

## Recenzja

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Andrzeja Pasternackiego  
pt. „Ocena efektywności procesu szczelinowania hydraulicznego w eksploatacji gazu  
ziemnego z łupków ilastych na podstawie badań mikrosejsmicznych”**

---

Rozprawa została wykonana w Katedrze Surowców Energetycznych na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie pod kierunkiem promotora Pana dr hab. inż. Michała Stefaniuka, prof. AGH i promotora pomocniczego Pana dr inż. Tomasza Maćkowskiego.

### 1. WPROWADZENIE

Recenzję rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Andrzeja Pasternackiego pt. „Ocena efektywności procesu szczelinowania hydraulicznego w eksploatacji gazu ziemnego z łupków ilastych na podstawie badań mikrosejsmicznych” opracowałem na podstawie pisma Dziekana Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica prof. dr hab. inż. Adama Piestrzyńskiego z dnia 11.07.2016r., o znakach WGGiOŚ/256/2016. Stwierdzam, że przedmiotowa rozprawa pod względem tematyki mieści się w dziedzinie Nauk o Ziemi i w obszarze dyscypliny naukowej **geofizyka**.

Rozprawa doktorska zgodnie z wymogami nowej ustawy z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 03.65.595 z dnia 16 kwietnia 2003r.) powinna być oryginalnym rozwiązaniem przez Doktoranta określonego zagadnienia naukowego oraz wykazywać jego ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stąd moim zadaniem jako recenzenta będzie dokonanie analizy rozprawy pod kątem oryginalności przedstawionego w niej zagadnienia naukowego, a także ustalenie tych jej elementów, które potwierdzają wiedzę teoretyczną i inne wymagane umiejętności Doktoranta. Zatem, analiza ta będzie dotyczyć treści każdego z rozdziałów rozprawy i na tej podstawie zostanie sformułowana jej ogólna ocena.

### 2. ANALIZA I OCENA ROZPRAWY

Treści rozprawy zawarte są w czterech rozdziałach merytorycznych oraz we wstępie (rozdział 1) i podsumowaniu (rozdział 6). Ponadto, rozprawę uzupełnia spis literatury liczący 76 pozycji, w większości angielskojęzycznych. Pewne zdziwienie budzi brak wśród nich jakiegokolwiek pozycji autorstwa czy też współautorstwa Doktoranta. Chcę podkreślić, na

plus rozprawy, że jest ona bogato ilustrowana dobrze dobranymi ilustracjami -125 rysunków i dodatkowo uzupełniona 8 załącznikami przedstawiającymi mapy czasowe różnych horyzontów korelacyjnych i stratygraficznych. Niestety na minus rozprawy należy zapisać brak jej starannej korekty przez Doktoranta i niezliczoną liczbę błędów literowych, co w pewnych przypadkach wyraźnie utrudnia czytanie tekstu.

### **Analiza poszczególnych rozdziałów rozprawy**

**Rozdział 1** ma rzeczywiście pewne cechy wstępu czy też wprowadzenia w tematykę rozprawy, dotykając, bardzo ogólnie, problematyki sejsmiczności generowanej poprzez ingerencję człowieka w strukturę ośrodka skalnego, a tym samym zaburzającej istniejący w nim stan równowagi. Do takich zabiegów na pewno należy szczelinowanie hydrauliczne, badaniu którego pod kątem efektywności w procesie pozyskiwania gazu z łupków poświęcona jest przedmiotowa rozprawa doktorska. Ponadto, rozdział ten sygnalizuje zagadnienia jakimi Doktorant będzie się zajmował się w pracy, a w końcowym fragmencie rozdziału zostały wymienione profesjonalne programy komputerowe, stosowane komercyjnie w firmach zajmujących się prospekcją złóż węglowodorowych.

#### Uwagi do tego rozdziału to :

- brak jasno sformułowanego celu czy też tezy rozprawy,
- nie są potrzebne tak obszerne dywagacje nad pojęciem „mikrosejsmika”, które występuje w tytule rozprawy,
- dosyć chaotyczne przedstawienie kluczowych problemów będących przedmiotem badań Doktoranta; powinny być wyspecyfikowane w sposób uporządkowany, tworząc logiczną całość w zakresie rozwiązania problemu badawczego będącego przedmiotem rozprawy.

**Rozdział 2** jest poświęcony metodyce i technice monitoringu mikrosejsmicznego i przedstawia cały szereg różnych aspektów pokazujących złożoność tego zadania, które jest przecież kluczowym w rozwiązaniu głównego problemu badawczego rozprawy – czy można stosować w danych warunkach geologicznych monitoring mikrosejsmiczny do oceny skuteczności zabiegu szczelinowania hydraulicznego czy też nie? Za interesujące w tym rozdziale pod względem naukowym i praktycznym uważam :

- przedstawienie metodyki monitorowania zjawisk mikrosejsmicznych z zastosowaniem powierzchniowego układu pomiarowego w odniesieniu do otworu Lubocino-2H,
- analizę możliwości detekcyjnych zjawisk sejsmicznych generowanych przez szczelinowanie hydrauliczne dla różnych wariantów monitoringu mikrosejsmicznego (powierzchniowy, para-powierzchniowy i w otworach wiertniczych),
- opracowanie kompleksowej metodyki przetwarzania danych monitoringu mikrosejsmicznego, prowadzonego z otworu Lubocino -1, podczas zabiegu szczelinowania hydraulicznego w otworze Lubocino-2H, w tym szczególnie w zakresie lokalizacji hipocentrow mikrowstrząsów,
- krytyczną ocenę możliwości mikrosejsmicznego monitorowania procesu szczelinowania hydraulicznego wraz z podaniem rozwiązań, które mogą poprawić wyniki w tym zakresie.



Uwagi do tego rozdziału to :

- w tytule rozdziału 2 jest sformułowanie ....badania monitoringu sejsmicznego. Moim zdaniem nie jest to badanie monitoringu lecz treścią rozdziału jest metodyka i technika monitoringu sejsmicznego; słowo „badanie jest niepotrzebne”.

**Rozdział 3** odbiega dosyć istotnie od zasadniczego tematu pracy, który dotyczy, zgodnie z tytułem rozprawy, wykorzystania badań mikrosejsmicznych do oceny efektywności procesu szczelinowania hydraulicznego w warstwie łupkowej zawierającej gaz (shale gas). Doktorant bowiem koncentruje się tutaj na wykorzystaniu danych sejsmiki refleksyjnej w postaci zdjęcia sejsmicznego Lubocino-3D i poprzez jego powtórne przetworzenie i reinterpretację dąży do opracowania modelu sejsmogeologicznego tego rejonu. Ważnym wynikiem jest potwierdzenie rozwiniętej i złożonej tektoniki tego rejonu w odniesieniu do formacji dolno-paleozoicznych, co z kolei może mieć wpływ na proces propagacji fal sejsmicznych generowanych przez mikrowstrząsy wywoływane przez szczelinowanie hydrauliczne. Rozdział kończy podrozdział 3.2. poświęcony problematyce inwersji sejsmicznej widzianej jako narzędzie do określenia parametrów petrofizycznych skał, w tym także udziału materii organicznej w skale zbiornikowej.

Uwagi do tego rozdziału to :

✓ uważam, że opisy litostratygraficzne poszczególnych formacji starszego paleozoiku (kambryj, ordowik, sylur) są zbyt szczegółowe w odniesieniu do tematu rozprawy doktorskiej.

**Rozdział 4** dotyczy pośrednio problemu będącego przedmiotem rozprawy doktorskiej i sformułowanego jej tytułu. Tytuł tego rozdziału wskazuje bowiem, że analiza parametrów petrofizycznych określanych dla rejonu Lubocino na podstawie zdjęcia sejsmicznego będzie służyła dokonaniu połączonej ich analizy z danymi monitoringu mikrosejsmicznego. Celem badań Doktoranta jest bowiem zidentyfikowanie w obrębie zdjęcia sejsmicznego Lubocino - 3D obszarów bogatych w materię organiczną (TOC), a więc o wysokim potencjale gazowym i równocześnie podatnych na szczelinowanie hydrauliczne. Bazują one na wynikach pomiarów petrograficznych i mineralogicznych wykonanych na rdzeniach wiertniczych z otworu Lubocino-1 oraz na krzywych różnych profilowań geofizycznych. Doktorant wykazuje, że estymacja parametru TOC jest możliwa na podstawie jego korelacji z parametrami sejsmicznymi i gęstością (impedancja akustyczna, impedancja fali S). Za interesujący uważam fragment poświęcony metodyce obliczania wskaźnika kruchości. Na szczególną uwagę zasługuje metodyka empirycznego szacowania wskaźnika kruchości BRIT, wykorzystująca relacje pomiędzy współczynnikiem Poissona i modułem Younga, gdzie wzrost tego wskaźnika ma miejsce przy niskich wartościach współczynnika Poissona i wysokich modułu Younga. Istotną część tego rozdziału stanowią analizy korelacyjne pomiędzy różnymi parametrami, z wykorzystaniem wykresów krzyżowych. Na ich podstawie Doktorant uzyskuje szereg ważnych informacji z punktu widzenia potencjalnej efektywności szczelinowania i pozyskiwania gazu z łupków. Ostatnim zagadnieniem poruszonym w tym



rozdziale jest wykorzystanie tzw. analizy LMR, bazującej na określeniu parametrów Lamé'go  $\lambda$ ,  $\mu$  i  $\rho$  (gdzie:  $\lambda$  – określa nieściśliwość materiału,  $\mu$  – jest modułem odkształcenia postaciowego,  $\rho$  – gęstość) do pozyskiwania informacji o cechach litologicznych ośrodka skalnego, jego porowatości i wypełnieniu płynami złożowymi. Odpowiednie wykresy krzyżowe wykonane dla skał sylursko-ordowickich z rejonu otworu Lubocino-1 pozwalają na identyfikację stref o podwyższonej wartości TOC i o wysokiej podatności skał na szczelinowanie. Na tej podstawie możliwe jest wskazanie potencjalnych miejsc dla efektywnego szczelinowania hydraulicznego z jednoczesnym pozyskiwaniem gazu. Nie wnoszę uwag do tego rozdziału.

**Rozdział 5** dotyczy połączonej interpretacji wyników badań mikrosejsmicznych, w postaci lokalizacji hipocentrow mikrowstrząsów generowanych przez szczelinowanie hydrauliczne skał łupkowych o potencjale gazowym, z parametrami jakie można określić metodami sejsmiki refleksyjnej. Uważam przedstawione w nim wyniki za interesujące pod względem badawczym i wnoszące nowe i istotne doświadczenia w zakresie stosowania technologii szczelinowania hydraulicznego. Doktorant posługuje się tutaj pojęciem skupisk zdarzeń sejsmicznych (mających formę elipsoidy koncentracji ognisk mikrowstrząsów odniesionej do poszczególnych etapów szczelinowania), dla których określa ich charakterystyczne parametry geometryczne. Materiał badawczy bazuje na rejestracjach uzyskanych z otworu Lubocino-2. Zastosowanie sejsmiki refleksyjnej ma tutaj na celu uzyskanie odpowiedzi na ważne pytanie – czy ma miejsce koincydencja przestrzennych skupisk mikrowstrząsów z anomaliami wybranych atrybutów sejsmicznych, a więc jakie wielkości parametrów sejsmicznych charakteryzują strefy powstawania ognisk mikrowstrząsów. Doktorant wykorzystuje tutaj atrybuty geomechaniczne oraz geometryczne ( $\lambda\rho$ ,  $\mu\rho$ , współczynnik Poissona i moduł Younga; semblancję sterowaną gradientem, średnią, najbardziej ujemną i najbardziej dodatnią krzywizny refleksu sejsmicznego). Uważam za interesujące wyniki analiz statystycznych opracowanych przez Doktoranta z wykorzystaniem wykresów krzyżowych, a przede wszystkim ważny wniosek praktyczny, że większość zjawisk sejsmicznych w badanym rejonie została wygenerowana w utworach zbliżonych do plastycznych i tylko w nielicznych przypadkach w obrębie ośrodka kruchego. Do podobnego stwierdzenia prowadzą wyniki analiz przeprowadzonych z wykorzystaniem parametrów LMR oraz segmentowania wyników w klastry. Wyniki opisane w tym rozdziale pracy pozwalają tłumaczyć niską aktywność sejsmiczną indukowaną szczelinowaniem hydraulicznym w rejonie otworu Lubocino 2. Poruszony został także wątek możliwego występowania stref uskokowych w obszarze prowadzonych badań i ich reaktywacji pod wpływem prowadzonego szczelinowania.

Uwagi do tego rozdziału to:

- Doktorant winien się ustosunkować do problemu liczebności zjawisk sejsmicznych generowanych w procesie szczelinowania hydraulicznego oraz kluczowego problemu dokładności lokalizacji ich ognisk w przypadku sytuacji pomiarowej w rejonie otworu Lubocino 2; jaka jest ocena wiarygodności uzyskanej elipsoidy strefy zeszczelinowanej ?



- Na jakiej podstawie Doktorant twierdzi, że mikrowstrząsy charakteryzują się mechanizmem odpowiadającym podwójnej parze sił w ich ognisku.

**Rozdział 6** zawiera rodzaj podsumowania wyników uzyskanych w trakcie przeprowadzonych różnorodnych analiz. Wskazują one na potencjalne możliwości stosowania monitoringu sejsmiczności indukowanej przez proces szczelinowania hydraulicznego ordowickich warstw łupkowych o potencjale gazowym, ale także na duże trudności techniczne w prowadzeniu tego monitoringu z uwagi na głębokość położenia tych warstw i ich słabą podatność do kruchego pęknięcia. Doktorant podkreśla korzyści wynikające z kompleksowego stosowania monitoringu mikrosejsmicznego w połączeniu z badaniami sejsmiki refleksyjnej. Za ważny wniosek pod względem poznawczym i praktycznym uznaję pokazanie, że taki kompleks badań może być użyteczny w identyfikacji obszarów o podwyższonym potencjale zarówno udziału materii organicznej (TOC) jak i podatności warstwy łupkowej na szczelinowanie.

Nie wnoszę uwag merytorycznych do tego rozdziału.

### **Ogólna ocena rozprawy**

Wymieniony w tytule rozprawy doktorskiej problem merytoryczny dotyczy zagadnienia istotnego dla rozwoju technologii pozyskiwania niekonwencjonalnego gazu z łupków (shale gas), w której to proces szczelinowania hydraulicznego jest jednym z kluczowych etapów technologicznych prowadzących do upodatkowania warstwy łupkowej w kierunku zwiększenia jej przepuszczalności. Zatem można stwierdzić, że efektywność przedmiotowego szczelinowania decyduje o finalnej efektywności pozyskiwania gazu i o ekonomicznej opłacalności całego przedsięwzięcia. Stąd też uważam, że problem kontroli efektywności tego ważnego etapu technologicznego z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi pomiarowych posiada niezwykle istotne znaczenie. Należy podkreślić, że szeroko rozumiane metody badań sejsmicznych mogą być takim narzędziem, pod warunkiem dostosowania ich metodyki pomiarowej i interpretacyjnej do specyfiki powyższego wyzwania. Przedmiotowa praca doktorska identyfikuje szereg specjalistycznych problemów i przedstawia metody ich rozwiązania. Właśnie te specjalistyczne zagadnienia są przedmiotem rozprawy doktorskiej.

Ogólnie oceniam całość rozprawy doktorskiej **pozytywnie**. Stanowi ona w sumie logiczną całość, chociaż Doktorant nie nakreślił w żadnym jej miejscu schematu postępowania, który realizował w poszczególnych rozdziałach. Bowiem tytuł rozprawy wyraźnie wskazuje, że podstawowym narzędziem badawczym jaki będzie wykorzystywał w pracy będą badania mikrosejsmiczne. Tymczasem w treściach rozprawy dominują badania sejsmiczne z wykorzystaniem sejsmiki refleksyjnej, które zostały ukierunkowane na zidentyfikowanie w badanym rejonie Lubocino warstw łupkowych o odpowiednim potencjale gazowym (wysokie wartości TOC) i o podwyższonej podatności na szczelinowanie hydrauliczne. Nie jestem przeciwny takiej strukturze pracy, ale to powinno być wyraźnie zaakcentowane na samym jej początku. Rozumiem, że sejsmika refleksyjna i jej duże możliwości interpretacyjne służą tutaj wyjaśnieniu raczej niskiego poziomu sejsmiczności generowanej przez przeprowadzone zabiegi szczelinowania hydraulicznego, co w konsekwencji prowadziło do małej liczby zarejestrowanych zjawisk mikrosejsmicznych i nadających się do pełnej



interpretacji. Tym niemniej uważam, że całość pracy z szerokim i kompleksowym wykorzystaniem nowoczesnych metodyk interpretacyjnych zawiera elementy, którym można przypisać pewne cechy oryginalności naukowej. Potwierdza to umiejętność Doktoranta z korzystania z nowoczesnych narzędzi badawczych i wnikliwego podejścia do analizowanego problemu.

**Uwagi krytyczne i porządkowe :** *(niektóre zostały podane po analizie rozdziałów)*

- Nie znalazłem jasno sformułowanego celu czy też tezy rozprawy; są w rozdz.1 pewne opisy, które można przynajmniej częściowo utożsamiać z celem, ale doktorant nazywa je założeniami. Proszę aby na obronie pracy Doktorant wyraźnie go określił.
- Kluczowym problemem w odniesieniu do badań mikrosejsmicznych, a więc dotyczących zjawisk o bardzo małej energii sejsmicznej, jest problem dokładności ich lokalizacji przestrzennej. Oczekuję tutaj ustosunkowania się Doktoranta do błędów tej lokalizacji, które w sposób istotny zależą od geometrii sieci pomiarowej, także od metody lokalizacji - ponieważ podane w pracy wartości wydają się zbyt optymistyczne.
- Dlaczego w przypadku mikrowstrząsów generowanych przez szczelinowanie hydrauliczne miałyby dominować mechanizm podwójnej pary sił (str.29) – proszę wyjaśnić.
- Doktorant używa pojęcia „odebrana energia”; nie jest to poprawne pod względem fizycznym, powinno być albo strumień energii lub gęstość energii. Energia sejsmiczna jest bowiem parametrem przypisanym do ogniska wstrząsu.
- Nie zawsze cytowana literatura odpowiada kontekstowi treści – zbyt często podawana jest literatura z obszaru sejsmologii globalnej (trzęsień Ziemi), która nie jest adekwatna do fizycznej strony zjawisk jakie są generowane przez szczelinowanie hydrauliczne (np. str. 37 inwersja tensora momentu sejsmicznego). Szkoda, że Doktorant prawie całkowicie pominął polską literaturę z zakresu sejsmologii górniczej (jest np. wiele publikacji szczególnie Głównego Instytutu Górnictwa, który od ponad 50 lat zajmuje się sejsmicznością górniczą).
- Niestety muszę zwrócić uwagę na powtarzające się nagminnie błędy związane z rozpoczynaniem się zdań, szczególnie od litery „w” czy też „d” z małej litery, co utrudnia czytanie tekstu i sprawia wrażenie, że nikt pracy nie przeczytał przed jej ostateczną edycją. Sporadycznie są także drobne błędy stylistyczne.

### **3. SPEŁNIANIE WYMOGÓW STAWIANYM PRACOM DOKTORSKIM**

#### **3.1. Zasadność wyboru tematu rozprawy**

W ocenie rozprawy zostało już wyraźnie podkreślone, że proces upodatnienia struktury warstw łupkowych zawierających gaz w celu zwiększenia ich przepuszczalności, jest kluczowym dla pozyskiwania tego gazu. Stąd kontrola efektywności powyższego procesu, realizowanego w tym przypadku poprzez szczelinowanie hydrauliczne, jest niezwykle ważna. Doktorant pokazuje, że metody sejsmiczne obejmujące badania mikrosejsmiczne i sejsmikę

refleksyjną mogą być narzędziem pozwalającym na kontrolę efektywności szczelinowania hydraulicznego. W tym przypadku Doktorant wykorzystuje jako poligon badawczy rejon otworów w okolicy Lubocino.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia uznaję wybór tematu rozprawy doktorskiej mgr inż. Andrzeja Pasternackiego za w pełni uzasadniony potrzebami nauki i przemysłu.

### **3.2. Ocena tezy rozprawy**

Doktorant nie sformułował tezy rozprawy, co nie jest jakimś istotnym zarzutem. Jednak uważam, że winien jasno podać cel rozprawy, o czym już wcześniej wspomniałem w wymienionych uwagach do rozprawy. Jeszcze raz zaznaczam, że swoje wystąpienie na publicznej obronie Doktorant powinien rozpocząć właśnie od przedstawienia motywu i celu podjęcia realizacji rozprawy doktorskiej. Nie jest nim bowiem, jak to wynika z treści rozprawy wykorzystanie wyłącznie badań sejsmometrycznych do oceny efektywności szczelinowań hydraulicznych, ale znacznie więcej innych ciekawych badań i analiz.

### **3.3. Zagadnienia naukowe samodzielnie rozwiązane przez Doktoranta**

W przedmiotowej rozprawie można stosunkowo łatwo dostrzec wiele ważnych elementów w zakresie zastosowanych nowatorskich rozwiązań metodycznych. Pozwoliły one na wykonanie przez Doktoranta wielokierunkowych analiz i uzyskanie oryginalnych wyników. Na ich podstawie sformułował szereg oryginalnych wniosków o znaczeniu naukowym i w dużym stopniu praktycznych. Osobiście za najważniejsze zagadnienia rozwiązane samodzielnie przez Doktoranta uważam następujące :

- ✓ pokazanie, że badania mikrosejsmiczne w warunkach dużej głębokości szczelinowanych warstw łupkowych są bardzo trudne w realizacji, która może zapewnić rejestrację bardzo słabych zjawisk sejsmicznych o odpowiedniej jakości dla dalszej interpretacji,
- ✓ wykazanie poprzez korelację wyników badań mikrosejsmicznych z wynikami sejsmiki 3D przyczyn słabej efektywności szczelinowań hydraulicznych w otworze Lubocino-2,
- ✓ pokazanie, że sejsmika 3D, uzupełniana w miarę potrzeb przez inne metody geofizyczne i geologiczne, powinna być stosowana dla wyprzedzającej identyfikacji obszarów perspektywicznych dla szczelinowania hydraulicznego w aspekcie pozyskiwania gazu z łupków, a więc o odpowiednio wysokim potencjale gazowym oraz podatności na szczelinowanie hydrauliczne.

### **3.4. Ocena poprawności przeprowadzonych analiz, uzyskanych wyników i wniosków**

W rozwiązaniu analizowanych problemów Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością problematyki geofizycznej, geologicznej oraz umiejętnością korzystania z zaawansowanych narzędzi informatycznych. Uważam, że wszystkie etapy badawcze realizowane w przedmiotowej rozprawie doktorskiej, które obejmowały pomiary, modelowanie, interpretację i przetwarzanie wyników oraz ich analizę były realizowane



prawidłowo i starannie. Stąd uzyskane wyniki należy uznać za wiarygodne. Stwierdzenia i pewne wnioski jakie pojawiają się w treściach rozprawy oparte są na uzyskanych wynikach analiz i obliczeń.

### 3.5. Ocena znajomości przedmiotu zagadnienia przez Doktoranta

Mim zdaniem mgr inż. Andrzej Pasternacki wykazał się znakomitą znajomością wielu specjalistycznych zagadnień związanych z szeregiem złożonych problemów z zakresu metod geofizycznych, szczególnie sejsmicznych, także geologii złożowej oraz korzystania z techniki komputerowej. Wiedza ta umożliwiła Doktorantowi uzyskanie interesujących i oryginalnych wyników, posiadających wartość naukową i przede wszystkim praktyczną. Znajomość przedmiotu zagadnienia będącego przedmiotem rozprawy doktorskiej potwierdza także przytoczona specjalistyczna literatura zagraniczna i krajowa, którą Doktorant wykorzystał w treściach rozprawy. Potwierdza to jego zainteresowanie postępem w obszarze badań, którego dotyczy problematyka rozprawy. Stąd, oceniam znajomość przedmiotu zagadnienia przez Doktoranta mgr inż. Andrzeja Pasternackiego jako bardzo dobrą.

## 4. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej pt. *„Ocena efektywności procesu szczelinowania hydraulicznego w eksploatacji gazu ziemnego z łupków ilastych na podstawie badań mikrosejsmicznych”* autorstwa mgr inż. Andrzeja Pasternackiego stwierdzam, że Doktorant :

- potwierdził umiejętność samodzielnego formułowania problemów naukowych oraz organizacji i prowadzenia procesu badawczego dla ich efektywnego rozwiązania wraz z analizą i prezentacją wyników;
- posiada bardzo dobre przygotowanie geofizyczne, geologiczne i informatyczne dla realizacji nowych i złożonych problemów naukowo-badawczych, co wykazał w przedmiotowej rozprawie doktorskiej;
- zrealizował zaplanowany program badawczy, który zawiera nowe elementy poznawcze i posiada istotne walory praktyczne,
- wykazuje wysoki poziom wiedzy w obszarze dyscypliny geofizyka, szczególnie w zakresie metod sejsmicznych.

Tak więc, rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Andrzeja Pasternackiego spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. **Andrzeja Pasternackiego** do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy.

