

Zabrze, 04/01/2024r.

prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała
z-ca Dyrektora ds. Badań i Rozwoju

RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego
i organizacyjnego dr. inż. Dariusza WAWRZYŃCZAKA
w związku z Jego wnioskiem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Wprowadzenie

Podstawą formalną opracowania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej z dnia 23.10.2023 r. w sprawie powołania mnie w skład komisji habilitacyjnej celem przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego Pana dr inż. Dariusza Wawrzyńczaka. Postępowanie przedmiotowe wszczęte zostało w dniu 22.05.2023 r.

Podstawą do sporządzenia recenzji są następujące dokumenty, przekazane mi przez Kierownika Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka w Politechnice Częstochowskiej, Panią dr hab. inż. Iwonę Zawieję prof. PCz., pismem z 14.11.2023 r.:

- wniosek dr inż. Dariusza Wawrzyńczaka o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego,
- autoreferat przedstawiający m.in. opis dorobku i osiągnięć w pracy naukowo – badawczej w języku polskim,
- wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,
- dokumentacja osiągnięć naukowych wraz z oświadczeniami współautorów,
- dokumentacja aktywności naukowej, współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym, analiza bibliometryczna.

Dokumentację przedstawioną mi do recenzji uznaję za zgodną z wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej (RDN), ujętymi w załączce pn. „Wymagania dokumentacyjne wniosków w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego” pod adresem: <https://www.rdn.gov.pl/postepowanie-habilitacyjne.wymagania-dokumentacyjne-wnioskow-w-sprawie-nadania-stopnia-doktora-habilitowanego.html>

Podstawą prawną oceny osiągnięć naukowych Kandydata ubiegającego się o stopień doktora habilitowanego jest art. 221 ust. 8 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j.: Dz.U. z 2021 poz. 478), a w zakresie kryteriów branych pod uwagę przy tej ocenie – art. 219 ust. 1 pkt 2 wspomnianej ustawy. Moja recenzja opierać się zatem będzie na ww. kryteriach i bierze pod uwagę oprócz charakterystyki sylwetki naukowej Habilitanta dwa najważniejsze elementy wskazane w Ustawie, a mianowicie: 1) posiadanie stopnia doktora 2) posiadanie w dorobku osiągnięcia naukowego albo artystycznego, stanowiącego znaczny



wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej: a) 1 monografii naukowej wydanej przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267, kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej ust. 2 pkt 2 lit. b; lub b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej ust. 2 pkt 2 lit. b; 3) istotną aktywność naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Podstawowe informacje o kandydacie

Dr inż. Dariusz Wawrzyńczak ukończył studia na *Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska* Politechniki Częstochowskiej w roku 2007, uzyskując tytuł magistra inżyniera na kierunku inżynieria środowiska. W dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska uzyskał w roku 2012 na tej samej uczelni i tym samym wydziale, stopień doktora nauk technicznych. Jego rozprawa doktorska pt. „*Adsorpcja CO₂ pochodzącego ze spalania węgla w atmosferze wzbogaconej tlenem w procesie zmiennociśnieniowym i zmiennotemperaturowym*” została przygotowana pod opieką promotora - prof. dr hab. inż. Wojciecha Nowaka.

W trakcie pracy na stanowisku asystenta w Katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ochrony Atmosfery macierzystego wydziału ukończył „*Studium pedagogiczne dla asystentów*” prowadzone w Międzywydziałowym Studium Kształcenia i Doskonalenia Nauczycieli.

Habilitant od 2012 r. jest zatrudniony w macierzystym wydziale, noszącym obecnie nazwę *Wydziału Infrastruktury i Środowiska* na stanowisku adiunkta w Katedrze Zaawansowanych Technologii Energetycznych. Prowadził działalność dydaktyczną, prowadząc zajęcia dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych.

Podsumowując: Dariusz Wawrzyńczak posiadając stopień doktora spełnia wymóg Art. 219 pkt 1 ust. 1 w/w Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

3. Dorobek przed uzyskaniem stopnia doktora

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych, dr Wawrzyńczak skupiał zainteresowania naukowe na procesach usuwania CO₂ z gazów spalinowych przy wykorzystaniu metod adsorpcyjnych. Habilitant w szczególności poświęcał uwagę zagadnieniom takim jak:

- zastosowanie adsorpcji do usuwania CO₂ przy wykorzystaniu zeolitów,
- ocena przydatności wybranych adsorbentów przy wykorzystaniu technik TGA,
- wykorzystanie metody V-PSA.

Uzyskane w trakcie realizacji prac badawczych z powyższych obszarów wyniki Habilitant publikował m.in. w krajowych czasopismach („*Inżynieria i ochrona środowiska*”, „*Budownictwo i inżynieria środowiska*”, „*Inżynieria chemiczna i procesowa*”) oraz prezentował na seminariach i konferencjach krajowych takich jak: *Konferencja Naukowo – Techniczna Studentkich Kół Naukowych i Młodych Pracowników Nauki. Debata o przyszłości energetyki. Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna, Forum Energetyków GRE* oraz zagranicznych (*35th International Conference on Clean Coal & Fuel Systems*, Clearwater, USA; *6th Trondheim Conference on CO₂ capture and storage*, Trondheim, Norwegia). W tym okresie (2010 r.) opublikował on także jeden współautorski rozdział pn. „*Metody separacji dwutlenku węgla*” w monografii pn. *Sorbenty z popiołu dla energetyki*. (red. W. Nowak, J. Pacyna, I. Majchrzak – Kucęba).

4. Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego przez Habilitanta jako podstawy postępowania habilitacyjnego

Jako osiągnięcie naukowe pt. „*Wychwytywanie dwutlenku węgla z gazów spalinowych metodą adsorpcyjną*”, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria, środowiska i energetyka Habilitant przedstawił do oceny:

- jednotematyczny cykl 10 wieloautorskich publikacji naukowych,
- 3 wieloautorskie patenty,
- wieloautorską monografię naukową o zasięgu międzynarodowym pt. „*The carbon chain in carbon dioxide industrial utilization technologies*”, Wydawnictwa CRC Press, Roca Baton (2022) w której Habilitant był wiodącym edytorem oraz w której zawarł dwa własne autorskie rozdziały,
- 3 wieloautorskie rozdziały w monografiach krajowych opublikowanych przez Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.

Problematyka wskazanego osiągnięcia naukowego jest powiązana z problematyką rozprawy doktorskiej. Habilitant zaklasyfikował poprawnie problematykę wskazanego osiągnięcia naukowego jako należącą do dyscypliny inżynieria środowiska i energetyka.

Podsumowując: Dariusz Wawrzyńczak przedkładając jako osiągnięcia naukowe cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych, które w latach ich opublikowania w ostatecznej formie były ujęte we właściwym wykazie spełnia wymóg Art. 219 pkt 1 ust. 2 b) w/w Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

4.1 Uzasadnienie wyboru problematyki wskazanego osiągnięcia naukowego

Problematyka ograniczania emisji dwutlenku węgla poprzez jego wychwytywanie ze spalin powstających w trakcie spalania paliw stałych w kotłach energetycznych jest od lat przedmiotem zainteresowania zarówno naukowców jak i praktyków zajmujących się technologiami ograniczania wpływu procesów spalania paliw stałych na środowisko naturalne. Zgodnie z pakietem ustaw dotyczących klimatu i energii „*Fit for 55*”, stanowiącym element Europejskiego Zielonego Ładu, zmniejszenie w Unii Europejskiej do 2030 roku emisji gazów cieplarnianych ma wynieść 55 proc. względem 1990 roku a w perspektywie 2050 roku ma zostać osiągnięta neutralność klimatyczna. Zgodnie z nowymi przepisami, pula dostępnych pozwoleń na emisje CO₂ być systematycznie ograniczana, co w założeniu ma motywować producentów energii do wybierania rozwiązań nieemisyjnych. Sektory objęte systemem mają do 2030 roku obniżyć poziom emisji gazów cieplarnianych o 62 proc. w porównaniu z poziomem z roku 2005.

Problematyka osiągnięcia naukowego, obejmując procesy usuwania CO₂ z gazów spalinowych jest zatem bardzo ważna z punktu widzenia praktycznego, wiążącego się z eksploatacją instalacji na paliwa stałe, zarówno w chwili obecnej jak również w perspektywie najbliższych lat. Technologie usuwania CO₂ ze spalin są stale rozwijane, pojawiają się także pierwsze instalacje demonstracyjne, także w Polsce. Ostatnie lata przyniosły dwa projekty, w ramach których planuje się wybudowanie w Polsce dwóch pełnowymiarowych instalacji usuwania CO₂; pierwsza ma powstać w Cementowni Kujawy, a druga - w Cementowni Góraździe.

Określając szczegółowy zakres osiągnięcia naukowego przykładowy zestaw słów kluczowych „*flue gas CO₂ adsorption removal*” po wrzuceniu do środowiska Google daje blisko 24 mln odpowiedzi. W bazie recenzowanych publikacji naukowych Web-of-Science ujęto dla frazy „*CO₂ adsorption removal*” 3076 artykułów naukowych, 227 referatów konferencyjnych, 21 rozdziałów w monografiach poświęconych tym zagadnieniom (stan na dzień 19.12.2023 r.). Zdecydowana większość autorów w/w publikacji wykazuje afiliacje instytucji naukowych z



terenu Chin, USA oraz Korei. Stosunkowo mała liczba publikacji (53) pochodzi od autorów reprezentujących w tym zestawieniu nasz kraj. Wg bazy Google Patents, w samym roku 2023 złożono ponad 11 tysięcy wniosków patentowych w obszarze „*CO₂ removal adsorption*”.

Mimo już mocno zatem opracowanego i eksploatowanego tematu podjęte przez Habilitanta zagadnienie jest niewątpliwie wyzwaniem, zwłaszcza w kontekście małej liczby dostępnych powszechnie informacji dowodzących weryfikacji w skali przemysłowej (a więc w istniejących wielkoskalowych jednostkach demonstracyjnych) proponowanych rozwiązań technologicznych dla adsorpcyjnej metody oczyszczania spalin z ditlenku węgla. Przeważająca część naukowego dorobku literaturowego światowych badawczy skupia się na badaniach podstawowych, badaniach przemysłowych (w tym aspektach doboru sorbentów, parametrów procesu, modelowaniu numerycznym i badaniom małoskalowym) przy dużym niedosycie informacji o wynikach zrealizowanych prac rozwojowych.

Wybór problematyki wskazanej jako osiągnięcie naukowe uznaję zatem trafny z punktu widzenia naukowego jak też praktycznego nie przesadzając w tym miejscu mojej recenzji o jego wartości naukowej, która oceniona zostanie szczegółowo poniżej w odniesieniu do aspektów strukturalnych, terminologicznych, merytorycznych, metodycznych, bibliograficznych, stylistycznych i redakcyjnych.

4.2 Ocena strukturalna

Na osiągnięcie naukowe wskazane przez Habilitanta jako podstawa postępowania habilitacyjnego składa się jednotematyczny cykl publikacji naukowych (w tym rozdziałów w monografiach) oraz patentów zatytułowany jako „*Wychwytywanie dwutlenku węgla z gazów spalinowych metodą adsorpcyjną*”. Głównym celem prac składających się na osiągnięcie naukowe było zademonstrowanie działania technologii wychwytywania CO₂ z gazów spalinowych, pochodzących z elektrowni, w rzeczywistych warunkach przemysłowych, w skali pilotowej, metodą adsorpcji zmiennociśnieniowej.

Habilitant w autoreferacie wskazuje, iż osiągnął zaplanowany cel naukowy w efekcie realizacji cząstkowych etapów prac, z których każdy kończył się osiągnięciem celu szczegółowego. Tytuł osiągnięcia naukowego sformułowany został dość szeroko, opis zakresu prac w autoreferacie wskazuje cztery główne obszary badawcze, takie jak: ocena przydatności stałych sorbentów do wychwytywania CO₂ w skali laboratoryjnej (poz. 4,7,8,9,10,17), dobór parametrów procesowych instalacji wychwytywania dwutlenku węgla z symulowanej mieszaniny gazów spalinowych w małej skali laboratoryjnej, przy wykorzystaniu techniki próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej (poz. 3,7,9,17), dobór konfiguracji procesowej instalacji wychwytywania dwutlenku węgla z symulowanej mieszaniny gazów spalinowych w dużej skali laboratoryjnej, przy wykorzystaniu techniki próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej (V-PSA) w instalacji czterokolumnowej (poz. 4,11,13,18) oraz wychwytywanie dwutlenku węgla z gazów spalinowych w rzeczywistych warunkach przemysłowych, w skali pilotowej w elektrowni, przy wykorzystaniu techniki dwustopniowego sposobu wydzielenia CO₂ z gazów spalinowych metodą próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej z ponownym wzbogacaniem produktu niskociśnieniowego (DR-VPSA) w instalacji czterokolumnowej (poz. 1,6,12,16,19), ocenę możliwości przygotowania gazów spalinowych do procesu wychwytywania dwutlenku węgla w skali pilotowej, w instalacji czterokolumnowej, podczas badań przemysłowych w elektrowni (poz. 1,5,6), ocena trwałości sorbentów po przeprowadzonych przemysłowych badaniach wychwytywania dwutlenku węgla z gazów spalinowych w skali pilotowej w instalacji czterokolumnowej w elektrowni (poz. 6), analiza możliwości doczyszczania wychwyconego dwutlenku węgla za pomocą metody adsorpcyjnej (poz. 2) oraz rekomendacje i wyzwania dla technologii wychwytywania CO₂ metodą adsorpcyjną (poz. 14, 15, 19).

Spośród publikacji włączonych do cyklu, dziesięć pozycji to publikacje indeksowane w JCR (wszystkie współautorskie), trzy patenty, w których Habilitant jest współtwórcą oraz łącznie pięć rozdziałów w monografiach (jeden autorski, pozostałe współautorskie). Wieloautorskie publikacje to wspólne autorstwa od dwóch do ośmiu autorów. W przypadku czterech publikacji wieloautorskich, udział Habilitanta wynosił powyżej 50%, w tych przypadkach Jego udział polegał m.in. na opracowaniu koncepcji badań, charakteryzowaniu adsorbentów, prowadzeniu badań wychwytu CO₂ czy wyznaczaniu wartości błędów pomiarowych. W pozostałych wieloautorskich publikacjach wchodzących w skład cyklu, udział Habilitanta kształtował się na poziomie od 15 do 45%. Wkład Habilitanta w tych przypadkach polegał m.in. na nadzorze nad badaniami, wykonywaniu badań, interpretacji wyników czy opracowaniu manuskryptów. Deklaracje Habilitanta co do jego udziału w publikacjach wieloautorskich zostały potwierdzone przez współautorów, co udokumentowano oświadczeniami.

Pozycje z listy JCR włączone do cyklu mają charakter publikacji naukowych, wydawanych w latach 2012-2022 w uznanych w środowisku naukowym periodykach o wysokim wskaźniku wpływu takich jak: *Separation and Purification Technology*, *Energy*, *Polish Journal of Environmental Studies*, *Journal of CO₂ Utilization*, *Energies*, *Fuel*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, *Greenhouse Gases Science and Technology*.

Patenty stanowiące składową osiągnięcia naukowego obejmują sposoby wychwytu ditlenku węgla metodą próżniowej adsorpcji zmiennociśnieniowej, w tym także ze spalin pochodzących z procesu spalania tlenowego paliw stałych w kotłach z cyrkulującą warstwą fluidalną. Wszystkie patenty są wieloautorskie, średnio liczba twórców w przeliczeniu na jeden patent wynosi pięć, w jednym z nich współtwórcami są przedstawiciele przemysłu (firmy Tauron Wytwarzanie) co wskazuje z pewnym oczywiście uproszczeniem na współpracę Habilitanta nie tylko z innymi badaczami (głównie własnego środowiska naukowego Politechniki Częstochowskiej) ale także pracownikami przemysłu, gdzie rozwiązania patentowe były wdrażane.

Oceniając zgłoszone osiągnięcie naukowe pod względem strukturalnym, tzn. kompletności i spójności zawartych w nim treści sformułować można poniższe uwagi.

Po pierwsze, uznać można, że cykl powstał jako zaplanowane wcześniej i konsekwentnie realizowane poprzez kolejne publikacje przedsięwzięcie naukowe. Publikacje w periodykach naukowych stanowiących część cyklu obrazują konsekwentny rozwój poszczególnych zagadnień podjętej problematyki badawczej od skali laboratoryjnej do pilotowej. Po drugie, powstające równolegle zgłoszenia patentowe umożliwiały praktyczne wdrażanie opracowywanych rozwiązań w praktyce przemysłowej, co dowodzi rzeczywistego popytu na badania naukowe w ocenianym zakresie.

Po drugie: cykl publikacji spełnia moim zdaniem kryteria dzieła naukowego, zawiera bowiem cel przewodni jakim jest rozwinięcie technologii usuwania CO₂ ze spalin metodą adsorpcyjną. Habilitant konsekwentnie zaplanował badania w każdym z obszarów badawczych, we wszystkich prowadząc badania laboratoryjne z wykorzystaniem nowoczesnych technik analitycznych, wreszcie po wdrożeniu rozwiązań w instalacji pilotowej dokonał weryfikacji przyjętych założeń. Wyniki przeprowadzonych badań cząstkowych były na każdym etapie syntetycznie podsumowywane, poddawane właściwej interpretacji a na końcu zaproponowano konkretne rekomendacje.

Wreszcie po trzecie: pewnym zwieńczeniem dorobku naukowego w obszarze osiągnięcia habilitacyjnego jest monografia, w której Habilitant pełnił rolę redaktora i w której zaprezentował nie tylko własny oryginalny dorobek z obszaru adsorpcyjnych metod usuwania CO₂ z gazów spalinowych ale także ujęto doświadczenia uzyskane przez innych badaczy, nie tylko z obszaru usuwania CO₂ ale również jego wykorzystania.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że całokształt dorobku naukowego Habilitanta wskazanego jako osiągnięcie habilitacyjne, czyli: publikacje w czasopiśmie



naukowych, rozdziały w monografiach oraz patenty stanowią wyczerpujące i spójne dzieło naukowe.

4.3 Ocena terminologiczna

Pojęcia naukowe stanowiące bazę terminologiczną zgłoszonego osiągnięcia są ujęte w poszczególnych elementach cyklu. System pojęć zawarty we wszystkich elementach jest spójny. Także wykorzystana w autoreferacie siatka pojęć jest koherentna i odpowiada nomenklaturze stosowanej przez badaczy wywodzących się z innych środowisk naukowych, zarówno krajowych jak i zagranicznych. Habilitant konsekwentnie używa przyjętej w środowisku energetyków nazwy „dwutlenek węgla”, podczas gdy Polskie Towarzystwo Chemiczne zaleca stosowanie nazwy „ditlenek węgla”, i pod taką nazwą gaz ten opisywany jest m.in. w chemii. Pojęcia podstawowe dla problematyki cyklu zostały omówione w monografii. Jeżeli chodzi o autoreferat, można było zawrzeć w nim nieco głębszą niż to uczyniono analizę literaturową ukierunkowaną na porównanie alternatywnych technologii usuwania CO₂ – którą Habilitant i tak przeprowadził (zawarł je chociażby w poz. 16 cyklu).

Podsumowując: podstawowe pojęcia związane z problematyką cyklu zostały zatem w poszczególnych publikacjach omówione. Należy podkreślić, iż ujęte w cykl publikacji artykuły są bardzo obszerne, a zastosowane w nich zróżnicowane metody i techniki badawcze, często bardzo nowoczesne, uzupełnione wnikliwą dyskusją wyników badań potwierdzają wysokie umiejętności naukowe Habilitanta.

Ponieważ przedstawione w cyklu publikacji pozycje ukazały się w renomowanych międzynarodowych periodykach naukowych, sądzę że ich szczegółowa analiza terminologiczna jest w tym przypadku nieuzasadniona. Manuskrypty kierowane do publikacji w czasopiśmie o tak wysokiej randze poddawane są szczegółowej analizie na poziomie wydawniczym (przez Wydawcę), a następnie zanonimizowanemu procesowi recenzji, w którym bierze udział kilku niezależnych recenzentów. Dokonują oni zwyczajowo bardzo krytycznej oceny przedłożonego materiału co ma na celu wychwycenie błędów i niedociągnięć, aby je przed publikacją finalnej wersji autor miał szansę poprawić czy usunąć. Można zatem założyć, iż stanowiący zawartość poszczególnych publikacji materiał był już poddany szczegółowej analizie i weryfikacji terminologicznej.

4.4 Ocena merytoryczna

Zadeklarowanym w autoreferacie obszarem badawczym cyklu publikacji i patentów jest, jak już wskazano powyżej, proces adsorpcyjnego usuwania CO₂ z gazów spalinowych prowadzony w warunkach zmiennociśnieniowych, z wykorzystaniem stałych sorbentów.

Zatem jako wiodący cel użyteczny prowadzonych badań przemysłowych można moim zdaniem w oparciu o autoreferat oraz analizę treści pozycji składających się na cykl publikacji wskazać „**rozwój i doskonalenie technologii usuwania CO₂ z wykorzystaniem metod adsorpcyjnych w warunkach zmiennego ciśnienia**”.

Publikacje przedstawione jako składowe cyklu (pozycje 1-10) zostały opublikowane w latach 2017-2023 w zagranicznych czasopiśmie naukowych o wysokim i bardzo wysokim wskaźniku wpływu (IF). Należy podkreślić, że sumaryczny IF czasopism, w których zostały opublikowane prace wchodzące w skład powyższego cyklu wynosi 37,486. Jest to wartość wysoka, co uprawnia do stwierdzenia, że bardzo wysoka jest zarówno jakość wykonanych badań jak również poziom naukowy Habilitanta. To stwierdzenie dodatkowo uwiarygadniają przesłane oświadczenia współautorów pozycji cyklu, udawadniające znaczący, indywidualny wkład Autora w przygotowanie poszczególnych publikacji. W czterech publikacjach jest On pierwszym autorem.

Kompozycja całości autoreferatu jest przejrzysta i syntetyczna, jego zwięzłość nie pozwala przed zapoznaniem się z całością zakresu cyklu publikacji na dostrzeżenie, jak wiele pracy zostało przez Habilitanta oraz pozostałymi współautorami włożone w prace prowadzące do uzyskania wyników, które mogły być w publikacjach zaprezentowane. Jest to możliwe dopiero po lekturze całości cyklu.

Zaprezentowane w pracy publikacje dobrano w sposób przemyślany oraz trafny. Analizując je w układzie chronologicznym, publikacja nr 10 dotyczy szczegółowych zagadnień oceny przydatności adsorbentów do separacji CO₂ w układach próżniowych. Publikacja nr 9 obejmuje wyniki uzyskane w trakcie badań laboratoryjnych wychwytu CO₂ z wykorzystaniem komercyjnego zeolitu 13X i za pomocą instalacji laboratoryjnej. Kolejny artykuł (8) obejmuje zagadnienia wykorzystania węgla aktywnego w procesie zmiennociśnieniowej adsorpcji w aspektach m.in. analizy kinetycznej. Kolejna pozycja (7) dotyczy także badań procesu adsorpcji zmiennociśnieniowej tyle że tym razem badania prowadzone są już w większej skali, z wykorzystaniem instalacji dwukolumnowej a w badaniach wykorzystywano MOF (*ang. metal organic framework*). Publikacja nr 6 prezentuje wyniki badań prowadzonych w skali pilotowej, w warunkach pracy rzeczywistego bloku energetycznego. Zagadnieniu oczyszczania spalin trafiających do instalacji pilotowej z bloku energetycznego z NO_x i SO_x poświęcono pozycję cyklu nr 5; celem badań było m.in. określenie czasu życia adsorbentów temu poświęconych. W pozycji nr 4 analizie poddano możliwość usuwania CO₂ z gazów powstających w przemyśle cementowym, które cechują się m.in. inną zawartością tego składnika. Badania prowadzono w skali wielkolaboratoryjnej. Publikacja nr 3 zawiera skrótowe omówienie procesu desorpcji i przeanalizowano w niej wpływ ciśnienia stopień odzysku CO₂ z adsorbentu. Publikacja nr 2 dotyczy już procesu spalania tlenowego i metod adsorpcyjnych. Pierwsza z publikacji przedstawionego cyklu zamyka w układzie chronologicznym prace Habilitanta i stanowi obszernie podsumowanie wyników uzyskanych w trakcie badań prowadzonych z wykorzystaniem instalacji pilotowej zabudowanej na boczniku ciągu spalinowego elektrowni Łaziska.

Podsumowując, należy w szczególności podkreślić należy następujące elementy osiągnięcia naukowego:

- przeprowadzenie oceny przydatności stałych sorbentów do wychwytu dwutlenku węgla;
- przeprowadzenie badań mających na celu dobór parametrów procesowych instalacji wychwytywania dwutlenku węgla z gazów spalinowych w skali laboratoryjnej;
- uzyskanie na podstawie badań przeprowadzonych w dużej skali laboratoryjnej wyników zbliżonych z wynikami uzyskanymi za pomocą instalacji badawczej w skali mniejszej,
- wprowadzenie dodatkowych etapów procesowych do instalacji badawczych co umożliwiło przeprowadzenie badań porównawczych;
- potwierdzenie zasadności stosowania dwóch stopni wychwytu, celem uzyskania minimum 90% czystości CO₂;
- realizacja badań procesu wychwytu CO₂ z gazów spalinowych na instalacji pilotowej zasilanej rzeczywistymi gazami spalinowymi;
- potwierdzenie skutecznej pracy instalacji w skali pilotowej w łącznym czasie 800h;
- potwierdzenie bardzo dużej skuteczności węgla aktywnego impregnowanego KOH/KJ do odsiarczania spalin podczas pracy ciągłej;
- wykazanie konieczności zastosowania dodatkowej metody usuwania tlenków azotu ze spalin z uwagi na niski stopień odazotowania przy jednoczesnej wystarczającej skuteczności osuszania spalin za pomocą układu glikolowego;
- wykazanie, że osiągnięcie bardzo wysokiej czystości CO₂ jest niemożliwe (co nieco ogranicza możliwości produktowego zastosowania wychwyconego gazu).



cechujące się wysokim poziomem oryginalności (o czym świadczą także zgłoszenia patentowe – poz. 11-13) i stanowiące znaczny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

Publikacje cyklu nie zawierają wątków nie należących do głównej problematyki osiągnięcia lub z nią słabo powiązanej.

4.5 Ocena metodyczna

Waga oceny metodycznej dorobku stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest dość istotna, ponieważ samodzielny pracownik naukowy pełniąc funkcję promotora przyszłych doktorantów będzie właśnie im tę wiedzę przekazywał. Ocenie metodycznej poddać można zarówno poszczególne publikacje stanowiące składowe cyklu (w tym monografię) jak również sam autoreferat.

Poziom metodyczny poszczególnych publikacji jest dobry, składają się one z wyraźnie wydzielonych sekcji zawierając opisy metodologii badań, procedurę badawczą, analizę wyników w tym analizę błędów oraz poprawnie formułowane wnioski.

Poziom metodyczny zgłoszeń patentowych nie podlega ocenie, zwyczajowo jest on wypracowywany wspólnie z rzecznikiem patentowym odpowiedzialnym za złożenie zgłoszenia w UPRP i przygotowany pod kątem spełnienia określonych wymogów w tym zakresie. Poziom metodyczny autoreferatu jest poprawny.

4.6 Ocena stylistyczna i redakcyjna

Pod względem stylistycznym i redakcyjnym zarówno autoreferat jak również poszczególne publikacje cyklu publikacji prezentują dobry poziom, co wynika zapewne zarówno z ich starannego przygotowania jak i również późniejszej „obróbki redakcyjnej”. Styl wywodów jest klarowny.

4.7 Ocena bibliograficzna

Bibliografia umieszczona w poszczególnych publikacjach jest ona wyczerpująca z punktu widzenia zarówno odwołań do istniejącego dorobku naukowego w zakresie podjętej przez Habilitanta problematyki badawczej jak również wykorzystana została przy formułowaniu wniosków i ich odnoszenia do wyników i rozwiązań uzyskanych przez innych badaczy. Na jedną publikację naukową (z wyjątkiem rozdziałów monografii) przypada ok. 30-tu pozycji bibliograficznych, przy czym wiele odwołań prowadzi do aktualnych publikacji zagranicznych autorów. Habilitant powołuje się także często na dorobek własny (autorski bądź współautorski).

4.8 Podsumowanie

Przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe dr inż. Dariusza Wawrzyńczaka, wskazane jako podstawa postępowania habilitacyjnego, składające się z cyklu 10-ciu artykułów naukowych, trzech patentów oraz monografii międzynarodowej (pod redakcją Habilitanta) i rozdziałów w monografiach krajowych dotyczy problematyki usuwania dwutlenku węgla z gazów spalinowych z wykorzystaniem metody adsorpcji na stałych sorbentach.

Temat ten jest bardzo aktualny i takim pozostanie przynajmniej w krajach, których zarówno przemysł energetyczny wciąż uwzględnia znaczący udział paliw stałych (m.in. Japonia, Chiny, USA, Indie) z trendem co najmniej utrzymującym się. Także w UE rosnące wymagania związane z obniżaniem śladu węglowego energii i produktów będą oddziaływać znacząco na sektor konwencjonalnego wytwarzania energii, który z jednej strony będzie musiał sprostać tym

wymogom a z drugiej strony zapewnić pewność i ciągłość dostaw energii a zatem pracować bezawaryjnie i z jak najkrótszymi przestojami.

Prace Habilitanta są zatem znaczące nie tylko z naukowego punktu widzenia, ale także z punktu widzenia bieżących i przyszłych potrzeb energetyki i przemysłu.

Ponadto, podkreślić należy, iż przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe jest kompletne, spójne i oryginalne, wartość naukowa cyklu jest duża. Można zatem mówić bez wątplenia o znacznym wkładzie Habilitanta w rozwój nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

5. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitanta

5.1 Pozostałe kierunki badawcze

Oprócz dorobku opisanego w cyklu publikacji i wybranego do przedstawienia jako osiągnięcie naukowe, pozostały dorobek naukowo – badawczy Habilitanta dotyczy innych zagadnień z obszaru usuwania i zagospodarowania CO₂, takich jak:

- badania procesów konwersji CO₂ do DME za pomocą hybrydowych katalizatorów na bazie zeolitu,
- badania procesów konwersji CO₂ do metanolu za pomocą katalizatorów miedziowo – żelazowych,
- ocena możliwości zastosowania metod adsorpcyjnych do usuwania CO₂ powstającego w procesie wytwarzania cementu,
- badania możliwości zastosowania bio-odpadów do wytwarzania adsorbentów.

Badania z tego zakresu realizowane były m.in. w ramach projektów badawczych a ich wyniki publikowane w periodykach naukowych jak również prezentowane na konferencjach krajowych i zagranicznych. Dokładna ocena przeprowadzonych badań oraz uzyskanych wyników jest niemożliwa, bowiem Habilitant nie dostarczył w ramach dokumentacji swojego wniosku kopii tych publikacji.

5.2 Syntetyczny przegląd dorobku Habilitanta

Dorobek naukowy Habilitanta liczy (na podstawie autoreferatu) łącznie 35 pozycji publikacyjnych, z czego po uzyskaniu stopnia doktora opublikował on 33 pozycje. Po uzyskaniu stopnia doktora (po roku 2012), dostrzec należy bardzo dużą intensyfikacją aktywności publikacyjnej – Habilitant skupił się na prezentowaniu wyników w czasopismach z listy JCR (opublikował tam wraz ze współpracownikami 22 pozycje). Struktura dorobku Habilitanta jest bardzo korzystna. Wskaźniki bibliograficzne dorobku naukowego Habilitanta wg bazy Web-of-Science i SCOPUS kształtują się następująco:

Wskaźnik/Baza	Web-of-Science	SCOPUS	Google Scholar
Liczba prac	12	12	20
h-index	7	7	8
Liczba cytowań (z autocyt. /bez autocyt.)	121/107	140/121	180/149

Wskaźniki te można uznać za bardzo dobre. Podkreślenia wymaga z pewnością liczba wspólnych publikacji z przedstawicielami przemysłu (głównie grupy TAURON), co świadczy o dbałości o aspekt praktyczny i wdrożeniowy wyników uzyskiwanych w trakcie realizacji prac naukowo – badawczych.



5.3 Udział w projektach badawczych

Zgodnie z przedłożoną dokumentacją, Habilitant był członkiem zespołów realizujących projekty badawcze. Brał udział łącznie w 9-ciu projektach realizowanych w latach 2008-2022. Pełnił przeważnie funkcje wykonawcy i głównego wykonawcy, w projekcie finansowanym w ramach programu NAWA pełnił dodatkowo funkcję kierownika merytorycznego. Projekty krajowe, w które był zaangażowany (w liczbie 3) finansowane były przez NCBR oraz MNiSW. Dodatkowo, brał udział w realizacji projektów finansowanych ze środków Komisji Europejskiej (2) oraz Funduszy Norweskich (2). Warta podkreślenia jest także aktywność Habilitanta w charakterze członka zespołów przygotowujących wnioski o dofinansowanie projektów. Liczba wniosków złożonych z Jego udziałem w całym okresie działalności naukowej sięgnęła 32; przy czym wnioski składane były do instytucji finansujących krajowych (NCN, MNiSW, NCBR) oraz zagranicznych (Komisja Europejska, Fundusze Norweskie).

5.4 Udział w konferencjach i staże w jednostkach naukowych

Jak już wspomniano, Habilitant brał udział w konferencjach krajowych i zagranicznych (ponad 30 konferencji i seminariów). Jak wynika z przedłożonego zestawienia jest aktywnym uczestnikiem uznanych, cyklicznych międzynarodowych konferencji naukowo – technicznych z obszaru energetyki i procesów spalania, takich jak *International Technical Conference on Clean Coal and Fuel Systems*, *Trondheim Conference on CO₂ capture, transport and storage*, *International Conference on Clean Coal Technologies (CCT)*, *International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS)*, *International Congress on Thermal Analysis and Calorimetry*. Brał udział w licznych konferencjach i seminariach krajowych, prezentując dorobek naukowy w formie referatów bądź posterów.

Habilitant odbył łącznie 6 zagranicznych staży naukowych (w tym 5 po uzyskaniu stopnia doktora) w renomowanych instytucjach naukowych w Australii, Chinach, Portugalii i we Włoszech. W trakcie tych pobytów prezentował własny dorobek naukowy, brał udział w badaniach laboratoryjnych, wizytował laboratoria a także zaangażowany był w opracowywania wspólnych publikacji. **Dowodzi to faktu wykazania się przez Habilitanta istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej.**

5.5 Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski

Habilitant w trakcie swojej pracy na Politechnice Częstochowskiej zaangażowany był w prowadzenie zajęć dydaktycznych (wykładów, ćwiczeń audytoryjnych, ćwiczeń laboratoryjnych i projektowych) z przedmiotów takich jak m.in.: termodynamika techniczna, gospodarka energetyczna, techniki czystego spalania niskoemisyjne źródła ciepła (wykłady), czyste technologie, metrologia, ochrona powietrza, sposoby ograniczania niskiej emisji (ćwiczenia audytoryjne), podstawy techniki cieplnej, technika cieplna, modelowanie w energetyce, technologie oczyszczania gazów (ćwiczenia laboratoryjne); podstawy konstrukcji maszyn, centrale i sieci cieplne, system dystrybucji ciepła (ćwiczenia projektowe).

Po uzyskaniu stopnia doktora (w latach 2012-2023) pełnił rolę promotora prac dyplomowych inżynierskich (11) oraz magisterskich (10). Obecnie sprawuje opiekę naukową w charakterze promotora pomocniczego nad dwoma doktorantami.

Imponująca jest liczba imprez popularyzujących naukę, w których aktywny udział brał Habilitant. Oprócz wspomnianego już uczestnictwa w konferencjach i seminariach, brał udział w licznych pokazach laboratoryjnych i warsztatach dla uczniów szkół podstawowych i średnich,

dniach otwartych oraz wydarzeniach promujących macierzysty Wydział. Za tę ostatnią aktywność był pięciokrotnie nagradzany przez Rektora Politechniki Częstochowskiej.

5.6 Dorobek organizacyjny i ekspercki

Habilitant w trakcie swojej pracy na Politechnice Częstochowskiej regularnie angażował się w organizację seminariów i konferencji, był m.in. Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego Seminarium „*CCS-CCU technology for carbon footprint reduction using bio-adsorbents*” oraz członkiem komitetu organizacyjnego „*International conference & CCS summer school: Advanced CO₂ capture technologies for clean coal energy generation*”.

Uczestniczył w pracach zespołów powołanych w ramach Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia, pełnił funkcję protokolanta podczas obron prac dyplomowych, uczestniczył w tworzeniu „*Laboratorium energetyki konwencjonalnej i odnawialnej*”, zaprojektował i wykonał kilka stanowisk laboratoryjnych. Pełni funkcję opiekuna trzech laboratoriów na macierzystym wydziale.

Istotnym elementem działalności naukowo-badawczej Habilitanta były prace realizowane dla przemysłu i innych instytucji w ramach wykonywanych ekspertyz technicznych oraz prac projektowych, w których można wyróżnić dwie grupy zagadnień: prace realizowane dla sektora energetycznego (4 prace) w obszarze paliw i emisji CO₂ a także prace związane z działaniami realizowanymi w ramach projektów dotyczących rozwoju technologii produkcji kiełków warzywnych o podwyższonych parametrach (w latach 2018-2021 był wykonawcą w dwóch projektach poświęconych tej tematyce).

Habilitant wprawdzie nie wykazał w autoreferacie swojej aktywności zakresie recenzowania projektów międzynarodowych i krajowych (wspominał jedynie o wykonywaniu recenzji publikacji w dwóch czasopismach międzynarodowych), ale może to być moim zdaniem skompensowane przez inne osiągnięcia (m.in. bardzo szerokim zakresem współpracy międzynarodowej opisanym powyżej oraz dorobkiem organizacyjnym i popularyzatorskim).

5.7 Nagrody i wyróżnienia

Dr inż. Dariusz Wawrzyńczak uzyskał następujące nagrody i wyróżnienia:

- indywidualną nagrodę III stopnia,
- zespołową nagrodę I stopnia,
- sześć nagród zespołowych II stopnia,
- cztery nagrody zespołowe III stopnia.

Uzyskane nagrody były związane z działalnością organizacyjną, naukową, promocyjną a także publikacyjną.

6. **Wniosek końcowy**

Podsumowując stwierdzam, że dr inż. Dariusz Wawrzyńczak przedstawił do oceny osiągnięcia habilitacyjne udokumentowane cyklem publikacji (w skład którego weszły artykuły naukowe – 10, patenty – 3 oraz rozdziały w monografiach – 5), które stanowi wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Habilitant wykazał się bardzo dobrą znajomością technik laboratoryjnych, modelowania procesów adsorpcyjnego wychwytu CO₂ ze spalin i gazów procesowych a przede wszystkim posiada doskonałą wiedzę dotyczącą zastosowania techniki PSA opartej na wykorzystaniu stałych sorbentów do wychwytu CO₂, która została zweryfikowana w skali instalacji pilotowej. Jego dotychczasowy dorobek wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy dotyczącej doskonalenia metod adsorpcyjnych usuwania CO₂ z procesów energetycznych i przemysłowych.



Wiedza pozyskana na podstawie szerokiego zakresu przeprowadzonych badań laboratoryjnych i eksperymentalnych może być zastosowana do procesów innych niż konwencjonalna energetyka, zatem pozyskane wnioski mają charakter uniwersalny. Ponadto, dr inż. Dariusz Wawrzyńczak pełniąc obowiązki nauczyciela akademickiego przekazuje efektywnie tę wiedzę, rozwijając w sposób ciągły swój warsztat badawczy.

W związku z powyższym stwierdzam, że dr inż. Dariusz Wawrzyńczak spełnia w całości wymagania stawiane przez przywołaną na wstępie Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j.: Dz.U. z 2021 poz. 478) kandydatom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego.

Powyższe upoważnia mnie zatem do wnioskowania do Komisji Habilitacyjnej powołanej przez Radę Doskonałości Naukowej o dopuszczenie Habilitanta do dalszych etapów postępowania kwalifikacyjnego związanego z przyznaniem stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

