



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Katedra Techniki Ciepłej i Ochrony Środowiska

Dr hab. Aneta Magdziarz, prof. AGH

Kraków, dn. 11.07.2022 r.

Recenzja

wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Grzegorzowi Wałowskiemu obejmującego cykl powiązanych tematycznie publikacji pt. „Gazoprzepuszczalność złoża szkieletowego w aspekcie oceny hydrodynamiki przepływu płynów”

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Opinię niniejszą wykonałam na wezwanie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka dr hab. Inż. Roberta Króla, prof. uczelni PWr z dnia 11 maja 2022 r. z informacją o powołaniu Komisji Habilitacyjnej dr inż. Grzegorzowi Wałowskiemu i powierzeniu mi funkcji Recenzenta. W dniu 24 maja 2022 r. otrzymałam pełną dokumentację wniosku Kandydata, która była podstawą przygotowania niniejszej opinii.

2. Przebieg kariery zawodowej Habilitanta

Dr inż. Grzegorz Wałowski ukończył studia inżynierskie i magisterskie na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej. Tytuł mgr inż. uzyskał w 2010 r. w specjalności Maszyny, Urządzenia Przemysłowe i Ochrony Środowiska. W 2015 r. obronił pracę doktorską pt. „Hydrodynamika przepływu gazu przez złożo porowate” pod kierunkiem dr hab. inż. Gabriela Filipczaka, prof. PO i uzyskał stopień doktora nauk technicznych. W 2018 r. ukończył studia podyplomowe „Zarządzanie projektami w organizacjach” na Politechnice Opolskiej. Od 2016 r. dr inż. Grzegorz Wałowski jest zatrudniony w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym – Państwowy Instytut Badawczy w Falentach (ITE-PIB), Zakład Energii Odnawialnych, Oddział Poznań. W latach 2016 – 2018 był ekspertem prac badawczo-rozwojowych dwóch projektów (BIOGAS&EE, KompUtyl). W 2020 r.

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

48/554/2022

Wpłynęło dnia 11.07.221.....

objął stanowisko zastępcy Kierownika Oddziału (ITE-PIB), a następnie Kierownika. Aktualnie Habilitant pełni rolę zastępcy Kierownika Zakładów Naukowych: Przyrodniczego i Technologicznego ITE-PIB. Należy podkreślić, że dr inż. Grzegorz Wałowski od początku swojej pracy naukowej koncentruje swoje zainteresowania naukowe wokół zagadnień hydrodynamiki przepływu gazu przez struktury porowate.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Grzegorz Wałowski jako osiągnięcie wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (dz. u. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) wskazał 9 publikacji powiązanych tematycznie pt. „Gazoprzepuszczalność złoża szkieletowego w aspekcie oceny hydrodynamiki przepływu płynów”. Przedstawione prace zostały opublikowane w latach 2017 – 2021 w czasopismach z dziedziny inżynierii środowiska, chemii i energetyki tj. w *Przemysle chemicznym* (3), *Fuel* (1), *Journal of Water and Land Development* (1), *Energy* (1), *Materials* (1) i *Energies* (2). Czasopisma *Energy* i *Fuel*, jak również *Energies* i *Materials* posiadają wysokie współczynniki oddziaływania (IF) i punktację MNiSW. Całkowita liczba punktów MNiSW zgodnie z rokiem wydania wymienionych publikacji wynosi 845, a sumaryczny IF publikacji wchodzących w skład osiągnięcia - 24,779. Celem prac była analiza procesu gazoprzepuszczalności złoża szkieletowego w aspekcie eksperymentalnej oceny hydrodynamiki przepływu płynów przez materiały porowate oraz praktyczne wykorzystanie tych badań. Należy podkreślić, że ze względu na różne mechanizmy i rodzaje transportu gazu w złożach porowatych analiza procesów hydrodynamicznych jest złożona i trudna. Wyniki tych badań mogą być zastosowane do poprawy efektywności energetycznej urządzeń, rozwiązań technicznych dla nowej generacji czystych źródeł energii, a tym samym do ochrony środowiska. O aspekcie utylitarnym prac Habilitanta świadczą przyznanie patenty oraz wdrożenie pilotażowej instalacji. W swoich pracach Habilitant udowadnia, że istnieje możliwość opracowania modelu określenia kryteriów produkcyjnych gazu w procesie zgazowania węgla i fermentacji (w biogazowni) przy zastosowaniu gazoprzepuszczalności w reaktorach „in situ”, „ex situ”, wraz z jego weryfikacją w warunkach rzeczywistych oraz oceny hydrodynamiki przepływu płynów przez złoża szkieletowe w aspekcie numerycznego modelowania. Habilitant słusznie stwierdza, że w procesie zgazowania węgla „in situ”, który jest alternatywą dla jego wydobycia, istnieją problemy hydrodynamiczne związane z przepływem surowego gazu w strukturach porowatego karbonizatu, który powstaje jako pozostałość. Również technologie wytwarzania biogazu nadal wymagają badań związanych

z przepływem gazu (m.in. jego oporów, prędkości). Wszystkie z 9 przedstawionych do oceny prac są autorstwa Habilitanta. Jak Habilitant pisze w Autoreferacie samodzielnie opracował koncepcję badań, interpretował wyniki, przygotowywał manuskrypty do publikacji i był autorem korespondencyjnym. Taka sytuacja jest z jednej strony dużym osiągnięciem i świadczy o dojrzałości naukowej Habilitanta, a drugiej strony budzi wątpliwości o brak współpracy z innymi naukowcami, pomimo wykazanej, w dalszej części dokumentacji.

Habilitant przedstawia uzupełnienie stanu wiedzy w obszarze mechanizmów i opisu hydrodynamiki przepływu, metod oceny przepływu gazu przez złoża porowate dla produkcji biogazu i oceny parametrów hydrodynamicznych złoża anizotropowego, adhezyjnego i izotropowego w oparciu o badania eksperymentalne i numeryczne. Analizując poszczególne prace przedstawione w monotematycznym cyklu Habilitanta, stwierdzam, że w pracach wydanych w *Przemysle chemicznym* w 2017 r. [01, 02, 03] dokonuje on przede wszystkim analizy stanu zagadnienia hydrodynamiki przepływu gazu przez złoża porowate, przedstawia i opisuje różnice w stosowanych modelach, mechanizmach przepływu w strukturach porowatych, a także przedstawia sposoby pomiaru przepuszczalności gazu przez materiały o strukturze ziarnistej, szkieletowej i kapilarno-porowatej. W pracy [04] przedstawiał ocenę przepuszczalności karbonizatów z możliwością ich wykorzystania w procesach metalurgicznych i podaje, że wykorzystanie przedstawionych wskaźników przepuszczalności gazu i anizotropii mogą służyć do identyfikacji jakości koksu. Wyniki tych badań są chronione patentem UP RP Pat. nr 234382. Analizy przepływu gazu przez złoża adhezyjne dokonał Habilitant na przykładzie instalacji produkcji biogazu [05]. Wykonał badania eksperymentalne hydrodynamiki mieszania substratu w fermentatorze monosubstratowym i ocenił zjawisko hydrodynamiczne wynikające ze spadku ciśnienia przepływu gazu. Wykazał, że produkcja biogazu przy zastosowaniu złoża adhezyjnego jest określona przez charakterystyczne parametry tj.: stopień porowatości dla przepływu gazu oraz liczbę Reynoldsa, która wraz ze wzrostem powoduje spadek współczynnika oporu przepływu biogazu. Drugą technologią, w której Habilitant badał przepływ gazu był proces podziemnego zgazowania węgla [06]. W ramach tej pracy ocenił przepuszczalność gazu oraz wpływ kierunkowości przepływu na wartość strumienia gazu. Przedstawiona metoda określa współczynnik przepuszczalności, który skorelowano z wybranymi kryteriami charakterystycznymi dla materiałów porowatych pochodzących z technologii zgazowania węgla. Habilitant stwierdza, że celowe jest stosowanie cech hydrodynamicznych takich jak poziomy, pionowy i efektywny współczynnik przepuszczalności gazów. Ocenę hydrodynamiki przepływu

gazu przez porowate materiały o nieregularnym kształcie Habilitant przedstawił w pracy [07]. Zastosowany model współczynnika oporu przepływu dla materiału porowatego oparto na wartości lokalnych oporów przepływu. Na uwagę zasługuje określenie krętności oraz współczynnika przepuszczalności gazu dla bryły o dowolnym kształcie dla struktury szkieletowej. Otrzymane wyniki mogą mieć zastosowanie w poprawie wydajności procesów np. fermentacji materiału na porowatych złożach czy wydobywania metanu z pokładów węgla. Habilitant wykazał się umiejętnością wykorzystania obliczeń numerycznych do opracowania modelu izotropowego złoża porowatego (spieku poliamidu) [08]. Wyniki obliczeń porównał z badaniami eksperymentalnymi, co pozwoliło na ilościową analizę przepływu gazu przez strukturę mikrokanałów ortogonalnych, stosując model turbulentny k-ε. Dla porowatej struktury złoża poliamidowego, istnieje pewien graniczny zakres prędkości gazu (10 – 0,4) m/s, przy którym opór przepływu jest najniższy. Najwyższą wartość oporu przepływu osiąga się stopniowo w zakresie prędkości gazu (1 – 10) m/s. Konkluzją z tych badań było stwierdzenie, że charakterystyka przepuszczalności badanego materiału porowatego praktycznie nie zależy od kierunku przepływu gazu. Zaproponowana metoda umożliwi wyznaczenie przepływu gazu w każdym kierunku w mikrokanałach tworzących sieć ortogonalną charakterystyczną dla materiałów izotropowych. Habilitant prowadził również badania oceny przepuszczalności gazów w materiałach o nieregularnej szczelinowo-porowatej strukturze (karbonizatu otrzymanego z UCG). Zaproponowany autorski model obliczeniowy Habilitanta wskazuje na spadek współczynnika oporów przepływu gazu ze wzrostem liczby Reynoldsa. Wyznaczając charakterystykę karbonizatu z UCG i porównując do stopionej skały płonnej uwzględnił krętność i współczynnik gazoprzepuszczalności dla ciała stałego o nieregularnym kształcie.

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe Habilitanta, które wnoszą istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria środowiska, Górnictwo i Energetyka* uważam: 1) poszerzenie wiedzy w zakresie gazoprzepuszczalność materiałów porowatych, która jak wykazał jest bardzo istotnym parametrem w zgazowaniu węgla „in-situ” i produkcji biogazu; 2) wykonanie oceny hydrodynamiki przepływu gazów przez szkieletowe złoża porowate stanowiące pozostałość stałą zgazowania węgla; 3) wykazanie zastosowania złoża adhezyjnego, które umożliwi immobilizację mikroorganizmów metanogennych w produkcji biogazu; 4) wykonanie numerycznych obliczeń modelowych, symulujących warunki ruchu gazu w kanałach krętych porowatego materiału o szkieletowej strukturze wewnętrznej; 5) zaproponowanie modeli obliczeniowych do

wyznaczania współczynników przepuszczalności i oporów przepływu gazów przez materiały porowate o anizotropowej strukturze. W okresie po doktoracie, czyli 6 lat, dr inż. Grzegorz Wałowski wykazał się rozwojem naukowym, a jego badania stanowią oryginalne rozwiązania o zastosowaniu aplikacyjnym.

4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych

Dr inż. Grzegorz Wałowski jest autorem i współautorem 22 publikacji znajdujących się w bazie JCR (z czego 9 stanowi cykl publikacji wykazanych w osiągnięciu naukowym, a 13 pozycji to dodatkowa aktywność naukowa wg Załącznika III, pkt. IIA). Publikacje wykazane w Załączniku III, pkt. IIA zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora w następujących czasopismach (o średnim i niskim współczynniku IF): Case Studies Journal (1), Sustainability (1), Energies (4), Przemysł chemiczny (2), Research & Reviews: Journal of Material Sciences (1), International Journal of Advanced Engineering and Technology (1), International Journal of Current Research (2), Journal of Water and Land Development (1). Wymienione publikacje stanowią kontynuację i rozszerzenie zagadnień przepływu gazu przez materiały porowate, termochemicznej obróbki surowców i otrzymywania biogazu. W 7 z tych publikacji habilitant jest jedynym autorem, a w 6 współautorem (szczegółowo opisał swój wkład w przygotowanie tych publikacji). Pomimo krótkiego czasu (od uzyskania stopnia doktora) tj. 6 lat pracy naukowej, stwierdzam, że liczbowo dorobek dr inż. Grzegorza Wałowskiego jest wystarczający i spełnia wymagania związane z ubieganiem się o stopień doktora habilitowanego. Dodatkowo w Załączniku III, pkt. IID Habilitant wykazał 63 pozycje naukowe, z czego 43 po uzyskaniu stopnia doktora (po roku 2015). Przedstawione publikacje to przede wszystkim materiały konferencyjne, zeszyty naukowe, prace zbiorowe i czasopisma o mniejszym zasięgu oraz monografia pt „Hydrodynamika przepływu gazu przez złożę porowate” (2021) i potwierdzają one również aktywność naukową Habilitanta.

W dorobku naukowym Habilitanta znajdują się osiągnięcia o charakterze praktycznym, podkreślając tym samym aplikacyjność omawianych zagadnień (urządzenia do fermentacji, gazoprzepuszczalność karbonizatu i koksu). Dr inż. Grzegorz Wałowski jest współautorem 8 patentów udzielonych w latach 2017 – 2021 oraz wzoru użytkowego (2018 r.). Ponadto, jego wynalazki (Fermentator monosubstratowy do metanowej fermentacji gnojowicy i Urządzenie dezintegrująco-rozcierające substrat) zostały wystawione na „Green Power” Międzynarodowych Targach Energii Odnawialnej 2019 r. w Poznaniu.

Analizując wskaźniki bibliometryczne Habilitanta, stwierdzam, że sumaryczny IF czasopism z listy JCR zgodnie z rokiem publikowania wynosi 51,426, a całkowita liczba punktów MNiSW wynosi 1546, co świadczy o wysokiej jakości czasopism i spełnia zalecenia postępowania habilitacyjnego. Artykuły naukowe Habilitanta były cytowane wg WoS tylko 26 razy, co jest dosyć niskim wskaźnikiem i może świadczyć o braku rozpoznawalności dorobku Autora w środowisku naukowym. Konsekwencją tego jest również niski indeks Hirscha, który wynosi 3. Należy mieć nadzieję, że szerokie spektrum badań naukowych, tematyka czystych technologii i odnawialnych źródeł energii wpłyną w przyszłości na zwiększenie cytowalności publikacji Habilitanta.

Po doktoracie Habilitant był kierownikiem zadania finansowanego z dotacji celowej ITP-PIB pt. „Opracowanie modelu opisującego gazoprzepuszczalność anizotropowych materiałów porowatych w aspekcie hydrodynamiki złożeń adhezyjnych dla zastosowań agroenergetycznych” oraz kierownikiem i ekspertem projektu prac badawczo-rozwojowych BIOSTRATEG 1 (2017-2019) pt. „Interdyscyplinarne badania nad poprawą efektywności energetycznej oraz zwiększeniem udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym polskiego rolnictwa”, który zakończył się wdrożeniem na terenie gospodarstwa rolnego w Ocieszynie instalacji do produkcji biogazu. Ponadto pełnił rolę eksperta i koordynatora w projektach badawczo-rozwojowych (w ramach dotacji dla ITP-PIB, projektach finansowanych przez NCBiR oraz we współpracy z GIG). Projekt realizowany z GIG dotyczył oceny funkcji przepuszczalności i spadku ciśnienia w porowatych materiałach pochodzących z technologii termicznego zgazowania węgla w kategoriach fenomenologicznych i numerycznych. Habilitant był finalistą konkursu „Start Star-up”.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant otrzymał Nagrodę Zespołową Statuetkę Zielonego Feniksa A.D. 2018 za osiągnięcia naukowe i badawcze w zakresie ekoenergetyki - nagroda przyznana w ramach pracy zespołowej w Zakładzie Odnawialnych Źródeł Energii ITP za opracowanie i wdrożenie: „Modelu monosubstratowego, przepływowego reaktora biogazowego”.

Wyniki swoich badań Habilitant prezentował na konferencjach naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora wygłosił 12 referatów i uczestniczył w 13 międzynarodowych i krajowych konferencjach m.in. 26th i 27th European Biomass Conference & Exhibition, XI International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer. Dr inż. Grzegorz Wałowski aktywnie uczestniczył w organizacji XXVI i XXVII Międzynarodowej Konferencji Naukowej:

„Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska, standardów UE i produkcji energii alternatywnej, w tym biogazu” oraz był członkiem Komitetów Naukowych X International Scientific Conference "Information technologies in energy and agro-industrial complex", "Kierunki zmian branży energetycznej" i „Nowoczesne technologie przemysłu”. Habilitant pełnił również rolę członka zespołu redakcyjnego czasopisma *Energies* i redaktora gościnnego wydania specjalnego: "Use of Unconventional Solutions for the Production of "Green Gas" in Terms of Environmental, Economic and Innovative" w tym czasopiśmie. Ponadto współpracował z *Journal of Energy and Natural Resources* i *Determinations in nanomedicine& nanotechnology* oraz jako współredaktor czasopisma naukowego *Journal of Water and Land Development*.

Dr inż. Grzegorz Wałowski w ramach swojej działalności naukowej realizuje prace badawczo - rozwojowe we współpracy międzynarodowej z Katedrą Energetyki we Lwowskim Narodowym Uniwersytecie Rolniczym w Dublanach (Ukraina). Jest również uczestnikiem projektu BIOeast Foresight Exercise, który został zainicjowany w celu podjęcia rozwoju współpracy makroregionalnej w obszarze badań i innowacji na rzecz rolnictwa i biogospodarki pomiędzy 11 państwami Europy Środkowo-Wschodniej (CEE) w 2016 r. W ramach tej inicjatywy aktualnie realizowany jest projekt FORESIGHT.

W przedstawionej dokumentacji Habilitant wykazał udział w konsorcjach tj. w ramach projektu NCBiR BIOGAS&EE „Polskie technologie dla efektywności energetycznej rolnictwa”, z PGE Polską Grupą Energetyczną S.A. z siedzibą w Warszawie w zakresie możliwości przetwarzania ubocznych produktów spalania na bazie węgla brunatnego, w kierunku rolniczego zagospodarowania UPS oraz z Siecią Badawczą Łukasiewicz - Instytutem Technik Innowacyjnych EMAG w Katowicach.

Habilitant realizuje swoją działalność naukową we współpracy z polskimi i zagranicznymi wschodnioeuropejskimi ośrodkami naukowymi m.in. z: Politechniką Opolską, Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie, Głównym Instytutem Górnictwa w Katowicach, Politechniką Poznańską, Uniwersytetem Ekonomicznym we Wrocławiu i Lwowskim Narodowym Uniwersytetem Rolniczym. Efektem tej współpracy są publikacje naukowe np. *Sustainability*, 2019, 11, 1799; *Energies* 2021, 14, 3538, *Energies* 2021, 14, 5929 i *Energies* 2021, 14, 7375.

Do dorobku naukowego Habilitanta należy zaliczyć recenzowanie publikacji naukowych dla zagranicznych czasopism m.in. *Engineering, Journal Sustainable Mining, Bioresource Technology, International Journal of Hydrogen Energy, Energies* i *Materials*. W sumie przygotował 48 recenzji (2017-2022).

Podsumowując przedstawione przez Habilitanta osiągnięcia w obszarze naukowym stwierdzam, że są one wartościowe pod względem merytorycznym, z zastosowaniem praktycznym i w pełni uzasadniają wniosek awansowy na stopień naukowy doktora habilitowanego. Przedstawiony dorobek naukowy świadczy o dużej samodzielności Habilitanta w prowadzeniu prac badawczych i rozwiązywaniu problemów naukowych. Jest aktywny naukowo, współpracuje z innymi instytucjami naukowymi (polskimi i zagranicznymi) i gospodarczymi oraz upowszechnia wyniki na konferencjach naukowych. Uważam, że szerokie spektrum zainteresowań naukowych i związanej z tym działalności dają możliwość dalszego rozwoju Habilitanta.

W obszarze działalności dydaktycznej Habilitant w okresie trwania Studiów Doktoranckich prowadził zajęcia dydaktyczne w Politechnice Opolskiej z zakresu inżynierii i ochrony środowiska oraz informatyki. Po uzyskaniu stopnia doktora wykazał się w zakresie popularyzacji nauki wygłaszając wykład w GIG pt. „Perspektywy wydobycia gazu łupkowego w Polsce” oraz cykl wykładów w Centrum Naukowo-Praktycznym Narodowej Akademii Nauk Białorusi ds. Mechanizacji Rolnictwa obejmujących zagadnienia produkcji biogazu. Od 2021 r. pełni rolę promotora pomocniczego w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr. inż. Stanisławowi Derehajło.

5. Wniosek końcowy

Dorobek naukowy dr inż. Grzegorza Wałowskiego przedstawiony w postaci monotematycznego cyklu publikacji oraz innych publikacji oceniam pozytywnie. Habilitant wyniki swojej pracy opublikował w czasopismach z listy JCR o znaczącym wskaźniku IF oraz prezentował na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Prace te stanowią istotny wkład w rozwój dziedziny i są osiągnięciami o charakterze praktycznym, o czym świadczą uzyskane patenty i wdrożenie.

Reasumując, wskazane osiągnięcie habilitacyjne dr inż. Grzegorz Wałowskiego ma dużą wartość naukową. Biorąc pod uwagę przedstawione prace, ich możliwości aplikacyjne oraz

pozostałą działalność naukową stwierdzam, że w pełni spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określone w art. 219 ust. 1 pkt 2. ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, a dorobek naukowy Kandydata oceniam jako wartościowy i mający znaczący wkład w rozwój dyscypliny *Inżyniera Środowiska, Górnictwo i Energetyka*.

Na tej podstawie wnioskuję do Komisji Habilitacyjnej oraz do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PWr o nadanie Panu dr inż. Grzegorz Wałowskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie *Inżyniera Środowiska, Górnictwo i Energetyka*.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Megdysien'.