

Dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH
Katedra Inżynierii Gazowniczej
Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: szua@agh.edu.pl

Kraków, 30 marca 2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Moniki Wójcik

pt.: *Ocena środowiskowa i energetyczna procesów poszukiwania
i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów
z uwzględnieniem analizy ryzyka*

1. Podstawa formalna recenzji

Przedmiotową recenzję opracowałem jako recenzent wyznaczony uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej. Pan prof. dr hab. inż. Andrzej Rusin, Przewodniczący Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, wystosował do mnie pismo o znakach RIE-BD.512.7.2023 w dniu 15 lutego 2023 r.

2. Wybór tematu i ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr Moniki Wójcik powstała pod kierunkiem Pana dr. hab. inż. Wojciecha Kostowskiego, Profesora Politechniki Śląskiej, pełniącego w przewodzie doktorskim obowiązki promotora, dr. inż. Pawła Gładysza, z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie – promotora pomocniczego oraz opiekuna ze strony przedsiębiorstwa dr. inż. Krzysztofa Łodzińskiego (b. PGNiG, obecnie Grupa ORLEN). Rozprawa doktorska została przygotowana w ramach programu Ministerstwa Edukacji i Nauki – Doktorat wdrożeniowy II edycja.

W latach 2013-2021 w krajach Unii Europejskiej istotnie zmniejszyło się wydobycie gazu ziemnego, a przez to udział przypadający na wydobycie własne w bilansie gazowym UE. O ile w 2013 r. kraje UE wydobywały łącznie, zgodnie z danymi BP z 2022 r., blisko 114 mld m³ gazu, co przekładało się na 30,4% udział w całkowitym zużyciu gazu w UE, o tyle w 2021 r. wydobycie zmniejszyło się do 44 mld m³ gazu, co zaspokoiło jedynie w 11,1% zapotrzebowanie na gaz UE. W 2022 r. w wyniku zbrojnej agresji Rosji na Ukrainę, sytuacja geopolityczna w Europie uległa skomplikowaniu, a kraje europejskie podjęły szereg działań mających na celu zbilansowanie zapotrzebowania na gaz przy zmniejszających się dostawach gazu z Rosji. Ważną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego w obszarze gazu ziemnego przed sezonem zimowym 2022/2023 odegrało zwiększenie dostaw gazu skroplonego LNG. W ubiegłym roku rekordowo wysokie ceny gazu ziemnego na rynku europejskim, przekraczające okresowo nawet 300 Euro/MWh, przełożyły się na drastyczny wzrost (ponad trzykrotny w porównaniu z 2021

rokiem) wartości unijnego importu gazu, który zgodnie z danymi Międzynarodowej Agencji Energii (marzec 2023 r.) wzrósł do prawie 400 mld Euro, pomimo wyraźnego spadku popytu na gaz – o 55 mld m³ – w stosunku do 2021 r. Mając na uwadze z jednej strony ten krótki opis kryzysowej sytuacji na europejskim rynku gazu ziemnego, z drugiej zaś systematyczny wzrost wydobycia gazu w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej (według danych BP wydobycie przekroczyło 930 mld m³ w 2021 r.), który nie byłby możliwy bez zagospodarowania niekonwencjonalnych złóż gazu w wyniku tzw. rewolucji łupkowej, warto podkreślić zarówno znaczenie, jak i aktualność problematyki podjętej przez Doktorantkę w rozprawie doktorskiej. Doświadczenia zarówno krajowe, jak i także z innych państw europejskich uzyskane na etapie prowadzonych prac poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego potwierdzają, że w Europie aspekty środowiskowe tych prac należy traktować priorytetowo. Warto odnotować, że w dalszym ciągu technologie stosowane przy zagospodarowaniu gazu z formacji łupkowych są przedmiotem sporów nie tylko na poziomie medialnym ale i politycznym, czego przykładem mogą być następujące wydarzenia: we wrześniu 2022 r. Rząd Wielkiej Brytanii w ramach zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego po wybuchu wojny na Ukrainie zniósł moratorium na technologię szczelinowania hydraulicznego w złożach gazu w formacjach łupkowych, które zostało wprowadzone w 2019 r., po czym nowy premier w październiku tego samego roku przywrócił moratorium.

Praca będąca przedmiotem recenzji liczy łącznie 132 strony i składa się z wstępu, 3. merytorycznych rozdziałów, podsumowania oraz spisów rysunków i tablic zawartych w pracy oraz literatury. W zasadniczej części pracy zamieszczono 26 rysunków oraz 31 tablice. Spis literatury obejmuje 69 pozycji reprezentatywnych dla tematu dysertacji, z tego 31 pozycji w języku angielskim, wydzielono także akty prawne – 34 oraz pozostałe pozycje (Inne) – 36. Dominują pozycje z ostatnich lat, które są odpowiednie dla przygotowania przeglądu literatury przedmiotu.

Struktura pracy jest ogólnie poprawna. Strona formalna – zasadniczo właściwa. Praca napisana jest w zasadzie odpowiednim językiem naukowo-technicznym. Niestety Autorka nie ustrzegła się błędów, które zostaną przybliżone w dalszej części recenzji.

3. Merytoryczna ocena rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej: *Ocena środowiskowa i energetyczna procesów poszukiwania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów z uwzględnieniem analizy ryzyka* jest ważna zarówno z naukowego, jak i utylitarnego punktu widzenia. Cel rozprawy koncentrował się na identyfikacji rodzaju zagrożeń podczas procesów poszukiwania i wydobycia *shale gas* i *tight gas* oraz ocenie stopnia oddziaływania tych procesów na środowisko przyrodnicze.

Pozytywnie oceniam fakt, że Doktorantka podjęła tak złożonego problemu, który jest istotny także z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Zagadnienie badawcze, jak już zaznaczyłem jest złożone, a jego analiza kłopotliwa i trudna, zwłaszcza na etapie pozyskania odpowiednich danych wejściowych. W realizacji tematu pracy pomocne było doświadczenie zawodowe Autorki rozprawy oraz dostęp do danych wynikający z realizacji pracy w ramach ministerialnego programu *Doktorat wdrożeniowy*.

Praca rozpoczyna się wstępem (s. 11–12) przedstawiającym główne uwarunkowania związane z problematyką niekonwencjonalnych złóż gazu oraz kluczowe osiągnięcia, które zostały zrealizowane w pracy. Doktorantka we wstępie pracy nie wskazuje na zastosowaną procedurę badawczą, uwzględniającą metodykę badań, a także charakterystyki i oceny wykorzystanych w pracy źródeł, co stanowić powinno metodyczne dopełnienie pracy doktorskiej. Ponadto we wstępie nie została precyzyjnie określona teza. Czy teza pracy jest zawarta na końcu 12 strony: „wykazanie, że procesy ich poszukiwania, wydobywania i eksploatacji nie obciążają środowiska bardziej niż pozostałych paliw konwencjonalnych?” W pełni natomiast zgadzam się z stwierdzeniem Doktorantki, iż szerszy dostęp do surowców energetycznych jest szczególnie istotny w obecnej sytuacji geopolitycznej. W tym kontekście interesujący byłby powrót do prac mających na celu zagospodarowanie węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych. Przejście do etapu wydobywania gazu z tych złóż przełożyłoby się na wzrost pozyskania gazu z rodzimych złóż, a tym samym wpłynęłoby pozytywnie na bezpieczeństwo energetyczne Polski.

W rozdziale 1. liczącym 12 stron Autorka skrótowo opisuje rodzaje i zasoby paliw kopalnych. Bardziej szczegółowo, ale również zdawkowo charakteryzuje węglowodory, w tym gaz ziemny. Wymienia typy złóż gazu ziemnego oraz ilustruje ich rozlokowanie w Europie. Następnie dzieli działalność górnictwą na odkrywkową, podziemną i otworową. Mając na uwadze zakres rozprawy doktorskiej, który związany jest z górnictwem otworowym, Autorka wymienia kopaliny wydobywane w Polsce metodami otworowymi, pomija przy tym wody termalne. Autorka stwierdza (str. 16), że wszystkie procesy wydobywania należy zaliczyć do działalności destrukcyjnej i dodaje, że ludzkość nie ma jeszcze pełnych możliwości oceny skutków technologii wydobywania gazu ze złóż niekonwencjonalnych, gdyż te są dopiero eksploatowane około 50 lat. Warto w tym kontekście dodać, że istnieją publikacje i opracowania poświęcone wpływowi eksploatacji węglowodorów na strukturę górotworu. W dalszej części w opinii recenzenta Autorka niepotrzebnie nawiązuje do działalności górniczej podziemnej i odkrywkowej, skoro ten rodzaj działalności nie jest przedmiotem pracy. Nie do końca można się zgodzić ze stwierdzeniem odnoszącym się do kwestii położenia Polski poza obszarami sejsmicznymi. W poprzek naszego kraju (na linii Koszalin-Lublin) przebiega styk platform wschodnio i zachodnioeuropejskiej. Dodatkowo na południu występuje front nasunięcia karpackiego, które co kilka lat generuje niewielkie trzęsienia ziemi. W dalszej części Autorka przywołuje opis technologii wykorzystywanych do rozpoznania i udostępnienia odwiertami złóż węglowodorów, w tym złóż niekonwencjonalnych. Zamieszczony opis prowadzenia prac wiertniczych jest lakoniczny. Pojawiają się nieścisłości dotyczące następujących po sobie kolejnych etapów procesów technologicznych wykonywania otworów wiertniczych. Zdarzają się także błędne podpisy na rysunkach oraz użycie słownictwa nefachowego. Dalsza część rozdziału poświęcona jest opisowi przebiegu szczelinowania hydraulicznego oraz składu chemicznego związków wykorzystywanych do sporządzania cieczy szczelinujących. Opis ten jest podsumowany rysunkiem 4, na którym przedstawiono w znacznym uproszczeniu zachodzący proces. Także jest pewien niedosyt, że zaledwie jedna pozycja literaturowa [13] nawiązuje do technicznych aspektów wykonywania otworów wiertniczych, a przecież dalsza część pracy w znacznej mierze opiera się o analizę zużycia energii podczas całego procesu. Na uznanie zasługuje natomiast stwierdzenie kończące podrozdział 1.1, że zagrożenia związane z prowadzeniem prac poszukiwawczych oraz eksploatacyjnych surowców energetycznych

powinny być bodźcem do opracowania racjonalnego i rzetelnego systemu rozwiązań środowiskowych. W dalszej części rozdziału 1 Doktorantka przybliża uwarunkowania prawne poszukiwania i eksploatacji gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych, w podziale na regulacje unijne i krajowe.

Rozdział 2 rozpoczyna się od przybliżenia uwarunkowań środowiskowych procesów poszukiwania i eksploatacji gazu z formacji łupkowych. W rozdziale tym Doktorantka w ramach analizy zagrożeń środowiskowych zidentyfikowała podstawowe czynniki związane z poszukiwaniem i eksploatacją węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych, m.in. emisje hałasu, zanieczyszczeń atmosferycznych, zanieczyszczenie wód, czy powstawanie odpadów. W części rozdziału poświęconej hałasowi prac wiertniczych można było się pokusić o wymienienie urządzeń, które emitują największy hałas z podaniem konkretnych wartości, np. agregaty prądotwórcze – 105 dB. Na rys. 5 ukazującym potencjalne źródła emisji zanieczyszczeń podczas poszukiwania i eksploatacji węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych znajduje się opis: *przetwarzanie shale gas/tight gas*. Zdaniem recenzenta bardziej odpowiednie byłoby sformułowanie: *przygotowanie gazu do transportu (gas conditioning)*. Ponadto do końca nie jest zrozumiałe w jakim kontekście Doktoranta wymienia kotłownie węglowe analizując emisje na wiertni. W dalszej części rozdziału przy opisie wpływu zabiegów szczelinowania na zanieczyszczenie wód podziemnych można było rozważyć odniesienie się do doświadczeń z USA, gdzie problem ten często wykorzystywany jest przez przeciwników wydobywania gazu z formacji łupkowych. W podrozdziale 2.2 (str. 34) Autorka zawęża definiowanie ryzyka do negatywnego wpływu na realizację celu, a przecież ryzyko może też opisywać zdarzenie mające pozytywny wpływ. W dalszej części pracy, gdzie jest mowa o sposobie określenia ryzyka jako iloczynu, brakuje drugiej wartości, podano jedynie prawdopodobieństwo. Na str. 40 Autorka informuje, że w kontekście oceny ryzyka zgromadzona około 200 plików i raportów oraz przeanalizowano dane, należałoby uzupełnić o informacje jakie dane zbierano i jakie raporty analizowano. W dalszej części rozdziału Doktorantka zaproponowała własną aplikację - FRACK, jako narzędzie do wspomagania procesów zarządzania ryzykiem środowiskowym.

Rozdział 3. można traktować jako uzupełnienie poprzedniego. Ma na celu rozszerzenie oceny wpływu procesów poszukiwania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego o powiązania z gospodarką, także pośrednich, poprzez zużycie określonych surowców i nośników energii oraz emisję zanieczyszczeń. W tym też celu Doktorantka zaproponowała zastosowanie metody *Life Cycle Assessment (LCA)*. W analizie LCA do wykonania obliczeń wykorzystano oprogramowanie SimaPro 9.1.0.11 PhD ze wskaźnikami bazy danych Ecoinvent 3.0. Mając na uwadze problematykę podjętą w rozprawie należałoby rozszerzyć, zbyt lakoniczny opis zawarty w podrozdziale 3.1.3. Mając na uwadze rosnący udział LNG w bilansie dostaw gazu ziemnego do Polski, jak również krajów UE, interesujące jest zestawienie na rys. 22 (str. 99) ukazujące porównanie potencjału globalnego ocieplenia (GWP) paliw w Polsce.

W *Podsumowaniu* zestawiono najważniejsze wnioski, które zwięńczają rozprawę doktorską.

Podsumowując, stwierdzam, że zarówno struktura pracy, jak i sekwencja kolejnych rozdziałów oraz ich objętość są właściwe.

Za oryginalne osiągnięcia Doktorantki uważam:

- zaprojektowanie aplikacji informatycznej FRACK, która może być wykorzystana, jako narzędzie do wspomagania procesów poszukiwania i wydobywania gazu, w obszarze zarządzania ryzykiem środowiskowym,
- wyznaczenie skumulowanego zużycia energii dla *shale gas* i *tight gas*, z uwzględnieniem wyników z LCA oraz analizę energetyczno-ekologiczną metodą kosztu termoeologicznego.

4. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Uważam, że rozprawa została napisana stosunkowo zwięźle, klarownie i logicznie. Układ pracy jest prawidłowy, a kolejność rozdziałów nie budzi większych zastrzeżeń. Język użyty w pracy jest w zasadzie prawidłowy i tylko w niewielu miejscach wymaga korekty. Doktorantka nie ustrzegła się jednak drobnych usterek o różnym charakterze, w tym redakcyjnych, stylistycznych oraz błędów literowych. Praca zyskałaby na wartości po rozbudowie własnych komentarzy i wyjaśnień do wybranych rysunków i tablic przywołanych w tekście pracy.

Uwagi szczegółowe

1. W pracy wielokrotnie zostało użyte sformułowanie: „gaz łupkowy”, które zdążyło się „zadomowić” w języku polskim. Mając na uwadze charakter pracy, powinno się posługiwać terminem: „gaz z formacji łupkowych”.
2. Dane operatora – Polskich Sieci Elektroenergetycznych nie potwierdzają jakoby w 2021 r. około 80% energii elektrycznej zostało wytworzone w oparciu o węgiel kamienny (str. 11). Udział ten wyniósł 53,6%.
3. Wartości opisujące wielkości wydobywania *shale gas* i *tight gas* w Ameryce Północnej (str. 13) wydają się być istotnie zawyżone.
4. Na stronie 14 pracy jest napisane: *Eksploatacja metanu z pokładów węgla (ang. Coal Bed Methane, CBM) prowadzona jest analogicznie jak w przypadku złóż konwencjonalnego gazu ziemnego (...)*. Warto podkreślić różnice, że w złożach konwencjonalnych przepływ gazu następuje dzięki przepuszczalności skał, pod wpływem energii złożowej, zaś w złożach węgla należy wskazać na procesy dyfuzji i desorpcji.
5. Odnosząc się do zapisu na str. 14: *Gaz zamknięty (ang. tight gas) występuje w słabo przepuszczalnych skałach (w piaskowcach, skałach węglanowych) o niskiej porowatości i przepuszczalności* warto podkreślić, że *Tight gas* występuje w skałach o małej przepuszczalności, ale niekoniecznie małej porowatości.
6. Na str. 18 jest zapis: *zebrana warstwa humusu jest deponowana w formie wałów* – sugestia: *Wokół wiertni tworzy się pryzmy z humusem*. Także na str. 38 jest mowa wałach w kontekście humusu.
7. Na rysunku 3 (str. 19) są pompy płuczkowe, a nie agregaty pompowe.
8. Na str. 19 jest zapis: *Celem wykluczenia zanieczyszczenia wód podziemnych, do otworu zapuszcza się kolumny rur okładzinowych po czym się je cementuje. Następnie ustawiane są urządzenia wiertnicze (...)* należy zwrócić uwagę na prawidłową kolejność: najpierw się ustawia urządzenie wiertnicze, potem wierci, zapuszcza kolumny i cementuje.
9. Na rys. 4 (str. 23) nie zadbano o zmianę opisu z języka angielskiego na język polski.

10. Należy skorygować zapis na str. 30: poprzez dodanie o przed wyrazem *powierzchni* oraz usunięcie tysięcy metrów: *około 3000 m tysięcy metrów*.
11. Należy skorygować nazwę na: Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (str. 32).
12. Na str. 34 jest zapis dotyczący ryzyka: *może być definiowane jako szansa (...)*, zamiast *szansa* sugeruję posługiwać się terminem: *prawdopodobieństwo*.
13. Na str. 39 zaproponowano zapisy dla $P=2$ oraz $P=3$, które nie są precyzyjne ponieważ dopuszczalna jest sytuacja, w której te dwa sformułowania są tożsame. Podobnie jest w przypadku dla $s=2$ oraz $s=3$, czy *znaczący* nie można utożsamiać z *dużym*?
14. Dlaczego na str. 39, gdzie jest mowa o *sposobach, przyjętych według dostępności danych* nie wspomina się o ocenie eksperckiej? Metodę ekspercka przywołuje się natomiast na str. 40.
15. Nieprawidłowe oznaczenie jonów na str.40/41: *Ca, Na oraz Cl*, a powinno być: Ca^{2+} , Na^{+} oraz Cl^{-} .
16. Odnosząc się do Tablicy 11 na str. 49 Doktorantka nie opisała procedury wyznaczania ryzyka sumarycznego. Ryzyko jest addytywne czy multiplikatywne.
17. Niezbędna korekta na str. 58: *ze aplikacja*.
18. Niezbędna korekta na str. 59: (*Guidance – Product Environmental Footprint Category Rules Guidance*). [I29, I30] nie obejmują...
19. Czy moc agregatu prądotwórczego – 750 kW dla otworów S1-S3 oraz 500 kW dla otworów T1-T3 należy traktować jako moc pojedynczego urządzenia (str. 68)?
20. Brak „.” na końcu wiersza przed Tablica 15 – po $36,6 \text{ MJ/m}^3$ – str. 69 oraz brak „.” na końcu wiersza przed Tablica 19 – str. 82.
21. Uwaga dotycząca wartości *wskaźnika dla benzyny silnikowej* – $3,201 \text{ g/Mg}$ dla CO_2 w tablicy 17 na str. 75 – czy nie jest wartością błędną (rażąco niska w porównaniu do innych paliw)?
22. Czy jest prawidłowa jednostka przyporządkowana do emisji benzo(a)pirenu dla oleju opałowego lekkiego – $40,82 \text{ Mg}$ (tablica 18, str. 75)?
23. Czy w tablicy 18 na str. 76 do wartości emisji CO_2 z gazu ziemnego z sieci wynoszącej $1201,6$ przypisano odpowiednią jednostkę – m^3 ?
24. Czy w tablicy 18 na str. 76 powinny być różne jednostki odnoszące się do emisji CH_4 przy syfonowaniu odwiertu i rocznej emisji substancji – $86,4$?
25. Jaka jest przyczyna rozbieżności w tabeli 19 na str. 82 pomiędzy wartościami średnimi a danymi do SimaPro dla wody powierzchniowej i wody zakupionej z sieci (etap 1) oraz wody zakupionej z sieci oraz ścieków (etap 2)?
26. Strona 84: zamiast: *piaskowniki*, sugeruję użyć terminu: *odpiaszczacz*.
27. Na str. 86 użyto sformułowania: węglowodory niekonwencjonalne zamiast węglowodory ze złóż niekonwencjonalnych.
28. Jaka jest wartość i jednostka dla *shale gas* oraz *tight gas* odpowiednio na rys. 16 (str.88) i rys. 17 (str. 89)?
29. Wyjaśnienie zawarte na str. 110: *Wartości w Podejściu (I) występują ze znakiem minus, co oznacza, że per saldo są to emisje uniknięte z gospodarki krajowej* powinno się znaleźć wcześniej, najlepiej przed Tablicą 23.
30. Jak należy interpretować obecność w Tablicy 23 (str. 103) pozycji opisującej wykorzystanie nieodnawialnych zasobów energii nuklearnej?

31. Dlaczego wartość dla pyłu $< 2.5 \mu\text{m}$ jest większa od wartości dla pyłu $< 10 \mu\text{m}$ – dotyczy Tablicy 28 na str. 108.
32. Wskazana korekta (str. 111): *najbardziej najskuteczniejszy sposób*.
33. W niektórych przypadkach, dotyczy rysunków i tablic, brak precyzyjnego opisu źródeł. Czy brak zamieszczenia źródła należy traktować z opracowaniem własnym?

Reasumując, pragnę jednocześnie stwierdzić, że nie mam wątpliwości co do tego, że Doktorantka prawidłowo zrealizowała zamierzony cel pracy i udowodniła postawioną tezę. Oceniana praca jest udanym eksperymentem badawczym, ma charakter wdrożeniowy, a omawiany w niej problem ma duże znaczenie gospodarcze, zwłaszcza obecnie, utrzymujących się wysokich cen surowców energetycznych. Tym samym chcę zaznaczyć, że wymienione powyżej uwagi nie umniejszają mojej pozytywnej oceny dysertacji.

Pytania do Doktorantki

Wnikliwa lektura pracy nasunęła mi następujące pytania:

1. W literaturze można spotkać wiele definicji ryzyka, wszystkie jednak bazują na jego atrybutach, tj. mierzalnej ocenie prawdopodobieństwa danego zdarzenia i/lub jego skutków. Autorka przytacza różne definicje ryzyka z literatury jednak nie wskazuje, którą z nich stosuje.
2. Autorka w przedstawionej ocenie ryzyka korzysta z metody w której liczony jest iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia analizowanego zdarzenia oraz skali jego negatywnych skutków dla środowiska. Autorka nie wyjaśniła w jaki sposób kwantyfikuje negatywne skutki dla środowiska oraz co jest kryterium kwantyfikacji tych skutków.
3. Autorka w pracy – podrozdział 3.1.3.2. Szacowanie wielkości emisji do powietrza, przyjęła następujące założenie: *Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto wariant pracy urządzeń w trybie ciągłym przez cały okres trwania prac*. Czy kwestia ta nie powinna być przedmiotem pogłębionych badań niniejszej pracy, a nie jedynie założeniem?
4. Na str. 114 pracy Doktorantka wskazuje, że *powinno się dążyć do obniżenia wskaźnika zrównoważonego rozwoju do wartości jak najbliższej jedności*. W jaki sposób możemy to zrealizować w praktyce?

Uważam, że zarówno zakres pracy, jak również opracowanie i przedstawienie problemu są właściwie ujęte i odpowiednio dobrane. Przedstawienie w pracy doktorskiej tak szerokiego materiału wymagało od Doktorantki bardzo dobrej znajomości skali i zakresu oddziaływania procesów poszukiwania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów na środowisko przyrodnicze. Otrzymane wyniki pracy stanowią oryginalny dorobek naukowy i praktyczny Doktoranta.

5. Wniosek końcowy

Reasumując, stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr Moniki Wójcik dzięki wartości poznawczej oraz użytkowej spełnia warunki stawiane rozprawą doktorską w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668 z późn. zm). Zawiera bowiem oryginalne wyniki z zakresu oceny

procesów poszukiwania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów pod względem środowiskowym i energetycznym w połączeniu z analizą ryzyka oraz dowodzi odpowiedniej wiedzy Doktorantki.

Recenzowana rozprawa doktorska mieści się w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Uważam, że podjęta przez Doktorantkę tematyka badawcza jest trudna, ale istotna, mając na uwadze zarówno krajowe, jak i europejskie doświadczenia w zakresie poszukiwania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. W wyniku realizacji doktoratu wdrożeniowego stworzono odpowiednie narzędzie (FRACK), które może zostać wdrożone, zarówno w przypadku powrotu do poszukiwań niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, jak i konwencjonalnych.

Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr Monikę Wójcik do dalszych etapów procedury nadania stopnia naukowego doktora.

Podpisał Adam Szurlej