



UNIWERSYTET
WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE

WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
INSTYTUT INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA
KATEDRA BIOTECHNOLOGII W OCHRONIE ŚRODOWISKA

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Cydzik-Kwiatkowska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Geoinżynierii
ul. Słoneczna 45 G, 10-719 Olsztyn

Olsztyn, 15 lutego 2023

**Recenzja osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej dr. inż. Beaty Malczewskiej
w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska,
górnictwo i energetyka**

Podstawa formalna recenzji

Podstawą recenzji jest pismo o sygnaturze IDDD0000.4102.7.2023 z dnia 13 stycznia 2023 r. od Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Pana prof. dr hab. inż. Krzysztofa Pulikowskiego dotyczące powierzenia funkcji recenzenta komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka wszczętym 22 września 2022 r. na wniosek dr inż. Beaty Malczewskiej.

Sylwetka naukowa i zawodowa Kandydatki do stopnia doktora habilitowanego

Dr inż. Beata Malczewska uzyskała stopień doktora nauk rolniczych w zakresie kształtowania środowiska na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Badanie wybranych własności osadów ściekowych w świetle możliwości ich utylizacji” obronionej na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Od 1 września 2007 r. do 31 sierpnia 2009 r. pracowała jako asystent w Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. 1 września 2009 r. awansowała na stanowisko adiunkta w tym samym Instytucie.

Część 1. Ocena osiągnięć naukowych, w rozumieniu art. 219 ust 1. pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz. 571 ze zm.)

Uzasadnienie celowości badań

Rozwój technik membranowych odgrywa istotną rolę w zrównoważonym gospodarowaniu wodą i energią i we wdrażaniu czystych technologii w inżynierii środowiska. Do usunięcia naturalnych substancji organicznych (NOM) z wody oprócz technik wysokociśnieniowych można stosować układy zintegrowane, w których wybrane procesy jednostkowe są łączone z niskociśnieniowymi technikami membranowymi. Dla wód powierzchniowych najczęściej filtrację membranową poprzedza koagulacja solami glinu lub żelaza. Jednym z wyzwania związanych ze stosowaniem technik membranowych jest zjawisko blokowania porów membrany (z ang. *fouling*), które obniża efektywność uzdatniania wody.



Obecność NOM przyspiesza *fouling* i skutkuje koniecznością częstszego czyszczenia membran, co z kolei przyspiesza ich starzenie.

W przeciwieństwie do tradycyjnie wytwarzanych membran, membrana dynamiczna (DM) składa się z dwóch warstw: membrany pierwotnej i wtórnej. Zwykle membrana pierwotna stanowi podłoże dla warstwy osadzonej. Membrana wtórna składa się z naniesionej warstwy nano- lub mikrocząsteczek, która umożliwia usuwanie zanieczyszczeń w wyniku sorpcji, co chroni membranę pierwotną przed bezpośrednim zanieczyszczeniem i poprawia jej wydajność. Ze względu na właściwości, otrzymywane syntetycznie podgrzane cząstki tlenku glinu (HAOPs ang. Heated Aluminum Oxide Particles) są atrakcyjnym sorbentem do stosowania w hybrydowych systemach sorpcji i filtracji membranowej. Kandydatka podjęła się opracowania i optymalizacji metody powlekania HAOPs rurowych membran ultrafiltracyjnych (UF) oraz porowatych struktur podtrzymujących i przygotowania procesu do wdrożenia na skalę półprzemysłową.

Ocena pracy

Zgodnie z przepisami określonymi art. 219 ust 1. pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz. 571 ze zm.), osiągnięcie naukowe ma formę cyklu 8 powiązanych tematycznie publikacji pod wspólnym tytułem „Optymalizacja mechanizmów usuwania naturalnych substancji organicznych z wody w procesach membranowych”. Cykl publikacji obejmuje prace:

- Malczewska B. Liu J. Benjamin M.M. 2015. Virtual elimination of MF and UF fouling by adsorptive precoat filtration, *Journal of Membrane Science*, 479, 159-164.
- Malczewska B. 2016. Evaluation of effectiveness of natural organic compounds removal from water in hybrid processes, *Journal of Water and Land Development*, 30 (VII-IX), 81-85.
- Malczewska B., Benjamin, M. M. 2016. Efficacy of hybrid adsorption/membrane pretreatment for low pressure membrane, *Water Research*, 99, 263-271.
- Malczewska B., Horochowska M. 2017. Study on characteristics and removal of NOM by pre-coated filtration, *Desalination and Water Treatment*, 87, 216–221.
- Malczewska B. 2017. Investigations of the mechanism of the fouling in microgranular adsorptive filtration, *Journal of Water and Land Development*, 35, 137-140.
- Malczewska B*. Żak A. 2019. Structural Changes and Operational Deterioration of the UF Polyethersulfone (PES) Membrane Due to Chemical Cleaning. *Scientific Reports* 422, 1-14.
- Malczewska B. 2021. Adsorption of Natural Organic Matter and Phosphorus from Surface Water Using Heated Aluminum Oxide (Predeposited) Dynamic Membrane Adsorber, *Applied Sciences-Basel*, 11(16), 1-17.
- Malczewska B., Farnood Ramin R., Tabea S. 2022. Natural organic matter removal by electrospun nanofiber membranes coated with heated aluminum oxide particles, *Journal of Water Process Engineering*, 45, 102498.

Prace były publikowane od 2015 r. do 2022 r. Trzy z prac to prace jednoautorskie, w pozostałych pracach udział Kandydatki waha się od 50 do 70%. We wszystkich pracach dr



inż. Beata Malczewska jest pierwszym autorem. Sumaryczny Impact Factor (IF) osiągnięcia naukowego wyniósł 26,044 (860 pkt ministerialnych, zakładając punktację czasopism na dzień 16.05.2022). W autoreferacie jest nieścisłość ponieważ Autorka twierdzi, że w 7 pracach jest pierwszym autorem, a w 6 autorem korespondencyjnym. Z tabeli 1. Autoreferatu wynika, że we wszystkich pracach jest pierwszym autorem, a w 7 autorem korespondencyjnym. We wszystkich pracach autorka była pomysłodawczynią badań formułującą hipotezy badawcze, odpowiadała za analizę i interpretację uzyskanych wyników badań, wnioskowanie, jak również przygotowanie manuskryptu. Wskazuje to na dojrzałość naukową i dużą samodzielność badawczą Kandydatki.

Celem badań było poszerzenie wiedzy o usuwaniu NOM z wód powierzchniowych oraz ocena zasadności wykorzystania HAOPs do modyfikacji powierzchni membrany stosowanej do usuwania NOM z wody, jak również określenie interakcji membrany z NOM obecnymi w wodzie. Kandydatka podjęła się określenia:

- mechanizmów oraz sprawności usuwania NOM z wód powierzchniowych,
- stopnia retencji zanieczyszczeń oraz właściwości hydraulicznych membran w zależności od jakości wody powierzchniowej,
- metod optymalizacji parametrów filtracji membranowej w procesie zintegrowanym,
- wpływu chemicznego czyszczenia membran na żywotność membrany UF podczas uzdatniania wód powierzchniowych.

W pierwszej z prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego Kandydatka porównała efektywność usuwania NOM z wody surowej, wody poddanej koagulacji solami glinu i filtracji membranowej, wody koagulowanej z wykorzystaniem HAOPs i poddawanej filtracji membranowej oraz wody uzdatnianej z wykorzystaniem membrany UF z naniesionymi HAOPs. Wykazała, że osadzanie HAOPs na membranie pozwala na bardziej efektywne usuwanie NOM niż konwencjonalna koagulacja i sedymentacja przy zastosowaniu porównywalnych dawek glinu. Pokrycie membrany ceramicznej warstwą HAOPs wydłużyło czas pracy instalacji, a efektywność usuwania NOM sięgnęła 90-95%.

W kolejnej z prac zastosowano koagulację z wykorzystaniem HAOPs oraz filtrację membranową do usuwania NOM z wody jeziornej. Podawanie wody bezpośrednio na membranę powodowało gwałtowny *fouling*, a usunięcie NOM wynosiło zaledwie 20%. Usunięcie NOM w układzie koagulacja HAOPs-filtracja membranowa dochodziło do 86% przy dawce HAOPs na poziomie 5 mg/l. Porównanie efektywności usuwania NOM przez HAOPs i siarczan glinu wykazało, że przy dawce 5 mg/l efektywność usuwania przez HAOPs była prawie 2-krotnie wyższa niż w przypadku stosowania siarczanu glinu.

Kandydatka testowała rozwiązanie, w którym woda powierzchniowa była uzdatniana przez warstwę HAOPs naniesioną na strukturę podtrzymującą, a po podczyszczeniu kierowana na membranę UF. Jako strukturę podtrzymującą DM testowano plastikowe, metalowe i nylonowe siatki filtracyjne, wybierając ostatecznie do badań siatkę metalową. Zastosowanie warstwy HAOPs pozwalało efektywnie uzdatniać wodę w instalacji z membraną UF bez znaczącego *foulingu*. Warstwa HAOPs umożliwiała usuwanie z wody ubocznych produktów dezynfekcji, substancji humusowych, białek oraz polisacharydo-



podobnych biopolimerów. Białka, aminocukry, polisacharydy oraz związki poli(hydroksyaromatyczne) stanowiły podstawowe frakcje NOM odpowiedzialne za *fouling*. Kandydatka opracowała półautomatyczną metodę czyszczenia filtrów DM, polegającą na impulsowym wprowadzeniu wody płuczącej i powietrza, określiła także charakterystyki przepływowe i wytrzymałość na zmiany ciśnienia zaprojektowanej instalacji.

Kandydatka identyfikowała składniki NOM odpowiedzialne za *fouling* membrany. Stosując Parallel Factor Analysis wykazała skuteczność warstwy HAOPs w usuwaniu związków organicznych, w szczególności substancji humusopodobnych. Opisała również mechanizm blokowania porów podczas filtracji na DM z HAOPs. Wskazała, że do matematycznego opisu *foulingu* można stosować różne modele w zależności od właściwości chemicznych i fizycznych filtrowanej wody – dla analizowanej DM mechanizm blokowania porów najlepiej opisywał model całkowitego zatykania porów. Kandydatka określiła wpływ NaOH, HCl i NaOCl stosowanych do czyszczenia membran na degradację membran UF z polieterosulfonu (PES). Zastosowanie NaOCl powodowało zmiany chemiczne w grupach funkcyjnych na powierzchni membrany z PES, zmiany morfologii jej powierzchni oraz obniżenie wydajności hydraulicznej instalacji wskazując, że NaOCl może powodować starzenie membrany PES po dłuższym czasie ekspozycji.

Kandydatka badała usuwanie P oraz NOM przez membranę pokrytą HAOPs. Badania prowadzono dla wody powierzchniowej oraz czystej wody, do której dodawano substancje humusowe oraz ortofosforany. Określono wpływ obciążenia powierzchni HAOPs na zmiany ciśnienia transmembranowego (TMP) - w przypadku membran modyfikowanych dwoma najwyższymi dawkami HAOPs (17 i 20 g/m²) wzrost TMP był znacznie wolniejszy niż w przypadku membrany niemodyfikowanej. Kinetykę adsorpcji P na warstwie HAOPs najlepiej opisywał model pseudo-drugiego rzędu, a najbardziej efektywne usunięcie P z wody (ponad 96%) uzyskano przy 6-7 pH. Skuteczność HAOPs w usuwaniu NOM sięgała 92%. Przy dawce sorbenta na poziomie 1 g/dm³, efektywność usuwania P i NOM spadała wraz ze wzrostem stężenia P w wodzie, przy czym spadek był dużo wyższy dla NOM niż dla P.

Kandydatka badała usuwanie NOM z wody powierzchniowej na membranie wytworzonej z poliakrylonitrylu (PAN) w procesie elektroprzędzenia oraz określała możliwości wykorzystania uzyskanej membrany jako struktury podtrzymującej HAOPs. W przypadku filtracji wody jeziornej na membranie pierwotnej efektywność usunięcia NOM była niska (13%). Zastosowanie membrany zmodyfikowanej HAOPs zwiększyło efektywność usuwania NOM do 56%. HAOPs tworzyły gęstą, amorficzną warstwę na powierzchni membrany. *Fouling* membrany był powodowany obecnością NOM, związków krzemu oraz wapnia. Wśród NOM zidentyfikowano 58 związków, wśród których dominowały wodorowęglany, węglowodory, polifenole oraz aminokwasy. W badaniach obserwowano, że wykorzystanie elektroprzędzonej membrany PAN powodowało niewielkie wzrosty ciśnienia podczas filtracji, co wskazuje na jej duże zalety jako nośnika HAOPs.

W zaprezentowanych pracach pojawiło się kilka kwestii, które powinny zostać uwzględnione w przyszłych badaniach. Stosowane przez Kandydatkę sformułowanie „woda syntetyczna” zastąpiłabym raczej sformułowaniem „woda z dodatkiem XX”. W niektórych



pracach pojawia się nieprawidłowy zapis jednostek (np. $l/m^2/h$). Analiza niektórych wykresów i ich legend nie daje jednoznacznej informacji odnośnie prezentowanych danych (np. H7, Fig. 6). Przytoczone uwagi nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych wyników.

Podsumowanie

Do najważniejszych osiągnięć badawczych zaprezentowanego osiągnięcia naukowego należy wykazanie zasadności stosowania DM z HAOPs do poprawy efektywności usuwania NOM z wody oraz poszerzenie wiedzy dotyczącej *foulingu* w układach uzdatniania wody wykorzystujących filtrację membranową. W badaniach stosowano szeroki wachlarz poprawnie dobranych technik analitycznych. Kandydatka wykazała, że usuwanie NOM w układach zintegrowanych z HAOPs opiera się głównie na oddziaływaniu pomiędzy DM a NOM, a nie na mechanizmie sitowym. W związku z tym jest zasadne stosowanie w zintegrowanych układach technologicznych z HAOPs metalowej siatki jako nośnika DM zamiast konwencjonalnej membrany UF, żeby zmniejszyć TMP i koszty eksploatacyjne. Kandydatka udowodniła, że DM pozwala na bardziej efektywne usuwanie NOM niż konwencjonalna koagulacja solami glinu, a podczyszczona woda może być w kolejnym etapie poddawana filtracji przy znacząco niższym *foulingu* membrany. Wykazała niekorzystny wpływ oczyszczania chemicznego z wykorzystaniem NaOCl na morfologię i wydajność membran. Zaproponowane przez Kandydatkę rozwiązania technologiczne charakteryzuje nie tylko wysoka efektywność usuwania zanieczyszczeń ale także oszczędność czasu oraz obniżenie kosztów eksploatacyjnych systemów uzdatniania wody.

Część 2 Ocena istotnej aktywności naukowej, o której mowa w art. 219 ust 1. pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz. 571 ze zm.)

Kandydatka wykazała się istotną aktywnością naukową realizowaną poza uczelnią macierzystą. Odbiła staże naukowe w Minzu University of China, University of Washington oraz University of Toronto. Z partnerami zagranicznymi prowadziła badania nad:

- zastosowaniem techniki przedzenia elektrowłókien do tworzenia membran sorpcyjnych stosowanych w uzdatnianiu wody, wpływem modyfikacji nanowłókien na ich zdolności adsorpcyjne oraz tworzeniem membran kompozytowych (University of Toronto),
- usuwaniem związków organicznych w procesie biofiltracji oraz oceną wpływu biofiltracji i parametrów operacyjnych na *fouling* podczas odsalania wody morskiej w procesie odwróconej osmozy (University of Waterloo),
- wykorzystaniem HAOPs w badaniach pilotażowych (Instytut badawczy Aqua-COWI oraz Norwegian University of Life Sciences),
- zmianami właściwości chemicznych membran UF z polifluorku winylidenu (PVDF) w miarę ich starzenia (University of British Columbia),
- opracowaniem technologii opartej o reaktor membranowy z mikro- i nanonośnikami do oczyszczania ścieków (University of Applied Sciences Northwestern Switzerland).



W autoreferacie zabrakło doprecyzowania, które z publikacji były wynikiem zaprezentowanej współpracy międzynarodowej. Kandydatka pisze, że „powstał szereg projektów badawczych” natomiast w dorobku wykazuje jeden zagraniczny grant finansowany przez National Science Foundation (USA). Te niedociągnięcia nie umniejszają jednak bardzo pozytywnego wrażenia z poziomu współpracy międzynarodowej Kandydatki.

Część 3 - Pozostałe osiągnięcia badawcze, organizacyjne i dydaktyczne.

Oprócz badań zaprezentowanych w cyklu publikacji stanowiącym osiągnięcie naukowe, Kandydatka zajmowała się także zagadnieniami badawczymi związanymi z jakością wody oraz gospodarką wodną. Określała własności hydrauliczne i opory przepływu osadów ściekowych oraz zagęszczonych mieszanin popiołowo-wodnych stosując model reologiczny. Wyniki były porównane z wynikami badań uzyskanymi w skali półtechnicznej. Badala zakres oraz sezonową zmienność stężeń wybranych wskaźników fizykochemicznych (np. żelazo, mangan, azot, fosfor, metale ciężkie) wód podziemnych, powierzchniowych i opadowych. Prowadziła także badania dotyczące ilości i jakości wód powierzchniowych i gruntowych oraz bezpieczeństwa budowli wodnych. W kontekście rozwoju małych elektrowni wodnych, Kandydatka zajmowała się określeniem możliwości kierowania zachowaniem ichtiofauny za pomocą Elektronicznego Systemu Odstraszania Ryb.

Podsumowując dorobek publikacyjny, przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydatka opublikowała 9 prac (nie indeksowanych w Web of Science) i uczestniczyła w 5 konferencjach naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka opublikowała 45 prac naukowych, w tym 1 monografię, i uczestniczyła w 33 konferencjach naukowych. W bazie Web of Science jest indeksowane 14 z opublikowanych prac o sumarycznym IF = 31.411. Sumaryczna liczba punktów ministerialnych zgodna z rokiem opublikowania poszczególnych prac wyniosła 16 punktów przed doktoratem oraz 692 punkty po uzyskaniu stopnia doktora. Według Web of Science całkowita liczba cytowań prac Kandydatki to 50 (bez autocytowań), a jej indeks Hirscha jest równy 4. Dorobek habilitacyjny został opublikowany w czasopiśmie o statusie międzynarodowym. Pozostała część dorobku była opublikowana głównie w czasopiśmie o zasięgu krajowym. W pracach Kandydatka jest najczęściej pierwszym lub drugim autorem, co wskazuje na wiodącą rolę w prowadzonych badaniach. Warto podkreślić, że w wielu konferencjach Kandydatka brała udział w roli prelegenta.

Kandydatka uczestniczyła w projekcie dotyczącym zastosowania przemysłowego DM z HAOPs, który był finansowany przez National Science Foundation (USA). Wyniki badań były podstawą zgłoszenia patentowego „A new method for using micron-sized adsorbent particles to improve membrane performance”. Kierowała projektem finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki, którego celem było określenie możliwości redukcji oporów podczas przepływu mieszanin dwufazowych. Kierowała również dwoma projektami finansowanymi przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Była wykonawcą w projekcie realizowanym w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego „Rybołówstwo i przetwórstwo ryb 2004-2006”, w którym odpowiadała za analizę hydrauliczną budowli hydrotechnicznych oraz określenie ich wpływu na środowisko. W projekcie pt. „Innowacyjne



UNIWERSYTET
WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE

WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
INSTYTUT INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA
KATEDRA BIOTECHNOLOGII W OCHRONIE ŚRODOWISKA

technologie ograniczenia migracji zasolonych wód podziemnych do wód powierzchniowych w rejonie Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych „Żelazny Most””, Kandydatka odpowiada za określenie źródła zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych oraz przygotowanie danych do opracowania modelu migracji zanieczyszczeń.

Kandydatka prowadziła ćwiczenia audytoryjne, projektowe oraz laboratoria z przedmiotów związanych z analizą ruchu płynów (kierunki inżynieria środowiska, inżynieria bezpieczeństwa, inżynieria i gospodarka wodna oraz budownictwo). Prowadziła zajęcia ze studentami studiów zagranicznych oraz sprawowała opiekę nad stażystami z programu ERASMUS+. Była opiekunką 26 prac dyplomowych oraz członkiem komitetów organizacyjnych pięciu konferencji międzynarodowych i jednej konferencji krajowej. Brała udział w działaniach promocyjnych na rzecz swojego Wydziału oraz współpracowała z Uniwersytetem Dzieci. Odbyła szereg szkoleń poszerzających warsztat naukowy. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej, Polskiego Zrzeszenia Inżynierów Sanitarnych, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Klubu Stypendystów Fundacji Kościuszkowskiej, the Water Research Membrane Science and Technology Network oraz International Water Association.

Kandydatka otrzymała 4 nagrody Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w tym 3 za działalność naukową (dwie indywidualne i jedna zespołowa).

4. Konkluzja

Kandydatka w badaniach koncentrowała się na opracowaniu rozwiązań technologicznych zwiększających efektywność usuwania zanieczyszczeń z wody w układach zintegrowanych wykorzystujących procesy membranowe, co wpisuje się w najnowsze trendy w inżynierii środowiska i wskazuje na ważną rolę podejmowanej przez Kandydatkę tematyki badawczej. Biorąc pod uwagę zamieszczoną wyżej ocenę osiągnięcia naukowego pt. „Optymalizacja mechanizmów usuwania naturalnych substancji organicznych z wody w procesach membranowych”, aktywność naukową kandydatki realizowaną poza uczelnią macierzystą, pozostałą aktywność badawczą, a także osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne, stwierdzam, że dr inż. Beata Malczewska spełnia wymagania stawiane osobom kandydującym do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz. 571 ze zm.). W związku z powyższym wnoszę do komisji habilitacyjnej o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego dr inż. Beaty Malczewskiej oraz do Rady Dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o podjęcie uchwały o nadaniu dr inż. Beaty Malczewskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Cydzik-Kwiatkowska