



K R A K O W S K A
INTERDYSCYPLINARNA
SZKOŁA DOKTORSKA

Załącznik nr 2 do Regulaminu rekrutacji

**Zgłoszenie zagadnienia badawczego realizowanego
w Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej
w dyscyplinie nauki inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka
w Jednostce: Instytut mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk**

1	Nazwisko i imię promotora, tytuł/stopień naukowy, jednostka, adres e-mail	Kudasik Mateusz, dr hab. inż., prof. IMG PAN Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk kudasik@imgpan.pl
2	Nazwisko i imię promotora pomocniczego, tytuł/stopień naukowy, jednostka, adres e-mail	Anna Pajdak, dr hab. inż., prof. IMG PAN Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk pajdak@imgpan.pl
3	Temat zagadnienia badawczego+ krótki (do 250 słów) opis tematyki badawczej	Rozpoznanie procesów wydobywania gazu łupkowego wspomaganego zatlaczaniem CO₂ (CO₂-ESGR) w oparciu o badania wymiany CO₂/CH₄ w warunkach laboratoryjnych odwzorowujących naprężenie, ciśnienie i temperaturę <i>in situ</i>. Nieudane próby pozyskiwania gazu łupkowego w Polsce, prowadzone w latach 2013–2017, doprowadziły do zaniechania dalszych działań w tym zakresie. Jednakże kryzys energetyczny oraz postęp technologiczny przyczyniły się do ponownego zainteresowania eksploatacją gazu łupkowego w Polsce. W związku z tym niezwykle istotne jest, aby ewentualne wydobycie słabo rozpoznanych złóż gazu łupkowego, a także zastosowanie nowoczesnych technologii, takich jak CO ₂ -ESGR, poprzedzone było szczegółowymi badaniami laboratoryjnymi prowadzonymi w warunkach zbliżonych do <i>in situ</i> oraz zaawansowanymi symulacjami numerycznymi. Celem niniejszej pracy jest laboratoryjne zbadanie technologii wydobywania gazu łupkowego wspomaganego składowaniem dwutlenku węgla (CO ₂ -ESGR) w warunkach naprężenia, ciśnienia i temperatury odpowiadających naturalnym warunkom złożowym (<i>in situ</i>), na głębokościach dochodzących do 4000 m. W takich warunkach naprężenia górotworu osiągają około 100 MPa, ciśnienie gazu łupkowego wynosi od 10 do 50 MPa, a temperatura sięga do 130°C. W ramach pracy zostaną zbudowane dwa unikatowe stanowiska badawcze umożliwiające symulację warunków <i>in situ</i> . Pierwsze z nich posłuży do badania właściwości strukturalnych i sorpcyjnych łupków, natomiast drugie umożliwi prowadzenie eksperymentów związanych z filtracją oraz wymianą gazową i sorpcyjną CO ₂ /CH ₄ . Badania realizowane będą na

		<p>próbkach fragmentów rdzeni skalnych pochodzących z obszaru Polski, głównie z rejonu basenu bałtycko-podlasko-lubelskiego.</p> <p>Kolejnym etapem pracy będzie opracowanie modelu numerycznego, opartego na wynikach przeprowadzonych analiz laboratoryjnych oraz eksperymentów. Symulacje numeryczne pozwolą na odwzorowanie przebiegu procesów CO₂-ESGR w warunkach <i>in situ</i> w skali makroskopowej. Rezultatem końcowym będą dane z symulacji, umożliwiające czasowy i przestrzenny opis procesu CO₂-ESGR w naturalnych warunkach złożowych. Na tej podstawie możliwa będzie ocena potencjału aplikacyjnego tej technologii w Polsce.</p>
4	Wymagania w stosunku do kandydata (wykształcenie, umiejętności, szkolenia)	<ul style="list-style-type: none"> - Ukończenie studiów II stopnia z mechaniki, górnictwa, geologii lub geofizyki; - Podstawowa wiedza z zakresu geologii, geomechaniki i geofizyki; - Podstawowa wiedza z zakresu elektroniki i budowy maszyn; - Znajomość obsługi urządzeń laboratoryjnych do analiz właściwości fizycznych i strukturalnych ciał stałych; - Podstawowa znajomość jednego z języków programowania; - Znajomość języka angielskiego co najmniej na poziomie B2.
5	Wskazanie źródeł finansowania	<p>Stypendium doktoranckie.</p> <p>Projekt finansowany z NCN OPUS nr UMO-2025/57/B/ST10/02593</p>

1	Supervisor: name/surname, degree, affiliation, e-mail address	<p>Mateusz Kudasik, dr hab. inż., prof. IMG PAN Strata Mechanics Research Institute of the Polish Academy of Sciences Reymonta 27, 30-059 Krakow, Poland kudasik@imgpan.pl</p>
2	Auxiliary supervisor (optional) affiliation, e-mail address	<p>Anna Pajdak, dr hab. inż., prof. IMG PAN Strata Mechanics Research Institute of the Polish Academy of Sciences Reymonta 27, 30-059 Krakow, Poland pajdak@imgpan.pl</p>
3	Research subject Title Short description, up to 250 words	<p>Investigation of CO₂-Enhanced Shale Gas Recovery (CO₂-ESGR) processes through CO₂/CH₄ exchange studies in shales under laboratory-simulated in situ stress-pressure-temperature conditions.</p> <p>Unsuccessful attempts to extract shale gas in Poland, carried out between 2013 and 2017, led to the abandonment of further exploration efforts. However, the ongoing energy crisis and advancements in extraction technologies have renewed interest in shale gas exploitation in Poland. In this context, it is crucial that any future development of poorly characterized shale gas deposits, as well as the application of modern technologies such as CO₂-ESGR, be preceded by detailed laboratory studies conducted under conditions similar to <i>in situ</i>, along with advanced numerical simulations.</p> <p>The aim of this study is to conduct a laboratory investigation of the shale gas recovery enhanced by carbon dioxide storage (CO₂-ESGR) under stress, pressure, and temperature conditions representative of natural reservoir conditions (<i>in situ</i>), at depths of up to 4000 meters. Under such conditions, rock stress reaches approximately 100 MPa, shale gas pressure ranges from 10 to 50 MPa, and temperatures can reach up to 130°C.</p> <p>As part of the work, two unique experimental setups will be constructed to simulate <i>in situ</i> conditions. The first will be used to analyze the structural and sorption properties of shale rocks, while the second will enable experiments related to gas seepage, as well as CO₂/CH₄ exchange and sorption processes. The research will be conducted on core fragment</p>

		<p>samples collected from various locations in Poland, primarily within the Baltic–Podlasie–Lublin Basin.</p> <p>The next stage of the study will involve the development of a numerical model based on the results of the laboratory analyses and experiments. Numerical simulations will allow for the reconstruction of CO₂-ESGR processes under in situ conditions at a macroscopic scale. The final outcome will be simulation data enabling the temporal and spatial description of the CO₂-ESGR process under natural reservoir conditions. This will form the basis for evaluating the applicability of this technology in Poland.</p>
4	Additional requirements to the candidate (education, skills/courses)	<ul style="list-style-type: none"> - Graduate degree in mechanics, mining, geology or geophysics; - Basic knowledge of geology, geomechanics and geophysics; - Basic knowledge of electronics and machine design; - Knowledge of operating laboratory equipment for the analysis of physical and structural properties of solids; - Basic knowledge of one of the programming languages; - Knowledge of English language at least at the B2 level.
5	Sources of financing	<p>PhD scholarship.</p> <p>Project funded by the National Science Centre OPUS no. UMO-2025/57/B/ST10/02593</p>