

Prof. dr hab. inż. Tomasz Okruszko
ul. Cieszkowskiego 1/3 m 41
01-636 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Wojciecha Jacka Frątczaka: „**Wysokoefektywne strefy ekotonowe w gospodarce wodnej w zlewniach rolniczych**”

1. Wstęp

Recenzja pracy doktorskiej mgr Wojciecha Frątczaka została opracowana na zlecenie prof. dr hab. Agnieszki Marczyk – Przewodniczącej Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych z dziedziny nauki biologiczne (umowa UORDRD/36/210/06/2022).

Rozprawa opracowana została wykonana w Europejskim Regionalnym Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk pod kierunkiem Prof. dr hab. Macieja Zalewskiego. Rozprawa doktorska jest zbiorem czterech artykułów naukowych:

- Izydorczyk K., Michalska-Hejduk D., Jarosiewicz P., Bydałek F., **Frątczak W.** 2018. Extensive grasslands as an effective measure for nitrate and phosphate reduction from highly polluted subsurface flow - case studies from Central Poland. *Agricultural Water Management* 203: 2470-250. Punkty MNiSW 40 pkt., Impact Factor: 3,182 (wg roku publikacji)
- Izydorczyk K., **Frątczak W.**, Drobniewska A., Cichowicz E., Michalska-Hejduk D., Gross R., Zalewski M. 2013. A biogeochemical barrier to enhance a buffer zone for reducing diffuse phosphorus pollution – preliminary results. *Ecology & Hydrobiology* 13: 104-112. Punkty MNiSW 15 pkt., Impact Factor: 0
- **Frątczak W.**, Michalska-Hejduk D., Zalewski M., Izydorczyk K. 2019. Effective phosphorous reduction by a riparian buffer zone enhanced with a limestone-based barrier. *Ecological Engineering* 130: 94-100. Punkty MNiSW 100 pkt., Impact Factor: 3,023
- Izydorczyk K., Piniewski M., Krauze K., Courseau L., Czyż P., Giełczewski M., Kardel I., Marcinkowski P., Szuwart M., Zalewski M., **Frątczak W.** 2019. The ecohydrological approach, SWAT modelling and multi-stakeholder engagement – A system solution to diffuse pollution in the Pilica basin, Poland. *Journal of Environmental Management* 248: 309-329 Punkty MNiSW 100 pkt., Impact Factor: 5,647

Recenzji poddano opracowanie zwarte zawierające, poza kopiami wzmiankowanych artykułów, omówienie celu naukowego i uzyskanych wyników, streszczenia w języku polskim i angielskim, dorobek naukowy doktoranta oraz oświadczenia współautorów prac.

Tytuł pracy jest zgodny z jej treścią.

2. Hipoteza badawcza, cel i zakres pracy

Wspólnym dla wszystkich artykułów elementem była hipoteza pracy, która miała odpowiedzieć na pytanie czy zastosowanie instalacji opartych na procesach

zachodzących w ekotonach wpłynie na istotną redukcję transportu ładunku zanieczyszczeń biogenicznych z obszarów rolniczych do wód powierzchniowych.

Udowodnienie hipotezy badawczej, w przyjętej koncepcji pracy, wymagało postawienia celów szczegółowych osiąganych w poszczególnych publikacjach:

- Analiza procesów ekohydrologicznych w tym interakcji pomiędzy wodą, roślinami i glebą zachodzących w strefach ekotonowych' stanowiąca punkt wyjścia dla opracowania instalacji do ograniczania transferu substancji biogenicznych z obszarów rolniczych do wód;
- Opracowanie koncepcji wraz z projektem technicznym, wdrożenie i monitorowanie prototypowej instalacji w postaci wysokoefektywnej strefy buforowej, w której naturalne procesy zachodzące w roślinnej strefie ekotonowej zostały wzmocnione poprzez skonstruowanie bariery biogeochemicznej na bazie wapienia;
- Opracowanie mapy drogowej i jej przetestowanie w trakcie opracowywania „Programu działań dla ograniczenia zanieczyszczeń obszarowych w zlewni Pilicy powyżej Zbiornika Sulejowskiego” dla zastosowania rozwiązań opartych na przyrodzie w skali zlewni w ramach zlewniowego zarządzania zasobami wodnymi.

Zwraca uwagę logika rozprawy, w której po analizie procesów ekohydrologicznych, proponuje się punktowe rozwiązania techniczne aby w ostatnim etapie przedstawić systemowe (na poziomie zlewni) możliwości zmniejszenia dopływu ładunku związków azotu i fosforu do wód powierzchniowych.

3. Ogólna charakterystyka i uwagi do rozprawy

Poszczególne publikacje przedstawiają koncepcję wykorzystania procesów ekohydrologicznych w redukcji dopływu związków azotu i fosforu. Punkt wyjścia stanowiła ocena efektywności pięciu stref buforowych badanych na dopływach Pilicy w ograniczaniu zanieczyszczenia azotanami i fosforanami płytkich wód podziemnych (pierwsza publikacja). Monitorowano koncentrację związków dopływających i odpływających z pasa łąki ekstensywnie użytkowanej z wąskim, bezpośrednio przylegającym do ciekłu pasem ziołorośli lub szuwaru. W zakresie efektywności redukcji dopływu zanieczyszczeń praca, w zasadzie potwierdza przytaczane w światowej literaturze dane dotyczące wysokiej efektywności redukcji dopływu do ciekłu azotanów i znacznie mniejszej fosforanów. W tym drugim przypadku może dochodzić także do uwalniania związków fosforu z gleby do przepływających, płytkich wód podziemnych. Zdaniem recenzenta trzy wnioski z pracy zasługują na szczególną uwagę, zwłaszcza w kontekście rozwiązań opartych o zasoby przyrodę (skrót angielski *NbS*). W omawianej pracy były nimi:

- Stwierdzony, pozytywny wpływ bioróżnorodności na efektywność stref;
- Stabilność (monitorowanego przez 4 lata) systemu;
- Konieczność specyficznej uprawy stref buforowych (tylko częściowe koszenie i wywożenie biomasy).

Istotny dla dalszego wnioskowania artykuł rodzi także parę pytań natury metodycznej, które można sformułować w sposób następujący:

- Na ile sposób instalacji par piezometrów uwzględniał heterogeniczność (pionową i poziomą) środowiska glebowo-roślinnego i czy było to uwzględniane przy interpretacji wyników?

- W jakim zakresie był analizowany punkt startowy doświadczenia w odniesieniu do wysycenia utwory glebowego związkami azotu i fosforu, i jaki mogło to mieć wpływ na końcowe konkluzje dotyczące stabilności funkcjonowania strefy buforowej?

W rozprawie przedstawiono także propozycję działań technicznych, zwiększających możliwości wiązania fosforu poprzez stosowanie barier geochemicznych na bazie wapienia. Na obszarze studium pilotowego w Zarzęcinie zaprojektowano i wykonano instalację strefy buforowej składającej się z zarówno z zabudowy roślinnej jak i bariery geochemicznej (prace instalacyjne i monitoring wykonane były w ramach projektu LIFE+ EKOROB). Efektywność bariery była analizowana na podstawie prób wody powyżej i poniżej bariery, natomiast wpływ pokrywy roślinnej głównie poprzez badania zawartości azotu i fosforu w tkankach roślin. Badania (opisane w artykule drugim i trzecim) trwały od 2010 do 2015, obejmując okres przed budową jak i po budowie bariery. Miejsce instalacji piezometrów nie pozwalało na analizę skutków działania bariery biologicznej bazującej na płatach roślinności *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea* i *Scirpus lacustris*. Bariera geochemiczna była kombinowana z pokryciem terenu przez *Glyceria maxima*. Głównymi wnioskami wyływającymi z eksperymentu były:

- Ponowne stwierdzenie o istotności różnorodności botanicznej stref buforowych jako czynnika kształtującego ich efektywność;
- Wysoka efektywność strefy buforowej zwłaszcza w usuwaniu azotanów w strumieniu (badana w 2012 roku);
- Zmienna w poszczególnych latach ale zmniejszającą dopływ zarówno fosforanów jak i fosforu rozpuszczonego rolę bariery geochemicznej (badanej w latach 2012-2015);
- Istotność prac utrzymaniowych zarówno w stosunku do pokrywy roślinnej (koszenie, wywożenie biomasy) jak i bariery (konieczność odświeżania złoża).

Przedstawiona projekt budowy bariery jak i sposób przeprowadzenia i analizy wyników monitoringu nasuwa także następujące pytania:

- Na ile określenia „wysoki” (58% potencjał do redukcji fosforanów) czy „dobry” (12% potencjał redukcyjny na podstawie 40 miesięcy funkcjonowania) wynikają z subiektywnego wartościowania autora(ów), a na ile odnosi się do przyjętych norm lub regulacji?
- W trzeciej publikacji przywołano brak statystycznych związków między średnią miesięczną wysokością opadów a sprawnością bariery, podkreślając jednocześnie w tym samym paragrafie (str 98) ewidentną („plainly evident”) rolę opadu w efektywności bariery - jakie dane pozwoliły na taką interpretację?
- Modyfikacja strumienia dopływającego do zbiornika (publikacja druga) uruchomiła trzy mechanizmy: zwiększenie czasu retencji wody, zwiększony pobór związków azotu i fosforu przez roślinność strefy, chemiczne wiązanie związków fosforu w barierze – na ile prowadzony monitoring pozwalał na ocenę relatywnego znaczenia poszczególnych procesów?

Wyznaczenie obszarów priorytetowych, jak i priorytetowych odcinków cieków wodnych przy wykorzystaniu hydrologicznego modelu SWAT zostało przedstawione w czwartej publikacji stanowiącej recenzowaną rozprawę doktorską. Model został wykorzystany w celu określenia lokalizacji działań prowadzących do redukcji dopływu związków

azotu i fosforu. Posłużył także dla przygotowania podstaw do dialogu z interesariuszami na temat możliwych działań naprawczych w ich wymiarze rolniczym, technologicznym i ekonomicznym. Podstawowymi stwierdzeniami wynikającymi z badań i istotnym dla recenzowanej rozprawy są:

- Zidentyfikowanie obszarów priorytetowych przyczyniających się do emisji 36% azotanów i 51% fosforu całkowitego oraz określenie ich jako 6,6% powierzchni zlewni Pilicy i stanowiących 16,3% gruntów ornych położonych w zlewni;
- Określenie istotnej roli cieków pierwszorzędowych w zlewniach rolniczych jako źródła zanieczyszczeń;
- Określenie stanu jakości wód cieków niemonitorowanych przy użyciu modelu matematycznego oraz wskazanie niewielkiej liczby cieków zagrożonych słabą jakością ze względu na związki azotu i fosforu.

Jednocześnie analiza tekstu artykułu w kontekście rozprawy nasuwa następujące pytania:

- Jakie są ograniczenia w stosowaniu modelu SWAT, które uniemożliwiły określenie wielkości zatrzymanego ładunku azotu i fosforu na skutek proponowanych działań naprawczych?
- Na ile bariery geochemiczne przedstawione w drugiej części rozprawy można określać jako rozwiązania oparte na przyrodzie (na podobnej zasadzie są nimi oczyszczalnie ścieków)?
- Czy tradycyjny układ upraw w Polsce, gdzie grunty orne są zlokalizowane w wyższej części krajobrazu, a łąki i pastwiska przylegają do cieków powinien być modyfikowane przez wprowadzanie stref buforowych (sugerowanych w obszarach priorytetowych)?

4. Ocena poziomu naukowego pracy

Rozprawa podejmuje bardzo ważny problem z zakresu ochrony środowiska – możliwości poprawy funkcjonowania cieków i określenia sposobów zmniejszenia dopływu związków azotu i fosforu do wód powierzchniowych, zwłaszcza tych, które są narażone na eutrofizację (jeziora, zbiorniki retencyjne, Morze Bałtyckie). Uwzględnienie uwarunkowań i roli zbiorowisk roślinnych ma istotne znaczenie dla rozwoju nauk biologicznych w tym zakresie.

Cel poznawczy pracy jest interesujący naukowo i ważny praktycznie. Stanowi przyczynek dla badań naukowych w zakresie monitoring środowiska i analiz hydrochemicznych oraz podstawę naukową dla działań inżynierskich mających na celu redukcji zanieczyszczeń punktowych. Został przedstawiony dostatecznie jasno i zreferowany we wnioskach z pracy. W rozprawie wykorzystano zróżnicowaną tematycznie literaturę krajową i zagraniczną. Świadczy to o rzetelnym i naukowym podejściu Doktoranta do przygotowania rozprawy, czyli pełnego udokumentowania analizowanych problemów. Analiza wyników przeprowadzona została na adekwatnym poziomie naukowym. Jest wyczerpująca i zakończona konkluzjami. Wnioski końcowe zostały sformułowane poprawnie i korespondują z celem i hipotezą pracy oraz wynikają z rezultatów badań.

Rozprawa jest zbiorem czterech publikacji naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach. Są to publikacje wieloautorskie, gdzie Doktorant nie jest pierwszym czy dominującym autorem. Szczegółowa analiza oświadczeń

wszystkich autorów (świadomych celu składania deklaracji udziału) wskazuje, że mgr Wojciech Frątczak odpowiadał we wszystkich wskazanych artykułach za część metodyczną lub koncepcyjną. Pozwala to na przyjęcie założenia, że wkład Doktoranta pozwolił na sformułowanie autorskiej koncepcji zmniejszenia ładunków azotu i fosforu dopływających do wód powierzchniowych, co jest celem rozprawy. Nie mniej proponuję aby w trakcie publicznej obrony, w autoreferacie, wyraźnie został przedstawiony osobisty wkład mgr Wojciecha Frątczaka w realizacji poszczególnych celów rozprawy.

Dysertację oceniam pozytywnie. Nie dostrzegam w niej dyskwalifikujących uchybień. Przedstawione uwagi mają w większości charakter dyskusyjny i wynikają ze złożoności podjętej tematyki badawczej. Interesujący będzie pogląd Doktoranta na przedstawione w moich uwagach problemy, który jak sądzę, przedstawi podczas obrony.

5. Wniosek końcowy

Praca doktorska mgr inż. Wojciecha Frątczaka obejmuje niezwykle ważną z punktu widzenia ochrony środowiska zagadnienie – zmniejszenie dopływu związków biogenicznych do wód powierzchniowych – wykorzystanie roślinności, barier geochemicznych oraz systemowych działań w skali zlewni. Analiza została przeprowadzona z wykorzystaniem obszernego materiału empirycznego, założeń technicznych dla funkcjonowania barier oraz analizy wyników modelowania matematycznego. Uzyskane wyniki pozwoliły na osiągnięcie założonego celu naukowego. Doktorant wykazał się umiejętnością kompleksowego rozwiązywania problemów badawczych dotyczących analiz ekologicznych, chemicznych i hydrologicznych dla określenia redukcji transportu ładunku zanieczyszczeń biogenicznych z obszarów rolniczych do wód powierzchniowych.

Recenzowana rozprawa spełnia zatem wymogi określone w ramach Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* oraz Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, co świadczy, że jej Autor sprostał wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora. Wnioskuje więc o dopuszczenie rozprawy doktorskiej: „**Wysokoefektywne strefy ekotonowe w gospodarce wodnej w zlewniach rolniczych**” przygotowanej przez **mgr Wojciecha Jacka Frątczaka** do publicznej obrony.



Tomasz Okruszko

Warszawa, dnia 22.12.2022r.