

24.01.2023 r.

Dr hab. inż. Rafał Morga, prof. PŚ
Katedra Geologii Stosowanej
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej
Politechnika Śląska
Ul. Akademicka 2
44-100 Gliwice

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr Marcina Dregera

**pt.: „Wpływ budowy geologicznej złóż węgla na metanowość wybranych kopalń
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego”**

Recenzję wykonano na podstawie uchwały Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, z dnia 22 listopada 2022 roku.

Formalna charakterystyka rozprawy

Na przedłożoną rozprawę składa się pięć, spójnych pod względem tematycznym, artykułów naukowych, powstałych w latach 2019-2022. Doktorant był samodzielnym autorem dwóch z nich; trzy publikacje są współautorskie, z udziałem Doktoranta nie mniejszym niż 50%, co należy uznać za wystarczające. Szczególnie wartościowy jest w tym gronie pierwszy, współautorski artykuł zamieszczony w prestiżowym czasopiśmie International Journal of Coal Geology [A1]. Pozostałe opublikowano w Journal of Mining Science [A2], Environmental Earth Sciences [A3], Energies [A4] oraz Mining Science [A5]. Ich sumaryczna liczba punktów, wg listy MNiSW/MEiN wynosi 490, a Impact Factor – 13,642. Wartości te, w odniesieniu do dysertacji doktorskiej, są w pełni satysfakcjonujące.

Należy w tym miejscu dodać, że Doktorant jest także autorem trzech dalszych publikacji, nie włączonych do ocenianego cyklu (dwie samodzielne, jedna współautorska), dotyczących analogicznych zagadnień naukowych.

Zasadniczą część rozprawy stanowi autoreferat, składający się z sześciu rozdziałów i spisu literatury, czemu towarzyszą listy publikacji składających się na recenzowany cykl oraz spoza niego, streszczenia w języku polskim i angielskim, oświadczenia o współautorstwie oraz kserokopie artykułów.

Ocena trafności podjętej tematyki

Badania metanonośności pokładów i rozkładu metanonośności w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym są prowadzone od wielu dziesięcioleci. Wynikały one, początkowo,

z konieczności identyfikacji i ograniczenia zagrożenia, jakie niesie metan dla bezpieczeństwa eksploatacji złóż węgla, a następnie także z perspektyw gospodarczego wykorzystania tego gazu. Prace te wykazały m.in., że warunki gazowe w GZW są silnie zróżnicowane i zależne od warunków geologicznych, co pozwoliło wydzielić w zagłębiu siedem stref gazonośnych. Przyczyniły się one również do zrozumienia mechanizmu migracji i koncentrowania się metanu, rozwoju technologii jego pozyskiwania, a także umożliwiły kwantyfikację zasobów tego gazu w GZW.

Tematyka dysertacji, skupiająca się na wpływie czynników geologicznych i górniczych na zmiany emisji metanu w wybranych zakładach górniczych GZW stanowi rozwinięcie i pogłębienie dotychczasowych badań. W umiejętny sposób łączy aspekty poznawcze i praktyczne, przyczyniając się do pogłębienia wiedzy dotyczącej zależności pomiędzy budową geologiczną a rozkładem metanonośności oraz prognozowania zagrożenia metanowego w trakcie eksploatacji węgla kamiennego, jak również przynosząc nowe spostrzeżenia, ważne z punktu widzenia możliwości pozyskiwania metanu do celów gospodarczych. Dlatego temat rozprawy należy uznać za ważny, a jego podjęcie za w pełni uzasadnione.

Charakterystyka merytoryczna i ocena rozprawy

Autoreferat rozpoczyna się wstępem, w którym Doktorant nakreślił, pokrótce, tło rozprawy. Przedstawił w nim znaczenie metanu, jako: czynnika zagrażającego bezpieczeństwu wydobycia węgla, gazu cieplarnianego a także wartościowego surowca energetycznego. Następnie wskazał cele pracy oraz zasygnalizował sposób jej realizacji. Wątki te zostały rozwinięte w kolejnym rozdziale, poświęconym uzasadnieniu podjęcia problemu badawczego, na tle istniejącego stanu wiedzy. Doktorant przywołał w nim kluczowe pozycje literaturowe odnoszące się do tematyki poruszanej w dysertacji, dając tym samym świadectwo swojej wiedzy teoretycznej. Warto zaznaczyć, że ze względu na formę rozprawy (cykl publikacji), znacznie szerzej kwestia ta została omówiona we wstępach do artykułów naukowych.

W dalszej kolejności przedstawiono cztery hipotezy badawcze. Są one adekwatne do tematu i zawartości merytorycznej pracy, aczkolwiek pierwsze dwie z powodzeniem mogłyby być połączone w jedną.

W czwartym rozdziale autoreferatu zaprezentowano wykorzystane w rozprawie źródła danych i metody badawcze. Jako obiekty badań początkowo wybrano pięć kopalń węgla kamiennego GZW, z których jednej, wszakże, nie uwzględniono w rozprawie (co stanowi nie do końca zrozumiałe i nie w pełni wyjaśnione posunięcie). Znajdują się one w różnych strefach gazonośnych zagłębia. Wykorzystano bogate bazy danych, udostępnione przez GIG, WUG i GUS, a także dokumentacje geologiczne, liczne materiały kartograficzne, zestawienia dotyczące metanowości oraz dane techniczno-ruchowe i inne, pochodzące z poszczególnych zakładów górniczych. Przeprowadzono badania dyfuzyjności i pojemności sorpcyjnej węgla.

Wszystko to daje obraz dużego wkładu pracy, którą wykonał mgr Dreger, by osiągnąć zamierzone cele.

Następnie Doktorant przeszedł do omówienia poszczególnych publikacji [A1-A5] składających się na rozprawę.

W pierwszym, współautorskim artykule [A1], zaprezentowano ogólną charakterystykę budowy geologicznej i warunków gazowych w trzech, wyróżnionych wcześniej (Kędzior, 2012) regionach GZW. Część tą zilustrowano profilami zmian zawartości metanu z głębokością w ośmiu otworach wiertniczych. Następnie omówiono emisję metanu w latach 1994-2016 w poszczególnych regionach oraz przedstawiono rolę trzech głównych czynników naturalnych (głównie geologicznych) oraz antropogenicznych wpływających na jej wielkość. Wśród tych pierwszych za kluczowe uznano: obecność nieprzepuszczalnych dla gazu utworów w nadkładzie formacji węglonośnej (hamujących migrację metanu i powodujących powstanie strefy wtórnego nasycenia metanem), litologię utworów karbońskich (w tym występowanie grubych, przepuszczalnych pakietów piaskowców) oraz zaangażowanie tektoniczne złoża (w tym obecność dużych dyslokacji o zasięgu regionalnym). W odniesieniu do tej ostatniej kwestii omówiono rolę uskoku książęcego i uskoku Bzie-Czechowice. Wśród czynników górniczych za kluczowe uznano zwiększanie głębokości eksploatacji, idącą w parze z rosnącą zawartością metanu oraz koncentrację wydobywania.

Trzy kolejne publikacje [A2-A4] dotyczą wpływu warunków geologiczno-górniczych na emisję metanu w kopalniach „Mysłowice-Wesoła” [A2] „Budryk” i „Pniówek” [A3] oraz ROW Ruch Rydułtowy [A4]. Zakłady te zlokalizowane są odpowiednio w obrębie I, II, IV i VII strefie gazonośnej wg podziału autorstwa prof. Kotarby.

Położone na obszarze niecki głównej, złoża KWK „Mysłowice-Wesoła” [A2] odznacza się zróżnicowaną budową geologiczną; przebiega przezeń duża, drożna dla gazu, dyslokacja – uskok książęcy. Pokłady węgla w rejonie zaburzonej strefy zostały odprężone i odgazowane. Wykazano, że uskok znacząco wpływa na rozkład metanowości w obu jego skrzydłach. W wyniesionym, strefa metanowa znajduje się na głębokości ok. 400 m, gdy strop utworów karbońskich jest odgazowany. W skrzydle zrzuconym, w sąsiedztwie uskoku, strop tej strefy zlokalizowano na głębokości 900-1000 m, przy czym podnosi się on w kierunku południowym wraz z oddalaniem się od uskoku. Wysokiej koncentracji metanu sprzyja obecność nieprzepuszczalnych skał serii mułowcowej. Stwierdzono, że w miarę zwiększania głębokości eksploatacji poniżej 700 m i wchodzenia w strefę wysokometanową nastąpił szybki wzrost metanowości bezwzględnej. Wykazano, że gaz desorbujący z urobionego surowca stanowi ok. 50% metanu wydzielonego do środowiska ściany. Metanowość zwiększa się także wskutek migracji gazu szczelinami i drobnymi uskokami z pokładów wyżej i niżejległych oraz zrobów.

Kopalnie „Budryk” i „Pniówek” [A3], zlokalizowane, odpowiednio, w NW i SW części niecki głównej, zaliczane są do najsilniej metanowych w GZW. W obrębie KWK „Budryk” stwierdzono obecność strefy odgazowania, która sięga głębokości ok. 600 m. Jej

występowanie powiązane z obecnością relatywnie cienkiego nadkładu, zbudowanego z utworów triasowych i miocenijskich. Zasugerowano, że do jej powstania przyczyniły się także liczne uskoki, o znaczących zrzutach. Umożliwiają one również migrację metanu z głębszych partii złoża, ku płytszym. Maksymalna zawartość metanu w pokładach KWK „Budryk” występuje na głębokości od 1000 do 1200 m pod powierzchnią terenu. Z kolei, w profilu złoża „Pniówek” zidentyfikowano istnienie przystropowej strefy gazonośnej, zlokalizowanej na głębokości 300-500 m, której genezę powiązano z nieprzepuszczalnymi osadami miocenijskimi o dużej miąższości obecnymi w nadkładzie. Migracji metanu sprzyjało silne zaangażowanie tektoniczne złoża, w tym obecność dużej dyslokacji Bzie-Czechowice, a także uskoków Krzyżowice I i II. Zbiornikiem dla gazu stały się porowate, silnie zwietrzałe osady występujące w stropie utworów karbonu (tzw. osady pstre). Następnie w publikacji przeanalizowano zmiany emisji metanu w obu kopalniach. Stwierdzono, że w KWK „Budryk” wzrosła ona gwałtownie, wraz ze schodzeniem eksploatacji na głębokość przekraczającą 600 m, czyli w zasięg pierwotnej strefy metanowej. Natomiast na kopalni „Pniówek” maksymalna emisja metanu miała miejsce, gdy eksploatowano pokłady występujące w stropowej partii złoża – pod nadkładem miocenijskim. Występowało tam wysokie, wynoszące 6-7 MPa, ciśnienie gazu. Zwrócono uwagę na fakt, iż mimo późniejszego zejścia z robotami górniczymi do głębiej położonej strefy pierwotnie obniżonej metanonośności, zmiana rozkładu ciśnień i odprężenie górotworu wskutek eksploatacji przyczyniły się do migracji metanu poprzez szczeliny i spękania, co wpłynęło na utrzymanie wysokiej metanowości kopalni w kolejnych latach. Omawiany artykuł zamykają rozważania dotyczące wpływu emisji metanu na środowisko.

Złoże, znajdującej się w zachodniej części GZW, KWK ROW Ruch Rydułtowy [A4], odznacza się złożoną budową geologiczną. Stwierdzono, że strefa odgazowana sięga głębokości ok. 600 m, a jej wykształcenie jest efektem braku szczelnego nadkładu, który w części złoża został całkowicie zerodowany. Głębiej zawartość metanu szybko wzrasta, przekraczając 14 m³/Mg csw, na głębokości 1000 m. Zasugerowano, iż obecność porowatych piaskowców mogła przyczynić się do migracji metanu i odgazowania fragmentów złoża, a nieprzepuszczalne skały ilaste proces ten blokowały. Tezę tą uzasadnia zidentyfikowanie stropu warstw metanonośnych na granicy uboższych w piaskowce warstw jakłowieckich i zasobniejszych w nie warstw porębskich. W kontekście migracji metanu ponownie zwrócono uwagę na rolę, zwłaszcza dużych, zaburzeń dysjunktywnych, przecinających analizowane złoża bądź występujących w jego brzeżnych częściach. Opisano także związki pomiędzy stopniem uwęglenia i składem petrograficznym węgla, a jego pojemnością sorpcyjną. Szkoda, że kwestie te nie zostały przedstawione w większych szczegółach, w odniesieniu do wybranego pokładu lub pokładów. Przeprowadzone badania wykazały, że węgiel na głębokości 1000-1200 m jest nasycony metanem w 95%, co przekłada się na wysoką metanowość podczas jego eksploatacji. Wartość ta maleje wraz z przechodzeniem ku płytszym pokładom. Istotny wpływ na desorpcję i migrację metanu, a zatem i zmiany

pierwotnej metanoności wywierają prace wydobywcze, powodujące odprężenie i odgazowanie górotworu.

Samodzielny artykuł finalizujący rozprawę doktorską [A5] koncentruje się na aspektach środowiskowych i omawia kwestie eksploatacji węgla i emisji metanu w GZW w kontekście ich wpływu na efekt cieplarniany. Autor dowodzi, że w latach objętych badaniami (1994-2018) emisja metanu w GZW miała tendencję wzrostową, co związane było głównie z eksploatacją głębokich, silnie metanowych pokładów. W konsekwencji, w latach 2015-2018, kopalnie GZW emitowały do atmosfery ponad 500 tys. Mg tego gazu rocznie, co stanowiło ok. $\frac{1}{4}$ całkowitej emisji metanu w Polsce i przekładało się na ok. 3% emisji wszystkich gazów cieplarnianych w naszym kraju.

Autoreferat kończy się rzeczowymi wnioskami, które stanowią uogólnienie konkluzji wywiedzionych z poszczególnych artykułów albo odnoszą się do indywidualnych publikacji.

Reasumując dokonania Doktoranta należy podkreślić, że publikacje składające się na rozprawę tworzą spójny cykl, niosąc z sobą przekaz istotny zarówno z poznawczego, jak i praktycznego punktu widzenia. Ukazały się one w znaczących czasopismach naukowych. Indywidualny wkład pracy Doktoranta jest, w skali całego cyklu, dominujący, a w publikacjach współautorskich został przejrzyście zdefiniowany. Rozwiązanie założonych w pracy zagadnień naukowych i pomiarowych wymagało od Doktoranta zastosowania szerokiej wiedzy teoretycznej oraz wykazania się umiejętnością prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Wyniki badań dotyczą GZW jako całości oraz wybranych zakładów górniczych. Zakres zrealizowanych prac jest na tyle szeroki, a uzyskane rezultaty – jednoznaczne, że pozwoliło to Doktorantowi na udowodnienie hipotez badawczych postawionych w rozdziale 3 autoreferatu. Na uznanie zasługuje wykorzystanie rozległego materiału źródłowego (w tym baz danych) oraz duży nakład wykonanej pracy. Publikacje i, powstały na ich podstawie, autoreferat są rzetelne i wnoszą wkład w rozwój wiedzy na temat metanoności, emisji metanu i jej zmian w GZW oraz ich uwarunkowań geologiczno-górnich.

Uwagi krytyczne

Wstęp i rozdział przedstawiający uzasadnienie podjęcia problemu badawczego, powielają niektóre kwestie (np. dotyczące pionowego rozkładu metanoności). Podobnie, rozdział poświęcony metodyce zawiera elementy, które powinny się znaleźć w uzasadnieniu podjęcia problemu badawczego (np. odnoszące się do desorpcji metanu czy jego szkodliwego wpływu na środowisko), co, w obu wypadkach, osłabia przejrzystość i spójność wypowiedzi.

Interpretacje dotyczące wpływu budowy geologicznej na metanowość poszczególnych kopalń poparto jedynie pojedynczymi profilami zmienności zawartości metanu w otworach wiertniczych oraz nielicznymi przekrojami, na dodatek powtarzającymi się niekiedy w różnych publikacjach. Znacząco ogranicza to możliwość oceny zróżnicowania tego wpływu w obrębie obszaru górniczego każdej z kopalń, co mogłoby mieć istotne

znaczenie praktyczne. Na przykład złoża KWK „Pniówek” jest przykryte nadkładem o miąższości zmieniającej się od 220 do 1000 m, co nie pozostaje bez wpływu na zmienność rozkładu zawartości metanu wraz z głębokością. Podobnie rzecz ma się w przypadku KWK „Rydułtowy”. Odniesienie się w rozważaniach jedynie do kilku, głównie regionalnych, dyslokacji również trudno uznać za w pełni satysfakcjonujące. Brak jest szczegółowej analizy wpływu tektoniki (np. poprzez określenie zmienności gęstości sieci uskokowej) w odniesieniu do choćby przykładowo wybranego złoża.

Ponadto, w autoreferacie występują skróty myślowe a także nieliczne literówki. Nie wpływają one jednak na wartość merytoryczną rozprawy.

Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Marcina Dregera pt. „Wpływ budowy geologicznej złóż węgla na metanowość wybranych kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego” stanowi samodzielne i oryginalne osiągnięcie naukowe Autora. Założenia pracy zostały zrealizowane, a jej tezy - udowodnione. Doktorant wykazał się niezbędną wiedzą teoretyczną, należywym opanowaniem warsztatu badawczego oraz zdolnościami do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych. Dostrzeżone w rozprawie uchybienia nie umniejszają, w istotny sposób, jej wartości naukowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że opiniowana rozprawa w pełni odpowiada wymogom stawianym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668). Stawiam zatem wniosek do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr Marcina Dregera i dopuszczenie do publicznej obrony.

