



Uniwersytet
Pomorski
w Słupsku



**Instytut
Biologii**
Uniwersytet Pomorski w Słupsku

Dr hab. Tomasz Hetmański, prof. UP
Zakład Fizjologii zwierząt
Instytut Biologii
Uniwersytet Pomorski w Słupsku
Arciszewskiego 22b, 76-200 Słupsk
E-mail: tomasz.hetmanski@upsl.edu.pl

Słupsk, 16 września 2026 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

lek. wet. Martyny Frątczak

**p.t. „Zróżnicowanie i znaczenie wskaźnika palcowego (digit ratio) u wybranych
przedstawicieli rzędu płazów bezogonowych (Anura)
w postępowaniu doktorskim w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych
w dyscyplinie nauki biologiczne**

Recenzję sporządzono dla Rady Naukowej Dyscypliny Nauki biologiczne Wydziału Medycyny
Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Recenzja została przygotowana w oparciu o przepisy ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o
Szkolnictwie Wyższym i Nauce.

Rozprawa została przygotowana pod kierunkiem prof. dr hab. Piotra Tryjanowskiego, przy udziale
promotora pomocniczego dr inż. Mikołaja Kaczmarskiego na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej i
Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska ma formę cyklu publikacji naukowych,
obejmującego cztery artykuły opublikowane w wysoko punktowanych czasopismach
naukowych. Publikacje ukazały się w latach 2025–2026 i stanowią wartościowy oraz spójny
dorobek naukowy Doktorantki. Na podstawie tych publikacji uzyskała łącznie 480 punktów

MNiSW. Sumaryczny Impact Factor publikacji wynosi 11,7 według wartości dwuletniej oraz 12,9 według wartości pięcioletniej.

We wszystkich publikacjach Doktorantka jest pierwszą autorką i jak wynika ze złożonych oświadczeń, we wszystkich tych pracach pełniła wiodącą rolę uczestnicząc m.in. w opracowaniu koncepcji pracy i metod badawczych, samodzielnym zebraniu danych, przeprowadzeniu krytycznego przeglądu literatury, sformułowaniu wniosków.

Liczba prac stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej w temacie rozprawy potwierdza istotny wkład Doktorantki w rozwój dyscypliny naukowej. W skład rozprawy doktorskiej, poza wymienionymi powyżej publikacjami naukowymi, wchodzi dodatkowo takie rozdziały jak: Wstęp, Hipotezy badawcze, Cele i zakres rozprawy, Materiały i Metody, Najważniejsze wyniki i Dyskusja.

Ocena merytoryczna

We wszystkich pracach Doktorantka koncentruje się na wykorzystaniu wskaźnika palcowego (digit ratio, zwłaszcza 2D:4D) jako potencjalnego narzędzia oceny płci oraz zaburzeń procesów zależnych od hormonów płciowych. Ponieważ wskaźnik palcowy kształtuje się już na etapie rozwoju embrionalnego i pozostaje pod wpływem hormonów płciowych, Doktorantka wykorzystała go jako potencjalny wskaźnik oddziaływania obecnych w środowisku związków endokrynnie czynnych (endocrine-disrupting chemicals, EDCs).

Podjęte przez Doktorantkę badania mają charakter pilotażowy i wpisują się w najnowszy nurt badań wykorzystujących zmiany cech morfologicznych zależnych od hormonów płciowych do oceny oddziaływania związków endokrynnie czynnych, które są obecne w środowisku. Wybór płazów jako grupy badawczej należy uznać za szczególnie trafny, ponieważ organizmy te charakteryzują się wysoką wrażliwością na różnego rodzaju zanieczyszczenia środowiska, w tym związki o działaniu endokrynnym.

Na znaczenie podjętych badań wskazuje również fakt, że płazy należą do najbardziej zagrożonych grup kręgowców, a przyczyny obserwowanego na świecie spadku ich liczebności i różnorodności nie zostały dotychczas w pełni poznane. Wśród potencjalnych czynników tego zjawiska wymienia się również zanieczyszczenia środowiska związkami zaburzającymi gospodarkę hormonalną.

Wykorzystany przez Doktorantkę wskaźnik palcowy może być stosowany nie tylko do oceny różnic między płciami, ale również do identyfikowania potencjalnych zaburzeń endokrynnych związanych z obecnością EDCs w środowisku.

W rozprawie doktorskiej wyraźnie zostały sformułowane cele i hipotezy badawcze. Cele obejmowały m. in. 1) podsumowanie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego wpływu związków endokrynnie czynnych na płazy oraz wskazanie głównych luk badawczych w tym zakresie, 2) udoskonalenie metodyki pomiaru i analizy wskaźnika palcowego poprzez ocenę jego korelacji z płcią i wielkością ciała u dwóch przedstawicieli płazów bezogonowych – grzebiuszki ziemnej *Pelobates fuscus* oraz żaby śmieszki *Pelophylax ridibundus*. 3) eksperymentalna weryfikacja wpływu wybranych EDCs, tj. bisfenolu A i 17 α -etynyloestradiolu, na rozwój płciowy oraz cechy morfometryczne, w tym wskaźnik palcowy, u przedstawiciela płazów bezogonowych i 4) określenie przydatności wskaźnika palcowego jako potencjalnego wskaźnika zaburzeń hormonalnych u przedstawiciela płazów bezogonowych, tj. żaby śmieszki.

Wszystkie wymienione cele były realizowane przez Doktorantkę etapowo, a kolejne prace stanowią logiczne rozwinięcie wcześniejszych etapów badań. Wszystkie prace załączone do rozprawy doktorskiej dotyczą tego samego zagadnienia badawczego i są ze sobą logicznie oraz tematycznie powiązane. Stanowią tym samym spójny cykl publikacji naukowych.

Dwie pierwsze prace wchodzące w skład rozprawy mają charakter przeglądowy. Doktorantka dokonała w nich szerokiej analizy piśmiennictwa naukowego, wskazując jednocześnie na istniejące luki badawcze i ograniczenia metodyczne dotychczasowych badań. Pierwsza praca pt. „*Assessing species bias in amphibian research on endocrine disruptors: beyond Xenopus laevis*” ukazała się w czasopiśmie *Frontiers in Environmental Science* w 2025 roku. Dotyczyła analizy danych literaturowych dotyczących wpływu związków endokrynnie czynnych (EDCs) na cechy płciowe płazów. Do analizy Doktorantka wykorzystała łącznie 3450 publikacji, spośród których 241 zakwalifikowano do analizy pełnych tekstów. Tak szczegółowo przeprowadzona analiza piśmiennictwa dotyczącego wpływu EDCs na cechy związane z płcią umożliwiła Doktorantce właściwe zaplanowanie kolejnych etapów badań, w tym badań eksperymentalnych. Jest to bardzo obszerna i wartościowa analiza literatury. Przeprowadzony przegląd piśmiennictwa pozwolił Doktorantce zidentyfikować istotne luki badawcze. Wykazała ona wyraźne niedostatki w badaniach dotyczących wpływu związków endokrynnie czynnych na zewnętrzne cechy płciowe oraz zachowania rozrodcze płazów. Druga praca naukowa pt. „*Chemical interference: a review on endocrine disruptors and reproductive communication in amphibians*”, opublikowana w czasopiśmie *Ecology and Evolution*, stanowi kolejną analizę literatury naukowej. Doktorantka skoncentrowała się w niej na szczegółowej analizie publikacji dotyczących kontrolowanej ekspozycji płazów na związki endokrynnie czynne, a także ich wpływu na cechy związane z rozrodem, zewnętrzne cechy

płciowe oraz inne cechy morfologiczne. W ramach tej analizy przeanalizowano ponad 3000 pozycji literaturowych, z których jedynie 27 publikacji dotyczyło wpływu EDCs na zachowania rozrodcze, ubarwienie ciała oraz inne cechy morfologiczne związane z płcią. Doktorantka wykazała występowanie znaczących luk w badaniach koncentrujących się na morfologicznych wskaźnikach zaburzeń hormonalnych u płazów, a także wskazała na niedostatek eksperymentów prowadzonych w tym zakresie.

Trzecia praca pt. „*Digit ratio in the common spadefoot toad Pelobates fuscus (Anura: Mesobatrachia: Pelobatidae): patterns and correlations*”, została opublikowana w czasopiśmie The European Zoological Journal. W badaniach wykorzystano 68 okazów grzebiuszki ziemnej *Pelobates fuscus*, zakonserwowanych w 70% alkoholu i pochodzących ze zbiorów Katedry Zoologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. U badanych osobników wykonano pomiary podstawowych cech morfologicznych, a także fotografie wszystkich kończyn i pomiary długości poszczególnych palców. Na tej podstawie wyznaczono wartości wskaźników palcowych. Analizy przeprowadzono oddzielnie dla samców i samic. Oceniono również zależność wartości wskaźnika palcowego od wielkości ciała. Autorka porównała wartości wskaźników palcowych pomiędzy kończynami lewej i prawej strony ciała, a także analizowała relacje pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami palcowymi. Na uwagę zasługuje obszernie zastosowana analiza statystyczna. W badaniach wykazano, że wartość wskaźnika palcowego nie różniła się istotnie pomiędzy płciami. Również wielkość ciała nie wpływała na wartość wskaźnika palcowego. W innych analizach statystycznych stwierdzono jednak pewne zależności. Dymorfizm płciowy wykazano w przypadku lewej kończyny przedniej.

Należy podkreślić, że tego typu badań nie prowadzono wcześniej u tego gatunku. Wyniki pracy stanowią zatem istotne uzupełnienie dotychczasowej wiedzy i rozszerzają zakres badań nad wskaźnikiem palcowym o kolejny gatunek płaza.

Najcenniejszą, z punktu widzenia realizacji głównych celów rozprawy, jest praca eksperymentalna pt. „*Impact of bisphenol A and ethinyloestradiol on sex, body condition and digit ratio of the marsh frog Pelophylax ridibundus in the mesocosm exposure system*”, opublikowana w czasopiśmie Aquatic Toxicology. Do eksperymentu wykorzystano łącznie 300 kijanek żaby śmieszki, które poddano działaniu dwóch wybranych związków endokrynnie czynnych. Pomiary wskaźnika palcowego oraz ocenę kondycji somatycznej przeprowadzono u młodych osobników po zakończeniu metamorfozy, z uwzględnieniem ich płci. Uzyskane wyniki wskazały jednoznacznie, że ekspozycja na związki endokrynnie czynne negatywnie wpływała na kondycję młodych żab śmieszek. Stwierdzono również pewne różnice w budowie histologicznej gonad w porównaniu z grupą kontrolną, która nie była eksponowana na badane

związki. Dodatkowo ekspozycja na EE2 istotnie wpłynęła na proporcje płci, powodując ich przesunięcie w kierunku samic.

Badania wykazały, że u żaby śmieszki wskaźnik palcowy nie jest cechą wyraźnie dymorficzną płciowo, ponieważ nie stwierdzono istotnych różnic wartości wskaźnika pomiędzy samcami i samicami. Stwierdzono jednak pewne zależności, które były związane przede wszystkim z wielkością ciała oraz różniły się pomiędzy poszczególnymi kończynami. Uzyskane wyniki wskazują, że wybrane związki endokrynnie czynne mogą wpływać na rozwój płciowy żaby śmieszki, co stanowi istotny wynik z punktu widzenia oceny wpływu zanieczyszczeń środowiska na płazy.

W rozprawie doktorskiej Autorka przedstawiła również perspektywy dalszych badań wynikające z realizacji projektu finansowanego w ramach grantu PRELUDIUM 22. W jego ramach planowane są podobne badania dotyczące żaby moczarowej *Rana arvalis* – gatunku charakteryzującego się odmienną biologią, trybem życia i preferencjami środowiskowymi niż przedstawiciele żab zielonych. W planach badawczych uwzględniono również badania terenowe, których celem będzie ocena stopnia zanieczyszczenia środowiska związkami endokrynnie czynnymi oraz mikroplastikiem w miejscach o różnym poziomie antropopresji. Tego typu badania mogą dostarczyć cennych informacji na temat rzeczywistego narażenia populacji płazów na oddziaływanie EDCs i mikroplastiku oraz pozwolić na ocenę potencjalnych konsekwencji tych zanieczyszczeń dla ich rozwoju, kondycji i funkcjonowania populacji.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska lek. wet. Martyny Frątczak pt. „Zróznicowanie i znaczenie wskaźnika palcowego (digit ratio) u wybranych przedstawicieli rzędu płazów bezogonowych (Anura)” stanowi spójne i wartościowe opracowanie naukowe, podejmujące aktualny i istotny problem badawczy dotyczący wpływu związków endokrynnie czynnych na rozwój płciowy oraz cechy morfologiczne płazów.

Doktorantka wykazała się umiejętnością formułowania problemów badawczych, szczegółowej analizy piśmiennictwa, planowania i prowadzenia badań oraz interpretacji uzyskanych wyników. Przedstawione osiągnięcie stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnosi wartościowy wkład w rozwój wiedzy z zakresu fizjologii płazów, ekotoksykologii oraz biologicznego monitoringu zanieczyszczeń środowiska.

Ocena końcowa

W mojej ocenie rozprawa doktorska lek. wet. Martyny Frątczak zasługuje nie tylko na pozytywną ocenę i dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów postępowania doktorskiego, ale również na **wyróżnienie**.

Uzasadnienie wniosku o wyróżnienie rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy rozprawy, jej spójność koncepcyjną, aktualność i znaczenie podjętej problematyki badawczej oraz wyraźnie ponadprzeciętny dorobek publikacyjny Kandydatki, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej lek. wet. Martyny Frątczak. Podstawą wniosku jest: oryginalność przeprowadzonych badań. Doktorantka podjęła próbę wykorzystania wskaźnika palcowego (digit ratio) jako potencjalnego narzędzia oceny oddziaływania związków endokrynnie czynnych na organizmy płazów. Jest to zagadnienie stosunkowo słabo rozpoznane, a jego znaczenie nabiera szczególnej wartości w kontekście narastającej presji antropogenicznej oraz powszechnej obecności w środowisku substancji mogących zaburzać funkcjonowanie układu hormonalnego.

Istotnym walorem rozprawy jest fakt, że Doktorantka konsekwentnie wykorzystwała wyniki przeglądów literatury do zaplanowania i realizacji własnych badań. Praca obejmuje zarówno szeroko zakrojone analizy literaturowe, badania morfometryczne materiału zoologicznego, jak również eksperyment przeprowadzony w warunkach mesokosmowych. Takie połączenie różnych podejść badawczych pozwoliło na wieloaspektową weryfikację postawionych hipotez. Bardzo wysoko należy również ocenić wartość publikacyjną osiągnięcia naukowego. Rozprawę stanowi cykl czterech powiązanych tematycznie publikacji, które ukazały się w wysoko punktowanych czasopismach naukowych, w tym w czasopismach o międzynarodowym zasięgu. Łączna wartość punktowa publikacji wynosi 480 punktów MNiSW, a ich sumaryczny Impact Factor jest wysoki. Fakt, że wyniki badań zostały opublikowane w renomowanych czasopismach, stanowi dodatkowe potwierdzenie ich wartości naukowej i znaczenia dla międzynarodowego środowiska naukowego.

Warto również podkreślić znaczenie aplikacyjne uzyskanych wyników. Płazy należą do grup organizmów szczególnie wrażliwych na zmiany jakości środowiska, dlatego poszukiwanie nowych, stosunkowo prostych i możliwych do zastosowania w monitoringu biologicznym wskaźników oddziaływania zanieczyszczeń ma istotne znaczenie poznawcze i potencjalnie praktyczne. Badania Doktorantki otwierają możliwość dalszej weryfikacji przydatności wskaźnika palcowego w badaniach ekotoksykologicznych, zwłaszcza w połączeniu z innymi parametrami morfologicznymi, fizjologicznymi i histologicznymi.

Biorąc pod uwagę powyższe argumenty, a w szczególności oryginalność i aktualność podjętej problematyki, kompleksowość badań, wysoki poziom naukowy uzyskanych wyników, ich znaczenie dla rozwoju wiedzy z zakresu biologii płazów i ekotoksykologii oraz bardzo dobry dorobek publikacyjny, uważam, że rozprawa doktorska lek. wet. Martyny Frątczak wyróżnia się na tle prac doktorskich i zasługuje na wyróżnienie.

W związku z powyższym wnioskuję o **wyróżnienie** rozprawy doktorskiej lek. wet. Martyny Frątczak pt. „Zróżnicowanie i znaczenie wskaźnika palcowego (digit ratio) u wybranych przedstawicieli rzędu płazów bezogonowych (Anura)”.

Dr hab. Tomasz Hetmański, prof. UP

