

Prof. dr hab. Grzegorz Juras

Katowice, 27.04.2026

Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach

Katedra Motoryczności Człowieka

ul. Mikołowska 72a

40-065 Katowice

Tel.: +32 2075141

E-mail: g.juras@awf.katowice.pl

Recenzja pracy doktorskiej

ppor. mgr inż. Natalii Daniel pt. „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w cyklicznym wysiłku fizycznym”

Podstawą do sporządzenia recenzji rozprawy ppor. mgr inż. Natalii Daniel i wskazania, czy na jej podstawie zasadnym jest nadanie stopnia naukowego doktora, jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie dr hab. inż. Stanisława Kachela profesora WAT z dnia 18 marca 2026 roku.

Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Wojciech Kaczmarek

Przedłożona do recenzji rozprawa została sporządzona w formie cyklu powiązanych tematycznie publikacji o wspólnym tytule „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w cyklicznym wysiłku fizycznym”. Na cykl składa się pięć oryginalnych artykułów o łącznej wartości punktowej 420 punktów MNiSW oraz sumarycznym wskaźniku oddziaływania (IF) 15,6. Warto w tym miejscu nadmienić, że choć wartości bibliometryczne służą przede wszystkim do oceny instytucjonalnej, natomiast w przypadku postępowań promocyjnych koncentrujemy się na ocenie jakościowej, uzyskane wartości punktowe uzyskane w trakcie dochodzenia do osiągnięcia pierwszego stopnia naukowego są imponujące. Fakt ten należy odnotować i

jednocześnie pogratulować Kandydatce, Promotorowi, Promotorowi Pomocniczemu i Przewodniczącemu Rady Dyscypliny Naukowej, ponieważ osiągnięcie to z pewnością stanowi istotny wkład do oceny parametrycznej Jednostki w pierwszym kryterium.

Kandydatka jest pierwszą i wiodącą Autorką we wszystkich pięciu pracach stanowiących tematyczny cykl. Zgodnie z pisemnymi oświadczeniami Autorki i Współautorów Jej wkład wyniósł od 70 do 80 % w każdej z prac. Artykuły zostały opublikowane w latach 2023 – 2026 w dobrze dobranych periodykach naukowych. Na cykl składają się następujące prace:

1. Natalia Daniel, Kamil Sybilski, Wojciech Kaczmarek, Dariusz, Siemiaszko and Jerzy Małachowski, *Relationship between EMG and fNIRS during Dynamic Movements*, Sensors, Volume 23, Number 11, 2023, DOI: 10.3390/s23115004, IF 3,5, punkty MNiSW: 100 pkt.
2. Natalia Daniel and Jerzy Małachowski, Wavelet analysis of the EMG signal to assess muscle fatigue in the lower extremities during symmetric movement on a rowing ergometer, Acta Bioeng. Biomech., Volume 25, Number 2, 2023, DOI: 10.37190/ABB-02282-2023-01, IF 1,0, punkty MNiSW: 100 pkt.
3. Natalia Daniel, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski and Dariusz Siemiaszko, Quantitative assessment of muscle fatigue during rowing ergometer exercise using wavelet analysis of surface electromyography (sEMG), Front. Bioeng. Biotechnol., Volume 12, 2024, DOI: 10.3389/fbioe.2024.1344239, IF 4,8, punkty MNiSW: 100 pkt.
4. Natalia Daniel, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski, Dariusz Siemiaszko and Kamil Klicki, Research on the influence of virtual reality on muscle fatigue during rowing ergometer exercise – pilot study, PLOS One, Volume 21, Pages 1-15, 2026, DOI: 10.1371/journal.pone.0342166, IF 2.6, punkty MNiSW: 100 pkt.
5. Natalia Daniel, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski and Michalina Błażkiewicz, Muscle Fatigue in Dynamic Movement: Limitations and Challenges, Experimental Design, and New Research Horizons, Bioengineering, Volume 13, Number 2, 2026, DOI: 10.3390/bioeng13020248, IF 3.7, punkty MNiSW: 20 pkt.

Głównym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było opracowanie oryginalnej metodyki badawczej i zweryfikowanie możliwości jej zastosowania do wyznaczenia charakterystyk zmęczeniowych mięśni w trakcie ćwiczeń dynamicznych na ergometrze wiosłarskim. Autorka dla osiągnięcia założonego głównego celu pracy etapowała swoje działania, które niejako w formie odrębnych zadań badawczych, w których realizowane były cele cząstkowe całego cyklu, stanowiły motywy przewodnie kolejnych publikacji naukowych. Postępowanie takie uznać należy za modelowe w dochodzeniu do realizacji podstawowego celu nauki, jakim jest poznanie. Kandydatka rozpoczęła więc od studiów literaturowych, a następnie skoncentrowała się na opracowaniu oryginalnej procedury badawczej, w tym na integracji czujników mechatronicznych do rejestracji zmian zachodzących w mięśniach podczas ćwiczeń dynamicznych. Kolejne kroki związane były z zastosowaniem metody eksperymentalnej w celu zebrania materiału badawczego oraz wielowymiarowa analiza danych. Najważniejszym osiągnięciem Kandydatki na tym etapie wydaje się być przetwarzanie zarejestrowanych danych pomiarowych według zaproponowanego algorytmu bazującego na dyskretniej transformacie falkowej (DWT). W mojej opinii już te rezultaty stanowiłyby solidną podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora, jednak Kandydatka pokusiła się o kolejne działania i zaimplementowaniu do procedury eksperymentalnej scenarii wirtualnej rzeczywistości (VR), co ma swoje uzasadnienie w standaryzacji protokołu oraz możliwości wprowadzenia kontrolowanych zmiennych w procesie treningowym.

Podjęte przez Doktorantkę działania oceniam jako oryginalne i wartościowe. Należy w tym miejscu zauważyć, że podjęta tematyka badawcza jest nie tylko ważna poznawczo, a także posiada walory aplikacyjne. Z jednej strony zaproponowane rozwiązania pomiarowe i uzyskane rezultaty pozwalają na poznanie zachowań człowieka w trakcie wysiłków fizycznych o charakterze dynamicznym. Dane te są szczególnie wartościowe w kontekście efektywności pracy człowieka w ekstremalnych warunkach czy optymalizacji procesu treningu sportowego. Uzyskane wyniki mogą być w przyszłości wykorzystane między innymi także do analizy ryzyka kontuzji. Na marginesie rozważań pojawia się dygresja – jak wiele podobieństw i wspólnych elementów krytycznych możemy znaleźć w porównaniu żołnierza elitarniej jednostki oraz wyczynowego sportowca na wysokim poziomie. Równocześnie jednak z drugiej strony – stricte badawczej – podjęty wątek zastosowania metody opartej na dyskretniej transformacie falkowej pozwala na jednoczesną analizę czasową i częstotliwościową, co jest kluczowe, ponieważ sygnały EMG są nieustalone (zmieniają się w czasie). W przeciwieństwie do transformaty Fouriera, która traci informacje o czasie, analiza falkowa umożliwia bowiem precyzyjne określenie, kiedy i jakie częstotliwości wystąpiły w sygnale EMG. Działanie takie

wyduje się być w pełni uzasadnione, i tylko przez analogię wskażę na nowe perspektywy badawcze, które dają zastosowanie metody dekompozycji sygnału COP metodą rambling – trembling w posturografii.

Podsumowując ocenę formalną na podstawie struktury i zaprezentowanej formy rozprawy, a także wartość naukową osiągnięcia w kontekście znaczenia podjętej problematyki, pragnę wyrazić swoją jednoznacznie pozytywną opinię.

Przechodząc do uwag krytycznych stanowiących asumpt do pogłębionej oceny merytorycznej rozprawy dostrzegam dwa rodzaje problemów, które chciałbym aby były przemyślane, przedyskutowane i życzliwie przyjęte, jako potencjalne wskazówki do wykorzystania w przyszłych badaniach. Pierwsze związane są z interdyscyplinarną problematyką badawczą i używanymi pojęciami, drugie natomiast odnoszą się do ograniczeń wnioskowania wynikających z zastosowanej metodologii. Z niezbywalnego obowiązku wypełniania powierzonego zadania dokonania krytycznej recenzji naukowej skupiam się zatem na niedostatkach czy niedoskonałościach, zostawiając sobie przyjemność i komfort komplementowania realizacji interesujących i wartościowych badań podczas publicznej obrony.

Odnosząc się do pierwszej uwagi krytycznej, zacznę od jej doprecyzowania. W pracy trudno doszukać się przedstawienia podłoża teoretycznego (zamiast tego można przeczytać, że „...zagadnienie (...) wzbudza zainteresowanie w wielu dziedzinach takich jak sport, inżynieria biomedyczna, medycyna czy fizjoterapia...”). Zauważyć można ponadto pewien bałagan pojęciowy – być może wynikający z wcześniej wyartykułowanej uwagi. Na przykład, w zadaniu „...analiza ruchu dynamicznego podczas aktywności towarzyszącej wykonywaniu ćwiczeń sportowych może znacząco rozszerzyć możliwości oceny zmęczenia mięśni...” Otóż pomijając fakt, że analiza ruchu nie jest najbardziej adekwatnym методом oceny zmęczenia mięśniowego, nie wiadomo o jaką aktywność towarzyszącą chodzi? Być może Doktorantka miała na myśli skurcz izotoniczny, a może tremor mięśniowy? Poprawnym w nomenklaturze biomechanicznej byłoby stwierdzenie, że analiza ruchu dotyczyła czynności ruchowej, a pojęcie „ćwiczenie sportowe” kojarzy się z obszarem metodyki wychowania fizycznego czy teorią treningu sportowego. Nie chcąc być posądzonym o przesadne dążenie do puryzmu językowego chciałbym wskazać na aktualne znaczenie użytej formy językowej. Jest to przykład bardziej czy mniej oczywisty: od treści i formy zadanego pytania zależy wartość uzyskanej odpowiedzi od typu sztucznej inteligencji opartego o duży model językowy (LLM). Może na moment pozornie daleko odeszliśmy od istoty rozprawy, jednak jestem głęboko przekonany o znaczeniu czystości formy przekazu. Doktorantka z pewnością łatwego zadania nie miała

decydując się na podjęcie problemu o interdyscyplinarnym, a nawet interdyscyplinarnym charakterze. Dodatkowo, rozprawa ma formę cyklu prac naukowych opublikowanych w języku angielskim oraz zdecydowana większość pozycji w spisie piśmiennictwa również opublikowana została w języku obcym. Fakt ten implikuje konieczność kojarzenia stosowanych pojęć z uwzględnieniem formy językowej i ewentualnych konsekwencji błędnego tłumaczenia stosowanych terminów. Niejako w obronie Autorki nadmienię, że występują niuanse w nomenklaturze stosowanej w treningu sportowym oraz zdrowotnym, czy także w mechanice i biomechanice. Wyjściem z tej obiektywnie trudnej sytuacji byłoby rozbudowanie części teoretycznej rozprawy (w tym przeglądu piśmiennictwa) oraz dołączenie do pracy nie tylko wykazu skrótów, ale także słownika podstawowych pojęć.

Druga uwaga odnosi się do poprawności opisu metod i narzędzi, uzasadnienia wyboru określonej procedury czy w końcu doboru grupy badanej. Odpowiadając od razu sobie samemu na tak postawioną uwagę, powiem, że przecież publikacje rządzą się określonymi prawami, w tym limitem słów czy niemożnością zamieszczania aneksów czy załączników ze szczegółowym opisem wyboru określonej ścieżki postępowania metodologicznego oraz przedstawieniem wyników wszystkich ważących analiz statystycznych. I jeszcze ktoś może powiedzieć, że przecież prace zostały opublikowane, a zatem wcześniej przez kilku, a w przypadku pięciu prac, być może nawet kilkunastu recenzentów przestudiowane i ocenione pozytywnie. Prawda. Nie zmienia to jednak faktu, że prócz cyklu prac rozprawa zawiera opis w formie zwartej poszczególnych etapów realizacji pracy badawczej, która zwieńczona została publikacjami naukowymi. I tu limitów nie ma i można było się pokusić o opis poszerzony i kompletny. Ponownie przywołując zatem niezbywalny obowiązek recenzenta do dokonywania krytycznej oceny dostrzegam kilka niedociągnięć i niedoskonałości. Pierwszym mankamentem, na który chciałem zwrócić uwagę jest dobór grupy badanych, która jest małoliczna i dosyć krótko scharakteryzowana (brakuje np. informacji o wartości maksymalnych charakteryzujących siłę mięśni kończyn dolnych czy poziomie sportowym badanych). Można założyć, że dobór był celowy. Brakuje także informacji o motywacji przed wykonywaniem ćwiczeń fizycznych (albo przynajmniej trudno znaleźć taką informację w tekście), co w przypadku badań nad zmęczeniem mięśniowym ma kluczowe znaczenie. Nie znalazłem też informacji o wartości wskaźnika mocy testu, co również jest istotne biorąc pod uwagę nieoczywisty wybór ćwiczeń na ergometrze wioślarskim i analizie aktywności mięśniowej kończyn dolnych. Bardzo interesującym wydaje się ocena wszystkich głównych grup mięśniowych biorących udział w analizowanej czynności ruchowej w kontekście

kształtowania się i redefiniowania w trakcie zmęczenia synergii mięśniowych, ale to może temat do podjęcia przez Kandydatkę w trakcie dochodzenia do drugiego stopnia naukowego.

Kolejnym niedociągnięciem jest brak szczegółowego opisu procedury badawczej z uwzględnieniem informacji z etapu badań pilotażowych, a także precyzyjnego przedstawienia sposobu synchronizacji poszczególnych narzędzi badawczych. W tym miejscu pragnę zauważyć, że osobiście nie jestem przekonany czy warto było podejmować wysiłki związane z wykorzystaniem systemu NIRS. Z pewnością było to działanie czasochłonne, a w konsekwencji z prezentacji wyników tego fragmentu badań Doktorantka i tak zrezygnowała. Podobne – choć w mniejszym stopniu – zastrzeżenia dotyczą zastosowania technologii VR. Nie kwestionuję tu nowatorskiego podejścia, ale wartościowych wyników kolejnych mocno angażujących badanego i badającego pomiarów nie stwierdzono. Trudno w tym momencie na przywołać powszechnie znanej prawdy, że czasem mniej, znaczy lepiej. Trudno też jednak na tym etapie rozwoju kariery młodego naukowca nie docenić zapału, ogromu pracy włożonej w badania, czy entuzjazmu związanego z wykorzystywaniem nowoczesnych technologii.

I na koniec uwaga o większym stopniu ogólności w stosunku do powyższych: bardzo interesująca wydawać się może zbiorcza analiza w oparciu o klasyczną transformację Cohena, transformację Fouriera i dyskretną transformację falkową oraz wskaźnik zmęczenia mięśniowego wyznaczony metodą empiryczną (nie w sposób deklaracyjny).

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy, pragnę podkreślić, że mimo stwierdzonych uwag i zastrzeżeń, stanowi ona bardzo interesujące, oryginalne i wartościowe dzieło. Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny. Mam jednocześnie nadzieję, że przedstawione uwagi krytyczne pozwolą choć po części zainspirować Kandydatkę do dalszej pracy badawczej.

Konkluzja końcowa

Po wnikliwym zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pani ppor. mgr inż. Natalii Daniel stwierdzam, że spełnia ona wymagania ustawowe i wnioskuję do wysokiej Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie o dopuszczenie wyżej wymienionego do dalszych etapów przewodu promocyjnego i nadanie stopnia naukowego doktora.

Równocześnie biorąc pod uwagę odważne i nowatorskie podejście do podjętej tematyki badawczej oraz przygotowanie rozprawy w formie pięciu oryginalnych

artykułów naukowych opublikowanych w periodykach naukowych o wysokim stopniu oddziaływania, stawiam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

KIEROWNIK
Katedry Motoryczności Człowieka
prof. dr hab. Grzegorz Juras