

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Nikodema Szymańskiego
pt. "*Wydajność aparatu fotosyntetycznego glonów jako bioindykatora
stanu troficznego wód na terenach rolniczych*"**

wykonanej w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Falentach

Promotor pracy: dr hab. inż. Irena Burzyńska, prof. nadzw.

Promotor pomocniczy: dr inż. Grażyna Mastalerczuk

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi pismo Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach, prof. dr-a hab. Wiesława Dembka z dnia 24 stycznia 2019 roku (DITW.RN.8/2019), powołujące się na uchwałę nr 805/2019 Rady Naukowej ITP z dnia 24.01.2019 roku.

1. Informacje wstępne

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi dobry i ciekawy przykład pracy o charakterze naukowym i aplikacyjnym w zakresie monitoringu stanu troficznego wód. Jej podstawą są interdyscyplinarne badania zrealizowane w latach 2016-2017 w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Falentach i Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Recenzowana praca dotyczy problematyki wykorzystania wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów jako bioindykatora stanu troficznego wód na terenach rolniczych.

Rozprawa zawiera 177 stron maszynopisu, łącznie z 9 tabelami, 81 rysunkami i 3 załącznikami. Składa się z 8 rozdziałów z licznymi podrozdziałami oraz wykazów literatury, rysunków, tabel i załączników. Na podkreślenie zasługuje duża dbałość o szczegóły w opisie przedstawianych rezultatów oraz bardzo dobra jakość opracowania wyników, w tym również pod względem edytorskim. Bibliografia obejmuje 190 pozycji, w tym 90 anglojęzycznych (47%). Autor recenzowanej rozprawy jest współautorem jednej publikacji cytowanej w przedmiotowej rozprawie.

2. Charakterystyka rozprawy

We wstępie Autor przedstawił kontekst podjętych badań nawiązując do problemu eutrofizacji wód powierzchniowych na obszarach wiejskich. Zwrócono uwagę na fakt wysokich kosztów i czasochłonności wykonywanych analiz fizykochemicznych próbek wodnych oraz potrzebę opracowania jednoznacznej, szybkiej i ekonomicznej metody, umożliwiającej określenie stopnia eutrofizacji ekosystemów wodnych na obszarach wiejskich.

Rozdział drugi stanowi przegląd literatury, którą rozpoczęto od analizy cyklu biogeochemicznego azotu i fosforu oraz wpływu tych pierwiastków na eutrofizację wód powierzchniowych. Następnie omówiono bezpośrednie i pośrednie źródła zanieczyszczeń wód na obszarach wiejskich. Przedstawiono dane statystyczne związane ze średnim zużyciem nawozów mineralnych w Europie jak i prognozę ich zużycia do 2027 roku. W dalszej części podkreślono wagę złożonych procesów samooczyszczania wody, których efektywność uzależniona jest od nasilenia antropopresji.

Rozdział trzeci odnosi się do oceny stanu troficznego wód powierzchniowych. Podano w nim wartości graniczne substancji biogenych według aktualnych aktów prawnych i scharakteryzowano wskaźniki stanu troficznego. Omówiono również wydajność aparatu fotosyntetycznego jako narzędzia do badania wpływu czynników stresowych w ochronie środowiska.

W rozdziale czwartym Doktorant przedstawił cel pracy i sformułował problem naukowy w postaci trzech hipotez. Pierwsza hipoteza dotyczyła wpływu stężenia substancji biogenych na funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego glonów w wodach powierzchniowych na obszarach wiejskich oraz wykorzystania pomiarów fluorescencji chlorofilu *a* glonów jako reakcji na wzbogacenie wód w związki biogenne. Druga hipoteza zakładała występowanie zależności między wartością określonych parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych a intensywnością fluorescencji chlorofilu *a*, a trzecia hipoteza, że metoda pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* u glonów w wodach powierzchniowych może być pomocnym wskaźnikiem diagnostycznym w ocenie stanu troficznego wód na obszarach wiejskich. W dalszej części tego rozdziału Doktorant scharakteryzował pięć badanych zbiorników wodnych położonych na terenach rolniczych w województwie mazowieckim, w powiecie pruszkowskim, w gminie Raszyn oraz warunki meteorologiczne w rejonie badań.

W rozdziale piątym przedstawiono zakres prac, sposób pobierania próbek wód powierzchniowych i zastosowane metody analityczne pomiarów właściwości fizykochemicznych analizowanych wód zgodne z metodykami prezentowanymi w Polskich Normach. Omówiono sposób pomiarów bezpośredniej fluorescencji chlorofilu *a* i wymieniono

dziewięć parametrów tego procesu wykorzystanych w dalszej części pracy do oceny wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów. Opisano również sposób opracowania wyników badań. Wymieniono metody i testy statystyczne zastosowane do oceny danych liczbowych oraz przyjęte kryteria istotności obliczonych parametrów statystycznych.

Wyniki badań parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych jak i parametrów wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów w ocenianych zbiornikach zostały przedstawione w dwóch podrozdziałach w rozdziale szóstym. W kolejnych dwóch podrozdziałach zestawiono wszystkie analizowane parametry dla trzech wyznaczonych grup zbiorników wodnych, a w ostatnim zaprezentowano współzależności pomiędzy parametrami fizykochemicznymi wód a parametrami wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów. Dyskusję wyników badań zamieszczono w rozdziale siódmym. Zarówno wyniki badań jak i ich dyskusja stanowią najobszerniejszą część pracy obejmującą 97 stron tekstu wraz z tabelami i wykresami. Autor dysertacji starał się rzetelnie skomentować wyniki swoich badań z krajową jak i zagraniczną literaturą.

Rozdział ósmy stanowi 7-punktową listę wniosków. Treść wniosków potwierdza osiągnięcie celu badań nakreślonego przez Doktoranta.

Pracę uzupełnia wykaz wykorzystanego piśmiennictwa, rysunków, tabel i załączników zamieszczonych w kolejnych czterech rozdziałach.

2. Ocena rozprawy

W okresie ostatnich kilkunastu lat w Polsce doszło do dużego postępu w ochronie środowiska. Ograniczanie wykorzystania zasobów oraz redukcja emisji np. związków biogenych do ekosystemów wodnych nadal jednak stanowi wyzwanie w procesie wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju w gospodarce oraz wzmacnianiu trendów proefektywnościowych. Problem osiągnięcia i utrzymania dobrego stanu wód powierzchniowych, w szczególności na terenach wiejskich o zróżnicowanej intensywności użytkowania gruntów w sąsiedztwie cieków od wielu lat jest tematem dyskusji w Polsce i na świecie. Badania monitoringowe ekosystemów wodnych potwierdzają, że najpowszechniej obserwowanym problemem jest zły stan troficzny wód jezior i ich przeżyźnienie. Skutkuje to zachwianiem równowagi ekologicznej dającej się zaobserwować m.in. poprzez coraz obfitsze zakwity fitoplanktonu, występowanie deficytów tlenowych, spadek widzialności krążka Secchiego, a także zmniejszenie zróżnicowania siedlisk oraz gatunków flory i fauny. Od 2008 roku, w ocenie jakości wód powierzchniowych oprócz parametrów fizykochemicznych wód, bierze się pod uwagę coraz większą liczbę wskaźników biologicznych. Poszukiwanie tańszych

i mniej czasochłonnych metod oceny stopnia eutrofizacji wód powierzchniowych jest szczególnie ważne na obszarach wiejskich, gdzie ekosystemy wodne są jedynie w skrajnych przypadkach przedmiotem zainteresowania i ochrony. Zbiorniki wodne na obszarach wiejskich stanowią ważny element w gospodarce rolnej ze względu na swoje funkcje ekonomiczne, środowiskowe oraz przyrodnicze. Recenzowana rozprawa dotyczy zatem wciąż aktualnej i istotnej problematyki z punktu widzenia ochrony środowiska, tj. konieczności opracowania prostej i uzasadnionej ekonomicznie metody monitorowania stanu troficznego wód na terenach rolniczych oraz powiązania wyników parametrów fizykochemicznych wody z fluorescencją chlorofilu *a* glonów jako reakcji na wzbogacenie wód w związki biogenne. Stopień i ryzyko wystąpienia eutrofizacji mogą być oceniane różnymi sposobami. Oprócz wartości granicznych parametrów fizykochemicznych podawanych w aktach prawnych dotyczących sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych stosuje się wskaźniki integralne stanu troficznego, łączące wpływ czynników biogenych z czynnikami abiotycznymi. Przykładowo, pomiar zawartości Chl *a* wykorzystywany jest przy określeniu wielkości indeksów stanu troficznego TSI Carlsona czy indeksu UNTRIX. Nowym podejściem do oceny bilansu biotycznego ekosystemów wodnych okazał się wskaźnik ITS oparty na założeniach zaburzenia równowagi w procesach produkcji (fotosyntezy) i rozkładu substancji organicznej w zeutrofizowanych wodach powierzchniowych. Procesy fotosyntezy i fluorescencji są ze sobą ściśle powiązane. Energia świetlna zaabsorbowana przez cząsteczki chlorofilu *a* jest głównie wykorzystana w czasie procesów fotochemicznych (80%), a jej nadmiar ulega wypromieniowywaniu głównie w postaci fluorescencji (2-5% całkowitego zaabsorbowanego światła) i ciepła. Za pomocą pomiarów fluorescencji można prowadzić badania ekosystemów wodnych. Badania te polegają na szybkiej i rzetelnej analizie zawartości chlorofilu w organizmach wodnych na głębokości do 100 metrów. U glonów narażonych na działanie wielu stresowych czynników środowiska dochodzi do zaburzenia funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego. Pomiar fluorescencji umożliwia ocenę wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów. Wybór tematu uważam więc, za bardzo trafny i posiadający duże znaczenie naukowe i użyteczne.

Badania miały charakter interdyscyplinarny i wymagały od Doktoranta szerokiej wiedzy z zakresu monitoringu i jakości wód powierzchniowych na terenach wiejskich oraz zależności pomiędzy parametrami fizykochemicznymi wody, a wydajnością aparatu fotosyntetycznego glonów. Przedstawiony w dysertacji materiał dowodzi, że Doktorant wykazał się wysokimi umiejętnościami organizowania i prowadzenia badań.

Rozprawa mgr inż. Nikodema Szymańskiego, opiera się na obszernym materiale badawczym uzyskanym w wyniku dwuletnich badań wybranych fizykochemicznych wskaźników jakości wód powierzchniowych jak i pomiarów fluorescencji chlorofilu *a* glonów jako reakcji na wzbogacenie wód w związki biogenne i charakteryzuje się poprawną analizą. Wyniki badań dotyczące analizy parametrów fizykochemicznych badanych wód i ich stężenia w analizowanych zbiornikach wodnych omówiono bardzo szczegółowo i wnikliwie. Każdorazowo odniesiono się do wartości granicznych prezentowanych w różnych aktach prawnych dotyczących klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oceniając efekt zagrożenia spadku jakości tych wód. Również bardzo dobrze przeanalizowano rezultaty badań związane z wydajnością aparatu fotosyntetycznego glonów oraz współzależnościami pomiędzy parametrami fizykochemicznymi wód a parametrami wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów. Natomiast, w mojej opinii, zbyt ogólnie odniesiono się do wpływu czynników środowiskowych związanych z rozwojem glonów, tj. temperatury wody, zmian stężenia związków azotu i fosforu czy warunków świetlnych na wydajność aparatu fotosyntetycznego glonów. Takie rozważania mogłyby być przeprowadzone w oparciu np. o dane literaturowe. Doktorant wykazał się umiejętnością syntetycznego przedstawienia danych na wykresach i w tabelach. Szkoda, że w przypadku omawiania parametrów jakości wód i wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów nie wyjaśniono co na wykresach przedstawiają słupki błędu.

Autor sformułował wnioski w sposób wyważony i precyzyjny, aczkolwiek moim zdaniem niektóre z przedstawionych wniosków zawierają stwierdzenia. Według mojej opinii wniosek trzeci nie został jasno sprecyzowany. Generalnie, sformułowane przez Autora wnioski są adekwatne do uzyskanych wyników przeprowadzonych badań i oprócz czysto poznawczych walorów mają one również duże znaczenie praktyczne.

Pod względem edytorskim pracę można ocenić za bardzo staranną i estetyczną. Obecność w tak obszernej pracy zaledwie kilku błędów interpunkcyjnych, gramatycznych czy językowych świadczy o bardzo dobrych umiejętnościach językowych i edytorskich Autora pracy. Niektóre z cytowanych w tekście rozprawy pozycji literatury nie znalazły się w spisie piśmiennictwa i odwrotnie. Na podkreślenie zasługuje jednak duża staranność opracowania i przejrzyste przedstawienie na licznych wykresach wielu opracowanych statystycznie wyników badań. Szkoda, że nie zamieszczono na wybranych wykresach wartości granicznych dla klas jakości wód powierzchniowych, co ułatwiłoby ich szybką ocenę wizualną.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych i aplikacyjnych ocenianej dysertacji zaliczyłabym:

- udokumentowanie zróżnicowania wybranych właściwości fizykochemicznych wód badanych grup zbiorników wodnych położonych na obszarach wiejskich w zależności od nasilenia antropopresji, a w szczególności wykazanie, że wody powierzchniowe ze zbiorników nr 1 i 2, położonych w sąsiedztwie gruntów użytkowanych rolniczo na terenie wsi Łady, są najbardziej zanieczyszczone i charakteryzują się niską jakością (stan poniżej dobrego), ze względu na znaczne przekroczenia wartości granicznych niektórych parametrów fizykochemicznych określonych przy klasyfikacji wód (O_2 , przewodność elektrolityczna właściwa, $N-NH_4$, P_{og} , ogólny węgiel organiczny i Mg), a wody w zbiornikach nr 4 i 5, położonych na obszarze chronionym Rezerwatu Przyrody „Stawy Raszyńskie”, charakteryzowały się brakiem przekroczenia wartości granicznych w odniesieniu do większości z badanych parametrów fizykochemicznych określonych przy klasyfikacji wód (pH, przewodność elektrolityczna właściwa, O_2 , $N-NO_3$, ogólny węgiel organiczny, Ca, Na, Mg, K), a glony wykazały wysoką wydajność aparatu fotosyntetycznego;

- udokumentowanie, że woda wysoko wzbogacona w związki biogenne, tj. azot, fosfor, ogólny węgiel organiczny zawiera glony o mniejszej sprawności przekazywania energii wzbudzenia pomiędzy cząsteczkami chlorofilu *a* w antenie energetycznej fotoukładu drugiego (PSII);

- wykazanie, że parametrem określającym wydajność aparatu fotosyntetycznego glonów najsilniej skorelowanym z parametrami fizykochemicznymi w wodach badanych zbiorników jest fluorescencja początkowa chlorofilu *a* (F_0) u glonów, co może wskazywać, że będzie on dobrym bioindykatorem stanu troficznego wód na obszarach wiejskich;

- zaproponowanie, że metoda bezpośredniego pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* u glonów, może służyć do szybkiej i nieinwazyjnej diagnozy stanu wód powierzchniowych z terenów rolniczych.

- wykazanie konieczności kontynuowania badań nad poznaniem reakcji aparatu fotosyntetycznego glonów na zmienne warunki i właściwości fizykochemiczne wód w zlewniach rolniczych oraz modyfikacji sygnałów pochodzących z fluorescencji chlorofilu *a* i przebiegu krzywych OJIP oraz występowania współzależności między różnymi parametrami i czynnikami wpływającymi na eutrofizację wód powierzchniowych.

Badania potwierdziły przydatność zastosowania bezpośredniego pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* do oceny korelacji pomiędzy parametrami wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów a właściwościami fizykochemicznymi wód powierzchniowych zróżnicowanych stopniem antropopresji.

Przedstawiona rozprawa zawiera kilka kwestii, nasuwających pewne wątpliwości, które wymagają wyjaśnienia:

1. W ocenie wpływu związków azotu i fosforu na eutrofizację wód, a w szczególności na rozwój glonów posłużono, się współczynnikiem Redfielda. Jak obliczono wartość tego współczynnika?

2. We wniosku trzecim podkreślono znaczenie ogólnej zawartości materii organicznej w wodzie (OWO) przy określeniu zaburzeń procesu fotosyntezy. Czy określono poziom wartości tego parametru?

3. Na podstawie, których parametrów fluorescencji chlorofilu *a* uznano, że glony poddane są działaniu czynników stresowych? Które z analizowanych wskaźników jakości wód powierzchniowych na terenach rolniczych stanowią czynnik stresowy dla rozwoju glonów?

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona powyżej charakterystyka rozprawy doktorskiej upoważnia mnie do bardzo wysokiej oceny, zarówno wybranej tematyki, jak i sposobu zrealizowania postawionego zadania. Praca napisana jest zwięzłym językiem, posiada dobrze zarysowany cel, zakres i metodykę. Autor w sposób właściwy zilustrował omawiane zagadnienia dobrze opracowanymi rysunkami i tabelami, a uzyskane oryginalne wyniki badań mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale również dają możliwość ich praktycznego wykorzystania. Rozprawa wnosi nowe i istotne elementy poznawcze do stanu wiedzy na temat wpływu parametrów fizykochemicznych wód na wydajność aparatu fotosyntetycznego glonów w wodach powierzchniowych na terenach wiejskich o zróżnicowanej intensywności użytkowania gruntów w sąsiedztwie cieków. Zastosowanie nieinwazyjnej, szybkiej i taniej metody bezpośredniego pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* może umożliwić podjęcie działań w zakresie prowadzenia monitoringu ekosystemów wodnych na obszarach wiejskich narażonych na proces eutrofizacji zachodzącej w wyniku nasilenia antropopresji. Podjęty kierunek badań wpisuje się do współczesnych tendencji w zakresie prowadzenia badań stanu fizjologicznego ekosystemów wodnych, jednocześnie włączając do zakresu badań ocenę wydajności aparatu fotosyntetycznego glonów.

Zawarte w recenzji drobne uwagi krytyczne nie umniejszają istotnie wartości merytorycznej pracy i proponuję je uwzględnić przy publikowaniu wyników badań.

Stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Nikodema Szymańskiego pt. "Wydajność aparatu fotosyntetycznego glonów jako bioindykatora stanu troficznego wód na terenach rolniczych" spełnia wymogi określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r.,

o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595, ze zm. Dz.U. 2017 poz. 1789). Wnioskuje zatem do Wysokiej Rady Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach o dopuszczenie mgr inż. Nikodema Szymańskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Chcę podkreślić, że treść rozprawy jednoznacznie kwalifikuje mgr inż. Nikodema Szymańskiego do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie naukowej ochrona i kształtowanie środowiska.

Małgorzata Gałczyńska
dr hab. inż. Małgorzata Gałczyńska