

Poznań, dn. 05.05.2019

Prof. dr hab. Magdalena Zborowska
Instytut Chemicznej Technologii Drewna
Wydział Technologii Drewna
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr **Katarzyny Janczak**

pt. „**Znaczenie mikroorganizmów ryzosferowych i roślin w biodegradacji tworzyw polimerowych**”, wykonanej na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska

Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, nad którą opiekę naukową sprawowały

promotor dr hab. Grażyna Dąbrowska

oraz promotor pomocniczy dr Aneta Raszkowska – Kaczor

I. Podstawa wykonania recenzji

Ocenę pracy wykonano na podstawie pisma Dziekana Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska z dnia 25 marca 2019 r.

II. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt.: „**Znaczenie mikroorganizmów ryzosferowych i roślin w biodegradacji tworzyw polimerowych**”. Promotorem pracy jest dr hab. Grażyna Dąbrowska, a rolę promotora pomocniczego pełni dr Aneta Raszkowska – Kaczor.

Rozprawa jest maszynopisem zawierającym 163 ponumerowanych stron, na których umieszczono 34 ryciny i 17 tabel oraz załącznik, który zawiera 27 tabel. Maszynopis jest podzielony na dziesięć części, tj.: Streszczenie, Wykaz stosowanych skrótów, Wstęp, Cel pracy, Materiały i metody, Wyniki, Dyskusja, Wnioski, Literatura oraz Załącznik.

III. Ocena ogólna

W swojej pracy Pani mgr Katarzyna Janczak podejmuje problem zrównoważonego funkcjonowania terenów zanieczyszczonych odpadami - tworzywami polimerowymi. W ramach tego szerokiego i wieloaspektowego zagadnienia zbadała możliwości przyspieszenia degradacji tworzyw polimerowych w obecności czynników biotycznych.

Temat ten zrealizowała poprzez analizę literatury zagadnienia, w tym zwłaszcza literatury poświęconej biodegradacji tworzyw polimerowych i bioremediacji. W pracy powołała się na około 400 pozycji literaturowych, wśród których większość została opublikowana po 2010 roku. Fakty te świadczą niewątpliwie o wnikliwych studiach

literaturowych, które przeprowadziła Autorka w najnowszych doniesieniach naukowych. W dalszej kolejności określiła cel pracy, opracowała metodykę badań, a w efekcie przeprowadzonych analiz i doświadczeń wyselekcjonowała szczepy bakterii ryzosferowych i szczepy grzybów, które mają zdolność do wzrostu na wytypowanych w ramach doświadczenia tworzywach polimerowych i następnie zbadała czy przyspieszają one ich biodegradację. W ostatnim etapie badań przeanalizowała jaki wpływ na wzrost roślin i na parametry gleby ma zaaranżowany proces biodegradacji z udziałem wskazanych mikroorganizmów i tworzyw polimerowych. Po przeprowadzeniu dyskusji uzyskanych wyników z danymi literaturowymi sformułowała odpowiadające na cel pracy wnioski. Na tej podstawie stwierdzam, że struktura pracy jest właściwa dla dysertacji naukowych.

Zagadnienie podjęte przez Autorkę jest z pewnością bardzo ważne i aktualne. Założony cel - opracowanie sposobu przyspieszania biodegradacji tworzyw polimerowych - jest zagadnieniem nagłym, wokół którego koncentrują się badania wielu laboratoriów na świecie. Ogromna i stale rosnąca ilość odpadów przemysłowych i komunalnych z tworzyw polimerowych, odznaczających się małą podatnością na działanie czynników atmosferycznych i rozkład biologiczny, jest jednym z poważniejszych zagrożeń dla środowiska naturalnego. Kluczem do rozwiązania problemu zmniejszenia ilości odpadów tworzywowych, najczęściej opisywanym w literaturze, jest rezygnacja z produkcji tworzyw polimerowych, których biodegradacja następuje zbyt wolno (tzw. syntetycznych), na rzecz polimerów biodegradowalnych, które rozkładają się po zużyciu w jak największym stopniu i w możliwie jak najkrótszym czasie. Trudno oczywiście dyskutować z słuszością tej koncepcji, jednak Autorka pracy proponuje inne rozwiązanie, które umożliwi szybszą degradację tworzyw polimerowych już wyprodukowanych, które są już obecne w naszym środowisku (zarówno konwencjonalnych jak i biodegradowalnych) lub tych, których produkcja, z uwagi m.in. na niższe koszty, nie została ograniczona, mimo ich negatywnego wpływu na środowisko. Autorka proponuje zmianę właściwości nie tworzywa polimerowego, tylko zmianę właściwości (parametrów) środowiska, w którym tworzywo ma być degradowane i dodatkowo, co uważam za niezwykle cenne i świadczy o kompleksowym ujęciu przez Autorkę problemu - ma prowadzić do zrównoważonego funkcjonowania tego środowiska.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że tematyka badań podjętych przez mgr Katarzynę Janczak ma duże znaczenie użytkowe i wpisuje się w aktualne potrzeby działania na rzecz ochrony środowiska naturalnego. Co więcej, ze względu na wysoki poziom naukowy badań oraz ich aktualny charakter, daje szerokie możliwości publikacyjne w uznanych czasopismach międzynarodowych z zakresu ochrony środowiska naturalnego, biologii czy chemii. Potwierdzają to z resztą dotychczasowe osiągnięcia publikacyjne Doktorantki. Wyniki częściowe prac opisanych w dysertacji publikowane były w czasopismach recenzowanych, a najważniejsza praca ukazała się

w prestiżowym czasopiśmie International Biodeterioration and Biodegradation znajdującym się na liście Journal Citation Reports (IF= 3,562). Doktorantka jest pierwszym autorem tej publikacji.

Uważam, że Autorka dobrze wykonała postawione sobie zadanie naukowe i osiągnęła zamierzony cel przedstawiając Radzie Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UMK w Toruniu pracę, która odznacza się oryginalnym podejściem do zagadnienia i wnosi istotne wartości poznawcze i praktyczne w zakresie biodegradacji tworzyw polimerowych, a co za tym idzie w ochronę środowiska.

IV. Ocena szczegółowa pracy

Tytuł ocenianej rozprawy uważam za właściwy i odpowiadający jej zawartości.

W pierwszym rozdziale pracy – **Streszczenie**, Autorka w syntetyczny sposób przedstawiła podjęty problem badawczy, zakres prac i najważniejsze spostrzeżenia.

Pozytywnie oceniam umieszczenie na początku pracy (strona 1) **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 biologia.

We **Wstępie** (str. 3-34) Autorka przedstawiła aktualne dane dotyczące skali produkcji tworzyw polimerowych oraz problem kompleksowego zagospodarowania powstających z nich odpadów. W dalszej części charakteryzuje wykorzystane w pracy tworzywa polimerowe oraz opisuje ich biodegradację. W rozdziale 4.2. Metody badań biodegradacji tworzyw polimerowych i przykłady ich zastosowania Autorka w pierwszej kolejności przedstawia metody, które pośrednio informują o degradacji polimeru, a bezpośrednio są źródłem wiedzy o aktywności mikroorganizmów, jak np. zmiana liczby lub masy komórek mikroorganizmów czy wzrost szczepów bakterii. W grupie metod wymienionych przez Autorkę, o zmianach w polimerze w efekcie biodegradacji informują wyniki oznaczeń ubytku masy oraz badań wykonanych techniką SEM, czy też na poziomie molekularnym FTIR i XRD. Lista metod, które są źródłem cennych informacji nt. przemian chemicznych jakim ulegają polimery podczas biodegradacji, mogła być poszerzona o stosowaną w doświadczeniu przez Autorkę analizę termogravimetryczną czy analizę elementarną. Za bardzo wartościową uważam wspomnianą przez Autorkę metodę, która polega na monitorowaniu wzrostu udziału produktów biodegradacji w czasie. Nie dość, że informuje o depolimeryzacji polimeru, tj. o stopniu jego degradacji, to dodatkowo jest źródłem informacji nt. rodzaju generowanych w wyniku degradacji produktów, aspektu ważnego ze względu na szkodliwość toksycznych produktów degradacji polimerów i ewentualnej remediacji. Oczywiście jest, że nie sposób wymieniać wszystkie metody, jakie dotychczas zastosowano i opisano w literaturze lub ewentualnie można zastosować w badaniu degradacji polimerów. *Chciałabym jednak poznać opinię Doktorantki nt. badań zmian średnich ciężarów cząsteczkowych. Biorąc pod uwagę etapy*

biodegradacji związków wielkocząsteczkowych, jakimi są polimery, zmiana ich średnich ciężarów cząsteczkowych jest pierwszym sygnałem o zmianach degradacyjnych na poziomie molekularnym, które bezpośrednio przekładają się na zmiany na poziomie makroskopowym, tj. na ubytek masy, zmianę przepuszczalności gazów czy obserwowanym za pomocą SEM zmian powierzchni. Zdaniem recenzentki informacje o zmianach w obrębie łańcucha polimeru umożliwiają merytoryczną interpretację innych wyników wykonanych w celu oceny właściwości polimeru (wytrzymałościowych, przepuszczalności gazów, itd.) po procesach degradacyjnych.

Wstęp Doktorantka kończy rozdziałem, w którym opisuje znaczenie czynników środowiskowych (roślin i gleb) w remediacji gleb zanieczyszczonych odpadami tworzyw polimerowych. Dzięki temu opracowaniu czytelnik ze zrozumieniem przyjmuje do wiadomości informacje zawarte w metodyce pracy, dotyczące kilku wariantów doświadczenia przeprowadzonego przez Doktorantkę, zróżnicowanych pod względem zastosowanych gatunków roślin i środowiskowych warunków wzrostu.

W kolejnym rozdziale (**Cel pracy**, str. 35) Doktorantka formułuje cel pracy i opisuje w jak zamierza go osiągnąć. Biorąc pod uwagę hipotezę pracy zakładającą, że „obecność czynników biologicznych, przyspieszając biodeteriorację i biodegradację tworzyw polimerowych prowadzi do zrównoważonego funkcjonowania terenów zanieczyszczonych tymi odpadami” ważnym aspektem podjętym w pracy jest ocena wpływu produktów rozkładu badanych tworzyw polimerowych na środowisko (glebę i rośliny).

Rozdział **Materiały i metody** zawiera kolejne podrozdziały, opisujące sposób postępowania podczas realizacji pracy. W tym miejscu trzeba podkreślić, że sposób przedstawienia materiałów i metod świadczy o doskonałym metodycznym warsztacie badawczym, którym operowała Autorka, zwłaszcza w zakresie badań biologicznych. *Jednocześnie proszę żeby Autorka wyjaśniła czy o wyborze pasm powstałych w wyniku absorpcji promieniowania w zakresie podczerwieni struktur, które nie ulegają zmianie podczas degradacji (1450 cm^{-1} i 871 cm^{-1}) i wykorzystano do wyznaczenia indeksu karbonylowego (IC) decydowały wyniki badań własnych Autorki czy też korzystała z doniesień literaturowych.*

Najobszerniejszy rozdział pracy poświęcony został wynikom (**Wyniki str. 59-120**)

Do najważniejszych dokonań Autorki rozprawy zaliczam:

- wyselekcjonowanie spośród dwudziestu trzech szczepów bakterii oraz czterech szczepów grzybów po dwa szczepy mikroorganizmów bakteryjnych i grzybowych, które wykazywały najwyższą aktywność degradacyjną w stosunku do PLA i PET oraz poznanie ich mechanizmów metabolicznych;
- zbadanie zmian struktury PLA i PET na poziomie makro- i mikroskopowy oraz molekularnym za pomocą technik, które informują zarówno o właściwościach, jakie tworzywa nabywają po biodegradacji, ale również dają możliwość wstępnego poznania

etapów procesu biodegradacji obu polimerów, poznania produktów pośrednich i końcowych reakcji redoks i depolimeryzacji towarzyszących biodegradacji;

- wykazanie, że rośliny wykorzystane w doświadczeniu w interakcji z mikroorganizmami mogą być czynnikiem zwiększającym efektywność procesu remediacji terenów zanieczyszczonych odpadami z tworzyw polimerowych.

Studiując tę część pracy recenzentce nasuwają się następujące pytania:

- Jak Autorka sądzi, z czego wynika różnica IC wykazana dla PLA i PET degradowanych w doświadczeniu wazonowym i w warunkach polowych? Wydaje się, że niezależnie od tego czy degradacja zachodzi w wazonie czy na polu, kierunek przebiegu reakcji redoks powinien być ten sam. Co więcej wyniki analizy EDX w eksperymencie polowym wykazały wzrost stosunku O/C co może być związane z ubytkiem C i/lub ze wzrostem O, odwrotnie do wyników badania tego samego materiału metodą FTIR.

- Jakie informacje o degradacji PLA i PET można uzyskać z analizy XRD?

Dyskusja i wnioski (str. 121-146) Na podkreślenie zasługuje staranność z jaką Autorka interpretuje uzyskane rezultaty. Powołując się na liczne publikacje naukowe w metodyczny sposób wyjaśnia przyczyny zaobserwowanych efektów przeprowadzonych doświadczeń aby ostatecznie sformułować wnioski, których treść wskazuje, że założony cel rozprawy został osiągnięty.

Podsumowując ocenę merytoryczną chciałabym także zaznaczyć, że praca została opracowana na bardzo wysokim poziomie edytorskim i nie zawiera błędów stylistycznych i interpunkcyjnych.

V. Podsumowanie oceny

Przekazaną mi do oceny rozprawę doktorską oceniam bardzo pozytywnie. Pani Katarzyna Janczak sumiennie wywiązała się z podjętego zadania. Przedłożyła pracę o wysokich wartościach naukowych i wyraźnych znamionach oryginalności. Autorka wykazała bardzo dobre opanowanie wiedzy teoretycznej z zakresu biodegradacji polimerów oraz umiejętność prowadzenia badań.

W podsumowaniu dokonanej oceny stwierdzam, że recenzowana rozprawa odpowiada wymogom stawianym dysertacjom doktorskim przez Uchwałę o tytule naukowym i stopniach naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14.03.2003 r. (Dz.U. z 2003. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzenie Ministra Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. poz. 1383) i stanowi podstawę merytoryczną do ubiegania się o stopień doktora nauk biologicznych.

Stawiam więc wniosek o dopuszczenie mgr Katarzyny Janczak do publicznej obrony Jej rozprawy doktorskiej.

Uważam, że Autorka z sukcesem przeprowadziła doświadczenie, którego wyniki mają duże znaczenie użytkowe i są ważne ponieważ zwiększają szansę na rozwiązanie problemu z utylizacją odpadów z tworzyw polimerowych. Co więcej wysoki poziom merytoryczny badań daje możliwość upowszechniania uzyskanych przez Autorkę wyników w znaczących czasopismach podejmujących tematykę z zakresu ochrony środowiska i biologii. Biorąc powyższe pod uwagę **zwracam się do Wysokiej Rady z wnioskiem o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej.**

Włodarska