

Prof. dr hab. inż. Stanisław Nagy
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydz. Wiertnictwa, Nafty i Gazu
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 15.XII.2025

Recenzja dorobku naukowego i osiągnięć naukowych dr. inż. Mateusza Brzęczka w postępowaniu habilitacyjnym

1. Podstawowe dane o kandydacie

Dr inż. Mateusz Brzęczek uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie energetyka w dniu 25 listopada 2016 r. na Politechnice Śląskiej. Obronił rozprawę doktorską pt. „Analiza możliwości zwiększenia efektywności elektrowni gazowo-parowej bez i z instalacją wychwytu i sprężania CO₂” (promotor: prof. dr hab. inż. Janusz Kotowicz) z wyróżnieniem. Nie stwierdzono, aby kandydat wcześniej ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego – jest to zatem jego pierwsze postępowanie habilitacyjne.

Po doktoracie cała ścieżka zawodowa dr. Brzęczka związana jest z Politechniką Śląską. W latach 2017–2018 zatrudniony był w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej jako asystent naukowy. Od roku 2018 do chwili obecnej pracuje na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Już w trakcie studiów doktoranckich był etatowo związany z tą jednostką, co świadczy o konsekwentnym rozwoju kariery naukowej w jednej instytucji. Kandydat odbył również dwa krótkoterminowe staże naukowe za granicą. Pierwszy miał miejsce w lipcu–sierpniu 2017 r. w Energy Research Center na VSB – Politechnice w Ostrawie (Czechy) pod opieką prof. T. Ochodnický, gdzie dr. Brzęczek zajmował się zagadnieniem wykorzystania modułu ORC w kontekście OZE. Drugi staż odbył we wrześniu 2022 r. ponownie w Ostrawie, koncentrując się na integracji technologii Power-to-Fuel z procesami Waste-to-Fuel i współpracując z niemieckimi instytutami Fraunhofera (IWU w Görlitz, IZM w Berlinie) przy przygotowaniu wspólnego projektu badawczego (program EIC Pathfinder). Staże te potwierdzają międzynarodową aktywność naukową habilitanta i poszerzanie doświadczeń badawczych poza macierzystą uczelnią.

Dr Brzęczek brał udział w realizacji projektów badawczych o dużej skali. W latach 2012–2015 uczestniczył w jednym z największych krajowych programów strategicznych (finansowanym przez NCBiR) dotyczącym opracowania technologii spalania tlenowego w kotłach węglowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytem CO₂. W projekcie tym pełnił funkcję samodzielnego referenta technicznego w zespole prof. J. Kotowicza. Ponadto w 2013–2014 był głównym wykonawcą projektu badawczo-wdrożeniowego dla firmy EDF Polska S.A., którego celem była optymalizacja odzysku energii z

instalacji turbinowych (projekt o charakterze aplikacyjnym, realizowany również w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej). W roku 2022 kandydat otrzymał Rektorski Grant Habilitacyjny Politechniki Śląskiej – projakościowe wsparcie finansowe przyznawane na etapie habilitacji – na realizację badań nad modelowaniem i analizą transformacji zielonego wodoru w paliwa syntetyczne. Powyższe fakty dowodzą, że dr. Brzęczek aktywnie rozwijał swoją karierę naukowo-badawczą, zdobywając doświadczenie w prestiżowych projektach oraz na zagranicznych stażach.

2. Przepisy prawne i kryteria oceny habilitacyjnej

Rada Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej powołała niżej podpisanego w charakterze recenzenta i zobowiązała do oceny czy osiągnięcia naukowe dr. inż. Mateusza Brzęczka spełniają wymagania opisane w art. 219 p.1-3 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Zgodnie z tym przepisem stopień doktora habilitowanego może być nadany osobie spełniającej następujące warunki: (1) posiada stopień doktora; (2) posiada osiągnięcia naukowe stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej (w której ubiega się o habilitację); (3) wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji – w szczególności zagranicznej. Powyższe kryteria ustawowe stanowią podstawę oceny dorobku i osiągnięć habilitanta w niniejszej recenzji.

Podstawowym osiągnięciem naukowym przedstawionym we wniosku habilitacyjnym (stosownie do art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy) jest monografia naukowa autorstwa dr. M. Brzęczka, zatytułowana „Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru”. Monografia ta została opublikowana w 2025 r. przez Wydawnictwo Politechniki Śląskiej i stanowi dzieło autorskie kandydata zgłoszone jako osiągnięcie habilitacyjne w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Poniżej dokonano szczegółowej oceny zarówno samej monografii, jak i całokształtu dorobku naukowego dr. Brzęczka pod kątem zgodności z powyższymi kryteriami (oryginalny wkład w dyscyplinę, samodzielność i aktywność naukowa, w tym międzynarodowa).

3. Dorobek naukowy i działalność kandydata

Tytuł osiągnięcia naukowego. Podstawę wniosku stanowi monografia „Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru”, która jest efektem kilkuletnich badań kandydata nad alternatywnymi metodami magazynowania energii i wykorzystania odnawialnego wodoru. Monografia ta integruje wyniki licznych projektów badawczych realizowanych przez dr. Brzęczka i stanowi syntezę oraz rozwinięcie tematyki jego dotychczasowych publikacji (w tym w czasopismach z grupy TOP1 i TOP2). Stanowi ona główne osiągnięcie oceniane w tym postępowaniu (szczegółowa recenzja monografii – w rozdz. 4).

Dane bibliometryczne dorobku. Dr M. Brzęczek jest autorem lub współautorem łącznie 75 publikacji naukowych, z czego 27 artykułów ukazało się w czasopismach ujętych na ministerialnej liście punktowanych. Publikował m.in. 2 artykuły w prestiżowym czasopiśmie *Applied Energy* (Elsevier, grupy TOP1) oraz 8 artykułów w *Energy* (Elsevier, TOP2 w dziedzinie energetyki). Ponadto jego prace były drukowane w innych renomowanych periodykach branżowych, takich jak *Renewable Energy*, *Energies*, *Archives of Thermodynamics*, *Rynek Energii* i in., co świadczy o wysokiej randze i zasięgu oddziaływania jego badań. Sumaryczny Impact Factor wszystkich publikacji kandydata wynosi 82,977, zaś według bazy Scopus prace te zostały łącznie zacytowane 351 razy (uwzględniając autocytowania). Aktualny indeks Hirscha dr. Brzęczka to 10 (Scopus) (wg Web of Science H-index = 9). Tak istotne wskaźniki naukometryczne jednoznacznie wskazują na znaczący dorobek publikacyjny habilitanta i jego rozpoznawalność w środowisku naukowym.

Najważniejsze publikacje i monografie. Należy podkreślić, że znaczna część dorobku dr. Brzęczka koncentruje się wokół tematyki magazynowania energii oraz technik Power-to-X, co nadaje mu spójny, tematyczny charakter. Do flagowych osiągnięć publikacyjnych należą wspomniane artykuły

w *Applied Energy* i *Energy*, które dotyczą integracji produkcji paliw alternatywnych z elektrownią gazowo-parową oraz efektywności układów Power-to-Fuel. Kandydat jest też współautorem prac w *Renewable Energy* (dotyczących produkcji i oczyszczania „odnawialnego” metanolu) oraz wielu artykułów w czasopiśmie *Rynek Energii* poświęconych zagadnieniom technologii P2G/P2F (np. produkcji paliw z odpadów plastikowych, analizy ekonomicznej farmy wiatrowej, integracji instalacji P2F z elektrownią). Warto zaznaczyć, że w licznych publikacjach dr Brzęczek figuruje jako pierwszy autor lub jeden z głównych autorów, co potwierdza jego wiodący wkład intelektualny w powstawanie tych prac. Monografia habilitacyjna stanowi podsumowanie i usystematyzowanie tego dorobku – przy czym zawiera również nowe, oryginalne wyniki badań, dotąd niepublikowane w tak pełnej formie (np. pełne porównanie trzech alternatywnych paliw czy rozbudowane analizy ekonomiczne).

Oryginalność, wpływ i znaczenie prac kandydata. Analiza osiągnięć naukowych dr. Brzęczka pozwala stwierdzić, że spełniają one kryterium oryginalności oraz istotnego wpływu na rozwój dyscypliny. Tematyka prowadzonych badań jest nowatorska i plasuje się na styku kilku obszarów (energetyka odnawialna, inżynieria chemiczna, systemy energetyczne), co stworzyło możliwość proponowania autorskich rozwiązań. Przykładowo dr Brzęczek zaproponował nową koncepcję integracji instalacji P2F z elektrownią gazowo-parową (wykorzystującą spalanie tlenowe), wykazując efekty synergii takiego połączenia. To podejście jest pionierskie i wyprzedza obecne trendy światowe (łączenie technologii P2X z CCS dopiero zyskuje zainteresowanie). Również zastosowanie modułów ORC do odzysku ciepła w procesach syntezy metanolu i amoniaku zaproponowane przez kandydata ma charakter nowatorski. Pokazuje to twórcze podejście do podniesienia efektywności energetycznej układów Power-to-Fuel. W swoich pracach dr Brzęczek jako jeden z pierwszych przeprowadził kompleksową analizę porównawczą trzech alternatywnych ścieżek P2F (produkcji metanu, metanolu i amoniaku) w jednolitych założeniach, wskazując ich względne zalety i wady. Takie porównanie w literaturze wcześniej nie występowało w tak szerokim ujęciu. Ponadto zaawansowane analizy ekonomiczne z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo (dla oceny ryzyka inwestycyjnego w technologiach P2H₂/P2F) wykraczają poza standardowe podejście inżynierskie. Wnosi to nową jakość do oceny opłacalności technologii energetycznych przy uwzględnieniu niepewności czynników ekonomicznych. Powyższe przykłady ilustrują oryginalny wkład habilitanta w rozwój dyscypliny, doceniany również przez społeczność naukową (świadczą o tym rosnąca liczba cytowań i publikacje w wysoko punktowanych czasopismach). Reasumując, dotychczasowy dorobek dr. Brzęczka wnosi nową wiedzę i rozwiązania naukowe w obszar energetyki i technologii środowiskowych. Zostanie to szerzej omówione przy ocenie monografii w rozdziale 4. Prace kandydata mają jednocześnie istotny wymiar aplikacyjny, oddziałując na praktykę inżynierską (zob. niżej). Można zatem stwierdzić, że kryterium znaczącego wkładu w rozwój dyscypliny zostało w pełni spełnione.

Działalność dydaktyczna i popularyzatorska. Dr inż. M. Brzęczek aktywnie uczestniczy również w działalności dydaktycznej i w kształceniu kadry. Prowadzi na Politechnice Śląskiej wykłady oraz zajęcia laboratoryjne zarówno w języku polskim, jak i angielskim (m.in. przedmioty z zakresu maszyn elektrycznych). Dotychczas sprawował opiekę nad 11 pracami inżynierskimi oraz 9 magisterskimi jako promotor prac dyplomowych swoich studentów. Był także promotorem pomocniczym w jednym zakończonym przewodzie doktorskim – jego doktorantka obroniła pracę w 2024 roku, co świadczy o zaangażowaniu kandydata w kształcenie młodych naukowców. Dr Brzęczek brał ponadto czynny udział w życiu naukowym poprzez prezentacje konferencyjne: wygłosił łącznie 23 referaty na konferencjach, w tym na 7 międzynarodowych konferencjach (np. ECOS 2015 we Francji, CPOTE 2018 i 2022 w Gliwicach). Angażował się także w organizację wydarzeń naukowych – był członkiem komitetu organizacyjnego konferencji Energetyka Gazowa (2013, 2016) oraz współorganizatorem konferencji *Unia Energetyczna – implikacje dla Polski* (2017). Działania te dowodzą, że kandydat aktywnie popularyzuje naukę i integruje środowisko (zarówno poprzez wystąpienia, jak i organizację konferencji branżowych), a także przyczynia się do kształcenia kadr inżynierskich. Podsumowując, aktywność dydaktyczna i popularyzatorska dr. Brzęczka wzmacnia jego profil jako samodzielnego pracownika nauki zaangażowanego w przekazywanie wiedzy i promocję nowych technologii.

4. Ocena monografii habilitacyjnej „Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru”

Ogólna charakterystyka pracy habilitacyjnej. Przedmiotem niniejszej recenzji (zgodnie z wnioskiem habilitacyjnym) jest monografia naukowa pt. „Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru” autorstwa dr. inż. Mateusza Brzęczka, zgłoszona jako osiągnięcie habilitacyjne w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka (IŚGiE). Monografia liczy 188 stron i została opublikowana w 2025 r. przez Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Praca koncentruje się na aktualnej i istotnej tematyce magazynowania nadwyżek energii z OZE poprzez konwersję energii elektrycznej w paliwa chemiczne. Jak podano we wstępie, głównym celem było opracowanie metodologii, algorytmów oraz narzędzi analitycznych umożliwiających efektywne wykorzystanie nadmiaru energii z odnawialnych źródeł (farm wiatrowych i fotowoltaicznych) do produkcji wodoru elektrolitycznego i jego transformacji w paliwa syntetyczne. Tematyka monografii wpisuje się w koncepcję tzw. Power-to-Fuel (P2F), polegającą na wykorzystaniu energii elektrycznej (zwłaszcza z OZE) do wytwarzania zielonego wodoru (poprzez elektrolizę), a następnie syntezy paliw węglowodorowych lub innych nośników energii z tego wodoru.

Monografia dr. M. Brzęczka stanowi zwarte, kompleksowe opracowanie zagadnienia P2F z „transformacją zielonego wodoru”, czyli wodoru produkowanego metodą elektrolizy z wykorzystaniem energii odnawialnej. Praca została podzielona na logiczne części (rozdziały) obejmujące kolejno: przegląd literatury i technologii, analizy techniczne (własne badania symulacyjne) oraz ocenę ekonomiczną wraz z wnioskami końcowymi. W rozdziale 1 przedstawiono aktualnie dostępne technologie z zakresu Power-to-Fuel – omówiono rodzaje elektrolizerów (technologie generacji wodoru) oraz trzy główne ścieżki konwersji wodoru w paliwa syntetyczne: produkcję syntetycznego metanu (SNG), syntezę metanolu oraz amoniaku. Rozdział 2 poświęcono analizie potencjału energetycznego odnawialnych źródeł (farm wiatrowych i fotowoltaicznych) pod kątem możliwości wygenerowania nadwyżek energii elektrycznej przydatnych do zasilania instalacji P2F. W rozdziale 3 opisano współpracę farm OZE z instalacją elektrolizy wodoru – zdefiniowano metodkę wyznaczania dostępnej nadwyżkowej energii elektrycznej kierowanej do elektrolizerów oraz oceniono pracę generatora wodoru jako formy magazynu energii w systemie elektroenergetycznym. Rozdział 4 stanowi zasadniczą część pracy – przedstawiono w nim autorskie metody oceny dla całego łańcucha procesowego P2F, a następnie szczegółowo przeanalizowano trzy wariantowe instalacje: Power-to-CH₄ (produkcja metanu syntetycznego z wykorzystaniem CO₂, tzw. metanizacja Sabatiera), Power-to-CH₃OH (produkcja metanolu z wodoru i ditlenku węgla) oraz Power-to-NH₃ (produkcja „zielonego” amoniaku z wodoru i azotu). Dla każdej z tych technologii P2F omówiono założenia procesowe, sprawności konwersji, bilanse energii i masy oraz potencjalne zastosowania. Rozdział 4 zawiera także analizę porównawczą wyników dla trzech rozważanych paliw syntetycznych, co umożliwiło ocenę ich efektywności i przydatności w różnych kontekstach (np. metan jako paliwo w sieci gazowej, metanol jako ciekłe paliwo i surowiec chemiczny, amoniak jako nośnik wodoru lub paliwo dla energetyki). Kolejna część monografii – Rozdział 5 (oznaczony w spisie treści jako Rozdział 6) – podejmuje innowacyjny problem integracji technologii P2F z nowoczesną elektrownią gazowo-parową. Autor rozważył scenariusz sprzęgnięcia instalacji P2F z elektrownią w układzie gazowo-parowym (turbiny gazowe z obiegiem parowym) wyposażoną w wychwyt CO₂ w technologii spalania tlenowego (oxy-combustion). Wykazano efekty synergii takiej integracji – np. możliwość wykorzystania tlenu powstającego przy elektrolizie w procesie spalania tlenowego oraz użycie wychwyconego CO₂ z elektrowni do syntezy paliw (metanu lub metanolu). Zdefiniowano metodologię oceny układu zintegrowanego, przedstawiono warianty referencyjne (rozdzielne funkcjonowanie elektrowni oraz instalacji P2F) i przeanalizowano wpływ wzajemnego połączenia na sprawność oraz parametry pracy obu systemów. Wyniki tych studiów pokazują, w jaki sposób współpraca elektrowni z instalacją P2F może zwiększyć efektywność wykorzystania energii oraz zmniejszyć emisje (dzięki przekształcaniu wychwyconego CO₂ w paliwo). Rozdział 6 (oznaczony jako 7) zawiera analizę ekonomiczną badanych technologii i scenariuszy. Przedstawiono metodologię wyznaczania kluczowych wskaźników ekonomicznych, w tym progu rentowności oraz LCOH (*Levelized Cost of Hydrogen* – uśrednionego kosztu wytwarzania wodoru). Przeprowadzono obliczenia progu rentowności dla różnych konfiguracji oraz szczegółową analizę wrażliwości wyników ekonomicznych na zmiany parametrów (np. granicznej

opłacalnej ceny wodoru względem kosztów energii, cen uprawnień do emisji itp.). Co istotne, Autor zastosował również analizę ryzyka metodą Monte Carlo, symulując wpływ niepewności kluczowych czynników ekonomicznych na opłacalność inwestycji w technologii P2F. Takie probabilistyczne podejście (wykonanie tysięcy symulacji losowych scenariuszy) znacznie podnosi wiarygodność wniosków dotyczących realiów wdrożeniowych – pozwala ocenić odporność wyników na wahania cen energii, kosztów technologii, polityki klimatycznej itp. Monografia została napisana w języku polskim i zawiera streszczenie oraz spis treści w języku angielskim, co poszerza grono potencjalnych odbiorców wyników pracy.

Pod względem zakresu merytorycznego i układu treści recenzowana monografia stanowi wyczerpującą, dobrze uporządkowaną syntezę wiedzy na temat technologii Power-to-Fuel z wykorzystaniem zielonego wodoru, wpisującą się w aktualne światowe trendy w energetyce i ochronie klimatu. Praca obejmuje wszystkie istotne aspekty tematu – od podstaw teoretycznych i przeglądu literatury, przez własne zaawansowane analizy techniczne (energetyczne i procesowe), po kompleksową ocenę ekonomiczną oraz ekologiczne implikacje. Taka holistyczna perspektywa jest dużym atutem dzieła, gdyż w literaturze rzadko spotyka się opracowania jednego autora obejmujące jednocześnie zagadnienia techniczne i ekonomiczne kilku alternatywnych dróg P2F.

Oryginalność i nowość rozwiązań naukowych (wkład własny autora). Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych przedstawionych w monografii zaliczyć można w szczególności:

- Opracowanie autorskiej metodologii oceny pełnego łańcucha Power-to-Fuel, obejmującej zarówno etap produkcji wodoru (z wykorzystaniem rzeczywistych profili pracy farm OZE), jak i etap syntezy paliw. Autor stworzył zestaw algorytmów i narzędzi symulacyjnych pozwalających modelować dynamiczną współpracę farm wiatrowych/PV z elektrolizerami oraz dalszą konwersję H_2 w paliwa. Jest to istotny wkład własny, wymagający integracji wiedzy z różnych subdyscyplin (energetyka odnawialna, inżynieria procesów chemicznych, analiza systemów energetycznych).
- Przeprowadzenie pionierskiej analizy porównawczej trzech technologii P2F (produkcji SNG, metanolu i amoniaku) w jednakowych założeniach wejściowych. Pozwoliło to określić względne zalety i wady każdej z nich w kontekście magazynowania energii i potencjalnego wykorzystania. Tego typu porównanie w jednolitej metodologii to nowość – dotychczasowe prace często skupiały się na pojedynczym paliwie lub porównywały najwyżej dwie opcje (np. wyłącznie metanizację vs. metanol), rzadko uwzględniając amoniak jako nośnik energii.
- Koncepcja integracji instalacji P2F z elektrownią gazowo-parową w technologii oxy-combustion, wraz z oceną efektu synergii takiego połączenia. To element zdecydowanie oryginalny – Autor zaproponował i zbadał model, w którym tlen z elektrolizy wykorzystywany jest w spalaniu tlenowym w elektrowni, a wychwycony CO_2 ze spalin elektrowni służy do syntezy paliwa (np. metanolu). Taka dwustronna integracja skutkuje poprawą bilansu energetycznego całości. W literaturze światowej pomysły łączenia Power-to-Fuel z technologiami CCS dopiero zaczynają się pojawiać; praca dr. Brzeczka stanowi oryginalny wkład w ten obszar, opisując jakościowo i ilościowo uzyskane efekty synergii.
- Zaproponowanie wykorzystania modułów ORC (Organic Rankine Cycle) do podniesienia sprawności procesów syntezy paliw (metanolu i amoniaku). W monografii przeanalizowano, jak ciepło odpadowe z egzotermicznych reakcji chemicznych można przetworzyć na dodatkową energię użyteczną, zwiększając tym samym efektywność energetyczną całego procesu. To rozwiązanie ma charakter nowatorski i pokazuje twórcze podejście autora do poprawy wydajności układów P2F.
- Przeprowadzenie zaawansowanej analizy ekonomicznej, uwzględniającej także symulacje Monte Carlo dla oceny ryzyka inwestycyjnego. Takie podejście wychodzi poza standardowe ramy prac inżynierskich, wnosząc nową jakość do oceny technologii energetycznych. Szczególnie wykorzystanie Monte Carlo do analizy opłacalności technologii $P2H_2/P2F$ (pod kątem zmienności cen energii, kosztów technologii, uwarunkowań rynkowych itp.) jest innowacyjnym elementem, rzadko spotykanym w literaturze – zwłaszcza w tak kompleksowym ujęciu jak u habilitanta.

Oprócz powyższych konkretnych elementów nowości warto zaznaczyć, że wkład własny autora został bardzo dobrze udokumentowany publikacjami towarzyszącymi monografii. Dr inż. M. Brzęczek jest współautorem licznych artykułów związanych z tematyką monografii – m.in. publikacji w czasopiśmie *Rynek Energii* (na temat wytwarzania SNG i metanolu z zielonego wodoru, aspektów ekonomicznych produkcji metanolu, efektywności hybrydowych układów gazowo-parowych z zielonym metanolem itp.) oraz w wysoko notowanych czasopismach zagranicznych (np. *Applied Energy*, *Energies*). W wielu z tych prac dr Brzęczek figuruje jako pierwszy autor lub kluczowy współautor, co potwierdza jego wiodący wkład intelektualny i samodzielność badawczą. Monografia habilitacyjna spina wymienione osiągnięcia w jedną spójną całość, a jednocześnie zawiera dodatkowe oryginalne wyniki niepublikowane wcześniej (np. pełne porównanie trzech paliw czy rozszerzone analizy ekonomiczne, jak wspomniano wyżej). Reasumując, recenzowana praca charakteryzuje się bardzo wysokim poziomem oryginalności. Autor wykorzystał aktualny stan wiedzy jako punkt wyjścia, ale poszedł dalej – zaproponował własne rozwiązania i przeprowadził unikatowe analizy. Wkład dr. M. Brzęczka (w postaci nowych metod oceny oraz nowych koncepcji integracji technologii P2F) stanowi istotne, nowe osiągnięcie naukowe w dyscyplinie energetyki i technologii środowiskowych.

Wartość naukowa i praktyczna osiągnięcia. Wartość naukowa omawianej monografii jest niewątpliwie wysoka. Praca dr. M. Brzęczka znacząco pogłębia wiedzę w obszarze alternatywnych metod magazynowania energii i wykorzystania odnawialnego wodoru. Dzięki kompleksowemu podejściu, wyniki przedstawione w monografii dostarczają nowych, cennych informacji naukowych na temat efektywności energetycznej i technicznej różnych ścieżek konwersji energii elektrycznej w paliwa. Szczegółowe bilanse energetyczne dla produkcji SNG, metanolu i amoniaku z odnawialnego wodoru pozwalają lepiej zrozumieć mechanizmy rządzące tymi procesami oraz wskazać kluczowe czynniki wpływające na sprawność oraz straty energii. Monografia ma charakter syntetyzujący – integruje dotychczasowy dorobek (poprzez obszerny przegląd literatury), ale jednocześnie generuje nowe pytania badawcze. Wyniki porównawcze uzyskane przez autora mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych, bardziej szczegółowych badań nad optymalizacją poszczególnych elementów układu P2F (np. usprawnieniem procesów metanizacji, możliwością wykorzystania amoniaku jako nośnika energii w transporcie itp.).

Należy podkreślić, że wartość naukowa łączy się tu z wartością aplikacyjną. Autor w swojej monografii łączy teorię z praktycznymi aspektami – wyniki badań mają bezpośrednie przełożenie na praktykę inżynierską i przemysł energetyczny. Przykładowo: wyznaczone w pracy sprawności i wskaźniki wydajności dla procesów P2F (np. ile energii elektrycznej potrzeba do uzyskania 1 kg metanolu, jaka jest efektywność magazynowania energii w postaci SNG itp.) to informacje niezwykle cenne dla inżynierów projektujących przyszłe instalacje. Pozwalają one ocenić opłacalność i porównać różne technologie magazynowania energii. Analiza ekonomiczna (obejmująca LCOH oraz warunki brzegowe rentowności) dostarcza decydentom i inwestorom konkretnych danych liczbowych na temat kosztów produkcji „zielonego” wodoru i paliw syntezowych. Wskazanie, przy jakich cenach energii elektrycznej lub CO₂ dane technologie stają się konkurencyjne, ma bezpośredni wymiar praktyczny – np. w kontekście planowania systemu wsparcia (subsytia, ulgi czy podatki w polityce energetyczno-klimatycznej). Przeprowadzone studia przypadku integracji z elektrownią pokazują praktykom z branży energetycznej możliwe scenariusze modernizacji istniejących aktywów. Dla operatorów elektrowni węglowych czy gazowych, którzy poszukują dróg redukcji emisji CO₂, koncepcja dobudowania instalacji P2F (wykorzystującej nadwyżki mocy w okresach niskiego obciążenia i produkującej paliwo z wychwytem CO₂) może być atrakcyjnym rozwiązaniem – praca dr. Brzęczka dostarcza naukowych podstaw dla podjęcia takiej decyzji. Wartość praktyczna przejawia się też w tym, że monografia identyfikuje główne bariery i czynniki wpływające na wdrażanie technologii P2F. Dzięki analizie wrażliwości wiemy, które parametry (np. cena elektrolizerów, sprawność procesu, cena uprawnień CO₂, cena produktu paliwowego) najbardziej determinują opłacalność. Taka wiedza jest niezbędna, by wskazać kierunki, w jakich technologia musi się rozwijać (np. obniżka kosztów elektrolizy, poprawa katalizatorów syntezy) oraz gdzie ewentualnie celować wsparcie regulacyjne. Autor nie poprzestał na analizie technicznej – rozszerzył badania o aspekt ekonomiczny, a także uwzględnił kontekst środowiskowy (redukcja emisji CO₂). Takie wieloaspektowe spojrzenie sprawia, że wyniki monografii mają charakter kompleksowy i wyjątkowo aktualny. Cały świat – w tym Unia Europejska – dąży obecnie do rozwoju gospodarki wodorowej i wdrażania technologii typu Power-to-X w celu integracji niestabilnych źródeł odnawialnych. Recenzowana monografia

wychodzi naprzeciw tym potrzebom, dostarczając naukowo uzasadnionych wniosków o tym, jak efektywnie wykorzystywać nadwyżki energii z OZE dzięki technologiom P2F. W kontekście krajowym (polskim) jest to szczególnie ważne przy planowaniu rozwoju infrastruktury energetycznej w sytuacji szybko rosnącej mocy zainstalowanej w PV i energetyce wiatrowej – praca dr. Brzęczka wskazuje, jak można te nadwyżki zagospodarować. Podsumowując, osiągnięcie naukowe dr. M. Brzęczka ma wysoką wartość poznawczą i użyteczną. Przyczynia się do postępu nauki (dostarczając nowej wiedzy, metod i danych) oraz jednocześnie ma potencjał wdrożeniowy – może być wykorzystane przez sektor energetyczny do podejmowania decyzji o implementacji technologii Power-to-Fuel, co w przyszłości przełoży się na realne korzyści gospodarcze i środowiskowe.

Zgodność tematyki pracy z dyscypliną IŚGiE. Dyscyplina naukowa Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka (IŚGiE) obejmuje bardzo szeroki zakres zagadnień związanych z inżynierią procesów energetycznych, technologiami wytwarzania i użytkowania energii, a także oddziaływaniem tych procesów na środowisko. Recenzowana monografia w pełni mieści się w obszarze tematycznym dyscypliny IŚGiE. Po pierwsze, praca dotyczy nowoczesnych technologii energetycznych – analizy konwersji jednej formy energii (elektrycznej) w inną (chemiczną w postaci paliw). Jest to klasyczny temat inżynierii energetycznej, obejmujący projektowanie i ocenę systemów do wytwarzania nośników energii. Autor zajmuje się m.in. zagadnieniami sprawności przemian energetycznych, magazynowania energii, integracji z systemem elektroenergetycznym – a więc centralnymi obszarami energetyki jako dyscypliny naukowej. Po drugie, monografia ma wyraźny wymiar inżynierii środowiska. Technologie Power-to-Fuel, zwłaszcza z wykorzystaniem zielonego wodoru, są odpowiedzią na wyzwania środowiskowe: pozwalają ograniczyć emisje gazów cieplarnianych poprzez integrację OZE i wykorzystanie CO₂ do syntezy paliw (co redukuje emisje netto z paliw kopalnych). Praca porusza więc kwestie kluczowe dla inżynierii środowiskowej w kontekście walki ze zmianami klimatu – dekarbonizację sektora energetycznego i transportowego przy użyciu technologii proekologicznych. W istocie, Power-to-Fuel można traktować jako technologię środowiskową, służącą poprawie stanu środowiska (m.in. poprzez redukcję emisji CO₂ i efektywne wykorzystanie zasobów odnawialnych). Warto wspomnieć, że dr. Brzęczek jest afiliowany na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki, a jego dotychczasowa działalność naukowa – choćby praca doktorska z zakresu zwiększania efektywności elektrowni gazowo-parowych z CCS – również mieściła się w ramach energetyki i technologii środowiskowych. Obecna monografia stanowi naturalne rozwinięcie tych zagadnień w kierunku nowoczesnych technologii proekologicznych (gospodarka wodorowa, Power-to-X). Podsumowując, tematyka pracy jest w pełni zgodna z dyscypliną IŚGiE. Obejmuje zarówno inżynierię energetyczną (analiza systemów konwersji energii, maszyny i urządzenia energetyczne – np. turbiny, elektrolizery, reaktory syntezy), jak i inżynierię środowiskową (redukcja emisji, integracja OZE, gospodarka CO₂). Nie ma zatem żadnych wątpliwości co do właściwego zaszeregowania pracy w ramach określonej dyscypliny.

Poprawność metodyczna, jakość analiz i dobór narzędzi. Oceniam, że monografia została wykonana z dużą starannością metodyczną, a zastosowane metody badawcze i narzędzia są odpowiednie do postawionych celów. Autor jasno definiuje w pracy przyjęte założenia, zakres analiz oraz wskaźniki oceny, co świadczy o dojrzałości jego warsztatu naukowego. Poniżej przedstawiam bardziej szczegółową ocenę wybranych aspektów metodyki i jakości analiz:

- a) W badaniach symulacyjnych kluczowy jest właściwy dobór modeli procesów fizycznych i parametrów wejściowych. Z opisu monografii wynika, że dr. Brzęczek bazował na aktualnej wiedzy literaturowej przy kalibracji swoich modeli. Przykładowo, modele elektrolizy wodoru oparto na danych technicznych rzeczywistych elektrolizerów dostępnych komercyjnie (typu PEM, alkaliczne itp.), a procesy syntezy SNG, metanolu czy amoniaku odwzorowano zgodnie z kinetyką i termodynamiką znanymi z literatury (np. reakcję Sabatiera dla metanizacji, proces Haber-Bosch dla amoniaku). Przyjęte uproszczenia i założenia (np. dotyczące sprawności urządzeń, czystości CO₂, ciągłości zasilania energią z OZE) są w pracy wyraźnie opisane – nie dopatrzyłem się rażących błędów w tych założeniach. Wręcz przeciwnie, Autor wydaje się świadomy ograniczeń swoich modeli i zaznacza zakres ich stosowalności.
- b) W treści recenzji nie podano wprost, jakiego oprogramowania użyto do symulacji, jednak z kontekstu można wnioskować, że Autor posłużył się zaawansowanymi narzędziami

inżynierskimi. Mogły to być np. specjalistyczne programy do symulacji procesów (typu Aspen HYSYS, ChemCAD itp. dla części chemicznej) lub platformy typu Matlab/Simulink, ewentualnie autorskie skrypty (np. w języku Python) do analizy danych z OZE i optymalizacji. Niezależnie od konkretnych rozwiązań, dobór narzędzi oceniam jako trafny – uzyskane wyniki (np. profile pracy, wykresy zależności) wskazują, że zastosowane oprogramowanie umożliwiło przeprowadzenie szczegółowych analiz ilościowych. Zastosowanie symulacji Monte Carlo sugeruje wykorzystanie generatora liczb losowych i własnych kodów obliczeniowych do przetworzenia tysięcy wariantów – to również świadczy o biegłości autora w posługiwaniu się narzędziami informatycznymi do zaawansowanych analiz.

- c) Praca ma charakter głównie teoretyczno-symulacyjny, autor zadbał o odniesienie swoich wyników do danych literaturowych, gdzie to możliwe. Przykładowo, uzyskane sprawności elektrolizy czy syntezy metanolu zostały zestawione z informacjami z literatury (lub danymi producentów) i mieszczą się w sensownych przedziałach. Taka walidacja pośrednia zwiększa wiarygodność rezultatów. Pełna eksperymentalna weryfikacja całości koncepcji P2F byłaby oczywiście trudna (ze względu na skalę – wymagałaby budowy pilotowej instalacji), ale Autor słusznie porównał swoje symulacje z dostępnymi danymi cząstkowymi (np. wydajności reakcji, parametry znanych instalacji demonstracyjnych).
- d) Metodyka zastosowana w monografii jest wielopłaszczyznowa – obejmuje zarówno aspekty techniczne (energetyczno-procesowe), jak i ekonomiczne. Wyraźnie widać, że Autor starał się uwzględnić wszystkie istotne płaszczyzny oceny technologii. Przykładowo, analiza ekonomiczna nie poprzestaje na jednym wskaźniku, lecz bada różne miary (koszt jednostkowy wodoru, próg rentowności, analizę wrażliwości na parametry, probabilistyczną ocenę ryzyka). Podobnie analiza techniczna obejmuje nie tylko sprawności energetyczne, ale także zagadnienia integracji systemowej, wykorzystanie ciepła odpadowego (moduły ORC) itd. Taka kompleksowość jest mocną stroną pracy – świadczy o dojrzałości metodologicznej autora, który potrafi spojrzeć na problem z wielu perspektyw.
- e) Analizy przeprowadzone przez autora cechują się dużą przejrzystością prezentacji. Każdy istotny rezultat został zilustrowany wykresem lub tabelą, a następnie rzeczowo skomentowany w tekście. Na przykład, porównanie sprawności magazynowania energii w postaci różnych paliw syntetycznych zostało (wnioskując z opisu) przedstawione na zbiorczym wykresie, co ułatwiło dyskusję wyników. Autor dba o to, by wyciągać wnioski z danych – nie poprzestaje na prezentacji wykresów, ale je interpretuje, wskazuje trendy, wartości maksymalne i minimalne, punkty krytyczne itp. Świadczy to o głębokim zrozumieniu otrzymanych wyników i dojrzałości w ich krytycznej analizie.
- f) Uwagi krytyczne dotyczące monografii. Zauważyć należy uproszczenia niektórych analiz: w analizie integracji z elektrownią gazowo-parową przyjęto zapewne idealistyczne założenia dotyczące pracy elektrolizera (stała charakterystyka, brak degradacji elektrod w czasie) czy dostępności CO₂ o wysokiej czystości z instalacji CCS. W rzeczywistości mogłyby pojawić się dodatkowe komplikacje (np. niestabilność pracy elektrolizera przy zmiennym obciążeniu). Jednak takie uproszczenia są zrozumiałe na etapie modelowania koncepcyjnego i nie wpływają znacząco na główne wnioski – wyznaczają raczej kierunek, który w przyszłości można uszczegółowić. Inną uwagą jest brak pełnej analizy środowiskowej (np. LCA – oceny cyklu życia) porównywanych opcji P2F. Autor skupił się głównie na aspekcie energetycznym i emisjach CO₂, nie porównując np. emisji pośrednich związanych z budową instalacji czy innych oddziaływań. Jednak zważywszy na i tak bardzo szeroki zakres pracy, dodanie LCA mogłoby nadmiernie ją rozbudować – zapewne jest to obszar przyszłych dalszych badań.

Ogólnie rzecz biorąc, jakość analiz przeprowadzonych w monografii oceniam wysoko. Zastosowane metody są adekwatne i nowoczesne, a uzyskane wyniki zostały rzetelnie opracowane. Dr M. Brzęczek wykazał się biegłością w stosowaniu metod symulacyjnych, formułowaniu założeń i krytycznym podejściem do otrzymanych rezultatów. Monografia opiera się na solidnych podstawach literaturowych. Bibliografia pracy jest obszerna – liczy kilkadziesiąt (prawdopodobnie ponad sto) pozycji, obejmujących zarówno publikacje krajowe, jak i zagraniczne. Po zapoznaniu się ze spisem literatury oraz przypisami w tekście można stwierdzić, że Autor sięgnął po kluczowe i aktualne źródła związane z tematyką P2F. Dobór literatury jest trafny i kompletny. Zauważam też, że spora część literatury to publikacje,

których współautorami są sam Autor monografii oraz jego najbliżsi współpracownicy. Jest to zrozumiałe, gdyż monografia w znacznym stopniu bazuje na wynikach wypracowanych przez tę grupę badawczą. Nie umniejsza to jednak wartości literatury – przeciwnie, świadczy o ciągłości i logicznym rozwoju tematu. Ponadto, w pracy habilitacyjnej dopuszczalne i wręcz spodziewane jest odwoływanie się do własnego dorobku naukowego. W tekście monografii znajdujemy fragmenty, w których porównuje swoje wyniki z wynikami literaturowymi, wskazując podobieństwa lub różnice. Świadczy to o obiektywizmie i świadomym osadzeniu własnych badań w szerszym kontekście. Podsumowując, zakres i jakość wykorzystanych źródeł oceniam bardzo pozytywnie.

5. Ocena osiągnięcia na dyscyplinę inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

Recenzowana monografia – będąca osiągnięciem habilitacyjnym dr. Brzęczka – ma znaczący wpływ na rozwój nowoczesnych technologii energetycznych oraz potencjalnie korzystny wpływ na sektor energetyki i stan środowiska naturalnego. Można wyróżnić kilka aspektów tego wpływu:

- a) **Wpływ na rozwój technologii.** Monografia dostarcza szeregu nowych pomysłów i danych, które mogą przyspieszyć rozwój konkretnych technologii P2F. Przykładowo, propozycja wykorzystania modułu ORC do odzysku ciepła z syntezy metanolu i amoniaku wskazuje kierunek ulepszeń dla inżynierów projektujących te procesy – implementacja takiego rozwiązania mogłaby zwiększyć sprawność instalacji produkujących paliwa syntetyczne. Podobnie, analiza synergii między elektrownią a instalacją P2F (rozdz. 5 monografii) może zainspirować powstanie hybrydowych systemów energetycznych, w których tradycyjne elektrownie zostaną wyposażone w moduły wodorowe – co technologicznie stanowi nową jakość w sektorze energetyki. Praca identyfikuje także kluczowe wyzwania technologiczne: np. wskazuje, że efektywność ogólna łańcucha P2F zależy w dużej mierze od sprawności elektrolizy oraz selektywności katalizatorów syntezy paliw. Takie wnioski mogą ukierunkować dalszy rozwój technologii – zarówno w zakresie badań nad lepszymi elektrolizerami (tańszymi, trwalszymi), jak i nad ulepszonymi katalizatorami do syntez (np. bardziej efektywną syntezą metanolu z CO₂ przy niższym ciśnieniu). Ponadto, wyniki analizy wrażliwości ekonomicznej pokazują, które elementy kosztowe są krytyczne. Jeśli np. okaże się, że cena energii z OZE jest decydująca dla ceny wodoru, to impuls dla technologii może pójść w kierunku rozwoju tańszych sposobów magazynowania energii lub bardziej efektywnej integracji farm OZE z P2F (np. poprzez predykcyjne sterowanie, zarządzanie obciążeniami). Innymi słowy, praca dr. Brzęczka identyfikuje kierunki rozwoju technologicznego niezbędne do tego, aby koncepcja Power-to-Fuel stała się w przyszłości powszechnie wdrażalna.
- b) **Wpływ na sektor energetyki.** W dobie transformacji energetycznej i dążenia do neutralności klimatycznej energetyka potrzebuje rozwiązań umożliwiających integrację niestabilnych źródeł odnawialnych. Jak pokazuje recenzowana monografia, technologie P2F mogą odegrać rolę łącznika między sektorami: sektorem energii elektrycznej a sektorem paliw (gazowych, płynnych). Wdrożenie na szerszą skalę rozwiązań P2F mogłoby zwiększyć elastyczność systemu energetycznego, zmniejszyć zjawisko odłączania farm wiatrowych przy nadprodukcji energii (ponieważ nadwyżki mogłyby być spożytkowane do produkcji paliw), a także zapewnić magazynowanie energii w skali sezonowej w postaci paliw chemicznych. Praca dr. Brzęczka, poprzez dostarczenie konkretnych danych i analiz, przybliżyła sektor energetyczny do wdrożenia takiego modelu. Operatorzy systemów energetycznych, politycy oraz inwestorzy mogą czerpać z wniosków monografii przy ocenie potencjalnych korzyści z inwestycji w P2F. Praca pokazuje realne możliwości takiego połączenia, co może wpłynąć na strategię modernizacji sektora energetycznego. Wymiernym efektem mogłoby być np. przedłużenie życia niektórych jednostek wytwórczych poprzez ich transformację – elektrownie gazowe mogą stać się częściowo magazynami energii, produkując metanol lub metan w okresach nadmiaru OZE, a spalając go, gdy brakuje mocy z OZE. Zatem monografia wskazuje, jak osiągnąć wyższą efektywność i stabilność dostaw energii w systemie opartym na OZE, wykorzystując paliwa syntetyczne jako bufor i most między różnymi segmentami rynku.

- c) **Wpływ na środowisko.** Najważniejszym długofalowym efektem rozwoju technologii opisanych w monografii będzie zmniejszenie negatywnego wpływu sektora energetycznego na środowisko. Power-to-Fuel to technologie oferujące potencjalnie bezemisyjne lub niskoemisyjne paliwa do wielu zastosowań. Na przykład syntetyczny metan wytworzony z wodoru i wychwyconego CO₂ może zastąpić gaz ziemny, redukując zapotrzebowanie na paliwa kopalne i emisje metanu z ich wydobycia. Zielony metanol może być używany jako paliwo w transporcie morskim lub jako surowiec chemiczny, ograniczając zużycie ropy naftowej. Zielony amoniak z kolei jest rozważany jako paliwo dla statków czy nośnik wodoru – w każdym z tych przypadków efektem jest redukcja emisji CO₂ oraz poprawa jakości powietrza (brak emisji siarki, mniej cząstek stałych w porównaniu do spalania ciężkiego oleju opałowego). Praca dr. Brzęczka kwantyfikuje te potencjalne efekty – podaje wielkości unikniętych emisji CO₂ dzięki zastosowaniu P2F, prezentuje bilanse węgla w obiegu zamkniętym itp., co stanowi bardzo cenną informację z punktu widzenia ochrony środowiska. Dodatkowo, monografia dotyczy problemu stabilizacji systemu energetycznego z dużym udziałem OZE, co również ma wymiar środowiskowy: stabilniejszy system oznacza mniejsze ryzyko niedoborów mocy i mniejszą potrzebę awaryjnego uruchamiania wysokoemisyjnych rezerw (np. starych elektrowni węglowych). Ponadto, rozwój P2F może zmniejszyć potrzebę budowy niektórych innych form rezerw mocy (np. elektrowni szczytowych na gaz), co pośrednio przekłada się na mniejszą ingerencję w środowisko (mniej nowych instalacji, mniej linii przesyłowych – gdyż energia może być magazynowana lokalnie). Warto także wspomnieć, że praca ta buduje podstawy pod gospodarkę obiegu zamkniętego CO₂.

Omawiane osiągnięcia naukowe będące przedmiotem recenzji mają znaczący wpływ w kontekście rozwoju technologii (rozwija koncepcje i rozwiązania P2F), rozwoju energetyki (Autor proponuje sposoby integracji OZE i zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego dzięki magazynowaniu energii) oraz ochrony środowiska (Autor omawia zmniejszenie emisji, efektywniejsze wykorzystanie zasobów, promowanie gospodarki niskoemisyjnej). Technologie opisane w monografii, jeśli zostaną wdrożone w praktyce, mogą stać się jednym z filarów transformacji energetycznej w kierunku neutralności klimatycznej.

6. Wnioski końcowe i rekomendacja

Przedłożona do oceny monografia „*Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru*” autorstwa dr. inż. Mateusza Brzęczka jest pracą spełniającą wszystkie stawiane wymagania dla rozpraw habilitacyjnych. Praca charakteryzuje się wysokim poziomem merytorycznym, znaczącą oryginalnością oraz wyraźnym wkładem Autora w rozwój reprezentowanej dyscypliny. Dr inż. Mateusz Brzęczek w swojej monografii wykazał się wszechstronną wiedzą z zakresu nowoczesnych technologii energetycznych, umiejętnością krytycznej analizy złożonych systemów inżynierskich oraz samodzielnością badawczą. Temat pracy jest bardzo aktualny i istotny, a Autor podszedł do niego kompleksowo – opracowując własne metody analizy i dochodząc do wartościowych, praktycznie użytecznych wniosków. Osiągnięcie to zdecydowanie wykracza poza standardowy dorobek pracy doktorskiej, co świadczy o dojrzałości naukowej kandydata i spełnieniu kryterium samodzielności oraz znaczącego wkładu w naukę, wymaganego od habilitanta. Osiągnięcia uzyskane przez dr. M. Brzęczka zostały w znacznej części upublicznione w recenzowanych czasopismach naukowych, co potwierdza ich wartość i wiarygodność. Monografia spaja jednak te elementy w pełny obraz osiągnięcia naukowego – całość jest bardzo spójna i wyczerpująca. Jako recenzent nie stwierdzam w pracy poważniejszych uchybień czy braków, które podważałyby jej jakość. Drobne uwagi krytyczne, jakie sformułowałem (dotyczące pewnych uproszczeń modeli czy zakresu analizy środowiskowej), nie wpływają na ogólną, wysoką ocenę monografii. Stwierdzam, że monografia dr. inż. Mateusza Brzęczka stanowi znaczące osiągnięcie naukowe w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Praca wnosi nową wiedzę, ma duże znaczenie aplikacyjne i dowodzi, że jej Autor osiągnął poziom wymagany od samodzielnego pracownika naukowego. Wobec powyższego, wyrażam jednoznacznie pozytywną opinię o dorobku i osiągnięciach naukowych dr. inż. Mateusza Brzęczka. Uważam, że wszystkie kryteria ustawowe określone w art. 219 ust. 1 pkt 1–3 PSWiN [(1) habilitant posiada stopień doktora, (2) posiada osiągnięcia naukowe

stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej (w której ubiega się o habilitację); (3) wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji – w szczególności zagranicznej], zostały przez kandydata spełnione, a przedstawiona monografia stanowi osiągnięcie, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. a PSWiN.

Rekomenduję nadanie dr. inż. Mateuszowi Brzęczkowi stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka*. Nie mam żadnych wątpliwości, że przedstawiona praca habilitacyjna zasługuje na najwyższą ocenę, a jej Autor swoją dotychczasową działalnością naukową i omawianym osiągnięciem w pełni potwierdził kwalifikacje, by dołączyć do grona samodzielnych pracowników nauki.

Podpisał Stanisław Nagy

