



prof. dr hab. Urszula Guzik

Katowice; 30.06.2026

Wydział Nauk Przyrodniczych

Uniwersytet Śląski w Katowicach

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Magdaleny Ćwierniewicz-Wojciechowskiej

p.t. „Poprawa hydrolizy osadów ściekowych w celu intensyfikacji fermentacji metanowej”

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Ćwierniewicz-Wojciechowskiej została napisana pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Aleksandry Ziemińskiej-Buczyńskiej oraz promotora pomocniczego dr hab. inż. Grzegorza Cemy z Katedry Biotechnologii Środowiskowej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 14 maja 2026 roku. Recenzję przygotowałam w oparciu o obowiązujące przepisy wynikające z Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. Zm.) oraz dostarczony egzemplarz rozprawy doktorskiej.

Pani mgr inż. Magdalena Ćwierniewicz-Wojciechowska w rozprawie doktorskiej zatytułowanej „Poprawa hydrolizy osadów ściekowych w celu intensyfikacji fermentacji metanowej” podjęła się opracowania zagadnienia interesującego dla biochemików, mikrobiologów, biotechnologów, czy inżynierów środowiska. Osady ściekowe stanowią nieodłączny produkt funkcjonowania oczyszczalni ścieków, a ich zagospodarowanie pozostaje jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej gospodarki wodno-ściekowej. Fermentacja metanowa jest powszechnie stosowaną metodą stabilizacji osadów, umożliwiającą zarówno ograniczenie ilości powstających odpadów, jak i produkcję biogazu stanowiącego odnawialne źródło energii. Efektywność tego procesu jest jednak w znacznym stopniu ograniczona przez powolny przebieg etapu hydrolizy, który stanowi etap limitujący rozkład złożonych związków organicznych. Podjęta przez Doktorantkę tematyka badań dotycząca wykorzystania autochtonicznych mikroorganizmów celulolitycznych jako biologicznej metody obróbki wstępnej osadów ściekowych jest w pełni uzasadniona zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia. Zaproponowane podejście odpowiada na aktualne





potrzeby związane z poszukiwaniem efektywnych, niskoenergetycznych i przyjaznych środowisku metod intensyfikacji fermentacji metanowej.

W celu realizacji podjętego tematu badawczego Doktorantka sformułowała szereg celów szczegółowych, obejmujących: (i) izolację celulolitycznych mikroorganizmów zdolnych do efektywnej degradacji różnych form celulozy w warunkach beztlenowych, w temperaturze 37°C; (ii) ocenę właściwości celulolitycznych wyizolowanych mikroorganizmów; (iii) ocenę możliwości ich przechowywania oraz ponownego wykorzystania; (iv) ocenę wpływu inokulacji osadów ściekowych autochtonicznymi mikroorganizmami celulolitycznymi oraz/lub produkowanymi przez nie enzymami na wydajność produkcji metanu; (v) ocenę wpływu biologicznej obróbki osadów ściekowych z zastosowaniem wybranej metody na parametry fizykochemiczne oraz stężenie zewnątrzkomórkowych substancji polimerowych (EPS) w osadzie, z uwzględnieniem krótkotrwałego i długotrwałego czasu kontaktu; oraz (vi) określenie wpływu zastosowanej metody biologicznej na strukturę zbiorowisk mikroorganizmów obecnych w badanym osadzie.

W pierwszym etapie badań Doktorantka przeprowadziła izolację autochtonicznych szczepów grzybów o właściwościach celulolitycznych z osadu ściekowego oraz ich selekcję pod kątem zdolności do degradacji celulozy w warunkach tlenowych i beztlenowych. Wyizolowane szczepy poddano identyfikacji oraz charakterystyce enzymatycznej, obejmującej oznaczenie aktywności enzymów celulolitycznych. Następnie wybrane szczepy wykorzystano w testach biodegradacji celulozy oraz w ocenie wpływu ich inokulacji na osad ściekowy w kontekście efektywności fermentacji metanowej. Kolejny etap badań obejmował ocenę możliwości wykorzystania enzymów produkowanych przez autochtoniczne konsorcja mikroorganizmów obecnych w przefermentowanym osadzie ściekowym w celu intensyfikacji fermentacji metanowej oraz wspomagania procesu biologicznej obróbki osadów poprzez przyspieszenie hydrolizy substancji organicznej. Doktorantka przeprowadziła testy z zastosowaniem enzymów w formie wolnej oraz immobilizowanej na węglu aktywnym, a uzyskane wyniki porównano z efektami uzyskiwanymi przy użyciu komercyjnych preparatów enzymatycznych. Analizie poddano również zmiany wybranych parametrów fizykochemicznych osadu oraz strukturę i różnorodność zbiorowisk mikroorganizmów. Ponadto Doktorantka określiła wpływ procesów mrożenia i liofilizacji na zachowanie właściwości degradacyjnych wyizolowanych szczepów w zakresie rozkładu celulozy.

Rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Cwiertniewicz-Wojciechowskiej charakteryzuje się układem typowym dla rozpraw doktorskich będących monotematycznym cyklem publikacji. W pierwszej części rozprawy Doktorantka zawarła spis treści, wykaz publikacji wchodzących w skład





dysertacji, alfabetyczny spis skrótów i akronimów oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Kolejną część rozprawy doktorskiej stanowi jej autoreferat, na który składają się Wprowadzenie, Cel pracy, Metodyka badań, Podsumowanie wyników przedstawionych w cyklu publikacji, Wnioski, Kontynuacja badań oraz Literatura, w których Doktorantka opisała krótko aktualny stan wiedzy w zakresie podjętego tematu badawczego, szczegółowe cele pracy, najważniejsze wyniki oraz wnioski. Kolejne rozdziały rozprawy doktorskiej to Inne osiągnięcia naukowe, Wkład autorski oraz Wkład pozostałych autorów. Nietypowym rozwiązaniem jest umieszczenie publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej w jej końcowej części. Moim zdaniem publikacje te powinny znaleźć się bezpośrednio po autoreferacie, gdyż stanowią zasadniczy element rozprawy, tworząc zbiór pięciu spójnych tematycznie prac naukowych, z których trzy (pierwsza, druga i czwarta zostały już opublikowane:

1. Sewage sludge pretreatment: current status and future prospects. Environmental Science and Pollution Research 30:88313-88330, 2023 (IF=5,8), MNiSW=100
2. Cellulolytic Fungi from Sewage Sludge and Their Potential to Improve Methane Fermentation. Biomass Conversion and Biorefinery 16:145, 2026 (IF=4,1), MNiSW=70
4. Wpływ enzymów celulolitycznych na hydrolizę osadów ściekowych. Współczesne problemy ochrony środowiska i energetyki 2024, ISBN 978-83-964116-6-2: 101-110, 2025, MNiSW=20

Dwie pozostałe prace, trzecia i piąta, zatytułowane odpowiednio „Enhancing methane production during anaerobic digestion of sewage sludge using enzymes produced by autochthonous microbial consortia” oraz „Comparative Enzymatic Pretreatment of sewage sludge: Physicochemical Parameters and Microbial Community Effects” znajdują się obecnie w recenzji w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Łączny IF publikacji wchodzących w skład rozprawy wynosi 9,9, natomiast liczba punktów według listy MNiSW to 190, co należy uznać za wartość relatywnie niską. Przy czym można założyć, że ulegnie ona zwiększeniu po opublikowaniu pozostałych dwóch prac wchodzących w skład cyklu publikacyjnego. Należy również podkreślić, że wskaźniki bibliometryczne nie stanowią pełnej miary rzeczywistego znaczenia prowadzonych badań, których zasadniczą wartość określa możliwość praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników w zakresie intensyfikacji procesów fermentacji metanowej i poprawy efektywności technologii oczyszczania ścieków.

Trzecią część rozprawy doktorskiej stanowią dyskusja i uwagi końcowe, w których Doktorantka w syntetyczny sposób podsumowała zrealizowane badania, jednocześnie wskazując kierunki dalszych





prac, bibliografia oraz oświadczenia o wkładzie w publikacje. Mimo ogólnie poprawnego przygotowania pracy, zawiera ona liczne błędy językowe, stylistyczne oraz typograficzne.

We wszystkich pracach badawczych wchodzących w skład rozprawy Doktorantka pełni funkcję pierwszego autora, co jednoznacznie potwierdza jej kluczowy udział w planowaniu i realizacji badań oraz wykonanie zasadniczej części prac eksperymentalnych, co zostało dodatkowo potwierdzone stosownymi oświadczeniami współautorów. Warto również zaznaczyć, że publikacje uwzględnione w rozprawie nie wyczerpują całości dorobku naukowego Doktorantki, który obejmuje szerszy zakres osiągnięć publikacyjnych.

Pod względem merytorycznym prace stanowią jednolity, monotematyczny cykl publikacji i w sposób logiczny wiążą całość przedstawionej problematyki, wskazując, że są one efektem realizacji przemyślanego planu badawczego. Na szczególne podkreślenie zasługuje uwzględnienie w cyklu publikacyjnym pracy o charakterze przeglądowym, która w sposób uporządkowany i logiczny wprowadza czytelnika w problematykę badawczą, stopniowo prezentując przesłanki uzasadniające wybór tematu rozprawy. Jednocześnie stanowi ona wartościowe, monograficzne opracowanie dotychczasowego stanu wiedzy w zakresie podejmowanej tematyki, integrujące rozproszone dane literaturowe i porządkujące aktualne kierunki badań. Takie ujęcie nie tylko zwiększa przejrzystość całego cyklu publikacyjnego, ale również wzmacnia jego spójność merytoryczną oraz ułatwia odbiorcy właściwe osadzenie wyników badań własnych Doktorantki w szerszym kontekście naukowym. Chciałabym również podkreślić, że niezwykle istotnym elementem każdej z prac jest dyskusja wyników, która weryfikuje postawione hipotezy badawcze i daje jasny pogląd na praktyczne znaczenie uzyskanych wyników w intensyfikacji hydrolizy i fermentacji metanowej osadów ściekowych. Jest ona również dowodem na dojrzałość naukową Doktorantki i jej zdolność do krytycznego myślenia.

Za najważniejsze osiągnięcia niniejszego doktoratu uważam:

- wykazanie potencjału autochtonicznych mikroorganizmów i ich enzymów celulolitycznych w intensyfikacji procesów fermentacji metanowej osadów ściekowych; udowodniono, że zarówno inokulacja osadu wybranymi szczepami grzybów, jak i zastosowanie enzymów pochodzenia autochtonicznego prowadzą do zwiększenia wydajności produkcji metanu oraz przyspieszenia początkowej fazy fermentacji, co skraca efektywny czas prowadzenia procesu i wskazuje na ich praktyczną przydatność w technologii przeróbki osadów;

- potwierdzenie skuteczności enzymatycznej intensyfikacji hydrolizy osadów ściekowych;

Doktorantka wykazała, że zastosowanie enzymów celulolitycznych prowadzi do wyraźnej





intensyfikacji hydrolizy substancji organicznej, a immobilizacja enzymów wpływa na ich stabilność oraz zróżnicowany efekt technologiczny w zależności od ich pochodzenia;

- określenie wpływu zastosowanych metod biologicznych na właściwości osadu oraz strukturę mikrobiologiczną układu. Stwierdzono, że zastosowane enzymy nie powodują istotnych zmian końcowych parametrów fizykochemicznych osadu ani znaczących zaburzeń struktury mikroorganizmów, jednak wpływają na ich różnorodność i bogactwo oraz na relacje pomiędzy parametrami fizykochemicznymi a dominującymi grupami bakterii, co poszerza wiedzę o mechanizmach biologicznej obróbki osadów ściekowych.

Analiza pracy doktorskiej mgr inż. Ćwiertniewicz-Wojciechowskiej pozwala stwierdzić, że przeprowadzone badania są niezwykle istotne, posiadają wiele elementów nowości naukowej, a uzyskane wyniki są obiecujące o dużym znaczeniu praktycznym. Zrealizowane przez Doktorantkę badania mogą stanowić istotny wkład w rozwój biologicznych metod kondycjonowania osadów ściekowych oraz przyczynić się do zwiększenia efektywności produkcji biogazu i poprawy efektywności funkcjonowania oczyszczalni ścieków.

Przegląd treści rozprawy doktorskiej nasunął szereg pytań/sugestii, które podaję poniżej, a które mogą stanowić początek dyskusji podczas obrony pracy doktorskiej.

1. W jaki sposób izolowano enzymy celulolityczne przeznaczone do immobilizacji oraz czym uzasadniono zastosowanie temperatury 80°C na etapie ich ekstrakcji (publikacja nr 3), zważywszy na możliwość denaturacji białek i obniżenia aktywności enzymatycznej?
2. Proszę wyjaśnić, w jaki sposób standaryzowano surowy ekstrakt enzymatyczny wykorzystywany w badaniach. Biorąc pod uwagę, że jego skład i aktywność enzymatyczna mogą różnić się pomiędzy kolejnymi izolacjami, w jaki sposób zapewniono porównywalność jego działania z komercyjnymi preparatami enzymatycznymi, charakteryzującymi się ściśle określonym składem i aktywnością, oraz uwzględniono ewentualny wpływ zmienności składu ekstraktu na interpretację uzyskanych wyników?
3. W jaki sposób, w kontekście Pani badań, autochtoniczne mikroorganizmy różnią się od szczepów egzogennych oraz jakie ma to znaczenie aplikacyjne, a także jakie są główne bariery wdrożeniowe związane z zastosowaniem autochtonicznych enzymów lub mikroorganizmów w oczyszczalniach ścieków?



4. Jak można wyjaśnić utratę zdolności do degradacji celulozy przez wyizolowane szczepy bakterii celulolitycznych po ich przechowywaniu, obejmującym mrożenie, liofilizację, czy kolejne pasażę hodowlaną?

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Ćwiertniewicz-Wojciechowskiej została przygotowana jako monotematyczny cykl publikacji i przedstawia wyniki badań, które zostały przez Doktorantkę bardzo wnikliwie przeanalizowane w oparciu o dostępną literaturę naukową, co wpływa na jej ogólny bardzo dobry poziom merytoryczny. Liczba moich uwag/sugestii jest niewielka i nie wpływa na ogólną **bardzo dobrą** ocenę pracy. Stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Ćwiertniewicz-Wojciechowskiej spełnia wszelkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ust. 1-4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. Zm.) i wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o przeprowadzenie dalszych etapów w postępowaniu doktorskim.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH

Wydział Nauk Przyrodniczych
Instytut Biologii, Biotechnologii
i Ochrony Środowiska
40-032 Katowice, ul. Jagiellońska 28

Podpisała Urszula Guzik