

Lublin, 14 października 2020 r.

Dr hab. inż. Grażyna Żukowska, prof. uczelni
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Agrobioinżynierii
Instytut Gleboznawstwa,
Inżynierii i Kształtowania Środowiska
*Zakład Rekultywacji Gleb
i Gospodarki Odpadami*

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Andrei Kałuży-Haładyn
pt. „ Transformacje materii organicznej i składników mineralnych podczas
kompostowania wierzby energetycznej”

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo (PD000000 410.7.2020) Pana Profesora dr hab. Marcina Kozaka, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, informujące, że na posiedzeniu w dniu 29 września 2020 roku Rada Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo powołała mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Andrei Kałuży-Haładyn pt. „Transformacje materii organicznej i składników mineralnych podczas kompostowania wierzby energetycznej”. Praca doktorska została zrealizowana na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pod kierunkiem dr hab. inż. Elżbiety Jamroz, prof. uczelni. Drugim promotorem była dr hab. Maria Jerzykiewicz z Uniwersytetu Wrocławskiego.

2. Ocena problematyki badawczej

Od lat uznany, korzystny wpływ materii organicznej na zdolność gleb do pełnienia funkcji ekosystemowych oraz postępujący ubytek jej zawartości w glebach uprawnych i zdegradowanych wskazują na potrzebę uzupełniania niedoborów glebowej materii organicznej. W tym celu wykorzystuje się zewnętrzne źródła materii organicznej jakimi są tradycyjne nawozy organiczne, nawozy zielone czy resztki pozbiorowe. Zewnętrznym źródłem materii organicznej mogą być dobrej jakości bioodpady, w tym osady ściekowe oraz odpady roślinne z rolnictwa i leśnictwa. Biomasa resztek roślinnych (odpadów) z rolnictwa i leśnictwa cechują specyficzne właściwości – jest to biomasa lignocelulozowa, bogata w celulozę, chemicelulozę

i ligniny. Przed wprowadzeniem bioodpadów do gleby często wymagana jest optymalizacja ich właściwości. Redukcja biomasy i zapoczątkowanie przemian materii organicznej tych odpadów może być z powodzeniem realizowane w procesie kompostowania. Bezpośrednie wprowadzenie otrzymanych kompostów do gleby jest możliwe pod warunkiem, że są one stabilne i dojrzałe. Na jakość końcowego produktu procesu kompostowania wpływają zarówno właściwości kompostowanych bioodpadów jak i warunki przebiegu procesu, które determinują transformację materii organicznej i składników mineralnych.

W przedłożonej do recenzji pracy przeprowadzono badania mające na celu określenie kierunku i tempa transformacji materii organicznej i składników mineralnych podczas kompostowania biomasy wierzby energetycznej. Problematyka podjęta w pracy ma charakter innowacyjny, posiada znaczące walory naukowe oraz ma istotne znaczenie dla gospodarki o obiegu zamkniętym i biogospodarki. Uważam ją za ważną, wartościową, aktualną i odpowiednią dla rozprawy doktorskiej w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

3. Ocena formalna rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska została przygotowana w oparciu o oryginalne wyniki własne uzyskane przez Autorkę na podstawie badań obejmujących kontrolowane kompostowanie, badania laboratoryjne kompostów o różnej dojrzałości, wydzielenie i oznaczenie właściwości kwasów huminowych i fulwowych z różnie dojrzałych kompostów oraz testy biologiczne (test kiełkowania i plonowania). Praca obejmuje 162 strony maszynopisu, a przedstawiony materiał dokumentacyjny 33 tabele, 24 rysunki i 6 fotografii. Autorka w pracy cytuje ponad 277 pozycji literatury, z czego ponad 65% stanowią pozycje anglojęzyczne i około 30% artykuły z ostatniej dekady.

W rozdziale 1 „Wstęp i cel badań” Autorka wskazuje, że w obliczu zagrożenia jakim jest ubytek materii organicznej w glebach uprawnych istnieje pilna potrzeba poszukiwania środków użyźniających, które stanowiłyby zewnętrzne źródło materii organicznej oraz potrzeba opracowania podłoży ogrodnich zastępujących podłoża torfowe. Podaje, że źródłem zewnętrznej materii organicznej w glebach uprawnych oraz podłożem ogrodnim mogą być odpowiedniej jakości komposty z bioodpadów. Podkreśla, że do uzyskania bezpiecznego ekologicznie i o dużym potencjale nawozowym kompostu konieczne jest zapewnienie właściwego przebiegu biologicznych przemian materii organicznej bioodpadów w trakcie kompostowania a przed dopuszczeniem kompostu do wykorzystania ocena jego stabilności i dojrzałości. Rozdział kończy poprawnie sformułowany cel badań.

Rozdział 2 „Przegląd literatury” obejmuje 37 stron i jest podzielony na 6 podrozdziałów.

W podrozdziale:

- 2.1. „Charakterystyka wierzby energetycznej *Salix Viminalis L.* (podzielonego na 3 rozdziały kolejnego rzędu) Autorka charakteryzuje wierzbę energetyczną, jej wymagania klimatyczno-glebowe, produktywność upraw i możliwości wykorzystania biomasy,
- 2.2. „Rola materii organicznej” omawia skład, źródła pochodzenia i rolę materii organicznej w glebie,
- 2.3. „Kompostowanie”, podzielonym na 7 rozdziałów niższego rzędu omawia fizyczne parametry procesu kompostowania warunkujące prawidłowy jego przebieg i otrzymanie dobrej jakości produktu końcowego. Szczegółowo opisuje przebieg procesów mineralizacji i humifikacji zachodzących podczas kompostowania, transformację azotu i zmiany ogólnej zawartości pierwiastków oraz zmianę składu frakcyjnego substancji humusowych. Podrozdział kończy omówieniem właściwości i roli kwasów humusowych w kompostach,
- 2.4. „Spektroskopowe metody badawcze substancji humusowych” (podzielonym na 5 rozdziałów niższego rzędu) omawia metody badań stosowane do oceny budowy i właściwości substancji humusowych ze szczególnym uwzględnieniem metod spektroskopowych, w tym widm w zakresie światła widzialnego i ultrafioletowego (UV-VIS) i w podczerwieni (FTIR), spektroskopię elektronicznego rezonansu paramagnetycznego i magnetycznego oraz metodę oceny zdolności przeciwutleniających kwasów fulwowych z wykorzystaniem rodnika DPPH,
- 2.5. „Indeksy dojrzałości kompostu” i 2.6. „Ocena stopnia dojrzałości kompostów na podstawie testów biologicznych” Doktorantka omówiła fizyczne, chemiczne (ze szczególnym uwzględnieniem wskaźników humifikacji i przemian materii organicznej) oraz mikrobiologiczne i biologiczne wskaźniki dojrzałości i jakości kompostów warunkujące możliwość ich przyrodniczego wykorzystania.

Rozdział 3 „Metodyka badań” zaprezentowany został na 14 stronach i podzielony na 3 podrozdziały. W podrozdziale:

- 3.2 „Składniki kompostowanej masy” Doktorantka omawia skład mieszanek poddanych kompostowaniu, zasady prowadzenia i monitorowania procesu kompostowania oraz termin i sposób pobierania próbek różnie dojrzałych kompostów do badań.
- 3.3. „Zakres analiz laboratoryjnych” przedstawia zakres badań laboratoryjnych i wykorzystanych metod statystycznych oraz szczegółowy opis frakcjonowania substancji humusowych, ekstrakcji kwasów huminowych i fulwowych, określania właściwości przeciwutleniających kwasów fulwowych, testu biologicznego z wykorzystaniem rzeżuchy

oraz doświadczenia wazonowego. Opis uzupełnia dokumentacja fotograficzna poszczególnych etapów prac badawczych.

Rozdział 4 „Wyniki badań i dyskusja” stanowi najobszerniejszą oraz najbardziej wartościową część pracy i obejmuje przedstawione na 67 stronach maszynopisu omówienie uzyskanych wyników i umiejętne ich skonfrontowanie z wynikami innych badaczy. Rozdział zawiera 11 podrozdziałów, w których łącznie wydzielono 22 podrozdziały niższego rzędu, co czyni tę część pracy przejrzystą i ułatwia jej studiowanie.

W rozdziale 5 „Podsumowanie i wnioski” Autorka przedstawiła syntetyczne podsumowanie najważniejszych wyników uzyskanych w trakcie realizacji założonego celu badań oraz 11 poprawnie sformułowanych wniosków.

Całość pracy uzupełniają rozdziały: 6 „Wykaz fotografii, rysunków i tabel” oraz rozdział 7 „Bibliografia”.

Reasumując formalną ocenę pracy, należy podkreślić, że poszczególne rozdziały pracy ściśle się ze sobą łączą, tworząc logiczną całość. Świadczy to o przemyślanej koncepcji dysertacji, która w przedstawionej formie stanowi bardzo ciekawe kompendium wiedzy na temat transformacji materii organicznej i składników mineralnych podczas kompostowania biomasy wierzby energetycznej. Na wysoką ocenę zasługuje obszerny i dobrze zredagowany przegląd piśmiennictwa. Wykorzystana literatura przedmiotu obejmuje zarówno najnowsze opracowania z zakresu tematyki badań, jak również opracowania starsze jednak ważne, co wskazuje na bardzo dobrą znajomość tematyki badawczej. Starannie przygotowana dokumentacja tabelaryczna i graficzna rzutują na przejrzystość pracy.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Celem rozprawy była analiza transformacji składników mineralnych oraz materii organicznej podczas kompostowania biomasy wierzby energetycznej oraz określenie jakości i dojrzałości otrzymanych kompostów na podstawie indeksów chemicznych i biologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem stabilności substancji humusowych.

Do zrealizowania założonego celu mgr inż. Andrea Kałuża-Haładyn przeprowadziła wieloetapowe badania obejmujące:

1) modelowe kompostowanie biomasy wierzby energetycznej w pryzmach:

W pryzmach o objętości około 5m³ i masie około 2 ton przeprowadziła kompostowanie rozdrobnionej biomasy wierzby energetycznej bez dodatków i z dodatkiem siana i azotu mineralnego. Doświadczenie obejmowało 4 warianty:

A- jednoroczne zrębki wierzby (2 tony) – kontrola,

B- jednoroczne zrębki wierzby (1 tona) + siano (1 tona) – 1:1

C- jednoroczne zrębki wierzby (2 tony) + nawóz mineralny azotowy (saletra amonowa 34%) (0,12 tony) – 1:0,06

D- jednoroczne zrębki wierzby (1 tona) + siano (1 tona) + nawóz mineralny azotowy (saletra amonowa 34%) (0,04 tony) – 1:1:0,04

W trakcie kompostowania codziennie monitorowano temperaturę i wilgotność. W cyklu kompostowania pobierano próbki do badań laboratoryjnych po 1, 37, 54, 71, 130 i 167 dniu kompostowania.

2) badania laboratoryjne kompostów o różnej dojrzałości:

Zakres analiz laboratoryjnych kompostów pobranych w kolejnych terminach obejmował oznaczenie: wilgotności, odczynu, zawartości kationów wymiennych, zawartości ogólnej i wodorozpuszczalnych form wybranych makro- i mikrośladników, zawartości węgla organicznego i azotu ogółem oraz składu frakcyjnego substancji organicznej.

3) wydzielenie, z różnie dojrzałych kompostów, kwasów huminowych i fulwowych oraz ocenę ich właściwości (jakości):

W celu określenia kierunków transformacji materii organicznej podczas kompostowania biomasy oraz określenia stopnia humifikacji i właściwości tworzących się substancji humusowych z kompostów o różnej dojrzałości Doktorantka wydzieliła kwasy huminowe i fulwowe metodą rekomendowaną przez IHSS. W otrzymanych preparatach kwasów huminowych i fulwowych oznaczyła skład elementarny, właściwości optyczne w zakresie światła UV-VIS i widma w podczerwieni FTIR oraz widma elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR). Dla kwasów fulwowych określiła właściwości przeciwutleniające.

4) test biologiczny z wykorzystaniem rzeżuchy *Lepidium sativum* L.:

W przeprowadzonym teście Autorka oceniała wpływ wyciągów wodnych z różnie dojrzałych kompostów na siłę kiełkowania i rozwój siewek rzeżuchy. Oceny dokonała po 48 i 72 godzinach.

5) doświadczenie wazonowe:

Doświadczenie miało na celu określenie potencjału plonotwórczego kompostów o różnej dojrzałości. Doktorantka sporządziła podłoża o składzie gleba mineralna 400g + kompost 16,6g (co odpowiadało dawce kompostu 200t/ha). Do gleby dodała komposty z wariantów A, B i D pobrane po 1, 37, 71 i 167 dniu kompostowania, na tak przygotowane podłoża wysiała sałatę masłową. Obserwacje po 5, 15 i 21 dniach pozwoliły na ocenę wpływu kompostów na kiełkowanie. Dalsza część eksperymentu obejmowała wysadzenie na takie same podłoża sadzonek sałaty i ocenę plonowania po 40 dniach wzrostu.

Reasumując stwierdzam, że zaplanowane zadania badawcze oraz metodyka analiz laboratoryjnych nie budzą zastrzeżeń i pozwoliły Doktorantce w pełni zrealizować założony cel badań. Tak zaplanowany program badawczy wymagał ogromnego nakładu pracy oraz dobrej znajomości metod badawczych. Podkreślić należy, że zrealizowanie tak szeroko zakrojonych i interdyscyplinarnych badań na bardzo wysokim poziomie było możliwe dzięki powierzeniu opieki naukowej nad Doktorantką dwóm promotorom.

Analizując realizowane przez mgr inż. Andreę Kałuża-Haładyn doświadczenia i omówienie wyników można wyróżnić kilka obszarów tematycznych. Pierwszy dotyczył oceny zmian podstawowych parametrów kompostowania biomasy wierzby energetycznej, przyjmowanych powszechnie jako wskaźniki obrazujące warunki przebiegu tego procesu i stopień dojrzałości uzyskanych kompostów. W badaniach dotyczących tej części Autorka wykazała, że:

- zmiany temperatury w ocenianym cyklu kompostowania były istotnie uzależnione od składu kompostowanej mieszanki,
- w obrębie ocenianych mieszanek kompostowych jedynie mieszanki zrębków wierzby energetycznej z sianem (w stosunku 1:1) oraz zrębków wierzby energetycznej, siana i mineralnego azotu (w stosunku 1:1:0,04) przeszły wszystkie fazy termiczne wymagane do sanitacji kompostowanego materiału, co umożliwiło zainicjowanie dalszych etapów przemian materii organicznej,
- zmiany wilgotności kompostowanych mieszanek, obserwowane w kolejnych terminach badań, były skorelowane ze zmianami temperatury – mieszanki, które nie osiągnęły fazy termofilnej charakteryzowały się większą wilgotnością,
- w mieszankach kompostowych, które przeszły wszystkie fazy termofilne obserwowano tendencję zwiększenia pH w kolejnych terminach badań, szczególnie widoczną od zapoczątkowania termofilnej fazy kompostowania, w pozostałych mieszankach wystąpiła zależność odwrotna,
- we wszystkich mieszankach kompostowych kationowa pojemność sorpcyjna zwiększała się w kolejnych terminach badań,
- wyznaczone współczynniki korelacji wskazują, że odczyn i kationowa pojemność sorpcyjna nie mogą być jedynymi wskaźnikami dojrzałości kompostów,
- wraz z upływem czasu kompostowania i postępującym procesem mineralizacji materii organicznej obserwowano zmniejszenie się zawartości węgla organicznego, istotne w mieszance kompostowej biomasa wierzby energetycznej + siano oraz zwiększenie zawartości azotu ogólnego; konsekwencją zmian zawartości węgla

organicznego i azotu ogólnego było zawężenie się stosunku C/N wskazujące na postępujące dojrzewanie kompostów.

Drugi obszar tematyczny obejmował ocenę transformacji składników mineralnych, (wybranych makro- i mikrośladników) w trakcie kompostowania biomasy wierzby energetycznej. W badaniach tych Doktorantka oceniała wpływ składu mieszanki kompostowanej biomasy oraz stopnia dojrzałości na właściwości nawozowe kompostów i zawartość w nich mikrośladników, głównie metali ciężkich i wykazała, że:

- głównym czynnikiem determinującym całkowitą zawartość ocenianych makrośladników (Ca, K, Mg, Na i P) i mikrośladników ((Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Cu, Mn i Hg) w kompostach był skład kompostowanej biomasy a w trakcie kompostowania odnotowano na ogół zwiększenie się ich zawartości,
- zawartość form wodnorozpuszczalnych makro- i mikrośladników była skorelowana z ubytkiem substancji organicznej w trakcie kompostowania oraz zależna od właściwości chemicznych pierwiastka.

Kolejny, bardzo cenny, obszar tematyczny przeprowadzonych badań obejmował kompleksową ocenę transformacji materii organicznej w trakcie kompostowania oraz ocenę stabilności powstałych związków humusowych. Ocenę tę Doktorantka przeprowadziła w oparciu o analizy składu frakcyjnego substancji organicznej oraz właściwości kwasów huminowych oraz fulwowych i wykazała, że:

- procesy kompostowania biomasy wierzby prowadzą do kształtowania się substancji organicznych o dużym udziale frakcji węgla niehydrolizującego oraz z przewagą kwasów fulwowych nad huminowymi, niezależnie od składu kompostowanej mieszanki,
- dodatek siana do biomasy wierzby energetycznej zwiększa intensywność procesu humifikacji,
- wraz z postępem czasu kompostowania następują zmiany w budowie strukturalnej kwasów huminowych i fulwowych; dodatek siana do biomasy wierzby energetycznej wpłynął na tworzenie się kwasów huminowych o większym stopniu polimeryzacji; procesy transformacji zachodzące w kompoście tylko z biomasy wierzby energetycznej prowadzą do tworzenia się kwasów huminowych o mniejszej ilości grup funkcyjnych.

Uzupełnieniem tych badań była ocena możliwości wykorzystania testowanych kompostów do celów nawozowych, którą Doktorantka przeprowadziła w oparciu o fitotest z

wykorzystaniem rzeżuchy oraz ocenę wpływu kompostów na plonowanie sałaty. Wykazała, że najkorzystniejsze warunki do kiełkowania rośliny testowej stwarza podłoże z dojrzałego kompostu wytworzonego z biomasy wierzby energetycznej z dodatkiem siana i azotu mineralnego (w stosunku 1:1:0,04) oraz, że podłoże z dodatkiem tego kompostu charakteryzowało się największym potencjałem plonotwórczym.

Oceniając tę wielowątkową i dość obszerną dysertację, pozbawioną poważniejszych uchybień, zauważyłam pewne mankamenty, które z obowiązku recenzenta chciałabym przekazać Autorce:

Odnosnie rozdziału 2 „Przegląd literatury”:

- str. 9 – w pracy jest „wysokość plonu biomasy jest określana na podstawie suchej masy” – wydaje mi się, że powinno być: na podstawie zawartości suchej masy,
- str. 11, podrozdział 2.2. „Rola materii organicznej w glebie”, Sugeruję rozważenie zmiany tytułu tego podrozdziału, ponieważ treści w nim prezentowane są szersze niż tylko rola materii organicznej; ta sama uwaga dotyczy podrozdziału 2.3.6. „Humifikacja i zmiany składu frakcyjnego substancji humusowych podczas kompostowania” (str. 25),
- str. 18. (i w dalszej części pracy), w teście jest „zawartość wilgoci” powinno być wilgotność,
- str. 22. jest N-NO₃ a powinno być N-NO₄ i odwrotnie jest N-NO₄ a powinno być N-NO₃,
- str. 27. tabela 3, brak jednostki w jakiej przedstawiono skład pierwiastkowy kwasów huminowych i kwasów fulwowych,
- str. 38. jest 60-190 ppm, a powinno być 160-190 ppm.

Rozdział 3. Materiał i metody

- str. 45 - Podrozdział 3.1 „Materiał badawczy” w zaprezentowanej formie można pominąć, lub należałoby rozszerzyć – np. poprzez zaprezentowanie właściwości materiałów, które zostały wykorzystane do sporządzenia mieszanek kompostowych,
- str. 45 – Autorka nie podaje, co uwzględniono podczas ustalania proporcji substratów w przygotowywanych mieszankach kompostowych - stąd zdanie traktujące o pryzmach kompostowych „Każda z nich charakteryzowała się różnorodnością pod względem składu, w których poszczególne składniki wymieszano w odpowiednich proporcjach, zachowując przy tym właściwy stosunek C/N” wymaga rozwinięcia,
- str. 47 – doprecyzowania wymaga opis pobierania próbek kompostów do badań,
- str. 47, podrozdział 3.3. - W ostatnim zdaniu punktu 7. Autorka podaje jak obliczono udział procentowy form wodnorozpuszczalnych makro- i mikroskładników – to zdanie powinno być w punkcie 8,

- str. 48. - opis oznaczania składu frakcyjnego materii organicznej wymaga uzupełnienia - nie ma opisu wydzielania kwasów huminowych,
- str. 53. - czy właściwie podano czasy po których dokonywano pomiaru absorbancji w próbkach wstępnych?,
- str. 56 – Autorka nie wyjaśniła dlaczego w doświadczeniu wazonowym nie oceniano kompostu C.

Rozdział 4. Wyniki i dyskusja

- w podrozdziale 4.4, dla określenia zmian składu frakcyjnego związków próchnicznych w trakcie kompostowania wskazane byłoby przedstawić również wyniki zawartości C w poszczególnych frakcjach, a nie tylko procentowy udział w Corg.; brak tych danych, między innymi nie pozwala zweryfikować, czy prawidłowo podano zawartości frakcji C niehydrolizującego (str. 86),
- str. 87 i dalsze – Autorka omawia skład pierwiastkowy KH i KF – wyrażony w % atomowych, czy w kwasach tych oznaczono zawartość popiołu i czy skład pierwiastkowy był przeliczany na masę bezpopielną?,
- str. 89, akapit pierwszy akapit jest powtórzeniem tekstu ze str. 87.

W pracy zdarzają się drobne błędy redakcyjne, które zaznaczyłam w maszynopisie. Być może będą przydatne podczas przygotowywania pracy do publikacji.

5. Wniosek końcowy

Wartość merytoryczną wyników ocenianej rozprawy mgr inż. Andrei Kałuży-Haładyn oceniam bardzo wysoko. Wiążą się one z uzyskaniem nowej wiedzy dotyczącej transformacji materii organicznej i składników mineralnych podczas kompostowania biomasy wierzby energetycznej.

Stwierdzam, że przyjęta metodyka badań i przedstawiony materiał dokumentacyjny nie budzą zastrzeżeń. Znamienna i warta podkreślenia jest zdolność Doktorantki do powiązania dużej liczby wyników analiz uzyskanych w warunkach różnych doświadczeń i umiejętne ich przedyskutowanie z rezultatami podobnych prac wykonanych w różnych ośrodkach naukowych w kraju i na świecie. Dyskusja odznaczała się zwięzłością formułowania myśli, dobraną właściwie i zinterpretowaną literaturą na tle własnych wyników oraz poprawną ostrożnością wnioskowania. Wśród zalet pracy dostrzegam również konsekwentną realizację celu i formułowanie wniosków, co przy wielowątkowości pracy nie było łatwe.

Rozprawa zawiera oryginalny dorobek naukowy wzbogacający wiedzę naukową i praktyczną z szerokiego zakresu nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Stwierdzam, że praca pt. „Transformacje materii organicznej i składników mineralnych podczas kompostowania wierzby energetycznej” przedłożona przez mgr inż. Andrzeja Kałuży-Haładyn spełnia wszystkie wymagania Ustawy z dnia 3 lipca 2018r. – Przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2018 poz. 1669) oraz Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003 Nr. 65, poz. 595 z późn. zm.) i wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Andrei Kałuży-Haładyn do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Uwzględniając wybór tematyki badawczej, jej realizację wymagającą ogromnego nakładu pracy oraz opracowanie wyników na wysokim poziomie naukowym ze znaczącym potencjałem innowacyjności, stanowiącym oryginalny dorobek naukowy wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Andrei Kałuży-Haładyn.

(-) Grażyna Żukowska

