

Łódź dnia 20 grudnia 2024 r.

Dr hab. inż. Maciej Boguń

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny

Centrum Włókiennictwa, Obuwia i Bioprocessów

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Karoliny Chmielewskiej - Pruskiej

pt. *„Badanie kompozycji z poliestrów pochodzenia biologicznego w projektowaniu biodegradowalnych materiałów inżynierskich dla rolnictwa”*

Promotor pracy: dr hab. Michał Puchalski, prof. Uczelni

Podstawa prawna wykonania recenzji: na podstawie uchwały nr 2/2/2024-2028 Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Łódzkiej z dnia 17 października 2024 r.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) została oceniona w aspekcie: oryginalności rozwiązania problemu naukowego, posiadania ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynierii materiałowej i umiejętności prowadzenia samodzielnej pracy naukowej przez Doktorantkę.

1. Problem badawczy będący przedmiotem dysertacji oraz ocena jego znaczenia dla rozwoju nauki i gospodarki

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Karoliny Chmielewskiej-Pruskiej dotyczy zagadnień związanych z opracowaniem różnego typu kompozycji polimerowych i wykorzystanie ich do otrzymania materiałów włókienniczych o potencjalnym zastosowaniu w agrotechnice. Podstawowym założeniem realizowanej pracy było wykorzystanie biodegradowalnych i/lub kompostowalnych poliestrów do otrzymania włókien ochronnych oraz doniczek stosowanych w uprawie warzyw. Niniejsza tematyka badawcza wpisuje się w nurt badań naukowych oraz aplikacyjnych realizowanych i kontynuowanych od lat na Wydziale Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów, a przede wszystkim w dawnej Katedrze Materiałoznawstwa, Towaroznawstwa i Metrologii Włókienniczej (obecnie Instytucie Włókiennictwa) Politechniki Łódzkiej. Przejawem tej działalności były realizowane w ostatnich dwóch dekadach projekty badawcze w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Dzisiejszy rozwój rolnictwa, jako jednego z głównych sektorów gospodarki ukierunkowany jest przede wszystkim na zapewnieniu wysokich plonów

i opłacalności produkcji, ale także zrównoważonego podejścia do produkcji rolnej. Tak więc istotne w tym przypadku jest takie gospodarowanie, które będzie chroniło środowisko naturalne oraz w jak najlepszym stopniu wykorzystywało zasoby nieodnawialne. Należy jednak zwrócić uwagę, iż w celu zapewnienia wysokich plodów rolnych adoptowane do produkcji rolnej są różnego typu rozwiązania mające zapewnić intensyfikację produkcji i jej opłacalność. W chwili obecnej sektor rolniczy wykorzystuje wiele rozwiązań z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych, które wykorzystywane są zarówno w produkcji rolnej, jak także w przechowywaniu produktów rolnych. Duży udział w rynku tego typu produktów mają rozwiązania oparte na polimerach, które nie ulegają biodegradacji, czy kompostowaniu, m.in.: polietylen (PE), polipropylen (PP), poli(chlorek winylu) (PCV), poli(tereftalan etylenu) (PET), polistyren (PS), poliuretany (PU). W przypadku stosowania tych polimerów w opakowaniach produktów rolnych istnieje możliwość dość łatwej segregacji i dalszego ich recyklingu. Natomiast wykorzystanie ich w materiałach stosowanych bezpośrednio przy produkcji rolnej proces recyklingu jest ograniczony ze względu na różnego typu zanieczyszczenia materiałów. Produkty rozpadu tych materiałów trafiają bezpośrednio do środowiska, stając się źródłem zanieczyszczeń o rozmiarach makro-, mikro- oraz nanometrycznych. Z punktu widzenia zastosowań materiałów polimerowych w rolnictwie można wyróżnić m.in. szeroką grupę agrotekstyliów, folie oraz różnego typu „otoczki” nasion i nawozów. Materiały te stanowią w większości produkty zużywane w cyklu sezonowym, a następnie stają się źródłem odpadów. Dlatego też istotne jest zrównoważone podejście do rolnictwa, tak aby zminimalizować negatywne skutki intensywnej produkcji rolnej na środowisko naturalne. Doktorantka dokonała przeglądu literatury związanej zarówno z wykorzystaniem agrotekstyliów, jak i różnego typu rozwiązań materiałowych bazujących na polimerach pochodzących ze źródeł odnawialnych oraz nieodnawialnych wykazując konieczność prowadzenia pogłębionych badań związanych z opracowywaniem nowych materiałów dla rolnictwa. Dobór tematyki badawczej należy uznać za prawidłowy, biorąc pod uwagę, iż wpisuje się on w trendy światowych prac naukowych oraz aplikacyjnych prowadzone przez liczne jednostki naukowe i przedsiębiorstwa. W literaturze przedmiotu znajdują się prace poświęcone analizie różnych kompozycji polimerowych, badań ich przerobowości oraz oceny ich właściwości w całym cyklu życia. Jednakże problematyka ta jest szeroka, iż pozostawia dużą przestrzeń dla prowadzenia dalszych badań zarówno w kontekście naukowym, jak i aplikacyjnym. W części teoretycznej Doktorantka przedstawiła złożoność problematyki z punktu widzenia różnych rozwiązań materiałowych bazujących na agrotekstyliach wykorzystywanych w rolnictwie. Wykorzystanie różnych technologii do wytwarzania materiałów polimerowych wiąże się z odpowiednim przygotowaniem surowca oraz właściwym doбором parametrów technologicznych, co z kolei wpływać będzie na właściwości finalne materiałów w całym cyklu ich użytkowania. Autorka dysertacji przedstawiła w pracy możliwość wytwarzania włókien na bazie BioPBS metodą pneumatyczną oraz wykorzystanie tej metody do wytwarzania doniczek rozsadowych z różnych kompozycji polimerowych. Dla uzyskanych doniczek rozsadowych dokonała oceny ich biodegradacji stosując różne warunki procesu. Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-Pruska w wyniku realizacji tych prac określiła zachodzące zmiany w budowie nadcząsteczkowej polimerów/kompozycji polimerowych. Stanowi to niewątpliwie wartość dodaną do poszerzenia wiedzy w zakresie projektowania materiałów polimerowych do zastosowań w rolnictwie.

Reasumując, Doktorantka poprzez przeprowadzenie przeglądu aktualnego stanu wiedzy dokonała wyboru oryginalnego oraz istotnego z punktu widzenia rozwoju nauki i gospodarki problemu badawczego. Zaproponowana metodyka badawcza oraz uzyskane wyniki badań przyczyniły się niewątpliwie do rozwoju inżynierii materiałowej i włókiennictwa w zakresie wykorzystania kompozycji polimerowych na bazie „biopoliestrów” w wytwarzaniu materiałów włókninowych przeznaczonych do różnych zastosowań w rolnictwie.

2. Poprawność zdefiniowania celu i tez badawczych oraz ocena ich weryfikacji

Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-Pruska w dysertacji postawiła główny cel oraz dwie tezy badawcze. Głównym celem pracy było „opracowanie biodegradowalnych materiałów inżynierskich na bazie poliestrów alifatycznych o potencjalnym zastosowaniu w rolnictwie i ogrodnictwie”. Realizację niniejszego celu Doktorantka realizowała poprzez przeprowadzenie następujących działań, a mianowicie: opracowanie nowatorskich kompozycji biotworzywowych na bazie BioPBS oraz na ich bazie wytworzenie doniczek rozsadowych o czasie biodegradacji w warunkach aplikacji krótszym niż zbiory plonów rolnych. Dodatkowo dla celów realizacji pracy przyjęte zostały dwie tezy badawcze. Pierwsza z tez dotyczyła procesu wytwarzania włóknin, zakładała ona, iż proces formowania włóknin metodą pneumatyczną z dobranego odpowiednio składu kompozycji polimerowej pozwala na uzyskanie materiałów stosowanych w rolnictwie i ogrodnictwie. Druga z tez zakładała, iż procesy degradacji „...są uwarunkowane zmianami struktury nadcząsteczkowej prowadzącymi do powstania trudniej degradowalnych krystalitów, które w postaci mikroplastiku są rozkładane w środowisku naturalnym”. Przyjęty cel główny oraz pierwsza z tez badawczych zostały sprecyzowane w sposób właściwy. Natomiast zdaniem recenzenta dla drugiej z tez Autorka przyjęła zbyt duże uproszczenie/skrót myślowy, gdyż proces degradacji uzależniony jest od wcześniej wytworzonej struktury nadcząsteczkowej. Natomiast sam proces degradacji nie prowadzi do powstania samoistnych trudniej degradowanych krystalitów, tylko jest wynikiem wcześniejszej degradacji fazy amorficznej oraz mezomorficznej tworzywa. Jednocześnie uznanie tych krystalitów jako „mikroplastiku” jest niezasadne w odczuciu recenzenta, bowiem problem mikroplastiku jest związany głównie z innego typu rodzajami tworzyw sztucznych, a zaproponowane w pracy składowe kompozycji dotyczą polimerów biodegradowalnych/kompostowalnych. W związku z tak sprecyzowanym celem głównym oraz tezami pracy Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-Pruska założyła realizację celów szczegółowych, do których należało: opracowanie warunków technologicznych włóknin i doniczek, analiza właściwości strukturalnych i mechanicznych wytworzonych materiałów, ocena zdolności do biodegradacji opracowanych materiałów oraz analiza efektów biodegradacji i kinetyki procesu. Do osiągnięcia celu głównego i udowodnienia tez badawczych Doktorantka zastosowała urządzenie do formowania włóknin metodą pneumatyczną oraz odpowiednie metody badawcze, w tym także dokonała analizy efektów biodegradacji przeprowadzonej w warunkach rzeczywistych.

Podsumowując, całościowo pozytywnie oceniam niniejszą rozprawę doktorską od strony postawionego celu głównego i celów szczegółowych oraz tez badawczych. Przedstawiony cel główny jest bezpośrednio związany z tematem pracy. Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-

Pruska wykazała się umiejętnościami prawidłowego wyznaczenia celów szczegółowych i realizacji badań, które umożliwiły osiągnięcie celu głównego i weryfikację postawionych tez badawczych.

3. Ocena struktury i zakresu rozprawy doktorskiej oraz prezentacji wyników badań

Układ przedstawionej do recenzji dysertacji jest typowy dla rozpraw doktorskich w dziedzinie nauk inżynierskich i technicznych. Praca liczy łącznie 195 stron i została podzielona na główne składowe obejmujące: wstęp teoretyczny, cel i tezy pracy, część doświadczalną oraz wnioski końcowe. Dodatkowo całość pracy została uzupełniona o spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, bibliografię, wykaz używanych skrótów oraz spis rysunków i tabel. Ponadto zostały zamieszczone informacje dotyczące dorobku naukowego Doktorantki. Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-Pruska główną część swojej dysertacji rozpoczyna od części teoretycznej. W pierwszym rozdziale dokonuje przeglądu materiałów polimerowych stosowanych w rolnictwie i ogrodnictwie. Całość rozdziału obejmuje opis takich materiałów jak folie i włókniny do ściółkowania; doniczki i tace rozsadowe; sznurki i siatki; otoczki nasion i systemy kontrolowanego uwalniania agrochemikaliów; pokrycia uprawowe, okrywy sianokiszzonek. Doktorantka charakteryzuje poszczególne grupy produktowe odnosząc się zarówno do stosowanych do ich wytwarzania surowców, jak także funkcji, które spełniają. Należy zwrócić uwagę, iż zarówno w niniejszych rozdziałach, jak także w dalszej części pracy Autorka opisuje zastosowania w rolnictwie i ogrodnictwie. Zdaniem recenzenta tego typu rozdzielanie jest dość sztuczne, gdyż rolnictwo jako szeroka dziedzina nauki i gospodarki uwzględnia także w swojej klasyfikacji ogrodnictwo. *Podrozdział 1.1.2* przedstawia informacje na temat folii wykorzystywanych do ściółkowania. Czytelnik ma okazję zapoznać się zarówno z ideą stosowania tego typu materiałów, jak także podstawowymi informacjami na temat wykorzystywanych do ich produkcji polimerami. Równocześnie zostały w tym rozdziale zawarte informacje na temat prowadzonych przez inne zespoły naukowców badań w zakresie wykorzystania tego typu materiałów w uprawie roślin. Niemniej jednak na *stronie 18* Autorka pisze „jednym z najpopularniejszych materiałów nieorganicznych są folie do ściółkowania” jest to błędne stwierdzenie, gdyż w dużej mierze asortyment ten stanowią folie polietylenowe. Równocześnie w przypadku wymieniania zalet stosowania ściółki na bazie PLA, czy PBS stwierdza ich „zwiększoną wydajność rolniczą” (*stronie 20*). Niniejsze stwierdzenie jest dość nieprecyzyjne i powinno być wyjaśnione, gdyż może odnosić się bezpośrednio do osiąganych plodów rolnych np. w przeliczeniu na hektar, jak także w szerszym rozumieniu do wydajności rolnictwa, która zależy m.in. od żyzności gleby. W dalszym opisie produktów stosowanych w rolnictwie Doktorantka charakteryzuje grupę związaną z doniczkami oraz tacami stosowanymi w rozsadach. Podobnie jak dla poprzedniej grupy czytelnik uzyskuje informacje na temat stosowanych polimerów, funkcji, czy realizowanych badań dla tych produktów. *Podrozdział 1.1.4* związany jest z charakterystyką stosowanych w rolnictwie sznurków i siatek dzianych. Przedstawione zostały z jednej strony funkcje wspierające uprawę chociażby roślin pnących (sznurki), czy funkcje zabezpieczające uprawy przed szkodnikami lub anomaliami pogodowymi (agrotekstyliami – siatki dziane). W rozdziale tym zawarte zostały także informacje

na temat tkanych wyrobów, które stosowane są chociażby w procesie przechowywania plodów rolnych. W kolejnym podrozdziale Autorka przedstawia podstawowe informacje na temat różnego typu osłonek dla nasion, czy kontrolowanego uwalniania nawozów stosowanych w formie nanokompozytów. Wyjaśnienia w tym przypadku wymaga stwierdzenie, iż powłoki nasienne mogą poprawiać dokładność sadzenia, jest to dość duży skrót myślowy. W dzisiejszych uprawach jest możliwość wykorzystania różnego typu biodegradowalnych taśm z nasionami, jednakże sama otoczka nie zapewnia dokładności sadzenia. *Podrozdział 1.1.6* stanowi przedstawienie informacji na temat materiałów ochronnych oraz materiałów stosowanych przy wytwarzaniu kiszonek dla zwierząt. Dość nieprecyzyjnie Autorka przedstawia informacje na temat barwy stosowanych folii w tego typu rozwiązaniach podając, iż powinny być białe lub w jasnych barwach, co ma się w sprzeczności z produktami przedstawionymi na *rysunku 7*. Kolejne *podrozdziały (1.1.7 oraz 1.1.8)* stanowią w głównej mierze istotę i konieczność prowadzonych badań realizowanych w niniejszej rozprawie doktorskiej. Autorka przedstawia w tym przypadku informacje na temat recyklingu materiałów polimerowych w rolnictwie oraz zrównoważonego rolnictwa. Pokazane w tych rozdziałach pracy dane świadczą jednoznacznie, iż obecne rolnictwo wymaga stosowania odpowiednich materiałów, które z jednej strony zapewnią uzyskanie wysokich plonów, ale nie będą stanowiły zagrożenia dla środowiska naturalnego z punktu widzenia zarówno zjawisk zachodzących w glebie, jak także generowania dużej ilości trudnych do zagospodarowania odpadów. Niestety w tym przypadku konieczne jest opracowywanie nowych materiałów, które będą konkurencyjne pod względem cenowym do obecnie stosowanych chociażby poliolefin oraz zwiększenie świadomości wśród rolników w aspekcie gospodarki odpadowej *Rozdział 1.2* Autorka poświęca poliestrom, w którym przedstawia podział na poliestry alifatyczne, alifatyczno-aromatyczne, czy biopoliestry. W poszczególnych podrozdziałach zostały zawarte informacje związane z poszczególnymi grupami poliestrów. Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-Pruska opisuje zarówno warunki otrzymywania, właściwości poszczególnych poliestrów, które zostały wykorzystane w części eksperymentalnej pracy. Czytelnik w dużej mierze uzyskuje szczegółowe, precyzyjne informacje na temat poszczególnych polimerów. Niemniej jednak pojawiają się również mało precyzyjne stwierdzenia, które mogą wprowadzać czytelnika w błąd, np. „niektóre mechanizmy degradacji mogą być niedostępne w nieodpowiednich warunkach” (*strona 47*), „niska odporność na topnienie” (*strona 49*), „kapsuły do nawozów” (*strona 53*). Część eksperymentalna dysertacji poprzedzona została prezentacją głównego celu i celów szczegółowych oraz tezy pracy (*rozdział 2*). Opinia na temat wyznaczonego celu, tezy badawczych została przedstawiona we wcześniejszej części niniejszej recenzji. W *rozdziale 3.1* Doktorantka przedstawia opis związany z wytwarzaniem włóknin metodą pneumatyczną oraz metod badawczych stosowanych do weryfikacji postawionych w pracy tezy oraz osiągnięcia celu głównego. Większość opisów zawartych w tych podrozdziałach nie budzi zastrzeżeń. Jednakże warto byłoby w tym przypadku podać wyjaśnienie celowości przeprowadzonych badań indeksu płynięcia (MFI), czy szczegółowo odnieść się do wytypowanych warunków badań degradacji hydrolitycznej, przede wszystkim wyjaśnienie zasadności stosowania wilgotności 95% w kontekście przedstawienia na *rysunku 29* pojemników z roztworami wykorzystywanymi do degradacji hydrolitycznej. *Rozdział* prezentujący wyniki badań struktury i właściwości fizycznych włóknin wytworzonych metodą pneumatyczną z BioPBS Autorka rozpoczyna od uzasadnienia

wyboru technologii do wytwarzania biodegradowalnych materiałów do ściółkowania i doniczek rozsadowych. Niniejsze uzasadnienie bez porównania wydajności technologii „spun-bond” i „melt-blown” oraz analizy właściwości uzyskanych materiałów pod względem ich finalnego wykorzystania zdaniem recenzenta jest mało przekonujące. W kolejnym *podrozdziale 3.2.2* zostały przedstawione warunki wytwarzania włókien pneumatycznych z BioPBS wraz z analizą organoleptyczną struktury włókien. Jednakże rysunek nr 36 jest mało czytelny i nie wskazuje na różnice w strukturze włókien. Ocenę mikrostruktury włókien dokonano przy użyciu elektronicznej mikroskopii skaningowej, dokonując także pomiaru średnic/grubości włókien elementarnych (nie przedstawiono przekroju poprzecznego włókna). Opisując mikrostrukturę Doktorantka błędnie użyła określenia „puszysta” w kontekście włókien otrzymanych metodą melt-blown, gdyż określenie włókien puszystych odnosi się do nomenklatury włókien uzyskiwanych zupełnie inną metodą formowania runa. W kolejnych rozdziałach Pani mgr inż. Karolina Chmielewska – Pruska dokonuje analizy właściwości powierzchniowych włókien oraz właściwości fizycznych. Wyniki przedstawiono w formie czytelnych wykresów. W przypadku *rysunku 39* błędnie została podana jednostka chropowatości. Analizując wzrost przepuszczalności powietrza Doktorantka odnosi się do orientacji włókien we włókninie, gdzie w tym przypadku nie wyznaczano tego parametru, ta sama uwaga dotyczy analizy porowatości. W podsumowaniu tej części pracy Autorka odnosi się do przeprowadzonych analiz struktury i właściwości uzyskanych włókien. Dobrze byłoby w tym przypadku dla uzasadnienia stwierdzenia „Otrzymane włókieniny z BioPBS pod względem właściwości fizycznych znacznie różnią się od włókien wytworzonych z konwencjonalnych polimerów” podać przykładowe zestawienie tych właściwości. *Rozdział 3.3* związany jest ze szczegółową analizą struktury i właściwości otrzymanych doniczek rozsadowych z różnych kompozycji polimerowych. Sam tytuł tego rozdziału został błędnie przedstawiony poprzez użycie słowa „porównania”, gdyż w tym przypadku należało użyć sformułowania „analiza porównawcza”. W *podrozdziale 3.3.2* Doktorantka przedstawia w tabeli charakterystykę użytych biopolimerów, które użyła do wytwarzania kompozycji polimerowych. W tym samym rozdziale w formie tabeli zostały przedstawione warunki formowania włókien (*tabela 13*) oraz ich właściwości (*tabela 14*). Kolejny podrozdział stanowi analiza makroskopowa i mikroskopowa degradacji doniczek. Pani mgr inż. Karolina Chmielewska-Pruska dokonała właściwych zestawień i porównań, które umożliwiają czytelnikowi łatwą analizę zmian zachodzących podczas degradacji prowadzonej w różnych warunkach. W *podrozdziale 3.3.4* Doktorantka dokonała analizy kinetyki utraty masy przez materiały podczas procesu degradacji, co zostało przedstawione na wykresach oraz w tabeli. *Podrozdziały 3.3.5 i 3.3.6* stanowią szczegółową analizę zmian w budowie nadcząsteczkowej i właściwościach termicznych zachodzących podczas degradacji w różnych warunkach. Wyniki badań przedstawione w formie licznych wykresów, dyfraktogramów, krzywych DSC, czy tabel dają możliwość łatwej interpretacji uzyskanych wyników i uwypuklają poszczególne współzależności. Proces degradacji, a przede wszystkim jego produkty w sposób znaczący uniemożliwiły przeprowadzenie wnikliwej analizy właściwości mechanicznych (*podrozdział 3.3.7*). Jednakże Doktorantce udało się przeprowadzić w tym zakresie badania wytrzymałości na rozciąganie wraz z analizą wydłużenia przy zerwaniu dla próbek poddanych degradacji w glebie. Uzupełnieniem badań realizowanych w tej części pracy niewątpliwie mogłaby być analiza zmian budowy chemicznej, która najprawdopodobniej umożliwiłaby

określenie zmian zachodzących w samych kompozycjach polimerowych podczas degradacji i byłaby pomocna dla dokonanej analizy struktury nadcząsteczkowej oraz badań zmian właściwości termicznych. Dla całości badań realizowanych w tym rozdziale Doktorantka przedstawia podsumowanie, w którym zawiera najistotniejsze informacje z przeprowadzonych badań eksperymentalnych. Niemniej jednak w tym rozdziale znajdują się pewne nadinterpretacje dotyczące zmian stopnia krystaliczności odnoszące się do degradacji enzymatycznej, która nie była przedmiotem niniejszej pracy doktorskiej, również stwierdzenie, że „Analiza SEM potwierdziła, że szybkość degradacji próbek zależy ściśle od warunków formowania oraz kompozycji biopoliestrowej, z której wykonana jest doniczka” jest dyskusyjne. Końcowy element pracy stanowią wnioski przedstawione w *rozdziale 4*. Doktorantka podzieliła ich prezentację ze względu na zakres prowadzonych badań. Korelują one bezpośrednio z uzyskanymi wynikami badań.

Podsumowując, dysertację pod względem jej zakresu oceniam jako poprawną. Podział pracy jest typowy dla rozpraw doktorskich z dziedziny nauk technicznych. Doktorantka nie ustrzegła się jednak błędów redaktorskich, na które powinna zwrócić uwagę przy dalszym publikowaniu wyników pracy. W rozprawie doktorskiej Autorka stosuje skróty myślowe, które mogą wprowadzać czytelnika w błąd, jak także używa kolokwialnych i błędnych określeń, np. „przezroczysty”, „chłodniejsza atmosfera”, „przejrzysty”, „ciepło”, „charakteryzacji metrologicznej”. Odnosząc się do prezentowania wyników badań w większości zostały one przedstawione w sposób właściwy, umożliwiający łatwą analizę opisywanych zależności. Rysunki i tabele zostały dobrze przygotowane, uwagi do niektórych rysunków zostały zawarte powyżej. Na podstawie treści zawartych w części teoretycznej i eksperymentalnej stwierdzam, iż Pani mgr inż. Karolina Chmielewska - Pruska posiada umiejętność zaplanowania programu badań, właściwej jego realizacji oraz dokonywania poprawnej interpretacji wyników.

4. Ocena merytoryczna i uwagi do pracy doktorskiej

Doktorantka w rozprawie doktorskiej poza wskazanymi powyżej uwagami dotyczącymi przygotowania pracy nie ustrzegła się pewnych błędów natury merytorycznej, jak także brakiem uzasadnienia dla niektórych stwierdzeń. Wymagają one odpowiedzi lub komentarza podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej. Poniżej przedstawiona została lista uwag i spostrzeżeń do niniejszej pracy:

- ✓ *strona 18* użyto sformułowania „jednym z najpopularniejszych materiałów nieorganicznych są folie do ściółkowania”. Proszę o wyjaśnienie sformułowania „nieorganiczne folie”
- ✓ *strona 20* użyto sformułowania „zwiększona wydajność rolnicza”, jak Autorka tłumaczy to stwierdzenie?
- ✓ *strona 42* użyto sformułowania „Pojedyncza cząsteczka polimeru może mieć strukturę liniową lub rozgałęzioną i składać się z dowolnej liczby monomerów”. Proszę o wyjaśnienie tego stwierdzenia.
- ✓ *strona 44* Autorka pisze „Niektóre mechanizmy degradacji mogą być niedostępne w nieodpowiednich warunkach”. Proszę o wyjaśnienie dla tego stwierdzenia.

- ✓ *strona 71* wyznaczony został parametr MFI dla wszystkich polimerów, niemniej jednak jego wyniki nie były szerzej dyskutowane w pracy. W jakim celu wyznaczono ten parametr i czy posłużył on w dalszych badaniach?
- ✓ *strona 72* wymienione zostały cechy i właściwości włókien formowanych metodą pneumatyczną. Proszę o wyjaśnienie stwierdzenia „*losowa orientacja włókien i prawie płaska struktura izotropowa*”. Jednocześnie wśród wymienionych cech znajduje się podany zakres grubości pojedynczego włókna, jak podane wartości mają się do uzyskiwanych włókien w pracy?
- ✓ *strona 75* opisano metodykę pomiaru KESFB4, a w dalszej części pracy przedstawiono wyniki badań. Proszę o informację, czy w przypadku agrotekstyliów ta metodyka jest powszechnie stosowana?
- ✓ *strona 77* wskazano, iż „*chropowatość powierzchni jest często decydującym czynnikiem na wysoce konkurencyjnym rynku, w kontekście potencjalnych zastosowań produktu*”. Jak to stwierdzenie ma się do opracowanych w ramach pracy doktorskiej materiałów ściółkowych i doniczek rozsadowych?
- ✓ *strona 83* założone warunki degradacji hydrolitycznej wspomaganej termicznie. Co było podstawą wytypowanych warunków degradacji oraz czy je zapewniono podczas badania (wilgotność 95%)?
- ✓ *strona 95* na jakiej podstawie wyznaczono parametry technologiczne w procesie formowania włókien? Czy brane były pod uwagę właściwości termiczne?
- ✓ *strona 95* założono zmienną odległość głowicy od kolektora, co skutkowało zmianą długości drogi rozciągu strugi polimeru, a w konsekwencji włókien elementarnych. W jakim celu wprowadzono tą zmienną, biorąc pod uwagę uzyskiwanie grubości/średnicy włókien powyżej 110µm, czyli znacznie powyżej sugerowanego/optimalnego zakresu średnic dla tej technologii.
- ✓ *strona 104* w analizie chropowatości otrzymane włókniny charakteryzowały się różnymi wartościami tego parametru. Proszę o podanie przyczyny występowania różnic pomiędzy warstwą od strony kolektora i strony głowicy.
- ✓ *strona 105* w jakim celu wyznaczono kąt zwilżania i o czym on świadczy?
- ✓ *strona 112* bardziej poprawne jest stwierdzenie kierunku wzdluzny (do kierunku formowania runa), aniżeli „kierunek maszynowy”
- ✓ *strona 114* proszę o wyjaśnienie jak wpływ ma grubość włókien na uzyskiwane wartości wytrzymałości na przebicie kulką?
- ✓ *strona 121* podane zostały warunki formowania włókien, jak przygotowywano kompozycje polimerowe oraz jak zapewniono homogenizację stopu?
- ✓ *strona 122* jaki wpływ na budowę nadcząsteczkową i właściwości kompozycji miał dodatek związków barwiących?
- ✓ *strona 135* proszę o wyjaśnienie pojęcia użytego w opisie degradacji PBAT „*zwiększona odporność przestrzenna wynikająca z istnienia pierścieni benzenowych*”
- ✓ *strona 141* proszę o wyjaśnienie stwierdzenia „*Proces degradacji w warunkach hydrolitycznych zapewnił krystalizację wszystkich badanych poliestrów i mieszanek, ...*”

- ✓ *strona 161* Doktorantka pisze „...w wyniku działania enzymów i zjawiska hydrolizy”. Proszę o wyjaśnienie tego stwierdzenia, gdyż w pracy nie podano warunków degradacji enzymatycznej.

Powyższe uwagi i zastrzeżenia nie umniejszają wartości poznawczej niniejszej pracy. Dokonana analiza treści merytorycznych przedstawionych w dysertacji Pani mgr inż. Karoliny Chmielewskiej - Pruskiej jest podstawą do stwierdzenia, iż Doktorantka sprecyzowała problem badawczy w sposób właściwy, wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz posiada niezbędną wiedzę teoretyczną. Uzyskane w ramach pracy doktorskiej wyniki stanowią rozszerzenie wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej.

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Chmielewskiej - Pruskiej stanowi oryginalną pracę naukowo-badawczą, posiadającą aspekty praktyczne. Na podstawie przeprowadzonego studium literaturowego związanego z wykorzystaniem biodegradowalnych/kompostowalnych materiałów w rolnictwie zdefiniowała problem badawczy, którego podjęła się rozwiązać poprzez przeprowadzenie szeregu badań. Wybrana tematyka badawcza jest jak najbardziej trafna z punktu widzenia możliwości wykorzystania jej wyników. Efektem przeprowadzonych badań są dwa zgłoszenia patentowe oraz publikacja w czasopiśmie *Autex Research Journal*, których Doktorantka jest współautorką. Pani mgr inż. Karolina Chmielewska - Pruska w niniejszej pracy wykazała się umiejętnością właściwego planowania poszczególnych etapów badań oraz weryfikacją uzyskiwanych wyników. Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne i spostrzeżenia nie umniejszają jej walorów naukowych i poznawczych.

Podsumowując stwierdzam, iż przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U.2018 poz. 1668 z późn. zm.) w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa i w związku z czym wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Karoliny Chmielewskiej-Pruskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



