

Zabrze, 31/08/2022r.

Prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała
Z-ca Dyrektora Instytutu ds. Badań i Rozwoju

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jakuba SOBIERAJA
pt. *„Waloryzacja popiołów w celu ich dalszego wykorzystania w materiałach antropogenicz-
nych”*

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Sylwester Kalisz, prof. PŚ

Wprowadzenie

Podstawą formalną opracowania recenzji jest umowa o dzieło zawarta pomiędzy Politechniką Śląską a autorem niniejszej recenzji. Recenzja przygotowana jest w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 23.06.2022 r., Ustawę *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668, z późn. zm.) z dnia 20 lipca 2018 r. oraz Ustawę *o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2012, z późn. zm.) z dnia 14 marca 2003 r.

Recenzja opracowana jest na podstawie otrzymanej w dniu 16.07.2022 r. rozprawy doktorskiej, stanowiącej opracowanie zwarte.

1. Sylwetka Doktoranta

Autor recenzowanej rozprawy doktorskiej, Pan Jakub Sobieraj uzyskał we wrześniu 2018 r. tytuł mg inż. na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Według posiadanych informacji, Doktorant nigdy wcześniej nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora w żadnej jednostce organizacyjnej. Poniżej znajduje się wykaz zajmowanych przez Niego stanowisk oraz pracodawców:

- Politechnika Śląska, doktorant, stanowisko asystenta w projekcie Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, 11.2018 – 06.2022
- Creadis Sp. z o.o., Mechanical Engineer (CFD & FEA), obecnie
- Sumitomo SHI FW, Konstruktor CAD, 07.2016 – 02.2018
- Sumitomo SHI FW, Inżynier FEA, 09.2019 – 08.2020

2. Ogólna ocena rozprawy wraz z uwagami krytycznymi

W bieżącym punkcie dokonam zwięzłego podsumowania treści rozprawy oraz ocenę prawidłowości wyboru jej tematyki.

2.1 Zakres rozprawy

Przedłożona do recenzji praca poświęcona jest ocenie wariantowych możliwości zastosowania ubocznych produktów spalania paliw stałych (węgiel, biomasa, RDF) poddanych różnym procesom waloryzacji głównie jako adsorbentów zawartego w spalinach CO₂. Doktorant obiera kierunek zastosowania ubocznych produktów spalania po ich wzbogaceniu dodatkiem glinokrzemianów - kaolinu i haloizytu. Doktorant oczekuje m.in. iż poprzez dodatek glinokrzemianów poprawie ulegnie zdolność adsorpcji CO₂ przez popioły pochodzące ze spalania paliw stałych a sam proces waloryzacji okaże się efektywną ścieżką wpisującą się w ideę GOZ dla ubocznych produktów spalania.

Realizowane przez Doktoranta badania uzyskały wsparcie finansowe w ramach projektu badawczego pt. „*Optymalizacja procesu spalania i waloryzacja ubocznych produktów spalania dla wypełnienia założeń gospodarki o obiegu zamkniętym*” finansowanego przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej co potwierdza rangę i istotność analizowanej oraz rozwijanej przez Niego w pracy tematyki.

Rozważania zawarte w rozprawie opierają się m.in. na wynikach analiz wpływu dodatków glinokrzemianowych oraz rozkładu uziarnienia i zawartości części palnych na zdolność do adsorpcji CO₂ w porównaniu do materiału surowego (bez dodatków). Autor bazował na wytworzonych przez siebie w instalacji laboratoryjnej i wielkolaboratoryjnej próbkach popiołu jak również wykorzystywał popiół pozyskany z instalacji przemysłowej – jednostki spalającej biomasę.

W przeprowadzonej dyskusji nacisk położony został na dwa addytywy paliwowe: kaolin i haloizyt, które stosowane są w celu poprawy zdolności ubocznych produktów spalania takich jak popiół lotny i denny do wychwytu CO₂. Ponieważ waloryzacja rozważana jest w pracy doktorskiej w szerszym kontekście niż jedynie wzbogacanie składu przez dodatki, jeden z rozdziałów poświęcono ocenie wpływu rozkładu ziarnowego oraz zawartości części palnych w ubocznych produktach spalania na przebieg procesu adsorpcji CO₂ oraz wpływ mielenia popiołu na redukcję związków azotu w nim zawartych.

Tytuł pracy jest zwięzły i anonsuje szerszą niż faktyczna tematykę bowiem pojęcie materiałów antropogenicznych jest znacząco szersze niż te, które są przedmiotem rozważań w pracy doktorskiej. Przedmiot pracy mieści się w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Rozprawę Doktorant zawarł na 163 stronach tekstu zasadniczego. Praca jest obszerna i bogata w liczne formy graficzne (tabele, rysunki, zdjęcia), zawiera wykaz spisy tabel i rysunków a także wymagane obowiązującymi przepisami streszczenia w języku polskim i angielskim. Podzielono ją na jedenaście numerowanych rozdziałów z czego zasadniczą część pracy zawarto w rozdziałach #1 ÷ #10, rozdział #11 zawiera wnioski, po których przedstawiono obszerną bibliografię (rozdział #12). Obejmuje ona 203 pozycje, cytowane źródła są aktualne, część cytowanych prac pochodzi z ostatnich lat, ponadto duża część raportów i dokumentów opublikowana została w roku wydania pracy doktorskiej. Duży udział pozycji obcojęzycznych (głównie publikacje naukowe i raporty) jak również ich aktualność świadczą o bardzo dobrym rozpoznaniu przez Doktoranta nie tylko bieżącego światowego dorobku naukowego w zakresie merytorycznym przedmiotu rozprawy ale także utrzymywaniu bieżącej wiedzy w zakresie obowiązujących norm czy regulacji prawnych. W wykazie literatury Doktorant umieścił jedną pozycję, której jest współautorem i na którą powołał się w pracy. Odwołania do przedstawionych w bibliografii pozycji literaturowych mają uzasadnienie wynikające z treści rozprawy. Sposób oznaczenia cytowań źródeł literatury jest poprawny i zgodny ze stylistyką stosowaną w naukowej literaturze technicznej.

W rozdziale #1 *Wprowadzenie* Autor zwięźle omawia problematykę wytwarzania energii. W kontekście czasu wykorzystania mocy znamionowej oraz stabilności zasilania odbiorców w nośniki energii wskazuje na wciąż istotną rolę energetyki opartej na paliwach stałych. Energetyczne wykorzystanie paliw stałych wiąże się z powstawaniem znacznych ilości ubocznych produktów spalania (tzw. UPS - popiół, żużel), których wykorzystywanie zgodnie z filozofią gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) stanowi duże wyzwanie, nie tylko z uwagi na ograniczenia technologiczne ale także obowiązujące regulacje prawne. Kilkustronicowy rozdział #2 to rozszerzona informacja o filozofii GOZ zaś rozdział #3 przedstawia szersze omówienie klasyfikacji i właściwości ubocznych produktów spalania z uwagi na paliwo z jakiego powstają oraz możliwe zastosowania w charakterze dodatku do popiołu lotnego do betonu, materiału do rekultywacji terenów, środka poprawiającego jakość gleb uprawnych, adsorbenty, wypełniacze materiałów, oraz jako źródło do odzysku pierwiastków chemicznych. Rozdział #4 omawia ścieżki prowadzące do uzyskania produktu zwaloryzowanego oraz wyszczególnia materiały, na których w swoich rozważaniach planuje się skupić Doktorant – są to glinokrzemiany pochodzenia kopalnego – haloizyt i kaolin. Doktorant przyjmuje do rozważań jeden z możliwych kierunków zastosowania UPS jakim jest ich zastosowanie w charakterze adsorbentów.

Cel, zakres i tezy pracy są podane w rozdziale #5. Cel zdefiniowany jest przez Doktoranta jako „*badania eksperymentalne popiołów pod kątem możliwości ich waloryzacji [...]*” w istocie wskazuje na rodzaj prac, jakie zaplanował Doktorant a nie stanowi sam w sobie właściwego celu pracy. Za faktyczne cele pracy można uznać cele cząstkowe, które zaprezentowano w rozdziałach: 7.3 (*określenie wpływu dodatku paliwowego na charakterystyczne temperatury przemian fazowych popiołu oraz jego skład*), 8.3 (*analiza możliwości wykorzystania popiołu ze spalania biomasy wraz z dodatkami paliwowymi jako potencjalnego adsorbentu do separacji i magazynowania CO₂*), 9.2 (*określenie zdolności adsorpcji popiołu lotnego oraz mieszaniny popiołu lotnego i żużla pochodzącego ze spalania biomasy w przemysłowym rusztowym kotle ciepłowniczym*) i 10.2 (*ocena podatności przemiałowej popiołu a także wpływu procesu mielenia na usuwanie amoniaku*).

W zakresie pracy leżą zasadniczo badania analityczne i laboratoryjne związane z oceną parametrów paliw i ubocznych produktów spalania, procesów jednostkowych ich waloryzacji (suszenie, mielenie) oraz badań adsorpcji CO₂. Część pracy poświęcono analizie termogravimetrycznej oraz ocenie modeli kinetycznych, które przyjęto do stosowania.

W tym rozdziale postawione zostają także tezy pracy:

- dodatki glinokrzemianowe pozwalają podnieść charakterystyczne temperatury przemian fazowych popiołu a tym samym pozytywnie wpływają na proces spalania bez negatywnego wpływu na ich późniejsze zagospodarowanie w myśl GOZ,
- dodatki glinokrzemianowe w postaci haloizytu oraz kaolinu wpływają pozytywnie na zdolność absorpcji CO₂. Zastosowanie dodatków paliwowych pozwala na osiągnięcie efekty synergii w procesie adsorpcji.
- UPS mogą być rozpatrywane w charakterze ekologicznych i wpisujących się w założenia GOZ adsorbentów CO₂. Istnieje silna korelacja pomiędzy zawartością części palnych a zdolnością adsorpcji UPS.
- Możliwe jest wytworzenie adsorbentu na bazie popiołu lotnego, który charakteryzuje się wysoką zdolnością adsorpcji CO₂.
- Mielenie popiołów pozwala na waloryzację przez zmianę rozkładu ziarnowego (zmniejszenie średnicy cząstek) przy jednoczesnej redukcji zawartości związków amonowych w popiele.

Cele przyjęte w pracy noszą elementy nowości naukowej (głównie dotyczącej oceny efektu synergetycznego absorpcji CO₂ przez mieszanki UPS i dodatków) oraz mają charakter stricte

użyteczny. Na tym etapie zauważyć można, że układ pracy zgodny jest z tradycyjnym układem prac mających cechy rozpraw doktorskich, gdzie zwyczajowo przedstawienie analizy stanu wiedzy w temacie rozprawy ma miejsce przed określeniem celu, ewentualnie też i zakresu pracy. W takim (klasycznym) układzie widoczne jest w sposób jednoznaczny, z czego wynika przyjęty cel pracy oraz zakres prac planowanych do jego realizacji.

W rozdziale #6 pt. *Metodologia badań* Doktorant opisuje sposoby jakimi prowadził badania, poczynając od przygotowania próbek i ich spopielenia, analizy rozkładu ziarnowego, analizy właściwości fizykochemicznych oraz wyznaczał charakterystyczne temperatury topliwości popiołu. Szerzej opisano sposób prowadzenia analizy procesu adsorpcji CO₂ oraz analizę SEM.

W rozdziale #7 Autor analizuje wpływ dodatków paliwowych na charakterystyczne temperatury topliwości popiołów oraz zanieczyszczanie powierzchni ogrzewalnych, opisuje także mechanizmy tworzenia się zanieczyszczeń. Analizuje cztery rodzaje paliw biomasowych: biomasę pochodzenia leśnego, słomę owsianą, słomę pszenną i odpadowe fusy kawowe, dla których sporządzane są mieszanki wraz z dodatkami paliwowymi o zmiennym jego udziale a następnie wyznaczane są wartości charakterystycznych temperatur topliwości popiołu. Wykazując w większości pozytywny wpływ polegający na podwyższeniu wartości charakterystycznych temperatur topliwości, zwraca uwagę na brak korzystnego oddziaływania w przypadku zmieszania z analizowaną biomasą drzewną oraz na dużą rolę właściwego wymieszania dodatku z biomasą.

Analizy wpływu dodatków na proces adsorpcji CO₂ Autor dokonuje w rozdziale #8. Opisuje w nim wybrane modele adsorpcji, wybierając na potrzeby rozważań prowadzonych w pracy trzy z nich: model Freundlicha, model Langmuira i model Temkina. Za zasadne przyjmuje przebadanie popiołu uzyskanego w trakcie spopielenia próbki biomasy wymieszanej z dodatkami przygotowanymi w sposób wariantowy: haloizyt surowy, haloizyt poddany kalcynacji, haloizyt suszony oraz kaolin, argumentując to korzystnym wpływem dodatku glinokrzemianowego na powstawanie struktur adsorbentu. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem aparatury do badań adsorpcji ciśnieniowej, wykonano także zdjęcia SEM oraz badania porozymetryczne. Ważnym wnioskiem z przeprowadzonych badań jest, iż ilość zaadsorbowanego w przypadku mieszaniny biomasy z dodatkiem paliwowym CO₂ jest większa niż wynikałoby to wprost z addytywności, tym samym efekt synergii został wykazany. Jak stwierdzono, procesy kalcynacji i suszenia dodatków pogarszają zdolność adsorpcji mieszanki.

Rozdział #9 traktuje o wpływie rozkładu ziarnowego oraz straty prażenia na proces adsorpcji CO₂ przez popiół lotny i żużel. Tym razem jako obiekt badań wybrano dwa uboczne produkty spalania pochodzące z instalacji przemysłowego spalania biomasy – kotła rusztowego: popiół lotny oraz mieszaninę popiołu lotnego i żużla (z udziałem masowym odpowiednio 85/15%). Z pobranych prób wytworzono adsorbenty, stosując do tego celu m.in. metodę separacji wodnej. Wykazano, że zależność ilości zaadsorbowanego CO₂ od zawartości części palnych w popiele ma charakter liniowy, co jest konsekwencją mocno rozwiniętej powierzchni właściwej cząstek karbonizatu – niecałkowicie spalonego paliwa zawartego w popiele. Wpływu rozkładu ziarnowego na ilość zaadsorbowanego gazu nie stwierdzono.

W rozdziale #10 proces mielenia popiołu poddano analizie pod kątem zastosowania jako techniki waloryzacyjnej, głównie pod kątem usunięcia zawartego w popiele amoniaku. Jako obiekty badań przyjęto uboczne produkty spalania wytworzone w instalacjach spalania pracujących w różnych technologiach – rusztowej i fluidalnej oraz wykorzystujących paliwa takie jak: węgiel, biomasa i RDF. W przypadku prób popiołu uzyskanych ze spalania węgla, dla większości badanych próbek wykazano korzystny wpływ mielenia na zawartość amoniaku, w przypadku próbek pochodzących ze spalania biomasy i RDF uzyskiwane wyniki nie pozwalają na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków.

Po przeprowadzeniu analizy zawartości rozprawy stwierdzam, że sposób w jaki Doktorant sformułowała w oparciu o przeprowadzone analizy literaturowe cel pracy a także zastosowała w trakcie realizacji pracy elementy nowości naukowej (m.in. analizę wpływu wybranych dodatków paliwowych na zdolność UPS do adsorpcji CO₂, w tym na potencjalne występowanie efektów synergii) był właściwy i doprowadził w konsekwencji do poprawnego zaplanowania badań, które zostały przeprowadzone i opisane w pracy.

Zakres pracy zaplanowany dla realizacji postawionego celu głównego uznaję na tym etapie za wystarczający.

2.2 Ocena prawidłowości wyboru tematu

W obliczu transformacji energetycznej sektora wytwarzania energii Unii Europejskiej ukierunkowanej na dekarbonizację, rola biomasy jako paliwa alternatywnego w stosunku do węgla oraz powszechnie uznawanego za zeroemisyjne (w ujęciu bezpośrednim) pozostaje bardzo istotna. Dla sektora energetycznego, który będzie w nadchodzących latach coraz bardziej niż ma to miejsce obecnie wykorzystywał paliwa nisko i zeroemisyjne, poprawa efektywności ekonomicznej poprzez zastosowanie paliw obciążonych zerowym współczynnikiem emisji CO₂, pozyskiwanymi jako produkty odpadowe stanie się bardzo istotnym zagadnieniem. Wielkoskalowe wykorzystanie biomasy wiąże się jednak z ryzykiem wystąpienia problemów eksploatacyjnych wynikających z jej składu chemicznego. Sposobem na zmniejszenie prawdopodobieństwa ich wystąpienia są dodatki paliwowe – m.in. haloizyt i kaolin, które w swej pracy przyjmuje do analizy Doktorant. Z jednej strony, pozwalają one poprzez zmiany wielkości charakterystycznych temperatur topliwości popiołu zmniejszyć ryzyko eksploatacyjne z drugiej zaś strony mogą mieć korzystny wpływ na właściwości UPS, w aspekcie adsorpcji CO₂ z wykorzystaniem tych materiałów w charakterze sorbentów.

Biorąc pod uwagę powyższe, uważam, że temat rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Sobieraja został wybrany prawidłowo a całość podjętej pracy choć uwarunkowana w większości zamierzeniami o charakterze stricte utylitarnym zawiera istotne elementy nowości naukowej.

3. Analiza treści rozprawy wraz z uwagami krytycznymi

W poniższym rozdziale recenzji skupię uwagę na zagadnieniach naukowych samodzielnie rozwiązanych przez Doktoranta oraz dyskusji prawidłowości rozważań, uzyskanych wyników i wniosków oraz na uwagach i wątpliwościach, które nasunęły mi się przy pisaniu recenzji. Na końcu zamieszczonej analizy odniosę się do oryginalności i wskażę na główne walory rozprawy.

3.1 Zagadnienia naukowe i utylitarne rozwiązane samodzielnie przez Doktoranta

Po przeprowadzeniu analizy treści rozprawy stwierdzam, że postawiony przez Doktoranta cel główny pracy został zrealizowany.

Do **najważniejszych zagadnień naukowych** rozwiązanych przez Niego samodzielnie zaliczam:

- krytyczne przeanalizowanie dużej liczby dostępnych pozycji literatury dotyczących aspektów wykorzystania ubocznych produktów spalania w charakterze adsorbentów,
- analizę wariantowych mieszanek: UPS + dodatek z wykorzystaniem technik analitycznych i analizy obrazu,
- badania wpływu dodatków paliwowych na skuteczność procesu adsorpcji CO₂,
- ocenę wystąpienia efektu synergii w przypadku adsorpcji CO₂ na mieszance z dodatkami w postaci haloizytu i kaolinu.

Za **najistotniejsze** elementy pracy w **aspekcie praktycznym** uważam natomiast:

- wykazanie, iż popioły pochodzące z przemysłowych instalacji spalania paliw cechują się korzystniejszymi właściwościami adsorpcyjnymi w odniesieniu do popiołów uzyskanych w warunkach laboratoryjnych,
- potwierdzenie możliwości wydzielenia z UPS związków chemicznych/pierwiastków w celu ich wykorzystania w charakterze adsorbentów (niespalone cząstki węgla),
- ocenę wpływu procesu mielenia popiołu lotnego na zawartość części lotnych oraz zawartość związków amonowych w produkcie końcowym.

3.2 Prawdliwość rozważań, uzyskanych wyników i wniosków oraz uwagi krytyczne

Zawartość rozprawy dowodzi, że Doktorant bardzo dobrze znajduje się w przedmiotowej problematyce. Nie stwierdzam w tym zakresie żadnych uchybień i oceniam Jego znajomość przedmiotu zagadnienia - w tym przygotowanie zawodowe i naukowe – pozytywnie.

Przyczynę do podjęcia pogłębionej dyskusji naukowej stanowią natomiast zagadnienia, które zamieszczam poniżej, z prośbą o odniesienie się do nich w trakcie obrony pracy:

1. Str. 15: czy wobec braku możliwości klasyfikacji popiołu lotnego jako surowca w obowiązującym stanie prawnym możliwe jest jego wielkoskalowe zastosowanie w charakterze adsorbentu? Czy w tej kwestii nie ma żadnych ograniczeń formalno – prawnych?
2. Str. 28: legenda na rys. 3.1 niepotrzebnie duplikuje informacje zawarte w etykietach na osi odciętych.
3. Str. 55 i dalej: czy kierowano się przy doborze udziału masowego addytywów w prowadzonych badaniach? Czy była to zawartość chloru w paliwie (jak wskazano na str. 55) czy za maksymalnym udziałem masowym 4% zdecydowały inne kwestie? Proszę o ich wskazanie oraz o komentarz, czy a jeżeli tak to których przypadkach spośród analizowanych efekty związane z udziałem dodatku mają charakter proporcjonalny do jego udziału?
4. Komentarz ogólny #1: czy zdaniem Doktoranta, docelowe działania polegające na wykorzystaniu ubocznych produktów spalania w celu wiązania antropogenicznego CO₂ powinny skupiać się na odwracalnych procesach adsorpcji (a zatem leżeć w obszarze objętym zakresem pracy i wciąż rozwiązaniem jedynie etapem wychwytu CO₂ przy świadomości ograniczeń technologicznych związanych z desorpcją) czy raczej być ukierunkowane na rozwój i wdrażanie technologii mineralizacji, w celu trwałego wiązania CO₂ z ubocznymi produktami spalania. Która z tych technologii może korzystniejsza z punktu widzenia ekonomicznego a która środowiskowego?
5. Komentarz ogólny #2: czy zdaniem Doktoranta, można w pełni mówić o GOZ w przypadku gdy wydobywanie halogenu ma charakter procesu nieodwracalnego (trwałe zubożenie zasobów naturalnych)?
6. Komentarz ogólny #3: jaki najbardziej efektywny z punktu widzenia wymieszania z paliwem podstawowym sposób dozowania dodatków do paliwa podawanego do kotła pracującego w technologii rusztowej bądź fluidalnej może Pan zaproponować (wobec stwierdzenia o dużym wpływie homogenizacji mieszanki paliwo – dodatek na uzyskiwane efekty)?

Podkreślić należy, że wskazane powyżej uwagi i komentarze nie umniejszają wartości naukowej i oraz aspektów użytecznych pracy. Zaplanowany zakres pracy został zrealizowany a postawiony cel został osiągnięty. Praca jest starannie zredagowana, napisano ją dobrym językiem.

3.3 Oryginalność i główne walory rozprawy

Doktorant planując i realizując szeroki zakres badań analitycznych i laboratoryjnych uzyskał obszerny materiał służący ocenie procesów waloryzacji UPS m.in. poprzez zastosowanie dodatków paliwowych (kaolin i haloizyt).

Zakres zrealizowanych prac stanowi Jego oryginalny dorobek a wyniki uzyskane w trakcie realizacji pracy dostarczają ważnych wniosków naukowych i użytkowych, które mogą być przydatne na etapie rozważań co do możliwości wykorzystania ubocznych produktów spalania w charakterze adsorbentów oraz ich pośredniej modyfikacji na etapie dodawania do procesu spalania addytywów pochodzenia mineralnego.

Uzyskany w trakcie realizacji pracy materiał jest bardzo interesujący z pewnością wart popularyzacji poprzez np. prezentowanie uzyskanych wyników jako publikacji w czasopiśmie naukowych a także poprzez referaty wygłaszane na konferencjach z obszaru paliw i energii oraz techniki kotłowej.

4. Wnioski końcowe

Na podstawie przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej, biorąc pod uwagę przedstawione wcześniej uwagi i spostrzeżenia **stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr inż. Jakuba Sobieraja rozprawa pt. „Waloryzacja popiołów w celu ich dalszego wykorzystania w materiałach antropogenicznych” spełnia w całości określone w Art. 13.1 przywołanej w pkt. 1 Ustawy warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim.**

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, dowodzi także Jego umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia badań.

Wobec powyższych faktów wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka o dopuszczenie mgr inż. Jakuba Sobieraja do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Podpisał Jarosław Zuwała