

## **Recenzja**

**osiągnięć naukowych, dydaktycznych, organizacyjnych w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**

**dr. Janowi Bogackiemu**

### **1. Podstawa formalna recenzji**

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Warszawskiej (pismo: RDN.IŚGiE.43.2025 z dnia 15 maja 2025 r.), powołujące mnie na podstawie art. 221 ust. 5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571), jako jednego z recenzentów w Komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego Panu dr. Janowi Bogackiemu.

Równocześnie z pismem otrzymałam komplet materiałów wraz z wnioskiem Pana dr. Jana Bogackiego w dniu 18.06.2025 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk: inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, na podstawie dwóch osiągnięć naukowych stanowiących cykl powiązanych tematycznie oryginalnych prac naukowych. Pierwsze osiągnięcie naukowe stanowi cykl 15-stu powiązanych tematycznie artykułów naukowych i jednej książki pod wspólnym tytułem „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych” oraz drugie osiągnięcie naukowe stanowi cykl artykułów naukowych pod wspólnym tytułem „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych”. Wniosek i dołączone do niego dokumenty dostarczono w papierowej oraz w wersji elektronicznej. Recenzję wykonano w oparciu o materiały dołączone do wniosku:

- Kopię dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia doktora (zał. 1),
- Dane Wnioskodawcy (zał. 2),
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych (zał. 3),
- Wykaz osiągnięć naukowych (zał. 4),
- Publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe (zał. 5),
- Oświadczenia współautorów publikacji określające indywidualny wkład w ich powstanie (zał. 6),
- Dokumenty potwierdzające odbyte staże i szkolenia (zał. 7)
- Analiza danych naukometrycznych opracowana przez Oddział Informacji Naukowej i Analiz Bibliometrycznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej (zał. 8).

Niniejsza recenzja sporządzona została na podstawie wymienionych dokumentów, uwzględniając kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określonych w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024 r. poz. 1571).

## **2. Sylwetka, wykształcenie i kariera zawodowa Habilitanta**

Pan dr Jan Bogacki ukończył studia licencjackie w roku 2005 na kierunku Ochrona Środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej (opiekun naukowy: dr Małgorzata Wojtkowska), następnie ukończył studia magisterskie uzyskując tytuł magistra w 2007 r. również na kierunku Ochrona Środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej (promotor: dr Małgorzata Wojtkowska; współautor: Maciej Graczykowski). W 2008 r. ukończył studia podyplomowe z Informatyki i Zarządzania w Ochronie Środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. W latach 2007-2008 kształcił się na studiach doktoranckich w zakresie inżynierii środowiska także na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej i uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej z dnia 9 lipca 2013 roku. Pan Jan Bogacki przedstawił rozprawę doktorską nt. „Chemiczne podczyszczanie ścieków z przemysłu chemicznego” (promotor w przewodzie doktorskim: dr hab. inż. Jeremi Naumczyk, prof. PW; recenzenci: prof. dr hab. inż. Anna M. Anielak, prof. dr hab. inż. Bronisław Bartkiewicz).

Pan Jan Bogacki w czasie trwania studiów doktoranckich podjął pracę na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej:

- w okresie 15.10.2009 - 30.11.2013 r. na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

- w okresie 01.12.2013- 31.12.2015 r. na stanowisku adiunkta naukowo- dydaktycznego na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej
- od 01.01.2016 r. – do obecnie, na stanowisku na stanowisku adiunkta naukowo- dydaktycznego na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

Według danych w przedstawionej dokumentacji Habilitant nie ubiegał się dotychczas o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Praca badawcza i zainteresowania naukowe Habilitanta koncentrują się głównie na zagadnieniach związanych z oczyszczaniem ścieków przemysłowych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza. Zainteresowania Habilitanta skupiają się również na mobilności metali ciężkich w osadach dennych.

### **3. Ocena osiągnięć naukowych będących przedmiotem postępowania habilitacyjnego**

#### **Ocena formalna**

Osiągnięciami naukowymi wymaganymi według art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024 r. poz. 1571) jest przedstawiony przez Habilitanta głównie cykl piętnastu współautorskich oryginalnych publikacji naukowych i jednej książki, pod wspólnym tytułem: „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych” oraz jako drugie osiągnięcie naukowe przedstawiony został cykl 3 publikacji powiązanych tematycznie o wspólnym tytule: „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych”.

W skład omawianego głównego osiągnięcia wchodzi cykl artykułów oraz książka według następującego wykazu:

1. **Bogacki J.\***, Al-Hazmi H., 2017. Automotive fleet repair facility wastewater treatment using air/ZVI and air/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes, Archives of Environmental Protection, 43, (3), 24-31, DOI:10.1515/aep-2017-0024.

IF = 1.120; Pkt. MNiSW2017 (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 14;  
Udział: 50%

2. **Bogacki J.\***, Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., 2017. Cosmetic wastewater treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, Environmental Technology, 38 (20), 2589-2600, DOI:10.1080/09593330.2016.1271020.,

IF = 1.666; Pkt. MNiSW2017 (przed reformą) = 25; Liczba cytowań (wg WoS) = 18;  
Udział: 25%

3. **Bogacki J.\***, Marcinowski P., Zawadzki J., Majewski M., Sivakumar S., 2017. Oczyszczanie ścieków z instalacji odsiarczania spalin z wykorzystaniem procesu  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$ , *Przemysł Chemiczny*, 96 (12), 2486 – 2490, DOI:10.15199/62.2017.12.17., IF = 0.399; Pkt. MNiSW2017 (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 3; Udział: 20%
4. Maksymiec J., Marcinowski P.\*, **Bogacki J.**, Zapałowska E., Dzieńko K., 2017, Wstępne wyniki zastosowania magnetytu w oczyszczaniu ścieków z przemysłu kosmetycznego, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (8), 336-339, <https://doi.org/10.15199/17.2017.8.4>. IF = 0.0; Pkt. MNiSW2017 (przed reformą) = 11; Liczba cytowań (wg WoS) = 2; Udział: 25%
5. Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., **Bogacki J.\***, 2018. Hydraulic fracturing flow back fluid treatment by ZVI/ $\text{H}_2\text{O}_2$  process, *Desalination and Water Treatment*, 129, 177-184, DOI:10.5004/dwt.2018.23086. IF = 1.383; Pkt. MNiSW2018 (przed reformą) = 20; Liczba cytowań (wg WoS) = 6; Udział: 22,5%
6. **Bogacki J.\***, Marcinowski P., Majewski M., Zawadzki J., Sivakumar S., 2018. Alternative approach to current EU BAT recommendation for coal fired power plant flue gas desulfurization wastewater treatment, *Processes*, 6 (11), 1-11, DOI:10.3390/pr6110229. IF = 1.963; Pkt. MNiSW2018 (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 28; Udział: 20%
7. **Bogacki J.\***, Marcinowski P., El-Khozondar B., 2019. Treatment of landfill leachates with combined acidification/coagulation and the  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  process, *Water*, 11, 194, DOI:10.3390/w11020194. IF = 2.544; Pkt. MNiSW2019 (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 9; Udział: 45%
8. **Bogacki J.\***, Zawadzki J., 2019. Multipurpose usage of magnetic proppants during shale gas exploitation, *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26 (1), 37-44, DOI:10.1515/eces-2019-0017. IF = 1.488; Pkt. MNiSW2019 (po reformie) = 40; Liczba cytowań (wg WoS) = 5; Udział: 50%
9. Muszyński A., Marcinowski P., Maksymiec J., Beskowska K., Kalwarczyk E., **Bogacki J.\***, 2019. Cosmetic wastewater treatment with combined light/ $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  process

- coupled with activated sludge, *Journal of Hazardous Materials*, 378, article ID 120732, DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.06.009.
- IF = 9.038; Pkt. MNiSW2019 (po reformie) = 200; Liczba cytowań (wg WoS) = 18;  
Udział: 26,8%
10. Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P, **Bogacki J.\***, 2020. Magnetite and Hematite in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Processes*, 8 (11), 1343, DOI:10.3390/pr8111343.
- IF = 2.847; Pkt. MNiSW2020 (po reformie) = 70; Liczba cytowań (wg WoS) = 15;  
Udział: 20%
11. **Bogacki J.\***, Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P., 2021. Magnetite, Hematite and Zero-Valent Iron as Co-Catalysts in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Catalysts*, 11 (1), 9, DOI:10.3390/catal11010009.
- IF = 4.501; Pkt. MNiSW2021 (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 8;  
Udział: 20%
12. Ścieżyńska D., Bury D., Marcinowski P., **Bogacki J.\***, Jakubczak M., Jastrzębska A., 2022. Two-Dimensional Nanostructures in the World of Advanced Oxidation Processes. *Catalysts*, 12, 358, DOI:10.3390/catal12040358, IF 4,146.
- IF2022 = 3.9; Pkt. MNiSW2022 (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 12;  
Udział: 25%
13. Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.\***, Jastrzębska A., Marcinowski P., 2023. Application of Micron-Sized Zero-Valent Iron (ZVI) for Decomposition of Industrial Amarant Dyes, *Environmental Science and Pollution Research*, 16(4), 1523; DOI:10.3390/ma16041523.
- IF = 3.1; Pkt. MNiSW2023 (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 0;  
Udział: 20%
14. Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.\***, Jastrzębska A., Marcinowski P., 2023. Waste iron as a robust and ecological catalyst for decomposition industrial dyes under UV irradiation, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI:10.1007/s11356-023 27124-9.
- IF = N/A; Pkt. MNiSW2023 (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 1;  
Udział: 20%
15. Bury D., Jakubczak M., Bogacki J., Marcinowski P., Jastrzębska A.\*, 2023. Novel photo-Fenton nanocomposite catalyst based on waste iron chips-Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene for

efficient water decontamination, *Diamond & Related Materials*, 136, 109966.  
DOI:10.1016/j.diamond.2023.109966.

IF = 4.3; Pkt. MNiSW2023 (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 9;

Udział: 20%

16. Bury D.\*, Jakubczak M., Bogacki J., Marcinowski P., Jastrzębska A., 2023, *Wastewater Treatment with the Fenton Process Principles and Applications*, CRC Press, ISBN 9781003364085.

IF = N/A; Pkt. MNiSW2023 (po reformie) = 200; Liczba cytowań (wg WoS) = 2;

Udział: 20%

W ocenianym osiągnięciu naukowym publikacje ukazywały się w sposób cykliczny jako wieloetapowy program badawczy w latach 2017 – 2023. Sumaryczny IF wyżej wymienionych artykułów: 38,249 (zgodnie z rokiem publikacji), sumaryczna liczba ich cytowań wynosi: 150 (118 z wykluczeniem autocytowań) wg bazy Web of Science – stan na 05.02.2025 r.; 163 (124 z wykluczeniem autocytowań) wg bazy Scopus – stan na 05.02.2025 r.; 196 (150 z wykluczeniem autocytowań) wg bazy Google Scholar – stan na 05.02.2025 r. Suma punktów osiągnięcia naukowego (publikacji naukowych i książki) wynosi 1251.

Habilitant jest pierwszym Autorem w siedmiu z 15 przedstawionych publikacji oraz jednej książki, określił swój wkład i wiodącą rolę w ich opracowaniu oraz dołączył potwierdzenia od Współautorów. Udział procentowy Habilitanta jest w publikacjach i wynosi od 20% do 50%. Na podstawie dorobku naukowego należy stwierdzić, iż w 13 publikacjach wymienionych powyżej (oznaczono gwiazdką przy nazwisku) był autorem korespondencyjnym.

W skład omawianego drugiego osiągnięcia naukowego wchodzi cykl 3 artykułów według następującego wykazu:

1. Wojtkowska M.\*, **Bogacki J.**, Witeska A., 2016, Assessment of the hazard posed by metal forms in water and sediments, *Science of the Total Environment*, 2016, 551–552, 387–392, DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.01.073.

IF = 4.9; Pkt. MNiSW2016 (przed reformą) = 40; Liczba cytowań (wg WoS) = 51;

Udział: 20%

2. Wojtkowska M., **Bogacki J.\***, 2022, Assessment of Trace Metals Contamination, Species Distribution and Mobility in River Sediments Using EDTA Extraction, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(12):6978. DOI:10.3390/ijerph19126978.

IF = 0.0; Pkt. MNiSW2022 (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 7;

Udział: 50%

3. Wojtkowska M., **Bogacki J.\***, 2023, Effect of natural sorbents on the stabilization of trace metals in bottom sediments, *Desalination and Water Treatment*, 311, 92-99, <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.30055>.

IF = 1.0; Pkt. MNiSW2023 (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 0;

Udział: 50%

W drugim ocenianym osiągnięciu naukowym publikacje ukazywały się w latach 2016 – 2023. Sumaryczny IF wyżej wymienionych artykułów: 5,9 (zgodnie z rokiem publikacji), sumaryczna liczba ich cytowań wynosi: 58 (57z wykluczeniem autocytowań) wg bazy Web of Science – stan na 05.02.2025 r.; 66 (65 z wykluczeniem autocytowań) wg bazy Scopus – stan na 05.02.2025 r.; 91 (90 z wykluczeniem autocytowań) wg bazy Google Scholar – stan na 05.02.2025 r. Suma punktów ocenianego osiągnięcia naukowego (3 publikacji naukowych) wynosi 280.

Habilitant jest drugim Autorem we wszystkich publikacjach, określił swój wkład i wiodącą rolę w ich opracowaniu oraz dołączył potwierdzenia od Współautorów. Udział procentowy Habilitanta jest istotny w publikacjach i wynosi 50% w dwóch artykułach oraz 20% w jednym artykule. Analiza dorobku naukowego na podstawie wymienionych trzech publikacji wykazała, iż Habilitant w dwóch przedstawionych powyżej publikacjach (oznaczono gwiazdką przy nazwisku Habilitanta) był autorem korespondencyjnym.

### **Ocena merytoryczna**

Ścieki i wody przemysłowe stanowiące zagrożenie dla ekosystemów wodnych substancjami organicznymi, metalami ciężkimi, kwasami, zasadami oraz innymi toksycznymi związkami powstają głównie w sektorach przemysłu kosmetycznego, farmaceutycznego, tekstylnego, spożywczego i metalurgicznego. Skład ścieków i wód przemysłowych zależy od rodzaju działalności, a przede wszystkim specyfiki procesów produkcyjnych i wymaga indywidualnego podejścia do ich oczyszczania. Zanieczyszczenia wód i cieków wodnych zwłaszcza substancjami organicznymi, metalami ciężkimi, kwasami, zasadami oraz innymi związkami toksycznymi powodują daleko idące zmiany w środowisku wodnym. Skład ścieków zależy od specyfiki procesów produkcyjnych i wymaga indywidualnego podejścia do ich oczyszczania. Minimalizowanie ryzyka zanieczyszczeniami skumulowanymi w ściekach przemysłowych jest nadal wyzwaniem dla ludzi nauki i praktyków. W procesach oczyszczania ścieków i wód przemysłowych oraz odcieków składowisk odpadów były stosowane i nadal są wykorzystywane wysoko efektywne metody podczyszczania lub oczyszczania ścieków.

Zaawansowane metody utleniania mają wspólną cechę wszystkich procesów, a mianowicie czynnik utleniający czyli obecność wolnych rodników hydroksylowych. W technologiach oczyszczania ścieków często stosowane procesy chemiczne i fotochemiczne to: utlenianie z wykorzystaniem ozonu i nadtlenku wodoru, utlenianie elektrochemiczne, utlenianie w warunkach nadkrytycznych (ang. Supercritical water oxidation – SCWO), mokre utlenienie powietrzem (ang. Wet air oxidation – WAO), reakcja Fentona, fotoliza UV, reakcja foto – Fentona  $\text{H}_2\text{O}_2$  / $\text{Fe}^{2+}$ / UV, procesy z zastosowaniem UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$ , procesy z zastosowaniem UV/ $\text{O}_3$ , procesy z zastosowaniem UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$ / $\text{O}_3$ , degradacja fotokatalityczna w wodnych zawiesinach półprzewodników, a także procesy z zastosowaniem ultradźwięków. Jednym ze znanych i stosowanych procesów zaliczanych do tzw. procesów pogłębionego utleniania jest wykorzystanie reakcji chemicznej zachodzącej pomiędzy jonami żelaza (II) a nadtlenkiem wodoru, co prowadzi do powstania reaktywnych rodników hydroksylowych, efektywnie utleniające związki organiczne w ściekach, nazywany procesem Fentona, którym zainteresował się naukowo Habilitant. Znanych jest wiele modyfikacji tego procesu, polegających m.in. na użyciu jonów żelaza (III) zamiast jonów dwuwartościowych, jak również stosowanie nadmiaru nadtlenku wodoru w stosunku do wprowadzanych jonów żelaza. Niewątpliwą zaletą jest wysoka efektywność rozkładu związków organicznych oraz dostępność reagentów i umiarkowane koszty procesu (niskie koszty odczynników). Wadą metody, zwłaszcza w procesie uzdatniania wody, jest konieczność prowadzenia procesu przy  $\text{pH} < 4$ , a więc zakwaszenia wody, a następnie neutralizacji.

Habilitant rozpoczął badania z zakresu oczyszczania ścieków z wykorzystaniem procesu Fentona, zaliczanego do tzw. procesów pogłębionego utleniania (ang. Advanced Oxidation Processes, AOP) przygotowując rozprawę doktorską. Prowadził liczne badania nad jego skutecznością w różnych warunkach i dla różnych rodzajów zanieczyszczeń. Problemem okazało się przyjmowane  $\text{pH}$  równe 3,0 jako optymalne w aplikacjach przemysłowych, usunięcia reagentów, jonów  $\text{Fe}(\text{II})$  i nadtlenku wodoru, realizowane zwykle przez podniesienie  $\text{pH}$  do około 8.0 – 9.0. Pomimo tych ograniczeń uznał, że wykorzystanie procesu Fentona jest perspektywiczne. Na podstawie prowadzonych badań i analizy literatury dr Jan Bogacki uznał, że usprawni sposób prowadzenia procesu, poprzez próbę eliminacji lub ograniczenia wad. Habilitant ukierunkował zainteresowania naukowe na modyfikację procesu Fentona, aby zwiększyć jego efektywność oraz ograniczyć wspomniane wcześniej wady. W 2013 roku rozpoczął pierwsze prace i skupił się na zastosowaniu żelaza metalicznego, rozszerzając następnie swoje badania nad innymi katalizatorami na bazie żelaza, przede wszystkim



zainteresował się tlenkami żelaza, takimi jak magnetyt czy hematyt oraz poszukiwał nowych sposobów wytwarzania rodników. Optymalizował także parametry w celu zmniejszenia ilości generowanych osadów oraz umożliwienia efektywnego prowadzenia procesu w szerszym zakresie pH. Modyfikacja polega na zastosowaniu żelaza metalicznego ( $\text{Fe}^0$ , żelazo zerowartościowe, ang. zero-valent iron, ZVI). Wyniki zrealizowanych badań nad modyfikacjami procesu Fentona pozwalają na ekonomiczne i szersze zastosowania w przemyśle. Stanowi to zatem z jednej strony duże wyzwanie dla praktyki, ale z drugiej duże możliwości dalszego rozwoju i wskazywania nowych kierunków badań o charakterze podstawowym i przemysłowym.

Wobec powyższego uznaję, że podjęta tematyka wpisuje się w nurty badawcze i poszukiwanie wciąż nowych trendów badań nad zastosowaniem katalizatorów na bazie żelaza w procesach pogłębionego utleniania do oczyszczania ścieków przemysłowych, zwłaszcza w zakresie mechanizmów zachodzących w badanych procesach oraz ich optymalizacji, które pozwolą na opracowanie efektywniejszych rozwiązań technologicznych.

Habilitant w ramach pierwszego i jednocześnie głównego osiągnięcia naukowego opracował i zrealizował cele badawcze, co wskazuje na przemyślaną i właściwą kolejność badań oraz dobrze przygotowaną metodykę badawczą. Wykorzystał w badaniach znane techniki badawcze oraz metody chemiczne, fizyko-chemiczne i biochemiczne, a także analizy mikrobiologiczne. Wykorzystywał do badań dyfrakcję rentgenowską (XRD), mikroskopię elektronową (SEM/TEM), spektroskopię fotoelektronów z promieniowania rentgenowskiego (XPS) i spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR).

Ponadto w metodyce badawczej zastosował obliczenia statystyczne i kinetyczne.

Głównym celem naukowym były badania nad zastosowaniem heterogenicznych katalizatorów żelazowych w oczyszczaniu ścieków przemysłowych jest opracowanie wydajniejszych, bardziej ekonomicznych i przyjaznych środowisku metod usuwania opornych na rozkład biochemiczny zanieczyszczeń organicznych oraz innych toksycznych substancji chemicznych.

Opracowując wyniki badań Habilitant wykazał, że:

- optymalizacja struktury katalizatora i warunków reakcji z zastosowaniem katalizatorów żelazowych przyspiesza i zwiększa wydajność procesów pogłębionego utleniania

(AOP), ostatecznie zwiększając efektywność procesów oczyszczania ścieków (publikacje I.1 - I.16);

- opracowanie procesów przyjaznych środowisku i ograniczających negatywny wpływ ścieków na ekosystemy wodne uwzględniaj zmniejszenie zużycia chemikaliów i energii oraz minimalizowanie ilości generowanych odpadów pozwala na rozwój równoważonych technologii oczyszczania ścieków przemysłowych (publikacje I.1 - I.16);
- uzyskanie stabilności i możliwości regeneracji katalizatorów pozwala na zrozumienie mechanizmów dezaktywacji katalizatorów oraz opracowanie metod ich regeneracji w celu zmniejszenia kosztów operacyjnych oraz zwiększenia trwałości i efektywności katalizatorów (I.12 - I.16);
- odpowiedni dobór katalizatorów do specyficznych rodzajów ścieków (np. zawierających barwniki amarantowe) umożliwia oczyszczanie ścieków o różnym składzie chemicznym, w tym ścieków zawierających substancje odporne na rozkład biochemiczny, takie jak barwniki, składniki kosmetyków, związki ropopochodne, i związki organiczne (publikacje I.1 - I.16);
- opracowanie rozwiązań pozwalających na zastosowanie materiałów odpadowych jako reagentów w efektywnych procesach oczyszczania ścieków daje możliwości ponownego wykorzystania materiałów odpadowych – (I.13 - I.16);
- uzyskanie pozytywnych wyników z prowadzonych badań na rzeczywistych ściekach przemysłowych daje możliwość zastosowania heterogenicznego procesu Fentona do skali przemysłowej (publikacje I.1 - I.11).
- Wyniki badań naukowych zostały opublikowane w wysoko punktowanych publikacjach, w prestiżowych czasopiśmie oraz zostały zaprezentowane na konferencjach naukowych. Opracowane artykuły były efektem realizacji projektów.

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników w obszarze zastosowania katalizatorów na bazie żelaza w procesach pogłębionego utleniania do oczyszczania ścieków przemysłowych Habilitant określił również kierunki planowanych dalszych badań:

- optymalizacja i modyfikacja katalizatorów żelazowych, w tym modyfikacja struktury i składu katalizatorów oraz zastosowanie nanomateriałów;

- zastosowanie katalizatorów w nowych układach, w tym optymalizacja reaktorów, w których wykorzystuje się katalizatory żelazowe by poprawić transport masy oraz zapewnić lepsze warunki kontaktu między katalizatorem a zanieczyszczeniami oraz zastosowanie różnych rodzajów reaktorów;
- badania nad stabilnością i regeneracją katalizatorów, w tym poprawa trwałości katalizatorów oraz opracowanie metod regeneracji pozwalających znacząco zmniejszyć koszty procesu i zwiększyć jego opłacalność;
- rozwój systemów hybrydowych, w tym kombinacja procesów AOP z innymi metodami oczyszczania oraz integracja alternatywnych dla nadtlenu wodoru utleniaczy, co mogłyby znacznie zwiększyć efektywność degradacji trudnych zanieczyszczeń organicznych poprzez generację większej ilości reaktywnych rodników;
- analiza kosztów i zastosowania na skalę przemysłową, w tym analiza kosztów związanych z wykorzystaniem katalizatorów żelazowych na skalę przemysłową, z uwzględnieniem kosztów surowców, energii oraz regeneracji katalizatorów oraz demonstracje w skali pilotażowej dostarczające niezbędnych danych do późniejszego wdrożenia procesów na szeroką skalę.

Habilitant stawia istotne wyzwania badawcze, ma potrzebę pogłębiać badania i uzupełniać wiedzę z wyżej wymienionych zagadnień.

Obecnie do najważniejszych osiągnięć Habilitanta z zakresu zastosowań katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych i stanowiących oryginalny wkład w dyscyplinę naukową inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka zaliczyć należy:

1. Modyfikacje innowacyjne klasycznego procesu Fentona, przyczyniające się do zwiększenia skuteczności rozkładu zanieczyszczeń oraz zmniejszenia niektórych ograniczeń związanych z prowadzeniem procesu Fentona w tradycyjny sposób i zastosowanie zmodyfikowanego procesu Fentona w oczyszczaniu ścieków przemysłowych
2. Nowatorska analiza heterogenicznych układów w procesach oczyszczania ścieków, która pozwoliła na badanie procesów zachodzących według innych mechanizmów

reakcji oraz rozwój heterogenicznych procesów utleniania i potencjalnie nowych rozwiązań technologicznych

3. Opracowanie efektywnych metod stosowania katalizatorów na bazie żelaza, które wykazały wyższą skuteczność w procesach pogłębionego utleniania (AOP) w porównaniu do tradycyjnych katalizatorów homogenicznych i tym samym innowacyjne zastosowanie katalizatorów na bazie żelaza
4. Modelowanie kinetyki procesu oczyszczania ścieków poprzez przeprowadzenie badań nad modelowaniem kinetyki usuwania ChZT i TOC, które wykazały, że sposób zachodzenia procesu jest ściśle uzależniony od początkowego stężenia zanieczyszczeń i ilości stosowanych reagentów. Kluczowe było wprowadzenie założenia o minimalnej zawartości zanieczyszczeń, których nie można usunąć w wyniku procesu, co stanowi istotną modyfikację w stosunku do klasycznej kinetyki drugorzędowej.
5. Określenie właściwości materiałowych katalizatora przed i po procesie oczyszczania poprzez dokładną analizę zmian strukturalnych i chemicznych zachodzących w trakcie reakcji umożliwiającą ocenę jego stabilności i trwałości. Wyniki analiz stanowią naukowy wkład w optymalizację procesów katalitycznych.

Bardzo cennym praktycznym aspektem w uzyskanych wynikach z przeprowadzonych badań przez Habilitanta jest zwiększenie efektywności i możliwości zastosowania technologii AOP w przemyśle.

Drugim ocenianym osiągnięciem naukowym jest problematyka związana z mobilnością metali ciężkich w osadach dennych.

Wiadomo powszechnie, że postęp techniczny, który ma wpływ na rozwój industrializacji i urbanizacji prowadzi do wzrostu zanieczyszczeń ekosystemów wodnych.

Zanieczyszczenie ekosystemów wodnych pierwiastkami toksycznymi jest jednym z głównych problemów. Metale ciężkie znajdujące się w wodzie sedymentują na dno zbiornika, gdzie są akumulowane przez osady denne. Podwyższona kondensacja w osadach dennych może występować także, gdy poziom toksycznych zanieczyszczeń w wodach nie przekracza przyjętych norm jakości. Metale ciężkie stanowią zagrożenie głównie ze względu na toksyczność, trwałość w środowisku oraz zdolność do bioakumulacji. W systemach wodnych osady denne mogą pełnić funkcję magazynu, jak również wtórnego źródła zanieczyszczeń, odgrywając jednocześnie istotną rolę w obiegu metali ciężkich.

Wiele czynników w środowisku ma wpływ na mobilność metali ciężkich w osadach między innymi w warunkach tlenowych metale mogą być immobilizowane poprzez

współosadzanie z tlenkami żelaza i manganu, natomiast w warunkach beztlenowych mogą być uwalniane w wyniku redukcji tych tlenków. Stwierdzono, że przy niskim pH zwiększa się rozpuszczalność metali związanych z frakcją węglanową, co prowadzi do ich mobilizacji. Z kompleksów organicznych uwalnianie metali ciężkich może powodować rozkład materii organicznej.

Habilitant już w 2016 roku rozpoczął badania nad oceną wpływu mechanizmów regulujących mobilność metali ciężkich w osadach dennych na ekosystemy wodne, co postawił sobie za główny cel naukowy, który zrealizował w ramach celów szczegółowych, dokonując:

- charakterystyki specjacji metali ciężkich, w tym identyfikacji form chemicznych, w jakich występują metale w osadach dennych (II.1., II.2);
- oceny biodostępności metali, określając w jakim stopniu metale obecne w osadach są dostępne dla organizmów wodnych i roślin, co pozwala na oszacowanie ich toksyczności i potencjalnego wpływu na sieci troficzne (II.1., II.2);
- opracowania strategii remediacji na podstawie przeprowadzonych badań. Wskazał skuteczne metody ograniczania mobilności metali w osadach, np. poprzez stabilizację chemiczną, zastosowanie sorbentów organicznych (II.3.)

W przeprowadzonych badaniach stosował metody badawcze wykorzystując: analizę specjacyjną wg Tessiera, ekstrakcję metali ciężkich z EDTA, sorpcję metali ciężkich z użyciem sorbentów oraz analizy statystyczne.

Wyniki badań w analizowanym powyżej zakresie dotyczącym mobilności metali ciężkich w osadach dennych dały asumpt do określenia kierunków dalszych badań, które Habilitant zaplanował:

- Optymalizację właściwości sorbentów, w tym modyfikacja sorbentów celu zwiększenia ich pojemności sorpcyjnej;
- Identyfikację mechanizmów odpowiedzialnych za wiązanie metali przez sorbent (adsorpcja fizyczna, chemisorpcja, wymiana jonowa, kompleksowanie) oraz modelowanie procesu sorpcji;
- Badania aplikacyjne, w tym skuteczności sorbentów w warunkach naturalnych oraz wpływu warunków środowiskowych na efektywność procesu. Przeprowadzenie badań na większą skalę w warunkach polowych, aby sprawdzić praktyczną efektywność opracowanego rozwiązania;
- Stosowanie sorbentów w połączeniu z bioremediacją oraz ocenę możliwości immobilizacji metali w formach bezpiecznych dla ekosystemu;

- Badanie wpływu sorbentów na ekosystem i regeneracja sorbentów, w tym analizę możliwości regeneracji użytych sorbentów (np. desorpcja metali) i ich ponownego wykorzystania, co zwiększy opłacalność procesu.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć z zakresu mobilności metali ciężkich w osadach dennych i stanowiących oryginalny wkład w dyscyplinę naukową inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka zaliczyć należy:

1. Zastosowanie EDTA do usuwania metali ciężkich z osadów dennych, w tym czynnika chelatującego w usuwaniu metali ciężkich i wskazanie, że dodatkowym efektem zastosowania EDTA jest zmiana obrazu specjacji metali ciężkich w osadach dennych;

2. Zastosowanie naturalnych sorbentów do usuwania metali ciężkich z osadów dennych, w tym wykazanie, że organiczne sorbenty, takie jak bentonit i chitosan skutecznie wiążą metale ciężkie, zmniejszając ich biodostępność w środowisku.

3. Zastosowanie modelu PHREEQC2 do określenia form metali występujących w fazie wodnej, w tym określenie możliwości transferu metali pomiędzy fazą wodną a osadową.

**Wobec powyższego stwierdzam, że oceniane elementy osiągnięć naukowych mają wartość merytoryczną rozprawy habilitacyjnej. Badania stanowią wkład w poszerzenie wiedzy na dwa tematy, pierwszy dotyczący katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza i ich zastosowań w oczyszczaniu ścieków przemysłowych, a drugi dotyczący mobilności metali ciężkich w osadach dennych. Tematy podjęte przez Habilitanta mają znaczenie w rozwoju nauki w Polsce i na świecie.**

#### **4. Ocena istotnej aktywności naukowo-badawczej**

Tematyka prac Habilitanta w znacznej mierze koncentruje się na następujących kierunkach badawczych:

1. Modyfikacje innowacyjne klasycznego procesu Fentona i zastosowanie zmodyfikowanego procesu w oczyszczaniu ścieków przemysłowych.
2. Opracowanie efektywnych metod stosowania katalizatorów na bazie żelaza wykazujących wyższą skuteczność w procesach pogłębionego utleniania (AOP) w porównaniu do tradycyjnych katalizatorów homogenicznych.
3. Efektywne modelowanie kinetyki procesu oczyszczania ścieków - wprowadzenie założeń o minimalnej zawartości zanieczyszczeń, których nie można usunąć w

wyniku procesu, co stanowi istotną modyfikację w stosunku do klasycznej kinetyki drugorzędowej.

4. Optymalizacja procesów katalitycznych - określanie właściwości materiałowych katalizatora przed i po procesie oczyszczania poprzez dokładną analizę zmian strukturalnych i chemicznych zachodzących w trakcie reakcji umożliwiając ocenę jego stabilności i trwałości.
5. Zastosowanie EDTA do usuwania metali ciężkich z osadów dennych, w tym czynnika chelatującego oraz zastosowanie naturalnych sorbentów do usuwania metali ciężkich z osadów dennych, w tym wykazanie, że organiczne sorbenty, takie jak bentonit i chitosan skutecznie wiążą metale ciężkie, zmniejszając ich biodostępność w środowisku.
6. Zastosowanie modelu PHREEQC2 do określenia form metali występujących w fazie wodnej, w tym określenie możliwości transferu metali pomiędzy fazą wodną a osadową.

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora oprócz wymienionych powyżej artykułów opublikował 9 publikacji indeksowanych w bazie Web of Science oraz 13 publikacji nie indeksowanych w bazie Web of Science jako pozostałe osiągnięcia naukowe. Po uzyskaniu stopnia doktora wygłosił na konferencjach naukowych krajowych i międzynarodowych 7 referatów oraz występował jako współautor w 5 wygłoszonych referatach/posterach.

Łącznie ze wskazanymi dwoma cyklami publikacji stanowiącymi główne osiągnięcia naukowe opublikował 30 artykułów w czasopismach ujętych w Journal Citation Reports. Ponadto opublikował 1 monografię naukową jako współautor, 1 publikację w materiałach pokonferencyjnych indeksowanych w Web of Science, 2 skrypty w języku angielskim.

Istotna aktywność Habilitanta jest potwierdzona danymi liczbowymi publikacji: 30 w bazie Web of Science, 31 w bazie Scopus i 88 w bazie Google Scholar oraz danymi naukowymi: sumaryczny impact factor w roku publikowania równy 62,413, liczba cytowań publikacji w bazie Web of Science: 387, z wykluczeniem autocytowań: 318 (stan na 05.02.2025r.);Scopus: 396, z wykluczeniem autocytowań: 328 (stan na 05.02.2025r.) oraz Google Scholar: 571, z wykluczeniem autocytowań: 462 (stan na 05.02.2025r.). Indeks Hirscha: 11 (Web of Science), 12 (Scopus) i 15 (Google Scholar).

Habilitant publikował wyniki swoich prac w renomowanych czasopismach polskich i zagranicznych, tj.: Przemysł Chemiczny, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Archives of Environmental Protection, Environmental Technology, Desalination and Water Treatment, Processes, Water, Catalysts, Environmental Science and Pollution Research, Diamond &

Related Materials, Journal of Hazardous Materials, International Journal of Environmental Research and Public Health.

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora znacząco powiększył swój dorobek naukowy. Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant posiadał 7 publikacji naukowych w czasopiśmie bez IF oraz 1 publikację z IF, co dowodzą zamieszczone i potwierdzone dane bibliometryczne oraz wygłosił 8 referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych, a także był współautorem 3 przedstawionych jako referaty/postery.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora brał udział jako wykonawca w 2 projektach naukowo-badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju z tematyki dotyczącej modyfikacji materiałowej betonu. Był również kierownikiem w projektach finansowanych przez RDN Inżynierię Środowiska, Górnictwo i Energetykę PW, a także jednego projektu finansowanego przez Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki Inżynierii Środowiska PW. Habilitant był aktywnym uczestnikiem w projektach, jako wykonawca w: 2 projektach finansowanych przez RDN Inżynierię Lądową, Geodezję i Transport PW, 1 projekcie finansowanym przez Beyond POB II PW oraz 5 projektach finansowanych przez Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW. Projekty były tematycznie powiązane z osiągnięciami naukowymi Habilitanta.

Natomiast przed uzyskaniem stopnia doktora był wykonawcą w 1 projekcie finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, a także w 2 projektach finansowanych przez Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW. Główne tematy realizowane w ramach projektów obejmowały zagadnienia związane z katalizą heterogeniczną stosowaną w oczyszczaniu ścieków przemysłowych oraz badania nad mobilnością metali ciężkich w osadach.

W ramach współpracy naukowej z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju pracował jako ekspert oceniający wnioski w roku 2024, o finansowanie prac badawczych (umowa ramowa o współpracy w 2024 roku).

W okresie swojej działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora w 2024 roku odbył staż naukowy w Lipsku w Niemczech (Department Technische Biogeochemie Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ / Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Department Technical Biogeochemistry, Advanced Adsorption and Oxidation Group). Badania prowadzone przez Habilitanta w ramach stażu dotyczyły możliwości eliminowania związków PFAS ze środowiska metodami chemicznymi, co zaowocowało publikacjami z tego zakresu tematycznego.



Habilitant był edytorem w czasopismach: Catalysts (Special Issue Editor "Catalytical Processes in Presence of 2D Nanomaterials" w latach 2021-2022); Oxygen (Special Issue Editor "Water and Wastewater Treatment by Dissolved Ozone Flotation" w latach 2020-2022); Oxygen (Topic Editor w latach 2020-2022).

Habilitant jest członkiem kolegium Rady Recenzentów w czasopismach: Membranes – (od lutego 2020 r.), International Journal of Environmental Research and Public Health (od lutego 2020 r.), i podejmował się licznych recenzji artykułów w czasopismach posiadających IF. Od września 2019 roku jest członkiem kolegium redakcyjnego czasopisma Polish Journal of Environmental Studies. W latach 2014-2025 wykonał łącznie 366 recenzji w czasopismach naukowych posiadających współczynnik IF (stan na 31.12.2024), co świadczy o jego rozpoznawalności w środowisku międzynarodowym w swojej dziedzinie i najwięcej recenzji wykonał w czasopismach Desalination and Water Treatment (43 recenzje), Environmental Science and Pollution Research (34 recenzje), Journal of Cleaner Production (36 recenzji), Water (35 recenzji) i Polish Journal of Environmental Studies (22 recenzje). Wykonał również kilkadziesiąt recenzji w mniej istotnych czasopismach.

W ramach współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym jest Współautorem 1 zgłoszenia do Urzędu Patentowego RP w 2024 r., o udzielenie patentu na wynalazek „Hydrożelowe kulki alginianowe o właściwościach magnetycznych, sposób ich wytwarzania oraz ich zastosowanie do fotokatalitycznej degradacji związków organicznych” oraz jest Współautorem ogółem 4 różnych opracowań rozwiązań technologicznych, w tym 2 opracowań po uzyskaniu stopnia doktora: „Analiza oraz przygotowanie receptury zamienniej dla środka TRACELOCK firmy GEODUR wspomagającego proces zestalania odpadów w STUOŚ” (2021 – 2022) i „Analiza stanu kolektora III klasy w Al. Krakowskiej na odcinku od Stacji Pomp Kanałowych OCHOTA do ul. Rękodzielniczej” (2014).

Habilitant w latach 2018-2024 wykonał 3 ekspertyzy (w tym dwie we współpracy) na zamówienie instytucji publicznych i przedsiębiorstw z zakresu badań mikrobiologicznych i chemicznych wody.

Za działalność naukową był wielokrotnie nagradzany i tak w 2020 roku otrzymał Nagrodę Best Paper na najlepsze artykuły naukowe opublikowane w danym roku przez autorów z afiliacją Politechniki Warszawskiej, I edycja oraz Nagrodami JM Rektora Politechniki Warszawskiej zespołowymi: III stopnia (2018) i II stopnia (2020) i jedną nagrodą indywidualną III stopnia (2014).

Przedmiotem osiągnięć były wyróżniona rozprawa doktorska i wybrane publikacje naukowe opublikowane w latach 2017-2020.

Środowiska oraz był współautorem instrukcji do ćwiczeń i skryptu do przedmiotu Environmental Chemistry.

Uczestniczył aktywnie w kursach organizowanych przez jednostki Politechniki Warszawskiej w zakresie zagadnień pedagogicznych i zarządzania projektami oraz zarządzania zasobami ludzkimi. Aktywnością wyróżniał się nawet podczas trwania pandemii Covid-19 wprowadzając nowe formy zajęć laboratoryjnych w postaci filmów nagrywanych w laboratorium, montowanych i udostępnianych studentom (rok akademicki 2019/2020 i 2020/2021).

Habilitant był promotorem 29 prac dyplomowych – 7 prac inżynierskich, w tym 5 prac na kierunku anglojęzycznym Environmental Engineering oraz 22 prac magisterskich, w tym 19 prac na kierunku anglojęzycznym Environmental Protection Engineering (w latach 2017-2024) oraz recenzentem 9 prac dyplomowych (w latach 2016-2024).

Ponadto skutecznie uczestniczy w pozyskiwaniu finansowania na działalność dydaktyczną w Uczelni, w 2024 r. uzyskał finansowanie na realizację projektu pt. "Wdrożenie nowoczesnych metod dydaktycznych na WIBHIŚ: Hybrydowe zajęcia z analizy instrumentalnej, współpraca międzywydziałowa i umiędzynarodowienie".

W tym samym roku został nagrodzony Medalem Komisji Edukacji Narodowej za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania (nr legitymacji 187503).

Dr Jan Bogacki wyróżnia się również w działalności organizacyjnej. W latach 2016-2020 był członkiem Komisji Dyscyplinarnej ds. Studentów i Doktorantów (w 2020r. zmiana nazwy na Komisję Dyscyplinarną ds. Studentów). Zaangażowanie Habilitanta w sprawy organizacyjne Uczelni potwierdza realizacja szeregu powierzanych obowiązków i zadań organizacyjnych.

W latach 2020 – 2023 był członkiem Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Od 2020r. jest odpowiedzialny za realizację praktyk studenckich dla studentów studiów anglojęzycznych na kierunkach Environmental Engineering (Internship i Professional Internship) i Environmental Protection Engineering (Internship). Od 2021 r. jest Sekretarzem Komisji Oceny Śródkresowej Szkoły odpowiedzialnej za realizację Oceny Śródkresowej doktorantów Politechniki Warszawskiej. Od 2022 r. jest członkiem Komisji ds. zmian na kierunku Ochrona Środowiska, na którym wdrażał od roku akademickiego 2023/24 nowy program studiów na kierunku Ochrona Środowiska. Od 2024 r. jest członkiem wydziałowej komisji kształcenia WIBHIŚ, a także Pełnomocnikiem Dziekana ds. kierunku studiów Inżynieria Środowiska. Uczestniczył aktywnie w urządzaniu laboratorium fotochemii, chromatografii gazowej, atomowej absorpcji, stanowisk badawczych oznaczania Ogólnego

Węgla Organicznego, prowadzenia procesów oczyszczania ścieków w tym procesów pogłębianego utleniania i ozonowania.

Habilitant w 2023 roku otrzymał za osiągnięcia organizacyjne Nagrodę JM Rektora Politechniki Warszawskiej (nagroda zespołowa – I stopnia).

W ramach osiągnięć popularyzujących naukę Habilitant organizował wykłady dla licealistów oraz pokazowe zajęcia laboratoryjne dla uczniów liceów i techników w laboratoriach Zakładu Informatyki i Badań Jakości Środowiska WIBHIŚ PW.

**Dorobek dydaktyczny i organizacyjny Habilitanta oceniam jako wyróżniający się.**

## **6. Wniosek końcowy**

Podsumowując, zarówno osiągnięcie naukowe jak i cały dorobek naukowy na tle aktualnego stanu wiedzy wskazuje na duże doświadczenie badawcze i technologiczne w zakresie oczyszczania ścieków przemysłowych z zastosowaniem katalizatorów heterogenicznych oraz usuwania metali ciężkich z osadów dennych.

**Uważam, że osiągnięcia naukowe dr. Jana Bogackiego są oryginalne i wnoszą wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.** Niezwykle istotnym elementem badań prowadzonych przez Habilitanta jest ich znaczenie aplikacyjne i technologiczne. Habilitant oprócz wiedzy technologicznej posiada wiedzę i umiejętności w zakresie prowadzenia eksperymentów badawczych, interpretacji i opisu wyników badań, a przy tym wyróżnia się umiejętnością pracy zespołowej.

Bardzo wysoko oceniam również działalność dydaktyczną i organizacyjną Habilitanta.

Uwzględniając wymagania w stosunku do osób ubiegających się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, pozytywnie oceniam przedstawiony dorobek oraz wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny inżynierii środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Warszawskiej o przeprowadzenie zgodnie z obowiązującymi przepisami dalszych etapów postępowania zmierzających do nadania dr. Janowi Bogackiemu **stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

