

Poznań, 26 listopada 2015 r.

dr hab. inż. Mariusz Sojka

Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Weroniki Kowalik

pt. „Badania parametrów biometrycznych i wytrzymałościowych roślin szuwarowych umacniających brzegi wód”

Promotor: **prof. dr hab. inż. Jerzy Jeznach**

Promotor pomocniczy: **dr Kinga Pachuta**

### 1. Informacje ogólne

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Weroniki Kowalik została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (pismo Nr BIS – 526/2/2015), na podstawie decyzji Rady Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 24 czerwca 2015 roku o powołanie mnie na recenzenta w/w rozprawy.

Recenzowana rozprawa doktorska obejmuje 149 stron, w tym tekst zasadniczy stanowi 118 stron. Pozostałe 31 stron pracy obejmuje: streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, spis literatury, spis fotografii, rysunków, tabel i załączników, a także pięć załączników, w których przedstawiono charakterystyki techniczne geowłóknin. Spis literatury obejmuje 161 pozycji w tym 85 w języku angielskim, 69 w języku polskim oraz 7 innych materiałów źródłowych.

### 2. Opis pracy

Rozprawa składa się z dziewięciu rozdziałów. Układ i proporcje między nimi są prawidłowe. Zasadniczą część rozprawy stanowią wyniki badań (Rozdział 5), wskazania praktyczne w zakresie wykorzystania uzyskanych przez Autorkę wyników badań w inżynierii środowiska (Rozdział 6) oraz wskazania metodyczne dla badań parametrów wytrzymałościowych roślin szuwarowych (Rozdział 7).

**W rozdziale 1** (Wstęp – 2 str.) Autorka dokonała uzasadnienia wyboru tematu, tj. badań zmienności parametrów biometrycznych i wytrzymałościowych najbardziej rozpowszechnionych w Polsce gatunków roślin szuwarowych, w aspekcie możliwości ich wykorzystania do umocnień brzegów wód. Autorka podkreśliła rolę umocnień naturalnych w kontekście poprawy stanu ekologicznego wód oraz wzrostu bioróżnorodności.

**W rozdziale 2** (Przegląd literatury – 31 str.) Autorka przedstawiła istniejący stan wiedzy na temat kluczowych zagadnień związanych z realizacją podjętego tematu. Przegląd literatury zawiera bardzo szerokie rozpoznanie analizowanego zagadnienia w literaturze krajowej i zagranicznej. Na wstępie rozdziału 2 Autorka dokonała ogólnej charakterystyki roślinności szuwarowej występującej w Polsce. Następnie szczegółowo opisała cechy wybranych do badań gatunków roślin: trzciny pospolitej (*Phragmites australis*), manny mielec (*Glyceria maxima*), tataraku zwyczajnego (*Acorus calamus*) oraz

pałki szerokolistnej (*Typha latifolia*). Charakterystyka obejmowała opis cech anatomiczno – morfologicznych, fizjologicznych i ekologicznych, które mają wpływ na ich występowanie w zasięgu prawie wszystkich wód powierzchniowych. Aktorka przeanalizowała dotychczasowe zastosowania roślinności szuwarowej w inżynierii środowiska do: doczyszczania wód spływających z dróg, ścieków w oczyszczalniach komunalnych oraz odcieków ze składowisk odpadów. Roślinność szuwarowa wykorzystywana jest także w budownictwie, głównie jako materiał termoizolacyjny, do krycia dachów budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Autorka podkreśliła, że w kraju podejmowano już wcześniej próby związane z wykorzystaniem roślinności szuwarowej do sztucznego umacniania brzegów stawów, zbiorników retencyjnych, jezior i cieków.

Doktorantka dokonała wnikliwej analizy wyników badań krajowych i zagranicznych w odniesieniu do parametrów wytrzymałościowych korzeni drzew, krzewów i roślin zielnych, wykorzystywanych w inżynierii środowiska do poprawy stateczności skarp. Autorka przedstawiła istniejący stan wiedzy na temat właściwości wytrzymałościowych hydrofitów. Właściwości te zostały opisane zależnościami pomiędzy siłą zrywającą oraz wytrzymałością na rozciąganie a średnicą korzeni. Na koniec rozdziału 2, Aktorka dokonała charakterystyki geowłóknin, które wykorzystywane są w systemach umocnień przeciwoerozyjnych na zboczach i skarpach. W podsumowaniu Autorka stwierdziła, że brak jest danych na temat wytrzymałości helofitów, a jedyne badania z tego zakresu dotyczą kłączy trzciny pospolitej (*Phragmites australis*) i situ (*Juncus acutus*).

**W rozdziale 3** (Cel i zakres pracy – 2 str.) Doktorantka przedstawiła cele pracy, które podzieliła na poznawcze, praktyczne i szczegółowe. Celem poznawczym pracy było określenie parametrów wytrzymałościowych roślin szuwarowych umacniających brzegi wód. Celem użytkowym pracy było zbadanie parametrów biometrycznych oraz parametrów wytrzymałościowych roślin szuwarowych w szczególności pędów nadziemnych, nasad pędów oraz kłączy letnich i zimowych. Przeprowadzone badania pozwoliły na porównanie wyników w odniesieniu do tych uzyskanych dla innych roślin oraz materiałów wykorzystywanych w inżynierii środowiska do stabilizacji skarp i brzegów. Realizacja tak postawionego celu miała udzielić odpowiedzi na pytanie, czy roślinność szuwarowa może zastąpić lub uzupełniać stosowane dotychczas materiały budowlane. Autorka postawiła hipotezę, iż parametry wytrzymałościowe roślin szuwarowych są porównywalne z parametrami innych materiałów stosowanych w inżynierii środowiska do stabilizacji brzegów.

**W rozdziale 4** (Metodyka badań – 11 str.) przedstawione zostały wszystkie niezbędne informacje dotyczące kolejnych etapów postępowania badawczego. Na początek Autorka uzasadniła wybór do badań czterech gatunków roślin szuwarowych: trzciny pospolitej (*Phragmites australis*), manny mielec (*Glyceria maxima*), tataraku zwyczajnego (*Acorus calamus*) oraz pałki szerokolistnej (*Typha latifolia*). Autorka szczegółowo opisała przebieg badań biometrycznych, które obejmowały określenie następujących parametrów: liczby i średnicy pędów przypadających na  $1\text{ m}^2$ , wymiarów i liczby liści, współczynnika LAI, średnicy kłączy, liczby i długości korzeni przybyszowych, świeżej i suchej masy kłączy i korzeni przybyszowych w  $0,1\text{ m}^3$  podłoża, świeżej i suchej masy pędów (liści i źdźbeł) na  $1\text{ m}^2$ . Badania cech biometrycznych roślin prowadzone były w terenie oraz w laboratoriach Centrum Wodnego Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Pozyskane podczas badań terenowych próbki roślin z okresu letniego i zimowego oraz geowłókniny poddane zostały próbie rozciągania na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej Instron 5966. Na podstawie uzyskanych wyników określone zostały następujące parametry: wytrzymałość na rozciąganie, odkształcenie liniowe, kąt  $\alpha_w$  oraz moduł Younga. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na określenie zależności pomiędzy wybranymi parametrami biometrycznymi a parametrami wytrzymałościowymi. Na podstawie uzyskanych wyników badań przeprowadzono

analizę statystyczną, między innymi badano istotność różnic pomiędzy parametrami wytrzymałościowymi poszczególnych części roślin.

**Rozdział 5** (Wyniki badań – 56 str.) Autorka podzieliła na trzy części. W pierwszej, szczegółowo zaprezentowała i przeanalizowała wyniki badań parametrów biometrycznych roślin szuwarowych. Przeprowadzona analiza wykazała, że poszczególne gatunki roślin różnią się pod względem: liczby pędów nadziemnych, świeżej biomasy, współczynnika LAI, zawartości wody w częściach nadziemnych i podziemnych, średnic i długości kłączy oraz objętości kłączy przypadającej na jednostkę gruntu. Przeprowadzone analizy wykazały, że u wszystkich badanych gatunków największa liczba żywych pędów występowała w okresie od lipca do sierpnia. Największym zagęszczeniem żywych pędów charakteryzowały się manna mielec i trzcina pospolita, natomiast najmniejszym pałka szerokolistna. Największą suchą biomasą części nadziemnej charakteryzowała się trzcina pospolita, natomiast w przypadku części podziemnej pałka szerokolistna. Z punktu widzenia wykorzystania roślin szuwarowych w inżynierii środowiska ważnym parametrem jest współczynnik LAI. Najwyższą wartość LAI stwierdzono u trzciny pospolitej, u pozostałych badanych gatunków wartości te były około 3 – 4-krotnie niższe. Interesujące i bardzo praktyczne w odniesieniu do stabilizacji podłoża są analizy systemu kłączowego badanych roślin. Według Autorki objętość systemu kłączowego w jednostce objętości gruntu uzależniona jest od pory roku. Zimą objętość systemu kłączowego jest mniejsza niż latem. Najbardziej rozbudowany jest system kłączy trzciny pospolitej, który sięga nawet 3 m w głąb gruntu. W ten sposób system kłączowy pod 1 m<sup>2</sup> zbiorowiska trzciny może utrzymywać od 1 do 3 m<sup>3</sup> gruntu. Najpłytszy system kłączowo-korzeniowy miał tatarak zwyczajny, którego korzenie przybyszowe osiągają długość do 0,6 m. W ten sposób system kłączowo-korzeniowy tataraku zwyczajnego utrzymuje mniej niż 1 m<sup>3</sup> gruntu pod 1 m<sup>2</sup> powierzchni zbiorowiska.

W drugiej części Doktorantka zaprezentowała wyniki badań parametrów wytrzymałościowych roślin i geowłóknin. Analiza została przedstawiona w sposób jednolity dla każdego gatunku roślin, w podrozdziałach: 1 - siła zrywająca, 2 - wytrzymałość na rozciąganie, 3 - zależność sił zrywających od przemieszczenia, 4 – przemieszczenie, wydłużenie, moduł Younga i kąt  $\alpha_w$ . Dla poszczególnych części roślin przedstawiono szczegółowy raport z prób rozciągania w zakresie przemieszczenia, średnicy zewnętrznej, grubości ścianki oraz podano wielkości siły zrywającej. Dodatkowo dla każdej części roślin przedstawiono przykładowe przebiegi próby rozciągania. Na podstawie uzyskanych wyników badań Autorka przeprowadziła analizę statystyczną w celu oceny istotności różnic między wartościami średnimi sił zrywających oraz wytrzymałości na rozciąganie dla poszczególnych części roślin. Uzyskane wyniki przeanalizowała na tle zawartości wody w próbkach roślin. Doktorantka poszukiwała zależności pomiędzy wielkością siły zrywającej i wytrzymałością na rozciąganie, a polem powierzchni przekroju poprzecznego próbki.

Uzyskane wyniki wykazały, że wśród pędów nadziemnych największe wartości sił zrywających podczas badań odnotowano dla trzciny pospolitej, a najmniejsze dla manny mielec. Dla nasad pędów największe wartości sił zrywających odnotowano u pałki szerokolistnej, a najmniejsze u tataraku zwyczajnego. Analiza części podziemnych roślin wykazała, że średnie wartości sił zrywających kłączy letnich i zimowych trzciny pospolitej i manny mielec były zbliżone. Natomiast dla pałki szerokolistnej wartości sił zrywających były większe dla kłączy zimowych. Na wielkość sił zrywających wpływ miała powierzchnia przekroju poprzecznego poszczególnych części roślin oraz dodatkowo ich budowa anatomiczna. Ponadto badania Autorki wykazują, że kłącza manny mielec, pałki szerokolistnej oraz tataraku zwyczajnego charakteryzowały się niższą wytrzymałością na zrywanie niż użyte do porównania geowłókniny. Jedynie wartości sił zrywających dla kłączy trzciny pospolitej charakteryzowały się podobną wytrzymałością jak geowłókniny G, SF37 i F200M.

Przeprowadzone analizy wykazały, że największą wytrzymałością na rozciąganie charakteryzowały się źdźbła i pędy nadziemne. Natomiast wśród nasad pędów największą wytrzymałość odnotowano u manny mielec, a najmniejszą u tataraku zwyczajnego. Analiza wytrzymałości na rozciąganie wykazała, że największą wytrzymałością charakteryzowały się kłącza trzciny pospolitej. Zdecydowanie niższe wartości Doktorantka uzyskała do tataraku zwyczajnego, pałki szerokolistnej oraz manny mielec.

Autorka podczas badań wytrzymałościowych wykazała, że źdźbła roślin charakteryzowały się mniejszą rozciągliwością w porównaniu z pędami podziemnymi. Ponadto kłącza zimowe miały mniejszą rozciągliwość niż kłącza letnie. Wartości przemieszczenia podczas próby rozciągania kłączy letnich mieściły się w zakresie od 20 do 28 mm natomiast w przypadku kłączy zimowych od 14 do 27 mm. Wartości te były na ogół mniejsze niż w przypadku geowłóknin. Wg Autorki mniejsza rozciągliwość kłączy zimowych wynika ze z lignifikowania i skurczenia tkanek po zakończeniu sezonu wegetacyjnego.

Na trzeciej części rozdziału 5, Doktorantka dokonała podsumowania najważniejszych wyników badań własnych, oraz przeprowadziła ich dyskusję na tle wyników badań przedstawionych w literaturze przedmiotu. Dokonała także oceny przebadanych gatunków roślin pod względem ich przydatności do umacniania brzegów. Doktorantka wykazała, że pod względem parametrów biometrycznych i wytrzymałościowych oraz własności ekologicznych pałka szerokolistna i trzcina pospolita są najbardziej odpowiednie do umocnienia brzegów wód. Najmniej korzystne cechy biometryczne i wytrzymałościowe wykazywał tatarak zwyczajny, który powinien zdaniem Doktorantki stanowić komponent zwiększający bioróżnorodność umocnień roślinnych z uwagi na zdolność do sanitacji podłoża.

**W rozdziale 6** (Praktyczne wykorzystanie wyników badań – 8 str.) Autorka opisała właściwości biologiczne i ekologiczne roślin szuwarowych oraz przedstawiła wskazania i ograniczenia w zakresie ich wykorzystania w inżynierii i ochronie środowiska. Dodatkowo zaprezentowała możliwości wykorzystania uzyskanych wyników badań wytrzymałościowych do obliczeń stateczności skarp z uwzględnieniem wpływu roślinności.

**W rozdziale 7** (Wskazania metodyczne do badań parametrów wytrzymałościowych roślin szuwarowych – 3 str.) Doktorantka przedstawiła wskazania metodyczne w zakresie prowadzenia badań parametrów wytrzymałościowych roślin szuwarowych, które podzieliła na siedem części, 1 – wytypowanie miejsc poboru prób, 2 – określenie czasu poboru prób, 3 - pobór roślin w terenie, 4 - transport i przechowywanie materiału roślinnego, 5 – zamocowanie prototypu uchwytów w maszynie, 6 – przygotowanie materiału roślinnego do próby rozciągania, 7- przeprowadzenie próby rozciągania z kontrolą wyników.

**Rozdział 8** (Podsumowanie i wnioski – 2 str.), zawiera krótkie podsumowanie oraz 18 wniosków, z których biorąc pod uwagę cele pracy jako najważniejsze można wyróżnić:

- wykazanie, że największe wartości sił zrywających wystąpiły dla źdźbeł trzciny pospolitej, nasad pędów nadziemnych pałki szerokolistnej i kłączy tataraku zwyczajnego,
- wykazanie, braku istotnych różnic w wartościach sił zrywających dla kłączy letnich i zimowych u wszystkich badanych gatunków roślin szuwarowych,
- wykazanie, że największą wytrzymałością na rozciąganie charakteryzowały się źdźbła i kłącza trzciny pospolitej oraz nasady pędów nadziemnych manny mielec,
- wykazanie, że pędy podziemne (kłącza) u wszystkich badanych gatunków są bardziej rozciągliwe niż pędy nadziemne,

- wykazanie, że najkorzystniejsze wartości parametrów biometrycznych i najwyższe wartości parametrów wytrzymałościowych, stwierdzono u trzciny pospolitej. Porównywalna pod tym względem była pałka szerokolistna,
- wykazanie, że parametry wytrzymałościowe zbadanych roślin szuwarowych są porównywalne do parametrów niektórych materiałów stosowanych w inżynierii środowiska do wzmocnienia brzegów wód,
- wykazanie, że rośliny szuwarowe mogą zastępować lub uzupełniać klasyczne materiały budowlane stosowane do ochrony brzegów wód.

### 3. Ocena poziomu naukowego pracy

Rozprawa napisana została poprawnym językiem. Drobne potknięcia językowe zostały zaznaczone w recenzowanym egzemplarzu. Układ edytorski, oraz poziom techniczny tabel i rycin nie budzi zastrzeżeń i stanowi wartościowe uzupełnienie tekstu. Układ pracy jest poprawny.

Rozprawa została opracowana na podstawie wnikliwych badań o zróżnicowanym charakterze, przeprowadzonych w sposób kompleksowy według nowatorskiej dobrze opracowanej metodyki przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi. Podkreślić należy, że postawione przez Doktorantkę cele badawcze i użytkowe zostały zrealizowane. Tym samym można oczekiwać, że uzyskane wyniki badań pozwolą na zmianę podejścia do sposobu umocnienia brzegów na korzyść metod bardziej przyjaznych środowisku.

O bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym doktorantki świadczy umiejętność wnikliwego i wieloaspektowego analizowania złożonych procesów. Przedstawione w rozprawie doktorskiej wnioski znajdują pełne uzasadnienie w wynikach przeprowadzonych badań i analiz.

Recenzowana rozprawa doktorska posiada wysoką wartość naukową i użytkową. Na szczególne podkreślenie zasługuje szeroki zakres badań terenowych i laboratoryjnych przeprowadzonych przez Doktorantkę. Pozwoliło to na zgromadzenie dużej ilości danych, opisujących cechy biometryczne i wytrzymałościowe kłaczy, nasad pędów i źdźbeł czterech gatunków roślin szuwarowych. Analizowanie danych o zróżnicowanym charakterze wymagało od Doktorantki dużej wiedzy i umiejętności do ich właściwej interpretacji, a także praktycznego wykorzystania.

Podczas przygotowywania recenzji rozprawy nasunęły się pewne pytania i uwagi merytoryczne, o charakterze dyskusyjnym:

- W przeglądzie literatury zaprezentowano wyniki badań wytrzymałościowych roślin wykorzystywanych w inżynierii środowiska. Przedstawiono zależności pomiędzy wytrzymałością na rozciąganie i siłami zrywającymi a średnicami korzeni. Natomiast podczas prezentacji wyników badań własnych Autorka przedstawiła, zależności pomiędzy parametrami wytrzymałościowymi a polami powierzchni poszczególnych części roślin. Czy w celu ułatwienia analizy uzyskanych wyników badań na tle tych zaprezentowanych w przeglądzie literatury nie należałoby przedstawić zależności pomiędzy parametrami wytrzymałościowymi a średnicami lub średnicami zastępczymi?
- W rozdziale 6 zaprezentowano praktyczne możliwości wykorzystania wyników uzyskanych badań w inżynierii i ochronie środowiska. Zabrakło natomiast informacji na temat czasu, jaki potrzebny jest od momentu nasadzenia roślin do osiągnięcia pełnego ich rozwoju, w kontekście np. poprawy stateczności skarp,
- W wynikach badań parametrów wytrzymałościowych młodych młoci podano, że wartości sił zrywających dla źdźbeł letnich o powierzchni przekroju większej od 95 mm<sup>2</sup> były mniejsze niż

dla nasad pędów. Nasuwa się pytanie ile badanych próbek źdźbeł letnich oraz nasad pędów miało średnicę większą od 95mm<sup>2</sup>? Czy na podstawie zaprezentowanej ryciny 31 str. 71 uzasadnione jest takie sformułowanie?

Uwagi o charakterze redakcyjnym i technicznym:

- Na rycinie 9 nie podano jednostek przy opisie średnicy korzeni,
- W celu podniesienia przejrzystości pracy, wzór z rozdziału „Wyniki badań” ze str. 78 (ocena stosunku długości pomiarowej próbki do średnicy przekroju poprzecznego próbki) proponuję przenieść do rozdziału „Metody badań”,
- We wzorze Coulomba-Mohra str. 116 brak  $\sigma$  – naprężenia normalne,
- Występują pojedyncze braki zgodności w cytowaniach, (w spisie literatury znajdują się pozycje Filipek 1973, Kabata-Pendias i Pendias 1993, Mclvor i in. 2008, Niklas i in. 2006, Oświt 2000, Schwendener 1874, których brak w tekście pracy),
- W spisie literatury nie do końca zachowano kolejność alfabetyczną.

#### 4. Podsumowanie

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Weroniki Kowalik wnosi oryginalne elementy do analizy możliwości wykorzystania roślinności szuwarowej do umacniania brzegów. Wyniki badań poszerzają wiedzę z zakresu ochrony i kształtowania środowiska, gdyż ukazują wzajemne relacje pomiędzy parametrami biometrycznymi i wytrzymałościowymi roślin. Wiedza ta ma istotne znaczenie praktyczne w działaniach z zakresu inżynierii rzecznej, renaturyzacji rzek i ochrony środowiska.

Mgr inż. Weronika Kowalik przedstawiła rozprawę doktorską, która stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Świadczy ona o dobrej wiedzy teoretycznej i praktycznej Doktorantki oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych i stosowania oryginalnych metod badawczych.

Przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Weroniki Kowalik pt. „Badania parametrów biometrycznych i wytrzymałościowych roślin szuwarowych umacniających brzegi wód” spełnia warunki dotyczące stopni i tytułów naukowych, przedstawione art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595 z późn. zm.). Wnoszę, zatem do Rady Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie mgr inż. Weroniki Kowalik do dalszych etapów związanych z nadaniem stopnia naukowego doktora.

