

Dr hab. inż. Zbigniew Popek, prof. nadzw. SGGW
Słotwiny Czerwone Łąki 11
24-310 Karczmiska

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Daniela Geblera

pt. **“Analiza możliwości wykorzystania makrofitów do oceny stanu ekologicznego rzek przekształconych z zastosowaniem sieci neuronowych”**

Promotor: prof. dr hab. inż. Krzysztof Szoszkiewicz

Promotor pomocniczy: dr Dariusz Kayzer

1. INFORMACJE OGÓLNE

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Daniela Geblera została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (pismo Nr WMIS–4000-2/2015 z dnia 09.03.2015 r.), na podstawie decyzji Rady Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 05.03.2015 r. o powołaniu mnie na recenzenta w/w rozprawy doktorskiej.

Recenzowana rozprawa obejmuje 132 strony, w tym 90 stron zasadniczego tekstu, podzielonego na 7 rozdziałów. Pozostałe 42 strony pracy obejmują: spis treści, wykaz skrótów zastosowanych w pracy, spis literatury i innych materiałów źródłowych, streszczenie w języku polskim i angielskim, spisy: tabel, rysunków i załączników, a także 2 załączniki, z których pierwszy zawiera wykaz wybranych do badań 200 odcinków rzek, a drugi – 6 fotografii przykładowych stanowisk badawczych na rzekach o różnym stopniu przekształcenia koryta. Spis literatury zawiera 200 pozycji, w tym 125 publikacji w języku angielskim. 118 pozycji literaturowych to prace najnowsze, opublikowane w ostatnich 10 latach (2006-2015). Rozprawa doktorska zawiera 32 tabele, oraz 27 rycin.

2. OPIS PRACY

Merytoryczna część pracy została podzielona na 7 rozdziałów o zróżnicowanej objętości. We wstępie (rozdział 1 – 1 str.) Autor przedstawił krótkie uzasadnienie podjęcia tematu, tj. zbadania zmienności indeksów biologicznych dotyczących roślinności wodnej, wykorzystywanych do oceny stanu ekologicznego rzek, w odniesieniu do odcinków o różnym stopniu przekształcenia hydromorfologicznego koryta. Według przyjętej w Polsce klasyfikacji stanu ekologicznego wód, granice klas są jednakowe, zarówno dla naturalnych, silnie zmienionych, jak i sztucznych części wód powierzchniowych. Autor podjął badania w celu wyjaśnienia, czy rzeczywiście przekształcenia hydromorfologiczne koryt rzecznych nie wpływają na wartości indeksów biologicznych, gdyż w przeciwnym wypadku ocena silnie zmienionych i sztucznych części wód powierzchniowych byłaby zaniżona. Autor podkreśla złożoność procesów i zjawisk zachodzących w naturalnych ekosystemach, dużą zmienność parametrów oraz nieliniowość zależności je opisujących. Dlatego wskazuje na potrzebę stosowania nowoczesnych metod analitycznych, do których można zaliczyć sztuczne sieci neuronowe, znajdujące coraz szersze zastosowanie w badaniach ekologicznych, w tym w odniesieniu do organizmów wodnych.

W rozdziale 2 (*Przegląd literatury* - 23 str.) Autor przedstawił krótką historię prawodawstwa WE w zakresie ochrony i klasyfikacji wód, a także procesu wdrażania dyrektyw unijnych do przepisów krajowych. Najważniejszym dokumentem WE w zakresie gospodarki

wodnej jest Ramowa Dyrektywa Wodna z 2000 roku. Zgodnie z wymogami RDW, system monitoringu i klasyfikacji jakości wód powinien być oparty na ocenie stanu ekologicznego wód. Jakość ekologiczną wód określają wartości wskaźników biologicznych, odnoszących się do 5 grup organizmów wodnych: fitoplanktonu, fitobentosu, makrofitów, makrobezkręgowców bentosowych oraz ichtiofauny. Elementami wspomagającymi ocenę jakości ekologicznej wód są parametry fizyczno-chemiczne oraz hydromorfologiczne.

Do oceny stanu ekologicznego rzek na podstawie makrofitów wykorzystuje się w Polsce Makrofitowy Indeks Rzeczny (MIR). Aktualnie obowiązujące przepisy (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych – Dz. U. 2014, poz. 1482) określają wartości graniczne wskaźnika MIR dla 5 klas stanu ekologicznego rzek, przyporządkowanych do 9 tzw. typów makrofitowych rzek, wyznaczonych na podstawie ich właściwości abiotycznych. Przyjęta klasyfikacja dla wartości MIR dotyczy zarówno naturalnych, jak silnie zmienionych i sztucznych części wód powierzchniowych. Jak słusznie podkreśla Doktorant, warunkiem poprawności przyjętej jednolitej klasyfikacji wód jest założenie, że czynniki abiotyczne występujące w rzekach o różnym stopniu przekształcenia koryta, nie wpływają na roślinność wodną. W świetle wyników badań różnych autorów, przedstawionych w dalszej części rozdziału, założenie to należy uznać za co najmniej dyskusyjne. Autor szczegółowo przeanalizował wpływ poszczególnych czynników powodujących degradację rzek poprzez zaburzenia elementów środowiska abiotycznego oraz wynikające z nich zmiany warunków funkcjonowania biocenoz rzecznych, w tym zwłaszcza w odniesieniu do roślinności wodnej. Doktorant przedstawił także ogólne założenia oraz charakterystyki monitoringu biologicznego wód na podstawie makrofitów, prowadzonego w różnych państwach członkowskich WE.

W rozdziale 2 Doktorant przedstawił również charakterystykę budowy i funkcjonowania sztucznych sieci neuronowych oraz możliwości ich zastosowania w badaniach ekologicznych. Autor podkreśla zalety sztucznych sieci neuronowych, takie jak: możliwość modelowania złożonych procesów charakteryzujących się nieliniowością zależności empirycznych o nieznannej strukturze matematycznej, a także możliwość poznania związku między badaną wielkością a poszczególnymi zmiennymi czynnikami. Z przeglądu literatury wynika, że w badaniach roślinności wodnej sztuczne sieci neuronowe były dotychczas stosunkowo rzadko wykorzystywane i w dość wąskim zakresie.

W rozdziale 3 (*Cel pracy* - 2 str.) Doktorant przedstawił cele pracy, które podzielił na poznawcze, szczegółowe i praktyczne. Celem poznawczym pracy było określenie, przy użyciu metod sztucznej inteligencji, reakcji roślin wskaźnikowych na antropogeniczne przekształcenia koryt rzecznych. Realizacja celu miała umożliwić wykazanie, że w warunkach cieków przekształconych istnieją wzajemne zależności między makrofitami, trofią i stanem hydromorfologicznym rzek. Jako cele szczegółowe Autor wskazał: zbadanie wpływu różnych czynników ekologicznych na makrofity; sprawdzenie zależności występujących w układzie: makrofity – fizyczno-chemiczne parametry jakości wody – charakterystyka hydromorfologiczna koryta rzeki; modelowanie wartości wskaźników makrofitowych za pomocą sieci neuronowych; a także weryfikacja listy i wartości liczb wskaźnikowych taksonów wykorzystywanych w indeksie MIR, pod kątem ich reakcji na trofię wody w rzekach przekształconych. Z kolei jako cele praktyczne badań Doktorant wymienia po pierwsze: zweryfikowanie przydatności metody MIR, dostosowanej do oceny rzek naturalnych, w warunkach oceny stanu ekologicznego rzek przekształconych oraz wskazanie koniecznych jej modyfikacji. Po drugie – rozwój metod analitycznych poprzez wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych w badaniach dotyczących bioindykacji ekosystemów wodnych.

Dla osiągnięcia celu naukowego i celów praktycznych badań Doktorant sformułował 3 hipotezy robocze: 1) wartości fizyczno-chemicznych wskaźników jakości wody pozwalają na predykcję biologicznych wskaźników oceny wód; 2) przekształcenia hydromorfologiczne modyfikują reakcję roślinności wodnej na zanieczyszczenia troficzne; 3) sztuczne sieci neuronowe umożliwiają poznanie złożonych i nieliniowych zależności w układzie roślinia-siedlisko.

W rozdziale 4 (*Zakres badań i metodyka* – 14 str.) przedstawiono zakres pracy, którą przygotowano na podstawie badań wykonanych na 200 stanowiskach rzecznych zlokalizowanych na obszarze niemal całego kraju, reprezentujących 20 typów abiotycznych rzek (na 26 występujących w naszym kraju). Doktorant wykonał badania na około 85% stanowisk, natomiast wyniki dla pozostałych stanowisk pochodzą z bazy danych Katedry Ekologii i Ochrony Środowiska UP w Poznaniu. Do badań wybrano przekształcone odcinki rzek, zakwalifikowane według metody RHS do IV i V klasy, tj. posiadające zły i bardzo zły stan hydromorfologiczny. Na podstawie wykazu jednolitych części wód powierzchniowych stwierdzono, że 106 odcinków było w obrębie silnie zmienionych części wód powierzchniowych, 81 odcinków należało do naturalnych, a 13 – do sztucznych części wód. Badania terenowe obejmowały: 1) inwentaryzację i waloryzację hydromorfologiczną odcinka rzeki według metody RHS; 2) badania składu gatunkowego i ilościowego roślinności według Makrofitowej Metody Oceny Rzek (MMOR); 3) badania parametrów fizyczno-chemicznych wody i pobór prób do analiz laboratoryjnych. Badania laboratoryjne obejmowały ponadto szczegółową identyfikację niektórych grup makrofitów. Prace kameralne polegały natomiast na: 1) określaniu wartości indeksów makrofitowych (oprócz polskiego MIR, również francuskiego IBMR oraz brytyjskiego RMNI); 2) wartości wskaźników bioróżnorodności Simpsona i Shannona-Weavera, 3) wartości indeksów stanu hydromorfologicznego; 4) wskaźników charakteryzujących badane odcinki rzek. Ponadto w ramach prac kameralnych Doktorant przeprowadził analizę statystyczną danych oraz modelowanie wartości różnych wskaźników makrofitowych przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. Modelowanie poprzedził proces tworzenia sieci neuronowej, który wymagał podziału zbioru danych na 3 części: jako tzw. zbiór uczący, walidacyjny oraz testowy - wykorzystany do ostatecznej oceny działania sieci.

W rozdziale 5 (*Wyniki* – 38 str.) Autor przedstawił wyniki badań w odniesieniu do 4 grup zagadnień: 1) zróżnicowania zmiennych środowiskowych, 2) charakterystyki roślinności, 3) zależności między siedliskiem a makrofitami, 4) modelowania wartości wskaźników makrofitowych.

W ramach badań zróżnicowania zmiennych środowiskowych, Autor przeanalizował wartości parametrów charakteryzujących stan hydromorfologiczny koryta rzecznego, określony według metody RHS, a także wartości wskaźników fizyczno-chemicznej jakości wody. Następnie, w celu redukcji liczby parametrów oraz wyodrębnienia najważniejszych, przeprowadził analizę składowych głównych. To pozwoliło wyróżnić najważniejsze czynniki środowiskowe, które łącznie wyjaśniają około 40% zmienności czynników środowiskowych. Należą do nich: rwący typ przepływu, materiał dna w postaci kamienni i głazów, wskaźnik przekształcenia siedliska HMS, stężenie biogenów (różnych form azotu oraz fosforu ogólnego), typ przepływu niedostrzegalny, oraz grupa zmiennych wyrażających stopień naturalności koryta, w której największe znaczenie miał syntetyczny wskaźnik naturalności koryta HQA.

Wyniki badań botanicznych pozwoliły na rozpoznanie łącznie 165 taksonów roślin wodnych należących do 5 grup ekologicznych. Najliczniejszą grupę stanowiły heliofity (53 gatunki), następnie hydrofity właściwe (41 gat.), higrofity (35 gat.), mszaki (20 taksonów) oraz glony makroskopowe (16 taksonów). Liczba odcinków rzek, na których stwierdzono występowanie roślinności z poszczególnych grup ekologicznych była w większości zbieżna z

bogactwem makrofitów w danej grupie. Wyjątek stanowią glony makroskopowe, których obecność odnotowano na ponad 150 odcinkach, co plasuje je na trzecim po najczęściej występujących heliofitach i hydrofitach. Analiza składu taksonomicznego roślinności na odcinkach przekształconych wykazała, że najczęściej występujące gatunki roślin (o frekwencji powyżej 50%) to: mozga trzciniowata (140 stanowisk, frekwencja 70%), rzęsa drobna (120 stanowisk, frekwencja 60%), glon gałęzatką (110 stanowisk, frekwencja 55%), jeżogłówka pojedyncza (104 stanowiska, frekwencja 52%). Jednocześnie stwierdzono, że aż 40 taksonów (24%) wystąpiło jedynie na jednym odcinku oraz 94 taksony (57%) – na mniej niż 10 odcinkach. Świadczy to z jednej strony o dużym podobieństwie odcinków pod względem występowania gatunków pospolitych, z drugiej – o dość przypadkowej obecności wielu unikalnych makrofitów na przekształconych odcinkach rzek. W efekcie badane odcinki charakteryzują się dużą zmiennością stanu ekologicznego – od złego do bardzo dobrego, określonego zarówno na podstawie MIR, IBMR, jak i RMNI. Podobnie dużą zmienność stwierdzono w przypadku wskaźnika bogactwa gatunkowego oraz wskaźników różnorodności biologicznej Simpsona i Shannona-Weavera.

W badaniach zależności pomiędzy siedliskiem a roślinnością stwierdzono słabe związki między wskaźnikami makrofitowymi a parametrami fizyczno-chemicznymi wody, jak również ze wskaźnikami hydromorfologicznymi. W przypadku wskaźników jakości wody najwyższą wartość współczynnika korelacji otrzymano dla współzależności między MIR a przewodnością elektrolityczną ($r = -0,41$). Wartości pozostałych korelacji nie przekraczały $r = 0,30$, pomimo to były istotne statystycznie na poziomie $p < 0,01$. Natomiast najsilniejsze zależności stwierdzono dla indeksów MIR oraz IBMR w odniesieniu do obu wskaźników stanu hydromorfologicznego – odpowiednio między HQA: $r = 0,37$ i $r = 0,34$, oraz HMS: $r = -0,34$ i $r = -0,39$. Słabo skorelowane były również wartości wskaźników bogactwa gatunkowego oraz różnorodności biologicznej.

Kolejnym etapem analiz wykonanych przez Doktoranta było określenie wpływu stopnia umocnienia dna oraz brzegów koryta na występowanie 5 grup ekologicznych roślinności wodnej. Umocnienia dna miały największy negatywny wpływ na występowanie hydrofitów oraz w mniejszym stopniu na higrofity i helofity. Odwrotną tendencję zanotowano w przypadku glonów makroskopowych – wraz ze wzrostem udziału powierzchni umocnionego dna ich udział wzrastał. Natomiast najmniejszy wpływ umocnień dna stwierdzono w odniesieniu do mszaków. Również stopień umocnienia brzegów miał zróżnicowany wpływ na poszczególne grupy roślinności. Największy dodatni wpływ umocnienia brzegów stwierdzono w przypadku glonów makroskopowych, natomiast najbardziej negatywny – w przypadku hydrofitów oraz nieco mniejszy w przypadku heliofitów.

Doktorant przeanalizował również wpływ stopnia umocnienia dna i brzegów koryta na wskaźniki MIR, IBMR i RMNI, a także na wskaźniki bogactwa gatunkowego oraz różnorodności biologicznej Simpsona i Shannona-Weavera. Największy negatywny wpływ zarówno umocnień dna, jak i brzegów koryta, stwierdzono w odniesieniu do indeksów IBMR i MIR. Natomiast umocnienie dna istotnie wpływało negatywnie na bogactwo gatunkowe oraz wskaźnik różnorodności biologicznej Simpsona, a także w nieco mniejszym stopniu – na wskaźnik Shannona-Weavera.

Analiza relacji roślinny wskaźnikowe – zmienne środowiskowe, przeprowadzona dla 51 taksonów o frekwencji co najmniej 10%, wykazała, że największy wpływ na zróżnicowanie roślinności miała dynamika wód, czynnik związany z malejącym stopniem przekształcenia hydromorfologicznego, a także malejąca eutrofizacja wody (malejący wpływ biogenów).

Ostatnia część rozdziału 5 zawiera prezentację wyników modelowania wskaźników MIR, IBMR i RMNI za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Doktorant zastosował dwa modele sieci, w których jako parametry zmienne wykorzystał: w modelu „1” – 10 wskaźników

jakości wody, natomiast w modelu „2” – 12 parametrów, z dodatkowo uwzględnionymi wskaźnikami HQA i HMS – w sposób syntetyczny charakteryzującymi stan hydromorfologiczny badanych odcinków rzek. Model „2” (12 parametry) dawał ogólnie lepsze wyniki modelowania – najwyższe wartości współczynników determinacji R^2 uzyskano dla zbiorów testujących: dla wskaźnika RMNI – $R^2 = 0,715$, dla MIR – $R^2 = 0,702$, dla IBMR – $R^2 = 0,532$. We wszystkich przypadkach, pomijając pewne różnice w istotności poszczególnych zmiennych, największy wpływ na wartość modelowanego wskaźnika miały wartości HMS i HQA (oprócz IBMR), a także następujące parametry jakości wody: zasadowość, przewodność elektrolityczna, stężenie fosforu ogólnego oraz różnych form azotu.

Sieci neuronowe wykorzystane do modelowania wartości wskaźnika bogactwa gatunkowego oraz różnorodności biologicznej Simpsona charakteryzowały się znacznie niższą jakością w porównaniu do wskaźników stanu ekologicznego. W przypadku predykcji liczby gatunków na podstawie zbioru testującego, dla modelu „2” wartość współczynnika determinacji R^2 wyniosła 0,415, natomiast dla wskaźnika Simpsona zaledwie 0,284.

W kolejnym rozdziale 6 (*Dyskusja* – 10 str.) Doktorant podsumował najważniejsze wyniki badań własnych, uzupełniając je odpowiednim komentarzem i wyjaśnieniami, a także konfrontując je z uzyskanymi przez innych autorów. W tej części pracy Autor przedstawił również szereg wniosków o charakterze metodycznym dotyczących m. in. dostosowania indeksu MIR do oceny stanu ekologicznego rzek przekształconych, a także kierunków dalszych badań, w szczególności nad wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych.

Rozdział 7 (*Wnioski* – 2 str.) zawiera 13 wniosków, z których, biorąc pod uwagę cele pracy, jako najważniejsze można wymienić:

- Potwierdzenie wpływu przekształceń hydromorfologicznych koryt rzecznych na występujące w nich zbiorowiska roślinne;
- Wykazanie, że głównymi czynnikami środowiskowymi wpływającymi na zbiorowiska roślinne są: energia płynącej wody, substrat dna, stopień modyfikacji koryta oraz jakość wody, w tym zwłaszcza zawartość biogenów;
- Wykazanie, że wartości wskaźników oceny stanu ekologicznego w rzekach przekształconych są uzależnione od stopnia umocnienia koryta;
- Potwierdzenie możliwości wykorzystania sztucznych sieci neuronowych do predykcji wartości wskaźników stanu ekologicznego MIR i RMNI na podstawie zmiennych parametrów środowiskowych, w tym określających stan hydromorfologiczny rzeki;
- Wykazanie braku możliwości wykorzystania wskaźników różnorodności biologicznej od oceny stanu ekologicznego rzek przekształconych
- Wskazanie konieczności modyfikacji wskaźnika MIR dla oceny stanu ekologicznego rzek silnie przekształconych.

3. OCENA POZIOMU NAUKOWEGO PRACY

Rozprawa podejmuje bardzo interesujący pod względem naukowym i praktycznym problem wykorzystania roślinności makrofitowej do oceny stanu ekologicznego rzek zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną oraz wynikających z niej przepisów krajowych. Biorąc pod uwagę fakt, że silnie zmienione części wód powierzchniowych obejmują 45% długości rzek w zlewni Odry i prawie 40% w zlewni Wisły, wyniki przeprowadzonych badań należy uznać za bardzo istotne, albowiem potwierdzają konieczność dostosowania istniejących metod oceny stanu ekologicznego rzek do warunków występujących w rzekach hydromorfologicznie przekształconych. Ponadto, uzyskane wyniki badań wskazują na kierunek i zakres modyfikacji dotychczas stosowanego w Polsce wskaźnika MIR, który został opracowany pod kątem oceny stanu ekologicznego rzek naturalnych. Duże znaczenie poznawcze i praktyczne mają również badania Doktoranta nad wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych do predykcji

wskaźników makrofitowych do oceny stanu ekologicznego rzek na podstawie abiotycznych parametrów środowiskowych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje szeroki zakres badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych przeprowadzonych przez Doktoranta, które pozwoliły na zgromadzenia dużej ilości danych, opisujących złożone charakterystyki zarówno środowiska abiotycznego, jak i biotycznego w odniesieniu do roślinności makrofitowej. Dzięki temu zebrany materiał empiryczny posiada wysoką jakość, co pozwoliło uzyskać bardzo wartościowe rezultaty badań w istotny sposób wzbogacające wiedzę, w szczególności dotyczącą wpływu przekształceń koryta na roślinność wodną. Analizowanie danych o bardzo zróżnicowanym charakterze wymagało od Doktoranta zastosowania nowoczesnych metod analitycznych oraz nabycia dużej wiedzy i umiejętności do ich praktycznego wykorzystania, a także właściwej interpretacji uzyskanych wyników.

Podkreślić również należy, że postawione w rozprawie cele badawcze i poznawcze zostały w pełni zrealizowane. Tym samym, można oczekiwać, iż uzyskane przez Doktoranta wyniki badań pozwolą na modyfikację dotychczas stosowanych metod makrofitowych do oceny stanu ekologicznego rzek hydromorfologicznie przekształconych.

W podsumowaniu można więc stwierdzić, że recenzowana rozprawa doktorska posiada dużą wartość naukową i użyteczną. Opracowana została na podstawie wnikliwych badań o bardzo zróżnicowanym charakterze, przeprowadzonych w sposób kompleksowy według dobrze opracowanej metodyki i przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi. O dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktoranta świadczy duża sprawność w przeprowadzeniu obszernych badań oraz umiejętność wnikliwego i wieloaspektowego analizowania złożonych procesów, jakimi cechują się relacje między elementami środowiska przyrodniczego. Tezy, cel i zakres pracy zdefiniowane zostały w sposób przejrzysty. Układ pracy jest poprawny i logiczny, a rzetelne i właściwe wnioski znajdują pełne uzasadnienie w wynikach przeprowadzonych badań i analiz. Tekst został napisany poprawnym i zrozumiałym językiem, co znakomicie ułatwia zapoznanie się z treścią prezentowanej rozprawy doktorskiej.

Przy studiowaniu rozprawy nasunęły się również pewne pytania i uwagi merytoryczne, w tym także o charakterze dyskusyjnym:

1. Z podanych w pracy informacji nie wynika jasno, w jaki sposób określano fizyczno-chemiczne parametry jakości wody. Czy na podstawie jednorazowego pomiaru? Czy może serii pomiarów, na podstawie których określono średnie wartości wskaźników jakości wody? W przypadku jednorazowego pomiaru możliwość uzyskania przypadkowego wyniku, znacznie odbiegającego od przeciętnych na danym odcinku, jest duża. Czy nie było możliwości wykorzystania danych z monitoringu państwowego?
2. W badaniach wpływu stopnia umocnienia brzegów i dna koryta na roślinność wodną Doktorant brał pod uwagę jedynie udział powierzchni umocnionej na badanym odcinku i to oddzielnie w odniesieniu do brzegów i dna. Natomiast z reguły w przypadku, gdy dno jest umocnione również i brzegi są umocnione. Wobec tego, należało także rozpatrzyć wpływ całkowitej powierzchni umocnień na badanym odcinku na występującą na nim roślinność.
3. Zdaniem recenzenta, na warunki występowania roślinności ma również wpływ rodzaj umocnienia. Przykładowo, narzut kamienny nie ogranicza możliwości występowania roślinności w takim stopniu, jak betonowe umocnienia monolityczne. Celowe byłoby więc uwzględnienie w analizach także konstrukcji umocnienia.

Uwagi o charakterze technicznym:

- Występuje brak zgodności danych w wielu cytowanych w tekście pracy pozycjach literatury i wymienionych w spisie literatury (str. 7 i 9: Hering i in. 2010; Birk i in. 2013; str. 15: Beechie i in. 2013 – brak w spisie; Dojlido 2001; str. 24; Burchardt 2004; str. 25: Ciecierska 2008 – brak w spisie; str. 29: Lek i in. 1999; str. 34: Zasady ... 2011 – brak w spisie; str. 52: Dorman i in. 2013 – brak w spisie; str. 86, 88, 89: O'Hare i in. 2006; str. 88: Sawa i Popek 2011, Szoszkiewicz 2006; str. 89, 90, 91: Birk i in. 2012).
- W spisie literatury nie zachowano układu alfabetycznego, m. in. w poz. 37-40.
- Opis parametrów w tabelach 12 i 16 jest w wielu pozycjach niezrozumiały, np. w poz. 15 i 16 od dołu tabeli: co to za parametr „inne” i „brak”.
- Przyjęty w pracy skrót IBMR kilku miejscach jest podawany jako IMBR, np. na str.: 61, 65, w tytule tab. 21.

4. PODSUMOWANIE

Praca doktorska mgr inż. Daniela Geblera podejmuje interesujący, pod względem naukowym oraz ważny z praktycznego punktu widzenia, problem wykorzystania roślinności makrofitowej do oceny stanu ekologicznego rzek hydromorfologicznie przekształconych. Uzyskane wyniki badań potwierdzają także możliwości zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych w tego typu ocenach. Autor wykazał się umiejętnością i wnikliwością prowadzenia badań złożonych procesów ekologicznych, wymagających szerokiej wiedzy nie tylko z zakresu botaniki i hydromorfologii, ale również znajomości nowoczesnych metod analitycznych. Doktorant potrafił dobrze zaplanować i zrealizować kompleksowe badania z wykorzystaniem bardzo zróżnicowanych i nowoczesnych metod badawczych. Wykazał się także umiejętnością prowadzenia analizy dużej ilości zróżnicowanych danych oraz właściwego przedstawiania wyników badań. Tym samym można jednoznacznie stwierdzić, że mgr inż. Daniel Gebler należycie opanował warsztat badawczy.

Recenzowana rozprawa wnosi oryginalne elementy do analizy możliwości wykorzystania roślinności makrofitowej w monitoringu stanu ekologicznego rzek, w tym z wykorzystaniem nowoczesnych modeli predykcyjnych. Wyniki badań równocześnie poszerzają wiedzę z zakresu ochrony i kształtowania środowiska, gdyż ukazują wzajemne relacje między makrofitami, fizyczno-chemicznymi parametrami jakości wody oraz stanem hydromorfologicznym koryta rzeki, który zależy między innymi od stopnia przekształceń antropogenicznych. Wiedza ta ma również istotne znaczenie praktyczne w działaniach z zakresu inżynierii rzecznej, zagospodarowania dolin rzecznych, a także renaturyzacji rzek i ochrony środowiska.

W konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Daniela Geblera pt. *„Analiza możliwości wykorzystania makrofitów do oceny stanu ekologicznego rzek przekształconych z zastosowaniem sieci neuronowych”* spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, określone w art. 13 ust. z dnia 14.03.2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) dlatego wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Daniela Geblera do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

