

dr hab. Ryszard Wiśniewski  
prof. nzw. UKW Bydgoszcz – do 31.03.2019  
obecnie emeryt UMK Toruń  
wisniew@umk.pl

Toruń, dnia 24 kwietnia 2019 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**Wydział Biologii i Ochrony Środowiska**  
**Uniwersytetu Łódzkiego**

**Imię i nazwisko kandydata:** mgr Maciej Jerzy Skłodowski

**Tytuł rozprawy doktorskiej:** „Możliwości zwiększenia samooczyszczania ekosystemów lotycznych przez regulację czynników biotycznych i abiotycznych”.

**Promotor:** prof. dr hab. Joanna Mankiewicz-Boczek

**Promotor pomocniczy:** dr hab. Adrianna Wojtal-Frankiewicz prof. nzw. UŁ

**Wstęp. Woda, zasoby, jakość, prognozy, próby oczyszczania. Problemy, w które wpisuje się Rozprawa.**

W przypadku jezior, podejmując jakiegokolwiek działania rekultywacyjne powinno się mieć na uwadze, że to fizyczne bądź chemiczne, zewnętrzne i wewnętrzne czynniki środowiskowe mogą spowodować głębokie zmiany, destabilizować ekosystem wodny i zepchnąć go do jednego z dwu alternatywnych stanów stabilnych. To elementy biologiczne i uwarunkowane nimi procesy zachodzące w ekosystemie wodnym stabilizują i utrwalają istniejący stan. Dla poprawy sytuacji w zdegradowanym jeziorze nie wystarczy przywrócić jego stan do sytuacji przed zakłóceniem. Wiele sprzężeń zwrotnych w jeziorze utrwała stan po zmianach i jeziora wykazują „resilience”, czyli odporność, „odprężność” na zabiegi rekultywacyjne. Warunkiem zastosowania jakiejkolwiek metody rekultywacji jest uprzednia redukcja stężenia fosforu w wodzie do poziomu 0,100 mg PO<sub>4</sub>/l (lepiej 0,050 mg PO<sub>4</sub>/l ) i usunięcie albo zablokowanie/inaktywowanie fosforu w osadach (zahamowanie importu wewnętrznego).

Produkujemy ścieki, ale przecież trafiają do sieci kanalizacyjnej i są kierowane do nowoczesnych oczyszczalni. Czy woda na wypływie z oczyszczalni nadaje się do picia? Czy zawarty w ściekach fosfor, którego zasoby kopalne zaczynają się kończyć zostanie odzyskany w oczyszczalniach i umożliwi wyprodukowanie nawozu niezbędnego dla roślin z których wyprodukujemy żywność?

Fosforany trafiają do wód powierzchniowych głównie z nawozów rolniczych, z intensywnych hodowli bydła, koni, owiec, czy kur, oraz ze ścieków. Trzecim, największym źródłem są detergenty. Mało kto wie, że trójpolifosforan jest najczęściej stosowanym związkem w detergentach domowych i przemysłowych ze względu na właściwości poprawiające zmywanie, niweluje twardość wody i mało kosztuje. Rada UE dopiero od 1 stycznia 2017 wymaga by zawartość P w jednym dozowaniu w automatycznych zmywarkach

do naczyń nie przekraczała 0,3 g (300 mg !). Producentem fosforu jest także człowiek. Mało kto wie, że w ludzkim moczu to 1,0 g w każdym litrze. Znajdują się w nim także, częściowo tylko metabolizowane antybiotyki i substancje hormonalne – w literaturze naukowej opisano kilka przypadków zarybiania akwenów wodnych kończących się tylko wzrostem wprowadzonej populacji. Dorosłe ryby nie były w stanie produkować ikry na skutek rozchwianie układu rozrodczego spowodowanego obcymi hormonami.

Oczyszczalnie, nawet te nowoczesne, w niewielkim stopniu usuwają, czy odzyskują, fosfor. Są w nich zaprojektowane moduły do wytrącania fosforu, ale procedura jest kosztowna i nie jest uruchamiana, także w wielu krajach UE. Od kilku zaledwie lat w kilku krajach (np. polsko-szwedzki program naukowy) próbuje się odzyskiwać w oczyszczalniach fosfor i produkować nawóz struwit.

Zaskakującym źródłem dużych ilości fosforu docierającym bezpośrednio wód powierzchniowych i ich zlewni jest opad deszczu. Od wielu lat wykazywany był w statystykach wielu krajów, ale ilości były niewielkie. W roku 2014 w Pracowni Hydrobiologii Stosowanej UMK, jedna z ostatnich prac magisterskich dotyczyła wpływu specyficzności różnych powierzchni zlewni, ich spłukiwania przez deszcz, na degradację jeziora Jeziorak Mały w Iławie. Wyniki były zaskakujące. W próbie kontrolnej – deszcz zbierany do pojemnika w ogródku przydomowym – zawartość P wynosiła w okresie zimy (30.11.2013) 1,37 mg/l, przewyższając zawartość fosforu w wodzie po spływie powierzchniowym. Bardzo prawdopodobną przyczyną, jak udało nam się stwierdzić, było ogrzewanie pobliskich wiejskich chat - spalanie śmieci, plastików i opon.

W czasie zajęć terenowych studentów UKW Bydgoszcz, Krówka Leśna – Bory Tucholskie czerwiec 2017, stwierdzono w wodzie deszczowej 1,25 mg PO<sub>4</sub>/l. Tu źródłem P, jak ustaliliśmy w wielu wywiadach, mogła być fosfina, fosforowodór PH<sub>3</sub>, jedyny obecnie fumigant, stosowany do zabezpieczenia ziaren zbóż przechowywanych w silosach. Fosforowodór jest tylko 1,2 razy cięższy od powietrza, więc z łatwością się z nim miesza.

Jeszcze inny problem uniemożliwiający naprawę, bądź utrzymanie dobrej jakości wód powierzchniowych, to archaiczność naszych oczyszczalni. W Gnieźnie np. ogólnospławna sieć przyjmuje ścieki bytowe i wodę deszczową. Mała średnica rur powoduje, że w czasie ulewnych deszczy sieć jest przepelniana i mieszanina ścieków i deszczówki wylewa się na ulicę kończąc swój bieg w jeziorze Jelonek. Skutkiem są, co pewien czas występujące, przyduchy powodujące masowe śnięcia ryb.

Poza wspomnianym powyżej zanieczyszczeniami, coraz poważniejszym problemem jest cykliczne wysuszenie i ponowne nawadnianie cieków mających kontakt z jeziorami. W czasie suszy frakcja organiczna fosforu zablokowana w komórkach glonów i makrofitów zamienia się w mobilny jon PO<sub>4</sub>, po ich obumarciu. W badanym przez kilka lat jeziorze Wolsztyńskim (do 2017 roku), połączony z jeziorem ciek, wysychający latem, wносił po intensywnym deszczu - nawet 67,0 l/m<sup>2</sup>, aż 1,25 do 2,12 mg PO<sub>4</sub>/l we wrześniu. Inny ciek łączący to jezioro ze stawami rybackimi wносił w lipcu 0,58 mg PO<sub>4</sub>/l i 148,0 mg/l zawiesiny.

W marcu i kwietniu 1997 w jeziorze Skępskie Wielkie, suchy latem rów, wносił do jeziora 7,0 mg PO<sub>4</sub>/l, prawdopodobnie były to nieoczyszczone ścieki odprowadzane wprost do jeziora. W badaniach monitoringowych z 2010 roku ten sam rów wyróżniał się wielkością wnoszonego ładunku azotu, jedynie w nim stężenie azotanów osiągało wartość 7,48 mg/l. Mimo, że ciek zlokalizowany jest w pobliżu odpływu rzeki Mień (dopływ Wisły), jest bardzo prawdopodobne, że przy zachodnich wiatrach substancje wnoszone do jeziora w tym miejscu mogą być rozprzestrzeniane na znacznej powierzchni jeziora, a na pewno docierają do Wisły i Bałtyku.

Autor rozprawy ma absolutną rację. Jeśli istnieje problem, powinno się go rozwiązywać poczynając od jego źródła. Rekułtywacja tylko jezior nie rozwiąże problemu

kurczących się zasobów wody, nawet tej z jezior, nadającej się do spożycia dopiero po przegotowaniu. Przypadki uzyskania dobrych efektów, zmiany stanu mętno-wodnego, z dominacją sinic, na stan czysto-wodny z dominacją makrofitów są wciąż jeszcze nieliczne w skali Europy. Nawet po uzyskaniu szybkiej zmiany reżimu ekosystemu jeziornego, nie wiemy jak utrzymać go przez długi okres czasu.

Dwa wyraźne „regime shifts” uzyskane przez poznańską firmę „Prote”, z którą recenzent współpracuje i ich trwałość, dają wiele do myślenia. Jeden to jezioro Winiary w Gnieźnie, a drugi to zbiornik wody technologicznej dla rafinerii Gdańskiej, utworzony w odizolowanym ramieniu rzeki Motława. W obydwu zbiornikach zmiany nastąpiły bardzo szybko. Po wykonanych jesienią zabiegach, już wiosną następnego roku były widoczne. Uzyskano przezroczystość do dna - 4,5 m w Winiarach i 5,0 m w Gdańsku. Pojawiła się gąbka słodkowodna *Spongilla lacustris*, także małże *Dreissena polymorpha*. W ciągu 2-go i 3-go roku makrofity, głównie moczarka kanadyjska, opanowały całą powierzchnię dna w obydwu zbiornikach. W 5 roku rozrosły się nadmiernie. W Gdańsku, zawiesina zawarta we wpompowywanej do zbiornika wodzie, pobieranej z płynącej w pobliżu rzeki Motławy, nie docierała do powierzchni dna, osiadała na liściach makrofitów. W Winiarach, mimo innego źródła zawiesiny, efekt był podobny. Przezroczystość wody spadła niemal do punktu wyjściowego w przypadku Motławy i o ponad połowę w przypadku Winiar.

### **Wartość merytoryczna rozprawy:**

Recenzent ma nadzieję, że efekty bardzo interesujących badań Autora da się wykorzystać także w naprawianiu zdegradowanych ekosystemów jeziornych, przynajmniej tych, przez które przepływa rzeka, zaczynająca się samooczyszczającym się strumieniem I rzędu.

Zlewnia rzeki i cieki strumienie i cieki. Najistotniejsza jest jakość wody cieków, strumieni I-go rzędu rozpoczynających ciąg - strumień II, III rzędu, rzeka dopływ, jezioro, rzeka odpływ – morze.

Jon  $PO_4$  w wypełnionym natlenioną wodą strumieniu, w którym także woda interstycjalna, śród-osadowa jest także natleniona, jest w niej blokowany przez słaby ładunek fizyczny utlenionego wodorotlenku żelazowego  $FeOOH \sim PO_4$  (ang. ferric oxide hydroxide). W osadach jeziornych natlenienie wody śród-osadowej dotyczy zwykle kilku milimetrów powierzchniowej warstwy granicznej osad-woda naddenna, czasami jest tylko 1 milimetr.

Poprawnie funkcjonujące strumienie, zwłaszcza te najmniejsze, są bardzo ważne dla funkcjonowania zbiorników wodnych, w których kończą bieg. Morfologia dna strumieni – bystrza i plosa, sinusoidalny przepływ wody, dostęp światła warunkujący rozwój makrofitów, fitoplanktonu i epifitonu, a także epilitonu (sinice i glony zasiedlające powierzchnię drobno cząstkowego osadu) umożliwia uruchomienie procesu samooczyszczania. Tym strumieniom i intensyfikacji tego procesu poświęcona jest recenzowana rozprawa.

To bardzo wartościowe badania, nie tylko dla potamologów. Autor przyjął dwa założenia, dwie hipotezy badawcze:

Jedna to – że sztuczny strumień jest doskonałym narzędziem do weryfikacji roli czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych biorących udział w procesie samooczyszczania płynącej w nim wody. To ryzykowny projekt, bo po pierwsze należało skonstruować go tak, by obserwowane procesy odpowiadały tym zachodzącym w naturalnych strumieniach. Stąd skala mezo czyli 60 metrów. Po drugie za sam proces samooczyszczania odpowiadają organizmy (bakterie i glony) czyli skala micro i wymagana precyzja obserwacji i pomiarów.

Druga hipoteza to , że zmiany jakie będą zachodziły, będą odpowiadały naturalnej zmienności warunków środowiskowych. Czyli także przepływ wody powinien być taki jak w

naturalnym strumieniu. Stąd konieczność zróżnicowania struktury i głębokości dna – bystrza i plosa, by wymusić spiralny przepływ wody.

Autor poradził sobie także z bodaj największym problemem, jak odizolować skonstruowany strumień od zakłóceń zewnętrznych, choćby wpływów wody powierzchniowej, np. po opadach deszczu, czy wysięków wody gruntowej. Sztuczny strumień skonstruowany został w wybetonowanej rynnie. W konstrukcji Autor utworzył odcinek kontrolny i badawczy, oraz sekcje zacienione i jasne dla symulacji zacienienia powodowanego w naturalnych strumieniach przez drzewa.

Efektom 2 letnich badań są bardzo obszerne wyniki zebrane w 47 tabelach i 44 rycinach. Wszystkie wyniki zostały wzorcowo opracowane statystycznie. Dla tych wyników, które nie miały rozkładu normalnego Autor zastosował testy nieparametryczne: test kolejności par Wilcoxon, test U Mann-Whitney'a, test nieparametryczny Kruskala-Wallisa.

Do rozpoznawania wzorców wzajemnego oddziaływania parametrów wody, relacji przyczynowo-skutkowych pomiędzy abiotycznymi i biotycznymi czynnikami determinującymi jakość wody Autor zastosował algorytm  $k$  najbliższych sąsiadów - nieparametryczną metodę używaną do klasyfikacji i regresji, rzadko spotykaną w publikacjach.

W rozdziale 5. Dyskusja, w podrozdziale 5.3 – „Wytypowanie kluczowych parametrów środowiskowych wpływających na tempo samooczyszczania wody”, Autor dokonuje oceny uzyskanych wyników pod kątem ich roli w procesie samooczyszczania wody. Stwierdza, że potwierdzają one założenia przyjęte w obydwu hipotezach badawczych. Także, że „mogą stanowić wskazówki w procesie świadomego kształtowania obiegu wody z uwzględnieniem kontroli mechanizmów przepływu energii i obiegu materii w ekosystemach i krajobrazach rolniczych w celu intensyfikacji procesu samooczyszczania wód płynących h”. Autor stwierdza również, że mogą być wykorzystane praktycznie w celu optymalizacji procesów samooczyszczania w istniejącym już strumieniu/kanale o średnim natężeniu przepływu ( $Q$ ) zbliżonym do  $1,15 \text{ L s}^{-1}$  na terenach użytkowanych rolniczo, po zmianach, bądź adaptacji parametrów związanych z charakterystyką hydro-morfologiczną koryta cieku. Adaptacja dotyczyła by głównie: stabilizacji brzegów, regulacji - lub stworzenia zróżnicowania głębokości siedlisk w sekwencji bystrzy (o głębokości  $\leq 7 \text{ cm}$ ) i plos (o głębokości  $\geq 10 \text{ cm}$ ), jak też regulacji prędkości przepływu wody do optymalnej dla procesu transportu i sedymentacji zawiesiny organicznej.

### 3. Poprawność redakcyjna rozprawy

Rozprawa napisana jasnym, bardzo zwięzłym, rzeczowym stylem, wymagającym koncentracji ze strony czytelnika.. W drugim czytaniu Recenzent miał szansę na znalezienie literówek i ewentualnych uchybień redakcyjnych. Jak na objętość rozprawy, jest ich niewiele:

Strona 12 – jest – „Dodatkowo, warto przypomnieć, iż wskaźnik stężenia fosforu **w wodach płynących** świadczący o eutrofizacji **jest często niższy ( $TP > 0,25 \text{ mg L}^{-1}$ ) od poziomu, który wywołuje stan eutrofii w jeziorach ( $TP > 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ )** (Paerl 2008, Rinta-Kanto i in. 2005, Dz.U. 2016 poz. 1187 z późn. zm.). Szczególnie widać to w dużych rzekach poddanych wpływom aktywności antropogenicznej i w ciekach płynących przez obszary uprawne (Allan 1997).” Nie znam cytowanych źródeł, ale z relacji niższy 0,25 – wyższy 0,1, wartości TP powinny być zamienione.

Drobne literówki:

strona 13 - jest - *cyllindrospornopsyny*, powinno być - *cyllindrospornopsyny*

strona 14 – jest - *i isinic*, powinno, być - *i sinic*

strona 20 – jest - związków biogennych, powinno być - związków biogenych  
strona 24 - jest - zacienie, powinno być - zacinienie  
strona 27 – jest - z wzrostem, powinno być - ze wzrostem

Rysunki: do rysunku 12 przy prawym dolnym narożniku pojawiają się objaśnienia symboli na nich zawartych – Mean, Mean SE i Mean SD. Na rysunku 13 pojawia się dodatkowo „% redukcja”, ale nie ma odpowiednika w treści rysunku. Powtarza się to do rysunku 21, na którym pojawia się wartość 9%, od rysunku 22 objaśnienie „% redukcja” znika. Absolutny drobiazg ale przygotowując rozprawę do druku, warto się go pozbyć.

W Rozdziale VIII Literatura – 4 krotnie cytowana praca doktorska – Łapińska M. 1996. jest umieszczona w spisie literatury na pozycji 159, pomiędzy nazwiskami rozpoczynającymi się na literę L. Powinno się ją umieścić po wszystkich autorach z nazwiskiem na literę L, jako jedyne nazwisko na Ł, na pozycji 173.

Struktura rozprawy – klasyczna, ale niektóre podrozdziały rzadko pojawiają się w rozprawach doktorskich np. podrozdział 4.2 w Wynikach, czy 5.3 w Dyskusji. Bardzo wartościowy jest także rozdział IX Załączniki, w którym Autor podaje spis 47 tabel – podrozdział IX.1 i 44 rycin - IX.2, ze stronami, na których występują. Bardzo wartościowy jest także podrozdział IX.3.1 – w którym zestawione zostały wyniki szacowanego ładunku zawiesiny organicznej, fosforu ogólnego oraz azotu ogólnego i azotanowego retencjonowanych w Odcinku Badawczym sztucznego strumienia.

Spis treści, wybrane, podrozdziały:

1. Wstęp:
2. Teren badań:
3. Materiał i metody:
  - 3.2.1. Analiza zmian parametrów fizyko-chemicznych wody w trakcie kontrolowanego dopływu związków biogennych
4. Wyniki:
  - 4.2 Analiza związków przyczynowo-skutkowych między parametrami badanymi w monitoringu cyklicznym
5. Dyskusja:
  - 5.2 Diagnoza relacji przyczynowo-skutkowych pomiędzy abiotycznymi i biotycznymi czynnikami determinującymi jakość wody
  - 5.3 Wytypowanie kluczowych parametrów środowiskowych wpływających na tempo samooczyszczania wody
6. Wnioski
7. Streszczenie
8. Literatura - 342 pozycje, w tym 24 polskojęzyczne
9. Załączniki

## 5. Ocena końcowa


Nieliczne, głównie dyskusyjne, uwagi, w żadnym stopniu nie obniżają bardzo wysokiej ogólnej oceny przedstawionej mi do recenzji rozprawy. Stwierdzam, że praca p.t. „Możliwości zwiększenia samooczyszczania ekosystemów lotycznych przez regulację czynników biotycznych i abiotycznych” spełnia wymagania

stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym obowiązującą aktualnie w Polsce.

Stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę ważność podjętej tematyki badawczej, rozległość i precyzję przeprowadzonych badań oraz wysoki poziom merytoryczny recenzowanej rozprawy Autora, wnioskuję o jej wyróżnienie.

24.04.2019  
data sporządzenia recenzji

  
podpis recenzenta