

**Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym
Dr inż. Dariusza Wawrzyńczaka**

A. Dr inż. Dariusz Wawrzyńczak ukończył studia na Politechnice Częstochowskiej w 2007 r. Stopień dr n. t. w dyscyplinie *Inżynieria Środowiska* nadała Mu Uczelnia macierzysta (Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska) na podstawie rozprawy doktorskiej *Adsorpcja CO₂ pochodzącego ze spalania węgla w atmosferze wzbogaconej tlenem w procesie zmiennociśnieniowym i zmiennotemperaturowym* (Promotor: prof. dr hab. inż. Wojciech Nowak) w 2012 r. Po ukończeniu studiów podjął pracę w Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ochrony Atmosfery Wydziału Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej jako asystent (01.11.2007 r. ÷ 30.09.2012 r.). Od 01.10.2012 r. jest adiunktem w Katedrze Zaawansowanych Technologii Energetycznych na Wydział Infrastruktury i Środowiska Uczelni macierzystej..

B. Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego dla uzyskania stopnia doktora habilitowanego

Dr inż. Dariusz Wawrzyńczak przedstawił do oceny osiągnięcie naukowe *Wychwył dwutlenku węgla z gazów spalinowych metodą adsorpcyjną*. Jako dokumentację wskazał cykl - **10 artykułów naukowych**, (z których 8 zostało opublikowanych w czasopiśmie naukowych notowanych w bazie Web of Science. Sumaryczny IF 37.547) .

Są to prace:

1. Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kucęba I., Srokosz K., Kozak M., Nowak W., Zdeb J., Smółka W., Zajchowski A., *The pilot dual-reflux vacuum pressure swing adsorption unit for CO₂ capture from flue gas*, Separation and purification technology, 2019, 209, 560-570; <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.07.079>.
2. Wawrzyńczak D., Panowski M., Majchrzak-Kucęba I., *Possibilities of CO₂ purification coming from oxy-combustion for enhanced oil recovery and storage purposes by adsorption method on activated carbon*, Energy, 2019, 180, 787-796; <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.068>.
3. Wawrzyńczak D., Bukalak D., Majchrzak-Kucęba I., Nowak W., *Effect of desorption pressure on CO₂ separation from combustion gas by means of zeolite 13X and activated carbon*, Polish Journal of Environmental Studies, 2014, 23, 1437-1440; <http://www.pjoes.com/Effect-of-Desorption-Pressure-on-CO-2-Separation-r-nfrom-Combustion-Gas-by-Means,89334.0.2.html>.
4. Majchrzak-Kucęba I., Wawrzyńczak D., Ściubidło A., *Experimental investigation into CO₂ capture from the cement plant by VPSA technology using zeolite 13X and activated carbon*, Journal of CO₂ Utilization, 2022, 61, 102027; <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102027>.

5. Majchrzak-Kuceba, I., Wawrzyńczak, D., Zdeb, J., Smólka, W., Zajchowski, A., *Treatment of flue gas in a CO₂ capture pilot plant for a commercial CFB boiler*, *Energies*, 2021, 14, 2458; <https://doi.org/10.3390/en14092458>.
6. Majchrzak-Kuceba I., Wawrzyńczak D., Ściubidło A., Zdeb J., Smólka W., Zajchowski A., *Stability and regenerability of activated carbon used for CO₂ removal in pilot DR-VPESA unit in real power plant conditions*, *Journal of CO₂ utilization*, 2019, 29, 1-11; <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2018.11.003>.
7. Majchrzak-Kuceba I., Wawrzyńczak D., Ściubidło A., *Application of metal-organic frameworks in VPSA technology for CO₂ capture*, *Fuel*, 2019, 255, 115773; <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115773>.
8. Cen Q., Fang M., Wang T., Majchrzak-Kuceba I., Wawrzyńczak D., Luo Z., *Thermodynamics and regeneration studies of CO₂ adsorption on activated carbon*, *Greenhouse Gases Science and Technology*, 2016, 6, 787-796; <https://doi.org/10.1002/ghg.1621>.
9. Wawrzyńczak D., Bukalak D., *Separacja CO₂ z gazów spalinowych metodą V-PSA na zeolicie 13X*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2012, 15, 277-286; <https://bibliotekanauki.pl/articles/296895>.
10. Bukalak D., Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kuceba I., *Ocena przydatności wybranych adsorbentów do separacji dwutlenku węgla w układach próżniowych – testy termogravimetryczne*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2012, 15, 287-294; <https://bibliotekanauki.pl/articles/296689>.

- 3 patenty :

1. PL.231697, *Sposób wychwytu ditlenku węgla z mieszanin gazowych metodą próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej*, Nowak W., Budner Z., Majchrzak-Kuceba I., Wawrzyńczak D. (o udzieleniu patentu ogłoszono: 29.03.2019r. WUP 03/19). <https://api-ewyszukiwarka.pue.uprp.gov.pl/api/collection/b5f8890e0e871a81010ab268c47cd799>.
2. PL 237180, *Dwustopniowy sposób wychwytu ditlenku węgla z gazów spalinowych metodą adsorpcyjną*, Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kuceba I., Nowak W., Budner Z., Zdeb J., Smólka W., Zajchowski A. (o udzieleniu patentu ogłoszono 22.03.2021r. WUP 06/21). <https://api-ewyszukiwarka.pue.uprp.gov.pl/api/collection/f5a7a96c5ef7a1e9193e82c1b9fe2413>.
3. PL.231254, *Układ do wychwytu CO₂ ze spalin z procesu tlenowego spalania paliw stałych w kotłach fluidalnych z warstwą cyrkulacyjną*, Nowak W., Czakiert T., Majchrzak-Kuceba I., Wawrzyńczak D. (o udzieleniu patentu ogłoszono 28.02.2019r. WUP 02/19). <https://api-ewyszukiwarka.pue.uprp.gov.pl/api/collection/3f4cbdd43ad4a57662d7135a366c1f60>.

- Wieloautorską monografię naukową, której kandydat jest głównym edytorem i zawarte w niej 2 rozdziały autorskie:

1. *The carbon chain in carbon dioxide industrial utilization technologies: A case study*, Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kuceba I., Pevida C., Bonura G., Nogueira R. and De Falco M. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 2022. ISBN 9781032373546; <https://doi.org/10.1201/9781003336587>.

1a. Wawrzyńczak D., *Industrial carbon dioxide capture and utilization technology: A system case study*. In: *The carbon chain in carbon dioxide industrial utilization technologies: A case study*, Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kuceba I., Pevida C., Bonura G., Nogueira R. and De Falco M. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 2022, ISBN 9781032373546; <https://doi.org/10.1201/9781003336587-1>.

1.b. Wawrzyńczak D., *Adsorption technology for CO₂ capture*. In: *The carbon chain in carbon dioxide industrial utilization technologies: A case study*, Wawrzyńczak D.,

Majchrzak-Kucęba I., Pevida C., Bonura G., Nogueira R. and De Falco M. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 2022. ISBN 81032373546: <https://doi.org/10.1201/9781003336587-3>.

- 3 rozdziały w monografiach krajowych :

1. Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kucęba I., Nowak W., Pacyna J., *PEI modified activated carbon for CO₂ capture by pressure swing adsorption*. W: Advanced CO₂ capture technologies for clean coal energy generation. Majchrzak-Kucęba I., Wawrzyńczak D. (Eds). Publishing Office of Czestochowa University of Technology, Czestochowa 2016. Monographs No 320, 77-89. ISBN 978-83-7193-655-5.
2. Srokosz K., Kozak M., Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kucęba I., *Badania procesu separacji CO₂ metodą VPSA*. W: Ograniczanie emisji CO₂ – przeciwdziałanie zmianom klimatu. red. Majchrzak-Kucęba I., Sciubidło A., Wydawnictwo Politechniki Czestochowskiej, Czestochowa 2016, Monografie nr 308, 184-195, ISBN 978-83-7193-646-X.
3. Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kucęba I., Nowak W., Srokosz K., Kozak M., *Wychwył CO₂ metodą adsorpcyjną – doświadczenia z pilotowej instalacji DR-VPSA*. W: Spalanie tlenowe dla kotłóv pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytem CO₂ – Doświadczenia z instalacji pilotowych i perspektywy dla instalacji demonstracyjnych. red. Nowak W., Ściążko M., Czakiert T., Wydawnictwo Politechniki Czestochowskiej, Czestochowa 2015, Monografie nr 301, 184-195, ISBN 978-83-7193-630-2.

Wszystkie prace poza 2 rozdziałami mieszczącymi się w wieloautorskiej monografii, której jednym z edytoróv jest także kandydat, są współautorskie. W dokumentacji wniosku stwierdza się, że sumaryczny udział kandydata w powstanie publikacji, wchodzących w skład jego osiągnięcia naukowego, wynosi 53,89% (49,00% artykuły naukowe, 30,00% patenty, 70,00% monografie, rozdziały w monografiach).

Przedmiotem badań, analiz oraz prac konstrukcyjnych, których wyniki dokumentują wskazane publikacje i patenty są zagadnienia adsorpcyjnego wychwyłu ditlenku węgla ze spalin instalacji energetycznych. Habilitant wyróżnia swój udział w badaniach prowadzonych w Politechnice Czestochowskiej we wszystkich etapach dyskusji i rozwiązywania problemów prowadzących do budowy pilotowej (dwustopniowej, czterokolumnowej) instalacji adsorpcji zmiennociśnieniowej o wydajności 100 m³N/h, uruchomionej w Elektrowni Łagisza. W szczególności obejmowały one:

- Badania laboratoryjne przydatności stałych sorbentóv do wychwyłu ditlenku węgla (wyznaczano ważne charakterystyki dla trzech rodzajóv adsorbentóv: zeolitóv 5A i 13X oraz węgla aktywnego z łupin orzecha kokosowego, określające ich skuteczność w procesie adsorpcji i regeneracji);
- Badania i dobór parametróv procesowych instalacji wychwytywania ditlenku węgla z symulowanej mieszaniny gazóv spalinowych w małej skali laboratoryjnej, przy wykorzystaniu techniki próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej (V-PSA) w instalacji dwukolumnowej;
- Badania procesu wychwytywania ditlenku węgla z gazóv spalinowych w rzeczywistych warunkach przemysłowych. Badania przeprowadzono w skali pilotowej w elektrowni, przy wykorzystaniu techniki dwustopniowego sposobu separacji CO₂ z gazóv spalinowych metodą próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej.

Habilitant uczestniczył także w organizacji i przeprowadzaniu badań uzupełniających, których celem było dokładniejsze określenie potencjału aplikacyjnego proponowanej

technologii wychwytu ditlenku węgla (badanie trwałości węgla aktywnego, stosowanego do wychwytywania CO₂, ocena kondycjonowania spalin przed procesem wychwytu, dodatkowe doczyszczanie spalin).

Wyniki przeprowadzonych badań, oprócz znaczenia poznawczego, były podstawą opracowania trzech patentów oraz wskazania kierunków dalszych prac rozwojowych, doskonalących analizowaną technologię.

Przedstawiony zbiór prac jest spójny, zawiera wyniki wieloletniego, logicznie ukierunkowanego i konsekwentnie realizowanego programu badawczego dotyczącego opracowania pilotowej instalacji adsorpcyjnego wychwytu ditlenku węgla ze spalin kotłowych. Badania były prowadzone przez dość liczny zespół badawczy, co było uzasadnione zakresem i skalą prowadzonych eksperymentów i prac konstrukcyjnych. W tym kontekście ważna jest ocena zakresu udziału własnego kandydata w prowadzonych badaniach. W dokumentacji wniosku autor ocenia ten wkład na ok. 54 %, co jest wartością akceptowalną. Szczegółowsza analiza wkładu autorskiego, przeprowadzona na podstawie danych dotyczących poszczególnych pozeji osiągnięć, pozwala stwierdzić, że wkład ten był istotnie merytoryczny, zaś w wielu przypadkach zasadniczy koncepcyjnie w zakresie metodyki badań oraz sposobu opracowania wyników pomiarów.

Rozwiązywane zadania są ważne zarówno z poznawczego jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Szczególnie ważne jest uzyskanie bazy wiedzy dla rozwoju adsorpcyjnej technologii separacji ditlenku węgla, co ma ważne znaczenie dla stopnia jej upowszechnienia. Czasopisma, dokumentujące osiągnięcia naukowe kandydata, są powszechnie znane i uznane w środowisku zajmującym się zagadnieniami usuwania CO₂ i jego utylizacji. Na podkreślenie zasługuje także zaangażowanie habilitanta w przygotowanie patentów wykorzystujących wyniki prowadzonych badań i prac rozwojowych. W świetle powyższych uwag należy uznać wyniki przedstawionych do oceny prac za istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. W mojej ocenie Kandydat pozyskał wiedzę i umiejętności samodzielnej organizacji i prowadzenia badań oraz ich zastosowań.

C. Ocena aktywności naukowej (realizowanej także poza jednostką, w szczególności zagraniczną)

Kandydat nie pracował etatowo poza Politechniką Częstochowską. Jego aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, bądź instytucji naukowej obejmowała natomiast uczestnictwo w sześciu stażach zagranicznych (*Norsk institutt for luftforskning*-Norwegia, *Monash University* -Australia, *Zhejiang University* - Chiny, *Universidade - de Lisboa* *Universitã Campus*- Portugalia, *Bio-Medico di Roma* - Włochy, *Consiglio Nazionale delle Ricerche* - Włochy - łącznie 12 tygodni).

Habilitant wykazywał także wyróżniającą aktywność w pozyskiwaniu projektów badawczych i w realizacji licznych grantów (9 projektów, finansowanych głównie przez NCBiR). Na uwagę zasługują uczestnictwo w badaniach w ramach 5 projektów o charakterze międzynarodowym (EEA Grants Norway Grants i inne). Tematyka projektów była głównie związana z CCSU. Wyniki prac w projektach, były publikowane w czasopismach naukowych, przedstawiane na

krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych oraz stanowiły podstawę do opracowań patentowych.

Dr inż. Dariusz Wawrzyńczak opublikował (poza pracami wymienionymi w punkcie B, czyli artykułami dokumentującymi jego *osiągnięcia naukowe*) oraz przedstawił na konferencjach naukowych:

- a. Przed uzyskaniem stopnia dr nt:
 - o 2 artykuły naukowe
 - o 1 opracowanie rozdziału w monografii (jako współautor, udział 80%, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej)
 - o 8 referatów konferencyjnych (dwa na konferencjach zagranicznych)
- b. Po uzyskaniu stopnia dr nt.:
 - 11 artykułów naukowych (6 artykułów z IF)
 - 5 opracowań rozdziałów w monografiach (w czterech współautor, 1 opracowanie autorskie, głównie wydawnictwo Pol. Częstochowskiej, udział w opracowaniach współautorskich od 30 do 90 %)
 - 24 referatów konferencyjnych (w tym 12 na konferencjach i seminariach międzynarodowych).

Wyniki badań przedstawiane w tych publikacjach są świadectwem dobrego przygotowania metodycznego kandydata do analiz zagadnień separacji ditlenku węgla oraz jego utylizacji, głównie w procesach wytwarzania metanolu i DME.

Kandydat opublikował w bazie Web of Science 16 artykułów (z tego 10 mieści się w dokumentacji *Osiągnięcia*, p.B). Łączna wartość IF (20.04. 2023r.) wynosi 83,799.

Sumaryczna liczba cytowań prac Kandydata wynosiła (w nawiasie bez autocytoowań) :

Web of Science	121 (107)
Scopus	140 (121)
Google Scholar	180 (141)

Indeks Hirscha na dzień 20.04. 2023r wg poniższych baz danych wynosił:

Web of Science	HI=7
Scopus	HI=7
Google Scholar	HI=8

Najczęściej były cytowane prace:

1. Wawrzyńczak D., Majchrzak-Kuceba I., Srokosz K., Kozak M., Nowak W., Zdeb J., Smółka W., Zajchowski A., *The pilot dual-reflux vacuum pressure swing adsorption unit for CO₂ capture from flue gas. Separation and purification technology*, 2019, 209, 560-570; cytowania (bez autocytoowań) (WoS/S/GS): 28/30/37
2. Cen Q., Fang M., Wang T., Majchrzak-Kuceba I., Wawrzyńczak D., Luo Z., *Thermodynamics and regeneration studies of CO₂ adsorption on activated carbon, Greenhouse Gases Science and Technology*, 2016, 6. 787-796; cytowania (bez autocytoowań) (WoS/S/GS): 23/26/24

D. Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne oraz popularyzujące naukę i inne

Dr inż. Dariusz Wawrzyńczak prowadził i prowadzi zajęcia (wykłady, ćwiczenia audytoryjne, laboratoryjne i projektowe) dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunkach: *Inżynieria środowiska, Ochrona środowiska oraz Energetyka* a wielu przedmiotów (np. :*Termodynamika techniczna, Technologie proekologiczne, Gospodarka energetyczna, Przemysłowa energia odpadowa, Technologie maszyn energetycznych, Techniki czystego spalania, Systemy dystrybucji ciepła, Metrologia procesów cieplnych i przepływowych*).

Był promotorem 21 prac dyplomowych (11 inżynierskich oraz 10 magisterskich). Wykonałem 40 recenzji prac dyplomowych (24 inżynierskich oraz 16 magisterskich). Obecnie jestem promotorem dwóch prac magisterskich oraz sprawuję opiekę naukową w charakterze promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich: „*Efektywne bioadsorbenty do usuwania ditlenku węgla metodą adsorpcyjną VPSA*” oraz „*Zastosowanie analizy LCA do oceny łańcucha wychwytu i utylizacji CO₂*”, które są w toku.

Jest współtwórcą programów w wielu kierunkach studiów. Jego działalność pedagogiczną wysoko cenią studenci.

Kandydat nie zaniedbywał działalności organizatorskiej, między innymi podejmując obowiązki organizacji konferencji naukowych i biorąc udział w innych pracach organizacyjnych na szczeblu Wydziału i Katedry.

Był zaangażowany w przygotowanie nowych i modernizację istniejących instalacji badawczych i dydaktycznych.

Godną podkreślenia jest jego aktywności związana z działalnością popularyzującą naukę (wykłady na Szkołach Letnich, Warsztaty tematyczne dla szkół podstawowych i średnich, promocję tematyki Wydziału podczas Festiwalu Nauki i inne).

Kandydat w ramach współpracy z instytucjami przemysłowymi brał udział w rozwiązywaniu wielu problemów przez nie zlecanych.

Za zaangażowanie w działalność naukową dydaktyczną oraz organizacyjną otrzymał liczne Nagrody Rektora Politechniki Częstochowskiej.

E. Wnioski końcowe

- Badania prowadzone przez dr inż. Dariusza Wawrzyńczak były i są ważne dla problematyki separacji ditlenku węgla i jego utylizacji, odpowiadają współczesnemu stanowi wiedzy. Są oryginalne poznawczo, mają istotny potencjał aplikacyjny. Stanowiły podstawę do przygotowania konkretnych rozwiązań instalacji badawczych, w tym przemysłowej instalacji pilotowej. Ich wyniki stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej **Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka**.
- Kandydat poważnie zwiększył dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia dr nt.
- Spełnia zwyczajowo przyjęte wymagania dotyczące wskaźnika IF i liczby cytowań oraz indeksu Hirscha.
- Habilitant wykazywał wyróżniającą aktywność w pozyskiwaniu projektów badawczych i w realizacji licznych grantów.
- Legitymuje się poważnym dorobkiem dydaktycznym i organizacyjnym.
- Współpracował z innymi jednostkami badawczymi, w tym z ośrodkami zagranicznymi.
- Posiada doświadczenie we współpracy z otoczeniem gospodarczym.

W podsumowaniu stwierdzam, że

- Wskazany przez Habilitanta cykl publikacji (o którym mowa w art. 219, ust. 1 p. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*) jest dziełem wnoszącym znaczny wkład w rozwój dyscypliny *Inżynieria Środowiska. Górnictwo i Energetyka*
- Kandydat wykazał się istotną aktywnością naukową „realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej” (jak stanowi art. 219, ust. 1 p. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*)

Na tej podstawie stwierdzam, że dr inż. Dariusz Wawrzyńczak spełnia zapisy zawarte w art. 219, ust. 1 p. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* i w pełni zasługuje na pozytywną ocenę w procesie postępowania habilitacyjnego.

