Poznań, dn. 21.12.2018 r.

Dr hab. inż. Jacek Dach, prof. nadzw.
Instytut Inżynierii Biosystemów
Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

# RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Hanny Waliszewskiej**

**pt. „Skład chemiczny i struktura wybranych surowców lignocelulozowych w aspekcie produkcji biogazu", wykonanej na Wydziale, nad którą opiekę naukową sprawowali**

**promotor: dr hab. inż. Magdalena Zborowska**

**oraz promotor pomocniczy: dr inż. Damian Janczak**

## OCENA FORMALNA PRACY

Wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej zlecił mi Dziekan Wydziału Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, pan prof. dr hab. inż. Bartłomiej Mazela, zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Technologii Drewna o wyznaczeniu mnie na recenzenta.

Promotorem pracy jest dr hab. inż. Magdalena Zborowska, a rolę promotora pomocniczego pełni dr inż. Damian Janczak.

Rozprawa liczy łącznie 113 stron, w tym zawiera 49 rysunków oraz 29 tabel.

Praca zawiera łącznie 175 pozycji literaturowych, wśród których tylko 40 jest polskojęzycznych, co jest dowodem na szerokie korzystanie przez Doktorantkę z zasobów literatury światowej.

Przedstawiona mi do recenzji praca posiada strukturę właściwą dla prac dysertacji doktorskich. Największą objętościowo częścią (44 strony) są rozdziały poświęcone wynikom badań i ich omówieniu, co wskazuje, że Doktorantka właściwie położyła w pracy nacisk na prezentację swojej aktywności w części doświadczalnej. Za niewłaściwe uznaję brak numeracji głównych rozdziałów w pracy (Wprowadzenie, Część literaturowa, Cel czy Część doświadczalna), bowiem efektem tego jest multiplikowanie numerów rozdziałów (jest ich w sumie aż 11, przy czym ostatni rozdział jest (Literatura) nie jest w ogóle numerowany. Ta

uwaga dotyczy jednakże tylko formalnej struktury pracy, a nie jej wartości merytorycznej. Bardzo pozytywnie oceniam umieszczenie na początku pracy (strona 6.) spisu stosowanych skrótów i oznaczeń, co ułatwia lekturę czytelnikom – zwłaszcza, że zagadnienia poruszane w pracy są multidyscyplinarne i wychodzą poza zakres głównej dyscypliny pracy jaką jest drzewnictwo.

W swojej pracy pani mgr inż. Hanna Waliszewska podejmuje problematykę możliwości wykorzystania biomasy o podniesionej zawartości związków lignocelulozowych do wytwarzania energii w procesie fermentacji metanowej (poprzez produkcję biogazu). Temat ten zrealizowała poprzez przedstawienie gruntownej analizy literatury zagadnienia, w tym zwłaszcza możliwości energetycznego przetwarzania biomasy, określenia głównych problemów wytwarzania biogazu z biomasy lignocelulozowej związanej z jej budową, następnie określiła cel i zakres pracy, opracowała metodykę badań, a w efekcie przeprowadzonych analiz i doświadczeń przedstawiła kierunek zmian właściwości chemicznych surowców lignocelulozowych w wyniku fermentacji metanowej i ogólnie możliwości wytwarzania z nich biogazu.

Tematykę pracy uważam z jednej strony za ambitną z naukowego punktu widzenia, a z drugiej bardzo korzystną dla możliwości wykorzystania w przyszłości wyników badań na cele realnej gospodarki. Należy bowiem podkreślić, że o ile biomasa stanowi ogromny potencjał energetyczny w skali nie tylko Polski, ale i świata, o tyle z uwagi na jej skład chemiczny tylko częściowo, w dość niewielkiej skali jest wykorzystywana w procesie fermentacji w biogazowniach. Podstawowym problemem w tym zakresie jest to, iż przyjmuje się, że lignina w zasadzie nie rozkłada się bez dostępu tlenu – podczas gdy podstawą w eksploatacji biogazowni jest utrzymanie warunków beztlenowych (metanogeny są bezwzględnymi beztlenowcami). Stąd na ponad 20000 biogazowni funkcjonujących w Europie i ponad 45 milionów na świecie, do wytwarzania biogazu stosuje się głównie łatwo rozkładalną biomasę rolniczą, odchody zwierzęce i ludzkie oraz resztki żywności. Tymczasem choć biomasa lignocelulozowa posiada ogromny potencjał energetyczny – to jednak operatorzy biogazowni podchodzą do niej z obawą, uzasadnioną trudnościami technologicznymi w przypadku stosowania słomy czy „zdrewniałego" siana słabej jakości (casus potężnych problemów biogazowni w Uhninie czy Rzeczycy wykorzystujących takie substraty) i generalnie nie używają tego rodzaju substratów. Tymczasem możliwości stosowania w biogazowniach szeroko dostępnego i taniego w pozyskaniu substratu o

teoretycznie wysokim potencjale energetycznym jakim jest biomasa lignocelulozowa mogłyby bardzo znacząco poprawić bilans ekonomiczny pracy istniejących czy planowanych instalacji.

Na tej podstawie uważam, że podjęcie przez Doktorantkę tematu możliwości wykorzystania surowców lignocelulozowych w procesie fermentacji wraz z analizą zmian parametrów chemicznych mających wpływ na tenże proces ma bardzo silne uzasadnienie gospodarcze, a także z naukowego punktu widzenia daje szerokie możliwości publikacyjne w uznanych czasopismach międzynarodowych.

**SZCZEGÓŁOWA OCENA PRACY**

Tytuł ocenianej rozprawy uważam za właściwy i odpowiadający jej zawartości.

We **Wprowadzeniu** Doktorantka opisuje kontekst historyczny wykorzystania energetycznego biomasy w odniesieniu do paliw kopalnych oraz pokrótce przedstawia najnowszą sytuację prawno-polityczną w UE i Polsce w zakresie potrzeb i możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Na uwagę zasługuje zwłaszcza nawiązanie w tym kontekście do strategii rozwoju Wielkopolski, która jest przecież jednym z wiodących producentów biomasy w Polsce.

Kolejny nienumerowany (powinien być oznaczony numerem 2) rozdział to **Część literaturowa**. Doktorantka przedstawia w nim najpierw różne metody przetwarzania biomasy na energię (termiczne, chemiczne czy biologiczne), a następnie skupia się na procesie fermentacji metanowej analizując główne przemiany zachodzące w jego trakcie oraz wykorzystywane dotychczas substraty.

Nie zgodziłbym się tu ze stwierdzeniem Autorki (strona 12.), iż w wyniku fermentacji alkoholowej produkowana jest energia, a etanol jest produktem ubocznym – wszak to energia jest wytwarzana w formie chemicznej, w postaci właśnie etanolu czyli głównego produktu. Na stronie 18. Autorska podaje też (za Wielandem), że udział biomasy lignocelulozowej w substratach używanych w Niemczech stanowi około 59%, podczas gdy z mojej wiedzy na tym poziomie używana jest kiszonka z kukurydzy – którą zwyczajowo nie zalicza się do biomasy lignocelulozowej. Stanowczo nie zgodzę się też ze sformułowaniem (strona 19), iż do materiałów lignocelulozowych zaliczają się... buraki. *Stąd prosiłbym Doktorantkę podczas publicznej obrony o odniesienie się to tej uwagi poprzez sformułowanie*

*definicji biomasy lignocelulozowej, a także odpowiedź, czy wg Niej kiszonka z kukurydzy wlicza się czy też nie w obszar tego rodzaju biomasy*? Podsumowując, część literaturowa stanowi ciekawy materiał analityczny, który sugeruję wykorzystać w publikacjach przeglądowych.

Na zakończenie części literaturowej Doktorantka umieszcza również **problem naukowy** - sformułowany w sposób niejawny – w postaci stwierdzenia, iż bardzo niewiele jest danych w literaturze na temat zmian zachodzących w podczas fermentacji metanowej w udziale i strukturze chemicznej komponentów surowców lignocelulozowych.

Na podstawie tak sformułowanego problemu naukowego Doktorantka w kolejnym rozdziale (**Cel pracy**) formułuje cel naukowy (zbadanie różnic udziału i struktury składników chemicznych biomasy lignocelulozowej zbieranej w dwóch okresach zbioru oraz po przeprowadzonej fermentacji metanowej) oraz cel aplikacyjny (zbadanie wpływu terminu zbioru roślin na ilości i jakości powstałego biogazu).

W kolejnym rozdziale zatytułowanym **Część doświadczalna** Autorka charakteryzuje materiał badawczy (rośliny z rodzaju miskantusa i sorgo) oraz opisuje metodykę badań i prowadzonych analiz, a także sposobu prowadzenia fermentacji metanowej jak i analiz statystycznych. Do tej części nie mam żadnych uwag krytycznych, wysoko oceniając warsztat metodyczny Doktorantki.

W kolejnym rozdziale pt. **Wyniki badań i ich omówienie** Doktorantka skupiła się najpierw na analizie składu fizykochemicznego pozyskanej biomasy roślinnej, przy okazji na bieżąco komentując uzyskane wyniki z danymi dostępnymi w literaturze (jak się domyślam taka bezpośrednia konfrontacja zaowocowała tym, że brak w pracy doktorskiej osobno wydzielonego rozdziału zatytułowanego Dyskusja wyników). Bardzo pozytywnie oceniam zestawienie uzyskanych wyników szczegółowych analiz w rozdziale Podsumowanie badań surowców zbieranych w czasie i po wegetacji – brak mi jednak tej przysłowiowej „kropki nad i" czyli określeniem z praktycznego punktu widzenia kiedy najlepiej jest zbierać badaną biomasę roślinną w kontekście przeznaczenia jej jako substratu do produkcji biogazu (co wiąże się zresztą z celem aplikacyjnym). *Proszę Doktorantkę o odniesienie się do tego wątku w czasie publicznej obrony.*

W rozdziale nr 9 zawierającym wyniki badań biogazowych Doktorantka zestawiła szczególnie ciekawe analizy relacji pomiędzy wydajnością produkcji biogazu w procesie fermentacji a zmianami zawartości poszczególnych związków chemicznych. Moją szczególną

uwagę przykuło stwierdzenie ze strony 65., iż „Zależność ilości wyprodukowanego biogazu jest również odwrotnie proporcjonalna do sumy cukrów zawartych w materiale". *Z uwagi na fakt, że cukry stanowią stosunkowo wysoko energetyczny składnik substratów prosiłbym Doktorantkę o próbę dogłębniejszego skomentowania takich wyników.*

Kolejny rozdział **Podsumowanie badań nad zmianami właściwości chemicznych surowców w wyniku fermentacji** jest niezwykle istotny dla oceny dysertacji bowiem Doktorantka zestawiając szeroko przeprowadzone dogłębne analizy zmian składu chemicznego badanych substratów przed i po procesie fermentacji de facto podaje w nim rozwiązanie sformułowanego wcześniej problemu naukowego. Z punktu widzenia kryteriów oceny prac doktorskich zawartych w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (a zwłaszcza paragrafu 13 punkt 1.) ten dość krótki rozdział uważam za najważniejszy w całej pracy.

Pracę kończy rozdział nr 11 (**Obserwacje i wnioski**), w których Doktorantka sformułowała 7 wniosków wynikających z realizacji pracy.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy chciałbym podkreślić bardzo dużą wartość uzyskanych wyników badań i analiz w obszarze o dość małej liczbie dotychczasowych publikacji i zachęcić Doktorantkę do publikacji realizowanych przez nią badań w renomowanych czasopismach. Uzyskany materiał badawczy ma też dużą wartość aplikacyjną, stąd korzystne byłoby przygotowanie również publikacji w branżowych czasopismach popularno-naukowych jak np. *Magazyn Biomasa* czy *Top Agrar*. Kończąc chciałbym także podkreślić bardzo wysoki poziom edytorski pracy i praktyczny brak drobnych błędów stylistycznych czy interpunkcyjnych.

**WNIOSKI KOŃCOWE**

Recenzowana przeze mnie praca doktorska podejmuje w nowatorski i głęboko analityczny sposób temat możliwości wykorzystania substratów lignocelulozowych w procesie fermentacji metanowej oraz zmian chemicznych zachodzących w substratach wskutek tegoż procesu. Uzyskane wyniki uważam za bardzo wartościowe zarówno z naukowego jak i gospodarczego punktu widzenia oraz posiadające duży potencjał publikacyjny zarówno w wysoko punktowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym jak np. Bioresource Technology czy *Biomass and Bioenergy*, jak i publikatorach branżowych. Zachęcam również Doktorantkę do dalszych badań w zakresie możliwości wykorzystania

biomasy lignocelulozowej w biogazowniach ponieważ jest na to ogromne zapotrzebowanie rynkowe, zwłaszcza w kontekście rozpoczynającego się boom'u inwestycyjnego w branży biogazowej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska przedłożona przez mgr inż. Hannę Waliszewską spełniła ustawowe wymagania do ubiegania się o stopień naukowy doktora, zawarte w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) w dyscyplinie drzewnictwo. Na tej podstawie kieruję wniosek do Rady Wydziału Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o dopuszczenie mgr inż. Hanny Waliszewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, z uwagi na bardzo wysoki poziom merytoryczny recenzowanej pracy doktorskiej wnoszę o jej wyróżnienie.