prof. dr hab. Agata Rosińska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Katedra Inżynierii Środowiska i Biotechnologii
Politechnika Częstochowska
42-200 Częstochowa, ul. Brzeźnicka 60a

Częstochowa, 28.10.2024 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Piotra Jachimowicza
pt. „Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne"

1. Podstawa formalna sporządzenia recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza wykonana w Katedrze Biotechnologii w Ochronie Środowiska Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie pod kierunkiem Promotora rozprawy Pani prof. dr hab. inż. Agnieszki Cydzik-Kwiatkowskiej.

Podstawą formalną recenzji jest Uchwała nr 35 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 26 września 2024 roku o wyznaczeniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Jachimowicza pt. *„Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne*".

2. Ocena celowości podjęcia tematu

Podjęta w rozprawie tematyka obecności mikroplastiku (MP) w ściekach wraz z określeniem możliwości usuwania tych zanieczyszczeń w systemach oczyszczania ścieków oraz wpływem na procesy biologiczne jest aktualna i niezwykle istotna. W ciągu ostatnich dwóch dekad obserwuje się narastający problem obecności MP w środowisku, który dotyka nie tylko ekosystemy wodne, ale również zdrowie ludzi i zwierząt. MP stał się wszechobecnym zanieczyszczeniem, które zagraża równowadze biologicznej, a jego skutki na środowisko są coraz lepiej udokumentowane. W miarę jak rośnie świadomość społeczna na temat MP, konieczność badań nad jego usuwaniem oraz wpływem na procesy biologiczne staje się coraz pilniejsza. Wprowadzenie skutecznych metod oczyszczania ścieków i usuwania MP może znacząco poprawić stan środowiska naturalnego. Ponadto, zrozumienie interakcji MP z mikrobiomem oraz jego wpływu na procesy biochemiczne w systemach oczyszczania jest kluczowe dla rozwijania i promowania innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Wyniki

badań przedstawione w rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza znacząco poszerzają wiedzę na temat wpływu MP na mikrobiom oraz efektywność oczyszczania ścieków. Umożliwiają one lepsze zrozumienie, jak różne rodzaje MP oddziałują z mikroorganizmami w systemach oczyszczania ścieków, co ma kluczowe znaczenie dla opracowania skutecznych procesów usuwania zanieczyszczeń. Uważam, że prezentowane w pracy doktorskiej wyniki badań wpisują się w obszar inżynierii środowiska, mają duże znaczenie praktyczne oraz wnoszą nowe elementy wiedzy dotyczącej efektywności usuwania MP ze ścieków i ich wpływu na przemiany biologiczne.

3. Analiza i ocena pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza powstała w ramach wsparcia finansowanego przez:

- Narodowe Centrum Nauki, projekt nr 2020/37/N/NZ9/02090 pt. „Wpływ stężenia i rodzaju mikroplastiku na efektywność oczyszczania i strukturę biomasy w reaktorach z tlenowym osadem granulowanym", konkurs Preludium,
- Program Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Regionalna Inicjatywa Doskonałości", 2019-2023, nr projektu 010/RID/2018/19, finansowanie otwartego dostępu do publikacji P,
- Międzynarodowy program stypendialny Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) dla krajów Europy Środkowej i Środkowowschodniej, finansowanie 6-miesięcznego stażu naukowego (02.2020-08.2020) w Leibniz Institute of Polymer Research w Dreźnie,
- „PROM – międzynarodowa wymiana doktorantów i kadry akademickiej", Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej, finansowanie 21-dniowego wyjazdu badawczego (1-21.09.2021) w Uniwersytecie Wiedeńskim.
- Erasmus+, fundusze Unii Europejskiej, finansowanie 2-miesięcznego stażu naukowego (07.2022-08.2022) w Norwegian University of Life Sciences,
- Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej, stypendium dla wybitnych młodych uczonych.

Rozprawa doktorska pt. „Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne" składa się z dwóch części. Część pierwszą, o objętości 37 stron stanowi autoreferat. Część drugą zatytułowaną „załączniki" stanowi cykl czterech publikacji opublikowanych w latach 2022 i 2024. Autoreferat obejmuje wykaz skrótów, streszczanie w języku polskim i angielskim, abstrakt, wstęp i zakres badań, hipotezy badawcze, materiały i metody badawcze, podsumowanie wyników i weryfikacji hipotez badawczych, podsumowanie i wnioski, spis literatury, spis rysunków. W skład cyklu wchodzą **4 publikacje** indeksowane w bazie Web of Science (WoS) (na czas opublikowania artykułów), powiązane tematycznie pod wspólnym tytułem: „Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne":

1. [P1] **Jachimowicz, P.**, Cydzik-Kwiatkowska, A. (2022). Coagulation and flocculation before primary clarification as efficient solutions for low-density microplastic removal from wastewater. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(20), 13013. (MEiN2022 = 140 pkt, IF = 4,53)

2. [P2] **Jachimowicz, P.**, Peng, R., Hüffer, T., Hofmann, T., Cydzik-Kwiatkowska, A. (2024). Tire materials disturb transformations of nitrogen compounds and affect the structure of biomass in aerobic granular sludge reactors. Journal of Hazardous Materials, 133223. (MNiSW2024 =200 pkt, IF = 12,2)
3. [P3] **Jachimowicz, P.**, Mądzielewska, W., Cydzik-Kwiatkowska, A. (2024). Microplastics in granular sequencing batch reactors: impacts on pollutant removal dynamics and microbial community. Journal of Hazardous Materials, 476, 135061. (MNiSW2024 = 200 pkt, IF = 12,2)
4. [P4] **Jachimowicz, P.**, Nosek, D., Cydzik-Kwiatkowska, A. (2022). Chemical and microbiological changes on the surface of microplastic after long term exposition to different concentrations of ammonium in the environment. Science of the Total Environment, 830, 154784. (MEiN2022 = 200 pkt, IF = 10,94).

Łączny Impact Factor powyższych publikacji zgodny z rokiem wydania wynosi 39,87. Liczba punktów według listy MEiN zgodnie z rokiem wydania wynosi 740.

W przypadku rozprawy doktorskiej opartej na współautorskim cyklu publikacji istotnym elementem jest indywidulany udział Doktoranta w publikacjach stanowiących rozprawę, którą można przeprowadzić na podstawie oświadczeń współautorów. Współautorzy wskazali, że ich merytoryczny udział w powstanie artykułów nie koliduje z udziałem Doktoranta oraz wyrazili zgodę na przedłożenie przez Doktoranta ww. prac jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych. Współautorzy potwierdzili również indywidulany wkład Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza w powstanie ww. prac. Wkład merytoryczny Doktoranta w przygotowanie artykułów polegał na:

- [P1] - udziale w zaplanowanej koncepcji badań, opracowaniu metodyki, wykonaniu części eksperymentalnej i interpretacji wyników, graficznym opracowaniu wyników oraz przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu,
- [P2] - udziale w zaplanowanej koncepcji badań, opracowaniu metodyki, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników, graficznym opracowaniu wyników, pozyskaniu funduszy na prowadzenie badań oraz przygotowaniu manuskryptu,
- [P3] - udziale w zaplanowanej koncepcji badań, opracowaniu metodyki, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników, graficznym opracowaniu wyników pozyskaniu funduszy na prowadzenie badań oraz przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu,
- [P4] - udziale w zaplanowanej koncepcji badań, opracowaniu metodyki, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników, graficznym opracowaniu wyników oraz przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu.

Wysoki wskaźnik IF jak i imponująca liczba punktów, a także znaczny udział w opublikowaniu prac świadczy o dużej samodzielności i dojrzałości naukowej Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza. Oceniając wysokie wartości parametrów bibliometrycznych artykułów będących podstawą oceny merytorycznej należy zauważyć, że są one opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym i mają wysoki IF: Journal of Hazardous Materials IF= 12,2; Science of the Total Environment IF=4,53. Świadczy to nie tylko o znaczącej jakości

merytorycznej opublikowanych wyników badań, ale również wskazuje na ich potencjał w budowaniu nowej wiedzy naukowej. Na podkreślenie zasługuje fakt, że we wszystkich zgłoszonych do cyklu publikacji Doktorant jest pierwszym autorem.

Oryginalne badania zawarte w cyklu 4 publikacji, były wcześniej poddane ocenie przez niezależnych recenzentów oraz redakcje czasopism naukowych. W związku z tym moja recenzja koncentruje się przede wszystkim na analizie autoreferatu. Ta część rozprawy, będąca autorskim wkładem Doktoranta, pokazuje nie tylko zakres Jego wiedzy, ale także umiejętność formułowania wniosków oraz posługiwania się literaturą naukową.

Poruszony przez Doktoranta problem badawczy w cyklu publikacji pt. „Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne" idealnie wpisuje się w podejmowane obecnie działania związane z usuwaniem ze ścieków nowopojawiających się zanieczyszczeń. Obecność MP w środowisku stanowi istotny problem ekologiczny, budząc poważne obawy związane z jego potencjalnie negatywnym wpływem na ekosystemy oraz zdrowie ludzi. W szczególności, MP obecny w wodzie ma zdolność do wchłaniania się przez organizmy wodne i może być przenoszony w łańcuchu pokarmowym. Dodatkowym zagrożeniem dla środowiska są różnorodne dodatki chemiczne wykorzystywane do produkcji tworzyw sztucznych, takie jak plastyfikatory, stabilizatory termiczne, przeciwutleniacze, BPA i barwniki, które również są szkodliwe i mogą przedostawać się do środowiska wodnego. MP mają zdolność działania jako nośniki zanieczyszczeń, sorbując toksyczne substancje z otoczenia, takie jak metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle, antybiotyki czy pestycydy, co zwiększa ryzyko ich oddziaływania na organizmy żywe. Ponadto, na powierzchni MP mogą rozwijać się mikroorganizmy patogenne. Wymienione negatywne skutki wpływu MP na środowisko, podkreślają potrzebę działań zmierzających do ograniczenia ich emisji do środowiska oraz monitorowania ich wpływu na ekosystemy wodne i glebowe. Mikroplastiki w zależności od ich źródła dzieli się na pierwotne i wtórne. Pierwotne MP są celowo dodawane do niektórych produktów lub procesów produkcyjnych. Większość pierwotnych mikroplastików jest generowanych z produktów przemysłowych i domowych. MP wtórny powstaje w wyniku degradacji i fragmentacji materiałów polimerowych. Proces fragmentacji może zachodzić w wyniku używania syntetycznych produktów, takich jak np. odzież, opony czy obuwie. Dodatkowo, erozja mechaniczna spowodowana działaniem wiatru, wody, piasku, żwiru czy fal morskich, a także starzenie się tworzyw pod wpływem warunków atmosferycznych przyczyniają się do powstawania mikrocząsteczek. Mikrocząstki te mogą również być uwalniane podczas procesu produkcji przedmiotów wykonanych z tworzyw sztucznych. Dlatego konieczne jest podjęcie działań mających na celu zarówno ograniczenie emisji MP do środowiska, jaki i opracowanie skutecznych metod ich usuwania. Jednym z mediów, w którym odnotowuje się wysokie zawartości MP są ścieki. Dane literaturowe podają, że ścieki dopływające do oczyszczalni mogą zawierać MP w ilości 1,41–2962 MP/dm^3. MP takie jak politereftalan etylenu (PET), polietylen (PE) oraz polipropylen (PP) są powszechnie obecne w ściekach. Oczyszczalnie ścieków są przede wszystkim zaprojektowane do skutecznego usuwania związków organicznych oraz azotowych i fosforowych, natomiast nie zawsze są skuteczne w usuwania nowopojawiajcych się zanieczyszczeń, takich jak np. MP. Efektywność usuwania MP w procesach oczyszczania zależy od zastosowanej technologii i wynosi od około

60% do niemal 100%. Dane literaturowe potwierdzają, że podczas etapu wstępnego oczyszczania ścieków dochodzi do usuwania MP wraz z zawiesinami. W osadnikach wstępnych MP eliminowany jest na drodze sedymentacji, razem z łatwo opadającymi cząstkami, lub poprzez flotację z tłuszczami, które są następnie usuwane wraz z osadem wstępnym. Średnio w tym procesie usuwa się od 4 do 98% MP. W etapie oczyszczania biologicznego, MP głównie gromadzi się w biomasie, gdzie usunięcie tych zanieczyszczeń w komorze biologicznej osiąga efektywność od 32 do 99%. MP może pełnić rolę nośnika zanieczyszczeń oraz stanowić substrat dla mikroorganizmów, które rozwijają się na jego powierzchni w formie błony biologicznej. W literaturze naukowej jest niewiele badań dotyczących interakcji skumulowanego w biomasie MP ze zbiorowiskami mikrobiologicznymi. Zrozumienie tych oddziaływań jest kluczowe, ponieważ mogą one znacząco wpływać na efektywność procesów usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Co więcej, wykorzystanie w rolnictwie osadów ściekowych zawierających akumulowany MP rodzi poważne obawy dotyczące potencjalnej ich transmisji do środowiska glebowego. W kontekście postawionych problemów i luk wiedzy Doktorant przeprowadził badania dotyczące usuwania MP ze ścieków oraz na ocenił wpływ MP na procesy biologicznego oczyszczania. Na szczególną uwagę zasługuje interdyscyplinarne podejście do problemu badawczego łączące elementy poznawcze i aplikacyjne w praktyce inżynierskiej. Doktorant połączył nowoczesne narzędzia analityczne do monitorowania usuwania zanieczyszczeń z analizą składu gatunkowego i aktywności zbiorowisk mikroorganizmów. Taka synergia umożliwia lepsze zrozumienie złożoności interakcji między MP a procesami biologicznymi, co ma istotne znaczenie dla praktycznych zastosowań uzyskanych rezultatów badań w inżynierii środowiska.

W autoreferacie po części literaturowej zakończonej uzasadnieniem celowości podjęcia badań Doktorant sformułował **celi i zakres badań** a następnie **hipotezy badawcze**. Doktorant postawił trzy hipotezy badawcze udowodnione w rozdziale autoreferatu pt. „Podsumowanie wyników i weryfikacja hipotez badawczych". Celem badań było „określenie efektywności usuwania MP ze ścieków przy zastosowaniu flokulantów/koagulantów, oraz wpływu rodzaju i dawki MP w ściekach na efektywność usuwania MP i produktów jego degradacji, procesy biologicznego oczyszczania ścieków i mikrobiom w reaktorach z tlenowym osadem granulowanym". Doktorant zbadał również wpływ stężenia związków azotowych w środowisku na rozwój mikroorganizmów zdolnych do kolonizacji powierzchni MP.

Zakres badań obejmował trzy etapy:

I: - określenie wpływu dawki dostępnych na rynku flokulantów (Flopam EM 840, Praestrol k 255l, Flocculant F 290) i koagulantów (PIX, PAX) na usuwanie MP ze ścieków (opisany w publikacji P1),

II: - określenie efektywności usuwania TM i produktów jego biodegradacji przez AGS (opisany w publikacji P2),

- określenie wpływu stężenia i rodzaju MP (PET, PE oraz TM) w ściekach dopływających na efektywność oczyszczania ścieków oraz mikrobiom w reaktorach z AGS (opisany w publikacjach P2, P3),

III: - ocenę wpływu stężenia azotu amonowego w środowisku na rozwój mikroorganizmów zasiedlających powierzchnię MP oraz identyfikację zagrożeń związanych z MP jako wektorem zanieczyszczeń i mikroorganizmów patogennych (opisany w publikacji P4).

W rozdziale **Materiały i metody badawcze** Doktorant opisał metodykę przeprowadzonych badań. W Etapie I wykorzystano ścieki dopływające do osadnika wstępnego w oczyszczalni ścieków „Łyna" w Olsztynie. W Etapie II badania prowadzono w reaktorze sekwencyjnym z tlenowym osadem granulowanym (GSBR). Do zaszczepienia GSBR wykorzystano biomasę z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Ornecie. Przeprowadzono trzy serie badań różniące się rodzajem MP (PET, PE i TM) wprowadzanego ze ściekami. W ramach Etapu III analizowano zmiany mikrobiomu na powierzchni MP oraz właściwości fizyko-chemiczne PET w zależności od stężenia azotu amonowego w środowisku.

W tej części autoreferatu:

- zabrakło uzasadnienia wyboru do badań trzech flokulantów oraz dwóch koagulantów, spośród wielu dostępnych na rynku.
- w metodyce pracy nie uwzględniono szczegółowego uzasadnienia dotyczącego wyboru konkretnej metody analizy MP. Dlaczego zdecydował się Pan na tą właśnie metodę, zwłaszcza, że w literaturze można znaleźć kilka propozycji metod, które dotyczą określania rozmiaru, liczby i składu chemicznego cząstek tworzyw sztucznych. Jakie czynniki wpłynęły na tę decyzję? Wydaje się, że wciąż istnieje luka metodologiczna w zakresie analizy MP, co może mieć wpływ na wiarygodność wyników. Jakie jest Pana zdanie na ten temat?
- W pracy nie zachowano prawidłowego zapisu chemicznego wzorów. Doktorant stosuje zapis $P\text{-}PO_4$, $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$ zamiast $P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^{+}$, $N\text{-}NO_2^{-}$, $N\text{-}NO_3^{-}$.
- Str. 20 – jakie przyjęto kryteria wybierając dla PET i PE dawki 1, 10 lub 50 mg MP/l, a dla TM dawki 10, 25 lub 50 mg MP/l.

W rozdziale **Podsumowanie wyników i weryfikacja hipotez badawczych** Doktorant w syntetyczny sposób opisał uzyskane wyniki. Cenne jest wskazanie końcowych rezultatów po każdym etapie badań i odniesienie się do hipotez postawionych na początku autoreferatu. Niedociągnięciem autoreferatu jest brak dyskusji badań, która mogłaby w pełni wykazać dojrzałość naukową Doktoranta i zdolność do kompleksowej interpretacji uzyskanych wyników w odniesieniu do aktualnej literatury naukowej. Dlatego proszę o ustosunkowanie się do kilku uwag:

- jakie konkretne mechanizmy chemiczne i fizyczne wpływają na skuteczność wybranych koagulantów i flokulantów w procesie usuwania MP?
- czy warunki, takie jak np. pH, temperatura, czas reakcji wpływają na efektywność usuwania MP i w jaki sposób?
- jakie są praktyczne implikacje uzyskanych wyników dla systemów oczyszczania ścieków? Czy przewiduje się możliwość wdrożenia tych metod w istniejących oczyszczalniach?

Najważniejsze konkluzje wynikające z przeprowadzonych badań rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Jachimowicza zawarte zostały w rozdziale **Podsumowanie i wnioski**. Doktorant wykazał, że

- zastosowanie wybranych koagulantów oraz flokulantów znacząco wpłynęło na efektywność usuwania MP ze ścieków, która wzrastała wraz z wielkością cząsteczek MP,

- usuwanie MP w systemie GSBR zachodziło głównie poprzez jego akumulację w biomasie, przy czym najlepiej akumulowany był TM,
- dawka i rodzaj MP miały istotny wpływ na efektywność usuwania związków azotu i fosforu ze ścieków,
- MP występujące w ściekach wpływały na aktywność oraz strukturę mikrobiologiczną osadu granulatowego,
- mikrobiom AGS skutecznie degradował zanieczyszczenia wypłukiwane z TM,
- długa ekspozycja MP na wysokie stężenie azotu amonowego prowadziła do zmian morfologicznych oraz chemicznych powierzchni MP,
- stężenie azotu amonowego w środowisku oddziaływało na mikrobiom zasiedlający powierzchnię MP,
- na powierzchni MP mogą rozwijać się mikroorganizmy potencjalnie patogenne, co sugeruje, że MP może działać jako wektor zanieczyszczeń.

Uważam, że Doktorant wykazał się umiejętnością planowania eksperymentów, czym potwierdził bardzo dobre przygotowanie do samodzielnej pracy naukowej. Przedstawione tezy badawcze i cele są konkretnie sformułowane oraz uzasadnione nie tylko przesłankami naukowymi, ale odpowiadają współczesnemu zapotrzebowaniu na innowacyjne rozwiązania umożliwiające efektywne usuwanie nowopjawiających się zanieczyszczeń ze ścieków. Oceniając badania wykonane przez Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza stwierdzam, że znaczny wkład Jego osiągnięć w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka polega na wykazaniu efektywnego usuwania MP ze ścieków w systemie GSBR oraz zbadaniu wpływu MP na przemiany biologiczne. Badania przeprowadzone przez Doktoranta przyczyniają się do pogłębienia wiedzy na temat interakcji między mikroplastikiem a mikroorganizmami, co ma istotne znaczenie dla optymalizacji procesów oczyszczania. Doktorant proponuje innowacyjne podejście do monitorowania interakcji między mikroorganizmami a zanieczyszczeniami, co pozwala na optymalizację procesów biologicznych oraz poprawę jakości oczyszczanych ścieków. Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską oceniam wysoko. Praca jest bogata w treść, oparta na solidnych podstawach teoretycznych i badawczych. Całość jest napisana w sposób klarowny i czytelny, co ułatwia zrozumienie złożonej problematyki. Jestem przekonana, że praca ta wniesie wartość w obszarze dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

W podsumowaniu pragnę podkreślić, że przedłożona do oceny praca Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza pt. *„„Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne"* stanowi znaczące i oryginalne osiągnięcia Autora oraz wnosi do dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka zarówno elementy poznawcze jak i aplikacyjne. Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę w zakresie cennych danych dotyczących efektywności usuwania mikroplastiku ze ścieków i wpływu na przemiany biologiczne. Wskazane w recenzji uwagi nie wpływają na wartość merytoryczną badań przeprowadzonych przez Doktoranta. Na wysoką ocenę pracy zasługuje szeroki zakres badań. Podczas realizacji pracy Doktorant pokazał, że jest dobrym praktykiem umiejącym swoją

wiedzę wykorzystać w pracy naukowej. Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego rozwiązywania problemów badawczych, udowadniając, że potrafi dobrać odpowiednie metody analityczne i z nich korzystać oraz interpretować wyniki. W związku z powyższym rozprawę doktorską Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza pt. *„Mikroplastik w systemach oczyszczania ścieków – efektywność usuwania i wpływ na przemiany biologiczne"* **opiniuję pozytywnie**.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza spełnia warunki wynikające z art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Doktorant wykazał się wiedzą w zakresie dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Wnioskuję zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie Pana mgr inż. Piotra Jachimowicza do dalszych etapów postępowania kwalifikacyjnego o nadanie stopnia naukowego doktora w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.