

Wrocław, 07.04.2025 r.

Dr hab. inż. Tomasz Kowalczyk, prof. uczelni  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska  
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
[tomasz.kowalczyk@upwr.edu.pl](mailto:tomasz.kowalczyk@upwr.edu.pl)

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
Pani mgr inż. Marty Stachowicz**

**pt. „Zintegrowana ocena sytuacji hydrologicznej osuszonych  
torfowisk oraz analiza skutków ich powtórnego nawodnienia”**

**wykonanej w Centrum Badań Klimatu  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego  
promotor: dr hab. Mateusz Grygoruk, prof. SGGW**

**1. Podstawa formalna**

Recenzję opracowano zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki SGGW z dnia 5.03.2025 r., na posiedzeniu której zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Stachowicz.

Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, Pani prof. Agnieszki Karczmarczyk z dnia 7.03.2025 r.

**2. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa podejmuje ważną tematykę oceny stosunków wodnych torfowisk, które od wielu lat są degradowane poprzez odwadnianie, głównie pod kątem rolnictwa i leśnictwa, a także w coraz większym stopniu zagrożone przez zmianę klimatu. Osuszone torfowiska stają się poważnym źródłem emisji CO<sub>2</sub>, a ich odtwarzanie napotyka na liczne problemy natury hydrologicznej, a także społeczno-gospodarczej. Poprawa skuteczności tych działań wiąże się

z potrzebą prowadzenia wszechstronnej oceny i monitoringu stosunków wodnych mokradeł, również w kontekście określenia skuteczności ich restytucji polegającej na powtórnym nawodnieniu. W rozprawie przeanalizowano zakres przekształceń torfowisk w skali regionu, podjęto próbę opracowania algorytmu oceny aktualnej sytuacji hydrologicznej tych ekosystemów na podstawie danych teledetekcyjnych, dokonano oceny skuteczności powtórnego uwodnienia torfowisk wysokich oraz przeanalizowano korzyści restytucji torfowisk.

### **3. Ocena dorobku naukowego**

Przedstawiony do oceny dorobek naukowy stanowi cykl czterech powiązanych ze sobą tematycznie artykułów naukowych, które zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR. łączna punktacja MNiSW artykułów wynosi 390, a sumaryczny IF = 14,1. Można również wywnioskować, że Jej udział w opracowaniu przedmiotowych publikacji był dominujący i obejmował: konceptualizację, wypracowanie metodyki, pozyskanie danych, przeprowadzenie analiz, prace terenowe, przygotowanie tekstu publikacji, jego recenzja i edycja oraz opracowanie materiałów graficznych wizualizujących wyniki badań. W każdym z artykułów była również pierwszą i korespondencyjną autorką. Pozostałe aktywności i aspekty działalności naukowej Doktorantki należy ocenić jednoznacznie pozytywnie.

### **4. Ocena treści merytorycznej rozprawy**

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej Pani Marty Stachowicz jest istotna w świetle pilnej potrzeby prowadzenia działań zmniejszających emisję gazów cieplarnianych oraz w celu ochrony zasobów wodnych i bioróżnorodności. W tym kontekście skutecznym działaniem jest odtwarzanie osuszonych torfowisk poprzez przywracanie im właściwych stosunków hydrologicznych. Wagę tych działań uwzględniono m. in. w najnowszych strategiach EU - rozporządzeniu Nature Restoration Law, którego celem jest m. in. podjęcie działań na rzecz odtwarzania ekosystemów, w tym ponownego nawadniania osuszonych torfowisk. Skuteczność odtwarzania torfowisk zależy od poprawnego rozpoznania i uwzględnienia szeregu aspektów: lokalnych uwarunkowań przyrodniczych, społecznych i gospodarczych oraz infrastruktury wodno-melioracyjnej, co w pełni uzasadnia cele i zakres podjętych badań, stanowiących podstawę niniejszej rozprawy.

Doktorantka sformułowała następujące problemy badawcze, które stanowiły tematykę kolejnych publikacji wchodzących w skład recenzowanego cyklu:

- 1) Analiza zmian warunków hydrologicznych i hydrograficznych, jakie nastąpiły na przestrzeni ostatnich 200 lat na obszarze rozległych torfowisk nizinnych nad Biebrzą,
- 2) Opracowanie metody oceny średniego stanu wody na torfowiskach na bazie danych teledetekcyjnych,
- 3) Analiza odpowiedzi hydrologicznej osuszonych torfowisk na powtórne ich uwodnienie,
- 4) Ocena wartości usług ekosystemów bagiennych oraz analizę kosztów i korzyści ich restytucji w skali dużej, transgranicznej zlewni nizinnej Środkowej Europy.

### **Artykuł 1**

W publikacji nr 1 przedstawione zostały wyniki badań, których celem była analiza zmian sieci hydrograficznej w obrębie aktualnych granic Biebrzańskiego Parku Narodowego (BbPN) na przestrzeni ostatnich 200 lat. Badania te dokumentują presję antropogeniczną, która wywiera trwały wpływ na współczesne warunki hydrologiczne ekosystemów torfowiskowych tego obszaru.

Głównym celem badań było porównanie historycznej i współczesnej sieci hydrograficznej w granicach BbPN oraz identyfikacja i wizualizacja procesów transformacji, jakim uległa ta sieć. Ocena przekształceń sieci hydrograficznej opierała się na analizie porównawczej, wykorzystującej dostępne materiały kartograficzne i źródła historyczne: zdjęcia lotnicze, mapy historyczne i archiwalne oraz dane ze współczesnych map hydrograficznych i ortofotomap. Analizy przestrzenne uzupełniono danymi z literatury naukowej. Zdigitalizowane sieci rowów melioracyjnych zostały zweryfikowane w terenie w ponad 1000 lokalizacjach poprzez pomiary głębokości, szerokości oraz rzędnej dna rowów, jak również obserwację przepływu wody.

Przeprowadzona analiza potwierdziła znaczącą skalę antropogenicznego przekształcenia sieci hydrograficznej, głównie na potrzeby rolnictwa, co zaburzyło reżim hydrologiczny rzek i osuszyło torfowiska biebrzańskie, prowadząc do ich degradacji. Te zmiany mają poważne konsekwencje ekohydrologiczne, w związku z tym konieczne jest wprowadzenie racjonalnego, zintegrowanego zarządzania systemami wodno-melioracyjnymi w celu przywrócenia zrównoważonego użytkowania i ochrony biebrzańskich torfowisk.

## Artykuł 2

W ramach drugiej publikacji podjęto próbę opracowania metodyki oceny stanu torfowisk na podstawie średniego wieloletniego stanu wody. Oceny tego wskaźnika dokonano na podstawie samodzielnie opracowanego modelu sieci bayesowskiej, umożliwiającego predykcję zwierciadła wód podziemnych na torfowiskach z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych. Dane wejściowe do modelu, dotyczące poziomu wód podziemnych, były uśrednionymi wartościami z wielolecia, zebranymi z sieci 45 piezometrów zlokalizowanych na terenie BbPN. Dane teledetekcyjne obejmowały współczynnik rozproszenia wstecznego SAR z satelity Sentinel-1, osiadanie torfu oraz odległość do cieków wodnych. Skuteczność modelu została oceniona za pomocą macierzy błędów i dokładności predykcyjnej. Dokładność predykcji została obliczona jako stosunek liczby właściwych określeń głębokości do wody w poszczególnych klasach do całkowitej liczby wykonanych predykcji.

Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę przydatności oraz wskazanie ograniczeń zastosowanej metody w szacowaniu zasobów wodnych torfowisk. Do jej niewątpliwych zalet należy efektywność analizy opartej na ogólnodostępnych danych teledetekcyjnych, jak również możliwość oceny obiektów, na których bezpośrednie pomiary głębokości wody gruntowej nie są prowadzone lub niemożliwe do realizacji. Wadą jest relatywnie duża niepewność predykcji. Doktorantka słusznie podkreśla konieczność dalszego doskonalenia tej metody oraz testowania jej poza obszarem BbPN.

## Artykuł 3

Badania były studium przypadku trzech osuszonych torfowisk wysokich w Norwegii, gdzie zmierzono odpowiedź hydrologiczną na ich ponowne nawodnienie poprzez przetamowanie rowów melioracyjnych. W każdej lokalizacji zainstalowano studzienki piezometryczne, rozmieszczone w zasięgu oddziaływania rowów melioracyjnych oraz położonych poza spodziewanym obszarem oddziaływania zatamowanych rowów odwadniających. Efektywność działań renaturyzacyjnych, polegających na blokowaniu rowów, została oceniona poprzez statystyczną analizę porównawczą poziomu wód gruntowych przed i po przywróceniu reżimu wodnego, przy uwzględnieniu przebiegu warunków hydrometeorologicznych. Ponadto zbadano zmiany w czasie trwania okresów optymalnego położenia zwierciadła wody, korzystnych dla funkcjonowania ekosystemów torfowiskowych, oraz określono zasięg przestrzenny wpływu zatamowanych rowów.

Po nawodnieniu średni poziom wód podziemnych wykazał przeciętnie wzrost o 0,04 - 0,08 m. Zablockowanie rowów wydłużyło średnio o 27,7% okres, w którym poziom wód podziemnych wynosił preferowane 11,7 cm lub więcej. Zasięg oddziaływania od rowów, w którym zaobserwowano wzrost poziomu wód podziemnych po zablockowaniu odpływu, mieścił się zakresie od 12,7 m do 24,8 m, a średnio odległość ta dla trzech badanych obiektów wyniosła 17,2 m. Zarówno odnotowane wzrosty poziomu wody gruntowej, jak i zasięg oddziaływania rowów na zmianę jej położenia są relatywnie niewielkie, co może świadczyć o dość małej skali odwodnienia tych obiektów. Doktorantka słusznie konkluduje, iż monitoring środowiska odtwarzanych torfowisk powinien obejmować dłuższe okresy, aby skutecznie udokumentować rzeczywiste efekty powtórnego ich nawodnienia.

#### **Artykuł 4**

Głównym celem publikacji było oszacowanie zmian w zdolności magazynowania wody i ocena korzyści z ponownego nawadniania torfowisk w transgranicznej zlewni Niemna. Do analizy wybrano przecięte rowami melioracyjnymi torfowiska o powierzchni powyżej 5 ha. Wartość oczekiwanych korzyści z ponownego nawodnienia torfowisk została określona poprzez oszacowanie wartości retencji wody w EUR·m<sup>3</sup>·rok<sup>-1</sup>. Kolejnym krokiem prac badawczych było oszacowanie kosztów ponownego nawadniania torfowisk z uwzględnieniem trzech różnych scenariuszy działań, w zależności od typów tamy i szerokości rowów.

Przeprowadzona analiza wykazała, że ponowne nawodnienie osuszonych torfowisk może zwiększyć retencję wody w dorzeczu Niemna o ok. 24 do 118 milionów m<sup>3</sup>, co odpowiada około 0,14-0,7% całkowitego rocznego odpływu ze zlewni. Średnia wartość retencji wody oszacowano na 0,51 EUR·m<sup>3</sup>·rok<sup>-1</sup>. Średni koszt działań związanych z ponownym nawadnianiem określono na około 1114 EUR za pojedynczą tamę. Korzyści ekonomiczne wynikające z wartości magazynowania wody oszacowano w zakresie od 12 do 60,2 mln EUR·rok<sup>-1</sup>. Na ogół przewyższały one koszty ponownego nawadniania, które wahały się od 6,8 do 51,5 mln EUR rocznie w zależności od zastosowanego scenariusza kosztowego tam. Świadczy to o bardzo korzystnym stosunku wartości tych inwestycji do efektów samej retencji, gdyż po stronie corocznych zysków należy wycena wielu usług ekosystemów mokradeł m. in. w postaci: wsparcia bioróżnorodności, ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> i wyrównywania przepływów w zlewni, co wpływa na skuteczność walki z suszą i poprawę dostępności wody do różnych celów.

W konkluzji można stwierdzić, że wyniki niniejszej rozprawy potwierdzają potrzebę włączenia restytucji torfowisk do narodowych strategii zarządzania środowiskiem i zasobami wodnymi, co jest kluczowe dla zwiększenia odporności na hydrologiczne skutki zmiany klimatu. Doktorantka słusznie sugeruje potrzebę udoskonalenia metod planowania przestrzennego w celu identyfikacji i odtworzenia priorytetowych obszarów mokradłowych. Są to postulaty trafne w obliczu potrzeby efektywnego wdrażania zapisów środowiskowych strategii EU - NRL, normy GAEC 2, a także pilnej konieczności poprawy krajowych i transgranicznych zasobów wodnych, m. in. poprzez racjonalizację zarządzania infrastrukturą wodno-melioracyjną.

## **5. Uwagi dyskusyjne i krytyczne**

Proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do poniższych kwestii, które moim zdaniem, zostały niedostatecznie zaakcentowane w przeprowadzonych i opublikowanych badaniach:

- Inwentaryzacja systemów wodno-melioracyjnych powinna obejmować identyfikację ich funkcji w kontekście możliwości prowadzenia nawodnień w dolinach cieków. Prawidłowa eksploatacja dolinowych systemów nawadniania podsiąkowego, współpracujących z jazami na ciekach, może być bowiem jedynym skutecznym sposobem przywrócenia i utrzymania pożądanego uwilgotnienia znacznej części użytków rolnych na glebach organicznych, szczególnie tam, gdzie duże fragmenty dolin są drenowane przez cieki o znacznej głębokości na odcinkach poniżej piętrzeń. Proszę o wyjaśnienie, czy takie rozwiązanie może być brane pod uwagę przy tworzeniu strategii poprawy zasobów wodnych w danej zlewni, w porównaniu do preferowanej tu metody trwałego tamowania bądź całkowitej likwidacji rowów?
- Zmiana klimatu niesie za sobą poważne konsekwencje dla stabilności zasobów wodnych, które można już w wielu zlewniach zaobserwować w postaci trwałych trendów. Proszę wymienić najważniejsze z nich w kontekście oceny perspektyw restytucji mokradł, a w szczególności realności założenia skutecznego utrzymania poziomu zwierciadła wody gruntowej na głębokości około 11,7 cm, co ma mieć kluczowe znaczenie dla utrzymania funkcji ekosystemu torfowisk.

- Przyjmowane w Polsce normy odwodnienia, bazujące na naukowo-technicznej literaturze melioracyjnej z XX w., zakładały osiągnięcie obniżenia poziomu wody pomiędzy rowami melioracyjnymi na torfowiskach do około 0,3 m p.p.t. W tym celu przyjmowano rozstawę rowów odwadniających łąki i pastwiska w granicach 80-300 m, przy głębokości koryt rzędu 0,9-1,1 m. Dawało to w praktyce skuteczny zasięg oddziaływania rowu odwadniającego gleby organiczne na odległość 40-150 m. Proszę zatem spróbować wyjaśnić znacznie mniejszy zasięg oddziaływania nawadniającego zatamowanych rowów, stwierdzony w badaniach na obiektach norweskich.

## **6. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani Marty Stachowicz wnosi nową wiedzę w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w zakresie: doskonalenia metod oceny stanu zasobów wodnych torfowisk, skuteczności przebiegu procesu ich restytucji poprzez ponowne nawodnienie oraz oceny skutków ekonomicznych tych działań. Rozprawa odpowiada na aktualne potrzeby ochrony zasobów wodnych, klimatu i bioróżnorodności poprzez odtwarzanie zdegradowanych ekosystemów mokradłowych. Doktorantka jest dobrze przygotowana do samodzielnej pracy naukowej, zarówno w zakresie analizy i oceny zasobów wodnych w różnych skalach czasoprzestrzennych, pozyskiwania, obróbki i zaawansowanej analizy danych hydrologicznych, jak również współpracy z szerokim, międzynarodowym interdyscyplinarnym zespołem badawczym.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marty Stachowicz pt. „Zintegrowana ocena sytuacji hydrologicznej osuszonych torfowisk oraz analiza skutków ich powtórnego nawodnienia” spełnia warunki Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) dotyczącej ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. W związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Stachowicz i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.