

Wrocław, 10.11.2025

Prof. dr hab. inż. Piotr Kolasinski
Katedra Termodynamiki
i Odnawialnych Źródeł Energii
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Recenzja

**Rozprawy doktorskiej magistra inżyniera Mohammadsadegha Pahlavanzadeha
pt.: „Assessment of the possibility of improving the momentum transfer in the flow
between rotating discs”**

1. Podstawa opracowania recenzji i informacje ogólne

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej, Pana prof. dr. hab. Krzysztofa Labusa, z dnia 3.10.2025 r. informujące o powołaniu mnie na recenzenta pracy doktorskiej Pana mgr. inż. Mohammadsadegha Pahlavanzadeha.

Praca doktorska pt.: „Assessment of the possibility of improving the momentum transfer in the flow between rotating discs” wykonana została przez Pana mgr. inż. Mohammadsadegha Pahlavanzadeha pod kierunkiem promotora Pana prof. dr. hab. inż. Włodzimierza Wróblewskiego i promotora pomocniczego Pana dr. inż. Krzysztofa Rusina.

2. Aktualność tematu rozprawy

Poszukiwanie i rozwój nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn rozprężających jest jednym z najważniejszych kierunków badawczych w dziedzinie współczesnej energetyki i budowy maszyn. W szczególności dotyczy to maszyn przeznaczonych do wykorzystania w układach energetycznych małej i średniej mocy, które mogą być w przyszłości stosowane w energetyce rozproszonej i prosumenckiej opartej o alternatywne źródła energii. Turbina Tesli stanowi przykład maszyny rozprężającej, której konstrukcja nie jest jeszcze w pełni poznana i opisana naukowo a jej zastosowanie praktyczne ogranicza się głównie do maszyn prototypowych. Obecnie turbiny te są przedmiotem badań rozwojowych, laboratoryjnych i modelowych a prowadzone prace badawcze dotyczą rozwoju i udoskonalania konstrukcji w celu poprawy charakterystyki pracy maszyny oraz zwiększenia osiąganych mocy

i sprawności. Biorąc pod uwagę budowę, zasadę działania, charakterystykę pracy i charakter zjawisk cieplno-przepływowych zachodzących w turbinach Tesli należy podkreślić, że zagadnienia te są złożone z naukowego punktu widzenia. Wybór tematu pracy doktorskiej można uznać więc za trafny. Jego realizacja pozwala doktorantowi wykazać się wiedzą i samodzielnością zakresie modelowania matematycznego i numerycznego zjawisk cieplno-przepływowych zachodzących w maszynach energetycznych.

3. Charakterystyka treści rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska łączy zbiór pięciu powiązanych tematycznie publikacji, których Doktorant jest współautorem z dodatkowymi wynikami badań dotyczących analiz przepływowych turbiny Tesli wykorzystującej niskowrzące czynniki robocze stosowane w układach ORC. Treść rozprawy stanowi przewodnik omawiający szczegółowo osiągnięcia Doktoranta w poszczególnych obszarach prowadzonych badań, których wyniki opublikowano w artykułach naukowych ujętych w zbiorze publikacji. Artykuły te zostały opublikowane w następujących czasopismach: International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, Energies, International Journal of Heat and Mass Transfer oraz Physics of Fluids. Czasopisma te posiadają współczynnik Impact Factor i są ujęte na liście MNiSW. W zbiór publikacji wchodzi następujące artykuły:

1. Pahlavanzadeh, M., Rusin, K., Wróblewski, W., (2023). Evaluation of dynamic correction of turbulence wall boundary conditions to simulate roughness effect in minichannel with rotating walls. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow. <https://doi.org/10.1108/HFF-03-2023-0160>.
2. Pahlavanzadeh, M., Rulik, K., Wróblewski, W., Rusin, K., (2024). Application of roughness models to stationary and rotating minichannel flows. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow. <https://doi.org/10.1108/HFF-05-2024-0379>.
3. Pahlavanzadeh, M., Wróblewski, W., Rusin, K., (2024). On the Flow in the Gap between Co-rotating Disks of Tesla Turbine with Different Supply Configurations: A Numerical Study. Energies. <https://doi.org/10.3390/EN17174472>.
4. Pahlavanzadeh, M., Wróblewski, W., Rusin, K., (2025). Evaluation of nozzle configuration impact on flow structures and performance in Tesla turbine. International Journal of Heat and Mass Transfer. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEATMASSTRANSFER.2025.126900>.
5. Pahlavanzadeh, M., Rusin, K., Wróblewski, W., Rulik, S., (2025). Roughness effects on flow in Tesla turbine with parametric adjustment of porous layer model. Physics of Fluids. <https://doi.org/10.1063/5.0247548/3329214>

Rozprawę przedstawiono na 70 stronach z zachowaniem podziału na spis treści, listę publikacji wchodzących w zbiór stanowiący podstawę rozprawy (wraz ze wskazaniem określonego opisowo i w procentach wkładu autora w poszczególne publikacje), streszczenie, wykaz oznaczeń, 5 rozdziałów, podsumowanie i wnioski, wykaz literatury oraz załączniki (w postaci treści 5 artykułów stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej).

W rozdziale 1 pt.: *Introduction* Doktorant omawia motywację jaka zachęciła go do podjęcia realizacji poruszanej w rozprawie tematyki badawczej. Przedstawia też szczegółowe rozeznanie literaturowe dotyczące badań eksperymentalnych, modelowania CFD zjawisk przepływowych oraz modelowania numerycznego chropowatości powierzchni tarcz turbiny Tesli które były przeprowadzone przez innych badaczy. W podsumowaniu rozdziału 1 Doktorant wskazuje na następujące, główne problemy natury naukowej na które odpowiedź chce znaleźć poprzez realizację badań:

1. Jakie podejście numeryczne zapewnia najdokładniejszą symulację przepływu między obracającymi się tarczami pomiędzy którymi występuje szczelina o szerokości podobnej do stosowanej w turbinie Tesli, biorąc pod uwagę modele turbulencji, jakość siatki numerycznej i chropowatość powierzchni?
2. Jaki jest wpływ zmniejszenia rozmiaru szczeliny między obracającymi się tarczami na charakterystykę i formowanie przepływu?
3. W jaki sposób chropowatość powierzchni wpływa na naprężenie ścinające na ściankach tarcz i charakterystykę przepływu w przepływie w kanale i w szczelinie między obracającymi się tarczami?
4. Która metoda modelowania chropowatości powierzchni najlepiej odpowiada wynikom eksperymentalnym i wynikającym z przeglądu literatury?
5. W jaki sposób ukierunkowanie strumienia czynnika roboczego za pomocą dyszy wpływa na charakterystykę przepływu między obracającymi się tarczami w porównaniu do przypadku bez zastosowanych dysz wlotowych?
6. W jaki sposób zastosowana liczba dysz wlotowych i ich konfiguracja wpływają na aerodynamikę, sprawność i moc wyjściową turbiny Tesli?
7. Jaki jest wpływ interakcji dysz wlotowych z krawędziami tarczy i warstwą przyścienną na charakterystykę i stabilność przepływu w szczelinach pomiędzy tarczami wirnika?
8. Jak modele turbulencji $k - \omega$ SST i LES sprawdzają się w przewidywaniu charakterystyki przepływu i wydajności turbin Tesli?

9. W jaki sposób można dokładniej przedstawić w symulacjach CFD wpływ rzeczywistej chropowatości powierzchni, szczególnie w kontekście modelowania turbin Tesli?
10. Jak chropowatość powierzchni tarcz wpływa na osiągi turbiny Tesli pracującej z wybranymi czynnikami roboczymi stosowanymi w układach ORC?

Rozdział 2 pt.: *Investigation of flow characteristics in minichannel with stationary and rotating walls – Papers I and II* omawia wyniki przeprowadzonych przez Doktoranta i opublikowanych w publikacjach nr 1 i nr 2 badań dotyczących udoskonalaniu procesu modelowania wpływu chropowatości powierzchni przepływowych stanowiących ściany wąskich szczelin przepływowych, które odpowiadają warunkom przepływowym w szczelinach pomiędzy powierzchniami tarcz turbiny Tesli. Autor omówił najważniejsze parametry mające wpływ na zachodzące zjawiska, którymi są: rozmiar szczeliny i zwężenie domeny, wysokość i kształt chropowatości, charakter przepływu (laminarny i turbulentny), naprężenie ścinające przy ściankach, lepkość wirowa, wpływ obrotu tarcz na interakcję warstw przyściennych oraz dyfuzja pędu i turbulentny rozkład energii kinetycznej.

Następnie przedstawił i omówił zastosowany do obliczeń numerycznych model matematyczny oraz uzyskane przy zastosowaniu oprogramowania Ansys Fluent wyniki modelowania, które przeprowadzone było dla dwóch przypadków: przepływu o zerowym gradiencie ciśnienia nad płytą chropowatą oraz przepływu między obracającymi się tarczami.

Najważniejszym wynikiem przeprowadzonych badań było potwierdzenie możliwości wykorzystania modelu turbulencji $k - \omega SST$ w połączeniu z metodą chropowatości Aupoix, który okazał się odpowiedni do prowadzenia symulacji przepływu zarówno w stacjonarnych, jak i obrotowych minikanalach. Zastosowanie modelu prowadzi do zmniejszenia czasu obliczeniowego przy jednoczesnym zachowaniu wystarczającej dokładności obliczeń. Co istotne, wyniki badań wykazały, że stosowane chropowate elementy zwężają przekrój poprzeczny przepływu, co prowadzi do rozbieżności między wynikami eksperymentalnymi a przewidywaniami teoretycznymi oraz, że wysokość chropowatości powierzchni odgrywa istotną rolę w zachowaniu warstwy przyściennej. Wykazano, że zwiększenie wysokości chropowatości powierzchni doprowadziło do poprawy sprawności maszyny.

Rozdział 3 pt.: *Investigation of flow characteristics between corotating disks of Tesla turbine – Papers III, and IV* omawia wyniki prac, które Doktorant opublikował w publikacjach nr 3 i nr 4. Przedmiotem badań była analiza przepływu pędu i energii kinetycznej w wąskiej

szczelinie pomiędzy obracającymi się tarczami, ze szczególnym uwzględnieniem złożonego zachowania przepływu wynikającego z ruchu obrotowego tarcz i występujących turbulencji.

Omówiono badania porównawcze dwóch modeli turbulencji: modelu $k - \omega$ SST oraz LES wykorzystującego model Smagorinsky SGS. Ocenie poddano sposób w jaki każdy z modeli oddaje istotne cechy przepływu.

Następnie omówiono wyniki prac w których analizie poddano różne konfiguracje dysz wlotowych, porównując konfiguracje w której pojedyncza dysza zasila pojedynczą szczelinę pomiędzy tarczami, z wariantami w których pojedyncza dysza zasila wiele szczelin. Badania prowadzone były dla dwóch konfiguracji układu wlotowego: składającego się z sześciu oraz czterdziestu dysz. W badaniach określano wpływ ilości dysz m.in. na sprawność turbiny i rozkład naprężeń ścinających na ściankach tarcz. Najważniejszymi wnioskami z przeprowadzonej analizy było wskazanie, że model $k - \omega$ SST zapewnia wystarczająco dokładne odwzorowanie parametrów przepływu przy znacznie krótszym czasie obliczeń a model LES cechuje się większą dokładnością, szczególnie w obszarach w pobliżu zewnętrznej krawędzi tarcz, gdzie generowane są wiry. Ważną obserwacją było wykazanie, że liczba i konfiguracja zastosowanych dysz wlotowych znacząco wpływa na charakterystykę przepływu i osiągi maszyny. Zastosowanie większej liczby dysz prowadzi do zwiększenia masowego natężenia przepływu i mocy wyjściowej maszyny, lecz jednocześnie prowadzi do zaburzeń przepływu i zmniejszenia sprawności maszyny w porównaniu do przypadku w którym zastosowano mniejszą liczbę dysz.

Rozdział 4 pt.: *Simulation of roughness using Porous Medium Layer (PML) – Paper V* przedstawia wyniki badań dotyczących symulacji chropowatości powierzchni tarcz z wykorzystaniem warstwy ośrodka porowatego, które opublikowane zostały w publikacji nr 5. Celem badań prowadzonych w tym obszarze było zaproponowanie autorskiej metody modelowania chropowatości powierzchni tarcz turbiny, polegającej na wprowadzeniu na modelowanej powierzchni tarczy warstwy ośrodka porowatego oraz porównanie uzyskanych wyników modelowania z wynikami uzyskanymi przy wykorzystaniu standardowo stosowanego w tym przypadku modelu „ziarna piasku”. Omówiono walidację zaproponowanego modelu ośrodka porowatego w oparciu o dane doświadczalne uzyskane w czasie eksperymentu obejmującego badania spadku ciśnienia podczas przepływu przez minikanaly a następnie przeprowadzone dla 7 różnych przypadków powierzchni gładkich i chropowatych symulacje numeryczne przy wykorzystaniu modeli turbulencji $k - \omega$ SST i LES. Najważniejszym wynikiem analizy było opracowanie i przeprowadzenie walidacji

modelu warstwy porowatej oraz udowodnienie, że metoda ta może dokładnie odzwierciedlić rzeczywistą geometrię powierzchni chropowatej, co zmniejsza czas obliczeń przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej dokładności. Wyniki symulacji przeprowadzonych dla różnych prędkości obrotowych i przypadków bez zastosowanej warstwy chropowatej i z tą warstwą wskazują że wprowadzenie warstwy chropowatej prowadzi do zwiększenia sprawności maszyny.

Rozdział 5 pt.: *Roughness modeling by Porous Medium Layer model in Tesla turbine working on ORC fluids* przedstawia zakres i wyniki badań przeprowadzonych w zakresie modelowania wpływu chropowatości powierzchni tarcz turbiny Tesli na zjawiska przepływowe zachodzące w szczelinach pomiędzy tarczami, dla czynników roboczych stosowanych w układach ORC. Badania przeprowadzono dla dwóch niskowrzących czynników roboczych: R1234yf i n-heksanu. Jako wstęp do rozdziału i tło problematyki zastosowania turbin Tesli w układach ORC przedstawiono krótkie rozeznanie literaturowe a następnie omówiono zastosowany model matematyczny oraz procedurę jego walidacji w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych na stanowisku badawczym w postaci minikanalu przepływowego. Następnie omówiono procedury i wyniki badań numerycznych obejmujących symulację pracy turbiny Tesli z uwzględnieniem chropowatości powierzchni tarcz oraz różnych warunków pracy turbiny i czynników roboczych. Najważniejszym wynikiem przeprowadzonej analizy było wykazanie, że zaproponowany model chropowatości jest odpowiedni do modelowania przepływów gazów rzeczywistych w szerokim zakresie parametrów operacyjnych oraz że zastosowanie chropowatości na powierzchni tarcz może znacząco poprawić sprawność turbiny Tesli.

Ostatnia część rozprawy to podsumowanie i zestawienie najważniejszych wniosków oraz wykaz cytowanej literatury obejmujący 85 pozycji.

4. Ocena i uwagi dotyczące strony merytorycznej rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska dotyczy istotnego z naukowego i praktycznego punktu widzenia problemu rozwoju konstrukcji turbin Tesli, które mogą w przyszłości znaleźć zastosowanie praktyczne w układach energetycznych małej mocy przeznaczonych do wykorzystania alternatywnych źródeł energii takich jak np. układy ORC. W pracy przeprowadzono obszerną analizę symulacyjną dotyczącą wpływu konfiguracji konstrukcyjnej układu przepływowego turbiny oraz różnych warunków pracy i czynników

roboczych na jej osiągi. Analizą objęto wpływ zarówno różnych konfiguracji dysz układu wlotowego gazu do turbiny jak i chropowatości powierzchni tarcz roboczych turbiny.

Temat badawczy, którego realizacji podjął się Doktorant jest problemem złożonym i łączącym zagadnienia termodynamiczne i przepływowe z inżynierią kształtu powierzchni.

Doktorant opracował modele numeryczne układu przepływowego turbiny Tesli i przy ich wykorzystaniu przeprowadził w oprogramowaniu Ansys Fluent symulacje numeryczne pracy turbiny dla różnych parametrów konstrukcyjnych i zmiennych warunków pracy maszyny. W symulacjach porównywał dwa modele turbulencji: model $k - \omega SST$ i model LES. Wykazał, że model $k - \omega SST$ może znaleźć zastosowanie do modelowania zjawisk przepływowych w turbinach Tesli przy zachowaniu odpowiedniej dokładności i wydajności obliczeniowej. Wykazał też, że porównaniu do modelu $k - \omega SST$, model LES oferuje lepszą dokładność szczególnie w pobliżu zewnętrznych krawędzi tarczy, co czyni go przydatnym do prowadzenia symulacji o wysokiej dokładności. W swoich symulacjach Doktorant prowadził też porównanie różnych modeli chropowatości i wskazał, że standardowo stosowane modele chropowatości nie odzwierciedlają w sposób wystarczająco dokładny wpływu rzeczywistej geometrii chropowatości na warunki przepływu. Zaproponował zastosowanie autorskiego, zwalidowanego na podstawie danych eksperymentalnych modelu PML, który okazał się odpowiednim narzędziem do modelowania chropowatości powierzchni. Wyniki przeprowadzonych przez Doktoranta symulacji numerycznych jednoznacznie wykazały, że wprowadzenie chropowatości na powierzchni tarcz turbiny prowadzi do poprawy warunków przepływu oraz zwiększenia mocy i sprawności turbiny. W prowadzonych symulacjach Doktorant analizował również wpływ parametrów konstrukcyjnych turbiny i stosowanych czynników roboczych na uzyskiwane osiągi i parametry pracy maszyny. Wskazał, że zwiększenie liczby dysz dolotowych może prowadzić do zwiększenia mocy wyjściowej turbiny ale może również prowadzić do zmniejszenia jej sprawności a rodzaj zastosowanego czynnika roboczego ma istotny wpływ na jej osiągi. Wyniki swoich prac opublikował w 5 artykułach w których wg zamieszczonej w przewodniku deklaracji dotyczącej wkładu autorskiego miał wkład większościowy.

Oceniając dokonania Pana mgr. inż. Mohammadsadegha Pahlavanzadeha należy wskazać, że rozwiązanie przedstawionych jako celów realizacji pracy doktorskiej zadań wymagało od Doktoranta samodzielności naukowej oraz posiadania i umiejętnego wykorzystania zaawansowanej wiedzy z zakresu mechaniki płynów, termodynamiki, matematyki i komputerowych technik modelowania numerycznego procesów cieplno-przepływowych. Z treści rozprawy jednoznacznie wynika, że Doktorant wykazuje się umiejętnością doboru

odpowiednich metod realizacji prowadzonych przez siebie badań. Metody te obejmowały zastosowanie zaawansowanych modeli matematycznych i numerycznych, prowadzenia symulacji numerycznych i badań eksperymentalnych oraz interpretacji ich wyników.

Analizując treść rozprawy pod względem merytorycznym uznać należy, że postawione przez Doktoranta w rozdziale 1 cele realizacji pracy doktorskiej zostały w pełni osiągnięte a odpowiedzi na postawione pytania natury badawczej zostały uzyskane.

Doktorant dokonał przeglądu literatury w obszarze zagadnień związanych z konstrukcją i modelowaniem pracy turbin Tesli czym wykazał umiejętność korzystania ze światowych zasobów literatury. W pracy odniósł się do 85 pozycji literaturowych, z których wiele to artykuły opublikowane w ostatnim czasie w recenzowanych czasopismach posiadających współczynnik oddziaływania IF. Rozeznanie literaturowe pozwoliło mu na trafne określenie pytań badawczych, kierunku, zakresu i programu realizacji prac będących przedmiotem rozprawy doktorskiej.

Analizując rozprawę doktorską stwierdzam, że Doktorant wykazał iż potrafi sformułować problem badawczy oraz znaleźć stosowne narzędzia do jego rozwiązania jak i przeprowadzić symulacje numeryczne dotyczące problemu i wyciągnąć z niej wnioski.

Za najważniejsze osiągnięcia Doktoranta w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka należy uznać:

1. Przeprowadzenie symulacji numerycznych pracy turbiny Tesli przy zastosowaniu modeli turbulencji $k - \omega SST$ i modelu LES oraz porównanie uzyskanych wyników,
2. Wykazanie, że wprowadzenie chropowatości na powierzchni tarcz turbiny prowadzi do poprawy warunków przepływowych oraz zwiększenia mocy i sprawności turbiny,
3. Opracowanie autorskiego modelu PML oraz wykazanie że jest on odpowiednim narzędziem do modelowania chropowatości powierzchni tarcz turbiny Tesli,
4. Ocenę wpływu konfiguracji układu dolotowego turbiny poprzez modyfikację ilości dysz wlotowych na osiągi maszyny.

Część merytoryczna pracy ma charakter analizy modelowej i została opracowana na wysokim poziomie.

Przy lekturze rozprawy nasunęły mi się następujące spostrzeżenia i pytania o których wyjaśnienie proszę Doktoranta:

1. Jakie w opinii Doktoranta powinny być cechy konstrukcyjne turbin Tesli stosowanych do rozprężania czynników roboczych w postaci gazów technicznych oraz czynników niskowrzących?
2. Czy na podstawie uzyskanych przez Doktoranta wyników możliwe jest sformułowanie metody projektowania turbin Tesli dedykowanych konkretnemu zastosowaniu (np. w układzie ORC lub w układzie parowym)?
3. Z jakiego powodu do analizy wpływu ilości dysz wlotowych do turbiny zostały wybrane warianty obejmujące 6 i 40 dysz?
4. Jakie w opinii Doktoranta parametry chropowatości powinny być zastosowane w tarczach turbiny Tesli przeznaczonych do pracy z czynnikami roboczymi w postaci gazów technicznych a jakie w przypadku czynników niskowrzących?

5. Uwagi szczegółowe dotyczące strony redakcyjnej pracy

Rozprawa doktorska została opracowana w sposób staranny i spełnia wymagania redakcyjne zwyczajowo przyjęte dla rozpraw doktorskich. Autor posługuje się prawidłową terminologią techniczną. Materiał ilustracyjny w postaci rysunków został opracowany czytelnie i nie budzi zastrzeżeń.

6. Podsumowanie

Analiza przedstawionej do oceny pracy doktorskiej Pana mgr. inż. Mohammadsadegha Pahlavanzadeha wskazuje, że praca ta stanowi oryginalne rozwiązanie złożonego problemu naukowego. Doktorant wykazał, że posiada i umiejętnie wykorzystuje wiedzę teoretyczną z zakresu mechaniki płynów, termodynamiki, matematyki i komputerowych technik modelowania numerycznego procesów cieplno-przepływowych. Doktorant wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Potrafi przeanalizować i wykorzystać dostępne w literaturze dane naukowe, sformułować modele analityczne i numeryczne maszyny oraz przeprowadzić przy ich wykorzystaniu modelowanie jej pracy a następnie przedyskutować i zinterpretować uzyskane wyniki oraz na ich podstawie sformułować wnioski a wyniki prac rozpowszechnić w publikacjach. Doktorant osiągnął cenne wyniki, które mogą stanowić przyczynek do kontynuacji badań.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Mohammadsadegha Pahlavanzadeha ma charakter odpowiadający wymaganiom stawianym pracom doktorskim i spełnia warunki określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – Dz. U. 2023 r., poz. 742 ze zm. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o przyjęcie pracy doktorskiej Pana mgr. inż. Mohammadsadegha Pahlavanzadeha i dopuszczenie go do publicznej obrony.

Ponadto, mając na uwadze zachowanie wysokich standardów badawczych oraz oryginalne podejście do rozwiązania złożonych zagadnień naukowych wnoszę do Rady Naukowej o wyróżnienie rozprawy.

Podpisał Piotr Kolasiński