

prof. dr hab. inż. Mirosław Wiatkowski
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Sebastiana Kutły
pt. „Wpływ presji hydromorfologicznych oraz struktury użytkowania zlewni
na stan ekologiczny wybranych jezior w Polsce”

1. Przedmiot i podstawa formalna recenzji

Niniejsza recenzja została wykonana w odpowiedzi na pismo z dnia 04.06.2020 roku (WISGP-4000-58/2020) sporządzone przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prof. dr hab. inż. Jolantę Komisarek, na podstawie uchwały podjętej przez Radę Dyscypliny IŚGiE o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr Sebastiana Kutły pt. „Wpływ presji hydromorfologicznych oraz struktury użytkowania zlewni na stan ekologiczny wybranych jezior w Polsce”. Promotorem rozprawy jest Pani prof. dr hab. inż. Agnieszka Ławniczak-Malińska.

2. Charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa liczy 114 stron tekstu z wykazem bibliografii (spis literatury obejmuje czasopisma polskie i zagraniczne). Ponadto w pracy zamieszczono streszczenie rozprawy w języku polskim i angielskim, spis rycin, tabel i fotografii. Praca posiada charakterystyczny dla rozpraw doktorskich układ. Zawiera osiem rozdziałów, w tym: wstęp, przegląd literatury, cele, hipotezy badawcze i zakres pracy, charakterystyka obiektów badawczych, metodyka badań, wyniki badań, dyskusja oraz wnioski. Należy stwierdzić, że układ pracy, jej struktura, kolejność poszczególnych rozdziałów zostały przygotowane bez zastrzeżeń. Odpowiadają stawianemu celowi i zakresowi rozprawy.

Autor we wstępie wprowadza w tematykę rozprawy wskazując, że presja antropogeniczna (zmiany w hydrologii i morfologii jezior) obok eutrofizacji jest najczęściej oddziaływującą na ekosystemy wodne. Wskazuje na to, że presje hydromorfologiczne wywierają wpływ na elementy biologiczne takie jak: makrofity, bezkręgowce bentosowe, ryby, fitoplankton i zooplankton. Słusznie zauważa, że opracowane w Europie na potrzeby wdrażania zapisów RDW metodyki skupiają się na ocenie wpływu presji eutrofizacji i zakwaszenia, podczas gdy presje związane ze zmianami hydromorfologicznymi nie są odzwierciedlane właściwie w ocenie elementów biologicznych. Następnie uzasadnia podjęcie tematu badawczego tym, że istnieją nieliczne prace poświęcone kompleksowemu ujęciu presji hydromorfologicznych, oddziałujących na jeziora i ich wpływowi na organizmy wodne (jak podaje opracowania te dotyczą głównie bezkręgowców i ryb). Należy przyjąć, że powyższe zainspirowało Autora w kierunku badań związku pomiędzy presjami hydromorfologicznymi a fitoplanktonem i makrofitami. I choć te dwie grupy organizmów wykorzystywane są

powszechnie w krajach europejskich jako wskaźniki eutrofizacji to niewystarczająco są zbadane w aspekcie reakcji na zmiany hydromorfologiczne. Należy więc stwierdzić, że wstęp z wprowadzeniem w tematykę rozprawy uzasadniają potrzebę realizacji niniejszej pracy i przygotowano je poprawnie.

Przegląd literatury Autor skonstruował poprawnie. Zaprezentował w nim przede wszystkim stan wiedzy na temat przekształceń hydromorfologicznych jezior i ich wpływu na organizmy wodne, zaznaczając jednocześnie, że skala tych oddziaływań nie jest wystarczająco rozpoznana, w tym uwzględniając fitoplankton, makrofity, makrozoobentos oraz ichtiofaunę. Autor w ciekawy sposób, syntetycznie, zaprezentował ujęcie presji hydromorfologicznych w podziale na presje generowane w obrębie zlewni całkowitej, bezpośredniej i presje występujące w obrębie jeziora oraz ich wpływ na stan hydromorfologiczny jeziora a także wpływ presji hydromorfologicznych na wskaźniki biologiczne (jak wskazał oddziaływanie przekształceń hydrologicznych i morfologicznych na organizmy jest zróżnicowane, co wynika zarówno z rodzaju presji, jak i zmienności podatności/odporności samych organizmów na czynniki zewnętrzne oraz ich ekologii). Na podkreślenie zasługuje interesująco zaprezentowane zbiorcze zestawienie presji antropogenicznych w zlewni i ich potencjalnego wpływu na stan hydromorfologiczny akwenu (tabela 1), presji antropogenicznych w obrębie czaszy jeziora i ich potencjalnego wpływu na stan hydromorfologiczny akwenu (tabela 2) oraz wpływu presji hydromorfologicznych na wskaźniki biologiczne (tabela 3). Ponadto Doktorant w przeglądzie literatury opisał znaczenie hydromorfologii w ocenie stanu jezior (tu słusznie rozpoczął od przedstawienia dokumentów dotyczących kwestii klasyfikacji jakości wód powierzchniowych, literatury z tym zagadnieniem związanej, w tym tej dotyczącej charakterystyki metod badań stanu hydromorfologicznego jezior w kraju i za granicą). Autor w odpowiedni sposób wyjaśnił, że podstawą oceny stanu wód jest kondycja zespołów organizmów wodnych, natomiast wskaźniki fizyczno-chemiczne i hydromorfologiczne mają znaczenie drugorzędne i powinny przyjmować takie wartości, aby zapewniały właściwy stan elementów biologicznych. Natomiast ocena stanu hydromorfologicznego jeziora ma służyć tylko potwierdzeniu stanu bardzo dobrego lub maksymalnego potencjału ekologicznego. Natomiast pewien niedosyt budzi zbyt syntetyczne (niecałe dwie strony) przedstawienie w przeglądzie literatury zagadnień dotyczących oddziaływania zlewni na jakość wód powierzchniowych. Szkoda, gdyż w aspekcie realizowanej tematyki jest to bardzo ważne zagadnienie. Podsumowując przygotowany przegląd literatury w rozprawie doktorskiej należy stwierdzić, że dobór i wykorzystanie źródeł bibliografii wykonane zostało poprawnie. Bibliografia obejmuje ważne pozycje dotyczące tematyki pracy. Stwierdzam, że dobór literatury jest więc uzasadniony merytorycznie.

Cele i zakres pracy przedstawiono w rozdziale trzecim. Cele pracy obejmują ocenę stanu hydromorfologicznego trzydziestu jezior w Polsce; ocenę wpływu presji hydromorfologicznych i wpływu presji obszarowych powstających na obszarach o różnym zasięgu przestrzennym na grupy ekologiczne makrofitów i skład taksonomiczny fitoplanktonu oraz stan ekologiczny jezior oceniany na podstawie elementów biologicznych i fizyczno-chemicznych. Dodatkowo Autor postawił jeden cel praktyczny, którym jest weryfikacja obecnie stosowanych w ocenie stanu ekologicznego jezior wartości granicznych wskaźnika przekształcenia hydromorfologicznego LHMS_PL oraz wypracowanie wartości nowych (tu niestety brak konkretnego odniesienia jakie „nowe” wartości Autor ma na myśli),

bezpośrednio odnoszących się do stanu elementów biologicznych. Autor rozprawy doktorskiej postawił trzy hipotezy badawcze: presje hydromorfologiczne istotnie wpływają na skład taksonomiczny makrofitów i fitoplanktonu oraz warunkują stan ekologiczny jezior; presje hydromorfologiczne silniej wpływają na makrofity niż na fitoplankton oraz stan poszczególnych zespołów biologicznych jest kształtowany przez oddziaływanie zlewni o różnym zasięgu przestrzennym. Oprócz powyższego, Autor zaprezentował części zakresu pracy: przeprowadzenie badań terenowych stanu hydromorfologicznego wybranych jezior; ocenę stanu hydromorfologicznego badanych jezior; poszukiwanie zależności pomiędzy stanem hydromorfologicznym a elementami fizyczno-chemicznymi i biologicznymi; analizę przestrzenną użytkowania terenu zlewni w trzech skalach przestrzennych (zlewnia całkowita, bezpośrednia i bufor o szerokości 100 m); poszukiwanie zależności pomiędzy użytkowaniem terenu w różnych skalach przestrzennych a elementami fizyczno-chemicznymi i biologicznymi; analizę statystyczną zebranego materiału oraz weryfikację wartości granicznych wskaźnika przekształcenia hydromorfologicznego jezior służącego do oceny stanu ekologicznego.

W rozdziale czwartym przedstawiono charakterystykę 30 badanych jezior o powierzchni < 50 ha, uwzględnionych w Państwowym Monitoringu Środowiska i w ramach tego badanych w aspekcie jakości wód (zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną). Analizowane zbiorniki położone są na terenie Polski Centralnej (jeziora Mazowsza, Wielkopolski, Warmii i Mazur i Lubelszczyzny). Pewien niedosyt budzi brak załączonej do pracy dokumentacji fotograficznej badanych obiektów oraz jednostkowych wyników z okresu badań.

W dalszej części rozdziału czwartego Autor zaprezentował metodykę oceny stanu/potencjału ekologicznego analizowanych jezior (ocenę wykonano na podstawie zespołów biologicznych w ekosystemach oraz wspierających elementów fizyczno-chemicznych zrealizowanych przez Inspekcję Ochrony Środowiska w ramach PMŚ). Przyjęto, że o ostatecznym stanie/potencjale ekologicznym wód decyduje element oceniony najgorzej. Jak podał Autor spośród trzydziestu analizowanych jezior, cztery zostały zaliczone do silnie zmienionych części wód, czyli wód powierzchniowych, których charakter został znacznie zmieniony na skutek fizycznego oddziaływania człowieka. W przypadku takich jezior oceniany był potencjał ekologiczny. Pozostałe analizowane akwenty miały charakter naturalny i w ich przypadku oceniany był stan ekologiczny. Następnie Autor opisał położenie jezior w odniesieniu do występujących form ochrony przyrody.

W rozdziale piątym Autor szczegółowo opisał metodykę badań (ocena stopnia przekształcenia hydromorfologicznego analizowanych jezior na podstawie badań terenowych, które Autor wykonał w okresie letnim w latach 2014-2016, z zastosowaniem metody Lake Habitat Survey oraz Lake Habitat Survey_PL; analiza użytkowania terenu zlewni za pomocą GIS; analiza wpływu oddziaływania zlewni na stan ekologiczny jezior w różnych skalach przestrzennych, uwzględniając presje hydromorfologiczne występujące w bezpośrednim otoczeniu akwenu – wzdłuż linii brzegowej jeziora; presje obszarowe w buforze 100 m oraz w zlewni bezpośredniej i zlewni całkowitej. Autor metodykę wspomógł schematem przekroju obserwacyjnego, stosowanego na potrzeby metody LHS oraz schematem wyznaczania pasów służących do oceny całego jeziora zgodnie z metodą LHS i LHS_PL. Ponadto w tabelach (od 9 do 11) ciekawie zaprezentował kryteria i system punktacji przyjęty do opracowania wskaźnika LHMS, system punktacji przyjęty do wyliczenia wskaźnika LHMS_PL oraz system punktacji przyjęty do obliczenia wskaźnika naturalności siedliska LHQA.

Autor w dalszej części metodyki przedstawił informacje dotyczące przeprowadzenia analizy stopnia oddziaływania presji obszarowych na badane jeziora (określono procentowy udział typów użytkowania terenu w zlewni bezpośredniej, w zlewni całkowitej oraz w przyjętym buforze 100 m od badanych jezior). Powierzchnię i udział terenów o różnym sposobie użytkowania określił z wykorzystaniem ArcGIS. Dla obszarów o różnym zasięgu przestrzennym obliczono potencjalne ładunki azotu i fosforu w nich powstające. W tym celu Autor przyjął za literaturą wartości jednostkowych spływów powierzchniowych dla poszczególnych form użytkowania terenu (sześć form użytkowania terenu). Dla każdego jeziora zostały obliczone teoretyczne ładunki azotu i fosforu powstające na obszarze zlewni całkowitej, zlewni bezpośredniej oraz w buforze o szerokości 100 m wokół linii brzegowej. Następnie uzyskane wyniki przeliczono na jednostkę objętości wody w jeziorze (m^3). Do opracowania kumulatywnego wskaźnika obciążenia jeziora biogenami wykorzystano analizę PCA, która umożliwiła opracowanie tego wskaźnika, opisującego prawidłowości zachodzące pomiędzy ładunkami biogenów, które determinują poziom obciążenia azotem i fosforem w analizowanych jeziorach. Wskaźnik ten przyjęto jako wartości własne pierwszej osi składowej (PC1) z teoretycznych ładunków biogenów (w części dotyczącej uzyskanych wyników brak jest natomiast interpretacji wyodrębnionych składowych głównych, np. na podstawie analizy ładunków czynnikowych, które wyrażają wkład danej zmiennej do poszczególnych składowych głównych; brak jest również informacji jaki procent całkowitej zmienności (wariancji) wskaźników przyjętych do analizy wyjaśniła pierwsza składowa główna).

Autor dane obejmujące badania fizyczno-chemiczne (w niniejszej pracy wykorzystano przewodność elektrolityczną właściwą, stężenie fosforu całkowitego i azotu całkowitego w wodzie oraz widzialność krążka Secchiego) i biologiczne (wyniki oceny jezior na podstawie fitoplanktonu zgodnie z metodą PMPL – Phytoplankton Metric for Polish Lakes) oraz wyniki oceny jezior na podstawie makrofitów (zgodnie z metodą ESMI – Ecological State Macrophyte Index, zastosowaną do analiz zespołu roślinności wodnej i szuwarowej) dla analizowanych jezior z lat 2010-2015 pozyskał z WIOŚ. Szkoda, że Autor w niniejszej pracy nie uwzględnił oceny stanu jezior w oparciu o pozostałe grupy organizmów, choć Autor pobieżnie wyjaśnił dlaczego z nich nie skorzystał i to wytłumaczenie należy uznać za rozsądne (np. metoda oparta na makrobezkręgowcach bentosowych – LMI – Lake Macroinvertebrate Index; ocena stanu ekologicznego jezior na podstawie ichtiofauny LFI+/LFI-CEN – Lake Fish Index, metoda oparta na fitobentosie – IOJ – Indeks Okrzemkowy Jezior).

W rozdziale 5.4 „Metody badań” Autor podaje jakie testy istotności zostały zastosowane dla poszczególnych analiz, chociaż brak jest informacji na temat wartości prawdopodobieństwa testowego i poziomu istotności, na jakim były przeprowadzane poszczególne testy. Niestety brakuje przejrzystego rozpisania poszczególnych etapów analizy danych, ponieważ informacja o przeprowadzonej ocenie normalności rozkładu danych z zastosowaniem testu W Shapiro-Wilka (od której m.in. powinien zależeć dobór testów istotności) pojawia się w tekście znacznie później. W części „Wyniki” nie podane zostały również wyniki analizy odstępstwa rozkładu empirycznego od rozkładu normalnego dla poszczególnych wskaźników. Autor nie podał też czy we wstępnej analizie statystycznej danych zidentyfikowano obserwacje odstające, które mogą prowadzić do niepoprawnych wniosków, np. mogą znacznie zmienić nachylenie linii regresji i w konsekwencji wartość współczynnika korelacji, który jest bardzo wrażliwy na przypadki odstające. Ciekawym

pozostaje więc czy takie obserwacje występowały i jak ewentualnie Autor rozwiązał tą kwestię? Ciekawym aspektem pracy jest ocena wpływu parametrów fizycznochemicznych, przekształceń hydromorfologicznych oraz presji zlewniowej na biomasę głównych grup taksonomicznych fitoplanktonu i grup ekologicznych makrofitów badanych jezior. Autor w tym celu zaimplementował analizę Variation Partitioning, w ramach której zaproponował autorski dobór zmiennych środowiskowych (parametry fizycznochemiczne wody: Kond, SD, TP i TN; wskaźniki presji hydromorfologicznych: LHMS_PL i LHQA oraz wskaźnik presji zlewniowej). Należy potwierdzić, że ta część pracy związana z metodyką została przygotowana ciekawie i poprawnie.

Opis wyników badań (rozdział 6) Autor rozpoczął od podrozdziału „Ocena przekształceń hydromorfologicznych analizowanych jezior”. Tu Autor wskazuje, że najczęstszym rodzajem presji były modyfikacje obejmujące strefę bezpośrednio sąsiadującą z jeziorem, wskazując na modyfikacje strefy brzegowej (jak pisze: „polegały one na ciągłym, szczelnym umocnieniu brzegu”). Stwierdza, że „na ogół umocnienia te nie przekraczały 5% długości linii brzegowej, z wyjątkiem jeziora Lubstowskiego, gdzie procentowy udział długości brzegu sztucznego wynosił 10%”. Należy zadać pytanie czy wg Autora jest to czynnik kluczowy? Tym bardziej, że w żadnym przekroju badawczym w analizowanych jeziorach nie odnotowano antropogenicznego substratu dna. Natomiast dalej Autor pisze, że w Jeziorze Probarskim występowało umocnienie brzegów z kamienia, które i tak stwierdzono tylko punktowo i nie wpłynęło to na wartość wskaźnika przekształcenia jezior. Ponadto Autor wyklucza także występowanie zjawiska erozji brzegów w analizowanych jeziorach, które (jak podaje) było zjawiskiem incydentalnym, rejestrowanym punktowo i nie wpływało na wartości badanych wskaźników. Z wyników badań wynika, że wartości wskaźnika przekształcenia siedliska i linii brzegowej LHMS dla wszystkich badanych zbiorników wahały się od 4 do 19. Autor podaje, że wskaźnik LHMS dla 11 obiektów przekroczył granicę pomiędzy stanem dobrym a bardzo dobrym (natomiast jak można zauważyć na rycinie 7 wartość wskaźnika LHMS przekroczyła granicę punktową pomiędzy bardzo dobrym i dobrym dla 15 obiektów a nie dla 11 obiektów) a cztery jeziora miały wartość wskaźnika równą lub mniejszą niż 5, co świadczy o ich bardzo dobrym, prawie niezmienionym antropogenicznie, stanie hydromorfologicznym. Największymi przekształceniami hydromorfologicznymi charakteryzowały się dwa jeziora Żnińskie Małe i Pątnowskie, dla których wartość wskaźnika LHMS wynosiła odpowiednio 15 i 19. Jak wykazała analiza jezior w aspekcie przekształceń hydromorfologicznych zgodnie z metodą LHS_PL stwierdzono, że wartości wskaźnika LHMS_PL wahały się od 4 do 34 (tylko 6 jezior osiągnęło wartości wskaźnika LHMS_PL odpowiadające bardzo dobremu stanowi hydromorfologicznemu). Jeżeli zaś chodzi o zakres wartości wskaźnika naturalności siedliska LHQA w analizowanych jeziorach to kształtował się on od 39 do 65 pkt. Według punktacji wskaźnika, największą naturalnością siedlisk charakteryzowały się jeziora Majcz Wielki i Białe, najmniejszą natomiast Jezioro Gąsawskie (na rycinach od 7 do 9 przed publikacją rozprawy należy opisać odpowiednią część rysunku treścią dotyczącą stanu hydromorfologicznego).

W dalszej części rozdziału szóstego Autor zaprezentował wyniki oceny użytkowania terenu zlewni całkowitych i bezpośrednich analizowanych jezior. Autor potwierdził, że powierzchnie zlewni badanych jezior, jak i typ ich użytkowania miały wpływ na wielkość ładunków biogenów dostających się do zbiornika. Następnie Autor przedstawił analizę

wyników struktury użytkowania gruntów wokół jezior w pasie o szerokości 100 m (tzw. strefy buforowe). Dla każdego z analizowanych obszarów zlewni, jak i strefy buforowej, Autor zaprezentował wyniki ładunków N i P a także ich wielkość rozłożoną na jednostkę objętości wód badanego jeziora. Uzyskane wyniki wykazały, że wartości ładunków N i P były największe w zlewniach całkowitych jezior.

W kolejnym podrozdziale Autor zaprezentował wyniki dotyczące wskaźnika obciążenia badanych jezior biogenami. Wykazano, że wartości wskaźnika PCA ze wszystkich trzech analizowanych obszarów były wprost proporcjonalne do obciążenia jeziora biogenami ze zlewni. Autor na podstawie analizy wskaźnika obciążenia jeziora substancjami biogennymi wyliczonego na podstawie teoretycznych wartości ładunków pochodzących ze zlewni całkowitej wskazał, że biogeny dostające się z obszaru zlewni najbardziej obciążają jeziora: Lubstowskie, Pątnowskie i Żnińskie Małe a najmniej obciążają jeziora: Krasne i Białe Włodawskie. Natomiast w przypadku wskaźnika obciążenia substancjami biogennymi pochodzącymi ze zlewni bezpośredniej wykazano, że najwyższym obciążeniem charakteryzowały się jeziora: Mąkolno, Lubstowskie i Żnińskie Małe. Najniższą wartość wskaźnika wyznaczono dla jeziora Krasne. Autor zwraca uwagę na bardzo wysoką wartość parametru wskaźnika obciążenia biogenami z obszaru 100 m bufora dla jeziora Lubstowskiego i Mąkolno oraz bardzo niską w jeziorze Lucieńskim. Niestety nie dowiadujemy się nic na temat powodów takiego stanu.

Kolejnym poruszonym zagadnieniem w rozdziale „Wyniki” jest ocena wpływu presji na fizyczno-chemiczne wskaźniki stanu ekologicznego. W tym celu określono wpływ wskaźników hydromorfologicznych (LHMS_PL i LHQA) na wskaźniki fizyczno-chemiczne (stężenie fosforu całkowitego, stężenie azotu całkowitego, przewodność elektrolityczna, widzialność krążka Secchiego) analizowanych wód wykonując analizę redundancji (RDA), która wykazała, że wskaźniki hydromorfologiczne wyjaśniają jedynie 13,2% zmienności wartości wskaźników fizyczno-chemicznych wód. Wyniki RDA zostały zaprezentowane w formie graficznej z wykorzystaniem triplotów, które umożliwiły interpretację zależności pomiędzy wskaźnikami LHMS_PL i LHQA a wskaźnikami fizyczno-chemicznymi wód. Z przeprowadzonych badań wynika silna dodatnia zależność pomiędzy wskaźnikiem LHMS_PL a stężeniem biogenów i przewodnością elektrolityczną w wodzie oraz bardzo silna ujemna zależność z widzialnością krążka Secchiego. Stwierdzono również dodatnią zależność pomiędzy funkcją własną LHQA a przezroczystością wody.

Analizowano również, z zastosowaniem współczynnika korelacji rangowej Spearmana, współzależność pomiędzy wskaźnikami fizyczno-chemicznymi wód (stężenie fosforu ogólnego, stężenie azotu ogólnego, przewodność elektrolityczna, widzialność krążka Secchiego) a procentowym udziałem poszczególnych form użytkowania terenu w trzech rozpatrywanych zasięgach przestrzennych. Zależności te zaprezentowano w formie tabelarycznej (tab. 16), z której wynikają istotne statystycznie, raczej umiarkowane i słabe zależności (Autor w tekście pisze o kierunku zależności – korelacja dodatnia, ujemna oraz czy związek jest istotny statystycznie, bez określania siły tego związku – brak interpretacji wartości współczynnika r) pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami fizyczno-chemicznymi a sposobem użytkowania gruntów, szczególnie takim jak grunty orne i zabudowa rozproszona oraz obszary leśne. Analizie poddano również zależności korelacyjne pomiędzy wskaźnikiem obciążenia jezior biogenami, opracowanym dla rozpatrywanych zasięgów przestrzennych

a fizyczno-chemicznymi wskaźnikami stanu ekologicznego jezior (tabela 17). W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono istotną statystycznie, silną korelację przewodności elektrolitycznej ze wskaźnikiem obciążenia jeziora biogenami wyliczonym dla zlewni całkowitej oraz pomiędzy widzialnością krążka Secchiego a wskaźnikiem obciążenia jezior biogenami wyliczonym dla zlewni bezpośredniej i w 100 m buforze. Natomiast stężenie azotu ogólnego, jak wynika z tabeli 17, wykazywało istotne statystycznie, raczej umiarkowane, związki korelacyjne ze wskaźnikiem obciążenia jeziora biogenami wyliczonym dla wszystkich analizowanych skal przestrzennych, a stężenie fosforu ogólnego ze wskaźnikiem obciążenia jeziora biogenami w przypadku zlewni całkowitej i bezpośredniej. Ten fragment pracy pomimo kilku uwag należy uznać za bardzo istotny w ocenie założonych celów pracy.

W kolejnym podpunkcie (6.5) rozdziału „Wyniki” Autor zaprezentował wyniki oceny wpływu presji na stan ekologiczny analizowanych jezior oceniany na podstawie fitoplanktonu. Przedstawił zróżnicowanie struktury taksonomicznej fitoplanktonu wskazując, że biomasa fitoplanktonu w analizowanych jeziorach wahała się w szerokim zakresie wartości od 0,20 do 44,19 mg/l a skład taksonomiczny fitoplanktonu analizowanych jezior reprezentowany był przez osiem grup taksonomicznych: Bacillariophyceae, Chlorophyta, Chrysophyceae, Conjugatophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, wp. Autor stwierdził, że udział pozostałych grup był znikomy i wynosił poniżej 1%, dlatego taksony te nie zostały uwzględnione w dalszej analizie. Syntetycznym przedstawieniem przez Autora wyników są graficzne wykresy strukturalne (rycina 18), bardzo dobrze przygotowane i właściwie prezentujące uzyskane wyniki. Na tych graficznych prezentacjach w sposób przejrzysty widoczna jest taksonomia fitoplanktonu w relacji do biomasy w analizowanych obiektach. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wyniki hierarchicznej analizy skupień (HCA) rozpatrywanych akwenów pod względem biomasy grup taksonomicznych fitoplanktonu zostały zaprezentowane również w formie graficznej, którą jest mapa ciepła (Heatmap) i dendrogram (rycina 19), co umożliwiło wydzielenie dwóch grup jezior oraz określenie struktur jakie tworzą w tych skupieniach biomasy poszczególnych grup fitoplanktonu (choć Autor nie podaje jaka miara odległości między klastrami została przyjęta do łączenia par skupień o minimalnym zróżnicowaniu). Wyniki przeprowadzonej analizy skupień podobieństwa jezior na podstawie składu taksonomicznego fitoplanktonu zostały również odniesione do uzyskanych wartości wskaźnika przekształcenia linii brzegowej i siedlisk (LHMS_PL), co umożliwiło określenie dla poszczególnych grup jezior (grupa I o niskiej i grupa II o wysokiej biomasy) średniej wartości punktowej stanu hydromorfologicznego. Za pomocą nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya potwierdzono brak statystycznie istotnych różnic wartości wskaźnika LHMS_PL pomiędzy grupami tych jezior (I i II). W związku z powyższymi analizami dotyczącymi określenia wpływu presji na stan ekologiczny oceniany na podstawie fitoplanktonu nasuwa się pytanie która grupa taksonomiczna fitoplanktonu (lub układu poszczególnych grup) w relacji do biomasy determinuje i ma kluczowe znaczenie dla racjonalnego funkcjonowania tych jezior?

Istotnym z punktu widzenia realizowanej tematyki rozprawy są zastosowane analizy Variation Partitioning (VP), które umożliwiły Autorowi przeprowadzenie oceny wpływu parametrów fizycznochemicznych, przekształceń hydromorfologicznych oraz presji zlewniowej na biomasę głównych grup taksonomicznych fitoplanktonu badanych jezior. Wyżej wymienione zmienne wyjaśniły 42,9% wariacji składu taksonomicznego

fitoplanktonu. Ponadto Autor wykazał również, że na zmienność składu taksonomicznego fitoplanktonu w ok. 45% mają wpływ wskaźniki fizyczno-chemiczne. Jeżeli zaś chodzi o wpływ presji na fitoplanktonowe wskaźniki stanu ekologicznego to wykazano, że fitoplanktonowy wskaźnik stanu ekologicznego jezior (PMPL) i jego metryki były najsilniej związane z parametrami fizyczno-chemicznymi wody, które wyjaśniły od 50,4% (biomasa sinic – Cyan) do 72,5% (PMPL) zmienności analizowanych wskaźników. Natomiast zmienne hydromorfologiczne wyjaśniły zmienność wskaźników fitoplanktonowych w ok. 25% dla wskaźnika Cyan i ponad 30% dla metryków (składowych).

W dalszej kolejności Autor przedstawił wpływ presji zlewniowych w różnych skalach przestrzennych na fitoplanktonowe wskaźniki stanu ekologicznego. Jak dowiedziono analiza korelacji rang Spearmana (tabela 18) wykazała istotne statystycznie, umiarkowane korelacje pomiędzy fitoplanktonowymi wskaźnikami stanu ekologicznego jezior a terenami leśnymi (zlewnia bezpośrednia i bufor 100 m) oraz gruntami ornymi z zabudową rozproszoną (dla obszaru bufora 100 m). Analizowano również współzależność pomiędzy wskaźnikiem obciążenia biogenami obliczonym dla trzech zasięgów przestrzennych a fitoplanktonowymi wskaźnikami stanu ekologicznego jezior. Stwierdzono tylko dwie istotne statystycznie dodatnie choć słabe korelacje, pomiędzy wskaźnikiem obciążenia biogenami ze zlewni bezpośredniej a PMPL ($r = 0,35$) oraz chlorofilem a ($r = 0,36$). W kolejnym podpunkcie rozdziału szóstego Autor zajął się wpływem presji na stan ekologiczny oceniany na podstawie makrofitów. Zakres zastosowanych metod, przeprowadzonych analiz oraz wnioski odpowiada części rozprawy dotyczącej wpływu presji na stan ekologiczny oceniany na podstawie fitoplanktonu (szczegółowo powyżej zrecenzowanej przez recenzenta). Analizowane jeziora charakteryzowały się udziałem 7 grup ekologicznych: helofity, ramienice, ceratofylidy, elodeidy, lemnydy, nymfeidy i mchy. Autor szczegółowo zaprezentował charakterystykę poszczególnych grup ekologicznych makrofitów (rycina 23) oraz wykonał analizę procentowego udziału poszczególnych grup ekologicznych makrofitów porastających litoral wyodrębniając cztery klastry jezior (I grupa – 9 jezior zdominowanych przez roślinność zakorzenioną o liściach pływających; II grupa – 7 jezior zdominowanych roślinnością zanurzoną zarówno zakorzenioną, jak i wolno pływającą; III grupa – 3 jeziora ramienicowe; IV grupa – 11 jezior z roślinnością szuwarową). Wyniki przeprowadzonej analizy hierarchicznego grupowania jezior na podstawie pokrycia roślinnością litoralu wskazują na duże zróżnicowanie stanu hydromorfologicznego w I grupie jezior (od 4 do 35 pkt.), w tym klastrze znalazły się jeziora zarówno o dobrym, jak i bardzo dobrym stanie hydromorfologicznym. Odrębny klaster nr IV (najliczniejszy) stanowią jeziora, które nie charakteryzują się bardzo dobrym stanem hydromorfologicznym (LHMS_PL osiągnął wartości pomiędzy 23 a 31 pkt.). Za pomocą testu U Manna-Whitneya potwierdzono jedynie istotną statystycznie różnicę wartości wskaźnika LHMS_PL pomiędzy grupą IV jezior a pozostałymi grupami tych jezior (I, II i III).

Autor wykazał, że w przypadku wpływu presji na grupy ekologiczne makrofitów, również tak jak w przypadku grup taksonomicznych fitoplanktonu, zmienność struktur grup ekologicznych makrofitów wyjaśniają w ok. 50% parametry fizyczno-chemiczne wód jezior a w ok. 30% wskaźniki hydromorfologiczne.

Natomiast ocena wpływu analizowanych presji (fizyczno-chemicznych wskaźników jakości wód, hydromorfologicznych i zlewniowych) wykazała istotne ich oddziaływanie na

makrofitowe wskaźniki stanu ekologicznego. Na wskaźnik ESMI oddziaływały wszystkie analizowane zmienne środowiskowe, które wyjaśniały 68,3% jego zmienności.

Kolejny podpunkt dotyczy wpływu presji zlewniowych w rozpatrywanych trzech zasięgach przestrzennych na makrofitowe wskaźniki stanu ekologicznego. Jak wykazał Autor typami zagospodarowania terenu zlewni jezior, które wykazywały istotną statystycznie, umiarkowaną współzależność pomiędzy procentowym użytkowaniem gruntów ornych z zabudową rozproszoną (szczególnie w odniesieniu do zlewni całkowitej a także bezpośredniej), lasów i zabudowy zwartej a makrofitowymi wskaźnikami stanu ekologicznego jezior. W przypadku wskaźników makrofitowych nie stwierdzono istotnych korelacji z łąkami i pastwiskami, terenami podmokłymi i akwenami w obrębie zlewni całkowitej. W przypadku zasięgu bufora 100 m istotną statystycznie, umiarkowaną korelację, stwierdzono pomiędzy procentowym udziałem terenów leśnych a wskaźnikiem ESMI i H.

Rozdział „Wyniki” w niniejszej dysertacji kończy propozycja Autora dotycząca sposobu podejścia do weryfikacji wartości granicznych wskaźnika LHMS_PL. Autor bazuje na metodach opracowanych przez Grupę Roboczą ds. biogenów przy KE w zakresie wyznaczania wartości granicznych dla parametrów fizyczno-chemicznych. Implementuje te metody do wyznaczenia wartości granicznych LHMS_PL w klasach stanu bardzo dobrego, dobrego i poniżej dobrego, w odniesieniu do makrofitów i fitoplanktonu. Dobrze, że Autor ma świadomość tego, że opracowanie wartości granicznych powinno wymagać uwzględnienia szerszej grupy organizmów wodnych uwzględnianych w monitoringu wód, z czym należy się zgodzić.

W rozdziale siódmym Autor podejmuje próbę dyskusji uzyskanych wyników badań. Pomimo tego, jak Autor donosi, że „literatura dotycząca analizy stanu hydromorfologicznego jezior w Polsce jest uboga”, co w opinii Autora „ogranicza możliwość porównania statusu badanych jezior”, to jednak w dyskusji z powodzeniem odnosi się do bibliografii zarówno polskiej, jak i zagranicznej, w zakresie badań stopnia przekształcenia hydromorfologicznego.

W kolejnym ósmym rozdziale Autor zaprezentował pięć wniosków. Należy stwierdzić, że zasadniczo wynikają one z pracy, chociaż przy tak rozbudowanej i złożonej analizie elementów oceny stanu/potencjału ekologicznego należałoby je uszczegółowić (warto to wykonać przed opublikowaniem rozprawy). We wniosku pierwszym pomyłkowo podano że bardzo dobrego stanu hydromorfologicznego nie uzyskało 26 zbiorników a w rzeczywistości tego stanu nie uzyskało 24 jezior. Jeżeli chodzi o treść wniosku drugiego jest zapisany bardzo ogólnikowo. Podczas publicznej obrony proszę o komentarz w tym zakresie. Jeżeli chodzi o wniosek nr pięć to należy docenić podjętą przez Autora próbę opracowania nowych wartości granicznych w poszczególnych klasach stanu ekologicznego, jednak wymaga to dalszych badań i uściśleń.

W trakcie lektury pracy powstały następujące przemyślenia:

- Autor w tekście rozprawy często używa słów jezioro i zbiornik (niestety często w przypadku słowa zbiornik nie używa rodzaju zbiornik wodny). Daleki byłbym także żeby nadmiernie korzystać z tych pojęć jako zamienników w przypadku jezior. Przecież Autor sam cytuje pozycję Arciszewski i inni 2010, której tytuł brzmi: Sformułowanie w warunkach korzystania z wód regionu wodnego ograniczeń w korzystaniu z wód jezior lub zbiorników.

- Brak na rycinie 4 zaznaczonych przekrojów (A), które jak Autor podaje w tekście wyznaczono w sposób losowy oraz kolejnych dziewięciu (B-J).
- Proszę o wyjaśnienie kwestii klasyfikacji. Bowiem na str. 36 Autor pisze „Jak wynika z powyższych danych, badane jeziora są zróżnicowane pod względem morfometrycznym, hydrograficznym i zlewniowym, reprezentując większość możliwych uwarunkowań abiotycznych jezior polskich, czego odzwierciedleniem jest ich przynależność do 10 spośród 13 typów abiotycznych opracowanych przez Koladę i innych (2005)”. Natomiast na str. 26 podaje, że obecnie funkcjonuje inna typologia „W latach 2014-2015 typologia uległa weryfikacji na podstawie analizy zróżnicowania zespołów biologicznych w warunkach niezaburzonych (referencyjnych), i stwierdzono, że brak jest podstaw do zróżnicowania jezior na podstawie położenia geograficznego (subregionu), a pierwotnych 13 typów zostało zredukowanych do 7 (Kolada i inni 2017)”.
- Za pewne niedociągnięcie należy uznać brak, w części dotyczącej wyników, zestawienia dla każdego obiektu cząstkowych wskaźników, w tym wskaźnika zróżnicowania fitocenotycznego (H) i wskaźnika zasiedlenia (Z), przy obliczaniu makrofitowego indeksu stanu ekologicznego.
- Brak wyjaśnienia w tekście (str. 29) czym podyktowany był dobór strefy buforowej o szerokości 100 m od linii brzegowej jeziora w celu określenia wpływu zagospodarowania przestrzennego tego bufora na elementy fizyczno-chemiczne i biologiczne jezior? Czy Autor rozważał inne szerokości, np. wynikające z dyrektyw, rozporządzeń w zakresie dobrych praktyk, OSN?
- Na str. 42 Autor pisze, że w ramach badań terenowych wyznaczania profili do określenia charakteru użytkowania strefy brzegowej posiłkował się również materiałami kartograficznymi oraz informacjami z bazy danych o użytkowaniu terenu, które wg Autora pozwoliły uszczegółwić charakter użytkowania strefy brzegowej. Pytanie zatem brzmi o aktualność danych zawartych w bazach dotyczących użytkowania terenu, ponieważ najbardziej aktualny stan użytkowania powinien być przyjęty podczas wizji terenowych o których wspomina sam Autor. Bowiem jest on najbardziej zgodny ze stanem rzeczywistym podczas okresu badań.
- Str. 94. Na jakiej podstawie Autor twierdzi, że „w Polsce natomiast rzadko spotyka się, aby grunty orne dochodziły bezpośrednio do linii wody, a często zachowany jest pas zakrzewień lub zadrzewień”? Czy Autor spotkał się z tym na badanych obiektach?

Uwagi szczegółowe:

- Str. 7. Autor pisze: „Liczne badania ...wykazały, że wpływ sposobu użytkowania gruntów w zlewniach na jeziora jest kluczowy dla zachowania dobrego ich stanu”. Raczej Autorowi chodziło o wpływ ... na stan jeziora (tu na jakość wody...).
- Str. 34. Niezrozumiały zapis „Na podstawie badań PMS jeziora te reprezentowały pełne spektrum stanu ekologicznego, co stanowiło jedno z kryteriów ich doboru”. Należałoby to lepiej wyjaśnić.
- Str. 34. Niefortunny zapis „...badanych pod kątem jakości wód”.
- Str. 48. Czy ładunki fosforu i azotu dla zlewni bezpośredniej odjęto od zlewni całkowitej?

- Str. 59. „... o wartości współczynnika regresji $r^2 = 0,76...$ ”. Autor miał chyba na myśli współczynnik determinacji r^2 , który mówi o dopasowaniu funkcji regresji do danych empirycznych.
- Str. 59. Brak równania regresji na wykresie ryc. 9.
- W pracy występują drobne błędy (nieliczne literówki).

Po przeanalizowaniu rozprawy doktorskiej Pana mgr Sebastiana Kutyły dodatkowo do osiągnięć (poza wymienionymi powyżej w recenzji) można zaliczyć:

- Należy stwierdzić, że zakres czasowy z którego pochodzą wyniki badań analizowane przez Autora, jest odpowiedni i daje możliwość właściwej oceny stanu hydromorfologicznego badanych jezior.
- Otrzymane wyniki pracy oraz wynikające z nich wnioski mają ważne znaczenie zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i praktycznego. Autor osiągnął założone cele i udowodnił przyjęte tezy pracy.
- Można stwierdzić, że uzyskane wyniki wpisują się w zagadnienia monitoringu i oceny jakości wód jezior w Polsce, wnoszą aktualne informacje nt. wpływu zlewni na jakość wód, w tym wpływu presji hydromorfologicznych na stan ekologiczny jezior oraz wpisują się w działania ochronne tych akwenów. Powyższe badania wpisują się w potrzebę realizacji zapisów Ramowej Dyrektywy Wodnej w zakresie oceny stanu ekologicznego jezior. Stanowią przyczynek do dyskusji na temat propozycji metodyki dotyczącej oceny stanu ekologicznego jezior ocenianego na podstawie elementów biologicznych i fizyczno-chemicznych oraz oceny wpływu presji obszarów o różnym zasięgu przestrzennym na grupy ekologiczne makrofitów i skład taksonomiczny fitoplanktonu.

3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Po analizie rozprawy doktorskiej Pana mgr Sebastiana Kutyły stwierdzam, że pozytywnie oceniam podjęcie rozważań w aspekcie badań nad oceną stanu hydromorfologicznego jezior w Polsce, przeprowadzony przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie poruszanej tematyki, jak i zrealizowaną część analityczną. Uważam, że niniejsza rozprawa doktorska spełnia wymagania dotyczące rozpraw doktorskich, tj. stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego a Autor wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, zawarte w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tj. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789). W związku z powyższym wnioskuję o przyjęcie recenzowanej rozprawy przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz dopuszczenie do publicznej obrony.



Wrocław, 08.08.2020 r.

miejsce i data