

Lublin, dnia 01.03.2017 r.

dr hab. Krzysztof Józwiakowski, prof. nadzw. UP
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
tel./fax. 81 53 206 44
e-mail: krzysztof.jozwiakowski@up.lublin.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Pauliny Śliz**
pt., „**Skuteczność oczyszczania ścieków**
w modelu reaktora przepływowego ze złożem ruchomym”

1. Podstawa opracowania

Zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie – Pana Prof. dr. hab. inż. Krzysztofa Gawrońskiego, nr DI-520-7/2014-2017 z dnia 15.12.2016 r.

2. Ogólne omówienie rozprawy

Oczyszczanie ścieków w obiektach inżynierskich jest ważnym zagadnieniem, na które składają się różnego rodzaju procesy fizyczne, biologiczne, chemiczne. Ponieważ modelowanie takich procesów jest bardzo trudne ogromną rolę odgrywają badania eksperymentalne, które pozwalają oszacować efekt działania analizowanego obiektu. Ze względu na wszechstronność i stopień trudności, obliczanie, projektowanie i przewidywanie efektywności pracy różnych systemów oczyszczania ścieków stanowi znaczące wyzwanie dla inżynierów i naukowców. O stopniu skomplikowania problemów usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalniach ścieków świadczy ogromna liczba publikacji naukowych, które są efektem licznych badań prowadzonych zarówno w skali laboratoryjnej – w systemach modelowych, jak również realizowanych w warunkach rzeczywistych – w obiektach funkcjonujących w pełnej skali technicznej, jako oczyszczalnie przydomowe, czy zbiorowe. Badaniom skuteczności oczyszczania ścieków w modelu reaktora przepływowego ze złożem ruchomym została poświęcona rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Śliz.

Merytoryczną część pracy stanowi 6 rozdziałów, z których pierwszy jest wprowadzeniem czytelnika we właściwą tematykę, a drugi prezentuje cel, tezy i zakres pracy. Z kolei trzeci rozdział stanowi przegląd piśmiennictwa z zakresu oczyszczania ścieków w systemach

z reaktorem ruchomym. Rozdział ten, zatytułowany „Przegląd literatury” został skonstruowany niemal wzorcowo, o czym świadczy bardzo bogate piśmiennictwo, jakie zostało w nim wykorzystane do zaprezentowania dotychczasowych osiągnięć w zakresie tematyki, której dotyczy niniejsza rozprawa doktorska.

Od rozdziału 4 rozpoczyna się właściwa część pracy, gdyż zawiera on opis obiektów badań, czyli modeli reaktorów z biologicznym złożem ruchomym. Z kolei rozdział 5, obejmujący około 12 stron, zawiera metodykę badań laboratoryjnych dwóch modeli tzw. wycinkowych, określonych jako „R1” i „R2”, jak również opis metod statystycznych, które wykorzystano do analizy uzyskanych wyników badań. Następny rozdział nr 6 jest bardzo obszerny, ponieważ obejmuje 76 stron i stanowi najważniejszą część pracy, gdyż zawiera wyniki badań i szczegółową ich analizę. Rozdziały 7 i 8 stanowi podsumowanie i zestawienie ogólnych wniosków końcowych.

Rozprawa obejmuje 143 strony spójnego tekstu oraz 16 stron, na których zawarto spis literatury. W tekście rozprawy doktorskiej znajdują się 73 tabele, 46 rycin oraz 10 fotografii. Literatura jest bardzo liczna i obejmuje 177 pozycji, z których aż 107 pozycji stanowią prace obcojęzyczne (głównie w j. angielskim lub niemieckim).

Główny cel i tezy pracy były skierowane na określenie wpływu wybranych czynników na skuteczność oczyszczania ścieków w modelu reaktora przepływowego ze złożem ruchomym typu MBBR. Do badanych czynników zaliczono: stopień wypełnienia złoża kształtkami, liczbę zastosowanych komór reaktora, wielkość obciążenia hydraulicznego oraz intensywność napowietrzania. Zakres pracy obejmował badania modelowe, przeprowadzone na specjalnie przygotowanych wycinkowych modelach komorowych, które odzwierciedlały pracę reaktorów przepływowych typu MBBR.

Badania wykonane przez Doktorantkę mogą wzbudzać uznanie ze względu na obszerny materiał wynikowy, a szczególnie w zakresie analizy wzajemnych powiązań parametrów stosowanych do oceny skuteczności procesów oczyszczania ścieków w reaktorach przepływowych. W swoich badaniach wykazała, że iż stopień wypełnienia reaktorów nośnikami biomasy ma istotny wpływ na efektywność oczyszczania ścieków. Największą skuteczność zmniejszenia analizowanych wskaźników zanieczyszczeń ścieków osiągnięto w przypadku reaktorów wypełnionych kształtkami na poziomie od 40 do 60% objętości czynnej. Ponadto Doktorantka w swojej rozprawie wykazała, że:

- brak istotnego wpływu badanych wielkości obciążenia hydraulicznego na jakość ścieków oczyszczonych w przypadku wskaźnika $ChZT_{Cr}$. W przypadku pozostałych wskaźników nie stwierdzono jednoznacznie braku słuszności postawionej tezy.

- nie można jednoznacznie odrzucić stawianej tezy o istotnym wpływie analizowanych intensywności napowietrzania reaktorów na wartości BZT₅, zawiesiny ogólnej oraz azotu amonowego w ściekach oczyszczonych. Przeprowadzone analizy wykazały brak słuszności postawionej tezy w przypadku wskaźnika ChZT_C.

- zasadna jest teza badawcza mówiąca, iż zwiększenie liczby komór reaktora powoduje wzrost skuteczności oczyszczania ścieków. Liczba zastosowanych reaktorów była czynnikiem, który w sposób istotny wpływał na wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych.

- wskaźnik procentowy osadu w poszczególnych komorach malał wraz ze wzrostem liczby zastosowanych komór, wskazując na zmniejszającą się ilość osadu nadmiernego. Na tej podstawie potwierdzono tezę mówiącą, iż zwiększona liczba komór reaktora przekłada się na mniejszą produkcję osadu nadmiernego, a tym samym ograniczenie konieczności stosowania recyrkulacji osadu.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym i edytorskim

– Uważam, że układ i podział podrozdziałów w rozdziale nr 6 jest nieodpowiedni. W rozdziale tym powinny być dwa główne podrozdziały: **6.1.** Analiza wyników badań laboratoryjnych – model wycinkowy „R1” oraz **6.2.** Analiza wyników badań laboratoryjnych – model wycinkowy „R2”. Obecny podrozdział 6.2 powinien mieć numer 6.1.2.1.; obecny podrozdział 6.2.1.1. – powinien mieć numer 6.1.2.2.; obecny podrozdział 6.2.1.2. – powinien mieć numer 6.1.2.3.; obecny podrozdział 6.2.1.3. – powinien mieć numer 6.1.2.4.; obecny podrozdział 6.2.2. – powinien mieć numer 6.1.3.; obecny podrozdział 6.2.3. – powinien mieć numer 6.1.4.; obecny podrozdział 6.3. – powinien mieć numer 6.2; obecny podrozdział 6.3.1 – powinien mieć numer 6.2.1.; obecny podrozdział 6.3.1.1. – powinien mieć numer 6.2.1.1.; obecny podrozdział 6.3.1.2. – powinien mieć numer 6.2.1.2.; obecny podrozdział 6.3.1.3. – powinien mieć numer 6.2.1.3.; obecny podrozdział 6.3.1.4. – powinien mieć numer 6.2.1.4.; obecny podrozdział 6.3.2. – powinien mieć numer 6.2.2; obecny podrozdział 6.3.2.1. – powinien mieć numer 6.2.2.1.; obecny podrozdział 6.3.2.2. – powinien mieć numer 6.2.2.2.; obecny podrozdział 6.3.2.3. – powinien mieć numer 6.2.2.3.; obecny podrozdział 6.3.2.4. – powinien mieć numer 6.2.2.4.; obecny podrozdział 6.3.3 – powinien mieć numer 6.2.3.; obecny podrozdział 6.3.4. – powinien mieć numer 6.2.4.,

- W rozdziałach 6.1.1.1. i 6.1.1.2. i innych podano wyrażenia „skuteczność zmniejszania wskaźnika BZT₅ i ChZT” – powinno się raczej używać wyrażenia „skuteczność zmniejszania wartości wskaźnika BZT₅ i ChZT”,
- W obecnych rozdziałach 6.3.1.3. i 6.3.1.4. podano wyrażenia „skuteczność zmniejszania zawiesiny ogólnej, czy azotu amonowego” - powinno się raczej używać wyrażenia „skuteczność usuwania zawiesiny ogólnej, czy azotu amonowego”,
- W obecnych rozdziałach 6.3.2.1. i 6.3.2.2. podano wyrażenia: „analiza wpływu wybranych czynników na wskaźnik BZT₅ i ChZT” - powinno się raczej używać wyrażenia: „analiza wpływu wybranych czynników na wartości wskaźnika BZT₅, czy ChZT”,
- W obecnych rozdziałach 6.3.2.3. i 6.3.2.4. podano wyrażenia: „analiza wpływu wybranych czynników na wartość wskaźnika zawiesiny ogólnej i azotu amonowego” - powinno się raczej używać wyrażenia: „analiza wpływu wybranych czynników na zawartość lub stężenie zawiesiny ogólnej i azotu amonowego”,
- Str. 7, w. 10g podano „Mimo, iż zgodnie z Józwiakowskim i in. [2015] stan ...” – powinno być „Według Józwiakowskiego i in. [2015]”,
- Str. 7, w. 13g podano: „... które będą w stanie ...” – powinno być „w stanie”,
- Str. 7, w. 2d podano „oczyszczalni gruntowych” – powinno być „oczyszczalni gruntowo-roślinnych”,
- Str. 9, w. 14d podano „na stężenie ścieków w odpływie z reaktora” – powinno być „na stężenie zanieczyszczeń w ściekach odpływających z reaktora”,
- Str. 9 i dalsza część pracy – zamiast wyrażenia „jakość ścieków” raczej należy używać sformułowania „skład ścieków”.
- Str. 12 i dalsza część pracy – zamiast wyrażenia „stężenia ścieków” raczej należy używać sformułowania „stężenie zanieczyszczeń w ściekach”,
- Str. 13, w. 5g zamiast „Paukert i in. 2001” powinno być: „Peukert 2001”,
- Str. 13, w. 10d zamiast „metod usuwania ścieków” powinno być „metod oczyszczania ścieków”,
- Str. 14, w. 4d zamiast „ruchomym nośnikach” powinno być „ruchomych nośnikach”,
- Str. 24, w. 16g zamiast „Walender i in. [1997]” powinno być: „Welander i in. [1997]”
- Str. 31, w. 5-6d zamiast „uzyskane wartości zmniejszania” powinno być „uzyskane efekty zmniejszania”,
- Str. 32, w. 5d zamiast „związane jest ze związkim” powinno być „jest uzależnione od związku”,

- Str. 33-34, w. 1d, 1g utlenianie amoniaku następuje do azotu azotanowego, czy azotynowego, a nie do azotu ogólnego, tak jak podano,
- Str. 35, podpis pod rys. 5, zamiast [Hem i in. 1994] powinno być: [Hem, Rusten 1994].
- Str. 51 w. 8-14g ten sam opis modelu R1” był na stronie 39 – rozdział 4.1. Należy unikać takich powtórzeń w pracach naukowych,
- Str. 51 w. 12d zamiast wyrażenia „przy dawkowaniu ściekami wstępnie oczyszczonymi” powinno być: „przy dawkowaniu ścieków wstępnie oczyszczonych”
- Str. 51 w. 11d powinno być „uzyskać przepływ $26,93 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ”,
- Str. 51 w. 7d powinno być „uzyskując przepływ $13,47 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ”,
- Str. 52 podpis pod ryc. 11 powinno być „ścieków oczyszczonych w poszczególnych reaktorach”,
- Str. 53 w. 9-15g ten sam opis modelu R2” był na stronie 43 – rozdział 4.2. Należy unikać takich powtórzeń w pracach naukowych,
- Str. 53 w. 13d i 9d zamiast wyrażenia „przy dawkowaniu ściekami wstępnie oczyszczonymi” powinno być: „przy dawkowaniu ścieków wstępnie oczyszczonych”
- Str. 54 w. 1g powinno być „Pobór próbek ścieków”,
- Str. 58 w. 2g powinno być „intensywności napowietrzania”,
- Str. 71, w. 8g zamiast „wartość uplasowała się” powinno być „wartość ukształtowała się”,
- Str. 92, w. 6g za zdaniem „z wartościami przytaczanymi przez innych autorów” należało podać przez jakich autorów,
- Str. 101-103, podpisy ryc. 25-29 – powinno być „oraz w ściekach oczyszczonych”,
- Str. 107-109, podpisy ryc. 32-36 – powinno być „oraz w ściekach oczyszczonych”,
- Str. 110, w. 5g zamiast wyrażenia „rosła efektywność zmniejszania zawiesiny ogólnej” powinno być „rosła efektywność usuwania zawiesiny ogólnej”,
- Str. 111, tytuł tab. 47 zamiast wyrażenia „wartości skuteczności zmniejszania zawiesiny ogólnej” powinno być „wartości skuteczności usuwania zawiesiny ogólnej” – podobnie wyrażenia należy stosować też w tekście pracy,
- Str. 113-115, podpisy ryc. 39-43 – powinno być „oraz w ściekach oczyszczonych”,
- Str. 114, w. 4d powinno być „w tabeli 48 oraz na rycinie”,
- Str. 116, ryc. 45 powinno być „udział skuteczności zmniejszania stężenia azotu”
- Str. 117, w. 2g powinno być „skuteczności zmniejszania stężenia azotu”,
- Str. 133, tab. 72 należy pisać „zawartość tlenu rozpuszczonego”

- Str. 136 – wniosek 3 i 4 powinno być „skuteczność usuwania zawiesiny ogólnej i azotu amonowego”, a nie zmniejszania,
- Str. 136 – wniosek 7 i 9 powinno być „badania nad skutecznością usuwania zawiesiny ogólnej lub zmniejszaniem wskaźnika BZT₅”, a nie badania nad zawiesiną ogólną, czy nad wskaźnikiem BZT₅ – podobnie w dalszych wnioskach,
- Str. 137 – wniosek 10 zamiast „W przypadku reaktora wypełnionego na poziomie 70%,” należało napisać „W przypadku reaktora wypełnionego kształtkami w 70% pojemności czynnej,”
- Str. 139 – wnioski 1-4 można by było połączyć, gdyż skuteczność zmniejszania / usuwania wszystkich 4 badanych parametrów była największa w przypadku zastosowania piątego reaktora – „K5”.
- Brak w spisie literatury następujących pozycji, na które Autorka powołuje się w pracy: 1) Żubrowska-Sudoł 2003; 2) Grajlich 2011; 3) Odegaard 1999; 4) Podedworna, Żubrowska-Sudoł 2005; 5) Kruskal i Wallis 1952; 6) Pawęska, Kuczewski 2008, 7) Błażejewski 1994;
- Brak cytowania w tekście pracy następujących publikacji ze spisu literatury:
 1. Błażejewski R., 1997. Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Zarzeczewie. Włocławek.
 2. Peukert V., 2001. Weitergehende Abwasserreinigung in Haus – Und Kleinklaranlagen, KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 48, Nr 12, 1751-1757.
 3. William H. Kruskal, W. Allen Wallis, 1952. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis, Journal of the American Statistical Association, Vol. 47, No. 260, 583-621.

Nawiązując do wyników badań zaprezentowanych w pracy nasuwa się pytanie, czy tego typu system (reaktor przepływowy ze złożem ruchomym), badany w laboratorium (przy w miarę stałej temperaturze) byłby w stanie skutecznie oczyszczać ścieki bytowe w warunkach rzeczywistych, w obiekcie funkcjonującym w pełnej skali technicznej? Wyniki badań przedstawione w rozprawie doktorskiej wskazują, że w większości przypadków wartości dopuszczalne, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2014 r. (Dz. U. 2014 poz. 1800), dla podstawowych wskaźników zanieczyszczeń (BZT₅, ChZT, czy zawiesiny ogólnej) w ściekach oczyszczonych, odpływających z reaktora składającego się z 5 komór były często przekraczane. Jaki jest powód takiej niezadowalającej skuteczności usuwania zanieczyszczeń i w jaki sposób można by było ją zwiększyć?

4. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Śliz jest bardzo wnikliwym i cennym opracowaniem podjętego problemu badawczego. Cel pracy został osiągnięty, a założone tezy badawcze udowodnione. 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 pracy jest ściśle związany z ważnym problemem społeczno-gospodarczym, który dotyczy skuteczności usuwania zanieczyszczeń w małych oczyszczalniach ścieków i dlatego podjętą problematykę badawczą należy zaliczyć do grupy badań stosowanych.

Biorąc po uwagę zaprezentowaną powyżej pozytywną ocenę osiągnięć Autorki rozprawy stwierdzam, że Jej praca pt. „Skuteczność oczyszczania ścieków w modelu reaktora przepływowego ze złożem ruchomym” spełnia warunki obowiązującej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595). Dlatego wnioskuję o jej przyjęcie jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Pauliny Śliz do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

M. Józwiłowski

Lublin, dnia 01.03.2017 r.