



## Pilotażowy projekt badawczy geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w Republice Czeskiej (REPP-CO<sub>2</sub>)

Petr Bujok<sup>1</sup>, Sylwia Lutyńska<sup>2</sup>, Martin Klempa<sup>1</sup>, Michal Porzer<sup>1</sup>

Research Pilot Project on CO<sub>2</sub> Geological Storage in the Czech Republic (REPP-CO<sub>2</sub>). Prz. Geol., 65: 159–160.

*Abstract.* The paper presents information about the latest pilot project entitled “Preparation of a Research Pilot Project on CO<sub>2</sub> Geological Storage in the Czech Republic (REPP-CO<sub>2</sub>)”. This project was funded by the Norway Grants and performed by the consortium led by the Czech Geological Survey (ČGS) in cooperation with a Norwegian partner – IRIS (International Research Institute of Stavanger), and VSB – Technical University of Ostrava also employees of Faculty of Mining and Geology and the Faculty of Metallurgy and Materials Engineering. The scientists from the Institute of Applied Geology (Silesian University of Technology) were also involved in this Project. The main objective of the research activities was to develop and improve the methodology of chosen laboratory, modelling, and simulation and monitoring procedures and techniques, which are essential for the assessment of CO<sub>2</sub> storage and other related activities, such as static and dynamic modelling, risk analysis, repository monitoring, etc.

**Keywords:** CCS, geological storage, depleted hydrocarbon deposits, pilot project

Zagadnienie geologicznej sekwestracji CO<sub>2</sub> jest przedmiotem intensywnych badań prowadzonych zarówno w kraju, jak i za granicą od lat 90. XX w. Koncepcja podziemnego składowania gazu w głębokich strukturach geologicznych (głównie w poziomach wodonośnych oraz złożach węglowodorów) została przedstawiona w szeregu publikacji (m.in. Labus & Bujok, 2011; Tarkowski i in., 2015). Prowadzone prace są głównie związane z badaniami interakcji zatłaczanego CO<sub>2</sub> ze środowiskiem skalnym, oszacowaniem pojemności składowania oraz wykorzystaniem iniekcji CO<sub>2</sub> w celu intensyfikacji wydobycia ropy naftowej. Większość opracowań jest oparta na rezultatach modelowania geochemicznego, jedynie nieliczne badania eksperymentalne pozwalają na weryfikację tych wyników. Rezultaty prac opartych na badaniach doświadczalnych stanowią więc istotny wkład w rozwój wiedzy z zakresu geologicznej sekwestracji CO<sub>2</sub> – w ten właśnie nurt wpisuje się zaprezentowany tutaj pilotażowy projekt składowania CO<sub>2</sub> w Republice Czeskiej.

Podobny projekt, w zakresie przyszłego wdrożenia technologii geologicznej sekwestracji dwutlenku węgla, był realizowany w Polsce. Ministerstwo Środowiska uruchomiło w 2008 r. krajowy program pt. „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO<sub>2</sub> wraz z ich programem monitorowania”, którego liderem został Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy. W ramach projektu zostały rozpoznane i udokumentowane potencjalne składowiska CO<sub>2</sub> w solankowych poziomach wodonośnych na obszarze Polski ([www.skladowanie.pgi.gov.pl](http://www.skladowanie.pgi.gov.pl)).

Celem publikacji jest przedstawienie informacji dotyczących nowego projektu pilotażowego geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w Czechach (REPP-CO<sub>2</sub>), finansowanego z funduszu tzw. mechanizmu norweskiego, realizowanego przez konsorcjum badawcze kierowane przez Czeską Służbę Geologiczną (ČGS). Zasadniczym celem projektu było opra-

cowanie bądź usprawnienie wybranych metod laboratoryjnych i symulacyjnych oraz procedur i technik, istotnych z punktu widzenia oceny składowania CO<sub>2</sub> oraz innych powiązanych działań, takich jak analiza ryzyka i monitoring składowisk tego gazu.

### OPIS ZADANIA

Przedsięwzięcie (CZ08-0003) zatytułowane: „Przygotowanie pilotażowego projektu badawczego geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w Republice Czeskiej” (“Preparation of a Research Pilot Project on CO<sub>2</sub> Geological Storage in the Czech Republic – REPP-CO<sub>2</sub>”) rozpoczęto w lutym 2015 r., a jego zakończenie nastąpiło w październiku 2016 r.

Projekt był realizowany przez konsorcjum, w skład którego wchodził: Czeska Służba Geologiczna – lider projektu, partner norweski – Międzynarodowy Instytut Badawczy Stavanger (IRIS), Wyższa Szkoła Bańska w Ostrawie (VŠB – TUO), Instytut Badań Nuklearnych (ÚJV Řež), Centrum Badawcze Řež, Uniwersytet Masaryka – Instytut Fizyki Ziemi. Partnerem przemysłowym była firma Miligal, dodatkowo w projekcie uczestniczyła firma naftowa MND Hodonin, udostępniająca wymagane dane złożowe (w tym próbki skał z rdzeni wiertniczych) z rejonu badań. W projekcie tym czynnie brali udział także partnerzy z Instytutu Geologii Stosowanej Politechniki Śląskiej.

Szczegółowe informacje dotyczące projektu zostały zamieszczone na jego oficjalnej stronie <http://www.geology.cz/repp-co2>.

### Zadania badawcze

Projekt obejmował 10 zadań badawczych, bezpośrednio związanych z przygotowaniem pilotażowego przedsięwzięcia geologicznego składowania CO<sub>2</sub> w wyeksploatowanym złożu ropy naftowej LBr-1 w południowo-wschodnich Morawach.

<sup>1</sup> Institute of Geological Engineering, Faculty of Mining and Geology, VSB-TU Ostrava, ul. 17 Listopadu 15, Ostrava-Poruba; petr.bujok@vsb.cz, martin.klempa@vsb.cz, michal.porzer@vsb.cz.

<sup>2</sup> Instytut Geologii Stosowanej, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice; sylwia.lutynska@polsl.pl.

Pierwszych pięć zadań obejmowało opis i ocenę planowanego składowiska oraz jego otoczenia, zgodnie z obowiązującymi w Republice Czeskiej przepisami ustawy nr. 85/2012 Sb. w sprawie składowania dwutlenku węgla w strukturach geologicznych ([www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-85](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-85)).

Zadanie 1 – było poświęcone gromadzeniu i analizie wszystkich dostępnych danych, służących ocenie kompleksu geologicznego, w którym było planowane składowanie CO<sub>2</sub>. Liderem tego zadania, jak i całego projektu, była Czeska Służba Geologiczna.

Zadania 2 i 3 – polegały odpowiednio na stworzeniu trójwymiarowego statycznego modelu geologicznego reperytorium oraz wykonaniu modelowania dynamicznego procesu składowania. Koordynatorami tych zadań była Czeska Służba Geologiczna (zadanie 2) oraz Międzynarodowy Instytut Badawczy Stavanger (IRIS) (zadanie 3).

Zadania 4 i 5 – były skoncentrowane na ocenie ryzyka i monitoringu przyszłego składowiska. Liderami zadań byli odpowiednio Międzynarodowy Instytut Badawczy Stavanger (IRIS) oraz partner przemysłowy Miligal.

Zadanie 6 – obejmowało zagadnienia związane z potencjalną eksploatacją składowiska (ewentualne strefy ucieczek CO<sub>2</sub>, konflikty interesów pomiędzy użytkownikami terenu, scenariusze rozwiązań technicznych) oraz prognozy możliwości rozwoju technologii CCS w Republice Czeskiej, których warunkiem jest między innymi dostępność formacji o odpowiedniej pojemności sekwestracyjnej dla CO<sub>2</sub>. Liderem zadania była Czeska Służba Geologiczna;

Zadanie 7 – opracowanie metodologii pozwalającej na właściwą charakterystykę i ocenę przyszłych składowisk. Koordynatorem zadania była Wyższa Szkoła Bańska w Ostrawie (VŠB – TUO).

Zadania 8, 9 – promocja, upowszechnienie informacji oraz przedsięwzięcia edukacyjne.

Zadanie 10 – zarządzanie projektem (Maděra, 2015).

Liderem trzech ostatnich zadań była Czeska Służba Geologiczna. Poza koordynacją swoich zadań badawczych, wszystkie instytucje były również czynnie zaangażowane w realizację pozostałych.

### Zadania realizowane przez zespół autorski

Autorzy niniejszego artykułu byli głównie odpowiedzialni za realizację zadania związanego z opracowaniem metodyki pozwalającej na właściwą charakterystykę i ocenę przyszłych składowisk. Uczestniczyli również w realizacji zadań dotyczących: gromadzenia i analizowania dostępnych danych, oceny ryzyka przedsięwzięcia, promocji i upowszechniania informacji oraz zarządzania projektem.

Zespół VSB-TU Ostrava, pod kierownictwem prof. Petra Bujoka, odpowiadał przede wszystkim za analizy:

- właściwości petrofizycznych badanego ośrodka skalnego – zadanie obejmowało analizę właściwości fizycznych (porowatość efektywną, przepuszczalność, objętość, gęstość itp.) skał poziomów izolacyjnych i kolektorskich analizowanej struktury w warunkach odzwierciedlających warunki złożowe. W ramach podzadania ustalono również przepuszczalność fazową dla ropy, CO<sub>2</sub> i wody;

- procesów geochemicznych zachodzących w badanym ośrodku skalnym – w ramach zadania została dokonana identyfikacja i charakterystyka reakcji podczas zatłaczania CO<sub>2</sub> do górotworu, co było kluczowe dla opisanego

trwałych zmian geochemicznych oraz oceny możliwości bezpiecznego składowania CO<sub>2</sub> w badanych poziomach;

- interakcji pomiędzy skałami, płynami złożowymi i nadkrytycznym CO<sub>2</sub> – badania koncentrowały się przede wszystkim na: interakcjach CO<sub>2</sub> ze skałami i płynami złożowymi oraz skałami nadkładu, oddziaływaniem CO<sub>2</sub> na skały wzdłuż potencjalnych dróg ucieczki (przy odwiertach iniekcyjnych, wzdłuż stref uskokowych i przez skały nadkładu), możliwości wycieku CO<sub>2</sub> ze składowiska oraz migracji płynów złożowych (solanek) do otaczających warstw wodonośnych;
- wpływu CO<sub>2</sub> na elementy wyposażenia otworów iniekcyjnych oraz na cementy wiertnicze. Przeprowadzone prace umożliwią sformułowanie wytycznych dotyczących charakterystyki materiałów zalecanych do konstrukcji odwiertów iniekcyjnych. Pozwoli to na znaczne zmniejszenie ryzyka ucieczki gazu w strefach przyotworowych, w warunkach długotrwałej sekwestracji CO<sub>2</sub>.

Pracownicy Instytutu Geologii Stosowanej Politechniki Śląskiej byli odpowiedzialni za wykonanie modeli zmian geochemicznych, zachodzących po rozpoczęciu iniekcji CO<sub>2</sub> w analizowanym środowisku skalnym. Wykorzystanie do obliczeń symulatora geochemicznego, umożliwiło zdefiniowanie i oszacowanie zależności między parametrami petrofizycznymi i składem petrograficznym składowiska, parametrami zatłaczanego gazu a efektami procesu sekwestracji. Modelowanie było realizowane w dwóch etapach. Pierwszy z nich dotyczył zmian mineralnych zachodzących w środowisku skalnym na początku procesu zatłaczania CO<sub>2</sub>. W trakcie drugiego etapu oceniano zmiany spowodowane oddziaływaniem CO<sub>2</sub> na skały porowate po zakończeniu iniekcji gazu – na etapie jego składowania.

### WNIOSKI

Projekt REPP-CO<sub>2</sub> obejmował zagadnienia dotyczące pilotażowego geologicznego składowania dwutlenku węgla w Republice Czeskiej. Prowadzone w ramach projektu kompleksowe badania (eksperymentalne i modelowe) mogą wskazać kierunki planowanych prac badawczych w zakresie sekwestracji oraz prowadzić do usprawnienia procedur iniekcji CO<sub>2</sub>. Uzyskane rezultaty dostarczyły informacji, umożliwiających wdrożenie geologicznego składowania CO<sub>2</sub> na szeroką skalę.

Autorzy serdecznie dziękują recenzentowi dr. hab. Radosławowi Tarkowskiemu oraz redaktorowi naczelnemu dr. hab. Andrzejowi Gąsiewiczowi za życzliwe i wnikliwe uwagi, których uwzględnienie znacznie przyczyniło się do poprawy ostatecznej wersji artykułu.

### LITERATURA

- LABUS K. & BUJOK P. 2011 – CO<sub>2</sub> mineral sequestration mechanisms and capacity of saline aquifers of the Upper Silesian Coal Basin (Central Europe) – Modeling and experimental verification. *Energy*, 36 (8): 4974–4982.
- MADĚRA P. 2015 – Newsletter projektu REPP-CO<sub>2</sub> – Příprava výzkumného pilotního projektu geologického ukládání CO<sub>2</sub> v České republice. Česká geologická služba.
- TARKÓWSKI R., WDOVIN M., & MANECKI M. 2015 – Petrophysical examination of CO<sub>2</sub>-brine-rock interactions-results of the first stage of long-term experiments in the potential Zaosie Anticline reservoir (central Poland) for CO<sub>2</sub> storage. *Environ. Monit. Assess.*, 187: 4215. [www.geology.cz/repp-co2](http://www.geology.cz/repp-co2).
- [www.skladowanie.pgi.gov.pl](http://www.skladowanie.pgi.gov.pl).
- [www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-85](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-85).

Praca wpłynęła do redakcji 1.12.2015 r.  
Akceptowano do druku 2.02.2016 r.