

dr hab. inż. Marcin Zieliński, prof. UWM  
Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie  
Wydział Geoinżynierii  
Katedra Inżynierii Środowiska  
ul. Warszawska 117  
10 – 720 Olsztyn  
tel. 89 523 41 24, 725 993 010  
e-mail: marcin.zielinski@uwm.edu.pl

Olsztyn 26. 08. 2020r.

## RECENZJA

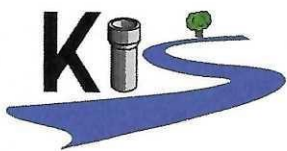
**Rozprawy Doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Walczak pt.**

***„Mechanicznie zdeintegrowane osady ściekowe jako źródło węgla organicznego do wspomagania usuwania biogenów ze ścieków”***

### 1. PODSTAWA FORMALNA PRZYGOTOWANIA RECENZJI

Podstawę formalną sporządzonej recenzji stanowiło pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego nr RND-IŚGiE-39/2020 z dnia 30.06.2020 r., w którym zostałem poproszony o wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Walczak zatytułowanej „Mechanicznie zdeintegrowane osady ściekowe jako źródło węgla organicznego do wspomagania usuwania biogenów ze ścieków”.

Recenzję opracowano zgodnie z zapisami w Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie



tytułu profesora (Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018., poz. 261), na podstawie otrzymanego egzemplarza Rozprawy Doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Walczak w formie papierowej.

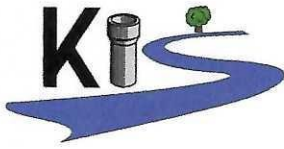
Zgodnie z Art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne. Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej. Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim.

Zgodnie ze sformułowanym na piśmie oczekiwaniem Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej recenzja określa elementy nowości naukowej stanowiące oryginalny dorobek doktoranta.

W zakres niniejszej recenzji wchodzi ocena czy rozprawa doktorska spełnia określone w Ustawie kryteria, a także ocena zasadności podjętego tematu, słuszności postawionych tez naukowych i poprawności sformułowanego celu, weryfikacja wykorzystanej metodyki badawczej, zaprezentowanych w pracy wyników badań, sformułowanych wniosków końcowych oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę.

## **2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA I OCENA PRACY**

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Justyny Walczak pt. *„Mechanicznie zdeintegrowane osady ściekowe jako źródło węgla organicznego do wspomaganie usuwania biogenów ze ścieków”*, jest pracą badawczą i składa się z dwóch podstawowych części, a mianowicie części teoretycznej opartej na aktualnej literaturze związanej z tematyką rozprawy oraz części doświadczalnej prezentującej badania własne Autorki. Praca zajmuje łącznie 270 stron wraz z 5 stronicowym załącznikiem wyników analiz statystycznych. Część teoretyczna 43 stron, doświadczalna 175 stron. W treści pracy znajduje się streszczenie w języku polskim i angielskim, wprowadzenie uzasadniające podjęcie tematyki badań, cel, teza i zakres badań, podstawy teoretyczne pracy, metodyka badawcza oraz analiza wraz z dyskusją wyników. Pracę kończą wnioski oraz przedstawienie kierunków



dalszych badań. Dodatkowo zamieszczono spis literatury obejmujący 269 pozycji w zdecydowanej większości o zasięgu międzynarodowym, spis tabel, spis rysunków oraz załącznik z wynikami analizy statystycznej.

W krótkim wprowadzeniu Autorka przedstawia istotę celowości wykorzystania metod dezintegracji osadów jako czynnika wspomagającego usuwanie ze ścieków biogenów, odnosząc się do innych stosowanych w tym zakresie rozwiązań. Po wprowadzeniu w zagadnienie badawcze Autorka prezentuje cel pracy który brzmi:

*Celem pracy jest analiza możliwości wykorzystania zdeintegrowanych mechanicznie osadów recykulowanych/nadmiernych jako źródła węgla organicznego w procesach usuwania ze ścieków związków N i P, z uwzględnieniem relacji pomiędzy uwolnionymi do cieczy osadowej związkami organicznymi i związkami biogennymi oraz stopnia aktywności oddechowej mikroorganizmów obecnych w zdeintegrowanych osadach.*

Następnie formułuje następującą tezę badawczą:

*Przy odpowiednio dobranych parametrach technologicznych procesu hydrodynamicznej dezintegracji osadów ściekowych (stężenie suchej masy zdeintegrowanych osadów, gęstość energii przy jakiej prowadzi się proces dezintegracji), zdeintegrowane osady stanowią źródło łatwo przyswajalnych związków organicznych, których dodatek, w zintegrowanym systemie usuwania ze ścieków związków C, N i P, przyczynia się do zwiększenia efektywności usuwania związków biogenych ze ścieków charakteryzujących się niekorzystnymi wartościami ilorazów  $ChZT:N$  i  $ChZT:P$ .*

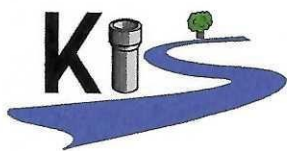
Osiągnięcie celu badawczego i potwierdzenie lub odrzucenie tezy badawczej zostało zaplanowane poprzez realizację bardzo szerokiego zakresu prac obejmującego:

1. *Analizę uwalniania do cieczy osadowej związków organicznych oraz związków biogenych (porcjowe testy dezintegracji), a w szczególności:*

- *analizę wpływu stężenia suchej masy osadów poddawanych procesowi mechanicznej dezintegracji na efektywność uwalniania do cieczy osadowej związków organicznych;*
- *analizę wpływu gęstości energii oraz energii właściwej na uwalnianie do cieczy osadowej związków organicznych i związków biogenych.*

2. *Analizę aktywności mikroorganizmów po procesie dezintegracji, obejmującą ocenę:*

- *aktywności oddechowej mikroorganizmów tlenowych (testy szybkości zużycia tlenu - OUR (ang. Oxygen Uptake Rate test));*
- *aktywności mikroorganizmów heterotroficznych i nityfikacyjnych (testy OUR z allilotiomocznikiem - ATU).*

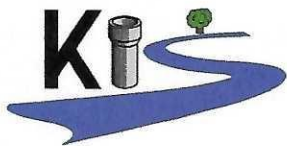


3. *Ocenę możliwości wykorzystania zdezintegrowanych osadów jako źródła węgla organicznego do biologicznego usuwania ze ścieków związków biogennych, a w szczególności:*

- *analizę szybkości procesu denitryfikacji oraz procesów uwalniania i poboru ortofosforanów zachodzących z wykorzystaniem zdezintegrowanych osadów jako źródła węgla organicznego (testy NUR i PRR/PUR);*
- *analizę możliwości zwiększenia szybkości procesu denitryfikacji oraz procesów uwalniania i poboru ortofosforanów poprzez poddanie zdezintegrowanych osadów procesowi hydrolizy (testy NUR i PRR/PUR);*
- *analizę efektywności zintegrowanego usuwania ze ścieków związków N i P z wykorzystaniem zdezintegrowanych osadów nadmiernych jako źródła węgla organicznego.*

W bardzo obszernym wstępie teoretycznym Autorka wprowadza czytelnika w tematykę dezintegracji osadów ściekowych, przedstawiając istotę i celowość stosowania tego typu zabiegów w ciągu technologicznym oczyszczalni ścieków z osadem czynnym. Następnie nakreśla rys historyczny rozwoju technologii dezintegracji osadów ściekowych. Na podkreślenie zasługuje fakt, że po za trendami światowymi Autorka przedstawiła niemały jak się okazuje, dorobek polskich zespołów badawczych. Wstęp teoretyczny został przygotowany w sposób przemyślany, przybliżono w nim również możliwe metody dezintegracji osadów oraz wskaźniki pozwalające na ocenę skuteczności tych zabiegów. Autorka odnosi się do bogatej literatury przedmiotu przedstawiając kierunki badawcze zastosowania zdezintegrowanych osadów jako alternatywnego źródła węgla organicznego do intensyfikacji usuwania ze ścieków związków biogennych

W metodyce prac eksperymentalnych wyodrębniono trzy główne etapy badawcze. Etap 1 dotyczył analizy uwalniania do cieczy osadowej związków organicznych i związków biogennych. Podzielono go na cztery podetapy, analizując zarówno wpływ stężenia suchej masy zdezintegrowanych osadów jak i ilości uwalnianych związków organicznych i biogennych w zależności od dawek energii. Rozpatrywano w tym kontekście frakcje uwalnianych związków organicznych, jak i rozkład polimerów zewnątrz komórkowych. Etap 2 dotyczył oceny aktywności mikroorganizmów osadu poddanego procesowi dezintegracji. Analizowano na podstawie szybkości zużywania tlenu zarówno przez organizmy heterotroficzne jak i nitryfikacyjne, wpływ gęstości energii wprowadzanej podczas dezintegracji na aktywność oddechową. Etap 3 badań realizowano w trzech pod etapach dotyczących analizy szybkości procesu denitryfikacji oraz procesów uwalniania i poboru ortofosforanów zachodzących z wykorzystaniem zdezintegrowanych osadów jako źródła



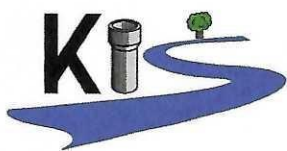
węgla organicznego, następnie przeprowadzono analogiczne badania stosując dodatkowo hydrolizę zdeintegrowanych osadów. Zwieńczeniem prac było przeprowadzenie badań z wykorzystaniem modelowego układu reaktora typu SBR, który był eksploatowany w sposób ciągły i w którym zastosowano dezintegrowane osady nadmierne jako zewnętrzne źródło węgla. W metodyce badań Autorka charakteryzuje wykorzystywane materiały, szczegółowo opisuje stanowisko badawcze oraz stosowane metody analityczne, obliczeniowe i statystyczne.

W kolejnej części pracy Pani mgr inż. Justyna Walczak przedstawia omówienie wyników badań wraz z ich dyskusją. Struktura tego rozdziału odpowiada schematowi badań przedstawionemu w metodyce. Autorka konsekwentnie przedstawia wyniki kolejnych etapów i podetapów badań odnosząc się jednocześnie do danych literaturowych. Omówienie pierwszego i drugiego etapu badań kończy krótkie podsumowanie będące syntezą danego fragmentu prac, wskazującą na kluczowe wyniki badań. Na zakończenie rozprawy Autorka sformułowała 12 wniosków końcowych oraz przedstawiła kierunki koniecznych jej zdaniem dalszych badań.

W mojej opinii badania zostały prawidłowo zaplanowane i przeprowadzone. Podana metodologia, opis stanowisk badawczych, metodyka badań laboratoryjnych, ich podział na kolejne eksperymentalne nie budzą zastrzeżeń. Wyniki badań przedstawiono graficznie i tabelarycznie. Ich interpretacja jest przeprowadzona poprawnie. Dyskusja wyników prowadzona jest na dobrym poziomie, na bieżąco podczas omawiania kolejnych etapów prac badawczych. Sformułowane wnioski końcowych odpowiadają postawionemu celowi badawczemu i są zgodne z zakresem prac badawczych. Rozprawa stanowi logiczną całość, co potwierdza umiejętność Pani mgr inż. Justyny Walczak w zakresie formułowania hipotez badawczych, stawiania celów badań i planowania procesu badawczego. Praca zawiera wszystkie niezbędne elementy wymagane dla rozpraw doktorskich. Ogólna ocena rozprawy doktorskiej jest pozytywna.

### **3. OCENA WYBORU TEMATU PRACY**

Tematyka badań Pani mgr inż. Justyny Walczak wiąże się z zagadnieniami efektywnego usuwania ze ścieków związków biogenych. W chwili obecnej dominującym w praktyce rozwiązaniem stosowanym do usuwania na drodze biologicznej azotu i fosforu są odpowiednio procesy nityfikacji denityfikacji oraz zwiększonej akumulacji ortofosforanów (biologicznej defosfatacji). Zarówno denityfikacja jak i defosfatacja prowadzone są przez organizmy heterotroficzne, a w związku z tym ich efektywny przebieg wymaga odpowiedniej dostępności łatwo przyswajalnych związków węgla organicznego. W przypadku, gdy bilans tych związków w



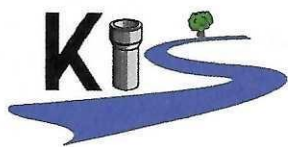
oczyszczanych ściekach jest niekorzystny z powodzeniem stosuje się zewnętrzne źródła takie jak metanol, etanol czy kwas octowy lub glukoza. W swojej pracy Pani mgr inż. Justyna Walczak zaproponowała ciekawe podejście do tej tematyki zmierzające do wykorzystania osadów nadmiernych/recyrkulowanych jako zewnętrznego źródła węgla organicznego. Dzięki zastosowaniu hydrodynamicznej dezintegracji do roztworu zostają uwolnione łatwo przyswajalne związki organiczne. Osiągnięty ma być dzięki temu, po pierwsze efekt technologiczny w postaci wyższej efektywności usuwania azotu i fosforu ze ścieków, a po drugie odpady w postaci osadów nadmiernych mogą być przynajmniej w części ponownie wykorzystane. Działanie takie wpisuje się w założenia gospodarki obiegów zamkniętych i jest pożądane ze środowiskowego punktu widzenia. Uważam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr inż. Justyny Walczak bardzo dobrze wpisuje się w aktualną problematykę badawczą związaną z procesami biologicznego oczyszczania ścieków. Temat pracy został wybrany prawidłowo, a sformułowany cel pracy ma nie tylko aspekt naukowy, ale również praktyczny.

#### **4. ROZWIĄZANE ZAGADNIENIA NAUKOWE**

Za najważniejsze i oryginalne zagadnienia stanowiące nowość naukową w pracy Pani mgr inż. Justyny Walczak należy uznać:

1. Określenie wartości gęstości energii wykorzystywanej podczas hydrodynamicznej dezintegracji osadów nadmiernych/recyrkulowanych przy której możliwe jest zwiększenie efektywności usuwania biogenów ze ścieków charakteryzujących się niekorzystnym stosunkiem ChZT:N i ChZT:P;
2. Określenie zależności pomiędzy gęstością energii zastosowanej podczas dezintegracji (kJ/L), a proporcjami pomiędzy wartościami ChZT frakcji stałej, koloidalnej i rozpuszczonej;
3. Poszerzenie wiedzy związanej z zastosowaniem dezintegrowanych hydrodynamicznie osadów do poprawy efektywności działania sekwencyjnego reaktora porcjowego w zakresie usuwania ze ścieków związków azotu i fosforu.

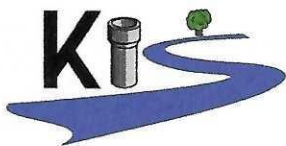
Wyzwanie naukowe, którego podjęła się Pani mgr inż. Justyna Walczak niebyło zadaniem łatwym. Zaprezentowane prace eksperymentalne oraz zastosowane metody analizy statystycznej potwierdzają bardzo dobre przygotowanie Doktorantki do samodzielnego opracowywania założeń badań naukowych, prowadzenia prac eksperymentalnych oraz analizy statystycznej uzyskanych wyników. Treść rozprawy oraz dyskusja wyników badań dowodzą, że Doktorantka dobrze znajduje



się w przedmiotowej problematyce. Nie stwierdzam istotnych uchybień i oceniam znajomość przedmiotu zagadnienia pozytywnie.

## 5. UWAGI / PYTANIA

1. W celu pracy wykorzystano sformułowanie: *relacja pomiędzy*. Nie określono niestety pomiędzy jakimi czynnikami lub parametrami ma zachodzić *relacja*. Sposób sformułowania celu badawczego uważam za nie do końca precyzyjny
2. Rodziła wstępu teoretycznego 3.5.2. *Wpływ dodatku osadu zdeintegrowanego jako źródła węgla organicznego na efektywność zintegrowanego biologicznego usuwania ze ścieków związków N i P* został przygotowany w sposób bardzo obszerny i interesujący. Przedstawiono bogatą literaturę przedmiotu. Niemniej już sam tytuł rozdziału jest w praktyce tożsamy z celem pracy, a zawarte w nim informacje powinny być raczej wykorzystane w dyskusji niż we wstępie teoretycznym. Czytając te informacje w tej kolejności można odnieść wrażenie, że tematyka dezintegracji osadów nadmiernych jako źródła węgla organicznego jest praktycznie już rozpoznana, podczas gdy zagadnienie to wymaga w dalszym ciągu wielu badań.
3. W badaniach wykorzystano osady pochodzące z dwóch oczyszczalni ścieków. Autorka nie uzasadnia jednak precyzyjnie jakimi kryteriami posłużyła się przy doborze tych obiektów. W omówieniu czy dyskusji wyników brak odniesienia do powodu wyboru dwóch obiektów, nie ma go również we wnioskach. Praca od strony zakresu badawczego jest bardzo obszerna, moim zdaniem bez uszczerbku dla jej wartości można było ograniczyć się do osadu z jednego obiektu.
4. W jaki sposób Autorka tłumaczy występującą w niektórych przypadkach nieliniową zależność pomiędzy porcją energii dostarczoną w procesie dezintegracji osadów, ilością uwolnionych związków organicznych? (tabela 5.5.1. A7)?
5. Co było przyczyną wzrostu stosunku ChZT:P, który miał miejsce przy wzrastających porcjach dostarczanej podczas dezintegracji energii, podczas gdy w przypadku stosunku ChZT:N tej zależności nie obserwowano?
6. Uważam, że część badań dotyczących ustalenia dawki allilotiomicznika z powodzeniem mogła być w pracy pominięta. Badania te miały charakter wstępny ważny z punktu widzenia realizacji dalszych prac, ale nie wniosły istotnych danych dla realizacji celu badawczego. Praca i tak jest obszerna.



## 6. WNIOSKI KOŃCOWE

Pani mgr inż. Justyna Walczak zainteresowała się ważnymi zagadnieniami związanymi z poprawą efektywności biologicznego usuwania azotu i fosforu ze ścieków poprzez wykorzystanie dezintegracji hydrodynamicznej. Jest to aktualne i uzasadnione zagadnienie badawcze ze względu na fakt, iż rozwiązanie to może pozwolić na zwiększenie efektywności funkcjonowania oczyszczalni przy jednoczesnym wykorzystaniu substancji odpadowej jaką jest osad nadmierny. Autorka wszechstronnie przeanalizowała wpływ dawki energii wykorzystanej podczas hydrodynamicznej dezintegracji na uzyskiwane efekty technologiczne, rozumiejąc konieczność minimalizacji nakładów energetycznych na proces oczyszczania ścieków.

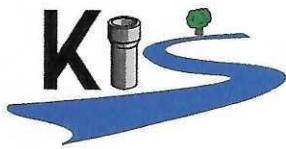
Przedstawione przez Panią mgr inż. Justynę Walczak wyniki badań, należy uważać za cenne i aktualne nie tylko z punktu widzenia rozwoju nauki, ale również możliwości zastosowania praktycznego. Doktorantka wykazała się głęboką wiedzą w zakresie szeroko pojętego oczyszczania ścieków. Zaprezentowała umiejętność samodzielnego formułowania problemów naukowych oraz zaplanowania badań prowadzących do ich rozwiązania, wraz z przedstawieniem wyników i ich interpretacją.

Podsumowując moją opinię, chciałbym jednoznacznie podkreślić, iż sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają walorów naukowych oraz poznawczych ocenianej rozprawy doktorskiej. W większości przypadków mają one charakter porządkowy i wynikają z subiektywnych odczuć Recenzenta.

Uważam, że przedłożona do oceny praca doktorska Pani mgr inż. Justynę Walczak odpowiada warunkom określonym w Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669) oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018., poz. 261), i tym samym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

W odniesieniu do pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego nr RND-IŚGiE-39/2020 z dnia 30.06.2020 r., w którym zostałem poproszony o wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej Pani





mgr inż. Justyny Walczak, pragnę dodać, iż niniejsza praca spełnia wszystkie stosowne kryteria zarówno w zakresie starych (Inżynieria Środowiska) jak i nowych (Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka) dyscyplin naukowych.

*Olsztyn 26. 08. 2020r.*

*Maria Riechalski*