

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Pawła Stachowicza pt.:**

**„Produkcja i pozyskanie biomasy lignocelulozowej  
oraz wytwarzanie z niej peletu”**

**1. Wprowadzenie**

Niniejsza ocena została opracowana w odpowiedzi na pismo przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie prof. dr hab. Agnieszki Pszczółkowskiej z dnia 12 maja 2023 roku. Przedłożona rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzego Stolarskiego oraz w Przedsiębiorstwie Quercus sp. z o.o. z Pasymia pod kierunkiem promotora pomocniczego - dr inż. Waldemara Sieniawskiego w ramach III edycji programu „Doktorat Wdrożeniowy”, współfinansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

**2. Tytuł, forma i problematyka badawcza rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora**

Rozprawa doktorska mgr Pawła Stachowicza pt. „Produkcja i pozyskanie biomasy lignocelulozowej oraz wytwarzanie z niej peletu” stanowi zbiór czterech powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w języku angielskim w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Trzy publikacje współautorskie Kandydata i jego Promotora ukazały się w roku 2023 w czasopismach: Industrial Crops and Products (IF: 6.449, 200 pkt. MEiN) – 2 prace i Energies (IF: 3.252, 140 pkt. MEiN), zaś czwarta praca znajduje się na etapie recenzji w czasopiśmie Renewable Energy (IF: 8.634, 140 pkt. MEiN). Sądzę, że publikacja artykułów w tak krótkim czasie w wysoko punktowanych czasopismach naukowych stanowiła wyzwanie i zasługuje na szczególne podkreślenie. Doktorant jest pierwszym autorem trzech spośród czterech prac ocenianego cyklu z potwierdzonym indywidualnym wkładem na poziomie 40-65%. W mojej ocenie, wymienione przez Kandydata formy aktywności związane z powstaniem cyklu publikacji stanowiących rozprawę doktorską oraz zadeklarowany wkład autorski, pozwalają na weryfikację ogólnej wiedzy teoretycznej z zakresu dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr Pawła Stachowicza wpisuje się w priorytetowy nurt badań nad biomasą jako źródłem energii odnawialnej i dotyczy trzech wybranych wieloletnich roślin drzewiastych: robinii akacjowej, topoli i wierzby oraz możliwości użycia wytworzonej przez nie biomasy do produkcji peletu.

Obserwowany stały wzrost populacji ludzkiej a co za tym idzie zwiększająca się konsumpcja energii, stwarzają konieczność zaspokajania potrzeb w tym zakresie ze zmniejszającego się zasobu surowców nieodnawialnych. Jednakże paliwa kopalne nie będą w stanie zaspokoić popytu w dłuższej perspektywie, dlatego też poszukuje się alternatywnych źródeł energii opartych za zasobach odnawialnych. Obecnie jako surowiec energetyczny



wykorzystywana jest biomasa pochodząca głównie z lasów, przemysłu drzewnego i rolnictwa, w tym odpadów produkcyjnych oraz przemysłu spożywczego. Szczególnie pod tym względem przydatne są wieloletnie uprawy przemysłowe, w tym rośliny drzewiaste o krótkiej rotacji (jak np. wierzba, topola lub robinia akacjowa). Ich uprawa przez wiele lat, szczególnie na gruntach marginalnych, zdolność odrastania po każdym zbiorze, niskie zapotrzebowanie na składniki pokarmowe i zabiegi uprawowe prowadzą do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i zwiększenia akumulacji węgla w glebie. Do ich nawożenia stosuje się głównie nawozy mineralne lub organiczne (obornik, odpady z biogazowni lub osady ściekowe), stąd zbadanie efektów użycia specjalnych inokulacji mikoryzowych lub ligniny jako pozostałości poprodukcyjnej podczas wytwarzania papieru oceniam pozytywnie i wysoko.

Zdecydowaną część energii odnawialnej pozyskuje się poprzez wykorzystanie biomasy w procesie spalania. Jednakże biomasa drzewna, zarówno w formie pierwotnej, jak i w formie pozostałości poprodukcyjnych jest biopaliwem niejednorodnym. Dużo lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie, ułatwiającego logistykę i obsługę, standaryzowanego biopaliwa w formie peletu. W ostatnim czasie obserwuje się wzrost światowej produkcji peletu, produkowanego najczęściej z trocin i pozostałości po przerobieniu drewna leśnego. Jego ceny rosną, dlatego też warto podjąć badania nad poszukiwaniem nowych surowców do produkcji peletu m.in. z plantacji SRWC. Dlatego też interesującym było zbadanie przydatności biomasy robinii akacjowej, topoli i wierzby pozyskiwanych w krótkich rotacjach zbioru do produkcji peletu w mieszaninach z trocinami pochodzenia leśnego (sosna, brzoza), jak i określenie charakterystyki właściwości termofizycznych oraz chemicznych tak otrzymanego peletu. Całość dopełnia wykonanie obliczeń efektywności energetycznej i ekonomicznej całości działań związanych z jego produkcją. Tytuł rozprawy został sformułowany trafnie, a wybór jako przedmiotu badań ww. roślin wieloletnich uważam za istotny walor pracy. Wysoko oceniam także kompleksowe podejście do badań i ich obszerny zakres.

W świetle powyższych faktów podjęta przez mgr Pawła Stachowicza kompleksowe badania dotyczące zbadania potencjału plonowania i jego wartości energetycznej trzech wieloletnich roślin energetycznych pozyskiwanych w krótkich rotacjach zbioru w dłuższej, kilkunastoletniej perspektywie jako przydatnego dla środowiska źródła energii należy uznać za ważne i wysoce aktualne, szczególnie że zakończone zostały otrzymaniem produktu finalnego w postaci wytworzonego z nich peletu.

### **3. Formalna analiza rozprawy**

Prezentowana dysertacja składa się, jak już wspomniano wcześniej, z czterech powiązanych tematycznie, anglojęzycznych prac opublikowanych w 2023 roku w znaczących czasopiśmie naukowych o łącznej liczbie punktów 540 wg punktacji MNiSW zgodnie z rokiem wydania (z sumarycznym IF wynoszącym 16,15), co jest zgodne z art. 187 pkt 3. ustawy (Dz. U. 2022 poz. 574 ze zm.).

Artykuły stanowiące recenzowaną rozprawę są opracowaniami współautorskimi (2 autorów), przy czym w trzech Doktorant jest pierwszym autorem. Deklarowany wkład pracy Doktoranta w opracowaniach współautorskich wynosi 40-65%, co pokrywa się z zakresem i udziałem prac przedstawionych w oświadczeniach zamieszczonych w załącznikach. Wkład Doktoranta w powstanie publikacji polegał m.in. na: opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskaniu finansowania badań, dostarczeniu i utrzymywaniu części danych badawczych, wykonaniu części badań, opracowaniu wyników, analizie i walidacji danych, walidacji, wizualizacji, pisania manuskryptu oraz poprawionego tekstu po recenzjach a także każdorazowo przeprowadzeniu procesu jako autor korespondencyjny. Tym samym spełnia On jeden z warunków stawianych kandydatom na stopień doktora – opanowanie umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (zgodnie z art. 187 pkt 1. ustawy (Dz. U. 2022 poz. 574 ze zm.).



Rozprawa obejmuje 101 stron maszynopisu. Dołączone do niej zostały cztery oryginalne publikacje bazowe wraz z materiałami dodatkowymi zajmującymi dalsze 113 stron druku oraz dwie strony oświadczeń współautorów prac. Całość została podzielona na 9 głównych części, wyróżniając następujące rozdziały:

- Lista publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej oraz Streszczenie w języku polskim i angielskim - co jest zgodne z art. 187 pkt. 4 ustawy (Dz. U. 2022 poz. 574 ze zm.);
  - 1. Kilkustronicowe wprowadzenie, zawierające syntetyczną charakterystykę problematyki poszczególnych prac wchodzących w skład rozprawy;
  - 2. Określenie przedmiotu badań, hipotezy badawczej oraz celu rozprawy doktorskiej;
  - 3. Bogato ilustrowany rozdział: Materiał i metody podzielony na 7 podrozdziałów opisujących doświadczenia polowe i laboratoryjne, zakończony określeniem metodologii obliczeń statystycznych;
  - 4. Wyniki badań i dyskusja podzielone na dalszych 8 podrozdziałów;
  - 5. Wnioski;
  - 6. Powiązanie badań z działalnością przedsiębiorstwa;
  - 7. Literatura zawierająca 94 pozycje;
  - 8. Oświadczenia współautorów oraz
  - 9. Prezentacja cyklu 4. prac wchodzących w monotematyczny cykl – tj.:
- P1. Stolarski M.J., Stachowicz P. 2023. *Black locust, poplar or willow? Yield and energy value in three consecutive four-year harvest rotations*. *Industrial Crops and Products*, 193, 116197, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116197>. IF: 6.449; 200 pkt. MEiN
- P2. Stachowicz P., Stolarski M.J. 2023. *Thermophysical properties and elemental composition of black locust, poplar and willow biomass*. *Energies*, 16, 305. <https://doi.org/10.3390/en16010305>. IF: 3.252; 140 pkt. MEiN
- P3. Stachowicz P., Stolarski M.J. 2023. *Short rotation woody crops and forest biomass sawdust mixture pellet quality*. *Industrial Crops and Products*, 197, 116604, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116604>. IF: 6.449; 200 pkt. MEiN
- P4. Stachowicz P., Stolarski M.J. 2023. *Pellets from mixtures of short rotation woody crops with forest-derived biomass: Production costs and energy intensity*. Jak podaje Autor „tytuł czwartej publikacji to tytuł roboczy i może na ulec modyfikacji ze względu na ewentualne poprawki po uwagach i sugestjach recenzentów oraz edytora czasopisma, gdyż w momencie składania niniejszej rozprawy doktorskiej była ona na etapie recenzji w czasopiśmie *Renewable Energy* (IF: 8.634; 140 pkt. MEiN).

Bazę bibliograficzną rozprawy stanowią w przypadku pierwszej pracy – 55 pozycji, w drugiej – 40 pozycje, w trzeciej – 70 pozycji, zaś w pracy czwartej cyklu – 65 pozycji literaturowych, z których *gros* to pozycje anglojęzyczne, pod względem formalnym cytowane w sposób właściwy. Pozytywnie oceniam, że cytowana literatura pochodzi w większości z ostatnich dwóch dekad, jest ściśle związana z poruszonymi problemami badawczymi i stanowi doskonale kompendium wiedzy dla czytelnika.

Z formalnego punktu widzenia rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim.

#### 4. Merytoryczna analiza pracy

Metodyka wykonanych prac jest prawidłowa, wyniki badań są szczegółowo analizowane i dyskutowane, zarówno na tle bieżącej literatury krajowej, jak i zagranicznej, stąd wartość zaprezentowanych w rozprawie publikacji w mojej ocenie jest wysoka. Doktorant wykazał się dobrą znajomością literatury, którą umiejętnie wykorzystał w czasie planowania doświadczeń, opisywania wyników i prowadzenia dyskusji. Dyskusje w przedstawionych publikacjach są napisane właściwie i są wyznacznikiem dojrzałości naukowej Pana mgr Pawła Stachowicza. Podjęte przez mgr inż. Pawła Stachowicza badania



nad trzema gatunkami roślin drzewiastych o wysokim potencjale energetycznym (wierzba, topolą i robinia akacjową) oraz charakterystyką ich biomasy i otrzymanego z niej peletu, jak i możliwościami ich uprawy z zastosowaniem innowacyjnych metod wzbogacania gleby mają ogromne znaczenie, tak z naukowego, jak i poznawczego punktu widzenia.

Artykuły opublikowano w bieżącym roku zaś doświadczenia polowe w stacji doświadczalnej UWM prowadzono od 2010 do 2021 roku (przy czym zbiory biomasy badanych roślin energetycznych uwzględnione w dysertacji dotyczyły trzech kolejnych czteroletnich rotacji). Tak znaczący przedział czasowy świadczy, że Doktorant podjął się rozwiązania złożonego problemu opracowania technologii wzbogacania gleby, pozyskania i przetworzenia na pelet biomasy lignocelulozowej z wierzby, topoli i robinii. Należy podkreślić, że uczynił to z przemyśleniem i wizją badawczo-praktyczną.

W części opisowej dysertacji Autor przedłożył krótkie wprowadzenie w którym wprowadza czytelnika w zagadnienia światowej energetyki i na tym tle zarysowuje znaczenie wieloletnich roślin energetycznych dających biomasę w postaci drewna oraz charakteryzuje rynek standaryzowanego biopaliwa stałego – peletu. W dalszej kolejności przedstawia 3 problemy badawcze sformułowane w postaci pytań oraz 5 szczegółowych hipotez i 4 celów badawczych, które realizował podczas badań. W dalszej kolejności przedstawia metodykę przeprowadzonych badań, która podzielona została w logiczny sposób na część dotyczącą badań polowych, laboratoryjnych oraz produkcji peletu (łącznie z porównaniem do norm jakościowych) wraz z analizą kosztów i energochłonnością jego produkcji, zakończone analizami statystycznymi. Rozdział jest bogato ilustrowany, ułatwiając czytelnikowi poruszanie się w prezentowanej tematyce, a dodatkowe informacje nt. używanych metodyk znajdują się w odpowiednich manuskryptach na których bazuje niniejsza rozprawa.

W kolejnej części: Wyniki badań i dyskusja Autor umiejętnie sprawozdaje uzyskane rezultaty, zamieszczając krótki opis i ilustrację warunków meteorologicznych oraz wybiórcze tabele i rysunki przeniesione i opisane z publikacji bazowych, stanowiąc streszczenie badań opisanych w 4. artykułach na których praca doktorska została oparta. Autor starał się także odnieść do danych z literatury światowej.

Część opisowa kończy się dwunastoma niezwykle rozbudowanymi wnioskami, dotyczącymi zarówno charakterystyki termofizycznej i składu chemicznego biomasy badanych gatunków SRWC pod wpływem zastosowanych czynników eksperymentalnych, jak i badania potencjału wykorzystania ich biomasy w produkcji peletu. Myślę, że wnioski te z powodzeniem można byłoby skrócić i uogólnić. W obecnej formie wydają się streszczeniem badań. Warto byłoby usunąć także niezbyt fortunne sformułowania (np. wniosek 3 – Z punktu widzenia wilgotności i wartości opałowej biomasy... najbardziej korzystnymi z energetycznego punktu widzenia... charakteryzowała się robinia a najgorzej pod tym względem wypadła topola). Wydaje się także, że zawartość wniosku 5 powinna zostać przeniesiona do rozdziału 6. Dodatkowo zawarto w niej rozdział opisujący powiązanie badań z działalnością firmy Quercus sp. z o.o., dzięki czemu możliwa będzie optymalizacja pozyskiwania surowców do produkcji biopaliwa stałego z lokalnych źródeł, kosztów logistyki oraz wyprodukowanie dobrego jakościowo peletu, stwarzając firmie możliwość uzyskania przewagi na rynku paliwowo-energetycznym.

Pierwsza praca z cyklu pt. „*Black locust, poplar or willow? Yield and energy value in three consecutive four-year harvest rotations*” przedstawia dwunastoletnie wyniki badań, których przedmiotem było określenie wpływu gatunku, sposobu wzbogacania gleby i rotacji na cechy morfologiczne, przeżycie, plon i wartość energetyczną otrzymanej biomasy.

Badania potwierdziły, że zastosowanie ośmiu sposobów wzbogacania gleby w postaci jednokrotnego zastosowania ligniny – tj. pozostałości po produkcji wyrobów papierniczych



lub szczepionki mikoryzowej oraz aplikowanego trzykrotnie nawożenia mineralnego modyfikuje produktywność roślin energetycznych i jakość uzyskiwanej biomasy. Spośród porównywanych trzech gatunków, topolę cechowały najwyższe plony suchej masy ( $9,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ ), natomiast w przypadku wierzby i robinii były średnio odpowiednio o 6,5% i aż niemal o połowę niższe. Najwyższy plon biomasy uzyskano po zastosowaniu ligniny i nawożenia mineralnego. Przy czym porównując plony i ich wartość energetyczną stwierdzono, że niezależnie od gatunku SRWC, zwiększały się one podczas kolejnych czteroletnich rotacji (szczególnie u robinii, która charakteryzowała się największą wartością opałową). Spośród wszystkich badanych gatunków SRWC najwyższą całkowitą produkcję biomasy i najwyższą wartość energetyczną plonu uzyskano w 12-letnim okresie eksperymentu dla wierzby po wzbogaceniu gleby łącznie w ligninę, inokulacji mikoryzowej i z nawożeniem mineralnym. Natomiast u topoli i robinii najwyższe plony biomasy uzyskano w obiektach, na których zastosowano ligninę i nawożenie mineralne.

Zgodnie z logicznym ciągiem i konsekwencją prowadzonych badań i rozwiązywanych problemów badawczych w kolejnych opracowaniach Doktorant przeanalizował wpływ stosowanych agrotechnologii badanych wieloletnich gatunków roślin energetycznych na jakość ich biomasy i przydatność do produkcji peletu a następnie wyliczył koszty, energochłonność i efektywność produkcji peletu. Druga praca z cyklu zatytułowana *"Thermophysical properties and elemental composition of black locust, poplar and willow biomass"* dotyczy określenia właściwości termofizycznych i składu elementarnego biomasy trzech analizowanych gatunków SRWC. Stwierdzono, że największy wpływ na zmiany wilgotności biomasy, zawartości popiołu, jej wartości opałowej i zawartości azotu i siarki miał gatunek SRWC, podczas gdy rotacja zbioru w największym stopniu modyfikowała zawartość węgla, wodoru i chloru, zaś zastosowane sposoby wzbogacania gleby modyfikowały w dużo mniejszym zakresie zawartość substancji lotnych i węgla. Dendromasa robinii charakteryzowała się niższą wilgotnością i zawartością węgla i najwyższą wartością opałową, lecz jednocześnie niekorzystnym z punktu widzenia energetyki składem (najwyższą zawartością S, N i Cl). Natomiast biomasa topoli charakteryzowała się najwyższym ciepłem spalania i wilgotnością, zawartością węgla i popiołu. W przypadku wierzby obserwowano największą zawartość substancji lotnych, średnią wilgotność i najniższą zawartość popiołu, N i Cl. Przy czym myślę, że Autor powinien unikać wyliczania procentów z wartości podawanych w tych samych jednostkach – m.in. w pracy (np. na str. 49), czy w artykule zamieszczonym w czasopiśmie *Energies* (na str. 4). W kolejnych czteroletnich rotacjach zbioru notowano zmniejszanie się wilgotności, zawartości popiołu, azotu i wartości opałowej i zwiększenie ciepła spalania. Zastosowanie ligniny do wzbogacania gleby spowodowało zwiększenie zawartości azotu i substancji lotnych i węgla, zaś inokulacja mikoryzowa wiązała się ze zwiększeniem zawartości popiołu, chloru i wodoru, natomiast w obiektach z zastosowaniem nawożenia mineralnego notowano większą zawartość S, popiołu i ciepło spalania biomasy SRWC.

W trzeciej pracy zatytułowanej *„Short rotation woody crops and forest biomass sawdust mixture pellet quality”* Doktorant określił właściwości termofizyczne i skład pierwiastkowy peletu wyprodukowanego z drewna leśnego (sosna, brzoza) i biomasy trzech badanych gatunków SRWC oraz z ich mieszanin (łącznie 23 rodzaje) oraz porównał je z parametrami zawartymi w dostępnych normach klasyfikujących to biopaliwo stałe.

Największymi wymiarami charakteryzował się pelet wierzbowy, średnie wartości tej cechy obserwowano w przypadku mieszaniny biomasy rolniczej i leśnej, najkrótszy zaś, lecz o największej wytrzymałości mechanicznej i największym ciepłe spalania był pelet sosnowy. Należy zaznaczyć, że zastosowanie peletu sosnowego w mieszaninach podnosiło wytrzymałość mechaniczną produktu i zmniejszało udział frakcji drobnej. Minimalna gęstość nasypowa, wymiary, wilgotność oraz ciepło spalania i wartość opałowa a także zawartość siarki wszystkich rodzajów peletu spełniały warunki określone w normach jakościowych, choć użycie brzozy lub zwiększenie udziału biomasy rolniczej SRWC wpływało na



zwiększenie gęstości nasypowej i ciepła spalania oraz zmniejszenie wartości opałowej. Największą zawartość popiołu, siarki, chloru i azotu stwierdzono w biomase robinii, natomiast najwięcej węgla a zarazem najmniej azotu, chloru i siarki zawierał pelet sosnowy. Jakość peletów otrzymanych z mieszanin dwóch badanych rodzajów biomasy (leśnej i rolniczej) zmniejszała się wraz ze wzrostem ilości biomasy SRWC w stosunku do leśnej, głównie z powodu zwiększenia zawartości popiołu, azotu, siarki i chloru. Trzy rodzaje peletów: otrzymane z sosny zwyczajnej i uzyskane z mieszaniny 75% biomasy sosny i 25% wierzby lub topoli spełniały kryteria najbardziej restrykcyjnych klasyfikacji jakościowych dla peletu (tj. A1 wg ISO, Grade 1 wg KFRI).

Badania potwierdziły, że zastosowanie odpadowych trocin drzew leśnych do produkcji peletu wiązało się z niższymi kosztami i nakładami energetycznymi w stosunku do biomasy rolniczej SRWC. Tym nie mniej jej użycie pozwala to na urozmaicenie i uzupełnienie składu surowcowego podczas produkcji tego biopaliwa stałego. W ostatniej pracy z cyklu pt. *„Pellets from mixtures of short rotation woody crops with forest-derived biomass: Production costs and energy intensity.”* Doktorant dokonał porównania kosztocłonności i efektywności produkcji dokonując uproszczonej analizy ekonomicznej dla badanych rodzajów biomasy rolniczej i leśnej wykorzystywanej samodzielnie lub w mieszaninach w procesie otrzymywania peletu. Tę część opracowania oceniam niezwykle wysoko, jest podsumowaniem i uwieńczeniem badań, ze szczególnym uwzględnieniem ich aspektu praktycznego. Wykazano, że biomasa rolnicza SRWC wierzby, topoli i robinii akacjowej może być z powodzeniem wykorzystana jako surowiec do produkcji peletu. Jednakże koszty i energochłonność produkcji są zwykle wyższe w porównaniu do peletu z odpadowej biomasy pochodzenia leśnego. Stwierdzono, że najwyższe koszty stanowił zakup surowców (ponad 50%), natomiast pozostałe wyodrębnione pozycje (np. koszt transportu, rozdrabnianie, suszenie i peletyzacja surowców) charakteryzowały się znaczną zmiennością. Całkowite nakłady energetyczne produkcji wynosiły średnio 1843,2 kWh Mg<sup>-1</sup>, a najistotniejszym elementem w strukturze nakładów całkowitych było suszenie surowców, które pochłaniało średnio 1441,0 kWh Mg<sup>-1</sup>. Najniższe koszty (339,7 € Mg<sup>-1</sup>) i nakłady energetyczne (1448 kWh Mg<sup>-1</sup>) produkcji peletu stwierdzono w przypadku trocin sosny. Były one odpowiednio o 5-8,5% i 48-53% wyższe w przypadku biomasy rolniczej SRWC. Również wskaźnik efektywności energetycznej produkcji peletu z trocin drzew leśnych był wyższy w stosunku do biomasy SRWC. Dlatego też dodanie min. 25% biomasy wierzby lub topoli do tanich trocin sosnowych może być dobrym sposobem uszlachetniania peletu z biomasy i rozszerzenia oferty surowca na rynku (szczególnie w sytuacji niedoboru trocin pochodzenia leśnego). Jednakże zwiększanie udziału biomasy SRWC w stosunku do trocin sosny i brzozy wiąże się ze zwiększeniem kosztów i energochłonności oraz spadkiem efektywności energetycznej produkcji peletów z tych mieszanin.

Artykuły naukowe wchodzące w skład pracy doktorskiej nie budzą zastrzeżeń, a wyniki tych prac podlegały wcześniej ocenie przez wysokiej klasy specjalistów, recenzentów i wydawców. Z tego powodu nie czuję się zobowiązana, żeby dodatkowo je oceniać.

Podsumowując, były to wszechstronne badania mające zarówno aspekt poznawczy, jak i praktyczny, bowiem ich efekty można bezpośrednio wdrożyć w praktyce rolniczej. Po analizie tekstu rozprawy doktorskiej stwierdzam, iż Autor zaprezentował wysoki poziom wiedzy, umiejętność trafnego rozumowania oraz opracowania i prezentacji wyników badań. Jest to bardzo wartościowe studium naukowe wnoszące nowe informacje do poznania „od pola do stołu” wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie i przydatność do produkcji peletu biomasy rolniczej trzech gatunków SRWC oraz w mieszaninach z najczęściej wykorzystywanymi w tym celu trocinami drzew leśnych. Należy także podkreślić umiejętność i swobodę korzystania z literatury naukowej i estetykę pracy.

## 5. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę rangę uzyskanych wyników, poziom naukowy rozprawy doktorskiej, jak również dojrzałość naukową Doktoranta, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Pawła Stachowicza spełnia kryteria określone w art. 187 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574 ze zm.). Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi dotyczącymi szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich, składam formalny wniosek do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o jej przyjęcie i dopuszczenie mgr Pawła Stachowicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie ze względu na kompleksowość i szeroki zakres badań nad efektywnością energetyczną trzech ważnych gatunków wieloletnich roślin energetycznych oraz wyprodukowanego z ich biomasy peletu, mający, co niezwykle ważne, aspekt ekonomiczny, wnoszę o wyróżnienie pracy stosowną nagrodą.

Lublin, 19.06.2023 r.

  
Prof. dr hab. Barbara Kołodziej