

Dr hab. Renata Graf, prof. UAM  
Uniwersytet im Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,  
Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej  
ul. Bogumiła Krygowskiego 10,  
61-680 Poznań

**RECENZJA**  
**rozprawy doktorskiej mgr. Roberta Urbaniaka**

**pt. „Ilościowa i jakościowa ocena wpływu realizacji przedsięwzięć na cele środowiskowe  
rzecznych wód powierzchniowych – propozycja nowej metodyki  
wraz z przykładami zastosowania”**

napisanej pod kierunkiem dr. hab. Damiana Absalona, prof. UŚ i dr. inż. Pawła Zaręby  
w Instytucie Nauk o Ziemi na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego  
w Katowicach. Praca została wykonana w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”.

Recenzja została przygotowana na prośbę Pana prof. dr hab. Leszka Marynowskiego, Dziekana Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, zgodnie z uchwałą Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego z dnia 17 maja 2022 roku.

**1. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Przedstawiona do recenzji praca doktorska podejmuje niezmiernie ważną problematykę określenia zarówno uwarunkowań i wymogów, jak również możliwości opracowania i wdrożenia nowej metodyki postępowania w ramach oceny wpływu przedsięwzięć na środowisko wód płynących z wykorzystaniem narzędzi numerycznych, jako instrumentu wspierającego proces decyzyjny. Tytuł pracy jest trafny i aktualny, gdyż identyfikacja presji jest jednym z zadań w zakresie oceny zagrożenia nieosiągnięciem celów środowiskowych wyznaczonych dla jednolitych części wód powierzchniowych w Ramowej Dyrektywie Wodnej z 2000 roku. Ocena tego zagrożenia w ujęciu kompleksowym, jak przedstawił to Doktorant, jest przeprowadzana w odniesieniu do wszystkich przedsięwzięć, które mogą negatywnie wpłynąć na osiągnięcie celów środowiskowych, co w dalszych krokach jest niezbędne do podjęcia działań zapobiegawczych lub ograniczających to oddziaływanie. Najczęściej w tym zakresie wskazane jest dokładne zidentyfikowanie celów, określenie możliwych scenariuszy oddziaływania oraz ich zbadanie pod kątem wpływu na parametry składowe celu środowiskowego, co zaprezentowane zostało w pracy doktorskiej. Doktorant ocenił w ujęciu ilościowym i jakościowym efekt wpływu przedsięwzięć na elementy biologiczne, stanowiące najistotniejsze składowe w ocenie stanu i potencjału ekologicznego wód oraz elementy fizykochemiczne, chemiczne i hydromorfologiczne, jako elementy uzupełniające.

Podjęta przez Doktoranta problematyka badawcza ma istotne znaczenie nie tylko poznawcze, ale przede wszystkim praktyczne, ponieważ jest ściśle związana z obowiązkiem przeprowadzenia oceny oddziaływania planowanej działalności na stan wód. Z punktu widzenia uwarunkowań prawnych ocena ta jest prowadzona w ramach postępowań administracyjnych związanych z wydaniem decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach i pozwoleń wodnoprawnych, a od niedawna również w

ramach ocen wodnoprawnych. Rozwiązanie tego problemu jest często bardzo skomplikowane i wielowątkowe, co na pewno wymagało od Doktoranta wszechstronnej wiedzy przyrodniczej i z zakresu prawa, a także dodatkowo umiejętności integracji wytycznych środowiskowych i prawnych z zaproponowanymi w pracy metodami badawczymi, których wyniki mają wspomagać system oceny i podejmowanie decyzji. Doktorant wykazał się przy tym bardzo dobrą znajomością współczesnych metod badawczych stosowanych w badaniach hydrologicznych, a także gospodarce i inżynierii wodnej oraz zarządzaniu i ochronie środowiska, a na szczególne podkreślenie zasługuje adaptacja na potrzeby rozwiązania problemu naukowego modelu SWAT oraz sztucznych sieci neuronowych. Zagadnienie badawcze podjęte w rozprawie doktorskiej przez mgr. Roberta Urbaniaka mieści się w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku. Zaproponowana przez Doktoranta koncepcja nowej metodyki ilościowej i jakościowej oceny wpływu realizacji przedsięwzięć na cele środowiskowe wód rzecznych wraz z przykładami zastosowania ma wysoki walor aplikacyjny i odpowiednio wpisuje się w problematykę rozprawy doktorskiej, która została zrealizowana w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”.

## 2. Zakres rozprawy i jej ocena

Dysertacja liczy 236 stron wydruku komputerowego, w tym 28 rycin oraz 55 tabel i dwa załączniki. Treść pracy zaprezentowano w pięciu zasadniczych rozdziałach o zróżnicowanej objętości oraz w załącznikach. Analizując zakres pracy i dokonując ogólnej jej oceny uważam, że przyjęty układ treści jest poprawny. Dyskusyjne natomiast są tytuły niektórych rozdziałów i podrozdziałów oraz tytuły, które powtarzają się, co może wynikać z przyjętego schematu postępowania naukowego, w którym założono określenie w pierwszej części pracy podstaw teoretycznych i prawnych poruszanej problematyki, a w kolejnych rozdziałach możliwości adaptacji metodyki do praktycznego rozwiązania problemu.

Rozprawę rozpoczyna Glosariusz, w którym wykazano stosowane w pracy skróty i ich objaśnienia. Zbędne wydaje się odrębne wyjaśnienie skrótów WSW i CIS, które oznaczają *Wspólną Strategię Wdrażania* (ang. *Common Implementation Strategy*). Podobna uwaga dotyczy skrótów SSN i ANN, które oznaczają *Sztuczne Sieci Neuronowe* (ang. *Artificial Neural Networks*). Należałoby uniknąć powtórzeń w Glosariuszu lub przyjąć objaśnienia w językach - polskim i angielskim, gdzie jest to niezbędne.

**Rozdział 1** pracy stanowi wprowadzenie do poruszanej tematyki wraz z uzasadnieniem podjęcia tematu badawczego. Doktorant przedstawił cel zasadniczy oraz sprecyzował cele: poznawczy, metodyczny i wdrożeniowy. Celem pracy jest opracowanie nowej metodyki postępowania w ramach oceny wpływu przedsięwzięć na środowisko wód płynących z wykorzystaniem narzędzi numerycznych (model SWAT, sztuczne sieci neuronowe) jako instrumentu wspierającego proces decyzyjny. W pracy zaproponowano nowatorską koncepcję, która integruje założenia dwóch dyrektyw: Ramowej Dyrektywy Wodnej i Dyrektywy w sprawie oceny oddziaływania na środowisko. Doktorant, stawiając zasadniczą hipotezę, założył wskazanie przydatności wdrożenia nowej metodyki oceny oddziaływania przedsięwzięć na środowisko wodne, co powinno usprawnić zarówno procedury oceny oraz procedury administracyjne, a także wpłynąć na minimalizację niepewności oceny oddziaływania poprzez standaryzację narzędzi i danych wejściowych. Przyjęta przez Doktoranta hipoteza stanowi bezpośrednią odpowiedź na przyjęte problemy badawcze.

W tym miejscu chciałabym zwrócić uwagę na kilka kwestii:

- W hipotezie Autor posługuje się sformułowaniem „*metody skalibrowanej na podobieństwo wyznaczenia granic klas ...*”, co nie wydaje się właściwe. Sądzę, że bardziej adekwatnym byłoby wyrażenie „metoda opracowana zgodnie z założeniami” lub metoda adoptująca założenia”.
- Mało trafne jest sformułowanie „*wododziałowe zmiany w zlewni*”, przytoczone przez Autora w grupie przedsięwzięć liniowych/obszarowych (str. 12). Właściwym sformułowaniem powinno być: „*zmiany w strefie wododziałowej zlewni*” lub „*zmiany w przebiegu wododziału*”.
- Kolejnym dyskusyjnym terminem, którym posłużył się Autor jest „*usprawnienie procesu absorpcji Dyrektywy do legislacji Państw Członkowskich*”. Absorpcja dosłownie oznacza wchłanianie (pochłanianie), a w dziedzinie polityki unijnej stosowana jest w terminologii: zdolność absorpcyjna, absorpcja środków finansowych czy umorzenie absorpcyjne.

W **Rozdziale 2** Doktorant dokonał przeglądu obecnie stosowanych procedur związanych z oceną oddziaływania przedsięwzięć na środowiskowo wód płynących w odniesieniu do czterech etapów: kwalifikacja przedsięwzięcia (*screening*), ustalenie zakresu zadań (*scopingu*), ocena wpływu (proces modelowania) i udokumentowanie dowodów na podstawie wyników (procedura badawcza). Autor za kluczowe w zakresie realizacji tematu uznał założenia Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz wytyczne Wspólnej Strategii Wdrażania, których celem jest sformułowanie zaleceń dotyczących celów środowiskowych i wyłączeń z ich realizacji, dopuszczających cele mniej rygorystyczne. Istotne w zakresie podjętej przez Doktoranta problematyki badawczej było rozpoznanie: podstawowych założeń i składowych oceny kondycji ekosystemów wodnych, a wśród nich zasad oceny i klasyfikacji stanu oraz potencjału ekologicznego jednolitych części wód, a także wymagań funkcjonalnych modeli (model SWAT, sztuczne sieci neuronowe) i zakresu ich wykorzystania w ocenie wpływu przedsięwzięcia na elementy fizykochemiczne i biologiczne jakości struktury ekosystemów wodnych.

Zacytowana w rozdziale literatura i przywołane akty prawne potwierdzają dobre przygotowanie Autora do realizacji tematu. Z przeprowadzonego przeglądu wynika, że dotychczas brakuje rozwiązań systemowych dotyczących zunifikowanej metody i narzędzi wspierających ilościową ocenę wpływu przedsięwzięć na środowisko wodne oraz zakresu danych, jakie powinny być uwzględnione w ocenie, stosownie do istotności wpływu i skali proponowanej zmiany.

Uwagę Recenzentki zwróciły następujące kwestie:

- Dyskusyjny jest tytuł Rozdziału 2 „*Metody*”, który nie do końca oddaje przedstawioną w nim treść, poza tym z tytułu nie wynika o jakie metody chodzi? Warto dodać, że kolejny rozdział pracy (Rozdział 3) zatytułowany jest „*Metodyka ilościowej i jakościowej oceny wpływu na cele środowiskowe*”. Doktorant podkreśla, że w Rozdziale 2 opisuje „*metody przygotowania metodyki*”, mając na uwadze wskazanie kryteriów jej opracowania i zakresu prac niezbędnych do wykorzystania metodyki w praktyce.
- Na str. 29 pojawia się sformułowanie „*działanie zmnożone tysiąckroć*”, co wymaga wyjaśnienia ze strony Autora. Multiplikacja oznacza zwiększanie, pomnażanie lub zwielokrotnianie, a tysiąckroć tłumaczyć można jako „mnóstwo razy”. Co Autor rozumie pod tym pojęciem i czy można podać przykład takiego działania?
- Niefortunne jest sformułowanie: „*ocena samego aspektu ekosystemowego*” (str. 39). Co w tym przypadku oznacza aspekt ekosystemowy i czy Autor miał myśli aspekt usług ekosystemowych?
- Sądzę, że do tytułu Rysunku 2-3 „*Schemat wrażliwości biologicznych elementów jakości (okrzemek, makrofitów / fitoplanktonu, makrobezkręgowców bentosowych, ryb) (Bis i in., 2013)*” należałoby dodać „*jakości wody*”.

Interesujący pod względem metodycznym jest **Rozdział 3**, w którym Doktorant, w obszerny i szczegółowy sposób, prezentuje metodykę ilościowej i jakościowej oceny wpływu na cele środowiskowe wód rzecznych w związku z realizacją planowanych przedsięwzięć, omawiając kontekst legislacyjny implementacji zaproponowanej metodyki.

Zastosowanie przez Doktoranta modelu SWAT i sztucznych sieci neuronowych (SSN) do rozwiązania postawionego problemu uważam za zasadne. Model SWAT, klasyfikowany jako model deterministyczny, oparty na podstawach fizycznych i parametrach quasi-przestrzennie rozłożonych, jest powszechnie używany do symulacji odpływu wody i substancji biogennych w różnych lokalizacjach przestrzennych, w podziale zlewni na jednorodne obszary hydrologiczne. Z kolei modele SNN umożliwiają modelowanie nieliniowych związków między czynnikami, nawet przy niekompletnych danych oraz zapewniają równoległość przetwarzania informacji, klasyfikację danych, ich aproksymację i predykcję. Zakładając wzrost oddziaływania czynników antropogenicznych na bilans wodny i jakość wód, istotne staje się prognozowanie efektów wpływu przedsięwzięć w perspektywie krótkoterminowej i średnioterminowej, gdzie wsparciem mogą być sztuczne sieci neuronowe.

Doktorant rzetelnie scharakteryzował procedurę wdrożenia modelu SWAT w zakresie metodyki oceny wpływu na elementy fizykochemiczne, łącznie z etapem przygotowania i schematyzacji danych, co obejmowało m.in. ustalenie granic modelu i obszarów bilansowych oraz uwzględnienie wpływu ukształtowania i użytkowania terenu na obliczenia bilansu wodnego i dopływu zanieczyszczeń. Autor wykazał się przy tym dobrą znajomością naturalnych uwarunkowań obiegu wody oraz czynników antropogenicznych modyfikujących obieg w skali lokalnej. Precyzyjnie dobrano grupę danych wejściowych do modelu, dla scenariusza aktualnego i dla scenariuszy uwzględniających inwestycje. Jest to procedura dość skomplikowana, jeśli uwzględni się możliwość oddziaływania wielu czynników presji oraz prognozowane zmiany klimatu, co przedstawiono na przykładzie Tabeli 3-3.

Doktorant włączył do metodyki oceny sztuczne sieci neuronowe zakładając, że wyniki uzyskane w modelach mają pełnić rolę danych wspierających ocenę wpływu przedsięwzięcia na elementy biologiczne wód rzecznych. Zaprezentował algorytm uczenia się sieci, rekomendując dla realizacji celów zastosowanie jednego z jej typów - perceptronu wielowarstwowego (MLP) z wsteczną propagacją błędów, który zaliczany jest do wielowarstwowego sieci jednokierunkowych (*ang. feedforward*). Na uwagę zasługują podrozdziały (3.7.1-3.7.5), w których Autor omówił proces walidacji modelu sztucznych sieci neuronowych, zjawisko przeuczenia sieci i określił kryteria oceny jakości działania modelu.

Analiza wyników poprzedzona została przez Doktoranta opisem planowanego przedsięwzięcia w zakresie związanym z oddziaływaniem na wody powierzchniowe (podrozdział 3.8.1). Bardzo ważny, z punktu widzenia realizacji celu wdrożeniowego rozprawy doktorskiej, jest podrozdział 3.8.2 „*Wyniki*”, w którym Autor potwierdził możliwości wdrożenia proponowanej metodyki oraz uwypuklił jej potencjał aplikacyjny związany z możliwością uzyskania informacji, które mogą wspierać procedurę badawczą oceny oddziaływania na środowisko. Uważam, że jest to niewątpliwie istotne osiągnięcie Doktoranta. Należy podkreślić, że Autor umiejętnie zaprezentował wyniki badań w formie zestawień tabelarycznych i rycin, co stanowi wartościowy materiał informacyjny, a zarazem wyjściowy do kolejnych symulacji z uwzględnieniem scenariuszy zmian oddziaływania przedsięwzięć i zmian klimatu na cele środowiskowe wód rzecznych.

W omawianej części pracy nasunęły się następujące uwagi i pytania:

- Analizując treść rozdziałów pracy (Rozdziały 1 i 2) można zasugerować przygotowanie odrębnego podrozdziału, w którym zaprezentowane zostałyby podstawy teoretyczne zastosowanych w pracy modeli: SWAT i SSN, z określeniem wymogów i możliwości aplikacyjnych obu modeli. W pozostałych częściach pracy należałoby ograniczyć się do opisu etapów, jakie były niezbędne do uzyskania wyników, a więc etapu przygotowania danych, przeprowadzenia symulacji i oceny wydajności modelu.
- W celu oceny jakości wyników modelu SWAT zaproponowano w pracy kilka parametrów statystycznych, które zostały omówione w podrozdziale 3.5.9.5 „Założenia ogólne - ocena wyników kalibracji”. Jakimi kryteriami posłużył się Autor dobierając parametry statystyczne w ocenie wyników kalibracji modelu? Czy parametry te są powszechnie stosowane w ocenie wydajności modelu SWAT?
- W podrozdziałach 3.7.1- 3.7.5 Autor stosuje wiele równań, jednak brakuje ich numeracji, a przy większości z nich również źródła informacji, co należałoby uzupełnić.
- Zdaniem Recenzentki, rysunki z numeracją od 3-4 do 3-7 powinny być dostosowane również do prezentacji w języku polskim z ewentualnie dodatkowymi objaśnieniami w języku angielskim (w treści rysunków lub w treści rozdziału), co ułatwiłoby interpretację.
- Na „Mapie docelowego użytkowania terenu w lokalizacji przedsięwzięcia” (Rysunek 3-9) nie uwzględniono formy planowanego użytkowania jaką jest „Zabudowa usługowa”, która została wykazana w Tabeli 3-4 „Parametryzacja elementów technicznych planowanego przedsięwzięcia na potrzeby przeprowadzenia obliczeń”. Wskazane byłoby uzupełnienie treści mapy o pominięty element.
- W podrozdziałach 3.8.2.2.1 i 3.8.2.2.2 błędnie oznaczono numerację rycin cytowanych w ich treści, co wpłynęło na brak zgodności z właściwym numerem przypisanym do tabel.
- W modelu SNN jako parametry wyjściowe przyjęto: fitobentos, makrofity i makrobezkręgowce bentosowe. Dla każdego wskaźnika opracowano odrębny model, co według Doktoranta zmniejszyło liczbę zależności wewnątrz sieci oraz niepewność wyników modelowania. Zdaniem Recenzentki, w przypadku analizy wyników trzech odrębnych modeli, należy zapewne rozważyć, które parametry wyjściowe mogą być wykorzystane do znaczącego wzmocnienia wniosku dotyczącego obserwowanych zmian środowiskowych. Wiele badań wykazuje wyraźne zróżnicowanie odpowiedzi poszczególnych elementów biologicznych na różne formy zakłóceń środowiska, które są warunkowane zarówno typem abiotycznym rzek, jak i skalą przestrzennej analizy i specyficznym czasem reakcji elementów na stres środowiskowy.
- Czy zapis liczb z 9. miejscami po przecinku (Tabela 3-17), które dotyczą normalizacji parametrów wyjściowych sieci neuronowej jest istotny dla obliczeń i wpływa na wyniki? Jeśli nie ma to wpływu na interpretację wyników, liczbę miejsc po przecinku należałoby zredukować.
- W opisie na str. 151 wskazano, że sieć neuronowa obejmowała dwie warstwy ukryte o liczbie neuronów równej 9 i 11. Co stanowiło wyznacznik liczby neuronów w warstwach ukrytych, mając na uwadze, że ich liczba odpowiada za możliwości obliczeniowe modelu? W przypadku zbyt małej liczby neuronów w warstwie ukrytej, sieć nie potrafi poprawnie odwzorować funkcji, z kolei zbyt wiele neuronów w warstwie ukrytej wydłuża proces uczenia.

Dwa ostatnie rozdziały rozprawy doktorskiej dotyczą dyskusji wyników (**Rozdział 4**) i podsumowania pracy (**Rozdział 5**). Doktorant przeprowadził dyskusję w zakresie możliwości zastosowania proponowanej metodyki w ocenach oddziaływania przedsięwzięć na stan jakości wód rzecznych z wykorzystaniem ogólnodostępnych narzędzi numerycznych. Sformułował również

szereg trafnych wniosków końcowych o znaczeniu poznawczym, metodycznym i aplikacyjnym, które pozwalają określić wartość naukowo-badawczą pracy, innowacyjność zaproponowanej metodyki, jak również możliwości jej wdrożenia. W sytuacji, gdy większość raportów w zakresie oddziaływania przedsięwzięć na środowisko nie porównuje efektu planowanych działań z ryzykiem nieosiągnięcia celów środowiskowych wyznaczonych dla jednolitych części wód powierzchniowych lub opisuje te efekty w sposób jakościowy, wdrożenie metody oceny ilościowej powinno ułatwić organom interpretację wyników oceny. Dodatkowym atutem wskazanym w pracy jest możliwość uzupełnienia danych z Państwowego Monitoringu Środowiska o wyniki pochodzące z modeli sztucznych sieci neuronowych, które w efekcie mają obrazować powiązania pomiędzy elementami fizykochemicznymi i biologicznymi, stanowiącymi podstawę oceny stanu lub potencjału ekologicznego wód rzecznych. Doktorant wykazał, że nieodłączny element procedury oceny stanu wód powinna stanowić kwantyfikacja wyników, jako numeryczna metoda wsparcia oceny eksperckiej.

Dysertację, w części zasadniczej, kończy zestawienie Literatury (**Rozdział 6**), w którym Autor zamieścił 158 publikacji, obejmujących artykuły naukowe i prace zwarte, a także akty prawne (dyrektywy, rozporządzenia, ustawy, wytyczne itp.) i opracowania branżowe, które w sumie stanowią 34% pozycji literatury. Dobór literatury jest właściwy i wyczerpujący w zakresie analizy podjętego tematu.

Interesujące z punktu widzenia możliwości wdrożenia zaproponowanej przez Doktoranta metodyki są załączniki do pracy (**Rozdział 7**). W Załączniku 1 przedstawiono propozycję „*Spisu treści*”, stanowiącego formę listy sprawdzającej, a nawet instrukcji w zakresie wymogów przeprowadzenia postępowania (dowodu) w sprawie ryzyka wystąpienia istotnego oddziaływania na wody powierzchniowe. Autor określił to mianem zalecanego zakresu (kroków postępowania) oceny oddziaływania na wody śródlądowe, a jako element zamykający postępowanie wskazał analizę przesłanek dopuszczalności inwestycji, co powinno być zgodne z „*Uznaniem dopuszczalności nieosiągnięcia dobrego stanu jednolitych części wód powierzchniowych lub podziemnych*” i „*Zakazem działań skutkujących zagrożeniem realizacji celów środowiskowych i wymogów ochrony środowiska*” (art. 68-69 ustawy Prawo wodne) oraz z celami środowiskowymi Ramowej Dyrektywy Wodnej (art. 4 ust. 7-9 Ramowej Dyrektywy Wodnej).

Redakcyjna uwaga dotyczy powtórzeń numeracji rozdziałów w „*Spisie treści*” w Załączniku 1.

W Załączniku 2 Doktorant przedstawił etapy opracowania modelu SWAT na potrzeby wsparcia przygotowania raportu o oddziaływaniu na środowisko dla planowanego przedsięwzięcia. Analiza wpływu na stan elementów jakości wód płynących została przeprowadzona z uwzględnieniem hipotetycznego przedsięwzięcia, którym jest budowa centrum handlowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą. Doktorant umiejętnie wyselekcjonował z systemu dostępnych w kraju, urzędowych baz danych referencyjnych i tematycznych oraz pomiarowo-obszernych IMGW-PIB, zbiór danych, które wykorzystał „na wejściu” do modelu oraz na potrzeby jego kalibracji i walidacji. W efekcie opisanych prac, Autor przygotował 7 tematycznych rycin i 34 tabele, które niewątpliwie tworzą interesujący zbiór danych o wysokim potencjale analitycznym i narzędzie wspomagające opracowanie raportu. Zdaniem Doktoranta, ważnym aspektem jest dostępność i dokładność danych wejściowych do modelu, co przekłada się na ocenę uzyskanych wyników (np. dane obserwacyjne dotyczące bilansu wodnego i jakości wód).

Na podkreślenie zasługuje wyjaśnienie przez Doktoranta sposobu doboru warunków początkowych w modelu SWAT, które powinny być spełnione, aby uzyskać właściwe rozwiązanie. Jest to proces bardzo trudny, również ze względu na fakt, że większość danych wejściowych do

modelu (np. początkowe stężenia biogenów i innych zanieczyszczeń w wodzie; a także stadium wzrostu roślin, w którym znajdują się one w momencie rozpoczęcia symulacji) nie jest możliwa do pozyskania na podstawie danych obserwacyjnych. Warto przy tym podkreślić, że model SWAT symuluje procesy fizyczne związane z przemieszczaniem się wody, zawiesiny, przyrostem biomasy roślin uprawnych oraz cyklem przemian związków biogennych, a symulacja zjawisk hydrologicznych jest podzielona na dwie fazy: zlewniową (lądową) i transport w sieci rzecznej.

Redakcyjna uwaga dotyczy błędów w numeracji stron przypisanych do rozdziałów w „*Spisie treści*” załącznika oraz konieczności konfrontacji numeracji tabel w „*Spisie tabel*” z błędną numeracją tabel w tekście, co wymagałoby przeprowadzenia korekty. W tabelach 5-10 należy skorygować opisy nagłówek i wartości liczbowe w kolumnach tabel, które, z powodu niezamierzonych zapewne błędów edytorskich, nie są w obecnej formie widoczne w całym polu tabel, co nieznacznie utrudnia ich interpretację. W Załączniku 2 zamieszczono dodatkowo „*Spis literatury*” (42 pozycje), jednak większość publikacji, w konfrontacji z wykazem literatury przedstawionym w Rozdziale 6, powtarza się. Należałoby wyjaśnić zasadność przygotowania dodatkowego wykazu literatury.

Po szczegółowej lekturze Załącznika 2 nasunęło się kilka dodatkowych uwag:

- Dyskusyjny jest legenda dołączona do Rysunku 2. „*Klasy nachylenia terenu w modelu*”. Doktorant zastosował wyróżnienie 3 klas, ale w dowolnej kolejności, natomiast sugerowałabym, żeby uporządkować klasy w odpowiednim porządku, np. <2, 2-5, >5.
- W legendzie Rysunku 3. „*Klasy pokrycia terenu w modelu*” przyjęto tylko kody klas z bazy modelu SWAT bez objaśnień, natomiast omówiono je szczegółowo w Tabeli 2. Proponowałabym dodać uwagę wyjaśniającą w tytule rysunku.
- Dyskusyjne jest wydzielenie 300 kombinacji dotyczących gleb, które określono jako dane wejściowe do modelu. Należy wyjaśnić, co stanowi przewodnią cechę wydzielenia tylu kombinacji. Z opisu trudno wywnioskować, w jaki sposób były kodowane właściwości gleb. Brakuje np. matrycy opisującej kodowanie cech gleb.
- Wyjaśnienia wymaga sposób ustalania i doboru parametrów, które mogą mieć istotne znaczenie dla wyników natężenia przepływu wód. Wyniki analizy czułości modelu SWAT w odniesieniu do wyników symulacji natężenia przepływu przedstawiono w Tabeli 29, która prawidłowo powinna mieć przypisany numer 28 (zgodnie ze „*Spisem tabel*”). Czy parametry pochodzą ze schematów aplikacyjnych modelu SWAT czy zostały opracowane przez Doktoranta w toku analizy?

Za największe osiągnięcia pracy doktorskiej mgr. Roberta Urbaniaka uważam:

1. Opracowanie i przetestowanie na hipotetycznym przykładzie nowatorskiej metodyki postępowania w ramach ilościowej i jakościowej oceny wpływu przedsięwzięcia na realizację celów środowiskowych wód płynących w oparciu o elementy biologiczne i fizykochemiczne,
2. W zakresie oceny oddziaływania na elementy fizykochemiczne potwierdzono, że zastosowanie modeli matematycznych (model SWAT) na wczesnych etapach projektu pozwala, w sposób adekwatny do wymogów legislacyjnych, wykazać wpływ na stan jakości wód, dodatkowo określając jego wielkość i kierunek,
3. W zakresie oceny oddziaływania na elementy biologiczne potwierdzono, że zastosowanie sztucznych sieci neuronowych umożliwia wykrycie i modelowanie nieliniowych zależności między elementami biologicznymi a zespołem stresorów, co zwiększa potencjał informacyjny na temat jakości struktury i funkcjonowania ekosystemu wód płynących,

4. Opracowanie zunifikowanego systemu usprawnienia procedury i wsparcia procesu decyzyjnego w zakresie oceny oddziaływania na cele środowiskowe, który integruje bazy danych referencyjnych i dane środowiskowe z uwzględnieniem presji antropogenicznych, predykcyjne narzędzia numeryczne oraz wytyczne środowiskowe i akty prawne.

### 3. Ocena redakcyjna rozprawy

Rozprawa doktorska została napisana generalnie poprawnym językiem, a formułowane treści są w większości zrozumiałe, biorąc pod uwagę zakres i charakter tematyki badawczej. Miejscami jednak zdania są skomplikowane i niejasne w odbiorze ze względu na ich złożoną strukturę (np. str. 16, 17, 41 i kolejne). Wynika to również z faktu, że praca ma charakter wdrożeniowy, co przekłada się na jej język wypowiedzi Doktoranta, który często odwołują się do zapisów w aktach prawnych i ich interpretacji.

W zasadniczej części rozprawy doktorskiej brakuje spisu rycin i tabel, co nieznacznie utrudniło Recenzentce określenie ich liczby, tym bardziej, że Doktorant każdą z rycin oznaczał względem numeracji kolejnych rozdziałów, np. pierwszą ryciną w zasadniczej części pracy jest rycina 2-1, a ostatnią rycina 3-18. Korzystniej byłoby ponumerować ryciny według kolejności pojawiania się w tekście i w takim układzie przygotować ich spis. W sumie w pracy zamieszczono 28 rycin (21 rycin w części zasadniczej i 7 rycin w załącznikach) i 55 tabel (21 w części zasadniczej i 34 w załącznikach). Wskazane byłoby wyeliminowanie przypadków błędnych przywołań numeracji rycin i tabel w treści pracy w konfrontacji z przygotowanym spisem.

Praca zawiera drobne uchybienia stylistyczne, interpunkcyjne i literówki. Wskazane byłoby wyeliminowanie z treści pracy tych uchybień, podobnie jak niefortunnnych sformułowań np. „w znamiennej większości”, „W celu unaocznienia aspektów ...”, „w niemniejszej pracy”. Ujednolicenia wymaga na pewno stosowana w pracy terminologia, jak np. zapis „elementy fizykochemiczne”, którymi Doktorant posługuje się w trzech, jak wynika z lektury pracy, wariantach: fizykochemiczne (użyte w tekście 76 razy), elementy fizycznochemiczne (użyte 2-krotnie), elementy fizyko-chemiczne (użyte 8 razy). Należałoby unikać w zdaniach jednoczesnego przywołania kilku wyrazów bliskoznacznych lub synonimów, oddzielając je prawym ukośnikiem, który oznacza słowo „lub”, co niejednokrotnie utrudnia interpretację wypowiedzi Doktoranta. Jako przykłady można podać: „*planowanych przedsięwzięć/inwestycji/działań*” czy „*zmiany cech fizycznych /modyfikacji/działalności gospodarczej*”. Zdaniem Recenzentki, istotny pod względem wyboru jednego z możliwych wariantów jest pierwotny kontekst, w który chcemy wstawić wyraz.

Wszystkie wymienione w recenzji komentarze mają w większości przypadków charakter dyskusyjny, co świadczy o złożonym charakterze tematyki podjętej w pracy, a uwagi dotyczące kwestii redakcyjnych i dokumentacyjnych nie wpływają w żaden sposób na merytoryczną ocenę pracy.

### 4. Ocena końcowa

Pan mgr Robert Urbaniak wykazał się dużą wiedzą w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku oraz dojrzałością naukową, co potwierdzają wyniki uzyskane w rozprawie doktorskiej. Doktorant prawidłowo zrealizował cel i postawione zadania badawcze, które rozwiązał stosując oryginalne podejście koncepcyjno-metodyczne z dobrze udokumentowanym celem utylitarnym.

Przedstawioną do recenzji pracę doktorską oceniam pozytywnie i uważam za wartościowy oraz dobrze zaplanowany projekt o wysokiej wartości poznawczej i praktycznym wymiarze badań, co jest zgodne z ideą doktoratu wdrożeniowego. Praca, pod względem merytorycznym i metodycznym,



stanowi innowacyjne rozwiązanie w zakresie wspomagania ilościowej i jakościowej oceny wpływu realizacji przedsięwzięć na cele środowiskowe wód rzecznych z usystematyzowanym sposobem aplikacji narzędzi numerycznych i bogatą bazą danych tematycznych, które powinno usprawnić procedurę oceny oraz wspierać proces decyzyjny. Przeprowadzony w rozprawie doktorskiej profesjonalny przegląd źródeł informacji dla kompleksowego przedstawienia zagadnienia potwierdził aktualność tematyki i nowatorski charakter badań. Uzyskane w pracy wyniki są oryginalne, a praca ma wyraźny aspekt aplikacyjny.

**Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska wykonana w ramach programu Doktorat wdrożeniowy spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021r., poz. 478 z późn. zm.). W związku z tym wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie Pana mgr. Roberta Urbaniaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Poznań, 22.07.2022r.

