

Poznań, 9 marca 2021 r.

dr hab. inż. Wojciech J. Cichy  
Lider obszaru  
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Drewna  
Zakład Bioenergii  
ul. Winiarska 1, 60-654 Poznań

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej wykonanej przez mgr inż. Dominikę Szadkowską  
pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Janusza Zawadzkiego  
oraz pod kierunkiem promotora pomocniczego dr hab. inż. Andrzeja Radomskiego  
pod tytułem:  
„Badanie wydajności procesów enzymatycznej hydrolizy holocelulozy  
pozyskanej z drewna topoli (*Populus alba* L.)”

### Podstawa wykonania recenzji

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Pana Dyrektora Instytutu Nauk Drzewnych i Meblarstwa, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie dr hab. inż. Pawła Kozakiewicza, prof. SGGW z dnia 29 października 2020 roku o numerze INDM/96/2020 przekazane wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej mgr D. Szadkowskiej.

### Przedmiot oceny

Przedmiotem oceny była rozprawa doktorska Pani mgr. inż. Dominiki Szadkowskiej wykonana w Instytucie Nauk Drzewnych i Meblarstwa, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Praca liczy 129 stron w tym 72 rysunki, 17 tabel, 241 pozycji literaturowych (w tym 10 norm i aktów prawnych oraz 5 odsyłaczy do stron internetowych), streszczenie w języku polskim i streszczenie w języku angielskim.

Treść rozprawy doktorskiej ujęta jest w sześciu głównych rozdziałach: Wstęp, Przegląd literatury, Cel i zakres pracy, Materiały i metody, Wyniki i dyskusja, Wnioski oraz w 14 podrozdziałów. Praca zawiera także zestawienie wykorzystanej w pracy literatury. Przedstawiona do oceny praca zawiera wszystkie niezbędne w rozprawie naukowej elementy tzn. wstęp stanowiący wprowadzenie do zagadnienia, przegląd literatury przedmiotu,

sprecyzowany cel badań i zakres badań, opis przyjętej metodyki badań, dyskusję wyników i wnioski końcowe.

## **Ocena wyboru tematyki pracy**

W ostatnim okresie coraz większą uwagę zwraca się na zmiany zachodzące w klimacie naszej planety. Niespotykane dotąd zjawiska takie jak długotrwałe susze czy ulewne deszcze, bardzo łagodne zimy czy relatywnie zimne lata zdaniem specjalistów są wywołane przez globalne ocieplenie klimatu na Ziemi, które z kolei spowodowane jest działalnością człowieka a w szczególności emisją gazów cieplarnianych od początku epoki przemysłowej. Nie dziwi zatem fakt, że społeczność międzynarodowa czyni wiele wysiłków w celu ograniczenia tych niekorzystnych zmian. Jednym z takich kierunków zmian jest dekarbonizacja odnosząca się głównie do branży energetycznej ale także do branży paliw transportowych. W ramach tego działania główne przedsiębiorstwa z branży energetycznej i paliwowej rozbudowują bazę odnawialnych źródeł energii a także inwestują w wykorzystanie odpadów do generacji energii. Długoterminowy cel mający przynieść osiągnięcie węglowej neutralności stał się kierunkiem działań dla kluczowych przedsiębiorstw z sektora wydobywczo-energetycznego. Potwierdzeniem takiego stanu rzeczy są przyjęte ostatnio ustalenia Rady Unii Europejskiej przyjmujące redukcję do roku 2030 emisji gazów cieplarnianych do poziomu 55% wartości z roku 1990.

Istnieje wiele sposobów zastąpienia konwencjonalnych paliw kopalnych innymi nośnikami mającymi status OZE. Jednym z nich jest zastosowanie paliw otrzymanych z biomasy roślinnej – biopaliw stałych i ciekłych. Spośród wielu rodzajów biomasy roślinnej biomasa drzewna cechuje się najlepszymi właściwościami użytkowymi i największą dostępnością przy w miarę stabilnych właściwościach fizyczno-chemicznych. Przy dużym popycie na drewno leśne nie dziwi zatem duże zainteresowanie badaczy i przedsiębiorców biomasą pochodzącą z plantacji drzew szybkorosnących. Materiał ten może stanowić znaczące uzupełnienie niedoboru surowców drzewnych na krajowym rynku i sprawić może, że materiał ten stworzy alternatywę dla biomasy leśnej.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzić można, że zagadnienia podjęte w rozprawie doktorskiej mgr inż. Dominiki Szadkowskiej, skupiające się wokół otrzymywania komponentów biopaliw ciekłych z biomasy roślinnej pochodzącej z upraw plantacyjnych,



nawiązują do podstaw globalnej i krajowej polityki klimatycznej, bieżących potrzeb krajowej gospodarki, a przede wszystkim sięgają do niewykorzystanych dotąd w pełni źródeł surowców drzewnych.

## **Ocena szczegółowa pracy**

Zaproponowana przez Doktorantkę struktura opracowania spełnia formalne wymogi przyjęte w monografiach dla nauk przyrodniczych. Poszczególne etapy rozprawy doktorskiej zostały ułożone w prawidłowy sposób, co w konsekwencji umożliwiło przechodzenie w opisie przeprowadzonych prac przez kolejne jej fazy w efekcie tworząc logiczną całość. Wskazuje to fakt, że koncepcja pracy została przygotowana w sposób przemyślany. Pod względem językowym rozprawa została napisana w sposób prawidłowy, jednakże nie ustrzeżono się kilku uchybień, które jednakże nie obniżają wartości merytorycznej pracy.

W rozdziale szóstym przedstawiono wnioski stanowiące podsumowanie wyników przeprowadzonych prac badawczych. Stanowią one właściwą ocenę, weryfikację i podsumowanie założonych celów rozprawy. W pracy przywołano dość obszerną (226 pozycji), dobrze dobraną literaturę przedmiotu. Na uwagę zasługuje fakt, że większość cytowanych pozycji pochodzi z okresu ostatnich dwudziestu lat. Zestawienie literatury uzupełnia wykaz wykorzystanych w pracy 10 aktów prawnych i normatywnych oraz odwołania (5) do stron internetowych.

Należy zwrócić uwagę, że prace badawcze, na podstawie których przygotowano ocenianą rozprawę, w znaczącej części zostały wykonane w ramach realizowanych w Katedrze Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna projektach: WOODTECH PBS1/A8/16/2013 pt.: „Wykorzystanie linii topoli o zwiększonym potencjale przyrostu biomasy i ulepszonej kompozycji chemicznej drewna w technologii produkcji papieru i biopaliw”; CROPTECH BIOSTRATEG2/298241/10/NCBR/2016 pt.: „Inteligentne systemy hodowli i uprawy pszenicy, kukurydzy i topoli dla zoptymalizowanej produkcji biomasy, biopaliw oraz zmodyfikowanego drewna”. Surowiec drzewny wykorzystany w badaniach – topole plantacyjne – został (w części) wyhodowany w ramach projektu WELCOME 2008/1.

## Wstęp

W tym rozdziale mgr Szadkowska uzasadniła wagę tematyki podjętej w jej badaniach powiązanej z procesami hydrolizy surowców roślinnych, których celem jest otrzymanie komponentów biopaliw ciekłych. W tym aspekcie przedstawiono konieczność wykorzystania biomasy roślin nie znajdujących zastosowania w przemyśle spożywczym i w charakterze paszy dla zwierząt. Wśród tego rodzaju materiałów zwrócono uwagę na drewno drzew z siedlisk nieleśnych, charakteryzujących się dużymi rocznymi przyrostami. Do tego rodzaju surowca zalicza się drewno różnych odmian topoli plantacyjnych. Podkreślono konieczność prowadzenia prac badawczych nad procesami hydrolizy biomasy roślinnej z użyciem enzymów w różnych jej aspektach.

Uwagi:

- Doktorantka nie przedstawiła choćby szacunkowego zapotrzebowania gospodarki (polskiej, europejskiej) na biopaliwa ciekłe lub biododatki do paliw co mogłoby lepiej uzasadniać potrzebę prowadzenia badań w zakresie hydrolizy biomasy drzewnej;
- Pod względem językowym w tym rozdziale znaleźć można szereg uchybień i nieszczęśliwych sformułowań:
  - Np. „Najważniejsze czynniki, które powodują ten kierunek rozwoju to...”; str. 11, wiersz 4 od góry. Właściwiej byłoby napisać: Najważniejsze czynniki wpływające na ten kierunek rozwoju...;
  - Rozwlekłe (tasiemcowe) zdania, poruszające kilka ważnych wątków np. str. 11, wiersz 4-10
  - Oczywiste truizmy: np. „ Szczególne istotne są badania i rozwój.”

## Część literaturowa

W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła przegląd dostępnej literatury w zakresie: 1/ uwarunkowań prawnych otrzymywania biopaliw ciekłych, w tym podstawowe definicje określeń takich jak biomasa, biopaliwa wraz z ich podziałem, bioetanol; 2/ charakterystyki materiału lignocelulozowego a przede wszystkim jego składu chemicznego z punktu widzenia możliwości wykorzystania w procesach hydrolizy; 3/ metod obróbki wstępnej (prehydrolizy) biomasy roślinnej; 4/ metod hydrolizy surowców lignocelulozowych, ze szczególnym uwzględnieniem hydrolizy enzymatycznej oraz czynników wpływających na efektywność



procesu; 5/ enzymów, które można stosować w procesach biorozkładu polisacharydów z wydzieleniem cukrów prostych; 6/ metodom wytwarzania bioetanolu z biomasy roślinnej.

Ocena treści zawartych w tym rozdziale wskazuje, że Doktorantka dysponuje wiedzą w zakresie tematyki poruszanej w ocenianej pracy, a także posiada umiejętności pozwalające na dokonanie syntetycznej oceny zebranej, obszernej literatury pod kątem planowanych w rozprawie prac eksperymentalnych.

Niestety opisując stan dostępnej wiedzy nie udało się autorce ustrzec większych i mniejszych uchybień.

- w podrozdziale 2.1. omawiającym definicje odnoszące się do biopaliw zapisano:
  - „Biopaliwo ciekłe zwane także biopaliwem transportowym, to paliwo kopalne z odpowiednią domieszką biokomponentu albo paliwo (biopaliwo) wyprodukowane z biomasy, wykorzystywane w transporcie.” (s. 15, wiersz 10-12 od góry). Czytając to zdanie dochodzi się do paradoksalnego wniosku, że biopaliwem ciekłym nazywamy paliwo kopalne, z nieznaczną tylko domieszką biokomponentów. Autorka bezkrytycznie w tym miejscu przeniósła zapisy definicji biopaliwa ciekłego zawarte w Ustawie o biokomponentach i biopaliwach ciekłych (Dz.U.2006.169.1199) odnoszące się do praktyki gospodarczej, gdzie stosuje się takie rozwiązania;
- s. 24, wiersz 7-8 od dołu zapisano: „Właściwe przygotowanie surowca w procesie obróbki wstępnej jest elementem kluczowym w technologii otrzymywania biopaliw.” Z dalszej części tekstu wynika, że autorka miała na myśli wstępne przygotowanie surowców lignocelulozowych do obróbki enzymatycznej a nie przygotowanie drewna do skrawania w celu wytworzenia zrębków energetycznych lub drewna kominkowego. Wskazanym byłoby uzupełnienie tekstu: „...otrzymywania biopaliw *ciekłych w procesie hydrolizy.*”;
- s. 27 w głowicy tabeli 1 brakuje odnośnika literaturowego, który można znaleźć w tekście (s. 27 wiersz 8 od góry);
- s. 28, wiersz 1 od góry znajduje się informacja: „Użycie rozcieńczonych roztworów kwasodaneów...”. Zapewne jest to literówka, a doktorantka miała na myśli rozcieńczone kwasy;
- s. 30, wiersz 16 od góry: zapisano: „...DP jest nie wpływa na wydajność hydrolizy...” co stanowi oczywistą literówkę;

- w podrozdziale 2.5. omawiającym działanie enzymów zabrakło odnośnika literaturowego przy odniesieniu do danych z rysunku 11 (s. 31 wiersz 15 od góry), choć taki odnośnik znajduje się przy tytule rysunku 11;
- podobnie na stronie 32 wiersz 6 od góry powołując się na dane zawarte na rysunku 12 zapomniano umieścić odnośnika literaturowego;
- na stronie 33 wiersz 8 od dołu odnośnik literaturowy powinien znaleźć się na końcu akapitu.
- w tytule rysunku 13 na s. 34 zabrakło odnośnika literaturowego podobnie jak przy rysunku 14 na s. 35.

Podsumowując ocenę rozdziału 2 „Przegląd literatury” stwierdza się, że Doktorantka poprawnie przedstawiła aktualny stan wiedzy dotyczących zagadnień związanych z hydrolizą enzymatyczną materiałów lignocelulozowych. Pomimo istnienia bogatej literatury przedmiotu autorka rozprawy w syntetyczny sposób opisała aktualny stan wiedzy w tym zakresie.

### **Cel i zakres pracy**

Cel pracy opisano w sposób prawidłowy, przejrzysty i czytelny, bezpośrednio nawiązując do tytułu rozprawy. Rozdział ten uzupełniono o zakres planowanych prac, sprowadzający się do: 1/określenia składu chemicznego drewna topolowego i wyodrębnionej z niego holocelulozy; 2/ ustalenie warunków analiz chromatograficznych HPLC wydzielonych cukrów; 3/ ustalenie parametrów procesu hydrolizy zastosowanych w pracach eksperymentalnych; 4/ określenie wydajności hydrolizy w obecności substancji o potencjalnym działaniu inhibitującym.

Zaplanowane badania stanowią logiczną całość i świadczą o dojrzałym podejściu Doktorantki do zagadnienia stanowiącego przedmiot rozprawy.

### **Materiały i metody**

W rozdziale tym autorka przedstawiła metody badawcze wykorzystywane do wykonania zaplanowanych badań rozpoczynając od szczegółowego omówienia surowców



biomasowych oraz wykorzystanych materiałów. W badaniach wykorzystano pięć odmian topoli: Topolę białą w wieku około 60 lat pozyskaną z uprawy leśnej, Topolę czarną o średnicy pnia 4,4 m o nieznanym wieku, Topolę osikę w wieku 40 lat oraz dwa gatunki topoli pochodzące z upraw plantacyjnych SGGW – Topolę japońską i Topolę kalifornijską, obie w wieku 3,5 roku. Przy opisie materiału badawczego zabrakło informacji nt. warunków doboru surowców drzewnych do badań, szczególnie w odniesieniu do materiałów nie pochodzących z plantacji.

W opisie metodyki szczegółowo zestawiono wszystkie odczynniki chemiczne zastosowane w badaniach, łącznie z ich producentem oraz stopniem czystości. Nie wydaje się by taki opis był najszcześniejszym rozwiązaniem w pracy o charakterze monografii. Jeżeli z jakichś względów informacje te były szczególnie istotne dla prowadzonej procedury badawczej właściwiej (zdaniem recenzenta) byłoby o tym wspomnieć przy opisie konkretnej metody. Przedstawiony szczegółowy opis enzymów stosowanych w pracach eksperymentalnych, przedstawiony przez Doktorantkę, jest jak najbardziej wskazany.

W podrozdziale 4.4.2. Analizy chromatograficzne obok metodyk analiz różnych technik chromatograficznych zawarto także opisy przygotowania buforów, dobór warunków hydrolizy enzymatycznej, dobór stężenia enzymu podczas hydrolizy oraz pozyskanie i zbadanie potencjalnych inhibitorów hydrolizy enzymatycznej. Zagadnienia te nie pasują do podrozdziału poświęconego analizom chromatograficznym i powinny być wyodrębnione do osobnego podrozdziału.

W rozdziale 4 brak jest syntetycznego opisu metodyki bezpośrednio powiązanej z pracami eksperymentalnymi: przygotowanie surowca, obróbka wstępna surowca przed hydrolizą, hydroliza enzymatyczna w zaproponowanych wariantach, analiza produktów hydrolizy. Wszystkie te informacje można znaleźć w tekście monografii jednakże trzeba włożyć nieco wysiłku, żeby je odnaleźć np. podrozdział Warunki obróbki wysokotemperaturowej (LHW) znajduje się w rozdziale 5 Wyniki i dyskusja chociaż opis metodyki LHW bardziej pasuje do części metodycznej. Doktorantka w przeglądzie literatury przedstawiła różne metody wstępnej obróbki biomasy. Do prac eksperymentalnych wybrano jedną z tych metod – obróbkę wysokotemperaturową (LHW). W moim przekonaniu wybór ten był właściwy, jednakże w tekście monografii zabrakło krótkiego choćby uzasadnienia takiego wyboru.

Rozdział 5 zawiera opis uzyskanych wyników wraz z ich dyskusją. Autorka przedstawiając uzyskane wyniki podjęła dyskusję z danymi literaturowymi wskazując na poprawność przyjętych założeń. Rozdział ten pod względem merytorycznym nie budzi zastrzeżeń. Uwagi można mieć jedynie do jego redakcji. Ostatni akapit na stronie 55 poświęcony został wyznaczaniu krzywej kalibracyjnej rozkładu mas cząsteczkowych celulozy... W moim przekonaniu opis ten powinien znaleźć się w rozdziale poświęconym metodyce. W opisie wyników pracy podrozdział 5.2 poświęcono wynikom analiz ekstraktów techniką GC-MS. Doktorantka na 22 stronach przedstawiła wyniki swoich badań wykazując się znajomością trudnej techniki analitycznej. Jednakże zamieszczanie tak szerokiego opisu prac analitycznych nie wydaje się być posunięciem najwłaściwszym. W moim przekonaniu lepszym rozwiązaniem byłoby przedstawienie w tym miejscu jedynie wyniki analiz ilościowych i jakościowych zidentyfikowanych związków a cały proces dochodzenia do tych wyników zawrzeć w osobnej publikacji lub w aneksie załączonym do rozprawy.

Przedstawiony w rozdziale 5 opis prac eksperymentalnych polegających na ocenie wpływu różnych czynników na proces hydrolizy przedstawiono w sposób klarowny i przejrzysty, ukazując wpływ parametrów procesu na wydajność procesu hydrolizy enzymatycznej dla różnych enzymów. Spośród czynników zmiennych procesu hydrolizy doktorantka oceniła wpływ: pH, czasu i temperatury procesu, stężenia enzymów, wybranych składników ekstraktów oraz wybranych jonów metali. Uzyskane wyniki zostały skonfrontowane z danymi pochodzącymi z literatury.

Sposób omówienia wyników prac eksperymentalnych przez Doktorantkę nie budzi zastrzeżeń pod względem merytorycznym. Dyskusja uzyskanych wyników w trakcie prac eksperymentalnych z danymi uzyskanymi przez innych badaczy i zamieszczonymi w literaturze została przeprowadzona prawidłowo. Sposób przedstawienia wyników nie budzi zastrzeżeń, chociaż można by pokusić się o próbę podsumowania wyników zamieszczonych na rysunkach 52-65 w postaci tabelarycznej lub w postaci stabelaryzowanej lub w postaci wykresów przestrzennych, co poprawiłoby czytelność pracy.

Wnioski przedstawione w rozdziale 6 nie budzą zastrzeżeń pod względem merytorycznym. Osiem stwierdzeń i wniosków odpowiada na cel pracy nawiązując jednocześnie do tytułu rozprawy. Wnioski przedstawiają podsumowanie przeprowadzonych



prac eksperymentalnych i stanowią uszczegółowioną odpowiedź hipotezę badawczą opisaną poprzez sformułowany w rozdziale 3 cel i zakres pracy.

## Literatura

Zestawienie wykorzystanej literatury, zawierające 241 pozycji, zostało wykonane w sposób poprawny. Nie ustrzeżono się jednak szeregu uchybień:

- w pozycji 2 znajdujemy zakres stron publikacji z pozycji 1;
- publikacja z pozycji 25 powinna znaleźć się w pozycji 21 podobnie jak publikacja z pozycji 27 powinna być zamieszczona w pozycji 22
- publikacji Kłosowski i in. 2010, którą zacytowano na str. 14 brakuje w zestawieniu podobnie jak publikacji Klimiuk i in. 2012 ze strony 15;
- pozycja 165 zestawienia powinna znaleźć się pod pozycją 167,
- publikacji Sannigrahi i in. 2010 ze strony 74 brakuje w zestawieniu,
- pozycja 174 zestawienia powinna znaleźć się pod pozycją 179, podobnie jak pozycja 175 zestawienia, która powinna znaleźć się pod pozycją 180,
- publikacji van Dyk i Pretschke 2012 ze strony 32 brakuje w zestawieniu, podobnie jak publikacji Takahashi 2011 ze strony 72,
- pozycja 211 zestawienia powinna znaleźć się pod pozycją 209,
- publikacji Wang i in. 2017 ze strony 74 brakuje w zestawieniu podobnie jak publikacji Xu i in 2011 ze strony 74,
- pozycja 217 zestawienia powinna znaleźć się pod pozycją 212.

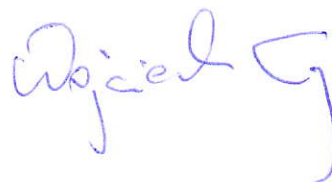
W wykazie norm i aktów prawnych pozycja 2 jest kopią pozycji 1. Z kolei wykazie odwołań do stron internetowych nie zaznaczony daty ostatniego wejścia na te strony..

## Podsumowanie

Przedstawioną do recenzji Rozprawę doktorską oceniam pozytywnie. Doktorantka udowodniła w niej, że potrafi wskazać istotny z punktu widzenia poznawczego problem badawczy, znaczący również w aspekcie ochrony klimatu (celem użytecznym prowadzonych badań mają być biokomponenty paliw płynnych); dokonała przeglądu i krytycznej oceny dostępnej wiedzy w tym zakresie; zaproponowała oryginalne rozwiązanie

tego problemu w oparciu o nowoczesny warsztat badawczy oraz instrumentalne metody analityczne. Wykazała się także bardzo dobrym opanowaniem nowoczesnych technik instrumentalnych i umiejętnością prowadzenia prac eksperymentalnych w zakresie działań zmierzających do otrzymywania biokomponentów paliw płynnych z surowca drzewnego pochodzącego z plantacji drzew szybkorosnących. Stwierdzone w pracy uchybienia mają głównie charakter redakcyjny i nie wpływają na moją ocenę pracy.

Reasumując stwierdza się, że rozprawa doktorska mgr. inż. Dominiki Szadkowskiej pod tytułem „Badanie wydajności procesów enzymatycznej hydrolizy holocelulozy pozyskanej z drewna topoli (*Populus alba* L.)” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003.65.595 wraz z późniejszymi zmianami). Wobec powyższego wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Dominiki Szadkowskiej do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Wojciech G', is located to the right of the main text block.