

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Inżynierii Wody i Ścieków

prof. dr hab. inż.
Mariusz Dudziak

Gliwice, 30.11.2020 r.

Recenzja

osiągnięcia naukowego

„Zastosowanie materiałów sorpcyjnych i immobilizowanych materiałów polimerowych
w remediacji wód i ścieków zanieczyszczonych metalami ciężkim”

oraz dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego
dr inż. Iwona ZAWIERUCHA

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

1. Podstawa opracowania

Recenzję sporządzono w związku z Uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 28 października 2020 r. i na zlecenie Dyrektora Instytutu Inżynierii Środowiska z dnia 5 listopada 2020 r. (pismo nr IIŚ 129/2020). Podstawą opracowania recenzji była dokumentacja złożona przez Kandydatkę.

2. Informacje o Kandydatce

Dr inż. Iwona Zawierucha ukończyła studia magisterskie na kierunku Inżynieria Środowiska na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej w Częstochowie w 2003 roku. Tytuł pracy magisterskiej to „Sorpcja i biodegradacja fenolu na węglu aktywnym ROW 08 SUPRA”, a promotorem był dr hab. inż. Zygmunt Dębowski, prof. PCz. W 2008 roku Kandydatka uzyskała stopień doktora nauk technicznych na swoim macierzystym wydziale w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska na podstawie przedłożonej rozprawy doktorskiej pt. „Wspomaganie tlenowej biodegradacji substancji ropopochodnych w środowisku gruntowo-wodnym”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Grzegorz Malina. Praca doktorska była wykonywana w ramach dziennych studiów doktoranckich.

Przebieg pracy zawodowej dr inż. Iwony Zawierucha był następujący:

- Od 01.10.2008 r. do 30.09.2009 r. asystent w Instytucie Chemii i Ochrony Środowiska, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie,
- Od 01.10.2009 r. do 30.09.2018 r. adiunkt w Instytucie Chemii, Ochrony Środowiska i Biotechnologii, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (od 01.06.2018 r. Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie),
- Od 01.10.2018 r. do chwili obecnej adiunkt w Instytucie Chemii, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy (od 01.10.2019 r. Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych) Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie.

3. Główne osiągnięcie naukowe Kandydatki

Osiągnięciem naukowym przedłożonym przez dr inż. Iwonę Zawierucha jako podstawa ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka jest cykl 7 powiązanych tematycznie publikacji naukowych o łącznej sumie punktów MNISW – 260 oraz sumarycznym IF wg bazy Journal Citation Reports (JCR) – 11,326 (zgodnie z rokiem opublikowania), któremu Autorka nadała tytuł *„Zastosowanie materiałów sorpcyjnych i immobilizowanych materiałów polimerowych w remediacji wód i ścieków zanieczyszczonych metalami ciężkimi”*:

- [O1] Zawierucha I., Malina G. (2012) Performance of ZVI for removal of heavy metals from groundwater within a PRB. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 21, No. 5A, 450-453, (IF 2012: 0,462, MNISW: 15 pkt).
- [O2] Zawierucha I., Malina G. (2014) Zastosowanie zeolitu do usuwania jonów metali śladowych z wody w technologii przepuszczalnych barier aktywnych. Ochrona Środowiska, Vol. 36, No. 1, 39–44, (IF 2014: 0,392, MNISW: 15 pkt).
- [O3] Zawierucha I., Nowik-Zajac A. (2019) Evaluation of permeable sorption barriers for treating of heavy metals contaminated groundwater. Water Science and Technology, 80(3), 448-457, (IF 2018: 1,624, MNISW: 40 pkt).
- [O4] Zawierucha I., Kozłowska J., Kozłowski C., Trochimczuk A. (2014) Sorption of Pb(II), Cd(II) and Zn(II) performed with the use of carboxyphenylresorcinareneimpregnated Amberlite XAD-4 resin. Desalination and Water Treatment, 52, 1-3, 314-323, (IF 2014: 1,173, MNISW: 20 pkt).

- [O5] Zawierucha I., Kozłowski C., Malina G. (2013) Removal of toxic metal ions from landfill leachate by complementary sorption and transport across polymer inclusion membranes. *Waste Management*, 33(10), 2129-2136, (IF 2013: 3,157, MNISW: 30 pkt).
- [O6] Zawierucha I., Nowik-Zajac A., Kozłowski C. (2019) Application of Cr(VI) transport across the polymer inclusion membrane with calixresorcin[4]arene derivative as ion carrier. *Separation Science and Technology*, <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1609031>, (IF 2018: 1,354, MNISW: 40 pkt).
- [O7] Zawierucha I., Nowik-Zajac A., Kozłowski C. (2019) Removal of Pb(II) ions using polymer inclusion membranes containing calix[4]resorcinarene derivative as ion carrier. *Polymers*, 11(12), 2111, (IF 2018: 3,164, MNISW: 100 pkt).

Przedstawione prace dotyczą innowacyjnych i efektywnych rozwiązań technologicznych umożliwiających obniżenie stężeń toksycznych jonów metali ciężkich ze środowiska wodnego. Stwierdzam, że tematyka prac jest odmienna od rozprawy doktorskiej. Kandydatka po doktoracie skupiła się głównie na usuwaniu zanieczyszczeń nieorganicznych oraz procesach sorpcyjnych i membranowych. Uważam jednak, że mało trafnym jest zastosowanie w tytule osiągnięcia naukowego słowa *remediacja* w odniesieniu do wód i ścieków. Wkład Kandydatki w powstanie prac stanowiących osiągnięcie naukowe jest znaczny tj. od 70% do 90%.

Kandydatka sformułowała następujące cele swoich badań, które systematyzują dorobek w ramach głównego osiągnięcia naukowego:

1. określenie skuteczności zastosowania materiałów sorpcyjnych w postaci przepuszczalnych barier aktywnych (z ang. *Permeable Reactive Barrier* - PRB) do usuwania metali ciężkich z wód podziemnych,
2. określenie warunków stosowania oraz ocena wydajności nowych sorbentów (impregnowanych żywic) w aspekcie ich potencjalnego wykorzystania do oczyszczania wód i ścieków z metali ciężkich,
3. ocena efektywności separacji jonów metali ciężkich ze ścieków przemysłowych z użyciem polimerowych membran inkluzyjnych w różnych warunkach parametryzacji systemu oczyszczania.

W pracach *O1-O3* Kandydatka przedstawiła wyniki badań dotyczące skuteczność stosowania materiałów sorpcyjnych w postaci przepuszczalnych barier aktywnych (PRB) do usuwania metali ciężkich z wód podziemnych. Oceniono następujące materiały sorpcyjne: żelazo zerowartościowe (Fe^0) w postaci odpadowych opiłków, zeolit naturalny w postaci

klinoptylolitu pochodzącego z tufów, granulowany węgiel aktywny Baqua 1 (GAC) oraz silnie kwasowa żywica kationitowa Amberlite IR120 H o strukturze żelowej typu sulfonianów polistyrenowych. Wyniki badań pokazały, że badane materiały mogą być stosowane w PRB do usuwania jonów metali ciężkich z wody podziemnej. Jednak skuteczność ich działania była zróżnicowana. Najkorzystniejszym materiałem okazała się żywica jonowymienna, która pomimo wyższych kosztów inwestycyjnych w porównaniu do innych materiałów sorpcyjnych, stanowi optymalny materiał PRB. O jej przydatności do zastosowania w PRB świadczyła zarówno jej wysoka skuteczność w usuwaniu jonów metali ciężkich z wody podziemnej, jak i długa żywotność. Obecność innych jonów w wodzie podziemnej nie wpływała na aktywność i przepuszczalność bariery wypełnionej żywicą. Ponadto do oczyszczenia danej objętości wody podziemnej w systemie PRB może być zastosowana jej mniejsza ilość w porównaniu do innych materiałów.

Kolejne dwie prace Kandydatki *O4-O5* dotyczą badań nad określeniem warunków zastosowania oraz oceny skuteczności nowych sorbentów (impregnowanych żywic) w aspekcie ich potencjalnego wykorzystania do oczyszczania wód i ścieków z jonów metali ciężkich. Do impregnacji żywic zastosowano fizyczną immobilizację specyficznych przenośników jonów metali (karboksyfenylowa lub alkilowa pochodna kaliks[4]rezorcynarenu) na polimerowym nośniku - żywicy Amberlite XAD-4. Udokumentowano, że żywice immobilizowane pochodnymi kaliks[4]rezorcynarenu mogą być z powodzeniem stosowane do selektywnego i efektywnego usuwania jonów metali z wód i ścieków, przy czym istotna jest wartość pH roztworu oraz czas kontaktu. Sorbenty te można stosunkowo łatwo regenerować dlatego mogą być używane wiele razy.

Z kolei prace *O5-O7* przedstawiają ocenę efektywności separacji jonów metali ciężkich ze ścieków przemysłowych z użyciem polimerowych membran inkluzyjnych w różnych warunkach technologicznych. Polimerowe membrany inkluzyjne otrzymywano metodą wylewania roztworu zawierającego polimer, przenośnik jonów i plastyfikator, a następnie powolnego odparowania lotnego rozpuszczalnika. Jako przenośniki jonów metali zastosowano alkilową, funkcjonalizowaną pirydyłową i fenyłową pochodną kaliks[4]rezorcynarenu. Matryca membran wykonana była z trioctanu celulozy (CTA). Wykazano, że efektywność separacji jonów metali z użyciem polimerowych membran inkluzyjnych zależała głównie od pH oczyszczanego strumienia, właściwości fizyko-chemicznych membrany (stężenie przenośnika i plastyfikatora) oraz rodzaju fazy odbierającej. Proces filtracji najkorzystniej jest prowadzić w warunkach nasycenia porów membrany kompleksem przenośnika z jonami metalu i też nasycenia warstwy ligandu na powierzchni membrany, co w konsekwencji powoduje zatrzymanie składnika oddzielanego po stronie nadawy i prowadzi do osiągnięcia stałego strumienia. Zaobserwowana stabilność pracy wytworzonych membran daje możliwość ich wielokrotnego użycia.

Jako wkład Kandydatki w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka można wskazać następujące osiągnięcia:

- Otrzymanie nowych materiałów sorpcyjnych i membran w aspekcie oczyszczania wód i ścieków zawierających jony metali ciężkich.
- Określenie skuteczności badanych materiałów pod kątem selektywnego usuwania jonów metali z wód i ścieków.
- Opis mechanizmów usuwania i transportu jonów metali ciężkich w procesie sorpcji na różnych sorbentach jak i podczas filtracji przez polimerowe membrany inkluzyjne.
- Identyfikacja czynników warunkujących dobrą skuteczność procesu sorpcji i filtracji membranowej.
- Ocena stabilności i trwałości działania badanych materiałów sorpcyjnych i membran.

Analiza i ocena merytoryczna prac stanowiących osiągnięcie naukowe Kandydatki pozwala stwierdzić, że stanowią one ważne źródło wiedzy na temat zastosowania materiałów sorpcyjnych i immobilizowanych materiałów polimerowych w oczyszczaniu wód i ścieków z jonów metali ciężkich. Tematyka ta jest ważna ze względu na potrzebę rozwoju technologii umożliwiających obniżenie stężeń toksycznych jonów metali ciężkich ze środowiska wodnego, a przeprowadzone przez Kandydatkę prace eksperymentalne i uzyskane rezultaty mają duże znaczenie poznawcze i użytkowe. Duża część badań została przeprowadzona z wykorzystaniem rzeczywistych matryc środowiskowych. Publikacje Kandydatki adresowane są przede wszystkim do osób zajmujących się technologią oczyszczania wody i ścieków, a w szczególności procesami sorpcyjnymi i membranowymi.

4. Ocena aktywności naukowej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Zainteresowania naukowe i badawcze dr inż. Iwony Zawierucha koncentrują się na zagadnieniach związanych z zanieczyszczeniem środowiska gruntowo-wodnego. Po doktoracie kontynuowała badania nad biodegradacją substancji organicznych. W tym zakresie tematycznym poszukiwała współpracy z innymi uczelniami, czy też instytucjami naukowymi. Dla przykładu, we współpracy z zespołem prof. Marka Kowalczyka z Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrze prowadziła badania dotyczące oceny procesu degradacji mieszanek poliestrów aromatyczno-alifatycznych w glebie. Z kolei realizując prace dotyczące materiałów sorpcyjnych i immobilizowanych materiałów polimerowych w oczyszczaniu wód i ścieków współpracowała z zespołem prof. Andrzeja Trochimczuka z Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej, czy też z dr Martą Kołodziejską

z Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej. Powyższe współprace potwierdzają liczne publikacje naukowe.

W ocenianym okresie pracy naukowej Kandydatka była autorem lub współautorem 65 prac naukowych (z czego 53 prace są z okresu po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych):

- 16 publikacji w czasopismach z bazy JCR o Σ IF 23,03 (14 po doktoracie o Σ IF 21,78),
- 3 publikacje w WoS i/lub w bazie Scopus (1 po doktoracie),
- 2 prace w materiałach konferencyjnych zamieszczonych na WoS i/lub w bazie Scopus,
- 19 rozdziałów w monografiach (16 po doktoracie) z czego 16 prac jest opublikowanych w języku angielskim (13 po doktoracie),
- 25 prac opublikowanych w innych materiałach konferencyjnych (22 po doktoracie) z czego 24 jest opublikowanych w języku angielskim (21 po doktoracie).

Prace autorstwa Kandydatki były odpowiednio według bazy Web of Science Core Collecton (według Scopus) cytowane 73 razy, w tym 64 razy bez autocytowań (91 razy i 78 razy bez autocytowań), a indeks Hirscha wynosi 5 (5).

Kandydatka wzięła udział w 30 konferencjach naukowych (27 po doktoracie) z czego 15 to wydarzenia międzynarodowe (14 po doktoracie). Odbyła też 3 krótkie staże zagraniczne w ramach programu Erasmus/Erasmus+ odpowiednio w Vysoká Škola Báňská - Technická Univerzita Ostrava (Czechy) w 2017 roku, Università Degli Studi di Cagliari (Włochy) w 2015 roku oraz Università Degli Studi di Perugia (Włochy) w 2014 roku.

W ramach swojej działalności naukowej Kandydatka wielokrotnie recenzowała artykuły w międzynarodowych czasopismach naukowych, m.in. w: *Journal of Hazardous Materials, Waste Management, Molecules, Desalination and Water Treatment, Polymers, Environmental Science and Pollution Research, Scientific Review Engineering and Environmental Sciences, Soil and Sediment Contamination, Applied Soil Ecology, Environmental Technology, Water Science and Technology, Environmental Engineering and Management Journal, Fresenius Environmental Bulletin, African Journal of Microbiology Research, Ecohydrology and Hydrobiology, Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability* oraz *Chemistry, Environment, Biotechnology*.

Po roku 2008 (po doktoracie) Kandydatka kierowała 2 projektami badawczymi finansowanymi w drodze konkursów krajowych, w tym:

- Projekt SONATA 10 nr 2015/19/D/ST10/03214 (umowa nr UMO-2015/19/D/ST10/03214) „Zastosowanie modyfikowanych materiałów polimerowych do usuwania toksycznych jonów metali z wód podziemnych w technologii przepuszczalnych barier sorpcyjnych”, budżet 300 360 zł, okres realizacji 20.06.2016-19.12.2019, projekt badawczy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki - projekt zrealizowany (złożony raport końcowy).

- Projekt nr NN525 394139 (umowa nr 3941/B/T02/2010/39) „Wykorzystanie procesów sorpcji i transportu przez immobilizowane membrany do usuwania metali ciężkich z zanieczyszczonych wód podziemnych i odcieków składowiskowych”, budżet 113 750 zł, okres realizacji 10.09.2010-09.09.2012, projekt badawczy finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego - projekt zrealizowany i rozliczony.

Podsumowując osiągnięcia naukowe należy podkreślić aktywność badawczą Kandydatki polegającą na prowadzeniu trudnych i pracochłonnych prac eksperymentalnych umożliwiających uzyskanie oryginalnych i wartościowych wyników. Kandydatka udokumentowała też swoją aktywność naukową w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej.

5. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego

Dr inż. Iwona Zawierucha jest aktywnym nauczycielem akademickim. Od zatrudnienia na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym (obecnie Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych) Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Długosza w Częstochowie prowadzi bardzo różne tematycznie wykłady oraz laboratoria, ćwiczenia, konwersatoria i seminaria, łącznie w ramach 23 różnych przedmiotów na kierunkach: Biotechnologia, Chemia, Inżynieria Bezpieczeństwa, Ochrona środowiska i Kosmetologia. Była promotorem 28 prac (12 prac magisterskich oraz 16 prac licencjackich i inżynierskich). Wykonała 23 recenzje prac dyplomowych.

Kandydatka ma również osiągnięcia organizacyjne. W latach 2012-2016 była członkiem Rady Programowej oraz Zespołu Kierunkowego ds. Jakości Kształcenia kierunku Ochrona Środowiska na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym (obecnie Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych). Jest członkiem Uczelnianej Komisji Wyborczej (kadencja 2019-2024) oraz członkiem Zespołu Kierunkowego ds. Jakości Kształcenia kierunku Chemia na Wydziale Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Długosza w Częstochowie (kadencja 2019-2023). Razem z Kołem Naukowym Studentów Wydziału Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych była odpowiedzialna za cykliczne Interdyscyplinarne Seminaria Studenckie „Forum Młodych Nauki”.

Aktywność popularyzatorska Kandydatki związana jest z udziałem w wydarzeniach mających na celu rozpowszechnianie nauki oraz promocję swojego Wydziału i Uczelni. Promocję badań naukowych i kierunków studiów prowadzi w ramach wyjazdów do szkół podstawowych i średnich, czy też zagranicznych w ramach programu Erasmus i Erasmus⁺.

Ważne jest również, że Kandydatka ciągle podnosi swoje kwalifikacje zawodowe poprzez udział w różnych kursach i szkoleniach.

Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział w Częstochowie.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując:

- Główne osiągnięcie naukowe dr inż. Iwony Zawierucha stanowi oryginalny wkład w rozwój nauki w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.
- Dorobek publikacyjny Kandydatki jest jakościowo i ilościowo dobry, mierzony liczbą publikacji w Bazie JCR (16) oraz według kryterium sumarycznego IF (23,03), a także liczbą cytowań (65 bez autocytowań) według bazy Web of Science Core Collecton i indeksem Hirscha (5 według tego samego źródła).
- Prace naukowe Kandydatki są ważne w obszarze inżynierii i ochrony środowiska, a ich tematyka jest wysoce jednorodna oraz wiążą się one z praktycznymi zastosowaniami.
- Aktywność naukowa i współpraca krajowa oraz międzynarodowa Kandydatki jest dobra, w tym zakresie prowadzi badania we współpracy z więcej niż jedną uczelnią lub instytucją naukową, odbyła 3 krótkoterminowe staże zagraniczne, brała czynny udział w wielu konferencjach międzynarodowych i prowadzi aktywną działalność recenzencką.
- Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska Kandydatki jest również dobra.

Uwzględniając przeprowadzoną powyżej ocenę głównego osiągnięcia naukowego, a także całokształtu dorobku badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego stwierdzam, że dr inż. Iwona Zawierucha posiada osiągnięcia naukowe, które stanowią znaczny wkład Autorki w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Ponadto stwierdzam, że dr inż. Iwona Zawierucha spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego w świetle obowiązujących przepisów.

Biorąc powyższe pod uwagę, wnioskuję do Rady dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o nadanie dr inż. Iwone Zawierucha stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

