

Lublin, dnia 31.08.2023 r.

Prof. dr hab. Krzysztof Józwiakowski
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii Środowiska i Geodezji
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
tel./fax. 81 53 206 44
e-mail: krzysztof.jozwiakowski@up.lublin.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Sylwii Gubernat**
pt. „Zastosowanie naturalnych materiałów mineralnych i ich modyfikacji
w procesach sorpcji i wytrącania związków fosforu ze ścieków”
wykonanej na Politechnice Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza
pod kierunkiem promotora – prof. dr hab. inż. Piotra Koszelnika
oraz promotora pomocniczego – dr inż. Joanny Czarnoty

1. Podstawa opracowania

Zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza – prof. dr hab. inż. Daniela Słysia z dnia 14.07.2023 r.

2. Ogólne omówienie rozprawy

Podjęty temat rozprawy doktorskiej, dotyczący zastosowania naturalnych materiałów mineralnych i ich modyfikacji w procesach sorpcji oraz wytrącania związków fosforu ze ścieków jest zagadnieniem bardzo ważnym ze względu na zapewnienie ochrony wód przed eutrofizacją. Szczególne znaczenie w tym zakresie mają prace eksperymentalne, które pozwalają na wybór najskuteczniejszych technologii usuwania fosforu ze ścieków. Projektowanie i analiza funkcjonowania różnych systemów służących do usuwania fosforu ze ścieków stanowi znaczne wyzwanie dla inżynierów i naukowców.

Problemy usuwania fosforu ze ścieków są przedmiotem licznych publikacji naukowych, które są efektem badań prowadzonych zarówno w obiektach modelowych w skali laboratoryjnej, jak również realizowanych w obiektach pracujących w pełnej skali technicznej. Pomimo tego, że istnieje wiele prac naukowych dotyczących usuwania fosforu ze ścieków, to nadal poszukiwane są materiały filtracyjne cechujące się wysoką efektywnością usuwania fosforu oraz niewielkimi kosztami ich zastosowania.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pt. Zastosowanie naturalnych materiałów mineralnych i ich modyfikacji w procesach sorpcji i wytrącania związków fosforu ze ścieków” obejmuje 5 oryginalnych prac naukowych z IF, opublikowanych w czasopiśmie z list Ministerstwa Edukacji i Nauki przypisanych do dziedziny nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka:

1. Gubernat, S.; Masłoń, A.; Czarnota, J.; Koszelnik, P.: Reactive materials in the removal of phosphorus compounds from wastewater—A review. *Materials* 2020, 13, 3377, (140 pkt.; IF=3,623, udział doktorantki – 60%).

2. Gubernat, S.; Masłoń, A.; Czarnota, J.; Koszelnik, P.: Phosphorus removal from wastewater using marl and travertine and their thermal. *Desalination and Water Treatment* 2022, 275, 35–46 (**100 pkt.; IF=1,1, udział doktorantki – 60%**).
3. Gubernat, S.; Czarnota, J.; Masłoń, A.; Koszelnik, P.: Physicochemical Properties of Marl and Travertine and their Thermally Modified Forms in the Perspective of Phosphorus Removal from Wastewater. *Journal of Ecological Engineering* 2023, 24(5), 56–65 (**100 pkt.; IF=1,3, udział doktorantki – 60%**).
4. Gubernat, S.; Masłoń, A.; Czarnota, J.; Koszelnik, P.; Chutkowski, M.; Tupaj, M.; Gumieniak, J.; Kramek, A.; Galek, T: Removal of Phosphorus with the Use of Marl and Travertine and Their Thermally Modified Forms—Factors Affecting the Sorption Capacity of Materials and the Kinetics of the Sorption Process. *Materials* 2023, 16 (3), 1225 (**140 pkt.; IF=3,4, udział doktorantki – 60%**).
5. Gubernat, S.; Czarnota, J.; Masłoń, A.; Koszelnik, P., Pękala, A.; Skwarczyńska-Wojśa, A: Efficiency of phosphorus removal and recovery from wastewater using marl and travertine and their thermally treated forms. *Journal of Water Process Engineering* 2023, 53, 103642 (**100 pkt.; IF=7,34, udział doktorantki – 50%**).

Wymienione prace opublikowano w latach 2020-2023, jako oryginalne artykuły naukowe, za które łączna liczba punktów, określona na podstawie list MEiN według stanu na dzień 31.08.2023 r. wynosi **580**, a sumaryczny Impact Factor (IF) liczony według roku publikacji pracy wynosi 16,763. Biorąc pod uwagę średni udział procentowy Doktorantki we wszystkich publikacjach składających się na rozprawę doktorską (**58%**), liczba punktów własnych wynosi **336,4 pkt.** Bardzo dużą zaletą ocenianej rozprawy doktorskiej jest to, że czasopisma w których opublikowano wszystkie wymienione prace należą do wyróżniających się na świecie wydawnictw prezentujących wyniki badań z zakresu dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

We wszystkich 5 publikacjach stanowiących podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora mgr inż. Sylwia Gubernat jest pierwszym autorem. Publikacje zostały przygotowane wspólnie z Promotorem – prof. dr hab. inż. Piotrem Koszelnikiem oraz promotor pomocniczą – dr inż. Joanną Czarnotą, jak również z innymi pracownikami Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

Tytuł rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Gubernat został sformułowany właściwie, a treść pracy jest zgodna z tematem podanym w tytule. Układ rozprawy doktorskiej oraz podział treści na rozdziały i kolejność rozdziałów są właściwe. Wyniki wykonanych badań i zaprezentowane w 5 wybranych pracach naukowych stanowią spójny jednotematyczny cykl publikacji oraz składają się na bardzo ciekawą rozprawę doktorską.

Cel rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Gubernat został określony prawidłowo. Celem opracowania jest ocena zdolności wiązania fosforu ze ścieków w procesach sorpcji i wytrącania przez wybrane materiały naturalne, tj. margiel i trawertyn oraz ich formy poddane obróbce termicznej. W ramach rozprawy określono 5 celów szczegółowych, które obejmują rozpoznanie:

1. efektywności wybranych materiałów w procesach sorpcji i wytrącania fosforu ze ścieków w warunkach statycznych,
2. wpływu poszczególnych czynników na skuteczność usuwania fosforu,

3. charakteru wiązania fosforu i maksymalnych pojemności sorpcyjnych badanych materiałów poprzez wyznaczenie izoterm adsorpcji i ocenę kinetyki procesu sorpcji,
4. efektywności wiązania fosforu oraz jego desorpcji przez badane materiały w doświadczeniach kolumnowych,
5. możliwości wykorzystania badanych materiałów w procesie odzysku fosforu ze ścieków oraz w rolnictwie.

Na podstawie głównego celu dysertacji oraz celów szczegółowych sformułowano 3 tezy badawcze:

1. margiel i trawertyn oraz ich modyfikacje termiczne są efektywnymi sorbentami do usuwania fosforu ze ścieków i wody.
2. obróbka termiczna margla i trawertynu zwiększa ich maksymalną pojemność sorpcyjną względem fosforu, a także stabilizuje je w kierunku bardziej jednorodnych energetycznie lub strukturalnie sorbentów.
3. właściwości fizykochemiczne badanych materiałów determinują proces sorpcji fosforu na ich powierzchni.

Prace badawcze do rozprawy doktorskiej obejmowały:

- badania rozpoznawcze margla i trawertynu tj. ocenę efektywności usuwania fosforu przy jego różnych stężeniach początkowych, dobór optymalnych temperatur modyfikacji materiałów oraz warunków prowadzenia procesu sorpcji fosforu (czas i prędkość wytrząsania, rozmiar frakcji),

- analizę wybranych materiałów w zakresie właściwości fizykochemicznych w aspekcie wiązania fosforu,

- określenie wpływu dawki materiałów, pH roztworu początkowego, temperatury prowadzenia procesu, struktury i morfologii powierzchni sorbentów na skuteczność wiązania fosforu w warunkach statycznych,

- analizę procesu sorpcji fosforu przez badane materiały w warunkach statycznych poprzez wyznaczenie izoterm adsorpcji,

- określenie charakterystyki kinetyki sorpcji fosforu przez wybrane sorbenty poprzez dopasowanie modeli kinetycznych,

- ocenę efektywności wiązania fosforu przez badane materiały w warunkach dynamicznych (w doświadczeniach kolumnowych); dobór optymalnego obciążenia hydraulicznego,

- badania desorpcji fosforu z wybranych sorbentów przy zastosowaniu różnych roztworów desorbujących w warunkach dynamicznych (w eksperymentach kolumnowych),

- ocenę możliwości wykorzystania materiałów z zaadsorbowanym fosforem jako produktu nawozowego w rolnictwie.

Do badań Doktorantka wybrała margiel i trawertyn, jako dotychczas nierozpoznane sorbenty w aspekcie wiązania fosforu, reprezentujące grupę materiałów naturalnych z przeważającą zawartością wapnia. Dla celów porównawczych równolegle badano także skomercjalizowany materiał filtracyjny Polonite®, który produkuje się w rozmiarze frakcji 2–6 mm ze skały osadowej opoki, poprzez jej termiczną obróbkę w temperaturze 900°C. Badania wybranych materiałów w aspekcie wiązania fosforu podzielono na sześć etapów:

- Etap I – Badania rozpoznawcze wybranych materiałów w aspekcie wiązania fosforu. Dobór temperatur modyfikacji badanych materiałów i optymalnych parametrów prowadzenia procesu sorpcji fosforu,
- Etap II – Określenie właściwości fizykochemicznych badanych materiałów w perspektywie usuwania fosforu,
- Etap III – Określenie wpływu wybranych czynników na pojemność sorpcyjną materiałów,
- Etap IV – Wyznaczenie izoterm procesu sorpcji,
- Etap V – Wyznaczenie kinetyk procesu sorpcji,
- Etap VI – Doświadczenia kolumnowe.

Metodyka badań zastosowana w ocenianej rozprawie doktorskiej jest prawidłowa i pozwoliła na przeprowadzenie ciekawych prac eksperymentalnych oraz na właściwą analizę uzyskanych wyników badań w publikacjach stanowiących rozprawę.

W publikacji nr 1 składającej się na rozprawę doktorską Pani mgr inż. Sylwii Gubernat zaprezentowano przegląd literatury dotyczący dotychczas badanych materiałów w zakresie sorpcji i wytrącania fosforu ze ścieków. Natomiast w publikacjach nr 2 – 5 przedstawiono wyniki badań wykonywanych w warunkach laboratoryjnych.

W publikacji nr 1 przedstawiono i omówiono różne materiały, które wykazują zdolność zatrzymywania fosforu na swojej powierzchni, którego źródłem mogą być ścieki syntetyczne, ścieki komunalne, czy wody powierzchniowe. Dotychczas zbadane materiały podzielono na grupy: naturalne i ich modyfikacje, odpadowe, syntetyzowane i ich modyfikacje oraz skomercjalizowane. Materiały naturalne z uwagi na możliwy charakter wiązania fosforu, dodatkowo rozdzielono ze względu na dominację grupy sorpcyjnej (Al/Fe i Ca/Mg). Materiały scharakteryzowano i porównano poprzez określenie ich pojemności sorpcyjnych i efektywności usuwania fosforu ze ścieków, które oznaczono poprzez przeprowadzenie eksperymentów statycznych i/lub kolumnowych, a także oceniono wpływ parametrów fizykochemicznych i warunków prowadzenia procesu na ich skuteczność.

W publikacji nr 1 wykazano, że nie jest możliwe jednoznaczne porównanie materiałów ujętych w przeglądzie, ponieważ oprócz konieczności posiadania w swoim składzie pierwiastków wykazujących naturalną zdolność wiązania fosforu największy wpływ na pojemności sorpcyjne lub efektywności danych sorbentów, mają warunki prowadzenia procesu. Wskazano, że pojemność sorpcyjna po danym czasie jest zdeterminowana stężeniem początkowym i końcowym fosforu, podczas gdy efektywność może dodatkowo zależeć od prędkości lub czasu wytrąsania, a także dawki sorbentu, wobec czego każdy materiał należy rozpatrywać indywidualnie. Niemniej jednak zauważono, że materiały zawierające w swoim składzie dużą zawartość wapnia wykazują się wysokimi pojemnościami sorpcyjnymi w porównaniu do materiałów z dominacją grupy sorpcyjnej Al/Fe, gdzie nawet modyfikacje termiczne lub chemiczne nie powodują zwiększenia wartości tego parametru do wielkości zaobserwowanych przy materiałach z przewagą grupy Ca/Mg i ich modyfikacji termicznych. Ponadto wskazano, że zużyty materiał filtracyjny wzbogacony w fosfor może być stosowany w rolnictwie, pod warunkiem, że jego postać jest dostępna dla roślin. Stwierdzono również, że przy poszukiwaniu nowych sorbentów do usuwania fosforu ze ścieków i wód, należy brać pod uwagę, oprócz zdolności sorpcyjnych, także ich cechy i właściwości fizyczne, potencjalne zanieczyszczenia, jak również koszt i dostępność, aby wykorzystanie danego materiału było ekonomicznie uzasadnione.

W publikacji nr 2 przedstawiono wyniki badań w zakresie efektywności usuwania fosforu przy jego różnych stężeniach początkowych, a następnie określono optymalne temperatury modyfikacji margla i trawertynu oraz warunków prowadzenia procesu sorpcji. Wykazano, że materiały wybrane do badań wykazują wysoką zdolność wiązania fosforu w różnych zakresach jego stężenia, szczególnie prażone formy margla i trawertynu, które osiągają efektywności na poziomie 99% redukcji fosforu. Stwierdzono, że najbardziej korzystną temperaturą modyfikacji jest 1000°C dla margla i 700°C dla trawertynu. Optymalne warunki prowadzenia procesu sorpcji fosforu w warunkach statycznych, to zastosowanie frakcji materiałów o wielkości 1–2 mm i wytrząsanie ich przy prędkości 350 obr./min przez 24 godziny. Równoległe do badań z etapu I, przeprowadzono stanowiące II etap badania fizykochemiczne materiałów naturalnych, materiału Polonite® i 6-ciu form poddanych obróbce termicznej, w temperaturach dobranych na podstawie wyników badań z I etapu: margiel 700; 900; i 1000°C, trawertyn 500; 650 i 700°C. W przypadku trawertynu, wybrane temperatury wynikały z efektywności redukcji fosforu jak również z tego, że dalsze podwyższanie temperatury modyfikacji (800; 900 i 1000°C) powodowało przekształcanie zwięzłego materiału w rozpuszczalny proszek, który powodował zmiany parametrów oczyszczanego medium. Ponadto wykazano, że margiel poddawany niższym temperaturom obróbki (500 i 650°C) nie zmieniał właściwości w kierunku stabilnego, nierozpuszczalnego sorbentu o wysokiej wydajności, jak miało to miejsce w przypadku wyższych temperatur.

W publikacji nr 3 przedstawiono wyniki badań, które miały na celu określenie czy właściwości fizykochemiczne margla i trawertynu, i ich zmiana w wyniku modyfikacji termicznej, mają wpływ na efektywność wiązania fosforu. Wykazano, że przewaga ilościowa danego pierwiastka wykazującego zdolność wiązania fosforu nie ma znaczącego wpływu na skuteczność jego usuwania, ponieważ margiel wykazywał się lepszą efektywnością, pomimo mniejszej zawartości wapnia względem trawertynu. Parametry fizykochemiczne również nie wskazały bezpośredniej korelacji pomiędzy efektywnością usuwania fosforu, a ich wartościami. Przykładowo, zarówno w przypadku margla surowego, jak i trawertynu prażonego w temperaturze 500°C, materiały te osiągnęły niskie (względem innych materiałów) skuteczności zatrzymywania fosforu, pomimo najwyższych wartości powierzchni właściwych. W zakresie średniej wielkości i objętości porów zaobserwowano, że wyższym wartościom tych parametrów odpowiadają wyższe efektywności wiązania fosforu. Wyjątek stanowi trawertyn prażony w temperaturze 500°C, co może wskazywać, że wpływ na wiązanie fosforu i pojemność sorpcyjną badanych materiałów, oprócz poszczególnych właściwości fizykochemicznych, ma również mechanizm wiązania fosforu i stabilność sorbentu, które bezpośrednio z tych właściwości wynikają.

W publikacji nr 4 przedstawiono materiały reaktywne, takie jak margiel i trawertyn oraz ich właściwości termiczne po modyfikacji, jak również materiału Polonite® oraz analizę usuwania fosforu z wody i ścieków przy zastosowaniu procesu sorpcji. Na podstawie danych eksperymentalnych przeprowadzono analizę czynników wpływających na pojemność sorpcyjną materiałów, np. dawka materiału, pH roztworu początkowego, temperatura procesu, zbadano ich strukturę powierzchni i morfologię. Izotermy adsorpcji i maksymalne pojemności sorpcyjne określono za pomocą modeli Langmuira, Freundlicha, Langmuira–Freundlicha, Tótha, Radkego – Praunitza i Marczewskiego – Jaronica. Kinetykę procesu sorpcji fosforu badanych materiałów opisano za pomocą odwracalnego i nieodwracalnego pseudo-

pierwszego rzędu, modelu pseudo-drugiego rzędu i modeli mieszanych. Wykazano, że najbardziej wrażliwe na zmiany warunków procesu, takie jak temperatura i pH były materiały naturalne. Proces obróbki cieplnej stabilizuje margiel i trawertyn w kierunku materiałów o bardziej jednorodnej powierzchni pod względem energetycznym i ich struktury. Dopasowane modele izoterm adsorpcji i modele kinetyczne pozwoliły na wskazanie możliwego mechanizmu wiązania fosforu, a także maksymalnej ilości tego pierwiastka, który w danych warunkach może utrzymać się na powierzchni materiałów – surowy margiel (43,89 mg P/g), surowy trawertyn (140,48 mg P/g), margiel podgrzewany (80,44 mg P/g), trawertyn podgrzewany (282,34 mg P/g) oraz Polonite® (54,33 mg P/g).

W publikacji nr 5 przedstawiono wyniki badań kolumnowych mających na celu potwierdzenie wyników badań prowadzonych w warunkach statycznych, poprzez analizę procesu sorpcji fosforu ze ścieków rzeczywistych w warunkach dynamicznych oraz ocenę procesu desorpcji tego pierwiastka w obecności roztworów desorbujących. Wykazano, że eksploatacja złoża była najdłuższa i najbardziej efektywna dla prażonych form margla i trawertynu, które zapewniały ponad 95% redukcji fosforu. Najbardziej optymalnym obciążeniem hydraulicznym dla badanych materiałów była najniższa wartość wynosząca $118,13 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, z wyjątkiem trawertynu surowego, który wykazał najmniejszą wrażliwość na zmianę tego parametru i osiągnął największą efektywność dla obciążenia $312,56 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Analiza procesu desorpcji fosforu wykazała, że materiałami ulegającymi temu procesowi w największym stopniu są: surowy trawertyn w obecności $0,1 \text{ mol/dm}^3$ roztworu NaOH i margiel prażony przy użyciu $0,1 \text{ mol/dm}^3$ roztworu HCl. Wskazano, że wszystkie badane materiały uwalniają fosfor w obecności wody destylowanej, przy czym najskuteczniej i najłatwiej proces ten zachodzi z powierzchni margla surowego i Polonite®, a najtrudniej z margla prażonego.

Badania wykonane przez Doktorantkę mogą wzbudzać bardzo duże uznanie ze względu na uzyskany materiał wynikowy oraz ich publikację w wysoko punktowanych, renomowanych międzynarodowych czasopismach naukowych (z wysokim IF) z zakresu inżynierii środowiska. Mgr inż. Sylwii Gubernat w ramach cyklu 5 publikacji składających się na rozprawę doktorską starała się rozwiązać bardzo istotny problem naukowy dotyczący zdolności wiązania fosforu ze ścieków w procesach sorpcji i wytrącania przez wybrane materiały naturalne, tj. margiel i trawertyn oraz ich formy poddane obróbce termicznej. Uzyskane wyniki badań są bardzo istotne z praktycznego punktu widzenia, a szczególnie ze względu na konieczność usuwania fosforu ze ścieków w aspekcie ochrony wód przed eutrofizacją. Problem ten występuje nie tylko w Polsce, ale również na całym świecie, o czym wskazuje bogata bibliografia zaprezentowana przez Doktorantkę w cyklu 5 ocenianych publikacji naukowych.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym

1. Mankamentem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest brak jasno określonego problemu naukowego, który zgodnie z art. 13.1. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki Doktorantka powinna sformułować. O ile bardzo bogata zawartość pracy jak najbardziej potwierdza wysoką ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w omawianym temacie, o tyle brak jasno

i wprost sformułowanego problemu naukowego obniża jakość rozprawy i zmusza Recenzentów do bardzo wnikliwej analizy dysertacji. Na podstawie analizy treści zawartych w ocenianej pracy można stwierdzić, że problem naukowy podano w sposób niejawnym w rozdziale 3.1. „Cel pracy”, gdzie w głównym celu pracy podano, że w ramach rozprawy będzie analizowany problem naukowy dotyczący zdolności wiązania fosforu ze ścieków w procesach sorpcji i wytrącania przez wybrane materiały naturalne, tj. margiel i trawertyn oraz ich formy poddane obróbce termicznej.

2. Rozdział 4. „Przegląd aktualnego stanu wiedzy” prezentuje treści zawarte w 1 publikacji i stanowi wprowadzenie do części eksperymentalnej realizowanej przez Doktorantkę i opisywaną w publikacjach 2-5 w rozdziale 7. „Wyniki dyskusja”. Zdaniem recenzenta opis 1 publikacji można było zamieścić w rozdziale 7, co stanowiło by logiczny ciąg prac stanowiących rozprawę doktorską.
3. Z badań Doktorantki wynika, „że obróbka termiczna margla i trawertynu wpływa korzystnie na wydajność usuwania fosforu przez te materiały, które uzyskują w wyniku modyfikacji termicznej ponad 99% skuteczności jego redukcji”. **Czy zdaniem Doktorantki podobną efektywność można by było uzyskać w złożach filtracyjnych z marglem i trawertynem pracujących w pełnej skali technicznej? I w jakim miejscu oczyszczalni ścieków powinno się instalować tego typu złoża filtracyjne?**
4. W publikacji nr 5 podano, że „Najbardziej optymalnym obciążeniem hydraulicznym dla badanych materiałów była najniższa wartość wynosząca $118,13 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, z wyjątkiem trawertynu surowego, który wykazał najmniejszą wrażliwość na zmianę tego parametru i osiągnął największą efektywność dla obciążenia $312,56 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ”. Zdaniem recenzenta w przyszłości, podczas publikacji wyników badań złożów filtracyjnych z marglem i trawertynem pracujących w pełnej skali technicznej, korzystniejsze by było podawanie wśród najważniejszych informacji optymalnego czasu retencji ścieków w złożach filtracyjnych.

Uwagi krytyczne podane powyżej nie umniejszają merytorycznej wartości rozprawy doktorskiej, którą oceniam jako wzorowe opracowanie naukowe. Tematyka rozprawy przedstawiona przez Doktorantkę jest jak najbardziej aktualna i potrzebna ze względu na konieczność wdrażania rozwiązań technologicznych mających na celu ochronę środowiska wodnego w aspekcie realizacji wymagań Ramowej Dyrektywy Wodnej UE.

4. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Sylwii Gubernat jest bardzo cennym opracowaniem, w którym potwierdzono główne tezy pracy i rozwiązano problem naukowy, który został podany w sposób niejawnym. Doktorantka wykazała się odpowiednim przygotowaniem teoretycznym i praktycznym, znajomością współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy oraz umiejętnością planowania i prowadzenia badań. Autorka pokazała, że potrafi właściwie wykonać zamierzone prace eksperymentalne oraz prawidłowo i wnikliwie zinterpretować uzyskane wyniki badań. Tematyka i zakres rozprawy doktorskiej jest ściśle związany z ważnym problemem, który dotyczy zastosowania naturalnych sorbentów w celu usuwania fosforu ze ścieków, dlatego podjętą problematykę badawczą należy zaliczyć do grupy badań stosowanych.

Biorąc po uwagę zaprezentowaną powyżej analizę rozprawy doktorskiej pt. „Zastosowanie naturalnych materiałów mineralnych i ich modyfikacji w procesach sorpcji i wytrącania związków fosforu ze ścieków” stwierdzam, że oceniana praca spełnia warunki ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zmianami), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Dlatego wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Gubernat i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza. Jednocześnie, biorąc pod uwagę jakość rozprawy doktorskiej **proponuję jej wyróżnienie.**

Lublin, 31.08.2023 r.

Krzysztof Jozwiakowski