

Białystok, 12.08.2023 r.

prof. dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz
Politechnika Białostocka
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
ul. Wiejska 45, 15-351 Białystok
email: k.ignatowicz@pb.edu.pl
tel. 602817778

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Bagińskiej
nt. *Skuteczność funkcjonowania złoża glebowo-roślinnego w oczyszczalniach ścieków*
wykonanej w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym
Państwowego Instytutu Badawczego w Falentach
pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Wacława Romaniuka
oraz dr inż. Tomasza Warężaka

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Bagińskiej nt. *Skuteczność funkcjonowania złoża glebowo-roślinnego w oczyszczalniach ścieków* wykonanej w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym Państwowego Instytutu Badawczego w Falentach pod kierunkiem Promotora rozprawy prof. dr hab. inż. Wacława Romaniuka oraz Promotora pomocniczego: dr inż. Tomasza Warężaka w dziedzinie nauki rolniczej w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska.

2. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną recenzji jest pismo Dyrektora ds. Naukowych prof. dr hab. inż. Wiesława Dembka z dnia 10 lipca 2023 roku oraz umowa o dzieło zawarta pomiędzy: Instytutem Technologiczno-Przyrodniczym Państwowym Instytutem Badawczym w Falentach, reprezentowanym przez prof. dr hab. inż. Wiesława Dembka, a prof. dr hab. inż. Katarzyną Ignatowicz, na opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Bagińskiej.

3. Podstawa prawna recenzji

Recenzję sporządzono zgodnie z wymaganiami stawianymi w:

1. Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 poz. 1789),

Zgodnie z Art. 13. 1. Ustawy: Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora albo pod opieką promotora i promotora pomocniczego powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne dokonanie artystyczne oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

Zgodnie za art. 13.2 Ustawy, Rozprawa doktorska może mieć formę maszynopisu książki, książki wydanej lub spójnego tematycznie zbioru rozdziałów w książkach wydanych, spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych lub przyjętych do druku w czasopismach naukowych. Powinna być opatrzona streszczeniem w języku angielskim.

4.Recenzja

Praca ma formę maszynopisu w postaci książki i zawiera streszczenie w języku angielskim, w związku z czym stwierdzam, że spełnia wymogi formalne zapisane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Praca doktorska *Skuteczność funkcjonowania złoża glebowo-roślinnego w oczyszczalniach ścieków* jest pracą badawczą, eksperymentalną i składa się z dwóch podstawowych części, a mianowicie części teoretycznej opartej na aktualnej literaturze związanej z tematyką rozprawy oraz części doświadczalnej prezentującej badania własne Autorki. Praca zajmuje 225 stron. Część teoretyczna 30 stron, doświadczalna 143 strony, pozostałe strony to spis treści, wykaz skrótów, spis tabel, spis rysunków, wykaz literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. W treści pracy znajduje się wstęp, analiza stanu wiedzy, sformułowanie problemu badawczego, cel i zakres pracy, metodyka badań, wyniki badań wraz z omówieniem, podsumowanie i wnioski, spisy treści, literatury, tabel i rysunków. Praca zawiera 117 rysunków, 73 fotografie oraz 40 tabel. Literatura wykorzystana przy realizacji pracy to 118 publikacji krajowych i zagranicznych, 23 normy, 10 aktów prawnych oraz 8 źródeł internetowych.

4.1. Celowość podjęcia tematu

Temat rozprawy doktorskiej został trafnie dobrany i wpisuje się w najnowsze trendy badań w obszarze dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska znajdującej się obecnie w obowiązującej kwalifikacji w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Racjonalny i zrównoważony rozwój gospodarstw rolnych powinien uwzględniać nie tylko dostęp do właściwej pod względem ilości i jakości gospodarki wodnej, ale także zabezpieczać obszary wiejskie w systemy oczyszczania ścieków. Obok rozwiązań sieciowych coraz popularniejsze na obszarach o

rozproszonej zabudowie stają się indywidualne metody oczyszczania ścieków. Jednym z systemów, które są aktualnie stosowane to hydrofitowe oczyszczalnie ścieków ze złożem z podpowierzchniowym pionowym przepływem ścieków. W Polsce hydrofitowe oczyszczalnie ścieków stosuje się m.in. do oczyszczania ścieków bytowych, powstających w gospodarstwach zlokalizowanych na terenach rolniczych, na których występuje zabudowa rozproszona, a doprowadzenie kanalizacji zbiorczej jest ekonomicznie i technicznie nieuzasadnione.

O potrzebie przeprowadzenia badań dotyczących skuteczności funkcjonowania oczyszczalni ścieków wspomniano już ponad 10 lat temu. Jednak ocena pracy oczyszczalni hydrofitowej z podpowierzchniowym pionowym przepływem ścieków w porównaniu z innymi obiektami była utrudniona, ponieważ obiekty VF-CW zaczęto budować w Polsce dopiero w latach dwutysięcznych, a informacje w literaturze dotyczące pracy rzeczywistych obiektów były ograniczone. Ze skutecznością funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych wiąże się pojęcie ich żywotności. Skuteczna praca złóż glebowo-roślinnych zapewnia żywotność całej oczyszczalni ścieków, dlatego tak ważne jest umożliwienie skutecznej pracy złóż glebowo-roślinnych. Jednak, aby tego dokonać należy rozpoznać czynniki, mające wpływ i świadczące o skutecznej pracy złoża. Ponadto wiedza o skuteczności funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych jest niezbędna w celu wydłużenia ich żywotności, a tym samym obniżenia kosztów niezbędnych do modernizacji obiektów. Zdania na temat czasu pracy oczyszczalni hydrofitowych, w tym złóż glebowo-roślinnych są podzielone. Różni autorzy przyjmują ten czas jako okres od 15 do nawet 30 lat.

4.2. Ogólne omówienie rozprawy

Układ pracy jest prawidłowy, zachowano proporcje między poszczególnymi częściami zgodnie z ogólnie przyjętymi standardami. Doktorantka przegląd literatury podzieliła na siedem rozdziałów dotyczących m. in. charakterystyki i zasady działania złóż hydrofitowych, wymogów oceny przydomowych oczyszczalni ścieków, monitoringu jakości wód podziemnych oraz uwarunkowań biologicznej pracy złoża i eliminacji bakterii chorobotwórczych.

Doktorantka sformułowała problem badawczy przedstawiony w postaci poniższych pytań:

- Czy istnieją dodatkowe parametry, których analiza pozwoliłaby określić skuteczność funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych?
- Czy można wyznaczyć elementy składowe roślinno-stawowej oczyszczalni ścieków, których funkcjonowanie ma wpływ na skuteczność funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych i które powinny podlegać okresowej kontroli stanu technicznego?
- Czy złoża glebowo-roślinne po 15-to letnim okresie eksploatacji zapewniają wystarczającą redukcję parametrów podstawowych i dodatkowych, świadczących o skutecznej pracy złoża?

- Czy po 15-tu latach użytkowania złóż glebowo-roślinnych występują w nich nicienie glebowe (*Nematoda*), których obecność i określone grupy troficzne wskazują na prawidłową biocenozę złóż?
- Czy w roślinno-stawowych oczyszczalniach ścieków funkcjonujących ponad 15-ście lat zachodzi eliminacja bakterii chorobotwórczych?

Aby uzyskać odpowiedzi na postawione pytania Doktorantka jako główny cel pracy przyjęła określenie skuteczności funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych w oczyszczalniach roślinno-stawowych. Celem szczegółowym natomiast było wyznaczenie, charakterystyka i analiza dodatkowych parametrów technicznych, fizykochemicznych i biologicznych, które byłyby pomocne przy określaniu skuteczności funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych po 15-to letnim okresie eksploatacji w szerszym aspekcie.

Zakres pracy obejmował następujące działania:

1. Przeprowadzenie badań fizyko-chemicznych ścieków w zakresie podstawowym.
2. Wykonanie oceny stanu technicznego oczyszczalni ścieków.
 - 2a. Opracowanie wielozakresowej karty charakterystyki.
3. Przeprowadzenie analiz fizyko-chemicznych parametrów dodatkowych w ściekach.
 - 3a. Określenie różnic istotnych statystycznie w stężeniach zanieczyszczeń dopływających na złoża glebowo-roślinne.
4. Przeprowadzenie analiz fizyko-chemicznych parametrów dodatkowych w wodach podziemnych oraz ocena ich stanu.
5. Wykonanie badań mikrobiologicznych w kierunku liczebności i grup troficznych nicieni (*Nematoda*).
 - 5a. Określenie zależności między stężeniami zanieczyszczeń fizyko-chemicznych w ściekach a grupami troficznymi nicieni.
6. Wykonanie badań mikrobiologicznych w kierunku liczebności bakterii chorobotwórczych w osadzie ściekowym, ściekach oczyszczonych i w wodzie podziemnej.

W rozdziale 5 Doktorantka przedstawiła założoną metodykę badawczą. Metodyka badań została podzielona na IV etapy działań. Etap I obejmował wybór obiektów badań za pomocą przyjętych kryteriów. Następnie przeprowadzono charakterystykę wybranych obiektów badań. W dalszej kolejności wyznaczono kryteria skuteczności funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych w oparciu o wykonaną analizę literatury, obowiązujące akty prawne oraz wstępne badania własne. W celu realizacji badań wyznaczono punkty poboru próbek oraz przyjęto harmonogram poboru próbek.

Etap II polegał na realizacji wyznaczonych kryteriów skuteczności funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych i obejmował następujące działania:

- 1) Wykonanie oceny stanu technicznego przydomowych oczyszczalni ścieków, czego rezultatem było stworzenie wielozakresowych kart charakterystyki, ze szczególnym uwzględnieniem elementów

oczyszczalni, które miały wpływ na skuteczność funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych oraz całych układów oczyszczania ścieków.

2) Przeprowadzenie badań fizyko-chemicznych ścieków przepływających przez złoża glebowo-roślinne, w których określono ilość materii organicznej określanej jako BZT5 oraz ChZT, zawiesiny ogólnej stężenia tlenu, azotu ogólnego, amonowego, azotanowego, azotynowego, fosforu ogólny i jego związków: fosforu fosforanowy, pięciotlenku fosforu oraz stężenia chlorków.

3) Przeprowadzono badania fizyko-chemiczne wód podziemnych w kierunku określenia stężenia następujących zanieczyszczeń: azotanów, azotynów, jonów amonowych, fosforanów, chlorków.

4) Przeprowadzono badania mikrobiologiczne w kierunku liczebności i grup troficznych nicieni bytujących w złożach oraz w glebie obok złóż glebowo-roślinnych.

5) Przeprowadzono badania mikrobiologiczne w kierunku liczebności bakterii chorobotwórczych: *Enterococcus faecalis* (Paciorkowiec kałowy), *Coliformic bacteria* (Bakterie grupy coli), *Escherichia coli* (Pałeczka okrężnicy) w osadzie ściekowym, ściekach oczyszczonych i w wodzie podziemnej.

Etap III metodyki badań obejmował tabelaryczne i graficzne przedstawienie wyników badań oraz ich omówienie. Podsumowanie pracy oraz sformułowanie wniosków zawarto w IV etapie realizacji metodyki badań.

Badaniami objęto osiem złóż hydrofitowych funkcjonujących od ponad 15-tu lat z podpowierzchniowym pionowym przepływem ścieków funkcjonujących jako trzeci element roślinno-stawowych oczyszczalni ścieków, do których dopływały wyłącznie ścieki bytowe. Obiekty badań wraz z oczyszczalniami ścieków zostały wybudowane w latach 2004-2006 w gospodarstwach zlokalizowanych na terenie gminy Sokoły w województwie podlaskim. W celu realizacji badań dla każdej roślinno-stawowej oczyszczalni ścieków wyznaczono punkty poboru próbek. Badania zostały przeprowadzone w latach 2017-2019 z podziałem na sezony wiosna/lato i jesień/zima. Podczas doboru lokalizacji punktów poboru wzięto pod uwagę układ technologiczny oczyszczalni ścieków, ukształtowanie terenu wokół oczyszczalni ścieków, zmiany w konstrukcji oczyszczalni ścieków, które zaszły samoistnie lub pod wpływem działalności człowieka, a także infrastrukturę towarzyszącą np. istniejące studnie.

Próbki ścieków pobierano czerpakiem skonstruowanym przez pracowników ITP-PIB. Pomiarów pH, temperatury oraz tlenu w próbkach ścieków dokonano w terenie (in-situ) za pomocą przenośnej aparatury pomiarowej firmy Mettler Toledo. Kolejne oznaczenia parametrów w ściekach tj.: biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT5), chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT), zawiesina ogólna, azot ogólny i jego związki, fosfor ogólny i jego związki oraz chlorki wykonano w warunkach laboratoryjnych, w przykładowym laboratorium Zakładu Systemów Infrastruktury Technicznej Wsi w Oddziale Warszawa Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego – Państwowego Instytutu Badawczego.

Na podstawie danych literaturowych, obowiązujących aktów prawnych oraz wstępnych badań własnych Doktorantka wyznaczyła kryteria oceny skuteczności funkcjonowania złóż hydrofitowych. Podzielono je na dwie grupy: kryteria podstawowe i kryteria dodatkowe. W ramach kryteriów podstawowych określono ilość materii organicznej określanej jako BZT₅ oraz ilość zawiesiny ogólnej w ściekach przepływających przez obiekty badań. W ramach kryteriów dodatkowych dokonano oceny stanu technicznego hydrofitowych oczyszczalni ścieków. Następnie doktorantka opracowała wielozakresowe karty charakterystyki z uwzględnieniem elementów oczyszczalni, które miały wpływ na skuteczność funkcjonowania złóż glebowo-roślinnych oraz całych układów oczyszczania. W ramach kryteriów dodatkowych określono wartości stężeń parametrów fizykochemicznych tj. tlenu, ilości materii organicznej określanej jako ChZT, azotu ogólnego i jego związków, fosforu ogólny i jego związków. Następnie wykazano różnice istotne statystycznie w stężeniach parametrów fizyko-chemicznych ścieków dopływających na złoża glebowo-roślinne. W ramach kryteriów dodatkowych wykonano ocenę stanu fizyko-chemicznego wód podziemnych wokół oczyszczalni ścieków. W tym celu zbadano wartości stężeń parametrów fizyko-chemicznych - azotany, azotyny, jony amonowe, fosforany i chlorki, na podstawie których dokonano klasyfikacji jakości wód podziemnych. Następnie posłużono się analizą statystyczną w celu zbadania wpływu wybranej oczyszczalni ścieków na jakość wód podziemnych. W ramach kolejnego kryterium, czyli kryterium biologicznego określono liczebność i grupy troficzne nicieni bytujących w złożach glebowo-roślinnych oraz w glebie obok złóż. Ponadto wykazano zależności między stężeniem zanieczyszczeń fizyko-chemicznych w ściekach a grupami troficznymi nicieni. W ramach kryterium biologicznego zbadano także liczebność bakterii chorobotwórczych w osadzie ściekowym, w ściekach oczyszczonych oraz w wodzie podziemnej. Zakończenie rozprawy kończą ogólne wnioski sformułowane w szesnastu, mocno rozbudowanych punktach, które pozwoliły odpowiedzieć na postawione pytania w ramach problemu badawczego.

4.4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym

Z formalnego punktu widzenia praca jest napisana poprawnie i starannie. Nie mam istotnych zastrzeżeń redakcyjnych, choć doktorantka nie uniknęła drobnych potknięć stylistycznych, a szczególnie interpunkcyjnych, a także drobnych „literówek”. Nie obniża to oczywiście wartości pracy.

1. W rozdziale Podsumowanie i wnioski Autorka podając zakres pracy rozpoczynając numerację od cyfry 8 zamiast od 1.
2. W całej rozprawie Doktorantka stosuje nazwy łacińskie, które nie są pisane kursywą (m.in. na stronie 20, 26, 69, 94 itd.). Słownik Języka Polskiego PWN podaje „Nazwa łacińska jest pisana kursywą”.

3. Doktorantka w pracy stosuje wyrażenie „stężenie BZT₅” oraz „stężenie wskaźnika ChZT”. Nie jest to określenie poprawne. Należy używać sformułowania „ilość materii organicznej określanej jako ChZT/ BZT₅” lub „ilość związków organicznych wyrażonych miarą ChZT/ BZT₅”.
4. Autorka stosuje określenie „ zawartość fosforu w ściekach”. Poprawnie jest „stężenie fosforu w ściekach”. Zawartość pierwiastka jest w osadzie, glebie.
5. W pracy występuje nieścisłość. Na stronie 50 Autorka podaje, że badania prowadziła na ośmiu złożach, zaś na 180 stronie na siedmiu. Co prawda w rozdziale dotyczącym metodyki badań opisanych jest osiem oczyszczalni..
6. Czym podyktowany był 15-letni okres eksploatacji oczyszczalni?
7. Proszę o wyjaśnienie, czemu obiekty wybrane do badań nie były jednakowo zbudowane i nie posiadały tożsamyh punktów poboru próbek? Czemu nie pominięto obiektu nr 2, w którym brak jest stawu denitryfikacyjnego oraz dlaczego w obiekcie nr 7 i 8 próbki pobierano w studziencie a nie w stawie denitryfikacyjnym? Nie można porównać oczyszczalni na podstawie analiz różnych punktów poboru.
8. Co Autorka rozumie pod pojęciem „średnia dobowa wydajność oczyszczalni”? Nie można przyjąć, szczególnie na terenach wiejskich, ilości pobranej wody jako ilość dopływających ścieków na oczyszczalnię. Należało zamontować przepływomierze przed dopływem ścieków na złoża hydrofitowe, szczególnie że tylko w trzech obiektach Autorka podała przepływ ścieków, a co jest z tym związane obciążenie oczyszczalni. Rozpatrywane obiekty należałoby porównać nie tylko na podstawie efektywności usuwania zanieczyszczeń ale przede wszystkim na podstawie usuwanych ładunków zanieczyszczeń.
9. Czym podyktowany był harmonogram poboru próbek w poszczególnych obiektach? W niektórych obiektach próbki pobrano tylko trzy razy, w innych pięć a nawet osiem. Ponadto pobór był rozłożony nierówno w okresie zimowym i letnim.
10. Czemu badano osad z osadnika gnilnego a pominięto ścieki dopływające do złoża? Skuteczność złoża w usuwaniu patogenów można określić tylko na podstawie różnicy liczebności organizmów przez oraz za złożem.
11. Proszę o wyjaśnienie skąd tak duża rozbieżność usuwania związków organicznych określanych jako BZT₅ w obiekcie nr 7 w okresie wiosna/lato 35% a jesień/zima 100%. Analogicznie usuwanie zawiesiny ogólnej w okresie wiosna/lato nastąpił przyrost a jesień/zima 100% usunięcia. Czy jest to możliwe? Może to błąd w poborze próbek lub błąd analityczny?
12. Czu Autorka sprawdziła, co znajdowało się w pobliżu oczyszczalni przed ich budową? Na skład wód podziemnych wpłynąć mogły nie tylko ścieki oczyszczone, ale wcześniejsze potencjalne źródła zanieczyszczeń.

4.5. Ocena rozprawy pod kątem wymogów art. 13 Ustawy

Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Określono celowość podjęcia tematu oraz cele, które należało osiągnąć. Sformułowano pytania badawcze, które w trakcie postępu doświadczeń zostały zweryfikowane. Doktorantka zaplanowała kompleksowo i przeprowadziła bardzo duży zakres prac badawczych a uzyskane wyniki przedstawiła w postaci licznych tabel i rysunków, przeanalizowała i skonfrontowała z istniejącym stanem wiedzy. Na uznanie zasługuje fakt, iż cała praca uzupełniona jest o bardzo bogaty materiał zdjęciowy dokumentujący realizację poszczególnych prac badawczych.

5. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Bagińskiej jest cennym opracowaniem, w którym osiągnięto główne założenia pracy i rozwiązano problem naukowy. Doktorantka wykazała się odpowiednim przygotowaniem teoretycznym i praktycznym, znajomością współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy oraz umiejętnością planowania i prowadzenia badań. Autorka pokazała, że potrafi właściwie wykonać zamierzone prace eksperymentalne oraz prawidłowo i wnikliwie zinterpretować uzyskane wyniki badań. Tematyka i zakres rozprawy doktorskiej jest ściśle związany z ważnym problemem, który dotyczy skuteczności funkcjonowania złoża glebowo-roślinnego w przydomowych oczyszczalniach ścieków w aspekcie inżynierii i ochrony środowiska i dlatego podjętą problematykę badawczą należy zaliczyć do grupy badań stosowanych. Biorąc po uwagę informacje zaprezentowane powyżej stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Bagińskiej pt. *Skuteczność funkcjonowania złoża glebowo-roślinnego w oczyszczalniach ścieków* spełnia warunki obowiązującej Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 30 sierpnia 2018 r. poz. 1669), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska znajdującej się obecnie w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Dlatego wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Bagińskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego - Państwowego Instytutu Badawczego.

prof. dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz