

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal
Politechnika Koszalińska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki
Katedra Energetyki
ul. Raclawicka 15-17
75-620 Koszalin

Koszalin, 28.07.2025 r.

Recenzja

wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka dr inż. Aleksandrze Komorowskiej na podstawie monografii naukowej oraz cyklu sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt.:

„Rola zielonego wodoru w transformacji energetycznej Polski w aspekcie integracji energetyki odnawialnej i transportu”

oraz opinia o dorobku naukowo-badawczym, dydaktycznym, organizacyjnym i popularyzującym naukę Kandydatki, wykonana na podstawie zlecenia dyrektora Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie dr hab. inż. Magdaleny Wdowin profesora Instytutu z dnia 2 czerwca 2025 roku (pismo AO-520-3/25).

1. Wstęp

Dr inż. Aleksandra Komorowska urodziła się 5 czerwca 1991 roku w Białogardzie. W latach 2010 ÷ 2015 studiowała na Wydziale Energetyki i Paliw w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na kierunku Energetyka uzyskując w 2014 roku tytuł inżyniera, a w 2015 roku tytuł magistra inżyniera w specjalności Zrównoważony Rozwój Energetyczny.

W 2020 roku uzyskała stopień doktora nauk technicznych nadany uchwałą Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie, na podstawie rozprawy zatytułowanej „*Ocena krajowego zapotrzebowania na stałe paliwa kopalne w perspektywie 2040 roku na tle wdrożenia rynku mocy*”. Praca doktorska została obroniona w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Promotorem w tej rozprawie była dr hab. inż. Lidia Gawlik prof. IGSMiE PAN, promotorem pomocniczym dr inż. Tomasz Mirowski, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Henryk Kaproń i dr hab. inż. Arkadiusz Kustra prof. AGH w Krakowie.

Kandydatka w latach 2016 ÷ 2017 pracowała na stanowisku pracownika inżynierijno-technicznego, a od 2018 roku pracuje do dzisiaj kolejno jako asystent i adiunkt w Instytucie Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie. W okresie od kwietnia 2022 r. do czerwca 2023 r. była zastępcą Kierownika Pracowni Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki Surowcami i i Energią, a od lipca 2023 r. do chwili obecnej pełni funkcje kierow-

nika tej pracowni. Ponadto w latach 2021 ÷ 2022 pracowała dodatkowo w Akademickim Centrum Komputerowym CYFRONET AGH w Laboratorium Obliczeń Kwantowych jako starszy specjalista informatyk programista.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Podstawą do ubiegania się dr inż. Aleksandry Komorowskiej o stopień doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka jest monografia naukowa oraz cykl sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Wszystkie prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego były zrealizowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Jest to zbiór Jej prac wykonanych w latach 2022 ÷ 2025:

1. Komorowska A. *Wodór w transformacji energetycznej Polski – integracja energetyki odnawialnej i transportu*. Seria: Studia Rozprawy Monografie Nr 220. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków 2025. MNiSW: 80 pkt., udział własny 100%;
2. Komorowska A., Benalcazar P., Kamiński J.: *Evaluating the competitiveness and uncertainty of offshore wind-to-hydrogen production: A case study of Poland*. International Journal of Hydrogen Energy 48(39), (2023), 14577–14590, IF = 8,1; MNiSW: 140 pkt; udział: 33,3%;
3. Komorowska A., Olczak P., Hanc E., Kamiński J.: *An analysis of the competitiveness of hydrogen storage and Li-ion batteries based on price arbitrage in the day-ahead market*. International Journal of Hydrogen Energy 47(66), (2022), 28556–28572, IF = 8,1; MNiSW: 140 pkt; udział własny 25%;
4. Komorowska A., Mokrzycki E., Gawlik L.: *Hydrogen production in Poland: the current state and directions of development*. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal 26(4), 81–98 (2023), MNiSW: 20 pkt; udział: 33,3%;
5. Benalcazar P., Komorowska A.: *Techno-economic analysis and uncertainty assessment of green hydrogen production in future exporting countries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 199, (2024), 114512, IF = 16,3; MNiSW: 200 pkt; udział własny: 50%;
6. Benalcazar P., Komorowska A.: *Techno-economics of Green Hydrogen: Present Trends and Future Prospects* [w:] Singh, P., Agarwal, A.K., Thakur, A., Sinha, R.K. (ed.) *Challenges and Opportunities in Green Hydrogen Production*. Energy, Environment, and Sustainability. Wydawnictwo Springer (2024), MNiSW: 80 pkt; udział własny: 50%;
7. Benalcazar P., Komorowska A.: *Prospects of green hydrogen in Poland: A techno-economic analysis using a Monte Carlo approach*. International Journal of Hydrogen Energy 9(47), 5779–5796 (2022), IF = 8,1; MNiSW: 140 pkt; udział własny: 50%.

Przedstawiony do oceny dorobek Habilitantki dotyczy transformacji energetycznej, która związana jest z zastępowaniem dotychczasowych źródeł energii opartych na surowcach kopalnych nowymi proekologicznymi. Wynika to z ciągłego zmniejszania się zasobów konwencjonal-

nych oraz potrzeby działań na rzecz ochrony środowiska. Spalanie paliw kopalnych zawierających w swym składzie głównie węgiel prowadzi do produkcji bardzo dużej ilości dwutlenku węgla, który zanieczyszcza atmosferę ziemską i przyczynia się do powstawania tak zwanego efektu cieplarnianego. Jedną z alternatyw może być wykorzystanie zielonego wodoru, który w procesie reakcji chemicznych przekształca się w ekologiczną wodę. Jest to zeroemisyjne źródło energii, które może być wykorzystane w ramach współpracy z energetyką niekonwencjonalną: wiatrową i słoneczną. Źródła te uzależnione są od warunków atmosferycznych, co powoduje ich nierównomierną pracę w czasie i uniemożliwia elastyczne sterowanie produkcją energii. Dlatego koniecznym jest magazynowanie nadwyżek produkowanej energii, a następnie ich wykorzystywanie przy zmniejszonym jej wytwarzaniu. Magazynowanie nadwyżek energii produkowanej z wykorzystaniem źródeł odnawialnych w postaci energii chemicznej zawartej w wodorze posiada istotny potencjał przyspieszenia transformacji energetycznej. Wodór może być wykorzystywany do przechowywania energii zarówno krótko-, jak i długoterminowo. Elastyczność magazynowania energii w wodorze ma szczególne znaczenie, gdy uwzględni się zmienność dobową i sezonowość produkcji energii elektrycznej w źródłach wiatrowych i fotowoltaicznych.

Głównym przedmiotem badań podjętych przez Habilitantkę był wodór jako nośnik energii wykorzystywany w procesach transformacji energetycznej. Zakresem badań objęto relacje występujące pomiędzy energetyką odnawialną i transportem, z uwzględnieniem potencjału produkcji wodoru w procesach elektrolizy wody, które są zasilane energią elektryczną produkowaną w jednostkach wiatrowych i słonecznych oraz możliwości jego wykorzystania w transporcie drogowym. Głównym celem badań było określenie roli zielonego wodoru w transformacji energetycznej Polski z wykorzystaniem ilościowej analizy potencjału zielonego wodoru w procesie integracji krajowego sektora energetyki odnawialnej i transportu, w perspektywie 2030 oraz 2050 roku. Cele cząstkowe obejmowały: przeprowadzenie analizy krajowych i europejskich dokumentów strategicznych, analizę łańcucha wartości gospodarki wodorowej, opracowanie koncepcji rozwiązania problemu badawczego, sformułowanie funkcji celu problemu optymalizacji produkcji i transportu zielonego wodoru, budowę modelu matematycznego odzwierciedlającego elementy systemu rzeczywistego wraz z relacjami pomiędzy nimi, opracowanie scenariuszy badawczych odzwierciedlających potencjalne kierunki rozwoju gospodarki wodorowej, numeryczne rozwiązanie modelu matematycznego dla opracowanych scenariuszy badawczych oraz techniczno-ekonomiczną analizę wykorzystania wodoru jako nośnika energii integrującego krajowy sektor energetyki odnawialnej i transportu. Celem aplikacyjnym prac badawczych było określenie potencjału wykorzystania zielonego wodoru w transporcie drogowym oraz oszacowanie kosztów związanych ze spełnieniem zobowiązań wynikających z postanowień polityki klimatyczno-energetycznej, zarówno na poziomie krajowym, jak i lokalnym.

Realizacji powyższych celów badawczych pozwoliło uzyskać Habilitantce wymierne osiągnięcia w postaci istotnego wkładu naukowego w dyscyplinę naukową Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a dotyczącego takich problemów, jak:

- **opracowanie koncepcji, założeń oraz formuł matematycznych umożliwiających budowę modelu matematycznego** do ilościowej analizy wykorzystania zielonego wodoru jako nośnika energii integrującego energetykę odnawialną i transport drogowy w procesie transformacji energetycznej Polski. Zbudowany model matematyczny oraz opracowane scenariusze analityczne odzwierciedlające potencjalne kierunki rozwoju gospodarki umożliwiają określenie roli

zielonego wodoru w transformacji energetycznej Polski, z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań dotyczących potencjału odnawialnych źródeł energii, zapotrzebowania na energię w transporcie oraz celów wynikających z polityki klimatyczno-energetycznej i dokumentów strategicznych;

- **na podstawie przeprowadzonych badań uzyskanie wyników ilościowych dotyczących kosztów niezbędnych do poniesienia na produkcję i transport zielonego wodoru**, w zależności od stopnia realizacji krajowych celów dekarbonizacyjnych. W obszarze planowania jest to istotny potencjał dla praktycznego wykorzystania otrzymanych wyników badań. Znajdą one również zastosowanie w działaniach strategicznych oraz zapewnienia finansowania procesów transformacji krajowej gospodarki w perspektywie średnio- i długoterminowej;
- **przeprowadzenie badań dotyczących potencjału wykorzystania zielonego wodoru w transporcie drogowym na poziomie regionalnym**. Uzyskane wyniki badań stanowią istotną informację o charakterze aplikacyjnym z perspektywy planowania rozwoju gospodarki wodorowej na poziomie lokalnym oraz kalkulacji kosztów transformacji w skali regionalnej. Mogą one zostać również wykorzystane w opracowywaniu planów i strategii na poziomie powiatowym lub wojewódzkim. Analiza regionalnych kosztów dostaw pozwoli na zidentyfikowanie obszarów, w których koszty te są szczególnie wysokie i zaplanowanie działań ukierunkowanych na ich redukcję;
- **sformułowanie wniosków dotyczących jednostkowych kosztów produkcji i dostaw w zależności od jednostki terytorialnej i scenariusza rozwoju gospodarki wodorowej**. Informacje te mogą zostać wykorzystane w procesie podejmowania decyzji o lokalizacji nowych instalacji do produkcji wodoru oraz infrastruktury do jego transportu. Uzyskane wyniki badań mogą również wesprzeć decydentów w opracowywaniu strategii rozwoju odnawialnych źródeł energii w regionach charakteryzujących się dużym potencjałem. Wsparcie rozwoju energetyki odnawialnej w takich obszarach może przyczynić się do dalszej redukcji kosztów produkcji i dostaw zielonego wodoru;
- **przeprowadzenie obliczeń umożliwiających ocenę struktury odnawialnych źródeł energii wykorzystywanych do produkcji wodoru w zależności od regionu oraz struktury środków transportu wykorzystywanych do jego dostaw**. Informacje te mogą zostać zastosowane do planowania rozwoju infrastruktury transportowej, przede wszystkim w regionach, w których potencjał techniczny umożliwia produkcję ponad zapotrzebowanie lokalne oraz w regionach, w których wskaźniki wykorzystania mocy są na tyle niskie, że korzystniejszym rozwiązaniem jest pozyskanie wodoru z innych regionów. Wnioski mają również potencjał aplikacyjny przy planowaniu lokalizacji nowych wielkoskalowych instalacji elektrolitycznych, dostarczając informacji na temat optymalnego wykorzystania lokalnych zasobów energii odnawialnej i infrastruktury transportowej;
- **sformułowanie wniosków dotyczących wykorzystania wodoru jako czynnika integrującego energetykę odnawialną i transport w transformacji energetycznej Polski**. Otrzymane wyniki oraz wnioski sformułowane na ich podstawie stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Stanowią one wkład do literatury przedmiotu z zakresu techniczno-ekonomicznych badań nad potencjałem wodoru w aspekcie spełnienia celów dekarbonizacyjnych oraz charakteryzują się dużym potencjałem aplikacyjności

i wdrożenia w obszarze działań strategicznych podejmowanych zarówno na szczeblu rządowym, jak i samorządowym.

Należy wyraźnie podkreślić, że prezentowana przez Habilitantkę tematyka monografii naukowej oraz cyklu sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych jest bardzo interesująca, oryginalna i nowoczesna. Bazuje na najnowszych osiągnięciach naukowych z ostatnich lat. Przedstawiony do oceny dorobek naukowy stanowi kompletne dzieło naukowe, wskazuje również kierunki dalszego rozwoju badań i może inspirować do prowadzenia nowych badań w zakresie Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki. Przedstawiony dorobek naukowy stanowi istotny wkład w prace naukowe dotyczące gospodarki zeroemisyjnej.

Szczególnie istotne są prace Habilitantki w zakresie modelowania matematycznego umożliwiającego ilościową analizę wykorzystania zielonego wodoru jako nośnika energii integrującego energetykę odnawialną i transport w transformacji energetycznej Polski. Opracowany pierwszy model techniczno-ekonomiczny umożliwia obliczenie maksymalnych zdolności produkcyjnych i jednostkowych kosztów produkcji zielonego wodoru, natomiast drugi jest modelem optymalizacyjnym do planowania produkcji i dostaw zielonego wodoru na potrzeby pokrycia zapotrzebowania w transporcie drogowym. Integracja obu modeli umożliwia obliczenie zdolności produkcyjnych oraz jednostkowych kosztów wodoru na poziomie jednostek terytorialnych, w zależności od dostępności energii wiatrowej oraz słonecznej, a następnie optymalizację produkcji i dostaw zielonego wodoru na potrzeby pokrycia zapotrzebowania w transporcie drogowym z regionów produkcji do regionów zapotrzebowania, uwzględniając lokalną specyfikę odnawialnych źródeł energii oraz cele strategiczne sformułowane na poziomie krajowym i unijnym. Aby odzwierciedlić potencjalne kierunki rozwoju gospodarki wodorowej Habilitantka opracowała pięć scenariuszy badawczych. Przeprowadzone badania ilościowe pozwalają na sformułowanie wniosków względem potencjału i kosztów wykorzystania wodoru jako czynnika integrującego energetykę odnawialną i transport w transformacji energetycznej Polski. **Stanowią one istotne osiągnięcia** z zakresu techniczno-ekonomicznych badań nad potencjałem wodoru w aspekcie spełnienia celów strategicznych sformułowanych w ramach unijnej i krajowej polityki klimatyczno-energetycznej.

Opiniowane prace dr inż. Aleksandry Komorowskiej uważam za ważny i wartościowy wkład do poznania, analizy roli i znaczenia wodoru w transformacji energetycznej Polski. **W podsumowaniu należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny monografia naukowa oraz cykl sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, jako osiągnięcie naukowe spełnia w moim przekonaniu, w sposób w pełni zadowalający wymagania określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.**

3. Ocena istotnej działalności naukowej

Dr inż. Aleksandra Komorowska od 2016 jest pracownikiem Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. W 2020 roku uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Jej podstawowa działalność naukowa dotyczy zagadnień związanych z rosnącym znaczeniem wodoru jako elementu dekarbonizacji systemów energetycznych i transportowych. Uzyskane wyniki

badan w tym zakresie są podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk inżynierijsko-technicznych w dyscyplinie Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki i zostały omówione w punkcie 2. Jednak Kandydatka realizowała również inne prace naukowo badawcze w tym:

- prowadzenie analiz uwarunkowań technologicznych dotyczących instalacji wielkoskalowych systemów fotowoltaicznych i systemów do elektrolizy wody oraz badania możliwości konwersji nadwyżek energii elektrycznej produkowanej w systemach PV do energii chemicznej zawartej w wodorze;
- opracowanie koncepcji oraz metodyki obliczania potencjału wykorzystania technologii solarnych do produkcji zielonego wodoru w kontekście krajowych uwarunkowań technologicznych, ekonomicznych i regulacyjnych;
- przeprowadzenie analizy rozwiązań światowych w zakresie badań nad dostępnością terenu pod instalacje fotowoltaiczne,
- opracowanie koncepcji i metodyki obliczeń dla kalkulacji potencjału fotowoltaiki w Polsce poprzez identyfikację oraz integrację parametrów opisujących optymalne kąty nachylenia dla instalacji PV w zależności od lokalizacji geograficznych, opracowanie założeń, testowanie i walidację opracowanych algorytmów obliczeniowych;
- opracowanie koncepcji wizualizacji wyników obliczeń dla poszczególnych województw w zakresie potencjału energii produkowanej w instalacjach fotowoltaicznych oraz uśrednionych kosztów tej energii w rozdzielczości 100x100 m oraz analiza i interpretacja wyników otrzymanych z zastosowaniem opracowanego modelu;
- przeprowadzenie analiz krajowego potencjału nowych technologii energetycznych odnawialnych źródeł energii oraz poprawy efektywności energetycznej w elektroenergetyce i ciepłownictwie;
- opracowanie nowej metodyki modelowania doboru wielkości urządzeń energetycznych dla budynków oraz wypracowania rozwiązań w celu poprawy efektywności energetycznej i osiągnięcia standardów zeroemisyjności;
- opracowanie koncepcji oraz struktury modelu umożliwiającego ocenę efektywności inwestycji w magazynowanie wodoru w kawernach solnych;
- opracowaniu nowych kategorii ryzyka z uwzględnieniem specyfiki krajowego systemu elektroenergetycznego.

Powyższe prace zostały wykonane we współpracy z różnymi jednostkami naukowym, w tym: *Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie (Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego, Laboratorium Obliczeń Kwantowych Akademickie Centrum Komputerowe CYFRONET), Instytut Transformacji Energetycznej Akademii WSB, Politechnika Krakowska (Wydział Inżynierii Środowiska, i Energetyki), Politechnika Warszawska (Wydział Energetyki i Lotnictwa), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Uniwersytet Szczeciński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie i Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy.*

Kandydatka prowadzi stałą współpracę badawczą z licznymi jednostkami naukowymi za granicą, w tym: *Universidade da Coruña (Hiszpania), Universidade de Granada (Hiszpania),*

Università di Torino (Włochy), Politecnico di Torino (Włochy), La Scuola Superiore di Studi Universitari e Perfezionamento (Włochy), Conoscenza e Innovazione (Włochy), Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (Niemcy), Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (Niemcy), Zentrum für Soziale Innovation (Austria), University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (Austria), Austrian Institute of Technology (Austria), Norwegian University of Science and Technology (Norwegia), Cardiff University (Wielka Brytania), Centrum Spolocenskych A Psychologických Vied Slovenskej Akademie Vied (Słowacja), Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași (Rumunia), Vrije University Brussels (Belgia), Lappeenranta-Lahden teknillinen yliopisto (Finlandia), Demos Research Institute (Finlandia), Tartu Ülikool (Estonia) oraz Koinoniki Synetairistiki Epicheirisi Syllogikis Kai Koel Partner (Grecja). Prowadzona współpraca dotyczy realizacji prac badawczo-rozwojowych oraz przygotowania wniosków o dofinansowanie badań naukowych.

Dorobek naukowy Kandydatki jest znaczny i został wydatnie pomnożony po uzyskaniu stopnia doktora. Łącznie jest autorem lub współautorem 37 artykułów naukowych, w tym 20 po uzyskaniu stopnia doktora. Sumaryczna wartość wskaźnika IF wynosi 102,090, w tym IF = 90,924 po uzyskaniu stopnia doktora. Na szczególne wyróżnienie zasługują publikacje w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym: *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Energy, Applied Energy, International Journal of Hydrogen Energy, Mineral Resources Management, Mineral Resources Management, Energies, Sustainable Energy Technologies and Assessments*.

Wyniki swoich badań przedstawiła na 20 konferencjach krajowych i międzynarodowych (w tym na 11 po uzyskaniu stopnia doktora). Do najważniejszych konferencji należy zaliczyć konferencje o charakterze cyklicznym: *World Summit and Expo on Energy and Power Engineering (WSEEP2024), Green Energy and Environmental Technology (GEET2024), 18th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2023), 6th International Conference on Renewable Energy and Power Engineering (REPE2023), International Summit on Non-renewable and Renewable Energy (ISNRE2023), Conference on Renewable Resources & Biorefineries (RRB2021), 31st European Conference on Operational Research (EURO2021), 16th IAEE European Conference – Energy Challenges for the Next Decade, International Conference – Local Energy, Global Markets, 7th International Congress Energy and Environmental Engineering and Management, 2nd International Conference on the Sustainable Energy and Environmental Development*.

Brała czynny udział w pracach zespołów badawczych krajowych i międzynarodowych realizujących trzynastcie projektów finansowanych w drodze konkursów (w tym dziesięciu po uzyskaniu stopnia doktora). Pełnił tam rolę wykonawcy i jeden raz rolę kierownika B+R zespołu krajowego. Na szczególne wyróżnienie zasługuje udział w realizacji pięciu projektów o zasięgu europejskim w ramach programów: *Clean Energy Transition (CET) Partnership, Horizon Europe i Horizon 2020*.

Dorobek naukowy Habilitantki charakteryzuje wg bazy Web of Science - indeks Hirscha 9, liczba cytowań 253 (bez autocytowań). Wg bazy Scopus indeks Hirscha wynosi 11, liczba cytowań 321 (bez autocytowań), wg bazy Google Scholar h-index = 13, łączna liczba

cytowań 419 (z autocytowaniami). Sumaryczna wartość wskaźnika IF dla publikacji wynosi 102,090 (w tym po uzyskaniu stopnia doktora - 90,914).

Realizując prace naukowe w zakresie techniki ciepłej Kandydatka kładzie również duży nacisk na aspekt aplikacyjny i wdrożeniowy swoich badań. Świadczą o tym zrealizowane prace o charakterze stosowanym. Była autorem lub współautorem dwudziestu dwóch ekspertyz lub opracowań naukowo-technicznych. Były to prace zrealizowane na zlecenie firm: *Institutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego, Veolia Energia Polska SA, ENEA SA, ENEA Elektrownia Połaniec SA, JSW Nowe Projekty SA, Veolia Energy Contracting Poland Sp. z o.o., Veolia Energia Warszawa SA, Tauron Polska Energia SA, PGNiG Obrót Detaliczny Sp. z o.o., ZEW Niedzica, Gmina Jabłonna, Gmina Czarny Dunajec, Agencji Rozwoju Przemysłu SA, Serigstad Sp. z o.o., Green Coalition Sp. z o.o., Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o. oraz Fundeko Korbel, Krok-Baściuk Sp. J.* Jest również autorem jednej wdrożonej technologii.

Kandydatka w okresie od 1 do 31 sierpnia 2023 r. odbyła staż naukowy w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na Wydziale Energetyki i Paliw w Katedrze Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego. Od grudnia 2021 do grudnia 2022 roku pracowała w Laboratorium Obliczeń Kwantowych (AGH) oraz uczestniczyła w międzynarodowym projekcie *National Competence Centers in the framework of EuroHPC (EUROCC)*. Brała udział w utworzeniu oraz stale współpracuje z Instytutem Transformacji Energetycznej Akademii WSB (od 2022 roku do chwili obecnej).

Habilitantka recenzowała pięćdziesiąt artykułów zgłoszonych do publikacji w wysokopunktowanych czasopismach międzynarodowych, w tym: *Applied Energy, Archives of Electrical Engineering, Energies, Energy Economics, Energy Policy, Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management, International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Cleaner Production, Mineral Economics, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, Renewable & Sustainable Energy Review, Sustainability, Sustainable Energy Technologies and Assessment.*

Dorobek naukowy dr inż. Aleksandry Komorowskiej oceniam bardzo wysoko. Jest Ona autorem wielu oryginalnych opracowań naukowych o charakterze poznawczym i aplikacyjnym. Podjęta tematyka badawcza jest nowoczesna i dotyczy ciągle pozostających do rozwiązania problemów związanych ze zrównoważonym rozwojem systemów energetycznych. Ważnym jest uwzględnienie wodoru w transformacji energetycznej, a to wymaga dalszych badań procesów dekarbonizacyjnych w aspekcie obecnego i przyszłego rozwoju gospodarki wodorowej. Badania Kandydatki wpisują się w światowy trend działań proekologicznych mających na celu ochronę klimatu i wzrostu udziału niekonwencjonalnych źródeł energii w bilansie energetycznym gospodarki. Opracowane modele matematyczne odzwierciedlają elementy systemu rzeczywistego wraz z relacjami pomiędzy nimi, a opracowane scenariusze badawcze wskazują potencjalne kierunki rozwoju gospodarki wodorowej. Wyniki prowadzonych badań są bardzo przydatne w prowadzeniu rozważań naukowych i zastosowań praktycznych. O ich przydatności świadczą liczne cytowania publikacji Autorki. Na szczególną uwagę zasługuje prowadzenie badań pod kątem przyszłych zastosowań uzyskanych wyników. Dowodem tego jest udział w projektach badawczych oraz współpraca z sektorem przemysłowym.

Podsumowując stwierdzam, że dorobek naukowy Kandydatki po uzyskaniu stopnia doktora jest znaczący, a istotną działalność naukową Kandydatki oceniam jako bardzo dobrą. Oznacza to, że w pełni rekomenduję Ją do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

4. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę Kandydatki

Dr inż. Aleksandra Komorowska od 2023 roku pełni funkcję Kierownika ośmioosobowej Pracowni Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki Surowcami i Energią (ZRGSiE) w IGSMiE PAN. Działalność naukowa zespołu koncentruje się na zagadnieniach związanych z techniczno-ekonomicznymi badaniami w obszarze gospodarowania surowcami i energią, z uwzględnieniem potencjału odnawialnych źródeł energii oraz dostępności paliw pierwotnych.

W ramach swojej działalności organizacyjnej na stanowisku Kierownika Pracowni stale rozwija współpracę z krajowymi i międzynarodowymi jednostkami naukowymi i badawczymi, jednostkami administracji publicznej oraz przedsiębiorstwami energetycznymi. Pracownia aktywnie angażuje się w pozyskiwanie finansowania na badania poprzez składanie wniosków o dofinansowanie badań naukowych we współpracy z innymi jednostkami badawczymi i przedsiębiorstwami.

W celu zwiększenia swoich kompetencji w zarządzaniu zespołami badawczymi oraz projektami badawczo-rozwojowymi Kandydatka ukończyła liczne szkolenia i kursy, w tym: *PRINCE2 Foundation Certificate in Project Management AXELOS Global Best Practice (2022)*, *AgilePM – Agile Project Management Foundation (2022)*, *Korupcja w administracji publicznej (2021)*, *Korupcja w biznesie (2021)*, *Przeciwdziałanie korupcji (2021)*.

Od 2019 roku do chwili obecnej była opiekunem naukowym czterech staży badawczych realizowanych w Pracowni Zrównoważonego Rozwoju Surowcami i Energią. Od 2023 roku jest członkiem Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w kadencji 2023÷2026. Od 2023 roku pełni funkcję Sekretarza Rady Naukowej. W 2024 roku została wybrana przez pracowników naukowych Instytutu na członka Komisji Dyscyplinarnej Instytutu w kadencji 2024÷2027. W 2024 roku była również członkiem Komisji ds. oceny pracowników naukowych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w latach 2020÷2023.

Habilitantka czynnie uczestniczy w rozwoju czasopism naukowych. Była Redaktorem pięciu wydań specjalnych w czasopiśmie *Energies*. Od 2022 roku pełni funkcję Sekretarza Redakcji oraz Redaktora tematycznego sekcji Paliwa i Energia w Zeszytach Naukowych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Od 2025 roku pełni funkcję Sekretarza Redakcji oraz Redaktora tematycznego sekcji Paliwa i Energia w czasopiśmie *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* (czasopismo znajduje się w bazie JCR). Od 2022 roku jest członkiem Komitetów Naukowych dwóch cyklicznych konferencji międzynarodowych (*Power Systems and Electrical Technology (PSET)* oraz *SDE-WES Conference: Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*).

Od 2022 roku jest ekspertem merytorycznym w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju,

a od 2023 roku również ekspertem merytorycznym w ocenie międzynarodowych projektów realizowanych w ramach programu Horizon Europa.

W ramach działalności popularyzującej naukę Kandydatka prowadziła warsztaty edukacyjne w ramach projektu EKO-START: Edukacja ekologiczna młodzieży szkolnej województwa małopolskiego w szkołach podstawowych w Krakowie. Organizowała również warsztaty popularyzujące naukę dla dzieci w wieku szkolnym, przedszkolnym i gimnazjalnym o tematyce dotyczącej ochrony powietrza i niskiej emisji na zlecenie Urzędu Miasta i Gminy Skała. W latach 2016÷2018 uczestniczyła w organizacji oraz realizacji Programu Dratewka wypracowanego przez Pracownię Zrównoważonego Rozwoju Surowcami i Energią IGSMiE PAN ukierunkowanego na redukcję zanieczyszczeń powietrza powstałych podczas spalania paliw stałych w gospodarstwach domowych, budynkach komercyjnych i użyteczności publicznej. Dodatkowo organizowała spotkania z mieszkańcami wybranych gmin celem zapoznania ich z tematyką ochrony powietrza, niskiej emisji oraz potencjału odnawialnych źródeł energii i rozwiązań dotyczących poprawy efektywności energetycznej.

Powyższą działalność organizacyjną związaną z popularyzacją nauki można zaliczyć również do działalności dydaktycznej, gdzie Kandydatka przekazywała dzieciom i młodzieży wiedzę związaną z energetyką i ekologią. Również taki charakter miały spotkania z mieszkańcami wybranych gmin. Ponadto podobną rolę pełniła sprawując opiekę nad stażami młodych pracowników naukowych i studentów.

Biorąc powyższe pod uwagę wyrażam przeświadczenie, że dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzujący naukę jest wystarczający i potwierdza kwalifikacje Kandydatki do uzyskania stopnia doktora habilitowanego stanowiąc podstawę do dalszego awansu.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionego osiągnięcia naukowego w postaci monografii naukowej i cyklu sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych oraz działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzującej naukę stwierdzam, że dr inż. Aleksandra Komorowska posiada znaczące i oryginalne osiągnięcia, które poszerzają dotychczasowy stan wiedzy w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych). Zgodnie z obowiązującymi przepisami: posiada stopień doktora, opublikowała monografię naukową i cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych (w których wykazała wiodącą rolę przy ich przygotowaniu), posiada w dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny, wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej (w tym zagranicznej). Upoważnia mnie to do stwierdzenia, że pod względem formalnym Jej kandydatura w pełni odpowiada warunkom określonym w art. 219 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Dorobek Kandydatki jest zgodny z kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (dyscyplina Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka).

Tedem Beheuf