

Lublin, 31.10.2024

prof. dr hab. Magdalena Frąc
Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego
Polskiej Akademii Nauk
Zakład Badań Systemu Gleba-Roślina
Laboratorium Mikrobiologii Molekularnej i Środowiskowej
ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marty Siebyły

pt. „Identyfikacja zespołów bakterii związanych z naturalnymi stanowiskami trufli *Tuber spp.*”

Rozprawa doktorska **mgr Marty Siebyły** została wykonana w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękicinie Starym pod kierunkiem promotora prof. dra hab. inż. Zbigniewa Sieroty.

1. Formalna ocena rozprawy doktorskiej – struktura rozprawy

Oceniana rozprawa doktorska mgr Marty Siebyły liczy 189 stron, w tym zawiera streszczenia w języku polskim i angielskim, bardzo dobrze wprowadzający w tematykę słownik skrótów i pojęć stosowanych w rozprawie, oświadczenia doktorantki o udziale w poszczególnych publikacjach, wykaz prac naukowych składających się na rozprawę doktorską, omówienie wyników przedstawionych w opublikowanych pięciu artykułach naukowych, oświadczenia współautorów prac wchodzących w skład dysertacji, a także kopie publikacji, będących podstawą rozprawy doktorskiej.

Doktorantka sformułowała sześć hipotez badawczych odnoszących się do składu zbiorowisk bakterii występujących w siedliskach trufli, które są trafne i nakreślają problematykę podjętych badań. Cel rozprawy doktorskiej został jasno określony, odnosząc się do rozpoznania zbiorowisk bakterii towarzyszących trufli letniej (*Tuber aestivum*) w różnych fazach jej rozwoju. Co ciekawe Doktorantka skupiła się nie tylko na glebie testowanych siedlisk, ale także podjęła się analizy korzeni z ektomykoryzą oraz owocników trufli, co prezentuje unikatowe i kompleksowe podejście do analizowanych siedlisk. Wstęp znajdujący się na początku opracowania przedstawia uzasadnienie podjętych badań, podkreślając różnicowanie i złożoność zbiorowisk bakterii w siedliskach leśnych, a także wskazuje na ich zmienność w zależności od czynników środowiskowych oraz właściwości fizycznych i chemicznych gleby. Doktorantka omówiła w tym rozdziale interakcje mikroorganizmów i

roślin, podkreślając mechanizmy i znaczenie symbiozy mykoryzowej, charakterystycznej dla siedlisk trufli letniej, a także zwróciła uwagę na fazy cyklu życiowego trufli. W końcowej części rozdziału omówiono warunki i czynniki determinujące owocnikowanie trufli, podkreślając możliwość kolonizacji trufli przez mikroorganizmy glebowe, we wszystkich stadiach powstawania owocnika. Chociaż wiadomo, że mikroorganizmy pełnią ważne funkcje w ekosystemach, to rola bakterii i grzybów w funkcjonowaniu gleb leśnych nie została jeszcze w pełni poznana. Rozpoznanie składu mikrobioty siedlisk trufli letniej ma duże znaczenie w plonowaniu tego gatunku, a także wskazaniu siedlisk sprzyjających rozwojowi tych grzybów, co zostało podkreślone we wstępie rozprawy, wprowadzając bardzo dobrze w zagadnienia podjęte w dysertacji oraz uzasadniając tematykę prac badawczych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej.

Kolejne rozdziały obejmują metodykę prowadzonych badań, w których Doktorantka dokładnie omówiła wybrane do badań stanowiska eksperymentalne, a także przedstawiła szereg technik badawczych oraz protokołów wykorzystanych do przeprowadzenia badań. Ta część rozprawy opatrzona jest schematami i tabelami ułatwiając zrozumienie poszczególnych etapów badań. Na pochwałę zasługuje dobre przygotowanie powiązanych ze sobą rozdziałów poświęconych analizom statystycznym, alfa- i beta-bioróżnorodności, właściwości chemicznych oraz korelacji. Kolejny, najbardziej obszerny, rozdział obejmuje omówienie wyników przeprowadzonych badań, w podziale na charakterystykę zbiorowisk bakterii glebowych, zasiedlających korzenie oraz występujących w owocnikach trufli letniej. Wyniki obejmują rezultaty analiz chemicznych, mikrobiologicznych, molekularnych i biochemicznych, co pokazuje umiejętność Doktorantki do logicznej analizy danych oraz uporządkowanej ich prezentacji. Podsumowanie badań i dyskusja stanowią cenny element opracowania, wskazując na umiejętność Doktorantki do właściwej konfrontacji wyników badań własnych z danymi literaturowymi, a także nakreślając perspektywy dalszych prac badawczych oraz możliwości wykorzystania uzyskanych rezultatów, zwłaszcza w poprawie technik uprawy trufli, co ma duże znaczenie gospodarcze dla hodowli *T. aestivum* w Polsce. Po omówieniu poszczególnych publikacji naukowych Doktorantka sformułowała dwa wnioski o charakterze ogólnym oraz dziewięć trafnych wniosków szczegółowych.

Praca stanowi spójny tematycznie cykl pięciu opublikowanych artykułów naukowych (*Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry – IF 0,545, 40 pkt; Annals of Forest Research – IF 2,7, 100 pkt; Sylwan – IF 0,654, 70 pkt; Applied Soil Ecology – IF 4,8, 140 pkt*). We wszystkich artykułach Doktorantka jest pierwszą autorką, co wskazuje na Jej wiodącą rolę w

przeprowadzonych badaniach, a załączone do rozprawy doktorskiej oświadczenia Doktorantki oraz współautorów potwierdzają zaangażowanie mgr Siebyły w wykonanie prac badawczych, analizę i interpretację uzyskanych wyników, przygotowanie manuskryptów oraz graficzne i statystyczne opracowanie otrzymanych danych. Tytuł dysertacji został sformułowany w sposób klarowny i odpowiada treści rozprawy doktorskiej. Na końcu rozprawy znajduje się literatura licząca aż 201 pozycji publikacji naukowych, wskazując na duże znaczenie badań podjętych przez Doktorantkę. Należy podkreślić, że struktura pracy jest zgodna z ogólnymi zasadami i wymogami stawianymi rozprawom doktorskim. **Pod względem formalnym bardzo wysoko oceniam przedłożoną do oceny rozprawę doktorską.**

2. Znaczenie i aktualność podjętej tematyki badawczej rozprawy

W związku z tym, że niemal 90% znanych gatunków roślin wchodzi w interakcje z mikroorganizmami, w tym grzybami mykoryzowymi, które nie są jeszcze do końca rozpoznane, ze względu na dużą złożoność tych zależności, podjęta tematyka dysertacji bardzo dobrze wpisuje się w wyzwania związane z rozpoznaniem mikrobioty siedlisk trufli letniej, stanowiąc istotny wkład w pogłębienie wiedzy o interakcjach zachodzących w siedliskach tych grzybów podziemnych oraz biorąc pod uwagę aspekt praktyczny istotny dla hodowli trufli w Polsce. Badania donoszą o korzystnym wpływie wielu rodzajów bakterii na symbiotyczne zależności roślin i grzybów, zwłaszcza trufli, dając podstawy zarówno do wymiany składników odżywczych oraz ochrony przed mikroorganizmami szkodliwymi.

Ekatomykoryzowe grzyby podziemne z rodzaju trufia (*Tuber* spp.) są bardzo cenne z gospodarczego punktu widzenia, ale także należą do ważnych komponentów funkcjonalnych ekosystemów leśnych. Do niedawna w Polsce trufle były grzybami mało poznanymi, jednakże wyniki prowadzonych od wielu lat prac badawczych wskazują na tworzenie przez te grzyby mykoryz z wieloma gatunkami drzew liściastych i iglastych. W Polsce trufia letnia najlepsze warunki do owocnikowania znajduje w drzewostanach mieszanych, na siedliskach lasów grądowych, w buczynach i dąbrowach. Istotny wpływ na występowanie i plonowanie trufli mają też warunki glebowe, temperatura i opady, ale przede wszystkim zawartość wapnia w glebie oraz jej struktura. Kompleksowe badania siedlisk trufli w kierunku rozpoznania mikrobioty gleby, roślin i owocników tych grzybów należą do rzadkich, ale w ostatnim okresie cieszą się coraz większą popularnością ze względu na dostępność technik analitycznych, stanowiąc istotny wkład w pogłębienie wiedzy na temat kształtowania mikrobioty trufli letniej w różnych siedliskach, a także w ujęciu praktycznym dając podstawy

do wykorzystania tych zależności w poprawie warunków hodowli i plonowania tych grzybów. Stąd recenzowana rozprawa doktorska mgr Marty Siebyły, obejmująca wspomniane zagadnienia, wpisuje się w problematykę rozpoznania interakcji w siedliskach trufli leśnej w kontekście poznawczym oraz użytkowym, mając znaczenie dla funkcjonowania ekosystemów, a także poprawy warunków hodowli cennych gospodarczo grzybów z rodzaju *Tuber*. Doktorantka skupiła się na wykorzystaniu podejścia metataksonomicznego w celu określenia struktury i różnorodności społeczności mikroorganizmów stanowisk trufli letniej, biorąc pod uwagę poszczególne nisze ekologiczne od gleby, przez korzenie ektomykoryzowe, a skończywszy na owocnikach trufli, a także włączyła do rozprawy szereg metod klasycznej mikrobiologii, biochemicznych oraz chemicznych, co jest walorem pracy i stanowi kompleksowe podejście do postawionego problemu badawczego.

Badania podjęte przez Doktorantkę są w pełni celowe i uzasadnione, biorąc pod uwagę korzyści wynikające zarówno z hodowli trufli, jak też sieci powiązań i interakcji zachodzących w siedliskach tych grzybów, które są istotne dla funkcjonowania ekosystemów leśnych. Prowadzenie badań nad analizą struktury i różnorodności bakterii towarzyszących grzybom z rodzaju *Tuber*, stanowi ważny element w ustaleniu zależności między składem społeczności bakterii w glebie, korzeniach roślin i owocnikach grzybów a efektywnością interakcji roślinnych gospodarzy trufli oraz procesów metabolicznych danego siedliska. Znaczenie podjęcia przez Doktorantkę badań z tej bardzo aktualnej i wymagającej pogłębienia wiedzy tematyki jest duże, ze względu na brak dostępnych i rozpoznanych dostatecznej liczby zespołów mikroorganizmów, dając przestrzeń na szerokie badania o znaczeniu środowiskowym oraz praktycznym.

Podkreślam, że recenzowana rozprawa doktorska przedstawia aktualną i bardzo interesującą tematykę badawczą, istotną dla ekosystemów leśnych, biorąc pod uwagę ich funkcjonowanie, ale także dla hodowli trufli, co jest istotne nie tylko z perspektywy badań podstawowych, ale ma też znaczenie praktyczne.

3. Merytoryczna analiza rozprawy

W pierwszej części rozprawy doktorskiej Doktorantka przedstawiła podsumowanie metod badawczych oraz wyników zaprezentowanych w publikacjach naukowych, poprzedzone wstępem wprowadzającym czytelnika w zagadnienia poruszane w dysertacji, co stanowi cenne opracowanie, nakreślające znaczenie trufli, jako ważnego komponentu

ekosystemów leśnych, a także wartościowych gospodarczo grzybów, zwracając szczególną uwagę na zależności oraz interakcje z bakteriami występującymi w siedliskach *Tuber aestivum*. Ocenianą rozprawę doktorską mgr Marty Siebyły cechuje nowoczesne spojrzenie na zagadnienia kształtowania zbiorowisk mikroorganizmów siedlisk trufli letniej, biorąc pod uwagę właściwości fizykochemiczne gleb oraz łącząc wyniki badań molekularnych z klasycznymi metodami mikrobiologii. Przedstawione w rozprawie doktorskiej rezultaty wymagały opanowania przez Doktorantkę szerokiego zakresu metod badawczych, czego efektem jest umiejętność wykorzystywania przez mgr Siebyłą szerokiego wachlarza technik analitycznych, składających się na bogaty warsztat badawczy Doktorantki, obejmujący metody biologii molekularnej, fizykochemiczne, mikrobiologiczne i biochemiczne, a także wskazujący na umiejętność mgr Siebyły do wykonywania analiz bioinformatycznych i statystycznych. Jak podkreśliła Doktorantka, znajomość składu gatunkowego i czynników sprzyjających formowaniu się zbiorowisk bakterii, które towarzyszą trufli letniej (*T. aestivum*), nie jest jak dotąd wystarczająca, a tylko nieliczne badania w tym zakresie dotyczyły samych owocników lub korzeni ektomykoryzowych, co sprawia, że istnieje konieczność głębszego rozpoznania tego zagadnienia, co zostało uwzględnione w jasno sprecyzowanym celu pracy. Cel pracy obejmował poznanie zbiorowisk bakterii towarzyszących trufli letniej (*Tuber aestivum*) w różnych fazach jej rozwoju, w glebie, korzeniach z ektomykoryzą i owocnikach, w wybranych drzewostanach w Polsce. Postawione hipotezy badawcze wskazują, że Doktorantka rozumie potencjalne znaczenie mikroorganizmów oraz ich interakcji dla funkcjonowania ekosystemu leśnego, a także rozwoju i formowania owocników trufli oraz jakości siedlisk tych grzybów.

W części metodycznej Doktorantka dokładnie scharakteryzowała powierzchnie badawcze wybrane do badań, omawiając nie tylko ich właściwości fizykochemiczne, ale także omówiła bardzo ważny z punktu widzenia tworzenia mykoryz skład drzewostanów występujących w poszczególnych lokalizacjach. Rozdział ten obejmuje również dobrze omówione metody laboratoryjne wykorzystane w badaniach, w tym przedstawia charakterystykę wskaźników wykorzystanych do oceny siedlisk trufli na podstawie przeprowadzonych analiz biochemicznych czy molekularnych. Wyniki uzyskanych badań zostały omówione oddzielnie dla testowanych nisz ekologicznych, przy czym za każdym razem w opisie znalazło się odniesienie do artykułu naukowego, którego dotyczą uzyskane rezultaty. W pierwszej kolejności Doktorantka podjęła się charakterystyki gleby i zbiorowisk bakterii glebowych występujących na testowanych powierzchniach eksperymentalnych, w których stwierdzono

obecność trufli letniej oraz w miejscach kontrolnych, w których obecności tych grzybów dotychczas nie odnotowano. Badania mikrobiologiczne pozwoliły na charakterystykę zbiorowisk bakterii na podstawie ogólnej liczebności bakterii i promieniowców oraz zebranie 347 izolatów bakterii. Nie do końca rozumiem sformułowanie zawarte w rozprawie, dotyczące zebranych izolatów bakteryjnych „*Spośród 347 izolatów bakterii pochodzących z pojedynczej kolonii bakteryjnej (jtk), wyizolowanych w latach 2016-2017 we wszystkich wariantach oceny, 28,5% stanowiły bakterie niehodowalne.*”. Skoro bakterie zostały wyizolowane z pojedynczej kolonii, a następnie zidentyfikowane za pomocą sekwencjonowania metodą Sangera, to rozumiem, że zostały wyhodowane na podłożach mikrobiologicznych, więc nasuwa się pytanie na jakiej podstawie zostały zaklasyfikowane do mikroorganizmów niehodowalnych. Bardzo proszę Doktorantkę o wyjaśnienie takiej interpretacji uzyskanych wyników. Doktorantka uzyskała szereg ciekawych wyników, dotyczących intensywności metabolicznej zbiorowisk mikroorganizmów glebowych w testowanych siedliskach trufli oraz na powierzchniach kontrolnych. Uwagę zwraca na ogół wyższa aktywność metaboliczna zbiorowisk bakteryjnych w siedliskach kontrolnych, a w jednym przypadku na powierzchni ze stwierdzoną obecnością trufli. Do wartościowych rezultatów zaliczam również analizę korelacji pomiędzy badanymi źródłami węgla a liczbą operacyjnych jednostek taksonomicznych w danej lokalizacji. Nasuwa się jednak pytanie, które grupy substratów węglowych lub też które konkretne źródła węgla były silniej metabolizowane w siedliskach truflowych, a które słabiej w porównaniu do testowanych powierzchni kontrolnych. Doktorantka wykazała dominację bakterii należących do klas Chloroflexi i Actinobacteria w wariacie, w którym odnotowano obecność trufli letniej, dlatego nasuwają się pytania czy te klasy mikroorganizmów dominują naturalnie w glebach leśnych, czy może mogłyby zostać uznane za wskaźniki biomarkerowe siedlisk truflowych. Bardzo proszę o opinię Doktorantki w tej kwestii oraz proszę o informację jak wyniki analiz metataksonomicznych kształtowały się na poziomie taksonomicznym rodzaju i gatunku, czy uwidoczniły się tutaj taksony charakterystyczne dla siedliska truflego i kontrolnego.

Analiza wyników dotyczących zbiorowisk bakterii korzeni drobnych pozwoliła Doktorantce na wskazanie trzech rodzajów bakterii *Pseudomonas*, *Erwinia* i *Serratia*, które dominowały w siedliskach trufli letniej i były bardziej liczne niż w korzeniach pochodzących z powierzchni kontrolnych. Wynik ten zaliczam do ciekawszych i proszę o informację czy te rodzaje bakterii występowały również w glebach, na których stwierdzono występowanie trufli oraz w owocnikach tych grzybów.

W przypadku badań owocników trufli do najciekawszych rezultatów zaliczam porównanie składu taksonomicznego owocników i korzeni mykoryzowych *T. aestivum*. Uzyskane analizy jednoznacznie wykazały odrębne zbiorowiska bakterii zasiedlających te dwie nisze ekologiczne. Przeprowadzone analizy porównawcze zbiorowisk bakterii zasiedlających glebę, korzenie i owocniki pozwoliły również na wskazanie taksonów wspólnych i specyficznych dla testowanych nisz ekologicznych. Jednakże nasuwa się pytanie czy taksony te były charakterystyczne dla siedlisk trufli letniej czy dla powierzchni kontrolnych. Bardzo proszę Doktorantkę o wyjaśnienie tej wątpliwości podczas obrony rozprawy doktorskiej.

Bardzo ważną część rozprawy stanowi rozdział podsumowanie wyników i dyskusja, w którym Doktorantka skonfrontowała wyniki uzyskanych badań z danymi literaturowymi, odnosząc się do cyklu życiowego grzybów podziemnych oraz mechanizmów funkcjonowania bakterii w owocniku trufli. Przedyskutowała wyniki analizy mikrobiomu na tle właściwości fizykochemicznych, podkreślając ich znaczenie w uprawie trufli. Doktorantka zwróciła też uwagę na unikalne zapachy wydzielane przez grzyby z rodzaju *Tuber*, a także podkreśliła, że bakterie z rodzaju *Sphingomonas*, *Nocaridioides*, *Flavobacterium*, *Streptomyces* mogą być indykatorem „gleb truflowych” lub gleb sprzyjających występowaniu trufli. W tym miejscu nasuwa się pytanie czy te rodzaje mikroorganizmów, a może ich konkretne gatunki, mogą zostać wykorzystane do opracowania biopreparatów do stymulacji siedlisk, w których mogłyby być uprawiane trufle.

Za podsumowaniem i dyskusją wyników Doktorantka umieściła wnioski płynące z badań, formułując dwa wnioski o charakterze ogólnym, podkreślające ogromne znaczenie warunków siedliskowych w skuteczności zawiązywania symbioz ektomykoryzowych trufli letniej, a następnie tworzenia się owocników tego gatunku i ich dalszego wzrostu. Doktorantka podkreśliła, że nowoczesne metody sekwencjonowania następnej generacji są dobrym narzędziem do monitorowania stanowisk truflowych, a także mogą mieć znaczenie w opracowaniu szczepionek bakteryjnych stymulujących rozwój trufli w uprawach tych grzybów podziemnych. We wniosku szóstym Doktorantka wymieniła mikroorganizmy występujące w glebie siedlisk, w których obecne były owocniki trufli letniej, wszystkie z nich zaliczane są do promieniowców, stąd nasuwa się pytanie, jak Pani może wytłumaczyć to zjawisko, czy, a jeśli tak to dlaczego promieniowce mogą mieć znaczenie dla rozwoju owocników grzybów podziemnych.

Poszczególne publikacje naukowe wchodzące w skład dysertacji są komplementarne i obejmują zakres prac badawczych zmierzających do realizacji celów rozprawy. Metataksonomiczne badania zbiorowisk bakterii w siedliskach trufli letniej należy zaliczyć do nowatorskich i bardzo ciekawych w kontekście monitoringowym oraz aplikacyjnym, poprzez opracowanie technologii i metod na bazie mikrobiomu wspierających hodowlę i uprawę trufli, a także w kontekście pogłębienia wiedzy na temat zbiorowisk mikroorganizmów glebowych, zasiedlających korzenie drobne oraz owocniki trufli.

Rozprawa doktorska nadała nową jakość badaniom siedlisk trufli, obejmując kompleksowe podejście oparte na badaniach zbiorowisk bakterii towarzyszących trufiom w glebie, korzeniach drobnych oraz owocnikach tych grzybów, a szeroki wachlarz wykorzystanych metod badawczych pozwolił przeprowadzić interdyscyplinarne badania, przyczyniając się do istotnego pogłębienia wiedzy, których celem było rozpoznanie struktury i funkcji mikrobioty bateryjnej w różnych niszach ekologicznych siedlisk trufli letniej.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska jest przykładem bardzo umiejętnego i nowoczesnego wykorzystania podejścia metataksonomicznego oraz różnorodnych metod niezbędnych do realizacji założeń i celów rozprawy, co wymagało opanowania warsztatu badawczego z obszaru biologii molekularnej, fizykochemii, mikrobiologii i biochemii. Należy podkreślić bardzo dużą wartość naukową uzyskanych wyników oraz dokładne opisy metodyczne. Przedstawione rezultaty badań, ich dyskusja na tle aktualnego stanu wiedzy, a także zastosowane podejście metodyczne potwierdzają przyswojenie przez Doktorantkę szerokiej wiedzy.

Na podkreślenie zasługuje kompleksowe przeprowadzenie badań związanych z rozpoznaniem mikrobioty siedlisk trufli letniej, których rezultaty mogą znaleźć zastosowanie praktyczne w uprawie grzybów podziemnych, a wykorzystanie nowoczesnych narzędzi metagenomicznych może znaleźć zastosowanie w monitoringu struktury i różnorodności zbiorowisk mikroorganizmów w siedliskach trufli.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pokazuje umiejętność Doktorantki do prowadzenia badań naukowych, analizy i interpretacji uzyskanych rezultatów oraz ich prawidłowego omówienia i przedstawienia na tle aktualnego stanu wiedzy. Rozprawa doktorska mgr Marty Siebyły wyróżnia się bardzo dużą starannością przygotowania i klarownością opisu.

Podczas analizy rozprawy doktorskiej nasunęły mi się pytania, które zadałam powyżej, przy czym jednocześnie podkreślam, że zadane pytania potwierdzają moje zainteresowanie tematyką rozprawy doktorskiej i mają charakter dyskusyjny, wynikający z przeprowadzonych wielokierunkowych badań. Wysoko oceniam wartość merytoryczną recenzowanej rozprawy doktorskiej.

4. Wniosek końcowy

Dysertacja doktorska Pani mgr Marty Siebyły jest opracowaniem wnoszącym istotny wkład w tematykę interakcji zachodzących między bakteriami, korzeniami mykoryzowymi a owocnikami w siedliskach trufli letniej. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością problematyki rozprawy, opanowała wiele technik analitycznych, a także wykazała się zdolnością do publikacji uzyskanych rezultatów w ramach artykułów naukowych.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Marty Siebyły stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, dotyczącego identyfikacji zespołów bakterii związanych z naturalnymi stanowiskami trufli (*Tuber spp.*), i spełnia wymagania na podstawie ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki.

W związku z powyższym wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie Starym o dopuszczenie mgr Marty Siebyły do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę nowatorskie podejście, zastosowane metody badawcze oraz znaczenie trufli w ekosystemach leśnych oraz z punktu widzenia gospodarczego, a także dużą wartość poznawczą otrzymanych rezultatów, duży potencjał aplikacyjny i bardzo wysoki poziom merytoryczny rozprawy doktorskiej, w tym opublikowanie wszystkich wyników badań w ramach pięciu artykułów naukowych, **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Marty Siebyły.**



prof. dr hab. Magdalena Frąć