

Rzeszów, 23.05.2017 r.

prof. zw. dr hab. inż. Janusz RAK
Politechnika Rzeszowska

O C E N A

pracy doktorskiej mgr inż. Karoliny Kurek pt. ” Skuteczność oczyszczania ścieków w filtrach o przepływie pionowym z wypełnieniem zeolitym, keramzytowym i piaskowym”

1. Podstawa opracowania oceny

Ocenę opracowano na podstawie Uchwały Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na posiedzeniu w dniu 22.03. 2017 roku Uchwała nr NR39/2017. Zlecenie na opracowanie oceny zawarte zostało w piśmie z dnia 27.03.2017 r. dziekana WIŚiG prof. dr hab. inż. Krzysztofa Gawrońskiego i upoważniło mnie do dokonania oceny przedmiotowej rozprawy doktorskiej w ramach umowy o dzieło z dnia 27.03.2017 r.

2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Karoliny Kurek została przedstawiona do recenzji w postaci zwanego komputeropisu. Tekst dysertacji liczy 225 stron podzielonych na 8 rozdziałów. Spis literatury cytowanej liczy 198 pozycji, 71 rysunków, 94 tabeli i 9 fotografii. Oceniona rozprawa posiada klasyczny układ. Pierwsze 3 rozdziały wprowadzają w zagadnienia będące jej przedmiotem. Następne 3 rozdziały opisują wykonane badania laboratoryjne. Rozdziały 7 i 8 poświęcone są części wnioskowej. W moim odczuciu wnioski ogólne i szczegółowe można było przedstawić w jednym rozdziale.

Przedmiotem niniejszej pracy było określenie wpływu wybranych czynników na skuteczność oczyszczania ścieków w modelach kolumnowych odzwierciedlających pracę

filtrów piaskowych o przepływie pionowym. Zakres pracy na modelach badawczych, obejmował cztery etapy badań, w których podjęto próbę określenia: optymalnego uziarnienia dla badanego materiału filtracyjnego (zeolitu, keramzytu), wpływu miąższości warstwy zeolitowej w filtrach piaskowych na jakość filtratu, wpływu obciążenia hydraulicznego na stężenie zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych oraz wpływu rodzaju zastosowanego materiału na skuteczność usuwania zanieczyszczeń.

W celu określenia jakości ścieków, które dopływały do badanych złóż oraz ścieków oczyszczonych po procesie filtracji wykonano szereg analiz fizykochemicznych w zakresie: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesiny ogólnej oraz azotu amonowego. Wyniki badań scharakteryzowano przy pomocy podstawowych statystyk opisowych. Obliczono średnią skuteczność zmniejszenia poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń dla każdego etapu. Określono jaki procent całkowitej efektywności zmniejszenia wybranych wskaźników uzyskano dla poszczególnych modeli. Przeprowadzono szereg analiz statystycznych, w celu weryfikacji istotnego wpływu analizowanych czynników na wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń za pomocą testów parametrycznych oraz nieparametrycznych.

W pierwszym etapie badań dla modelu kolumnowego „MK 1” składającego się z trzech niezależnie pracujących kolumn wypełnionych zeolitem określono wpływ wielkości uziarnienia zeolitu oraz obciążenia hydraulicznego na jakość filtratu. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że wraz z malejącą wielkością średnicy ziaren zeolitu, nastąpiło zwiększenie stopnia usunięcia zanieczyszczeń ze ścieków. Wskazują na to istotne różnice dla wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesiny ogólnej oraz azotu amonowego. Wyniki badań wykazały również, że analizowane obciążenie hydrauliczne nie zawsze było czynnikiem, który w istotny sposób wpływało na skuteczność pracy badanego złoża, na co wskazują wartości zawiesiny ogólnej dla wszystkich badanych złóż i ChZT_{Cr} dla zeolitu o średnicy zastępczej $d_{10} = 3,6$ mm oraz $d_{10} = 1,8$ mm.

Dla drugiego etapu badań - modelu kolumnowego „MK 2” składającego się z czterech kolumn, wypełnionych zeolitem i piaskiem w różnym stosunku objętościowym - określono wpływ miąższości warstwy zeolitowej oraz wielkości badanego obciążenia hydraulicznego na jakość ścieków oczyszczonych w procesie filtracji. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że wysokość warstwy zeolitowej w złożu piaskowym jest czynnikiem, który istotnie wpływa na jakość ścieków oczyszczonych określoną wartościami wskaźników: BZT₅, ChZT_{Cr} oraz azotu amonowego. Z kolei dla badanych wielkości obciążenia hydraulicznego

wykazano, że jest to czynnik, który istotnie wpływa na jakość ścieków oczyszczonych określonych za pomocą wartości wskaźników: BZT₅ (po kolumnie 1, 2 i 4) i ChZT_{Cr} (po kolumnie 2, 3 i 4), natomiast w przypadku wskaźników: zawiesiny ogólnej i azotu amonowego, obciążenie hydrauliczne nie było czynnikiem, który w istotny sposób wpływało na jakość ścieków oczyszczonych.

Dla trzeciego etapu badań (model „MK3”), określono istotność wpływu wielkości uziarnienia keramzytu oraz obciążenia hydraulicznego na jakość filtratu. Model składał się z trzech kolumn wypełnionych keramzytem o różnej średnicy uziarnienia. Otrzymane wyniki wskazują, że wraz ze wzrostem średnicy keramzytu nastąpiło wyraźne obniżenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń określonych za pomocą wielkości wskaźników: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesiny ogólnej oraz azotu amonowego. Dodatkowo stwierdzono, że obciążenie hydrauliczne w istotny sposób determinowało wielkości wyżej wymienionych wskaźników tylko w przypadku dwóch badanych złóż keramzytowych o zastępczej średnicy uziarnienia, odpowiednio: kolumna nr 1 - $d_{10} = 12,0$ mm i kolumna nr 2 - $d_{10} = 4,5$ mm.

W ostatnim, czwartym etapie badań modelowych (model „MK4”) wypełnienie kolumn filtracyjnych stanowił odpowiednio: zeolit, keramzyt i piasek o określonej średnicy uziarnienia. W tym etapie badań oceniono istotność wpływu rodzaju materiału wypełniającego i wielkości badanego obciążenia hydraulicznego na jakość ścieków oczyszczonych, na podstawie wielkości wskaźników zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesiny ogólnej oraz azotu amonowego. Na podstawie wyników wykazano, że rodzaj zastosowanego materiału wypełniającego wpływa na stopień usunięcia zanieczyszczeń, najwyższy stopień redukcji osiągnięto na złożu zeolitym, które w stosunku do piasku charakteryzowało się większą porowatością i właściwościami adsorpcyjnymi. Natomiast w przypadku analizowanego obciążenia hydraulicznego zaobserwowano, że nie ma ono istotnego wpływu na efektywność oczyszczania ścieków dla złóż zeolitym i keramzytowego. W przypadku złoża piaskowego, wykazano że nie wpływa ono na wartości wskaźników ChZT_{Cr} i zawiesiny ogólnej.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zarówno zeolit jak i keramzyt, mogą zostać zastosowane jako alternatywne wypełnienie dla filtrów piaskowych o przepływie pionowym powszechnie stosowanych w przydomowych oczyszczalniach ścieków. Zaobserwowano, że zeolit i keramzyt wykazały w stosunku do piasku wyższą skutecznością usuwania zanieczyszczeń określonych za pomocą wartości wskaźników: BZT₅, ChZT_{Cr} oraz

azotu amonowego. Oba materiały charakteryzowały się większą średnicą uziarnienia niż piasek, która wynosiła odpowiednio: dla zeolitu $d_{10}= 1,0$ mm, dla keramzytu $d_{10}= 0,45$ mm oraz dla piasku $d_{10}= 0,30$ mm. Odpowiedni dobór uziarnienia warstwy filtracyjnej zapewnia odpowiednie warunki tlenowe i minimalizuje ryzyko wystąpienia kolmatacji warstwy filtracyjnej. Wspólną cechą odróżniającą zeolit i keramzyt od piasku jest bardziej rozwinięta struktura porowata, a tym samym większa powierzchnia właściwa. W obecności związków organicznych i biogennych filtry wypełnione tymi materiałami zostały zasiedlone przez mikroorganizmy nie tylko na powierzchni ale również w porach ich ziaren. Dla złoż zeolitego i keramzytowego zaobserwowano wyższe efekty usunięcia substancji organicznych określonych za pomocą wskaźników $ChZT_{Cr}$ (wynoszące odpowiednio 94,7% i 93,2%) oraz BZT_5 (wnoszące odpowiednio 98,7% i 96,3%) w stosunku do złoża piaskowego. Wyniki wskazują, że zarówno na powierzchni jak i w porach badanych złoż (zeolitego i keramzytowego) panowały korzystniejsze warunki, a tym samym zachodziły intensywniej procesy sorpcji zanieczyszczeń organicznych, jak i ich biodegradacja, będąca wynikiem obecnych w złożu bakterii heterotroficznych, w stosunku do złoża piaskowego. Podobnie jak w przypadku usuwania związków organicznych tak i dla procesów usuwania azotu amonowego najwyższą skuteczność odnotowano w przypadku złoża zeolitego (99,6%) i keramzytowego (98,2%). Tak wysoka skuteczność usuwania tych związków wynika z właściwości jakie posiadają oba materiały wypełniające. Wyższa skuteczność procesów rozkładu azotu amonowego wynika z zachodzących jednocześnie procesów wymiany jonowej jak i sorpcji jonów amonowych.

3. Uwagi merytoryczne

3.1 Rolą recenzenta jest wskazanie na zauważone niedoskonałości pracy, co obok jej oceny powinno pomóc Autorce w jej dalszym rozwoju. Jest to niezmiennie ważne, gdyż temat pracy mocno jest związany z codzienną praktyką funkcjonowania przydomowych oczyszczalni ścieków. Część prezentowanych moich uwag ma charakter nie tyle zarzutów, co raczej wskazówek, które mam nadzieję Autorka wykorzysta w przyszłości.

3.2 W znanych mi recenzowanych rozprawach doktorskich o charakterze badań na obiektach rzeczywistych dominuje zwyczaj jeden z dwóch elementów: pracowitość (wielość wyników opracowanych statystycznie), albo pomysł (doświadczalna weryfikacja opracowanego modelu). Oba schematy mogą doprowadzić do końcowego celu

udowodnienia tezy pracy. Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską mgr inż. Karoliny Kurek zaliczyłbym do pracy wykonanej zgodnie ze schematem pracowności z elementami schematu opartego na pomysśle. Treść rozprawy udowadnia, że Autorka potrafił wyjść z labiryntu parametrów eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków, ale nie była to droga prosta.

- 3.3** Praca stanowi rzetelne opracowanie badawcze obejmujące wytypowanie obiektów badań, rozpoznanie ich funkcjonowania pod kątem tematu rozprawy, opracowanie metodyki badań, zebranie stosownych pomiarów wskaźników jakości ścieków, ich analizę z wykorzystaniem metod statystycznych, przedstawienie analityczne i graficzne wyników badań oraz po ich dyskusji przedstawienie stosownych wniosków. Na tej podstawie stwierdzam kompleksowy charakter rozprawy naukowej.
- 3.4** W części wnioskowej dobrym obyczajem naukowym jest wskazanie dalszych kierunków badawczych w temacie rozprawy doktorskiej. Pewne symptomy takich wskazań można znaleźć w różnych wnioskach. Proszę wskazać takie kierunki dalszych badań – jeżeli one istnieją.
- 3.5** Na uwagę zasługuje bardzo duży materiał badawczy w postaci uzyskanych wartości wskaźników fizykochemicznych i mikrobiologicznych. Praca obejmuje 71 rycin i 94 tabele.
- 3.6** Z wyników badań przeprowadzonych w laboratorium oraz w terenie na obiekcie rzeczywistym mogą korzystać potencjalni projektanci przydomowych oczyszczalni ścieków. Proponowane przez Autorkę rozwiązanie może mieć bardzo szerokie zastosowanie na terenach o zabudowie rozproszonej, jak również wszędzie tam gdzie do tej pory zastosowanie klasycznych filtrów piaskowych było niemożliwe ze względu na małą powierzchnię działki. Na uwagę zasługuje użycie do budowy prototypu oczyszczalni powszechnie dostępnych i tanich materiałów (żwir, piasek, zeolit i keramzyt).
- 3.7** W statystyce istnieje pojęcie błędów I i II rodzaju. Proszę podać interpretację tych błędów związaną z treścią pracy.
- 3.8** Proszę wykazać różnicę między metodologią badań i uzyskanymi wynikami pomiędzy Pani rozprawą doktorską a rozprawą habilitacyjną Promotora.
- 3.9** Do jakiej maksymalnej przepustowości hydraulicznej zaleca Autorka możliwość stosowania tej technologii oczyszczania ścieków?

- 3.10** Nowe podejście Unii Europejskiej preferuje dla małych oczyszczalni ścieków stworzenie ich typoszeregów. Jaki parametr/parametry decydowałyby o stworzeniu takiego typoszeregu dla przedmiotowych oczyszczalni ścieków.
- 3.11** Jaki jest udział mikrobiologii zasiedlonej w złożach filtracyjnych na redukcję ogólnego węgla organicznego?
- 3.12** Oczyszczalnie w pozwoleniach wodnoprawnych posiadają wyszczególnione dopuszczalne wskaźniki zanieczyszczeń. Dlaczego nie badano innych form azotu (jedynie azot amonowy) i fosforu ogólnego?
- 3.13** Zeolity a także keramzyty posiadają zdolności jonowymienne. Czy uwzględniono ten fakt w bilansie redukcji zanieczyszczeń?
- 3.14** Całość rozprawy napisana jest w układzie dziesiętnym numeracji rozdziałów i podrozdziałów. Szkoda, że Autorka nie ponumerowała także wniosków w systemie dziesiętnym.
- 3.15** Na stronie 70 rozdział - 6 - błędnie zredagowany jego tytuł, to samo powtarza się w spisie treści – świadczy to, że praca nie była przeglądana przed skierowaniem do recenzji.
- 3.16** W moim przekonaniu zgromadzony podczas realizacji przewodu doktorskiego kapitał wiedzy zostanie przez mgr inż. Karolinę Kurek w niedalekiej przyszłości spożytkowany w ramach Jej działalności naukowo – badawczej na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie.

4. Wniosek końcowy

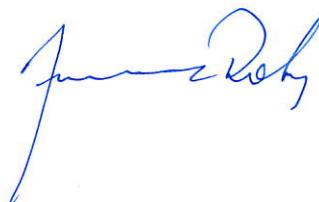
Mgr inż. Karolina Kurek w mojej ocenie posiada cechy pracownika kreatywnego i dobrze opanowała warsztat badawczy. Potrafi zaplanować i zrealizować zadanie badawcze pozwalające rozwiązać wyznaczone cele naukowe i użyteczne.

Potwierdza to przedstawiona rozprawa doktorska będąca samodzielnym oryginalnym rozwiązaniem złożonego problemu naukowego i praktycznego, jakim jest ocean skutecznego oczyszczania ścieków.

Osiągnięcia naukowe w rozprawie doktorskiej spełniają w mojej ocenie wymagania zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych

i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. nr 65, poz. 595 ze zm. Dz.U. z 2005 r. nr 164, poz.1365).

Wnoszę zatem o dopuszczenie mgr inż. Karoliny Kurek do obrony rozprawy doktorskiej przed Komisją Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Janusz Koby', is located in the upper right quadrant of the page.