

Dr hab. inż. Jacek Wiśniewski, prof. uczelni
Politechnika Wroclawska,
Wydział Inżynierii Środowiska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: jacek.wisniewski@pwr.edu.pl

Wrocław, 12 listopada 2022 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Adamczaka

pt.: *Ultrafiltracyjne membrany polimerowe modyfikowane nanomateriałami
w usuwaniu ze strumieni wodnych wybranych mikrozanieczyszczeń organicznych*

Promotor rozprawy: prof. dr. hab. inż. Jolanta Bohdziewicz

Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 22. 09. 2022 r.

Aktualność i celowość podjętego tematu

Mikrozanieczyszczenia organiczne należą do szczególnie uciążliwych składników występujących w strumieniach wód zużytych i w wodach naturalnych. Charakteryzuje je nieduży rozmiar cząsteczek, do ok. 500 Da i bardzo niski poziom stężeń, zwykle o kilka rzędów wielkości mniejszy od typowych zanieczyszczeń organicznych. Substancje te mają najczęściej charakter antropogeniczny, a w literaturze przedmiotu są określane jako niezbędne do funkcjonowania współczesnego człowieka. Najliczniejszą grupę mikrozanieczyszczeń organicznych stanowią farmaceutyki i ksenoestrogeny (wykazujące zdolność interakcji z układem hormonalnym), a także liczna grupa związków chemicznych występujących w kosmetykach i środkach ochrony roślin. Związki te charakteryzują się różną podatnością na rozkład biochemiczny, ale według danych literaturowych skuteczność usuwania wielu mikrozanieczyszczeń w oczyszczalni ścieków komunalnych jest na niskim poziomie, kilkunastu procent. To powoduje, że substancje te trafiają do wód powierzchniowych i podziemnych. Istotnym źródłem tych zanieczyszczeń są także spływy powierzchniowe, m. in. z terenów rolniczych.

Przedmiotowa literatura, cytowana przez Doktoranta, wskazuje na dużą szkodliwość mikrozanieczyszczeń, zarówno dla organizmów wodnych, a także dla człowieka, który wprowadza je do swojego organizmu ze spożywaną wodą. Należy bowiem zaznaczyć, że konwencjonalne techniki oczyszczania wody do celów spożywczych (powszechnie stosowane w zakładach oczyszczania wody w Polsce i na świecie) pozwalają w ograniczonym stopniu usunąć z wody te zanieczyszczenia.

W związku z powyższym oczywiste jest poszukiwanie wysoce skutecznych metod usuwania mikrozanieczyszczeń z wody. Do takich należą wysokociśnieniowe procesy membranowe, w których stosowane są membrany nieporowate zdolne do usunięcia małych cząsteczkowych związków organicznych (jakimi są mikrozanieczyszczenia organiczne), oraz jonów soli nieorganicznych. Ten ostatni efekt, powodujący zmiękczenie wody (przy zastosowaniu nanofiltracji) lub odsolenie wody (w przypadku odwróconej osmozy) można uznać za niepożądany, jeśli oczyszczana woda charakteryzuje się niskim poziomem zasolenia. Ponadto, procesy nanofiltracji i odwróconej osmozy wymagają stosowania relatywnie wysokich ciśnień transmembranowych, co wpływa na koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne instalacji oczyszczania wody.

Z powyższych względów w pełni zrozumiałe jest poszukiwanie alternatywnych technik separacyjnych, o wysokiej skuteczności usuwania mikrozanieczyszczeń z wody, przy jednocześnie obniżonych kosztach oczyszczania wody. Zastosowany przez Doktoranta proces ultrafiltracji może być niewątpliwie atrakcyjną alternatywą wobec procesów nanofiltracji i odwróconej osmozy, jeśli tylko modyfikacja polimerowej struktury membrany ultrafiltracyjnej umożliwi uzyskanie odpowiednich właściwości separacyjnych, przy jednoczesnym utrzymaniu korzystnych właściwości transportowych, charakterystycznych dla membran ultrafiltracyjnych. Stanowi to duże wyzwanie badawcze, którego próbę rozwiązania podjął w swojej dysertacji Doktorant. Należy podkreślić aktualność tematyki związanej z usuwaniem mikrozanieczyszczeń z wody przeznaczonej do spożycia, szczególnie w aspekcie ich szkodliwego wpływu na zdrowie człowieka i rosnących wymaganiach stawianych spożywanej wodzie. Uważam także za interesujący z naukowego punktu widzenia i w pełni uzasadniony kierunek badań podjętych przez Doktoranta.

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji praca liczy 151 stron, zawiera 44 rysunki i 13 zdjęć membran wykonanych za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego oraz 19 tabel. Spis literatury obejmuje 239 pozycji. W tym miejscu warto podkreślić, że tak obszerna

bibliografia, obejmująca w większości publikacje z obecnej i poprzedzającej dekady lat dwutysięcznych, ulokowane w renomowanych czasopismach naukowych, stworzyła mocną bazę do analizy stanu wiedzy w obszarze przeprowadzonych badań.

Praca została podzielona na trzy części:

- *Część teoretyczna*, którą poprzedza krótkie *Wprowadzenie*, a następnie *Cel, zakres i tezy pracy doktorskiej*; ta część rozprawy liczy 42 strony,
- *Część doświadczalna* została zaprezentowana na 22 stronach. W części tej została przedstawiona aparatura badawcza, oznaczenia analityczne oraz metodyka badań w zakresie formowania membran ultrafiltracyjnych, określenia ich właściwości transportowych i separacyjnych, badania zjawiska *foulingu* membran oraz ich regeneracji,
- *Wyniki badań i ich omówienie* zostały przedstawione na 61 stronach; w tej części zawarto także wnioski i streszczenie pracy.

Rozprawę zamyka wykaz cytowanych prac oraz spis rysunków, tabel i zdjęć.

We *Wprowadzeniu* Autor rozprawy krótko opisał konieczność usuwania mikrozanieczyszczeń organicznych ze strumieni wodnych, uzasadniając celowość podjętych badań nad zastosowaniem do tego celu ultrafiltracji z membranami modyfikowanymi nanorurkami węglowymi. Następnie przedstawiony został *Cel, zakres i tezy pracy doktorskiej*. Zostały one sformułowane prawidłowo i nie budzą żadnych zastrzeżeń.

Część teoretyczna to przegląd zgromadzonej przez Doktoranta obszernej bazy literaturowej. Dokonano tu systematyki mikrozanieczyszczeń organicznych, podano zakresy stężeń wybranych związków w ściekach surowych i oczyszczonych i krótko opisano ich szkodliwy wpływ na środowisko wodne i zdrowie człowieka. W kolejnych rozdziałach Autor omówił opublikowane wyniki badań dotyczące zastosowania wysokociśnieniowych procesów membranowych do usuwania mikrozanieczyszczeń organicznych z wody, a następnie przeanalizował dane literaturowe dotyczące zastosowania do tego celu procesu ultrafiltracji z odpowiednio modyfikowanymi membranami. Doktorant zaznaczył, że w celu osiągnięcia wysokiej skuteczności separacji małocząsteczkowych zanieczyszczeń organicznych konieczna jest modyfikacja warstwy powierzchniowej membrany ultrafiltracyjnej powodująca zwiększenie jej zdolności sorpcyjnych.

Autor dysertacji zwrócił także uwagę na dodatkową korzyść związaną z modyfikacją warstwy powierzchniowej membrany: wprowadzenie do tej warstwy nanocząstek (np. nanocząstek tlenków metali lub nanomateriałów węglowych) powoduje zwiększenie hydrofilowości powierzchni membrany. Może to powodować zwiększenie przepuszczalności hydraulicznej w porównaniu z membraną niemodyfikowaną, ale także poprawę właściwości

antifoulingowych membrany o zmodyfikowanej powierzchni. Ten ostatni efekt ma szczególne znaczenie w warunkach długotrwałej eksploatacji membran ultrafiltracyjnych.

W ostatnim rozdziale *Części teoretycznej* Doktorant przeanalizował doniesienia literaturowe dotyczące formowania i właściwości dwóch rodzajów membran modyfikowanych nanomateriałami: membran integralnie asymetrycznych oraz membran kompozytowych typu *cienki film*. Przedstawiono tutaj liczne dane wskazujące na korzystne efekty wywołane modyfikacją struktury membran asymetrycznych i kompozytowych, szczególnie z wykorzystaniem nanorurek węglowych jako modyfikatora. Należy tu wymienić przede wszystkim: zwiększenie przepuszczalności hydraulicznej membrany i zwiększenie stopnia retencji usuwanych zanieczyszczeń organicznych oraz zmniejszenie intensywności *foulingu* powierzchni membrany.

W *Części doświadczalnej* przedstawiono mikrozanieczyszczenia użyte w pracach badawczych. Doktorant zdecydował się na wybór 4 mikrozanieczyszczeń, które pochodzą z różnych źródeł: **bisfenol A**, który dostaje się do wód naturalnych wskutek wypłukiwania z opakowań z tworzyw sztucznych; **kofeina**, która trafia do wód powierzchniowych z oczyszczonymi ściekami komunalnymi; **karbamazepina**, farmaceutyk, którego źródłem są ścieki bytowo-gospodarcze oraz ścieki ze szpitali; **α -endosulfan**, pestycyd chloroorganiczny stosowany w rolnictwie. Związki te dostają się do wód naturalnych z oczyszczonymi ściekami komunalnymi lub spływami powierzchniowymi i wykazują negatywny wpływ na organizmy żywe.

W kolejnych rozdziałach *Części doświadczalnej* opisano aparaturę badawczą, w tym aparaturę do formowania polimerowych membran ultrafiltracyjnych. Wytwarzano dwa rodzaje membran: membrany integralnie asymetryczne (niemodyfikowane oraz modyfikowane nanorurkami węglowymi) i membrany kompozytowe typu *cienki film* (niemodyfikowane oraz membrany modyfikowane nanorurkami węglowymi w warstwie suportu lub w warstwie naskórkowej). Jako polimer do wytwarzania membran asymetrycznych, a także suportu membran kompozytowych zastosowano polieterosulfon (PES). Wytworzone membrany różniły się zawartością PES w roztworze do formowania membran: od 14 do 16% wag. w przypadku membran asymetrycznych i od 10 do 14% wag. dla membran kompozytowych. Zmienna była również zawartość nanomateriałów węglowych w roztworze (od 0 do 0,1% wag.). W części tej przedstawiono także metodykę oraz aparaturę do wyznaczenia najważniejszych parametrów membran: porowatości, potencjału zeta i kąta zwilżalności powierzchni membran.

Wyniki badań i ich omówienie to najważniejsza część rozprawy doktorskiej. Przeprowadzone badania zostały podzielone na etapy z wyraźnie zaznaczonymi celami. Pierwszy z nich to wybór korzystnego stężenia polimeru oraz rodzaju i stężenia nanorurek węglowych dla **membran integralnie asymetrycznych**. Badania wykazały, że najlepsze właściwości transportowo - separacyjne posiada membrana formowana z roztworu zawierającego 15% wag. PES, z dodatkiem 0,02% wag. nanorurek węglowych o zwiększonej powierzchni właściwej. Doktorant zaobserwował, że membrany wytworzone z dodatkiem ww. modyfikatora cechuje obecność większych makroporów w porównaniu do membrany niemodyfikowanej, co powoduje wzrost wielkości strumienia permeatu. Jednak najważniejszy efekt modyfikacji struktury membrany asymetrycznej to wyraźna poprawa jej zdolności separacyjnych. Dla roztworów mikrozanieczyszczeń z dodatkiem kwasów humusowych (które zmniejszają dostępną powierzchnię adsorpcyjną nanorurek węglowych) uzyskano 100.% retencję α -endosulfanu, 85.% retencję bisfenolu A, 51% zatrzymania karbamazepiny i 32% zatrzymania kofeiny.

Analogiczny cel badawczy został postawiony w obszarze formowania **membran kompozytowych**. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na nowatorski sposób wytwarzania membran kompozytowych przeznaczonych do ultrafiltracji: na warstwie porowatego suportu, wykonanego z PES metodą inwersji fazowej, wytwarzano aktywną warstwę poliamidu powstałego w wyniku reakcji międzyfazowej polimeryzacji. Według danych literaturowych, taka metoda wytwarzania warstwy aktywnej w membranach kompozytowych stosowana była dotąd wyłącznie w membranach przeznaczonych do nanofiltracji i odwróconej osmozy.

W przypadku membran kompozytowych, modyfikator struktury membrany w postaci nanorurek węglowych o zwiększonej powierzchni właściwej, wprowadzany był do porowatego suportu lub do warstwy naskórkowej membrany. Doktorant zaobserwował, że wprowadzenie modyfikatora do warstwy naskórkowej powoduje zdecydowaną poprawę właściwości transportowych membran, natomiast właściwości separacyjne wobec niektórych mikrozanieczyszczeń (kofeiny i karbamazepiny występujących w obecności kwasów humusowych) mogą ulec pogorszeniu, w porównaniu z membranami niemodyfikowanymi. Najlepsze właściwości transportowo - separacyjne spośród membran kompozytowych posiadała membrana formowana z roztworu zawierającego 12% wag. PES, z warstwą naskórkową zawierającą 0,02% wag. nanorurek węglowych o zwiększonej powierzchni właściwej. W procesie ultrafiltracji roztworów mikrozanieczyszczeń występujących w obecności kwasów humusowych uzyskano przy użyciu tej membrany 100.% retencję

α -endosulfanu, 87.% retencję bisfenolu A, 73% zatrzymania kofeiny i 25% zatrzymania karbamazepiny.

Ciekawym i wartościowym elementem rozprawy doktorskiej jest kolejny rozdział, w którym przedstawiono wyniki obliczeń oporów warstwy zanieczyszczeń osadzających się na membranie (zwanej warstwą *foulingową*), z podziałem na *fouling* odwracalny i *fouling* nieodwracalny. Doktorant wykazał, że całkowity opór warstwy zanieczyszczeń zgromadzonych na powierzchni modyfikowanej membrany integralnie asymetrycznej był ponad 10-krotnie mniejszy w porównaniu z membraną niemodyfikowaną. Z kolei modyfikowana membrana kompozytowa charakteryzowała się ok. dwukrotnie większym oporem warstwy *foulingowej* w porównaniu z modyfikowaną membraną asymetryczną. Z powyższych względów w pełni uzasadniony jest wniosek, że membrany modyfikowane nanorurkami węglowymi wykazują mniejszą podatność na zjawisko *foulingu*.

W ostatniej części badań Doktorant przedstawił efekty regeneracji membran asymetrycznych i kompozytowych modyfikowanych nanorurkami węglowymi. Autor rozprawy zastosował 4 metody regeneracji: regenerację fizyczną w polu ultradźwiękowym oraz 3 metody regeneracji chemicznej – z wykorzystaniem roztworu nadtlenu wodoru, roztworu kwasu azotowego i mieszaniny ozonu i wody dejonizowanej. Efekty regeneracji membran były oceniane na podstawie względnego strumienia permeatu oraz współczynników retencji mikrozanieczyszczeń. W przypadku membrany integralnie asymetrycznej najlepsze rezultaty uzyskano w wyniku regeneracji ultradźwiękami: strumień permeatu wzrósł o ok. 50% wobec wartości początkowej, a współczynniki retencji mikrozanieczyszczeń uległy nieznacznej poprawie. Z kolei, najlepsze efekty regeneracji membrany kompozytowej uzyskano w wyniku regeneracji chemicznej przy użyciu ozonu i wody dejonizowanej. W wyniku tego procesu, strumień permeatu osiągnął ok. 81% wartości początkowej, a współczynniki retencji mikrozanieczyszczeń (z wyjątkiem bisfenolu A) uległy niewielkiemu obniżeniu. Wartościowym elementem tej części dysertacji jest analiza dotycząca zmian właściwości powierzchniowych zregenerowanych membran (kąąt zwilżalności i potencjał zeta powierzchni membrany) oraz zmian struktury określanej na podstawie pomiarów porowatości i zdjęć przekrojów i powierzchni membran.

Rozprawę doktorską zamykają czytelne wnioski wyprowadzone na podstawie przeprowadzonych badań. Wnioski te są logiczne i w pełni uzasadnione.

Merytoryczna ocena rozprawy

Uważam, że temat podjęty przez Doktoranta jest oryginalny i wartościowy. Bardzo rozległy zakres przeprowadzonych badań pozwolił na pełną realizację postawionego celu pracy, którym była ocena możliwości skutecznego usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń organicznych z roztworów wodnych w procesie ultrafiltracji z wykorzystaniem membran polimerowych modyfikowanych nanorurkami węglowymi. Formowano dwa rodzaje membran: membrany integralnie asymetryczne oraz membrany kompozytowe typu *cienki film*. Dobrano odpowiednie stężenie polimeru w roztworze membranotwórczym oraz najbardziej korzystne stężenie modyfikatora węglowego. W efekcie uzyskano membrany o wysokich wartościach strumieni permeatu, przy zwiększonych zdolnościach separacyjnych wobec małocząsteczkowych mikrozanieczyszczeń organicznych.

Do najważniejszych osiągnięć Autora rozprawy doktorskiej mogę zaliczyć:

- ✓ opracowanie nowatorskiej metody wytwarzania membran kompozytowych typu *cienki film* przeznaczonych do ultrafiltracji, polegającej na wytworzeniu aktywnej warstwy z poliamidu na powierzchni porowatego suportu z polieterosulfonu; taki sposób syntezy warstwy aktywnej w membranach kompozytowych stosowany był dotąd wyłącznie w membranach przeznaczonych do nanofiltracji i odwróconej osmozy,
- ✓ dobór odpowiedniego stężenia polimeru (PES) w roztworze membranotwórczym oraz rodzaju i stężenia modyfikatora węglowego w procesie formowania membran, co umożliwiło wytworzenie membran (asymetrycznych i kompozytowych) o odpowiednio wysokich współczynnikach retencji mikrozanieczyszczeń organicznych, przy zachowaniu ich wysokiej przepuszczalności hydraulicznej, charakterystycznej dla membran ultrafiltracyjnych,
- ✓ analiza zjawiska *foulingu* w procesie ultrafiltracji z wykorzystaniem membran niemodyfikowanych oraz modyfikowanych nanorurkami węglowymi i wykazanie, że membrany modyfikowane nanorurkami węglowymi wykazują mniejszą podatność na zjawisko *foulingu*,
- ✓ dobór odpowiedniej metody regeneracji membran asymetrycznych i kompozytowych modyfikowanych nanorurkami węglowymi, co umożliwia przywrócenie w wysokim stopniu ich przepuszczalności hydraulicznej, przy niewielkich zmianach współczynników retencji mikrozanieczyszczeń.

Mojej wysokiej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej nie umniejszają poniższe uwagi, które w większości mają charakter redakcyjny, a tylko niektóre z nich mają charakter dyskusyjno – wyjaśniający. Są one następujące:

1. zamiast określenia: *woda pitna* (str. 13, 14) – należy stosować określenie: *woda do picia* (lub: *woda do spożycia*); zamiast *na oczyszczalni* (str. 13, 44) – powinno być *w oczyszczalni*; zamiast *charakterystyka na wodę* (str. 71) – powinno być *charakterystyka dla wody*,
2. str. 15: komórki bakterii są zatrzymywane przez membranę do ultrafiltracji (a nie: *przenikają przez membranę*), ze względu na istotną różnicę wielkości komórek bakterii (μm) i porów membrany (nm),
3. str. 55: azot amonowy ma postać N-NH_4^+ ,
4. str. 72: podany kąt zwilżalności ($69,7^\circ$) dotyczy membrany PES 16 (zgodnie z rys. 17),
5. str. 74: punkt izoelektryczny dla membrany PES 15 występuje przy 3,7 pH,
6. str. 83: kąt zwilżalności membran integralnie asymetrycznych przedstawia rys. 17,
7. str. 85: porowatość membran integralnie asymetrycznych obrazuje rys. 19,
8. str. 97: określenie *najbardziej optymalne* jest od strony językowej błędne,
9. str. 98: powinno być: *zasadowy odczyn nadawy*,
10. str. 100 i in.: układ *dead-end* oraz układ *cross-flow* mają swoje odpowiedniki w języku polskim – powinny być one stosowane w pracy,
11. str. 101: wg danych w tabeli 17 (układ *cross-flow*, nadawa DW) – średni strumień permeatu dla membrany TFC (niemodyfikowanej) jest ok. 4,5 razy mniejszy w porównaniu z membraną modyfikowaną, skąd zatem stwierdzenie, że *membrana TFC była ok. dwudziestokrotnie mniej przepuszczalna?*
12. str. 103, rys. 33: przedstawione dane dotyczą raczej układu bez płukania wstecznego – potwierdzają to dane zamieszczone w tabeli 18,
13. str. 104: stwierdzenie, że dla membrany PES 15 *względny strumień permeatu był najwyższy w stosunku do pozostałych membran* nie odpowiada danym przedstawionym na rys. 34 i w tabeli 18 – największa wartość względnego strumienia permeatu występuje dla membrany PES 15 0.1 (67%), podczas gdy dla membrany PES wynosi 55,5%,
14. str. 108, rys. 37: opis nt. oporu odwracalnego i oporu nieodwracalnego (str. 106-107) wskazuje na błędne oznaczenie kolorów na tym rysunku; kolor czerwony dotyczy oporu odwracalnego, a kolor niebieski – oporu nieodwracalnego,
15. str. 121: w ostatnim akapicie powinna być wskazana najkorzystniejsza metoda regeneracji modyfikowanych membran integralnie asymetrycznych oraz modyfikowanych membran kompozytowych, ponieważ w rozdziałach poprzedzających (15.1-15.4) mowa jest o wyłącznie o membranach modyfikowanych,
16. str. 123, wniosek 5: czy w świetle danych obrazujących zmiany w strukturze i na powierzchni modyfikowanej membrany integralnie asymetrycznej w wyniku oddziaływania

poła ultradźwiękowego (zdjęcia 10 i 12), ta metoda regeneracji jest najkorzystniejsza? A co nastąpi po kolejnych regeneracjach?

Podsumowanie oceny rozprawy i wniosek o jej przyjęcie

Przedstawione powyżej uwagi nie mają wpływu na moją w pełni pozytywną, a przy tym wysoką ocenę rozprawy doktorskiej. Obszerny zakres prac badawczych umożliwił Doktorantowi osiągnięcie cząstkowych celów pracy: wytworzenie ultrafiltracyjnych membran integralnie asymetrycznych oraz membran kompozytowych typu *cienki film* modyfikowanych nanorurkami węglowymi, zbadanie ich właściwości transportowych i separacyjnych wobec wybranych mikrozanieczyszczeń organicznych, analiza zjawiska *foulingu* na powierzchni formowanych membran oraz ocena możliwości fizycznej i chemicznej regeneracji membran.

Autor rozprawy opracował metodę wytwarzania polimerowych membran do ultrafiltracji modyfikowanych za pomocą nanomateriałów węglowych, przy czym metoda wytwarzania membran kompozytowych jest **metodą nowatorską** ze względu na sposób wytworzenia warstwy aktywnej na powierzchni makroporowatego suportu; taki sposób syntezy warstwy aktywnej w membranach kompozytowych stosowany był dotąd wyłącznie w membranach przeznaczonych do nanofiltracji i odwróconej osmozy. Doktorant wykazał, że modyfikowane membrany integralnie asymetryczne oraz membrany kompozytowe typu *cienki film* separują wybrane mikrozanieczyszczenia organiczne z wysoką skutecznością typową dla membran do nanofiltracji, przy zachowaniu właściwości transportowych charakterystycznych dla membran ultrafiltracyjnych.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Michała Adamczaka pt.: *Ultrafiltracyjne membrany polimerowe modyfikowane nanomateriałami w usuwaniu ze strumieni wodnych wybranych mikrozanieczyszczeń organicznych* spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawowe przepisy, tj. ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 14 marca 2003 r., a także ustawę z 3 lipca 2018 r. wprowadzającą ustawę *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z 3 lipca 2018 r. Wnoszę zatem o przyjęcie pracy przez Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej i dopuszczenie Autora rozprawy do jej publicznej obrony.

Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej

Mgr inż. Michał Adamczak jest osobą o wartościowym dorobku naukowym. Jest współautorem 12. publikacji, w tym 10. prac, które zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z listy JCR. Są to periodyki o wysokich wartościach współczynników oddziaływania: *Journal of Water Process Engineering*, IF = 5,485; *Water*, IF = 3,103; *International Journal of Polymer Science*, IF = 1,646; *Desalination and Water Treatment*, IF = 1,254 i in. Łączna wartość współczynników IF dla czasopism, w których są opublikowane prace Doktoranta, wynosi 19,878.

Spośród 12. prac opublikowanych, **9 publikacji** jest związanych tematycznie z **pracą doktorską**, przy czym 7 z nich ukazało się w czasopismach z bazy JCR – sumaryczna wartość IF wynosi w tym przypadku **10,862**. Warto zaznaczyć, że w tej grupie prac Doktorant występuje jako pierwszy autor w 8. publikacjach. Mgr inż. Michał Adamczak prezentował także wyniki swoich prac badawczych (związanych tematycznie z rozprawą doktorską) na 12. konferencjach naukowych.

Mając na uwadze wysoki poziom naukowy rozprawy doktorskiej (w tym – opracowanie nowatorskiej metody wytwarzania membran kompozytowych do ultrafiltracji) oraz wartościowy dorobek naukowy Doktoranta, proszę Wysoką Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o wyróżnienia recenzowanej rozprawy doktorskiej.

