

Prof. dr hab. inż. Krystyna KONIECZNY
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków
ul. Konarskiego 18 44-100 GLIWICE
e-mail: Krystyna.Konieczny@polsl.pl

Gliwice, 30.05.2016 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej pt.: *Analiza przebiegu oczyszczania szarych ścieków z wykorzystaniem filtrów narurowych i membran ultrafiltracyjnych*

wykonanej na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska w Politechnice Łódzkiej przez mgr inż. Macieja Dobrzańskiego pod kierunkiem dr hab.inż. Andrzeja Jodłowskiego prof. PŁ

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej nr 718 z dn.24.03.2016 w związku z powołaniem mnie na recenzenta rozprawy.

1. Uwagi ogólne

Praca liczy 153 strony maszynopisu, jest bogato ilustrowana rysunkami (60) i tabelami (64) umieszczonymi w tekście. Napisana jest wg klasycznego układu prac doktorskich, przejrzystym poprawnym językiem, wydrukowana estetycznie i niezwykle starannie.

2. Aktualność tematu pracy

Zasoby wodne w Polsce, przypadające na jednego mieszkańca, są mniejsze niż w krajach sąsiednich i znacznie niższe niż przeciętne w Europie. Polska wraz z Belgią znajduje się pod tym względem na ostatnim miejscu w Europie. Dodatkowo powszechnym problemem w krajach europejskich jest nadmierne zanieczyszczanie i lekkomyślne wykorzystywanie zasobów wodnych, które traktuje się jako źródło niewyczerpywalne. Stąd też każde ograniczenie zużycia wody, w szczególności wody zdatnej do picia, przynieść może korzyści zarówno obecnym, jak i przyszłym pokoleniom, gdyż perspektywa niedoborów wody nie jest w Polsce nierealna – w czasie suszy hydrologicznej 1982-1984 brak wody odczuwało 10 286 tj. ¼ miejscowości wiejskich w kraju.

Ścieki miejskie uznawane są za jeden z rodzajów odpadów. Zawierają one całą gamę zanieczyszczeń, spośród których niebezpieczne dla środowiska i człowieka są różne rodzaje zanieczyszczeń przemysłowych, zanieczyszczenia mikrobiologiczne (bakterie, wirusy, pasożyty) oraz toksyczne związki (metale ciężkie). Powszechnie podejmowanym działaniem,

mającym na celu ich zagospodarowanie jest oczyszczanie, po którym ścieki te odprowadzane są do wód powierzchniowych lub gleby. Obecnie, w obliczu coraz bardziej zauważalnego na świecie problemu deficytu czystej wody, ścieki miejskie postrzegane są jako alternatywne jej źródło.

Systemy oczyszczania ścieków szarych stosując jedno lub wielostopniowe oczyszczanie, biologiczne oraz stosując proces filtracji i separacji membranowej to zagadnienia poruszane w recenzowanej pracy doktorskiej. Zastosowanie procesów membranowych służy również do odzysku wody w procesie odnowy. Taką aplikacyjną niszą jeszcze nie do końca rozpoznaną, zarówno pod względem skali problemu, jakości wody z odzysku oraz opłacalności systemu, zajmuje się w swojej pracy doktorskiej mgr inż. Maciej Dobrzański.

3. Ocena pracy

Praca doktorska bardzo kompleksowo ujmuje problem wykorzystania szarych ścieków do odzysku wody. Doktorant przeprowadził badania pod względem jakościowym, ilościowym i ekonomicznym. Zrobił przegląd literatury światowej z ostatnich 15 lat, odnośnie źródeł i składu ścieków szarych poddawanych odnowie, wykorzystując dane w swojej części doświadczalnej dysertacji. Treściwie przytoczył metody i technologie stosowane do oczyszczania ścieków szarych w zależności od stopnia ich zanieczyszczenia, w tym również filtrację, sedymentację i techniki membranowe. Procesy membranowe należą do efektywnych i ekonomicznych metod separacyjnych. Techniki, takie jak mikrofiltracja (MF) czy ultrafiltracja (UF), z uwagi na szereg zalet, do których można zaliczyć m.in. niską energochłonność, łatwość powiększania skali, czy możliwość łączenia ich z innymi metodami w układy hybrydowe, znalazły zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu i w ochronie środowiska. Niekorzystne zjawiska towarzyszące procesowi filtracji, wśród nich *polaryzacja stężeniowa* i *fouling* membran, prowadzące do spadku wydajności procesu w czasie, są przyczyną ograniczeń w szerokim stosowaniu technik membranowych. Ich poznanie i zdiagnozowanie pozwoli na opracowanie metod umożliwiających prawidłową pracę, pełne wykorzystanie aparatów aby założoną intensywność przebiegających w nich procesów fizycznych i chemicznych realizować z największym sukcesem.

W całej dysertacji mgr inż. Macieja Dobrzańskiego można wyróżnić kilka części, a mianowicie: pierwsze cztery rozdziały zaliczyć można do części literaturowej (60 stron),

kolejne rozdziały (6) – zawierają metodykę i opis stanowiska badawczego, w kolejnych rozdziałach (7-10) zostały przedstawione wyniki badań, dyskusja i wnioski.

Przeprowadzone badania wnoszą istotną wiedzę o korzyściach stosowania metod fizykochemicznych do odzysku wody z szarych ścieków, z naciskiem na obiekty publicznej użyteczności (hotele) i w domach jednorodzinnych. Doktorant diagnozował realizację procesów membranowych i oceniał zjawiska niekorzystne takie jak fouling i polaryzacja stężeniowa, mając na uwadze zapobieganie tym negatywnym zjawiskom. Wykorzystał do oceny kinetyki procesów filtracji i blokowania kilka modeli matematycznych oraz wykazał który najlepiej odwzorowuje proces, w przypadku gdy rozważamy realizację poza przedziałem doświadczalnym.

Z tego względu uważam, że wybór zagadnień naukowych przedstawionych do opinii jest aktualny i godny poparcia.

W swoich badaniach Autor wykorzystał wiele nowoczesnych technik a najistotniejszym elementem pracy doktorskiej mgr inż. Macieja Dobrzańskiego jest: *określenie szybkości narastania warstwy osadu, jego grubości, sposobu związania z powierzchnią membrany, określenie warunków hydrodynamicznych w modułach membranowych, co pozwoli zmniejszyć niekorzystne zjawiska w warstwie przymembranowej a jednocześnie wydłużyć czas pracy modułów.*

Najbardziej wartościową w mojej opinii częścią pracy doktorskiej są rozdziały 6-10. Zawarte w nich wyniki doświadczeń i wykazane zależności: *własności sorpcyjnych, formowania warstwy osadu na membranie, interpretacja stosowanych modeli stanowią istotny wkład dla nauki.*

Subtelność i precyzja wykonania takich badań zasługuje na szczególne uznanie. Co ważne, udokumentowanie tej precyzji metodami analitycznymi, modelem matematycznym, utwierdzają mnie w przekonaniu o dużych i wartościowych dokonaniach Doktoranta.

Postawiony cel pracy nie został zdecydowanie sformułowany przez Doktoranta. Poznał i wykazał doświadczalnie, jaka jest trwałość foulingu występującego w procesach membranowych, w jakich warunkach należy realizować procesy, aby zminimalizować negatywne zjawiska przy membranowe. Oceniał skuteczność realizowanego oczyszczania w różnych „wariantach”(zmienne ciśnienie, temperatura, rodzaj nadawy), prowadząc wszystkie oceny dla trzech membran UF o zróżnicowanym cut-off (10, 100, 1000 kDa), oraz w kombinacji z wstępną filtracją lub bez. Przeprowadzona przez Doktoranta analiza

ekonomiczna wykazała nieopłacalność stosowania systemu do odzysku wody ze ścieków szarych w budynkach jednorodzinnych, natomiast stosowanie takich rozwiązań w obiektach hotelowych jest racjonalne i opłacalne ekonomicznie, co potwierdziły: wskaźniki SPBT poniżej 15 lat oraz dodatni wskaźnik NPV.

Uwagi:

- 1. Rys. 2 jest umieszczony w pracy doktorskiej po rysunkach 3 i 4.*
- 2. Zawarte w pkt.3 informacje (s. 35) o podziale procesów nie są precyzyjne. Są różne siły napędowe, zgodzę się co do dwóch wymienionych: różnica ciśnień i stężeń, natomiast brakuje różnicy potencjału (chemicznego, elektrycznego), różnicy temperatury, różnej prężności par. Jednak nie zgodzę się, że wymieniona w pracy dyfuzja i polaryzacja to są siły napędowe!! Co wyraża dyfuzja i polaryzacja w procesach membranowych?*
- 2. Na s. 64 wystąpiły drobne błędy literowe, jest „powstał”, powinno być powstała, na s. 67 jest „objętość”, powinno być objętości. Na s. 98 nie zostały dopisane w tekście pełne wartości strumienia permeatu między innymi: $J_v = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$. Takie same błędy są na s.103*
- 3. Mylącym jest użycie słowa „projektowanie” objętości zbiornika. Dalej Doktorant rozwija myśl, stosuje: „oszacowanie” „określanie”, zamiennie, co jest poprawniejsze. Proszę wyjaśnić, dlaczego stosowane były dwie metody obliczeniowe? Wg wzoru 42 i 43 oraz wg wzoru 44 i 45.*

Czy wymieniona druga metoda oceny objętości zbiornika oparta jest o rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 2002 r.? Skąd są zaczerpnięte wzory(równania) w tabeli 19.
- 4. Jak można wyjaśnić uzyskane wyniki J_v dla kolejno badanych membran 10, 100, i 1000 kDa przedstawionych na rys.45 i 46. Rozumię, że badanym obiektem były modelowe ścieki szare.*
- 5. Dlaczego w tabeli 43 nie ma wyników dotyczących membrany posiadającej cut-off 1000, najbardziej „otwartej”. Takie samo pytanie dotyczy tabeli 45. Co jest powodem, że przeprowadzone badania modelowych ścieków szarych z dodatkiem pyłu opisane na s.106 i 107 są korzystniejsze pod względem wydajności permeatu tylko dla membrany o cut-off 10 kDa?*
- 6. Mam niedosyt, nie znalazłam w dysertacji informacji o parametrach membrany kapilarnej. Wiadomo jedynie, że ma porowatość $0,02 \mu\text{m}$. Z czego jest wykonana (z jakiego polimeru, jaką ma powierzchnie czynną), czy była możliwość odzyskiwania wydajności metodą mycia wstecznego, a może inaczej. Brakuje mi wzmianki o sposobie regeneracji dla wszystkich stosowanych w badaniach membran.*

7. Autor nie ustrzegł się drobnych niedociągnięć w swojej dysertacji. Większość pozycji jest z tego wieku, a tylko 9 z ubiegłego wieku, na wszystkie 72 pozycje literaturowe. Nie ma pełnej informacji lub są błędnie zapisane następujące pozycje literaturowe: 19,24,26, 27,29,33,34, 35,38,40,46,57,58, 62,71.

Uważam natomiast, że istotnym badawczym osiągnięciem, było by, przeprowadzenie kilku eksperymentów na takiej samej aparaturze, w identycznych warunkach i stosowaniu tej samej membrany, z użyciem tych samych mediów badanych (mieszanina nr 1, 2 i 3) celem porównania czy jest powtarzalność uzyskanych wyników w procesach filtracyjnych zarówno pojedynczych jak i skojarzonych (hybrydowych). Nie dostrzegłam powtórzeń badań.

Szerokie spojrzenie (kompleksowe), które zrealizował mgr inż. Maciej Dobrzański w swojej pracy doktorskiej dotyczącej ODNOWY WODY ze ścieków szarych jest godne pochwały.

Powyższe uwagi nie umniejszają dokonań pana mgr inż. Macieja Dobrzańskiego. Reasumując pragnę z satysfakcją stwierdzić, że rozprawa skierowana do recenzji stoi na bardzo dobrym poziomie naukowym.

Stawiam formalny wniosek o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Macieja Dobrzańskiego, pod warunkiem pozytywnej drugiej recenzji oraz pomyślnego przebiegu samej obrony z dyskusją.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując ocenę stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Macieja Dobrzańskiego stanowi wartościowy dorobek naukowy i spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim przez **Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku** wraz z poprawkami podanymi w **Ustawie “Prawo o szkolnictwie wyższym”**.

Wnoszę zatem o przyjęcie pracy doktorskiej przez **Radę Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska w Politechnice Łódzkiej** i dopuszczenie Autora do publicznej obrony.

