

Kraków, 25.11.2025r.

Prof. dr hab. inż. Sławomir Grądział
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Energetyki
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków

OCENA

**dorobku naukowo-dydaktycznego i organizacyjnego oraz rozprawy
habilitacyjnej pt. „Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru”
dr. inż. Mateusza Brzęczka**

I. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej, prof. dr. hab. Krzysztofa Labusa z dn. 9.10.2025 r. informującego o powołaniu mnie na recenzenta w komisji habilitacyjnej w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. **Mateusza Brzęczka**, wszczętym w dniu 12 czerwca 2025 r. w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżyniera środowiska, górnictwo i energetyka.

II. Informacje ogólne

Pan dr inż. Mateusz Brzęczek w latach 2007 – 2011 studiował na studiach pierwszego stopnia na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej, na kierunku Inżynieria Środowiska, w specjalności Inżynieria Energii. Tematem pracy inżynierskiej był *Ekologiczne aspekty pozyskiwania energii ze źródeł niekonwencjonalnych, a promotorem był dr inż. Robert Zarzycki.*

W latach 2011 – 2012 studiował na studiach stacjonarnych drugiego stopnia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, na kierunku Inżynieria Środowiska, w specjalności Inżynieria Środowiska w Energetyce. Tematem pracy magisterskiej był *Analiza energetyczna bloku węglowego na parametry nadkrytyczne opalanego węglem brunatnym z instalacją CCS*, a promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Janusz Kotowicz

W latach 2012 – 2016 Habilitant był uczestnikiem studiów doktoranckich na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, na kierunku Energetyka. Rozprawa doktorska pt.: *Analiza możliwości zwiększenia efektywności elektrowni gazowo-parowej bez i z instalacją wychwytu i sprężania CO₂* została obroniona w dniu 25.11.2016 z wyróżnieniem. Promotorem rozprawy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Janusz Kotowicz.

W latach 2017-2018 pan dr inż. Mateusz Brzęczek był zatrudniony na Politechnice Śląskiej w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych na stanowisku asystenta naukowego.

Od roku 2018 do chwili obecnej jest zatrudniony na Politechnice Śląskiej w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych na stanowisku adiunkta badawczo – dydaktycznego.

III. Ocena osiągnięcia naukowego dr. inż. Mateusza Brzęczka

Osiągnięciem naukowym Habilitanta jest kompleksowe opracowanie zagadnień związanych z przekształcaniem nadwyżek energii odnawialnej w paliwa syntetyczne w zintegrowanych systemach energetycznych. Opracowanie to, Habilitant przedstawił w monografii pod tytułem „*Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru*”, wydanej przez Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Recenzentami byli: prof. dr hab. inż. Krzysztof Badyda z Politechniki Warszawskiej i prof. dr hab. inż. Dariusz Mikielwicz z Politechniki Gdańskiej, wszyscy znani specjaliści w przedmiocie zagadnienia.

W monografii liczącej 188 stron (wraz z wykazem literatury i streszczeniami), Habilitant skoncentrował się na opracowaniu metodologii, algorytmów oraz narzędzi analitycznych umożliwiających efektywne wykorzystanie nadmiaru energii z odnawialnych źródeł – takich jak farmy wiatrowe i fotowoltaiczne – do produkcji wodoru elektrolitycznego i jego dalszej transformacji w paliwa syntetyczne: SNG, metanol i amoniak.

W monografii przedstawiono zagadnienia związane z magazynowaniem energii w systemach energetycznych o rosnącym udziale OZE oraz wskazuje możliwości dekarbonizacji i optymalnego wykorzystania zasobów odnawialnych w globalnej transformacji energetycznej. Przeprowadzono porównanie transformacji wodoru w trzy różne paliwa (SNG, metanol i amoniak) z zastosowaniem wskaźników odniesionych nie tylko do masy, ale także do energii, co pozwoliło uzyskać pełniejszy wymiar porównania oraz umożliwiło ocenę tych procesów z perspektywy efektywności energetycznej. Kluczowym zagadnieniem zawartym w monografii jest koncepcja integracji technologii Power-to-Fuel z nowoczesnymi elektrowniami gazowo-parowymi wyposażonymi w instalacje wychwyty CO₂ (CCS) w technologii OXY-Combustion. Wykazano, że takie połączenie prowadzi do synergii systemów oraz wzrostu ich sprawności, wprowadzając także nowy wskaźnik synergii i przedstawiając jego znaczenie dla dalszej optymalizacji procesów. Badania przedstawione w monografii obejmują również analizę możliwości intensyfikacji tych efektów poprzez dobór parametrów pracy oraz ocenę wpływu zmiennych warunków pogodowych na produkcję wodoru z farmy wiatrowej o mocy 90 MW oraz farmy fotowoltaicznej o mocy 10 MW. Wyniki rocznych symulacji potwierdzają możliwość ustalenia średniorocznego strumienia wodoru kierowanego do instalacji Power-to-Fuel, co ma istotne znaczenie dla uniwersalnego zastosowania proponowanego podejścia.

W monografii przeanalizowano także współpracę elektrolizerów PEM i AEL z niestabilnymi źródłami OZE, wskazując na technologiczne i energetyczne aspekty procesów produkcji paliw syntetycznych. Opracowane narzędzia analityczne umożliwiają ocenę uzysków masowych i energetycznych, czystości produktów oraz sprawności całych układów, uwzględniając także możliwości minimalizacji strat i ograniczenia emisji. Szczególnie ważnym elementem pracy jest kompleksowa analiza ekonomiczna projektów produkcji

wodoru – uwzględniająca koszty inwestycyjne, operacyjne, cenę energii elektrycznej oraz stopy dyskonta – zakończona wyznaczeniem wskaźnika wartości bieżącej netto (NPV), znormalizowanego kosztu wodoru (LCOH) oraz ceny granicznej sprzedaży wodoru pozwalającej na osiągnięcie progu rentowności inwestycji (BEP). W analizie ryzyka wykorzystano metodologię Monte Carlo, co pozwoliło na identyfikację kluczowych zmiennych wpływających na stabilność projektów w zmiennym otoczeniu rynkowym.

Do najważniejszych osiągnięć Habilitanta, które są oryginalne i nowatorskie i mają znaczący wpływ dla dyscypliny, można zaliczyć:

1. Opracowanie metodologii analiz współpracy instalacji elektrolizerów z hybrydową farmą OZE (farma wiatrowa + farma fotowoltaiczna), obejmującej autorski algorytm wyznaczania nadwyżek energii odnawialnej oraz analizę możliwości przekształcania tej energii w wodór (rozdział 4).
2. Opracowanie metodologii porównania trzech instalacji produkujących zielone paliwa syntetyczne (SNG, metanol, amoniak) przy jednolitych założeniach, obejmującego wpływ ciśnienia i temperatury panujących w reaktorach syntezy na pracę tych instalacji, co pozwala na bezpośrednią i rzetelną ocenę tych technologii (rozdział 5);
3. Porównanie uzysków wyżej wymienionych instalacji nie tylko w odniesieniu do masy produktów, ale także do jednostki energii poprzez wprowadzenie uzysku energetycznego brutto i netto, co znacząco rozszerza klasyczne podejścia w literaturze i pozwala na pełniejsze ujęcie sprawności tych procesów (rozdział 5.6);
4. Zaproponowanie dotychczas nie stosowanej współpracy bloku gazowo-parowego z instalacjami Power-to-Fuel oraz wykazanie synergii tego połączenia, które umożliwia lepsze wykorzystanie energii pierwotnej i redukcję emisji (rozdział 6);
5. Wprowadzenie autorskiego wskaźnika synergii, który uwzględnia różnice w przyroście sprawności w zależności od bazowej sprawności instalacji, dzięki czemu pozwala na obiektywną ocenę rzeczywistych korzyści wynikających z integracji procesów Power-to-Fuel z elektrownią (rozdział 6.2);
6. Przeprowadzenie kompleksowej analizy ekonomicznej, obejmującej opracowanie metodologii oraz szczegółowe wyznaczenie granicznej ceny sprzedaży wodoru pozwalającej na osiągnięcie progu rentowności inwestycji (przy założeniu $NPV=0$), znormalizowanego kosztu produkcji wodoru (LCOH) oraz ich zależności od zmiennych technicznych i finansowych (takich jak koszty inwestycyjne, operacyjne, cena energii elektrycznej, stopa dyskonta traktowana jako WACC) (rozdział 7.2; rozdział 7.3);
7. Przedstawienie szczegółowych przepływów pieniężnych (*cash flow*) dla każdego roku okresu eksploatacyjnego, umożliwiające dynamiczną ocenę rentowności inwestycji w czasie oraz identyfikację ewentualnych okresów występowania ujemnych przepływów finansowych, które mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla płynności projektu i zwiększać ryzyko jego upadłości w warunkach niekorzystnych zmian otoczenia rynkowego (rozdział 7.3);
8. Przeprowadzenie szczegółowej analizy wrażliwości, obejmującej wpływ wyżej wymienionych wskaźników mikro- i makroekonomicznych oraz parametrów związanych z obsługą finansowania zewnętrznego (kredytu) na cenę graniczną

- sprzedaży wodoru oraz LCOH, co pozwoliło na identyfikację czynników mających największy wpływ na końcowy wynik ekonomiczny projektu (rozdział 7.4);
9. Unikalność przeprowadzonych analiz ekonomicznych polega także na tym, że zostały one wykonane nie tylko w odniesieniu do masy wodoru (USD/kg), ale również w odniesieniu do energii (USD/kW), co stanowi oryginalne rozszerzenie klasycznego podejścia i znacząco wzbogaca dotychczasowe badania w tym obszarze (rozdział 7.4);
 10. Istotnym jest także włączenie do analizy aspektów ryzyka inwestycyjnego poprzez zastosowanie metodologii Monte Carlo, co pozwala na identyfikację kluczowych zmiennych wpływających na stabilność inwestycji oraz ich odporność na zmienne warunki rynkowe (rozdział 7.5).

Przeprowadzone i przedstawione w monografii badania dr. inż. Mateusza Brzęczka oceniam wysoko i uważam, że są one potwierdzeniem znaczącego wkładu w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w tym szczególnie w zakresie zagadnień związanych z przekształcaniem nadwyżek energii odnawialnej w paliwa syntetyczne w zintegrowanych systemach energetycznych.

IV. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych dr. inż. Mateusza Brzęczka

Dr inż. Mateusz Brzęczek podczas swojej pracy w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych (obecnie Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych) Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, aktywnie uczestniczył w realizacji projektów badawczych i wdrożeniowych. Po uzyskaniu stopnia doktora jego zaangażowanie badawcze koncentrowało się wokół nowoczesnych technologii energetycznych, zwłaszcza w zakresie technologii wodorowych, integracji systemów energetycznych oraz przemysłowych zastosowań technologii Power-to-Fuel. Efektem tego jest uzyskanie licznych stypendiów i udziałów w projektach badawczych i wdrożeniowych.

Uzyskane stypendia:

- 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 – Stypendium projakościowe dla doktorantów Politechniki Śląskiej; przyznawane w ramach programu wsparcia doktorantów osiągających wysokie wyniki w działalności naukowej i publikacyjnej.
- 2014/2015 – Stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Śląskiej; przyznane za osiągnięcia naukowe i aktywny udział w projektach badawczych.
- 2014–2015 – Stypendium w ramach programu „DoktoRIS – stypendium na rzecz innowacyjnego Śląska”; współfinansowane ze środków Unii Europejskiej, przyznane na realizację badań związanych z technologiami energetycznymi w trakcie studiów doktoranckich.
- 2019 – Stypendium Rektora Politechniki Śląskiej na rozpoczęcie działalności naukowej w nowym obszarze badawczym; przyznane w ramach programu priorytetowych specjalizacji uczelni.
- 2019 – Rektorski Grant I stopnia Politechniki Śląskiej; przyznany za publikacje naukowe w czasopiśmie z najwyższej grupy punktacyjnej (TOP1, TOP10), dotyczące nowoczesnych technologii energetycznych.

- 2022 – Rektorski Grant Habilitacyjny Politechniki Śląskiej (program projakościowy); przyznany na opracowanie modelu analitycznego i przeprowadzenie kompleksowej analizy transformacji zielonego wodoru w paliwa syntetyczne w systemach zintegrowanych z OZE.

Udział w projektach badawczych i wdrożeniowych:

- W latach 2012 – 2015 Habilitant uczestniczył w realizacji największego krajowego programu strategicznego skierowanego do sektora nauki, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego Programu Badań pt. „*Zaawansowane technologie pozyskiwania energii*”.
- W 2013 – 2014 Habilitant pełnił funkcję głównego wykonawcy w projekcie opracowanym dla EDF Polska S.A., dotyczącym odzysku energii z instalacji turbinowych zakończonym wdrożeniem.
- W 2015 roku, we współpracy z Elektrociepłownią Zielona Góra (EDF Polska S.A.), Habilitant uczestniczył w opracowaniu koncepcji wykorzystania ciepła odpadowego ze spalin do zasilania modułu ORC (Organic Rankine Cycle).
- W 2015 – 2016 Habilitant uczestniczył jako wykonawca w grantie GEKON pt. „*Magazynowanie energii w postaci wodoru w kawernach solnych*” (projekt HESTOR).
- W latach 2015 – 2018 Habilitant uczestniczył w projekcie OPUS finansowanym przez NCN pt. „*Badania skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w układach bazujących na obiegu Stirlinga z akumulacją ciepła*”.
- W latach 2018 – 2019 Habilitant był kierownikiem wewnętrznego projektu badawczego Politechniki Śląskiej finansowanego w ramach działalności statutowej dla Młodych Naukowców (BKM) pt. „*Badania potencjału magazynowania energii także w postaci sprężonego powietrza*”.
- W latach 2019 – 2022 Habilitant był głównym wykonawcą w projekcie OPUS finansowanym przez NCN pt. „*Badanie różnych struktur układów energetycznego wykorzystania metanolu i jego produkcji w oparciu o H_2 z procesu elektrolizy i CO_2 z instalacji CCS*”.
- W 2021 roku Habilitant uczestniczył w projekcie europejskim *The European University Alliance on Responsible Consumption and Production*, realizowanym w ramach programów Horyzont 2020 oraz Erasmus+.
- W 2022 roku Habilitant uczestniczył w realizacji prac badawczo-eksperymentalnych dla Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Rybniku. Opracował ekspertyzę pt. „*Analiza możliwości rozbudowy zasobów własnych PWiK Rybnik w zakresie pozwalającym na zwiększenie stopnia niezależności i bezpieczeństwa zasilania w energię elektryczną przy wykorzystywaniu między innymi źródeł OZE na obiekcie Oczyszczalni Ścieków*”.
- Od 2024 roku Habilitant pełni funkcję zastępcy kierownika w trzyletnim międzynarodowym projekcie Horyzont Europa pt. „*PHOENIX – Photo-electro Integrated Next-Generation energy technologies*”.
- Obecnie Habilitant jest kierownikiem projektu MINIATURA 8 (2024–2025) finansowanego przez NCN pt. „*Badania potencjału energetycznego farm wiatrowych w dowolnej lokalizacji geograficznej*”.

Dr inż. Mateusz Brzęczek odbywał staże w zagranicznych ośrodkach naukowych:

1. 01.07.2017 – 31.08.2017 – staż badawczy w Energy Research Center, VSB-Technical University of Ostrava (Czechy) pod opieką prof. Tadeáša Ochodka, dotyczący analizy modułu ORC w aspekcie odnawialnych źródeł energii. W trakcie pobytu Habilitant prowadził walidację modeli obliczeniowych w rzeczywistych warunkach pracy instalacji ORC, koncentrując się na ocenie dokładności symulacji oraz ich przydatności do modelowania efektywności energetycznej systemów OZE;
2. 01.09.2022 – 30.09.2022 – staż badawczy w Energy Research Center, VSB-Technical University of Ostrava (Czechy) pod opieką prof. Tadeáša Ochodka, poświęcony integracji technologii Power-to-Fuel z instalacjami Waste-to-Fuel; w jego ramach habilitant prowadził analizy synergii energetycznej pomiędzy tymi technologiami oraz przygotował wniosek projektowy we współpracy z niemieckimi instytutami Fraunhofera (IWU w Görlitz oraz IZM w Berlinie) do programu EIC Pathfinder Challenges w ramach Horyzontu Europa.

Dorobek publikacyjny i aktywność konferencyjna habilitanta:

Łączna liczba publikacji: **75**

- Publikacje w czasopismach z listy MNiSW: **27**
- Publikacje w czasopismach z czołowych pozycji dziedziny:
 - **2** artykuły w *Applied Energy* (Elsevier), znajdującym się w grupie TOP1
 - **8** artykułów w *Energy* (Elsevier), należącym do grupy TOP2

Dorobek bibliometryczny:

- *h-index*: **10** (Scopus), **9** (Web of Science)
- *Sumaryczny Impact Factor*: **82,977**
- *Sumaryczny SNIP*: **34,991**
- *Sumaryczny CiteScore*: **160,2**
- *Sumaryczna punktacja MNiSW*: **2927**

Liczba konferencji z czynnym udziałem:

- **16** konferencji krajowych
- **7** konferencji międzynarodowych.

Przedstawione przez Habilitanta znaczące osiągnięcia w aktywności naukowej udokumentowane publikacjami, w realizacji projektów badawczych i wdrożeniowych, odbytych stażach naukowych oraz dużą sumaryczną liczbą punktów MNiSzW, uważam za wystarczające do nadania mu statusu samodzielnego pracownika naukowego.

V. Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzujący naukę.

Dr inż. Mateusz Brzęczek od początku studiów doktoranckich prowadził i prowadzi zajęcia laboratoryjne i projektowe w języku polskim i angielskim w ramach przedmiotów:

- *Miernictwo Ciepłne i Pomiary w Energetyce,*
- *Automatyka i Robotyka,*
- *Metody i Narzędzia Symulacji Komputerowej w Systemach Technicznych,*
- *Fundamentals of metrology and experimental engineering,*
- *Measurements of energy quantities,*
- *Modelowanie matematyczne procesów energetycznych,*
- *Grafika inżynierska.*

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant prowadzi do dzisiaj wykłady z przedmiotów: *Maszyny Elektryczne* oraz *Electric Machines*. Dodatkowo prowadzi wykłady w ramach Uniwersyteckiego Bloku Zajęć Obieralnych (UBZO) z przedmiotu *Teoria Strategii Szachowej*, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, który cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem wśród studentów.

Habilitant pełnił funkcje opiekuna praktyk studenckich Pana Łukasza Witkowskiego w okresie 1.07.2021 – 28.07.2021 studenta kierunku Fizyka Techniczna na Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie. Tematem praktyk studenta były analizy współpracy nowoczesnej elektrowni typu OXY z instalacją produkującą SNG z zielonego wodoru.

Habilitant pełnił lub pełni funkcję promotora pomocniczego w przewodach doktorskich, która jedna z nich została obroniona w 2024 roku. Był promotorem 9 prac magisterskich oraz 11 prac dyplomowych inżynierskich.

Dr inż. Mateusz Brzęczek wykazał się na polu organizacyjnym:

1. Członek komitetu organizacyjnego Konferencji „Energetyka Gazowa” (2013, 2016)
2. Współorganizator konferencji „Unia Energetyczna – implikacje dla Polski” (2017)
3. Udział w organizacji ogólnopolskiej konferencji Prorektorów ds. Ogólnych i Otoczenia Społeczno-Gospodarczego (Gliwice, 2017)

Habilitant jest także aktywnym recenzentem w prestiżowych czasopismach naukowych wydawnictwa Elsevier, głównie *Energy* oraz *Applied Energy*. Za swoje zaangażowanie w recenzowanie i wysoki poziom merytoryczny ocen otrzymał certyfikat „*Outstanding Contribution in Reviewing*” przyznany przez redakcję czasopisma *Energy* w 2018 roku.

Powyższy wykaz prowadzonych zajęć dydaktycznych w macierzystej jednostce, a także organizacja spotkań i konferencji popularyzujących naukę potwierdzają zaangażowanie Habilitanta w działalność dydaktyczną oraz jego przygotowanie do samodzielnego prowadzenia zajęć dydaktycznych.

VI. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę osiągnięcia naukowego przedstawionego w formie monografii habilitacyjnej zatytułowanej „*Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru*” oraz całego dorobku naukowego wyrażam pogląd, że wyniki prac badawczych dr. inż. Mateusza Brzęczka stanowią zasadniczy wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Znaczący dorobek naukowo-badawczy, a także działalność w zakresie dydaktyki wskazują na to, że dr inż. Mateusz Brzeczek spełnia wszelkie warunki do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, określone w art. 219 Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018, poz. 1668).

Wnioskuje zatem o przyznanie doktorowi inżynierowi Mateuszowi Brzęczkowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Kraków, dnia 25.11.2025r.

Podpisał Sławomir Grądziel