



PODBANSKÉ 2016
SLOVAKIA

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VŘTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLŮVODÍKOV
PODBANSKÉ 2016

ZBORNÍK KONFERENCIE **THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

**NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VŘTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY
A USKLADŇOVANIA UHLŮVODÍKOV**
NEW KNOWLEDGE IN THE AREA OF DRILLING,
PRODUCTION, TRANSPORT AND STORAGE OF
HYDROCARBONS



**Organizovanú pod patronátom Slovenského plynárenského a naftového zväzu
a Slovenskej baníckej spoločnosti pri fakulte BERG**
ORGANISED UNDER THE PATRONAGE OF SLOVAK GAS AND OIL
ASSOCIATION AND SLOVAK MINING SOCIETY



9. - 11. november 2016 / NOVEMBER 9th – 11th, 2016

Grand Hotel Permon - Podbanské, Vysoké Tatry, Slovensko
Grand Hotel Permon, Podbanské, High Tatras, Slovakia

Organizátori konferencie / CONFERENCE IS ORGANISED BY:

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG,
Ústav zemských zdrojov
/ TECHNICAL UNIVERSITY OF KOSICE, FACULTY BERG,
INSTITUTE OF EARTH RESOURCES

Odborný garant konferencie / PROFESSIONAL GUARANTOR:

prof. Ing. Ján Pinka, CSc., F BERG, TU Košice, SR

Organizačný výbor / ORGANIZING COMMITTEE :

Predseda / CHAIRMAN : doc. Ing. Dušan Kudelas, PhD., F BERG, TU Košice, SR

Tajomník / SECRETARY: Ing. Marina Sidorová, PhD., F BERG, TU Košice, SR

Členovia / MEMBERS :

prof. Ing. Petr Bujok, CSc. VŠB TU Ostrava, ČR
prof. Dr. Ing. Andrzej Gonet, AGH Krakow, PL
prof. Dr. Ing. Stanislaw Rychlicki, AGH Krakow, PL
prof. Dr. Ing. Stanislaw Stryczek, AGH Krakow, PL
Ing. Erika Škvareková, PhD., F BERG, TU Košice, SR
Ing. Gabriel Wittenberger, PhD., F BERG, TU Košice, SR
Ing. Eliška Horniaková, PhD., F BERG, TU Košice, SR
doc. Ing. Ján Kizek, PhD., HF, TU Košice, SR

Medzinárodný programový výbor / INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE :

prof. Ing. Augustín Varga, CSc., HF, TU Košice, SR
prof. Dr. Ing. Stanislaw Nagy, AGH Krakow, PL
prof. Dr. László Tihanyi, PETROLEUM ENGINEERING DEPARTMENT, UNIVERSITY of MISKOLC, HU

Príspevky boli recenzované a prešli jazykovou korektúrou.

Lektorovali: prof. Ing. Ján Pinka, CSc.

Ing. Marina Sidorová, PhD.

Ing. Erika Škvareková, PhD.

Ing. Gabriel Wittenberger, PhD.

Editor: prof. Ing. Ján Pinka, CSc., Ing. Eliška Horniaková, PhD.

Vydanie: prvé

Vydavateľ: © TU v Košiciach, F BERG, Dekanát – Edičné stredisko / AMS

Náklad: 60 ks.

Rok: 2016

ISBN 978 – 80 – 553 – 3001 - 3



PODBANSKÉ 2016
SLOVAKIA

NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VRTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLÍKOVODÍKOV
PODBANSKÉ 2016

OBSAH

Vladimír Chmelko, Matúš Margetin, Martin Garan: Únavová pevnosť zvarov potrubí pri preprave plynu	1
Martin Klempa, Petr Bujok, Krzysztof Labus, Malgorzata Labus, Michal Porzer: Průběh realizace projektu „Příprava výzkumného pilotního projektu geologického ukládání CO ₂ v České republice (REPP-CO ₂)“	6
Lukáš Kopal, Libor Čapla: Odstraňovanie zberných plynových staníc na PZP Dolní Dunajovice	11
Ján Pinka: Možnosti využitia vytŕažených ložísk uhl'ovodíkov pre podzemné uskladňovanie zemného plynu na Slovensku	18
Ján Pinka: Hydraulické štiepenie pri ťažbe ropy a zemného plynu	27
Ján Pinka: História a súčasné možnosti ťažby ropy na Východnom Slovensku	34
Ján Pinka: Metódy a techniky používané na zábranu pieskovania sond při ťažbe ropy a zemného plynu	39
Ján Pinka, Petra Kormošová: Geotermálne vrty a možnosti výstavby geotermálnych elektrární v podmienkach Slovenskej republiky	52
Marina Sidorová: Arktída ako perspektívna oblasť pre ťažbu ropy a zemného plynu	60
Marina Sidorová: Spolupráca Číny a Ruska v dodávkach zemného plynu a ropy	66
Marina Sidorová: Najväčšie ropné spoločnosti a ich pôsobenie vo svete	71
Stanisław Stryczek, Rafał Wiśniowski, Andrzej Gonet, Albert Zlotkowski: Vplyv drsnosti pažníc na priľnavosť cementačnej zmesi	80
Dávid Széplaky, Erika Škvareková, Augustín Varga: Analýza teplotného poľa pre liniovú časť tranzitných plynovodov zemného plynu	87
Josef Šedivý, Josef Zaňát: Zkušenosti s využitím HWO (Hydraulic Workover Unit) - Snubbing Unit při podzemních opravách sond na PZP společnosti RWE Gas Storage v ČR	93
Erika Škvareková: Atmogeochemické merania pôdneho vzduchu	99
O.Yu. Vytyaz, R. S. Hrabowski: Predikcia podmienok dlhodobého zlyhávania vrtných rúr pri hlbinnom vŕtaní	106
Gabriel Wittenberger, Erika Škvareková: Pracovné kvapaliny používané pri vŕtaní hlbinných vrtov	109

CONTENST

Vladimír Chmelko, Matúš Margetin, Martin Garan: Fatigue strength of Šeld joint of gas pipelines	1
Martin Klempa, Petr Bujok, Krzysztof Labus, Malgorzata Labus, Michal Porzer: The progress of the project implementation "Preparation of a research pilot project for geological sequestration of CO ₂ in the Czech Republic (REPP-CO ₂)"	6
Lukáš Kopal, Libor Čapla: De-bottlenecking of gathering stations of UGS Dolní Dunajovice	11
Ján Pinka: Possibilities of using depleted hydrocarbon deposits to underground storage of natural gas in Slovakia	18
Ján Pinka: Hydraulic fracturing at extraction of oil and natural gas	27
Ján Pinka: History and current possibilities of oil production in Eastern Slovakia	34
Ján Pinka: Sand control - methods and techniques	39
Ján Pinka, Petra Kormošová: Geothermal wells and possibility of concustrion of geothermal power plant in Slovak Republic	52
Marina Sidorová: Arctic as a promising area for oil and gas	60
Marina Sidorová: Cooperation between China and Russia in the supply of natural gas and oil	66
Marina Sidorová: The largest oil companies and their action in the world	71
Stanisław Stryczek, Rafał Wiśniowski, Andrzej Gonet, Albert Zlotkowski: Influence of coarseness of casing on adhesiveness of hardened cement slurry	80
Dávid Széplaky, Erika Škvareková, Augustín Varga: Analysis of temperature field for line part of transit gas pipelines	87
Josef Šedivý, Josef Zaňát: Experience of using a Hydraulic Workover Unit - Snubbing Unit	93
Erika Škvareková: Atmogeochemic measurements of soil air	99
O.Yu. Vytyaz, R.S. Hrabowski: Prediction of conditions of long-term operated drill pipes failure	106
Gabriel Wittenberger, Erika Škvareková: Working liquids used in drilling deep boreholes	109
 Postery	
B. Jasiński, M. Uliasz, G. Zima, S. Błaż: The influence of glycol – potassium drilling mud the casing cementing quality	115
G. Zima, M. Uliasz, S. Błaż, B. Jasiński: Evaluation of drilling fluids in terms of quality cementing column	115
M. Uliasz, G. Zima, S. Błaż, B. Jasiński: Assessment of waste management of used drilling muds through their solidification on the basis of industrial trial	116
M. Kremieniewski, M. Rzepka: Prevention of the gas migration from the boreholes during the cement slurries design stage	117
M. Rzepka, M. Kremieniewski: Cement slurries with a short transition time for the oil wells	117
S. Błaż, M. Uliasz, G. Zima, B. Jasiński: Selection of drilling fluids to the layers of reduced reservoir pressure	118
K. Milek: Statistical analysis of production forecasts for Polish shale formations with computer simulation	118
Ł. Habera, A. Frodyma: The concept of a new perforating and fracturing tools – firing ground tests	118
V.P. Molchanov: Specifics of gold mineralization formation in coal-bearing occurrences in the south of the Russian Far East	119



NOVÉ POZNATKY V OBLASTI VŘTANIA, ŤAŽBY, DOPRAVY A USKLADŇOVANIA UHLOVODÍKOV
PODBANSKÉ 2016

9. - 11. november 2016, Grand Hotel Permon - Podbanské, Vysoké Tatry, Slovensko

PRŮBĚH REALIZACE PROJEKTU „PŘÍPRAVA VÝZKUMNÉHO PILOTNÍHO PROJEKTU GEOLOGICKÉHO UKLÁDÁNÍ CO₂ V ČESKÉ REPUBLICE (REPP-CO₂)“

THE PROGRESS OF THE PROJECT IMPLEMENTATION "PREPARATION OF A RESEARCH PILOT PROJECT FOR GEOLOGICAL SEQUESTRATION OF CO₂ IN THE CZECH REPUBLIC (REPP-CO₂)"

Martin Klempa¹, Petr Bujok¹, Krzysztof Labus², Malgorzata Labus², Michal Porzer¹

Abstrakt: V presentovaném článku jsou uvedeny základní informace o průběhu pilotního projektu „Příprava výzkumného pilotního projektu geologického ukládání CO₂ v České republice (REPP-CO₂)“, který je financován v rámci tzv. Norských fondů. Za VŠB – Technickou univerzitu Ostrava jsou do projektu zapojeni VV pracovníci Hornicko-geologické fakulty a spolupracovníci z PS Gliwice. V řešitelském konsorciu vedeném Českou geologickou službou jsou další 4 členové z České republiky (ÚJV, CVR, MU, Milligal) a jeden partner z Norska (IRIS). Z provozní sféry spolupracují na řešení společnosti MND a.s. a MND Drilling & Services a.s. Výzkumné aktivity jsou zaměřeny na rozvoj a zdokonalování metodik vybraných modelovacích, simulačních, laboratorních a monitorovacích postupů a technik využitelných zejména pro poznávání vhodnosti podzemních úložišť CO₂. V rámci projektu jsou prováděny činnosti, které směřují ke vzniku statického a dynamického modelu vybrané struktury, riziková analýza, monitoring apod. Stručně budou rovněž prezentovány výsledky laboratorních měření, která byla prováděna na vybraných horninových vzorcích z vybrané lokality a z lokality alternativní.

Klíčová slova: ložisko uhlovodíků, geosekvence, pilotní projekt

ÚVOD

Projekt „Příprava výzkumného pilotního projektu geologického ukládání CO₂ v České republice“ je řešen těmito výzkumnými institucemi: International Research Institute of Stavanger – IRIS (Norsko); ÚJV Řež a.s., Centrum výzkumu Řež, s.r.o., Masarykova univerzita – Ústav fyziky Země a společnost Miligal, s.r.o. Projektovým leaderem je Česká geologická služba – pobočka Brno. Významným spolupracovníkem z praxe je firma MND a.s. Hodonín a MND Drilling & Services a.s. Lužice, které daly k dispozici veškeré dostupné údaje (včetně horninových vzorků – vrtných jader) o vytypované lokalitě. Projekt končí v listopadu 2016.

Řešený projekt je rozdělen do 10 aktivit. Aktivita 1 - 5 odpovídají hlavním kritériím pro popis a posuzování plánovaného úložného komplexu a okolní oblasti, tak jak jsou definována v §26 Zákona č. 85/2012 Sb. o ukládání oxidu uhličitého do přírodních horninových struktur, konkrétně v definici příslušné nové přílohy k Zákonu č. 62/1988 Sb. o geologických pracích. Tyto aktivity se přímo vztahují k přípravě pilotního výzkumného projektu geologického ukládání CO₂ ve vybrané lokalitě, na vytěženém ložisku ropy LBr-1 na jihovýchodní Moravě. (Maděra, 2015; Maděra, 2016)

V rámci Aktivita 1 byly shromažďovány a analyzovány veškeré dostupné údaje pro posouzení pilotního úložného komplexu. Tyto zdroje sloužily jako vstupní data pro sestavení trojrozměrného statického geologického modelu úložiště a úložného komplexu (Aktivita 2) pro následné dynamické modelování (Aktivita 3), posouzení rizik (Aktivita 4) a návrh vhodného způsobu monitoringu úložiště (Aktivita 5).

Aktivita 6 byla zaměřena na širší souvislosti připravovaného pilotního projektu a to jednak z hlediska jeho dalšího vývoje (možné zdroje CO₂, střety zájmů, dopravní scénáře), jednak z hlediska možností budoucího širšího rozvoje technologie CCS v ČR, který je mimo jiné podmíněn dostatečnou úložnou kapacitou potenciálních úložišť.

¹ Ing. Martin Klempa, prof. Ing. Petr Bujok, CSc., Ing. Michal Porzer, Ph.D. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 17. listopadu 15, 708 00 Ostrava Poruba, Česká republika

² Dr.hab. prof. Krzysztof Labus, dr. hab. Inż. Malgorzata Labus, Silesian University of Technology, Faculty of Mining and Geology, ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Poland

Aktivita 7 se soustředí na metodický výzkum ve vybraných klíčových oblastech charakterizace a posuzování úložišť; Aktivita 8 a 9 jsou věnovány publicitě, šíření informací a vzdělávání. Do Aktivita 10 byl vyčleněn management, organizace a řízení projektu, včetně podpůrných administrativních aktivit.

Pracovníci fakult HGF a FMMI VŠB – TU O se podílejí v různé míře na řešení všech dílčích aktivit. Jako hlavní řešitelé pak zabezpečují zpracování „Výzkumných aktivit v kapitole 7“.

CÍLE AKTIVIT

Hlavním cílem Výzkumných aktivit je rozvinout a zdokonalit metodiku vybraných laboratorních, modelovacích, simulačních a monitorovacích postupů a technik, které mají zásadní význam pro posuzování úložišť CO₂ a další související aktivity, jako jsou statické a dynamické modelování, riziková analýza, monitoring úložišť apod. Přestože výstupy této aktivity nebude z důvodu krátké doby trvání projektu možno aplikovat přímo na posuzovanou strukturu LBr-1 v rámci projektu REPP-CO₂, budou mít zásadní význam pro další práce jak v dalších etapách pilotního projektu, tak při posuzování dalších potenciálních úložišť CO₂ v ČR.

V laboratorních Institutu čistých technologií těžby a užití energetických surovin (ICT) VŠB – TU O byla realizována měření na vybraných horninových vzorcích z vrtných jader z ložiskových obzorů původně sycených ropou. Zbytkové sycení vycházelo z dostupných podkladových údajů. K vlastním zkouškám byl využit fázový permeametr BRP 350 a FDS 350. Injektáž CO₂ byla realizována za ložiskových tlakově teplotních podmínek. Sledován byl zejména objem vytěsňené ropy a možnosti optimalizace vytěsňovacích procesů v praxi k dosažení synergického efektu – jednak uložení CO₂, jednak zvýšení vytěžitelnosti.

Další metodický výzkum byl zaměřen na vliv CO₂ na vystrojení vtláčecích sond. Hlavním cílem výzkumu byla minimalizace rizika úniku CO₂ z úložiště formou zapažnicové komunikace. CO₂ v kombinaci s ložiskovými pT podmínkami a vrstevními kapalinami může mít degradující vliv nejen na připočtovou část sondy, ale i na kvalitu provedené cementace, pažnice, pakry aj. Z tohoto důvodu je nutné provést laboratorní výzkum vlivu oxidu uhličitého zejména na pevnostní vlastnosti používaných cementů, korozivní účinky CO₂ na vystrojení sondy (pažnice, injektážní tyče, pakry, atd.) a v neposlední řadě bylo nutno také popsat vliv CO₂ na kontaktech horniny x cement x pažnice. Na základě těchto laboratorních výsledků bude možno v případě budování podzemního úložiště CO₂ doporučit materiály vhodné pro vystrojení vtláčecích sond. Díky tomuto výzkumu se výrazně sníží riziko úniků a tím se maximalizuje dlouhodobá bezpečnost daného úložiště z hlediska úniků sondou nebo okolo ní. (Bujok et al., 2012; Bujok et al. 2014)

K výzkumu byla rovněž využita reakční komora RK 1 (patent č. 306107), která umožňuje výše popsané interakce laboratorně modelovat. Tlakově teplotní podmínky v reakční komoře odpovídaly podmínkám ložiska LBr-1, jednotlivé testované materiály byly ponořeny do odpovídající ložiskové vody. Tím byly velmi věrohodně simulovány reakční podmínky v zájmových horizontech. Testované vzorky (cement, pažnice, horniny, atd.) v této základní fázi výzkumu odpovídaly běžně používaným vystrojovacím materiálům. Při výzkumu vlivu CO₂ na kontaktech horniny - cement - pažnice bylo postupováno podle verifikované metodiky.

V rámci řešení tohoto projektu bylo využito stávající členství ČGS a IRIS v Evropské síti excelence pro geologické ukládání CO₂ CO₂GeoNet. Řešený projekt je plně v souladu s klimaticko-energetickými cíli, které byly vytyčeny do roku 2030 na významném summitu představiteli států EU, jenž proběhl na konci října roku 2014 v Bruselu. Tyto cíle jsou následující:

- Snížení emisí CO₂ o 40 % do roku 2030 v porovnání s rokem 1990. Zvýšení podílu obnovitelných zdrojů (celoevropsky na 27 %).
- Dále bude pokračovat stávající nástroj NER 300, a to i pro zachycování a ukládání uhlíku a obnovitelné zdroje energie, přičemž jeho působnost bude rozšířena na nízkouhlíkové inovace v průmyslových odvětvích a počáteční prostředky se zvýší na 400 miliard povolenek (NER 400).
- Zvýšení energetické účinnosti (indikativní cíl - 27 % až 30 %).
- Zvýšení podílu vzájemného propojení přenosných sítí (10 % až 15 %).
- Zvýšení ceny emisních povolenek a stabilizace systému EU ETS (očekává se postupný nárůst cen na cca 11,5 Eur/tunu za CO₂ v roce 2018 až 26 Eur/tunu za CO₂ v roce 2030).

REALIZOVANÁ MĚŘENÍ PETROFYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ

K poznání kvality úložných horizontů a nadložních těsnících horizontů bylo potřeba jednak analyzovat dřívější měřená petrofyzikální data, jednak provést nová měření, která odpovídala pT podmínkám uvažovaných horizontů vybraného ložiska. Nově získaná data byla srovnána s archivními a byly predikovány závěry vztažené k fyzikálnímu ohodnocení vybrané struktury. K vlastním laboratorním testům byla použita vrtná jádra, která byla v minulosti získána v rámci průzkumů a těžební otvírky. Jádra se z počátku jevila v relativně dobrém, laboratorně použitelném stavu a v dostatečném množství a četnosti jak pro rezervoárové horizonty, tak i izolační horizonty. Při bližší kontrole však byl konstatován pravý opak.

Vybrané vzorky jader (v převážné většině z nadloží nebo podloží) vhodné k laboratornímu stanovování petrofyzikálních vlastností byly převezeny do Laboratoře stimulace vrtů a ložisek uhlovodíků VŠB – TU O, kde byly upraveny do podoby vhodné k analýzám. V rámci výzkumu byl využit Automatický porozimetr a permeametr, který je schopný stanovit s velkou přesností řadu základních fyzikálních vlastností daného vzorku (pórovitost, propustnost, objemy, hustoty, aj.) za tlakových podmínek odpovídajícím stavu v reálných podmínkách in situ. Dále byl využit fázový permeametr BRP 350 a FDS 350, který je schopný fázově modelovat situaci v jednotlivých horizontech za příslušných pT podmínek. Byly stanovovány fázové propustnosti pro ropu, CO₂ a vodu. K doplňkovému měření byla využita retortová pec, která umožnila stanovit na daných vzorcích zbytkové nasycení ložiskovými kapalinami. (Klempa et al., 2013)

Jednotlivé výstupy prací obsahovaly přehledy hodnot účinné pórovitosti v jednotlivých kolektorských horizontech dle rozsahu zastížení v jednotlivých vrtech a stavu dochovaných jader se zohledněním bočního geostatického tlaku a tlaku v dané hloubce; přehled hodnot permeability (pro ropu, CO₂, vodu) v jednotlivých kolektorských horizontech se zohledněním pT podmínek pro dané hloubky uložení; přehled hodnot účinné pórovitosti nadložních (krycích) vrstev se zohledněním bočního geostatického tlaku v dané hloubce a přehled hodnot permeability (pro CO₂) nadložních (krycích) vrstev se zohledněním pT podmínek pro dané hloubky uložení. Výstupy budou zpracovány do jednotného datového souboru a využity při konstrukci 3D geologického modelu v Aktivitě 2.

VÝZKUM GEOCHEMICKÝCH PARAMETRŮ

Geochemické parametry úložného komplexu představují zásadní komplex informací pro další posouzení horninového masívu z hlediska možnosti ukládání CO₂. Jsou základním vstupním údajem pro geochemické modelování úložného komplexu, včetně simulace dynamických změn (předmět Aktivity 3).

Při procesu injektáže CO₂ do horninového prostředí dochází ke vzájemným interakcím v systému CO₂ – vrstevní voda – (ropa) – hornina. Základním předpokladem je, že vzhledem k teplotě a tlaku v hloubkách, do kterých je CO₂ injektován (obvykle pod 800 m) se CO₂ stává superkritickou tekutinou. Injektovaný CO₂ pak mění podmínky v horninovém prostředí zcela zásadním způsobem. Pokud uvažujeme k ukládání hluboké sedimentární struktury (nejlépe dotěžená ložiska uhlovodíků), pak je nutno brát v úvahu i přítomná rezervoárová fluida (solanka, ropa, plyn). Při injektáži CO₂ může docházet k řadě procesů. Rozsah těchto reakcí za definovaných podmínek prostředí je základním klíčem k popisu geochemického chování úložiště v dlouhodobém měřítku a tím i vyhodnocení možnosti bezpečného ukládání CO₂ do tohoto prostředí (Klempa et al., 2012). Problematice geochemického popisu dějů při vtlačování CO₂ je věnována pozornost již od 90. let 20. stol. Od poloviny devadesátých let proběhla řada experimentů a byly publikovány geochemické modely zaměřené na vliv fugacity CO₂ na rozpouštění a srážení horninotvorných minerálů a chemické složení solanky. Všechny tyto poznatky byly využity při řešení Aktivity 1.

Při vtlačení superkritického CO₂ (spCO₂) do prostředí porézních sedimentárních hornin, nasycených původními tekutinami je nutno rozlišit několik zón působení tohoto fluida na horniny v blízkosti vrtu. Procesy, které nastávají v horninovém prostředí po zahájení vtlačení, nejsou doposud zcela jednoznačně popsány a to zejména z experimentálního hlediska. (Pinka, 2014; Stryczek et al., 2015) V literatuře není popsáno příliš mnoho experimentů, které by se přímo zabývaly dynamickým průnikem spCO₂ horninovými vzorky. Prováděný výzkum byl proto teoreticky i prakticky zaměřen na následující problematiku:

- interakce v blízkosti injektážního vrtu - interakce CO₂ a cementu, interakce mezi CO₂, cementem a horninou, změny koncentrace roztoku vlivem rozpouštějícího se CO₂;
- dlouhodobá interakce CO₂ s horninami a fluidy v kolektoru a v nadložních horninách - přesuny velkého množství hmot v pórovém prostoru za vysokého tlaku a s velkým teplotním gradientem; otázka snížení permeability mající přímý vliv na probíhající injektáž;
- interakce CO₂ s horninami podél únikových cest - podél injektážních vrtů, podél zlomových struktur a přes horniny pokryvných útvarů;
- vytlačení rezervoárových fluid (solanek) do okolních nebo nadložních akviferů a souvisící geochemické procesy.

ANALÝZA A MODELOVÁNÍ GEOCHEMICKÝCH REAKCÍ, ROZPOUŠTĚNÍ A TVORBY MINERÁLŮ V PROSTŘEDÍ ÚLOŽIŠTĚ V REZERVOÁROVÝCH P-T PODMÍNKÁCH

Cílem tohoto dílčího úkolu bylo otestování numerických nástrojů a jejich následné využití pro modelování migrace a interakce CO₂ s horninovým prostředím. Pro matematické modelování procesů ve zvodnělých kolektorech byl využit softwarový nástroj „The Geochemist’s Workbench 7“ (GWB) (Labus et al., 2011, 2016; Bujok et al., 2013). Využití tohoto simulátoru umožňuje provedení řady pokusných výpočtů pro definování a kvantifikaci vztahů mezi efekty procesu sekvestrace a hydrochemickými, termodynamickými

a kinetickými charakteristikami a rovněž strukturními a petrofyzikálními vlastnostmi horninového prostředí, které souvisí s procesy injecktáže.

Modelování bylo realizováno ve dvou etapách. První etapa byla zaměřená na sledování fázových – minerálních změn probíhajících v horninovém prostředí na počátku procesu zatlačení CO₂, druhá zhodnotila změny způsobené vlivem CO₂ po ukončení procesu jeho injecktáže do propustných hornin.

LABORATORNÍ ANALÝZY INTERAKCÍ MEZI HORNINAMI, REZERVOÁROVÝMI FLUIDY A SUPERKRITICKÝM CO₂

Reakce superkritického CO₂ (spCO₂) s horninami a rezervoárovými fluidy byly modelovány v laboratořích ICT pomocí reakční komory RK 1. K výzkumu byla využita vybraná vrtná jádra z uvažovaných úložných horizontů a analogické vzorky z ložiska Hrušky. Před vlastním výzkumem byl proveden detailní mineralogický a petrografický popis vzorků. Vzorky pak byly vloženy do reakční komory, která byla vyplněna ložiskovou vodou a dotlačována pomocí CO₂ na příslušný ložiskový tlak. Reakční komora byla rovněž v průběhu pokusů vyhřívána na příslušnou ložiskovou teplotu. Změny, které uvnitř komory probíhaly, byly průběžně zaznamenávány pH sondami. Po skončení reakcí byly testované vzorky vyjmuty a předány k dalším analýzám (mikrosonda, spektrometr, rentgen, elektronový mikroskop). Obdržené výsledky poskytly velmi přesnou představu o mineralogických, reologických aj. změnách rezervoárových hornin. Tímto způsobem byly sledovány i interakce mezi CO₂ a nadložním těsnícím obzorem.

Po uzavření ložiska obvykle v rezervoáru nastává výrazná redistribuce fluid. Posouzení možné mobilizace zbytkové ropy v důsledku její interakce s injektovaným CO₂ má proto pro modelování vývoje rezervoáru velký význam.

Za stejných tlakově teplotních podmínek a ve stejném prostředí (vrstevní voda, CO₂) byly v reakční komoře RK 1 sledovány vzorky cementů a materiálové vzorky běžně používaného vystrojení provozních sond (pažnice, stupačky, vrtné tyče). Analýzu vlivu CO₂ na kovové materiály prováděli pracovníci Institutu Nauki o Materialach PS v Katovicích pod vedením prof. J. Szaly. U sledovaných vzorků cementů pak byly kromě mineralogických změn sledovány zejména jejich pevnostní charakteristiky.

ZÁVĚR

Pracovníci HGF se ve spolupráci s katedrou chemie FMFI, Wydziałem Geologii Stosowanej v Gliwicích a WWNiG AGH Krakow věnují dané problematice již řadu let. Zde je možno zmínit jednak dva úspěšně ukončené projekty. Projekt č. 60-08 (ČBÚ) „Možnosti geosekvence CO₂ v podmínkách hlubinných dolů, ČBÚ, 2008-2010“ a projekt s Politechnikou Slaskou v Gliwicích: „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania“, jednak dlouhodobou spolupráci formou hospodářských smluv s MND a.s. Hodonín na řešení problematiky aplikace CO₂ při zvyšování výtěžnosti ropných ložisek.

Zapojení České geologické služby a IRIS do CO₂GeoNet umožnilo rovněž zapojení se do intenzivní aktivity směřující k začlenění českého pilotního úložiště LBr-1 mezi vybrané lokality evropského výzkumného projektu připravovaného pro program Horizon 2020, výzva „Bezpečná, čistá a účinná energie“. Tento projekt se již v CO₂GeoNet předběžně připravuje; v roce 2015 proběhla hlavní plánovací fáze přípravy tohoto projektu. Jeho přijetí by v případě úspěchu umožnilo bezprostřední pokračování aktivit realizovaných v rámci REPP-CO₂ a další posun vývoje celého pilotního projektu směrem k jeho realizaci (formou reálných pilotních vrtů), což by bylo významným příspěvkem k zajištění udržitelnosti výsledků projektu.

Poděkování:

Článek vznikl rovněž v rámci projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin - Projekt udržitelnosti. Identifikační kód: LO1406. Projekt je podporován Národním programem udržitelnosti financovaném ze státního rozpočtu ČR.

LITERATURA

Bujok, P.; Klempa, M.; Porzer, M.; Pavluš, J.; Skupien, P.: Determination of rock samples characteristics from the exploration perspective of the natural gas from unconventional types of deposits. 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2013), Vol 2, pages 945 – 950, June 16 – 22, 2013, Albena, Bulgaria. ISSN 13142704, ISBN 978-954918187-6.

- Bujok, P.; Klempa, M.; Porzer, M.; Rodríguez, M. A. J. G.; Pánek, P.: Studium vlivu CO₂ na vystrojení injecktážních sond a okolní horninové prostředí - laboratorní výzkum. *Paliva*, 6 (4), 2014. ISSN 1804-2058.
- Klempa, M.; Porzer, M.; Bujok, P.; Šancer, J.; Pánek, P.: The laboratory research of CO₂ influence to cement labels used in drilling industry. 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2012), Vol 2, pages 519 – 525, June 17 – 23, 2012, Albena, Bulgaria. ISSN 1314-2704.
- Klempa, M.; Porzer, M.; Bujok, P.; Pavluš, J.: Research on petrophysical properties of chosen samples from the point of view of possible CO₂ sequestration. *GeoScience Engineering*, Issue 4 – special, 2013. ISSN 1802-5420.
- Labus, K.; Bujok, P.; Klempa, M.; Porzer, M.; Matýsek, D.: Preliminary geochemical modeling of water-rock-gas interactions controlling CO₂ storage in the Badenian Aquifer within Czech part of Vienna Basin. *Environmental Earth Science*, volume 75, issue 14, article number 1086, 2016. ISSN 18666280.
- Labus, K.; Bujok, P.; Lesniak G.; Klempa, M.: *Badania reakcji w systemie woda-skala-gaz dla celów sekwestracji CO₂ w poziomach wodonosnych*. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Slaskiej, Gliwice 2011. ISBN 978-83-7335-902-4.
- Maděra, P.: Newsletter projektu REPP-CO₂ – Příprava výzkumného pilotního projektu geologického ukládání CO₂ v České republice. Česká geologická služba, číslo 1, 2015. ISBN 978-80-7075-877-9.
- Maděra, P.: Newsletter projektu REPP-CO₂ – Příprava projektu geologického ukládání CO₂ v ČR. Česká geologická služba, číslo 2, 2016.
- Pinka, J.; Végsőová, O.; Pinková, V.; Popčáková, D.: Options and prospects of underground storage of carbon dioxide in the Slovak Republic. *SGEM 2014*, volume 1, Albena, Bulgaria. ISSN 13142704
- Stryczek, S.; Gonet, A.; Wiśniowski, R.; Zlotkowski, A.: New-generation sealing slurries for borehole injection purposes. *Archives of Mining Sciences*, volume 60, issue 4, 2015. ISSN 08607001