

Recenzja
osiągnięć naukowych oraz istotnej aktywności naukowej
dr Roksany Muzyki,
w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska,
górnictwo i energetyka

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest Uchwała nr 252/2025 Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 18.12.2025 (znak sprawy: RDIŚGE.0211.252.2025), powołujące mnie na podstawie art.221 ust. 5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024, poz. 1571), jako jednego z recenzentów w komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego Pani dr Roksanie Muzyce.

Równocześnie z pismem otrzymałam komplet materiałów wraz z wnioskiem Pani dr Roksany Muzyki z dnia 13.09.2025 o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk: inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Wniosek i dołączone do niego dokumenty dostarczono w wersji wydrukowanej. Recenzję wykonano w oparciu o materiały dołączone do wniosku:

- Dane Wnioskodawcy (zał. nr 1),
- Kopię dyplomu potwierdzającego nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej technologia chemiczna, 2018 r. (zał. nr 2),
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych (zał. nr 3),
- Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (zał. nr 4),
- Oświadczenia Współautorów o ich udziale merytorycznym w publikacjach współautorskich wchodzących w skład osiągnięcia merytorycznego (zał. nr 5),

- Kopię publikacji z cyklu i wybranych spoza cyklu stanowiącego osiągnięcia naukowe (zał. nr 6 i 7).

Niniejsza recenzja sporządzona została na podstawie wymienionych dokumentów, uwzględniając kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określonych w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024, poz. 1571).

2. Sylwetka, wykształcenie i kariera zawodowa Kandydatki

Pani dr Roksana Muzyka ukończyła studia i uzyskała tytuł zawodowy magistra w 2006 r. na kierunku chemia (specjalność: chemia ogólna) na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (promotor: dr Anna Pałka). W 2018 r. uzyskała stopień doktora nauk technicznych, w dyscyplinie technologia chemiczna, na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu, prezentując rozprawę doktorską pt. „Wpływ prekursora grafitowego na skład, morfologię i strukturę termicznie zredukowanych tlenków grafenu” (promotor: prof. dr hab. inż. Grażyna Gryglewicz; recenzenci: prof. dr hab. inż. Jacek Machnikowski, prof. dr hab. inż. Andrzej Mianowski).

Kandydatka po ukończeniu studiów w 2006 r. podjęła pracę zawodową w Instytucie Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” na stanowisku specjalista chemik, asystent. Kolejne miejsca pracy Kandydatki to:

- 01.2009 – 10.2021 – Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, na stanowiskach: starszy specjalista inżynierijno-techniczny, z-ca kierownika laboratorium, z-ca kierownika laboratorium, kierownik laboratorium, asystent, adiunkt i z-ca kierownika zakładu,
- 10.2021 – 02.2022 – Śląski Uniwersytet Medyczny w Zabrze, Katedra i Zakład Chemii, stanowisko: asystent badawczo-dydaktyczny,
- 03.2022 – 02.2025 – post-doc w ramach projektu „Oksydacyjne upłynnianie odpadowych tworzyw sztucznych. Badania eksperymentalne wraz z wielowymiarową analizą danych z wykorzystaniem metod chemometrycznych”, OPUS (NCN) 2021/41/B/ST8/01770,
- 02.2025 do chwili obecnej – Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Ochrony Powietrza, stanowisko: adiunkt.

Praca badawcza i zainteresowania naukowe Kandydatki koncentrują się na zagadnieniach związanych z wykorzystaniem metod chromatograficznych w procesach przetwarzania odpadów, zarówno w kontroli jakości odpadów – surowców – produktów, jak i optymalizacji procesów technologicznych.

Wg danych w przedstawionej dokumentacji Kandydatka nie ubiegała się dotychczas o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. Ocena osiągnięć naukowych będącego przedmiotem postępowania habilitacyjnego

Ocena formalna

Osiągnięcia naukowe Kandydatki ocenione są na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024, poz. 1571).

Zgodnie z zapisami ww. ustawy Kandydatka przedstawiła następujące osiągnięcia:

I. cykl czternastu jednotematycznych oryginalnych współautorskich publikacji naukowych pod wspólnym tytułem „**Metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów dla gospodarki cyrkulacyjnej - od odpadów do produktów**”, prezentujących integrację technik chromatograficznych z podejściem chemometrycznym, pozwalającym na opracowanie modeli predykcyjnych i klasyfikacyjnych wspomagających podejmowanie decyzji procesowych. Podejście łączące analitykę chemiczną z analizą danych, wpisuje się w paradygmat strategii inteligentnego zarządzania odpadami. W skład omawianego cyklu wchodzi artykuły wg następującego wykazu, numerowane A1-A14:

[A1] **Muzyka R.**, Chrubasik M., Pogoda M., Tarnowska, J., Sajdak, M. (2019). Py-GC-MS and PCA analysis approach for the detection of illegal waste combustion processes in central heating furnaces. *Chromatographia*, 82, 1101-1109. <https://doi.org/10.1007/s10337-019-03747-4>

[A2] **Muzyka R.**, Chrubasik M., Pogoda M., Sajdak M. (2021). Chemometric analysis of air pollutants in raw and thermally treated coals–Low-emission fuel for domestic applications, with a reduced negative impact on air quality. *Journal of Environmental Management*, 281, 111787. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111787>

[A3] **Muzyka R.**, Chrubasik M., Dudziak M., Ouadi M., Sajdak M. (2022). Pyrolysis of tobacco waste: a comparative study between Py-GC/MS and fixed-bed reactors. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 167, 105702. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2022.105702>

[A4] **Muzyka R.**, Misztal E., Hrabak J., Banks S. W., Sajdak, M. (2023). Various biomass pyrolysis conditions influence the porosity and pore size distribution of biochar. *Energy*, 263, 126128. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126128>

[A5] **Muzyka R.**, Gałko G., Ouadi M., Sajdak M. (2023). Impact of plastic blends on the gaseous product composition from the co-pyrolysis process. *Energies*, 16(2), 947. <https://doi.org/10.3390/en16020947>

[A6] **Muzyka R.**, Sobek S., Dudziak M., Ouadi M., Sajdak M. (2023). A comparative analysis of waste biomass pyrolysis in Py-GC-MS and fixed-bed reactors. *Energies*, 16(8), 3528. <https://doi.org/10.3390/en16083528>

[A7] **Muzyka R.**, Sajdak M., Sobek S., Mumtaz H., Werle S. (2025). The application of chromatographic methods in optimization and the enhancement of the oxidative liquefaction process to wind turbine blade recycling. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02988-8>

- [A8] Mumtaz H., Werle S., Sobek S., Sajdak M., **Muzyka, R.** (2024). An in-depth study of the oxidative liquefaction process for polymeric waste reduction and chemical production from wind turbine blades and personal protective equipment used in the medical field. *Journal of Environmental Management*, 365, 121668. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121668>
- [A9] Mumtaz H., Werle S., **Muzyka R.**, Sobek S., Sajdak M. (2024). Oxidative liquefaction, an approach for complex plastic waste stream conversion into valuable oxygenated chemicals. *Energies*, 17(5), 1086. <https://doi.org/10.3390/en17051086>
- [A10] **Muzyka R.**, Kozielska B., Sajdak M. (2024). Detection of contamination from railway sleeper waste in solid biofuel. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 22, 100993. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.100993>
- [A11] **Muzyka R.**, Werle S., Sajdak M. (2024). Determination of plastic pollutants in solid biofuels. *Energies*, 17(23), 5927. <https://doi.org/10.3390/en17235927>
- [A12] **Muzyka R.** (2025). Application of Py-GC-MS for monitoring polymer waste in commercially available solid biofuels. *Biomass and Bioenergy*, 199, 107907. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.107907>
- [A13] Mumtaz H., Sobek S., Sajdak M., **Muzyka R.**, Werle S., Procek, M. (2025). Innovative recycling of end-of-life photovoltaic panels with the aim of polymer degradation and valuable chemical production, *Renewable Energy*, 252, 123535. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123535>
- [A14] Mumtaz H., Sobek S., Sajdak M., **Muzyka R.**, Werle S. (2025). Optimizing advanced oxidative liquefaction of municipal solid waste and personal protective equipment of medical sector for solid reduction and secondary compounds production, *Renewable Energy*, 255, 123831. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123831>

Publikacje ukazywały się w sposób cykliczny, zaplanowany jako wieloetapowy program badawczy w latach 2019 – 2025. Sumaryczny Impact Factor wyżej wymienionych prac zgodnie z rokiem opublikowania: **IF = 74,2**, a łączna liczba punktów ministerialnych **MNiSW: 1820**

Habilitantka jest pierwszym autorem w 10 z 14 przedstawionych publikacji, w każdym określiła swój wkład i wiodącą rolę w ich opracowaniu oraz dołączyła potwierdzenia od Współautorów. Habilitantka w 6 wymienionych wyżej publikacjach była autorem korespondencyjnym.

II. zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c ustawy pn. „**Integracja badań chromatograficznych z analizą wielowymiarową w celu efektywnej optymalizacji parametrów procesu recyklingu chemicznego**” stanowiące opracowanie autorskiej metodologii analitycznej opartej na technice chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID), służącą do identyfikacji i ilościowego oznaczania utlenionych związków chemicznych powstających w procesie oksydacyjnego upłynnienia złożonych i trudnych w recyklingu strumieni odpadów. Oryginalność osiągnięcia polega na wykorzystaniu techniki chromatograficznej (GC-FID) do oceny złożonych matryc powstających z różnych frakcji odpadowych z integracją surowych wyników chromatograficznych z analizą wielowymiarową w celu efektywnej optymalizacji parametrów procesu. Osiągnięcie zostało udokumentowane w 11 wysoko punktowanych publikacjach naukowych, załączanych do dokumentacji, opublikowanych w renomowanych czasopismach z listy JCR, tj.: *Energy*,

Renewable Energy, Journal of Cleaner Production, Energies, Journal of Environmental Management, a także prezentowanych na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym. W pracach Kandydatka pełniła rolę współautorki lub pierwszego autora. Badania w tym obszarze prowadzono w ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (OPUS 2021/41/B/ST8/01770), pt. „Oksydacyjne upłynnianie odpadowych tworzyw sztucznych. Badania eksperymentalne wraz z wielowymiarową analizą danych z wykorzystaniem metod chemometrycznych”, kierowanego przez prof. dr. hab. inż. Sebastiana Werle. Kandydatka w projekcie pełniła rolę głównego badacza pracując na stanowisku post-doc.

III. zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c ustawy pn. „**Identyfikacja i klasyfikacja zanieczyszczeń w paliwach stałych na bazie odpadów: podejście analityczno-algorytmiczne**”, opracowane w ramach trzech odrębnych projektów badawczych o charakterze interdyscyplinarnym, w których Kandydatka pełniła rolę kierownika i głównego badacza, kompleksowe badania ukierunkowane na wykorzystanie narzędzi analitycznych do oceny zanieczyszczeń w biopaliwach stałych oraz detekcji lotnych związków organicznych (LZO) emitowanych przez materiały polimerowe. Badania te pozwoliły na opracowanie oryginalnej metodyki opartej na technice pirolizy analitycznej sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS). Dzięki integracji tych metod możliwe było określenie zależności między strukturą polimeru, biomasy, a profilem emitowanych LZO, identyfikując charakterystyczne markery obecności tworzyw sztucznych w złożonych mieszaninach analitycznych, co pozwala na monitorowanie stanu środowiska, przy jednoczesnej ocenie bezpieczeństwa materiałowego.

Badania te prowadzone były ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki MINIATURA 6 (2022/06/X/ST8/00476,) pt. „Wpływ matrycy polimerowej i jej rola w detekcji lotnych związków organicznych z wykorzystaniem Py-GC-MS i TG-DSC jako technik analizy ciała stałego”. Najistotniejszymi elementami osiągnięcia są: opracowanie i wdrożenie autorskich procedur analitycznych (Py-GC-MS, GC-FID) dla różnych obiektów badawczych, opracowanie algorytmu klasyfikacji i detekcji źródeł zanieczyszczeń. Osiągnięcie zostało udokumentowane w 3 wysoko punktowanych publikacjach naukowych w renomowanych czasopismach z listy JCR, takich jak *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management, Energies and Biomass and Bioenergy*, a także zaprezentowane na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym.

Ocena merytoryczna i umieszczenie tematyki w aktualnych nurtach badawczych

Gospodarka odpadami wszelkich rodzajów staje się gałęzią gospodarki, gdyż zaczynają one być traktowane jako surowce i materiały do wykorzystania. Sprzyjają temu kryzysy: klimatyczny, energetyczny, demograficzny i gospodarczy oraz poszukiwania nowych, bardziej ekonomicznych rozwiązań, które pozwolą na odzysk i recykling pozyskanych wcześniej materiałów, redukując jednocześnie oddziaływanie na środowisko naturalne. Zmiana myślenia prowadzić ma do zmiany gospodarki linearnej na cyrkularną, redukując zapotrzebowanie na surowce pierwotne, inwestując w innowacyjne technologie odzysku, recyklingu i przetwarzania czy rozwiązania typu SMART; optymalizując procesy i łańcuchy dostaw w relacjach surowiec - odpad - produkt.

Kandydatka ukierunkowała swoje badania na metody i technologie definiujące odpady jako surowce do wykorzystania. Wdrożenie cyrkularności wymagać będzie definiowania nowej jakości surowców stanowiących wsad do procesu technologicznego, ilość wsadu ze źródeł pierwotnych i wtórnych, ekoprojektowanie nowych produktów i technologii z wydłużonym czasem eksploatacji, uwzględnienie czasu napraw, wdrożenie modeli biznesowych i budowania symbioz gospodarczych, określenie warunków składowania pozostałości poprocesowych, czy skuteczność procesów odzysku i recyklingu. Wszystkie te parametry będą musiały być jasno zdefiniowane i zmierzone.

Kandydatka szczególną uwagę poświęciła wybranym polimerom, kompozytom oraz odpadom wielomateriałowym, ale również podjęła badania zmieszanych odpadów komunalnych z dodatkami paliw konwencjonalnych, zużytych odpadów wielkogabarytowych, tekstylnych, odpadów pochodzenia rolniczego (np. tytoniowych, słomy, drewna), peletów drzewnych nasączonych impregnatami, łopat turbin wiatrowych, zużytych środków ochrony indywidualnej, zużytych paneli fotowoltaicznych.

Szeroki wachlarz grup odpadowych oraz ich zróżnicowanie, skomplikowana budowa i licznie stosowane materiały powodują, że procesy recyklingu mechanicznego są bardzo trudne, często całkowicie ograniczone, a procesy odzysku energii pozwalają na radykalne pozbycie się ilości odpadów, bez możliwości ich powtórnego wykorzystania. Są to odpady, których ilość i objętość gwałtownie wzrasta, zwłaszcza w społeczeństwach bogatych. We wszystkich rodzajach przetwarzanych przez Kandydatkę odpadów występuje znaczna ilość tworzyw sztucznych, różnego rodzaju i z różnymi domieszkami. Bardzo często nieopłacalność procesów recyklingu powoduje, że są one kierowane do odzysku energii. W 2023 roku około 1,3 mln ton odpadów z tworzyw sztucznych zostało eksportowane poza Unię Europejską w celu przetworzenia,

z powodu braku odpowiednich zasobów technologicznych, infrastrukturalnych lub przemysłowych. Wcześniej znaczna ilość eksportowanych odpadów wysyłana była do Chin, które wprowadziły ostre restrykcje dotyczące jakości tworzyw sztucznych. Szacuje się, że rocznie 19-23 mln ton tworzyw sztucznych trafia do gleb i wód. Pozostałe badane odpady również stanowią znaczące strumienie masowe i objętościowe, a ze względu na ich zróżnicowany ich skład i jakość procesy przetwarzania są znacznie ograniczone. Jak widać ich potencjał ilościowy, zwłaszcza w bogatych, konsumpcyjnych społeczeństwach jest ogromny.

Wyzwania dla gospodarki odpadami wymagają więc stosowania zaawansowanych metod analitycznych wspierających ekoprojektowanie, optymalizację i weryfikację procesów technologicznych na wszystkich etapach. Szczególne znaczenie ma to dla procesów termochemicznych, które umożliwiają konwersję różnorodnych materiałów odpadowych.

Drugim istotnym wyzwaniem prezentowanych osiągnięć Habilitantki oprócz licznych strumieni odpadów poddanych badaniom są prowadzone przez Kandydatkę procesy technologiczne, ich monitorowanie oraz badania technologii pod kątem produktów rozkładu. Procesy takie jak piroliza, ko-piroliza, toryfikacja, zgazowanie czy oksydacyjne upłynnienie zyskują na znaczeniu jako metody umożliwiające odzysk materiałowy i energetyczny z bazy odpadów dotychczas niepoddawanych recyklingowi. W pracy podjęto próbę zidentyfikowania optymalnych warunków przetwarzania wybranych strumieni odpadowych, takich jak odpady rolnicze, komunalne i przemysłowe, z uwzględnieniem wpływu zmienności składu na jakość produktów końcowych (biowęgiel, bio-oleje, paliwa gazowe i stałe).

Opracowana metodologia chromatograficzna umożliwia nie tylko dokładną ocenę jakości gazów, olejów i stałych produktów procesów termicznych, ale również optymalizację warunków procesowych pod kątem maksymalizacji wydajności procesów odzysku i recyklingu. Tego rodzaju podejście do badań od odpadów poprzez proces technologiczny, aż do nowych produktów z odpadów pozwala na budowę pełnego systemu GOZ, budując symbiozy gospodarcze pozwalając na kompleksową ocenę środowiskową, gospodarczą czy społeczną.

Oryginalność prezentowanego podejścia polega na systemowym wykorzystaniu metod chromatograficznych do kompleksowej oceny efektywności procesów termochemicznego przetwarzania odpadów, z uwzględnieniem różnorodnych typów surowców i warunków technologicznych. Szczególny nacisk położono na pirolizę analityczną sprzężoną

z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS), które stanowi narzędzie pozwalające na rozpoznanie potencjału energetycznego i składu materiałów ulegających degradacji termicznej.

Nowatorskim elementem jest także integracja technik chromatograficznych z podejściem chemometrycznym, pozwalającym na opracowanie modeli predykcyjnych i klasyfikacyjnych wspomagających podejmowanie decyzji na poziomie technologicznym.

Mało doceniane dotychczas procesy tj.: piroliza, ko-piroliza, toryfikacja, zgazowanie czy oksydacyjne upłynnienie zyskują na znaczeniu, wspomagając dotychczasowy odzysk materiałowy i energetyczny z odpadów. W prezentowanym materiale podjęto próbę zidentyfikowania optymalnych warunków przetwarzania wybranych strumieni odpadowych o różnym źródle powstawania i zróżnicowanym składzie i domieszkach.

Wobec powyższego uznaję, że podjęta tematyka wpisuje się w nurty badawcze i poszukiwanie wciąż nowych trendów badań przetwarzania odpadów z tworzyw sztucznych, a wzrastające ich nagromadzenie oraz zróżnicowanie strumieni odpadów z różnych grup wskazuje na ogromny potencjał rozwoju badań podjętych przez Kandydatkę. Na szczególną uwagę zasługuje również interdyscyplinarność prowadzonych badań łączących inżynierię procesową, materiałową, analitykę chemiczną i badania środowiskowe.

Opracowując wyniki badań Kandydatka wykazała, że:

- wyniki prowadzonych badań i analizy wykorzystujące metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów wskazują na kluczową rolę zaawansowanych technik analitycznych w rozwoju technologii gospodarki cyrkulacyjnej,
- metody chromatograficzne, szczególnie Py-GC-MS, GC-MS oraz GC-FID, umożliwiają precyzyjną charakterystykę surowców odpadowych oraz kontrolę jakości produktów termochemicznych. Zastosowanie ich w połączeniu z zaawansowanymi metodami chemometrycznymi pozwala na optymalizację procesów oraz przewidywanie jakości produktów procesów,
- procesy termochemiczne, takie jak piroliza, ko-piroliza oraz recykling chemiczny mogą stanowić kluczowe technologie, wykorzystywane w modelu gospodarki cyrkulacyjnej. Możliwość przekształcenia różnorodnych strumieni odpadów, o różnym składzie i źródle powstawania w produkty energetyczne i materiałowe, wskazuje na nowe kierunki badawcze procesów odzysku i recyklingu,

- konwersja odpadów organicznych w biowęgiel stanowi przykład skutecznej implementacji zasad gospodarki cyrkulacyjnej. Biowęgiel otrzymywany ze słomy pszennej, charakteryzuje się powierzchnią właściwą do 400 m²/g, co czyni go konkurencyjnym dla komercyjnych węgli aktywnych może być wykorzystany jako ulepszcacz gleb, sorbent do oczyszczania wody, materiał elektrodowy w superkondensatorach, dodatek do betonu zwiększający jego wytrzymałość oraz element przyczyniający się do sekwestracji CO₂.
- analiza cyklu życia procesów termochemicznych wykazuje znaczące korzyści środowiskowe w porównaniu z tradycyjnymi metodami zagospodarowania odpadów.

Do najważniejszych osiągnięć Kandydatki stanowiących oryginalny wkład w dyscyplinę naukową inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka zaliczyć należy badania w obszarze zaawansowanych metod analitycznych stosowanych w procesach przetwarzania odpadów, ich optymalizacji i konwersji w produkty czy surowce wdrażając gospodarkę cyrkularną. Do najważniejszych osiągnięć zaliczyć należy:

- badania dotyczące emisji zanieczyszczeń powstających podczas spalania paliw stałych, które doprowadziły do opracowania strategii ograniczania emisji WWA nawet pięćdziesięciokrotnie dzięki zastosowaniu paliw o niskiej emisyjności. Zastosowanie metod chemometrycznych w analizie danych chromatograficznych pozwoliło na wyodrębnienie kluczowych czynników determinujących jakość powietrza, co umożliwić może projektowanie systemów jego ochrony oraz dobór efektywnych źródeł ciepła stosowanych w gospodarstwach domowych,
- badania dotyczące ko-pirolizy biomasy z odpadami tworzyw sztucznych potwierdziły możliwość uzyskania gazów procesowych o wartości opałowej rzędu 15 MJ/m³. Opracowane metody chromatograficzne (GC-FID/TCD) pozwalają na precyzyjną kontrolę składu gazów oraz optymalizację przebiegu procesu ukierunkowaną na maksymalizację wydajności wodoru. Rozwiązania te mogą znaleźć bezpośrednie zastosowanie w rozwoju technologii odzysku energii z odpadów, zgodnie z obowiązującą hierarchią postępowania z odpadami,
- badania nad pirolizą odpadów tytoniowych oraz optymalizacją procesów pirolizy biomasy ustanawiają nowe standardy w zakresie charakterystyki surowców odpadowych oraz kontroli jakości produktów procesów termochemicznych.

Kompleksowa ocena potencjału energetycznego różnych strumieni odpadów stanowi podstawę do projektowania instalacji gospodarki odpadami,

- opracowanie metodologii umożliwiającej wykorzystanie surowych danych chromatograficznych, które poddane analizie chemometrycznej w celu pełnego wydobycia informacji oraz identyfikacji zależności między zmiennymi, pozwalają zdefiniować je jako elementy ustrukturyzowanego zasobu wiedzy. Podejście to otwiera nowe perspektywy w zakresie recyklingu materiałów kompozytowych i wieloskładnikowych.

Wobec powyższego stwierdzam, że oceniane elementy osiągnięcia naukowego mają wartość merytoryczną rozprawy habilitacyjnej. Badania stanowią wkład w poszerzenie wiedzy na temat możliwości wykorzystania metod chromatograficznych w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów wdrażając gospodarkę cyrkularną i monitorując jej elementy na wszystkich etapach od odpadu, poprzez warunki technologii o określonych parametrach aż do nowego produktu o określonych wymaganiach.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej

Tematyka prac Kandydatki koncentruje się na następujących kierunkach badawczych:

1. Wykorzystaniu metod chromatograficznych w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów,
2. Integracji badań chromatograficznych z analizą wielowymiarową w celu efektywnej optymalizacji parametrów procesu recyklingu chemicznego,
3. Identyfikacji i klasyfikacji zanieczyszczeń w paliwach stałych wyprodukowanych z odpadów,
4. Wdrażaniem zasad, technologii i koncepcji GOZ w łańcuchach technologicznych, tworząc symbiozy gospodarcze z wykorzystaniem odpadów o różnych źródłach powstawania i z bardzo różnorodnych rodzajów,
5. Optymalizacją parametrów procesów technologicznych, w celu otrzymania wysokiej jakości produktów z odpadów.

Dorobek bibliometryczny Habilitantki charakteryzuje się wysokimi wskaźnikami (na dzień 12.09.2025):

- Liczba publikacji: Scopus 56; WoS 48
- Łączny Impact Factor wszystkich publikacji IF = 201,91 (przed doktoratem IF = 27,84)
- Liczba cytowań: Scopus 1592 (bez autocytowań 1454); WoS 1300 (bez autocytowań 1271)
- Indeks Hirscha: Scopus h=16; WoS h=15 (przed doktoratem h=3)
- Punktacja MNiSW: 4913

Analizując wskaźniki bibliometryczne wyraźnie widać ich znaczący wzrost, co świadczy o znaczącym powiększeniu dorobku naukowego po doktoracie.

Kandydatka publikuje swoje prace głównie w renomowanych czasopismach zagranicznych, tj. Journal of Environmental Management, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Energy, Clean Technologies and Environmental Policy, Energies, Monitoring and Management, Biomass and Bioenergy, Renewable Energy i wielu innych.

Kandydatka brała lub bierze udział w pracach 23 zespołów badawczych realizując projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych; w tym 6 zagranicznych i 17 krajowych; w tym 1 raz jako kierownik, w pozostałych przypadkach jako wykonawca lub główny wykonawca. Współpraca w dużych zespołach badawczych zaowocowała licznymi artykułami w prestiżowych czasopismach.

Kandydatka brała również udział w 13 projektach realizowanych z przemysłem, w tym 4 zagranicznych i 9 krajowych, jako kierownik projektów lub wykonawca.

W okresie swojej działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka uczestniczyła w stażu w ramach projektu CUPOLA (Carbon-neutral pathways of recycling marine plastic waste, HORIZON-MSCA-2021-SE-01, No:101086071) w 2025 (1 miesiąc) w Aston University, Energy & Bioproducts Research Institute, UK.

W ramach pracy na Politechnice Śląskiej Pani dr Roksana Muzyka współpracowała ze Śląskim Uniwersytetem Medycznym, Aston University, Instytutem Technologii Paliw i Energii, Politechniką Częstochowską i Politechniką Wrocławską, Instytutem Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, University of Birmingham. Współpraca związana była w działalnością naukową i zawsze związana była z realizacją badań naukowych oraz publikacją ich wyników.

Kandydatka pracowała (2022-2025) jako edytor gościnny numeru specjalnego, Guest Editor w Special Issue "Recent Progress in Biomass Pyrolysis and High Value Utilization of Pyrolytic Carbon" czasopisma Energies, MPDI oraz od 2024 jest edytorem gościnnym, Springer Nature's Guest Editor, czasopisma Discover Environment. Podejmowała się ona również licznych recenzji (ok. 70) artykułów w czasopismach polskich i zagranicznych (posiadających IF), co świadczy o jej rozpoznawalności w środowisku naukowym polskim i międzynarodowym w swojej dziedzinie.

Kandydatka jest współautorem patentu: Masa ceramiczno-węglowa do wytwarzania filtrów piankowych, Patent nr 235276.

Podejmując współpracę z przemysłem Kandydatka opracowywała ekspertyzy technologiczne dla Grupy Azoty (2017-2018) oraz opinię dla Sądu Okręgowego w Szczecinie (2021). Brała również udział w pracach związanych z wdrożeniem systemu REACH w Koksowniach zrzeszonych w Konsorcjum Producentów Koks, koordynowała wdrożenie systemu REACH w ICHPW w Zabrze oraz ArcelorMittal Poland S.A. - Oddział w Zdzeszowicach.

Podsumowując, działalność naukową dr Roksany Muzyki oceniam pozytywnie i bardzo wysoko. Spełnia ona wszystkie kryteria wymagane w stosunku do osób ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Wymieniony dorobek obejmuje prace indywidualne i zespołowe, opracowywane w ramach projektów, realizowane w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej, w tym zagranicznej. Jej efektywność publikacyjna znacząco wzrosła po otrzymaniu stopnia doktora, a Kandydatka jest pracownikiem nauki rozpoznawalnym w świecie. Badania i osiągnięcia Kandydatki mają charakter naukowy o bardzo dużym znaczeniu aplikacyjnym.

5. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzującego naukę

Habilitantka w ramach działalności dydaktycznej realizowała moduły dydaktyczne pracując na **Śląskim Uniwersytecie Medycznym w Katedrze i Zakład Chemii: „Chemia”** – seminaria i ćwiczenia laboratoryjne dla studentów I roku kierunku lekarsko-dentystycznego; „Materiały stomatologiczne jako źródła ksenobiotyków" dla studentów II roku kierunku lekarsko-dentystycznego; „Biochemia z elementami chemii” dla studentów I i II roku kierunku lekarskiego.

W Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze uczestniczyła ona w realizacji programu studiów podyplomowych, realizując specjalistyczne wykłady: Ocena jakości produktów pochodnych węgla; Ocena jakości produktów pochodnych węgla; Analizy instrumentalne stosowane w badaniach próbek ciekłych i gazowych; Metody oceny produktów pochodnych węgla. Była również opiekunem praktyk studentów Politechniki Śląskiej w Gliwicach i Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz była recenzentem 1 pracy inżynierskiej.

Kandydatka jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej pani Lyudmily Slobodkina pt. Experimental research on liquefaction and solvolysis processes of textile waste, realizowanym obecnie na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Kandydatka wykazuje znaczną aktywność w samokształceniu i zdobywaniu nowych umiejętności, zarówno przed uzyskaniem stopnia doktora, jak i po. Najistotniejsze z nich to: Zarządzanie zespołem i współpraca zespołu kierowników-Silleo (2018); Zarządzanie zadaniami jako kompetencja skutecznego menedżera – Silleo (2018); Doskonalenie auditorów wewnętrznych systemu zarządzania jakością w laboratorium PN-EN ISO/IEC 17025-2018-TUV SUD Polska (2019); Badania pozostałości środków ochrony roślin w żywności i środowisku – praktyczne wykorzystanie technik GC-MS/MS i LC-MS/MS-Zespół Perlan Technologie Polska Sp. z o.o.-webinarium (2020); Obsługa zestawu GC-MS/MS ze spektrometrem mas TSQ 900, chromatografem gazowym Trace 1310 i oprogramowaniem Chromeleon (2022); Szkolenie z zakresu obsługi chromatografu Clarus – Pro-Environment (2022); Umiejętności interpersonalne, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, (2023); Zarządzanie projektami dla początkujących, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (2023); Szkolenie w zakresie zarządzania projektami badawczymi na Politechnice Śląskiej (2023); Szkolenie z obsługi spektrometru FTIR – Nicolet iS50 (2025).

Z tytułu prowadzonej działalności Kandydatka otrzymywała liczne nagrody. Były to m. in. indywidualna nagroda Rektora Politechniki Śląskiej II stopnia za osiągnięcia naukowe (2024); nagroda Dyrektora ds. Badań i Rozwoju ICHPW dla młodego pracownika wyróżniającego się aktywnością, zaangażowaniem w pracy oraz integracją z zespołami badawczymi Instytutu (2010) oraz nagrody, wyróżnienia i medale na wystawach, targach i wystawach innowacji za osiągnięcia technologiczne.

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny Kandydatki oceniam jako wystarczający.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie analizy przekazanych do oceny materiałów stwierdzam, że osiągnięcia naukowe Pani dr. Roksany Muzyki oraz cały Jej dorobek naukowy na tle aktualnego stanu wiedzy stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Badania Habilitantki poszerzyły dotychczasową wiedzę na temat wykorzystania metod chromatograficznych w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów różnych rodzajów i pochodzących z różnych źródeł.

W mojej opinii osiągnięcia naukowe Pani dr. Roksany Muzyki spełniają wymagania stawiane w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, określone w art. 219 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2024, poz. 1571).

Działalność dydaktyczna i organizacyjna Kandydatki jest wystarczająca.

Wobec powyższego wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej w Gliwicach o przeprowadzenie zgodnie z obowiązującymi przepisami dalszych etapów postępowania zmierzających do nadania dr Roksanie Muzyce **stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

Podpisała: Prof. Agnieszka Generowicz