.09.2012
E6	Přijatelnost ukládání CO₂ do geologických struktur pro veřejnost.	ÚJV Řež a.s. ČGS	01.01.2011	31.12.2012
E7	Technicko-ekonomická analýza bloku s CCS a porovnání dvou navržených koncepcí zachycování CO ₂ .	ÚJV Řež a.s. ČVUT, ČGS	01.04.2012	30.06.2013



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E1

E1 - Analýza spalování s O₂ - věcná náplň řešení.

E1.1 Ukončeno	Teoretický výzkum spalování a vlastností spalin tuzemského hnědého uhlí a hnědého uhlí s přídavkem biomasy s kyslíkem a se směsí kyslíku a části recirkulovaných spalin.
E1.2 Ukončeno	Výzkum vlivu způsobu spalování na technologii bloku. Potřebné změny koncepčního řešení kotle pro oxyfuel, požadavky na konstrukce nových a úpravy stávajících kotlů pro aplikaci oxyfuel.
E1.3 Probíhá do 12/2010	Vliv koncepce řešení spalování na provozní vlastnosti bloku (účinnost, spolehlivost, bezpečnost) a na ekonomii bloku (investiční náročnost, provozní náklady).
E1.4 Probíhá do 12/2010	Porovnání koncepce oxyfuel a spalování se vzduchem (teplotní úroveň, rozměry kotle, konstrukční materiál hořáků a výhřevných ploch, pomocné systémy).
E1.5 Probíhá	Výzkum optimálního řešení zajištění kyslíku pro aplikaci oxyfuel. Stávající a vyvíjené metody, dostupná technická řešení, ekonomie.
E1.6 Probíhá	Výzkum metod a technologií čištění a komprese separovaného CO₂. Požadavky na čištění, technologie čištění. Výpočty komprese.



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E2

E2 - Metody a technologie zachycování CO₂ ze spalin. Principiální návrh 2 konceptů separace CO₂ – separace metodou chemické absorpce a separace metodou oxyfuel.

E2.1 Ukončeno	Metody a technologie zachycování CO ₂ ze spalin po spalování, stav jejich výzkumu a vývoje ve světě. Fyzikálně chemická podstata a základní charakteristiky vyvíjených metod, faktory vymezující jejich aplikovatelnost. Absorpční procesy, reagenty, jejich přednosti a nedostatky. Ekonomie.
E2.2 Ukončeno	Základní charakteristiky metody oxyfuel a stav výzkumu a vývoje ve světě. Podstata a základní fáze procesu, technické a ekonomické posouzení.
E2.3 Ukončeno	Posouzení použitelnosti vyvíjených metod zachycování CO ₂ v podmínkách ČR. Výběr vhodné metody na bázi chemické absorpce pro další řešení konceptu post-combustion separace CO ₂ . Požadavky na technologii kotle pro řešení konceptu oxyfuel.
E2.4 Probíhá do 12/2010	Principiální návrh technologického řešení pro vybranou metodu na bázi chemické absorpce a pro metodu oxyfuel. Pro oba koncepty principiální schéma zapojení, rámcová specifikace základních komponent a návazností na technologii výrobního bloku.



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E5

E5 - Předprojektové studie bloku s integrovaným systémem zachycování CO₂ pro dva koncepty: separaci CO₂ metodou chemické absorpce a metodou oxyfuel.

ZAHÁJENÍ ŘEŠENÍ 10/2010.

E5.1	V kooperaci s ČEZ specifikace elektrárenského bloku pro aplikaci technologie s CCS, vstupní parametry pro řešení.
E5.2	Vývoj optimálního funkčního uspořádání bloku se zachycováním CO₂. Projektové studie pro obě varianty separace CO₂. Funkční schéma bloku s CCS, technologické řešení, základní komponenty, spotřeby energie a pracovních a pomocných medií, odpadní látky a vedlejší produkty.
E5.3	Vývoj optimální koncepce pomocných systémů a jejich zakomponování do celkové dispozice elektrárny. Řešení zajištění O₂ a čištění a komprese CO₂. Dispoziční uspořádání.
E5.4	Návrh kotle s oxyfuel technologií. Dopady technologie oxyfuel na funkční, projekční a konstrukční řešení technologie kotle. Projektová studie kotle s oxyfuel technologií.
E5.5	Zpracování základních technických podkladů a požadavků pro následný průmyslový výzkum a vývoj.



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E7

E7 - Technicko-ekonomická analýza, porovnání navržených konceptů elektrárenského bloku s CCS.

ZAHÁJENÍ ŘEŠENÍ 04/2012.

E7.1	Vývoj metodiky (matematického modelu) pro technicko-ekonomické posouzení nasazení systému CCS v elektrárně spalující uhlí a stanovení dopadů zařazení CCS na provozní a ekonomické ukazatele elektrárny (dopad na cenu elektrické energie na výstupu z elektrárny, náklady na jednotku uloženého CO ₂).
E7.2	Technicko-ekonomické posouzení dvou navržených konceptů zachycování CO ₂ integrovaných do výrobní technologie dané elektrárny a porovnání základních technicko-ekonomických ukazatelů obou případů.
E7.3	Podrobná analýza výsledků technicko-ekonomického hodnocení a porovnání obou variantních koncepcí. Závěry pro potenciální investory elektráren s CCS.
E7.4	Shrnutí výstupů řešení etapy E7, podklady pro rozhodování o investicích CCS v energetice. Shrnutí výstupů projektu, závěrečná dokumentace. Zpracování podkladů a doporučení pro případnou výstavbu demonstrační jednotky bloku s CCS v ČR a pro posuzování investic CCS v podmínkách ČR.



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E3

**E3 - Migrace a interakce CO₂ s okolním horninovým prostředím
Vypracování metodik studia migrace CO₂ ve vzorcích hornin a jeho interakce s horninovým materiálem za různých tlaků a predikce těchto procesů.**

E3.1 Ukončeno	Shrnutí poznatků o geologických formacích vhodných pro ukládání CO₂. Charakteristika hornin, příklady, projekty, vytipování vhodných oblastí v ČR.
E3.2 Ukončeno	Shrnutí poznatků o chování CO₂ v přírodním prostředí za různých tlaků. Rešeršní studie.
E3.3 Probíhá do 6/2013	Výzkum a vývoj metodik hodnocení migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím. Zaměření na: a) Měření propustnosti CO₂ přes nasycené horniny, b) Vývoj zařízení pro měření propustnosti CO₂ pro nasycené horniny za různých tlaků, c) Hodnocení difúze ve vodě rozpuštěného CO₂ přes horniny, d) Vývoj zařízení pro sledování interakce CO₂ s horninovým prostředím za různých tlaků, e) Studium interakce CO₂ s horninovým prostředím.
E3.4 Probíhá	Testování geochemických a transportních modelů pro hodnocení interakce CO₂ s horninovým prostředím. Modely PHREEQC, TOUGH, GoldSim. Příprava speciálních modulů pro modelování migrace a interakce CO₂ v horninovém prostředí.
E3.5	Testování vybraných hornin z hlediska jejich vhodnosti pro ukládání CO₂.



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E4

E4 - Riziková analýza pro hodnocení bezpečnosti ukládání CO₂ do geologických struktur. ZAHÁJENÍ ŘEŠENÍ 01/2010.

E4.1 Probíhá do 12/2010	Rešerše metod rizikové analýzy uplatnitelných pro ukládání CO₂ do geologických struktur. Shrnutí a posouzení dostupných metodik ukládání CO₂ s využitím zkušeností ÚJV Řež a.s. s ukládáním vyhořelého jaderného paliva.
E4.2 Probíhá do 12/2010	Definice procesů, jevů a událostí (FEP- Features, Events, Processes) relevantních pro ukládání CO₂ do horninového prostředí.
E4.3 Zahájení 01/2011	Vytvoření základních scénářů, relevantních pro bezpečnost ukládání CO₂ do geologického prostředí. Návrh základních scénářů pro vývoj úložiště relevantních pro podmínky ČR- scénář standardní a katastrofický.
E4.4 Zahájení 01/2012	Zpracování závěrečné analýzy.



VĚCNÁ NÁPLŇ ŘEŠENÍ E6

E6 - Přijatelnost ukládání CO₂ do geologického prostředí pro veřejnost. ZAHÁJENÍ ŘEŠENÍ 01/2011.

E6.1	Stanovení jednotlivých úrovní smysluplného dialogu. Stanovení úrovní komunikace mezi jednotlivými zainteresovanými stranami.
E6.2	Identifikace hlavních témat pro diskusi. Identifikace hlavních témat pro diskusi pro jednotlivé úrovně smysluplného dialogu.
E6.3	Stanovení vhodných forem komunikace a návrh konkrétních akcí pro zvyšování informovanosti veřejnosti, pro dosažení transparentnosti rozhodovacích procesů o umíst'ování a budování úložiště a pro dosažení spoluúčasti širší veřejnosti v rozhodovacích procesech.
E6.4	Shrnutí výstupů E6.



E3. Migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím- stav řešení

Výzkum a vývoj metodik hodnocení migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím s relevancí pro podmínky ČR (experimentální práce).

Vývoj experimentální cely pro studium migrace CO₂ horninou.

Experimentální plán:

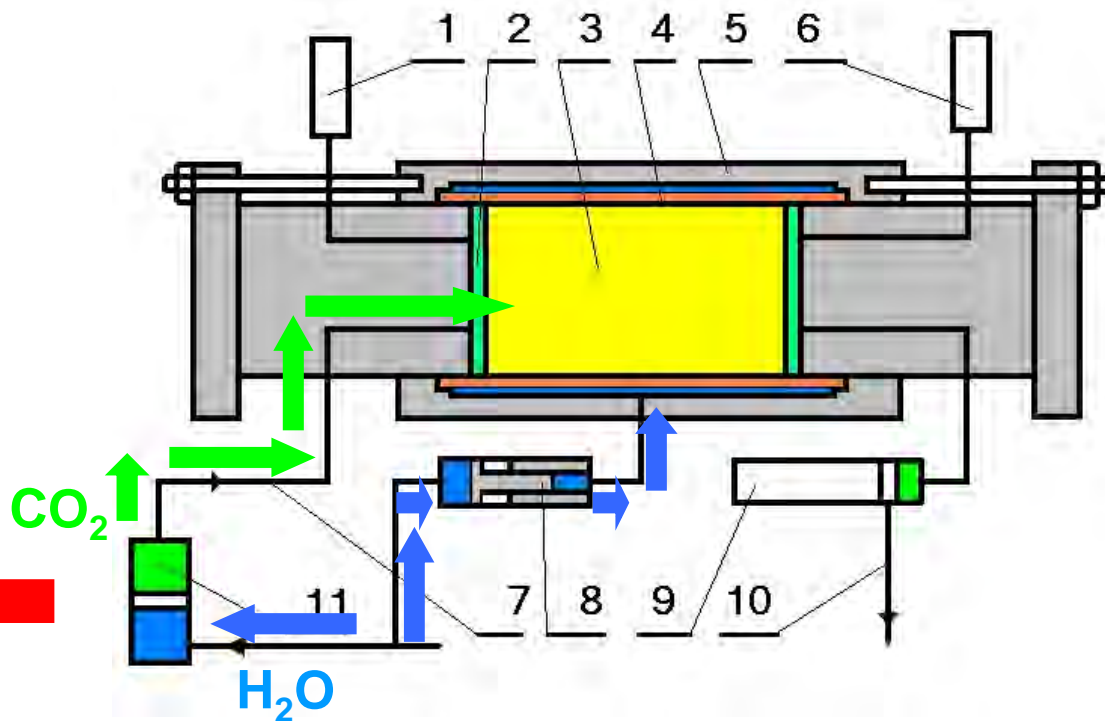
1. Studium průniku CO₂ vzorkem potenciálních hostitelských hornin.
 - Studium procesů v blízkosti vtláčecího vrtu.
 - Sledování působení CO₂/fluida nasyceného CO₂ na vzorek, nasycený solankou
 - Potenciální možnost sledování vzorků nasycených ropou.
 - Doplnění studií fázových změn horniny po interakci s CO₂.
2. Statické experimenty: studium fázových změn horniny po interakci s CO₂ či s fluidy nasycenými CO₂, případně uvolnění složek z horniny.
3. Testování použití radionuklidů jako stopovačů pro studium migrace rozpuštěných forem CO₂ v horninovém prostředí.
 - Difúze C-14 jako stopovače pro migraci rozpuštěného uhličitanu ve fluidech v horninovém prostředí.
 - Následně VERIFIKACE MODELŮ (PHREEQC, TOUGH2)

E3. Migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím - stav řešení

Vývoj experimentální cely pro studium migrace CO₂ horninou



Test těsnosti tlakového výměníku pro tlakování CO₂ až do 10 MPa



1. Snímač tlaku na vstupu, 2. Porézní destička,
3. Vzorek, 4. Silikonová membrána,
5. Tlaková komora, 6. Snímač tlaku na výstupu,
7. Vstupní tlak, 8. Multiplikátor, 9. Pojistný ventil,
10. Připojení na objemoměr, 11. Tlakový výměník



E3. Migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím, stav řešení

Testování geochemických a transportních modelů pro hodnocení interakce CO₂ s horninovým prostředím (PHREEQC, TOUGH2, TOUGHREACT).

– PHREEQC

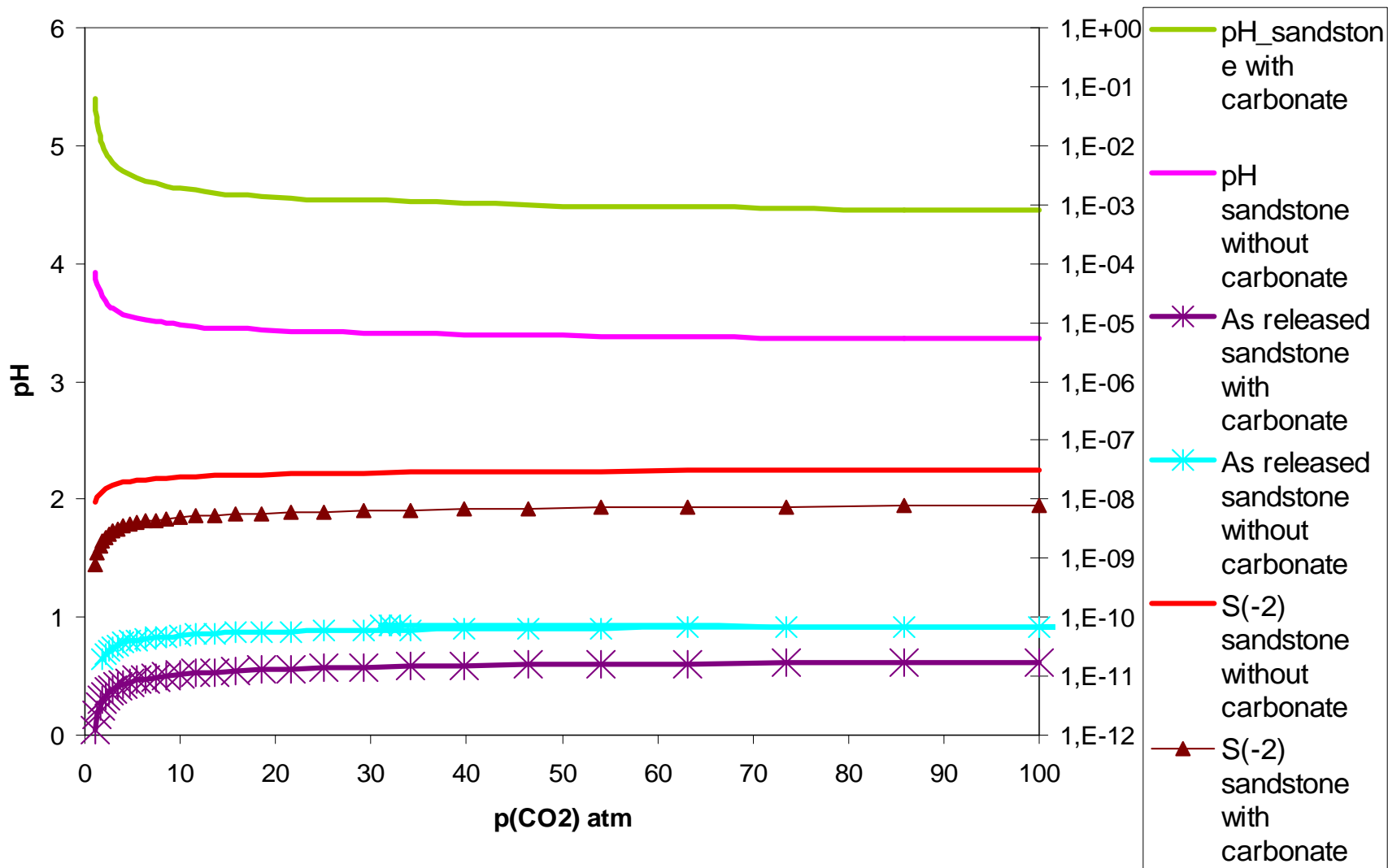
- Definice vstupních podmínek pro geochemické modelování (složení podzemní vody, minerálních fází, p-T podmínky vtláčení CO₂).
- Vliv salinity podzemní vody na speciaci CO₂ s použitím složení reálných podzemních vod.
- Rozpustnost plynu v závislosti na tlaku CO₂ (do 75 atm), salinitě, teplotě.
- Interakce podzemní vody – CO₂ – minerál.
- Testování programu pro laboratorní experimenty.

– TOUGH2, TOUGHREACT

- Řešení modelových výpočetních úloh pro injekci CO₂ do horninového prostředí.
- Modifikace modelových výpočetních úloh pro podmínky v horninovém prostředí dle definovaných podmínek v ČR.
- Testování programů pro laboratorní experimenty.



Simulace uvolnění arsenu za přítomnosti a nepřítomnosti karbonátů v hornině vlivem působení vtláčeného CO₂ (PHREEQC, 2009)





E3. Migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím- stav řešení

Testování vybraných hornin z hlediska jejich vhodnosti pro ukládání CO₂ (reálné vzorky, které odpovídají horninách, do nichž by mohl být CO₂ vtláčen).

Charakteristika vzorků : ČGS



**Reprezentativní vzorky
hornin, obdobných
potenciálního rezervoáru
(hluboká zvědeň):**
Hrubozrný pískovec. Lokalita
Cvrčovice,
hl. 49,2 m



**Reprezentativní vzorky hornin
nepropustných nadložních vrstev
(cap rock):**
Jílovec. Lokalita Hrušky,
hl. 1760-1775 m



E4. Metodiky rizikové analýzy pro hodnocení bezpečnosti ukládání CO₂ do geologických struktur- stav řešení

1. Zpracování databáze FEP (Features, Events, Processes) pro ukládání CO₂ na základě databáze Quintessa

Vyhodnocení všech událostí, které mohou postihnout nebo jimi může úložný systém projít v časovém intervalu, požadovaném pro retenci CO₂ (zemětřesení, eroze, doba ledová, těžba nerostů, intruze člověka, migrace CO₂ po puklině...).

Databáze vychází z databází NEA/OECD pro hodnocení bezpečnosti hlubinného úložiště VJP a RAO.

Rozpracováno, dokončení XII./2010.

2. Vytvoření základních scénářů, relevantních pro bezpečnost ukládání CO₂ do geologického prostředí.

Rozpracováno. Relevantní uvažovaným podmínkám ČR.



E6. Hodnocení přijatelnosti ukládání CO₂ do geologického prostředí pro veřejnost.

Přípravné práce. Využití zkušeností z řešení otázek, spojených s hodnocením přijatelnosti hlubinného uložení VJP a RAO v rámci ČR i EU (mezinárodní projekt FP6 Argona).

Nutno předpokládat reakci veřejnosti proti vybudování úložiště CO₂.

Not In My Backyard (NIMB) approach.

- Stanovení jednotlivých úrovní smysluplného dialogu.
- Identifikace hlavních témat pro diskusi.
- Stanovení vhodných forem komunikace a návrh konkrétních akcí.





VÝZKUM A VÝVOJ METOD A TECHNOLOGIÍ ZACHYCOVÁNÍ CO₂ V ELEKTRÁRNÁCH NA FOSILNÍ PALIVA A UKLÁDÁNÍ DO GEOLOGICKÝCH FORMACÍ V PODMÍNKÁCH ČR

ZÁVĚRY

Charakterizovaný projekt je zatím v ČR jediným projektem usilujícím o komplexní řešení problematiky CCS, tj. řešení separace CO₂ i ukládání zachyceného CO₂ a to při zohlednění podmínek ČR.

Řešení projektu zatím probíhá v souladu s uvedeným věcným a časovým programem. Získané poznatky a výsledky dosažené v prvním roce řešení byly publikovány v 6 výzkumných zprávách, které jsou k dispozici v knihovně ÚJV Řež a.s. a prostřednictvím dvou informativních posterů na mezinárodních konferencích.

První výsledky experimentálního výzkumu migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím s využitím navržené experimentální cely se očekávají koncem roku 2010.



VÝZKUM A VÝVOJ METOD A TECHNOLOGIÍ ZACHYCOVÁNÍ CO₂ V ELEKTRÁRNÁCH NA FOSILNÍ PALIVA A UKLÁDÁNÍ DO GEOLOGICKÝCH FORMACÍ V PODMÍNKÁCH ČR

Ústav jaderného výzkumu Řež a.s.

Děkuji Vám za pozornost.

Ing. Olga Ubrá, DrSc

ubr@ujv.cz

RNDr. Václava Havlová

hvl@ujv.cz

