

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
Dnia.....	03.08.2018
Nr dz.....	Zaf.....
Ref.....	

dr hab. inż. Tomasz Kałuża, prof. nadzw.  
Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 28.08.2018

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**pani mgr inż. Anny Łobody**  
**pt. „Wpływ sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych wybranych gatunków**  
**roślin zakorzenionych w wodach płynących na opory przepływu”**

**PODSTAWA OPRACOWANIA**

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Z-cy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (NS-420-22/18)), Pana dr hab. Mariusza Majdańskiego prof. PAN z dn. 28.06.2018r. informujące o wyznaczeniu mnie przez Radę Naukową Instytutu Geofizyki PAN na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Marii Łobody pt. „Wpływ sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych wybranych gatunków roślin zakorzenionych w wodach płynących na opory przepływu”.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana pod kierownictwem naukowym dr hab. Roberta Bialika z Instytutu Biochemii i Biofizyki Polskiej Akademii Nauk. Przedłożono mi komplet dokumentów niezbędnych do oceny rozprawy doktorskiej w postaci rozprawy w wersji papierowej i elektronicznej obejmującej:

- rozszerzone streszczenie pracy w języku polskim i angielskim,
- kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe,
- oświadczenia współautorów prac zbiorowych (wchodzących w skład jednotematycznego cyklu publikacji) określające ich indywidualny wkład w powstanie powyższych publikacji.

Całe opracowanie wraz z załącznikami (kopiami pracy) liczy 115 stron, z czego Rozszerzone Streszczenie Pracy oraz pozostałe części (spisy) przygotowano w języku polskim i angielskim.

## OPIS ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Marii Łabody pt. „Wpływ sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych wybranych gatunków roślin zakorzenionych w wodach płynących na opory przepływu”, przedstawiona została jako cykl czterech jednotematycznych publikacji z roku 2018. Wśród wskazanych przez Wnioskującą artykułów, cztery to pozycje z Listy A MNiSW:

1. Łoboda, A.M., Przyborowski, Ł., Karpiński, M., Bialik, R.J., Nikora, V.I. (2018a). Biomechanical properties of aquatic plants: The effect of test conditions. *Limnology and Oceanography: Methods* 16,222-236, doi: 10.1002/lom3.10239. **(IF= 2.015, MNiSzW= 35 pkt.)**
2. Łoboda, A.M., Bialik, R.J., Karpiński, M., Przyborowski, Ł. (2018b). Seasonal changes in the biomechanical properties of *Elodea canadensis* Michx. *Aquatic Botany* 147, 43-51, doi: 10.1016/j.aquabot.2018.03.006. **(IF= 1,787, MNiSzW= 30 pkt.)**
3. Łoboda, A.M., Bialik, R.J., Karpiński, M., Przyborowski, Ł. (2018c). Two simultaneously occurring Potamogeton species: similarities and differences in seasonal changes of biomechanical properties. *Polish Journal of Environmental Studies*, doi: 10.15244/pjoes/85202. **(IF= 0.793, MNiSzW= 15 pkt.)**
4. Łoboda, A.M., Karpiński, M., Bialik, R.J. (2018d). On the relationship between aquatic plant characteristics and drag force: is a modeling application possible? *Water* 10, 540. doi: 10.3390/w10050540. **(IF= 2,069, MNiSzW= 30 pkt.)**

Doktorantka we wszystkich artykułach jest głównym współautorem. W odniesieniu do prac wspólnych, mgr inż. Anna M. Łaboda we wszystkich występuje jako pierwszy autor, a jej udział we wszystkich pracach jest znaczący i wynosi 70%. Doktorantka precyzyjnie określiła wkład własny i udział procentowy w rozwiązaniu problemu, co potwierdzone zostało dołączonymi do wniosku oświadczeniami współautorów. Wkład i rola mgr Łabody w przygotowaniu publikacji wiązała się m.in. z opracowaniem koncepcji badań, realizacji badań, wykonaniu obliczeń, analizie danych, opracowaniu wyników i wniosków z badań oraz redakcji tekstu.

Wszystkie artykuły ukazały się w języku angielskim. Publikacje ukazały się czasopismach międzynarodowych (3) i krajowych (1) są to szanowane periodyki o zasięgu międzynarodowym, które posiadają szerokie grono odbiorców zarówno w środowiskach

naukowych jak i tzw. praktyków. Sumaryczna liczba punktów z tych publikacji wynosi 110, a sumaryczny IF=6,664, z czego na osobę Doktorantki przypada aż 77 pkt (IF=4,665).

Temat rozprawy doktorskiej „Wpływ sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych wybranych gatunków roślin zakorzenionych w wodach płynących na opory przepływu”, został prawidłowo sformułowany i poprzedzony szerokimi badaniami dotyczącymi wpływu hydrofitów na ekologię wód, biomechanikę oraz mechanikę płynów. Wszystko to scharakteryzować można coraz powszechniej używanym określeniem jako Ekohydraulika, czy też Ekohydrologia. Rozprawa doktorska mgr inż. Anny M. Łabody została poświęcona tematyce, która w literaturze naukowej, tak polskiej, jak i międzynarodowej, budzi ogromne zainteresowanie i zaowocowała szeregiem publikacji oraz prac monograficznych. Warto tu podkreślić aktualność i znaczenie wybranego tematu. Główny cel pracy, który Autorka przedstawiła w pierwszym rozdziale, został dość szeroko zdefiniowany jako:

1. Opracowanie nowatorskiej metody przeprowadzania testów biomechanicznych roślin wodnych w warunkach „na mokro”;
2. Przeprowadzenie szeregu testów biomechanicznych (trzy punktowego zginania oraz rozciągania) różnych gatunków makrofitów wodnych, typowych dla polskich rzek nizinnych, w celu poznania ich właściwości biomechanicznych. Ponadto na przykładzie trzech wybranych gatunków, określenie zmian sezonowych w tych charakterystykach w celu zrozumienia sposobu dostosowania roślin do różnych warunków hydraulicznych podczas całego sezonu wegetacyjnego;
3. Zaproponowanie modelu opisującego zależność kluczowej cechy materiału roślinnego, tj. sztywności łodygi od jej średnicy, który będzie mógł przyczynić się do określenia wielkości tworzących się oporów przepływu w oparciu o znajomość morfologii rośliny.

Ponadto Doktorantka weryfikacji poddał następujące hipotezy badawcze:

- zmiany w warunkach hydrologicznych cieku powodują zmiany w charakterystykach roślin;
- właściwości mechaniczne materiałów, z których wykonywane są sztuczne rośliny stosowane w eksperymentach laboratoryjnych przepływów z roślinnością, znacząco różnią się od cech żywych roślin wodnych.

Założone cele i hipotezy badawcze zostały rozwinięte i zrealizowane w cyklu artykułów. I tak w pierwszym Doktorantka przedstawiła nowatorską metodykę wykonywania pomiarów biomechanicznych na roślinach wodnych. Natomiast w drugim oraz trzecim zaprezentowała kompleksowe wyniki pomiarów sezonowej zmienności trzech wybranych hydrofitów, tj. *E. canadensis*, *P. pectinatus* oraz *P. crispus*. Należy podkreślić, że po raz pierwszy zostały przedstawione szczegółowo opracowane wyniki z testów trzypunktowego zginania, które dostarczają informacji na temat sztywności łodygi, będącej istotnym parametrem warunkującym wielkość generowanych oporów przepływu przez roślinność. W ostatniej czwartej publikacji mgr inż. Anna M. Łaboda zaprezentowała model służący do obliczeniach oporów przepływu, który został opracowany na podstawie wyników wcześniejszych prac. Przedstawiony zbiór czterech publikacji należy uznać za kompletny, w pełni zasługujący na przedstawienie go jako osiągnięcia stanowiącego spójną rozprawę doktorską.

Realizując postawione w pracy cele Pani Anna M. Łaboda postawiła sobie ambitne zadanie, którym było z jednej strony opracowanie metody przeprowadzania testów biomechanicznych roślin wodnych w warunkach „na mokro”. Seria badań właściwości biomechanicznych trzech wybranych gatunków hydrofitów, została przeprowadzona na roślinach pobranych z rzeki Wilga oraz makrofitach porastających rzekę Świder. Autorka porównała dwie metody wykonywania testów biomechanicznych, tj. powszechnie stosowaną metodę „na sucho” i nowatorską metodę „mokrą”. Głównym celem badawczym tej części pracy Autorki było zweryfikowanie hipotezy mówiącej o tym, że wysychanie roślin znacząco wpływa na otrzymywane wyniki z testów biomechanicznych. Badania wykazały, że hydrofity wysychają bardzo szybko, co oczywiście powoduje zmianę ich właściwości biomechanicznych. Badania przeprowadzone na czterech gatunkach roślin wodnych, tj. *P. pectinatus*, *P. crispus*, *M. spicatum*, *C. demersum*, różniących się między sobą morfologią, wykazały statystycznie istotne różnice między wynikami z testów przeprowadzonych na sucho oraz tymi uzyskanymi metodą „na mokro”. Z uwagi na istotność tych różnic, wyniki badań laboratoryjnych pozwoliły jednoznacznie stwierdzić, że pomiary biomechaniczne hydrofitów powinny być wykonywane w warunkach naturalnego stanu - wilgotności roślin. Istotne statystycznie zmiany Doktorantka zaobserwowała, przede wszystkim w sztywności, odkształceniu łodygi oraz modułach sprężystości dla obu testów. Parametry te przekładają się oczywiście na wartości współczynników oporu przepływu w korytach zarastających.

Realizując założone cele badawcze Doktorantka określiła również sezonowe zmiany właściwości biomechanicznych moczarki kanadyjskiej *Elodea canadensis* Michx oraz rdestnicy grzebieniastej i rdestnicy kędzierzawej (*P. pectinatus* i *P. crispus*). Testy trzypunktowego zginania oraz statyczna próba rozciągania zostały przeprowadzone w warunkach „mokrych” w pięciu kampaniach pomiarowych tak, by sprawdzić, wpływ zmian fenologicznych na parametry mechaniczne roślin. Wyniki uzyskane przez Doktorantkę wykazały, że istnieją statystycznie istotne zmiany w wytrzymałości pędów, które są zgodne z etapem wzrostu rośliny, jak również wahaniami w biomacie i zawartości składników mineralnych tego gatunku. Wartości kluczowych parametrów, tj. sztywność, moduły sprężystości, maksymalne naprężenia, rosły wraz ze wzrostem i procesem morfogenezy moczarki. Po osiągnięciu dojrzałości przez roślinę, następował końcowy etap jej rozwoju - starzenie – charakteryzujące się obniżeniem wytrzymałości pędów. Uzyskane wyniki wskazują na brak uzasadnienia wykorzystywania syntetycznej roślinności w laboratoryjnych badaniach modelowych. Badana tego rodzaju w zasadzie powinno prowadzić się na roślinności naturalnej.

Doktorantka wykazała również, że warunki hydrologiczne i meteorologiczne przyczyniają się do kształtowania wytrzymałości hydrofitów. Porównanie między sezonami wykazało pewne zmiany wartości parametrów biomechanicznych roślin, będące następstwem różnic warunków hydrologicznych i temperaturowych panujących w danym sezonie. Hydrofity mają tendencję do zmian swoich właściwości dzięki mechanizmom obronnym i adaptacyjnym, dostosowując się do warunków panujących w siedlisku. Autorka podkreśla, że z uwagi na zmiany we właściwościach roślin, będące następstwem zróżnicowania reżimu cieków, procesy generowane przez ten sam gatunek roślin takie jak turbulencje czy opory, mogą również występować w odmiennych zakresach.

Doktorantka zaprezentowała również prosty model przedstawiający zależność pomiędzy sztywnością a średnicą łodygi, w postaci funkcji potęgowej. Współczynniki tego modelu zostały wyznaczone przy użyciu regresji nieliniowej i zależą od średnicy łodygi, fazy rozwoju roślin oraz sztywności pędów. Głównym celem tej części pracy było otrzymanie funkcji, z wykorzystaniem której możliwa będzie estymacja sztywności, niezbędnej do wyznaczania oporów generowanych przez roślinność w rzekach.

Przedstawiony w dysertacji zakres tematyki wskazuje na kompleksowe i przemyślane zaplanowanie eksperymentu oraz konsekwentną realizację badań. Na ich podstawie przeprowadzono szczegółowe analizy statystyczne. Uzyskane wyniki znacząco poszerzają

wiedzę na temat wpływu cech biomechanicznych roślin wodnych na warunki przepływu w korytach rzecznych, a szczególnie koryt zarastających, gdzie udział makrofitów w generowaniu oporów przepływu jest szczególnie istotny. Do najważniejszych rezultatów ocenianej rozprawy doktorskiej mogę zaliczyć:

- 1) Opracowanie nowatorskiej metody wykonywania pomiarów biomechanicznych roślin wodnych w warunkach zbliżonych do „naturalnych” co umożliwi eliminację błędu powodowanego szybkim wysychaniem próbek.
- 2) Przedstawienie, sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych roślin wodnych w ich cyklu życia na przykładzie trzech wybranych gatunków: *E. canadensis*, *P. pectinatus* oraz *P. crispus*.
- 3) Opracowanie modelu obrazującego zależność pomiędzy sztywnością łodygi, mającą istotny wpływ na siły oporu, a jej średnicą na podstawie danych dotyczących sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych.
- 4) Potwierdzenie wcześniejszych założeń, że zróżnicowanie w strukturze i rozwoju rośliny, jak również warunki hydrologiczne i meteorologiczne wpływają na zmienność wytrzymałości roślin wodnych na zginanie i rozciąganie.
- 5) Określenie, że sztywność łodygi na zginanie, będąca z punktu widzenia hydrodynamiki jednym z najistotniejszych parametrów biomechanicznych, ma największą wrażliwość na zmiany hydrologiczne zachodzące w ciekach.

#### UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Recenzowana rozprawa doktorska została napisana poprawnym językiem dyskursu naukowego i spełnia wszelkie wymogi formalne stawiane tego typu pracom. Doktorantka w prawidłowy sposób przedstawiła założenia, metodykę i wyniki pracy, prowadząc krytyczną analizę dostępnych źródeł i umiejętnie korzystając z literatury naukowej. Wszystkie uwzględnione w rozprawie publikacje przeszły szczegółowy i drobiazgowy proces recenzencki i wydawniczy. Trudno tu więc doszukiwać się formalnych lub merytorycznych błędów lub innych uchybień. Tym niemniej na podstawie lektury pracy mgr inż. Anny M. Łabody nasuwają się pewne uwagi i pytania związane z przyjętymi w pracy założeniami i uzyskanymi wynikami:

- W badaniach prędkości przepływu wykorzystywano urządzenie klasy ADCP pozwalające określić rozkład prędkości w całym przekroju. Czy na podstawie zdobytej wiedzy i uzyskanego doświadczenia Doktorantka nie widzi potrzeby zastosowania w przyszłych badaniach jednak przenośnej sondy 3-D pozwalającej na bardziej precyzyjne pomiary rozkładów prędkości i naprężeń?

- Rozwój roślinności, zmiany jej parametrów wpływają na zmiany hydromorfologiczne w korycie cieków, jak Doktorantka widzi kompleksowy wpływ tego rodzaju zmian na opory przepływu, tym bardziej, że w przedstawionych pracach dla różnych cieków obserwowano różny stopień zarośnięcia badanych odcinków rzek.

- Jak Doktorantka widzi możliwość dalszych prac i kontynuacji badań. Czy należy skupić się na doskonaleniu metodyki badań, co zaprezentowane zostało w pracy? Czy nie należało by opracować charakterystyki wszystkich podstawowych gatunków makrofitów występujących w naszych rzekach? Wykazany w pracy wniosek, że warunki hydrologiczne i meteorologiczne mogą przyczyniać się do kształtowania wytrzymałości hydrofitów wskazuje jednak na dużą dynamikę tych cech, a w pewnych warunkach także brak możliwości prognozowania tych wartości.

- Dotychczasowe badania wskazywały również na wpływ napelnienia koryta na rozkłady prędkości, naprężeń i opory przepływu w korytach zarastających. Jak w świetle własnych doświadczeń mogłaby się do tego ustosunkować Doktorantka? Czy rodzaj roślinności, forma liści, łodyg może mieć tu również znaczenie?

## PODSUMOWANIE

Praca mgr inż. Anny M. Łabody przedstawiana jako rozprawa doktorska stanowi zwieńczenie jej wieloletnich badań nad problematyką dotyczącą analizy hydrodynamiki w oddziaływaniach przepływu wody oraz roślinności wodnej. Zarówno w warstwie postawionego problemu badawczego, jak i w próbach analitycznego ujęcia tego zjawiska jest ona dziełem badacza, który w poprawny sposób opanował warsztat i metodologię badawczą. Biorąc pod uwagę wykonane samodzielnie analizy i istotne elementy poznawcze, które są wynikiem pracy Doktorantki stwierdzam, że rozprawa Pani Łabody spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w art. 13 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym, oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014r. poz. 1852 ze zm.). Konkludując, na podstawie recenzowanej rozprawy doktorskiej wnoszę o dopuszczenie

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny M. Łabody pt. „Wpływ sezonowej zmienności właściwości biomechanicznych wybranych gatunków roślin zakorzenionych w wodach płynących na opory przepływu” do publicznej obrony. Biorąc również pod uwagę kompleksowość i zakres przeprowadzonych badań oraz ich duże znaczenie naukowe i praktyczne, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny M. Łabody.



dr hab. inż. Tomasz Kałuża prof. nadzw