

Lublin, dnia 26.08.2024 r.

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

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Sztefka
pt. „Wpływ ścieków surowych z ubojni na fermentację metanową w reaktorze
beztlenowym wspomaganym flotacją biogazem”**

1. Podstawa opracowania

Zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górniczo i Energetyka Politechniki Śląskiej – Pana prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina z dnia 1.07.2024 r.

2. Ogólne omówienie rozprawy

Podjęty temat rozprawy doktorskiej, dotyczący wpływu ścieków surowych z ubojni na fermentację metanową w reaktorze beztlenowym wspomaganym flotacją biogazem jest bardzo ważnym zagadnieniem w inżynierii środowiska i energetyce. Szczególne znaczenie w tym zakresie mają prace eksperymentalne, które pozwalają na wybór najskuteczniejszych technologii unieszkodliwiania ścieków i produkcji energii.

Problemy oczyszczania 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 różnych metod oczyszczania ścieków, to niezbędne są badania dotyczące wpływu ścieków surowych z ubojni na fermentację metanową w reaktorze beztlenowym wspomaganym flotacją biogazem.

Merytoryczną część rozprawy, która została wydana w postaci monografii stanowi 7 głównych rozdziałów, z których pierwszy jest wprowadzeniem czytelnika we właściwą tematykę rozprawy. W rozdziale 2 przedstawiono cel i zakres pracy, a w rozdziale 3 metodykę badań. Rozdział 4 zawiera opis wyników badań własnych, a rozdział 5 podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań. Natomiast w rozdziale 6 przedstawiono perspektywę dalszych badań, zaś rozdział 7 zawiera wykaz piśmiennictwa. Rozprawa w sumie obejmuje 120 stron spójnego tekstu oraz dodatkowo 8 stron, na których zawarto spis literatury, który obejmuje 112 pozycji.

Tytuł rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Sztefka 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. Metodyka badań zastosowana w ocenianej rozprawie doktorskiej jest prawidłowa i pozwoliła na przeprowadzenie ciekawych prac eksperymentalnych oraz na analizę uzyskanych wyników badań, które są efektem realizacji doktoratu wdrożeniowego w firmie EMI.

Badania przeprowadzone w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej miały na celu opracowanie metody skutecznej i szybkiej, a także zasadnej ekonomicznie, w zakresie hydrolizy ścieków z ubojni, która będzie możliwa do zastosowania w skali technicznej. Realizacja głównego celu pracy wymagała realizacji takich celów cząstkowych, jak: 1) opracowanie metod analizy ścieków z ubojni; 2) określenie wpływu temperatury i odczynu ścieków na efekty hydrolizy ścieków z ubojni; 3) wybór najlepszej metody hydrolizy ścieków z ubojni poprzez przetestowanie dwóch najbardziej skutecznych wariantów hydrolizy przy optymalnym obciążeniu reaktora beztlenowego pracującego w sposób ciągły w skali laboratoryjnej. Założono, że uzyskane wyniki badań będą mogły zostać wykorzystane do zaprojektowania instalacji beztlenowego oczyszczania ścieków z ubojni w skali technicznej.

Mankamentem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest brak hipotezy badawczej, a szczególnie **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 Doktorant powinien sformułować. O ile zawartość pracy jak najbardziej potwierdza wysoką ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną Doktoranta 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 niejawni na początku streszczenia, na podstawie czego można wnioskować, że w ramach rozprawy analizowany jest następujący problem naukowy – jak ścieki z ubojni wpływają na metanogenezę w reaktorze beztlenowym i czy wcześniejsza hydroliza ma wpływ na proces beztlenowego oczyszczania ścieków.

Doktorant w swojej rozprawie doktorskiej wykazał, że:

1. Ścieki pochodzące z ubojni zawierają znaczne ilości związków organicznych. Na ich stężenie wyrażone za pomocą ChZT wpływa sposób utylizacji krwi przez zakład. Wzrost wartości ChZT oraz Nog jest obserwowany, gdy krew trafia do ścieków, a nie jest utylizowana.
2. Zawartość krwi zakłóca możliwość precyzyjnego określenia wartości ChZT rozpuszczonego w ściekach z ubojni ze względu na przechodzenie drobnych białek

osocza krwi przez pory filtrów strzykawkowych. Białka te mają znaczny udział w zawiesinie i związkach koloidalnych ścieków i podwyższają wartość ChZT po sączeniu. Opracowano metodę postępowania w przypadku analizy ścieków z ubojni z zawartością krwi, opartą o metodę usunięcia związków nierozpuszczonych w drodze koagulacji. Metoda ta charakteryzuje się bardziej powtarzalnymi wynikami i została wdrożona w firmie EMI do oznaczania wartości ChZT rozpuszczonego dla ścieków z zawartością krwi.

3. Potwierdzono wpływ czasu przebywania ścieków w zbiorniku retencyjnym na rozpoczęcie procesu hydrolizy. Wpływ ten skutkował przyrostem stężenia azotu amonowego oraz zwiększeniem stosunku wartości ChZT rozpuszczonego do ChZT całkowitego przy czasie przebywania w zbiorniku retencyjnym dłuższym niż 24 h. Jednocześnie nie stwierdzono wpływu mikroorganizmów pochodzących ze zbiornika na przebieg hydrolizy o czasie trwania nie dłuższym niż 24 h.
4. Specyficzna produkcja metanu po hydrolizie we wszystkich testowanych przypadkach mieściła się w zakresie od 178,8 do 242,6 Nml/g ChZT, co jest zgodne z doniesieniami literaturowymi dla podobnych ścieków. W stosunku do próby kontrolnej, stwierdzono, że najwyższy przyrost potencjału metanowego jest dla hydrolizy 5 dniowej i temperatury 35°C. Podniesienie temperatury hydrolizy z 22 do 35°C pozwala przy 5 dniowym czasie zatrzymania uzyskać wzrost specyficznej produkcji metanu ścieków średnio o około 30%. O połowę gorszy wzrost (około 14%) uzyskano dla tej samej temperatury 35°C przy 3 dniowym czasie zatrzymania i korekcie odczynu do 9 pH. Na podstawie tych wyników wyselekcjonowano hydrolizę 5 dniową w temperaturze 35°C i hydrolizę 3 dniową w temperaturze 35°C i pH 9 do badań w układach ciągłych.
5. W doświadczeniu z ciągłą pracą reaktorów beztlenowych żaden z dwóch wybranych wariantów hydrolizy nie zwiększył w znaczący sposób redukcji zanieczyszczeń wyrażonych wartością ChZT. Wynika z tego, że czas zatrzymania w reaktorze wynoszący 3 dni był wystarczający do hydrolizowania związków organicznych zawartych w ściekach z ubojni. Jednak hydroliza z czasem trwania pięć dni w temperaturze 35°C wpłynęła na stabilniejszą pracę reaktora beztlenowego i osiągnano niższe wartości ChZT w odpływie z reaktora.
6. Stwierdzono niekorzystny wpływ podwyższonego pH ścieków po hydrolizie trwającej trzy dni w temperaturze 35°C przy pH 9 na efektywność metanogenezy.
7. Optymalnym obciążeniem reaktora w procesie beztlenowego oczyszczania ścieków z ubojni była jest obciążenie do 6 g ChZT/dm³d przy założonym stężeniu osadu na poziomie 20 g/dm³.

Badania przeprowadzone przez Doktoranta wykazały, że beztlenowy model oczyszczania ścieków pochodzących z ubojni bydła może mieć szerokie zastosowanie na rynku ze względu na duży potencjał w oczyszczaniu związków organicznych przy dodatnim bilansie energetycznym procesu (wytworzenie biogazu) oraz niewielkiej produkcji osadu nadmiernego. Doktorant wskazał również kierunki dalszych badań niezbędnych do realizacji:

1. Dalsze badania i zdobywanie kompetencji w zakresie technologii beztlenowych w oczyszczaniu ścieków pochodzenia przemysłowego bogatych w związki organiczne, które mogą być przetworzone na energię.
2. Rozbudowa układu do badań procesów beztlenowych o dokładny laboratoryjny pomiar biogazu, który powinien obejmować również hydrolizery. Podczas doświadczenia wykazano powstawanie biogazu również na tym etapie. Niestety ze względów sprzętowych etap ten nie był opomiarowany.
3. Badania nad usunięciem znacznych ilości azotu na drodze biologicznej przy małej ilości związków organicznych.
4. Badania nad odzyskiem azotu i fosforu ze ścieków przy użyciu technik membranowych. Dzięki tej technologii można by pozyskać cenny koncentrat, który mógłby stanowić dodatek do nawozów.

Na podstawie analizy treści podanych w rozprawie oraz wniosków nasuwają się pytania do doktoranta. W związku z tym proszę o wyjaśnienie:

- str. 41 – podano, że „Ścieki były podawane w sposób ciągły przy użyciu trzech perystaltycznych pomp Milwaukee MP815 ze zbiornika zasilającego do dalszych części układu” – proszę o wyjaśnienie jakie było natężenie przepływu ścieków dopływających do reaktorów beztlenowych?
- str. 46 – czy metodyka badań własnych, których wyniki podano w tabelach 14 i 15 była taka sama jak w przypadku badań zleconych w laboratorium firmy zewnętrznej SGS?
- co jest konkretnym wdrożeniem, które zostało zrealizowane przez firmę EMI w ramach doktoratu wdrożeniowego.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym i edytorskim

- str. 3, tabela 1 – odwołano się do 4 źródeł literatury, jednak nie podano która kolumna odnosi się do jakiego konkretnego źródła.
- str. 4, tabela 5 – w wartościach liczbowych zamiast kropek powinny być przecinki.
- str. 5 – zdanie nad rysunkiem 1 ma nieprawidłowy styl: „Większość oczyszczalni z przemysłu mięsnego zbudowana jest zgodnie z Rysunek 1”.
- str. 9 – zdanie nad rysunkiem 2 ma nieprawidłowy styl: „Schemat układu flotacji ciśnieniowej wraz z koagulacją pokazano na Rysunek 2”.

- str. 11 – ostatnie zdanie ma nieprawidłowy styl: „W Tabela 7 zebrano inhibitory powodujące zakłócenia w fermentacji metanogennej”.
 - na str. 25 – używane są wyrażenia „sztuczne mokradła”, „sztuczne tereny podmokłe” – zdaniem recenzenta zamiast tych terminów należy stosować wyrażenie „systemy hydrofitowe”.
 - str. 25 – użyto wyrażenie „stężenie BZT₅” – BZT₅ jest wskaźnikiem, który określa ilość tlenu zużywanego w określonym czasie na utlenienie w warunkach tlenowych substancji organicznych, zawartych w wodzie lub ściekach, zatem raczej powinno się używać wyrażenie „wartość BZT₅”, niż stężenie.
 - str. 29 – rozdział 3 – „Metodyka” powinien mieć tytuł „Metodyka badań”.
 - str. 30 w tabeli 11 podano jakie parametry oznaczano w ramach badań w laboratorium SGS, a w rozdziale 3.3 opisano metody analiz fizykochemicznych ścieków. Odnosząc się do tabeli 11 i rozdziału 3.3 należy stwierdzić, że w tabeli 11 nie wymieniono pH, lotnych kwasów tłuszczowych, suchej masy. Natomiast w opisie w rozdziale 3.3 nie przedstawiono metodyki oznaczania: zasadowości ogólnej, kwasowości, BZT₅, azotu azotanowego, azotu azotynowego, substancji organicznych ekstrahujących się eterem naftowym, kwasu octowego, kwasu mlekowego, kwasu mrówkowego, kwasu propionowego, kwasu butanowego.
- W rozdziale 3.3 nie podano też, w jaki sposób oznaczano ChZT – czy z wykorzystaniem nadmanganianu potasu, czy dwuchromianu potasu?
- str. 32 – użyto wyrażenie „stężenie ChZT” – ChZT jest wskaźnikiem określającym ilość tlenu niezbędną do utlenienia zawartych w wodzie lub ściekach związków organicznych i nieorganicznych, zatem raczej powinno się używać wyrażenie „wartość ChZT”, niż stężenie. Podobne komentarz dotyczy stosowania wyrażenia „stężenie ChZT” w dalszej części pracy.
 - w rozdziale 3. Metodyka nie podano jaką analizę statystyczną wykorzystano do analizy wyników badań.
 - na str. 46 podano, że „w celu określenia zawartości podstawowych zanieczyszczeń w ściekach, wykonano szereg badań laboratoryjnych sprawdzających podstawowe parametry fizykochemiczne takie, jak: pH, temperatura, ChZT, N ogólny, P ogólny. Wyniki podano w Tabeli 14 i 15”. Jednak w tabelach 14 i 15 brakuje wyników pH, temperatury.
 - str. 46 i 48, tab. 14, 15, 17 – zdaniem recenzenta w kolumnie I powinien być zapis „średnia” zamiast „wartość”.
 - str. 69 – na rys. 26 na osi poziomej powinien być zapis – „czas (dni)”, zamiast „time (days)”, gdyż cała praca jest w j. polskim.

- jednostki przy wartościach liczbowych w całej pracy powinny być podawane w jednakowy sposób – najlepiej zgodnie z układem SI – np. $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

- rozdział 7. Piśmiennictwo – poszczególne pozycje literatury powinny być podane w jednakowy sposób.

Podane powyżej uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym i edytorskim powinny być uwzględnione przy ewentualnej publikacji uzyskanych wyników zawartych w rozprawie.

4. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Adama Sztefka jest ciekawym opracowaniem, w którym rozwiązano problem naukowy, który został podany w sposób niejawni. Doktorant wykazał się odpowiednim przygotowaniem teoretycznym i praktycznym, znajomością współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy oraz umiejętnością planowania i prowadzenia badań. Autor pokazał, że potrafi wykonać zamierzone prace eksperymentalne oraz zinterpretować uzyskane wyniki badań. Tematyka i zakres rozprawy doktorskiej jest ściśle związany z ważnym zagadnieniem z zakresu inżynierii środowiska i energetyki dotyczącym wpływu ścieków surowych z ubojni na fermentację metanową w reaktorze beztlenowym wspomaganym flotacją biogazem. Problematykę badawczą podjętą przez Doktoranta należy zaliczyć do grupy prac badawczo-rozwojowych.

Biorąc po uwagę zaprezentowaną powyżej analizę rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ ścieków surowych z ubojni na fermentację metanową w reaktorze beztlenowym wspomaganym flotacją biogazem” 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. Adama Sztefka i dopuszczenie go do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej.

Lublin, 26.08.2024 r.

Krzysztof Jasielski