

dr hab. inż. Klaudiusz Grübel, prof. UBB
Uniwersytet Bielsko-Bialski
Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska
ul. Willowa 2
43-309 Bielsko-Biała
email: kgrubel@ubb.edu.pl

Bielsko-Biała, 12.02.2026 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego dr Roksany Muzyki
przedstawionego w postaci jednotematycznego cyklu publikacji pod wspólnym tytułem
„Metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego
przetwarzania odpadów dla gospodarki cyrkulacyjnej - od odpadów do produktów”

1. Podstawy formalne sporządzenia recenzji

Recenzja została przygotowana na podstawie uchwały nr 252/2025, z dnia 18.12.2025 r. Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach. O decyzji powołującej moją osobę na recenzenta i członka komisji habilitacyjnej Pani dr Roksany Muzyki, zostałem poinformowany pisemnie przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka - prof. dr hab. inż. Krzysztofa Labusa. Podstawą opracowania recenzji był przestany na mój adres służbowy, wydrukowany egzemplarz osiągnięcia naukowego.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem niniejszej recenzji jest osiągnięcie naukowe pod wspólnym tytułem „Metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów dla gospodarki cyrkulacyjnej - od odpadów do produktów”.

Dr Roksana Muzyka aplikuje o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego na podstawie zbioru czternastu publikacji, których tematyka wpisuje się w zakres reprezentowany przez wspólny tytuł osiągnięcia naukowego.

3. Sylwetka naukowa dr Roksany Muzyki

Pani dr Roksana Muzyka uzyskała tytuł magistra w 2006 r. na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach, na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii. Promotorem pracy magisterskiej pt. „Zastosowanie DCC w syntezie amidowych inhibitorów integrazy wirusa HIV”, była dr Anna Pałka.

Kolejnym etapem rozwoju naukowego Habilitantki było uzyskanie w 2018 roku stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie technologia chemiczna na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej, na podstawie dysertacji „Wpływ prekursora grafitowego na skład, morfologię i strukturę termicznie zredukowanych tlenków grafenu”. Promotorem pracy była Pani prof. dr hab. inż. Grażyna Gryglewicz.

Pani dr Roksana Muzyka od 2025 roku jest pracownikiem Politechniki Śląskiej, Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki. Obecnie zatrudniona jest na stanowisku adiunkta w Katedrze Ochrony Powietrza. Wcześniej pracowała w Instytucie Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia”, następnie w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla oraz na Śląskim Uniwersytecie Medycznym.

W okresie rozwoju kariery naukowej Pani dr Roksana Muzyka odbyła miesięczny staż w Aston

University, Energy & Bioproducts Research Institute (EBRI), UK. Biorąc pod uwagę poszczególne etapy rozwoju kariery naukowej Habilitantki, można wyraźnie dostrzec Jej zainteresowania badawcze, skierowane głównie na zagadnienia związane z procesami termochemicznego przetwarzania odpadów. Całokształt prowadzonych prac, stanowi podstawę do ubiegania się przez Panią dr Roksanę Muzykę o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

4. Charakterystyka osiągnięcia naukowego

Przedstawione osiągnięcie naukowe, zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2024.1571 t.j. z późn. zm.), zostało złożone do oceny w formie jednotematycznego cyklu czternastu prac opublikowanych w czasopismach, które znajdują się na liście JCR (Journal Citation Reports) pod wspólnym tytułem: „Metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów dla gospodarki cyrkulacyjnej - od odpadów do produktów”; opublikowanych w latach 2019-2025.

Na zbiór ten składają się artykuły o zasięgu międzynarodowym ze wskaźnikiem IF od 0,0 do 9,0.

Pani dr Rokšana Muzyka jest pierwszym autorem w 10 pracach, co wskazuje na wiodącą rolę w ich opublikowaniu. Udział w powstaniu wszystkich publikacji wchodzących w skład osiągnięcia, zgodnie z przedstawionymi oświadczeniami Habilitantki i współautorów, był znaczący. Wkład Pani dr Rokszany Muzyki w powstanie wybranych publikacji A1-A14 został określony, jako:

- [A1] Prace koncepcyjne, eksperymentalne oraz analityczne. Uczestniczyła w opracowaniu założeń badawczych oraz opracowaniu metodyki eksperymentu, koncentrując się na wykorzystaniu techniki pirolizy sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS) do identyfikacji produktów spalania nielegalnych odpadów, w kotłach domowych. Ponadto brała także udział w analizie statystycznej wyników oraz we wspólnym opracowaniu i interpretacji wyników. Współuczestniczyła w przygotowaniu manuskryptu artykułu, jego redakcji i rewizji w toku procesu recenzji.
- [A2] Udział w planowaniu badań, jak i ich realizacji oraz udział w analizie i interpretacji wyników. Współuczestniczyła w opracowaniu koncepcji badawczej, dotyczącej oceny emisji z nowego typu bezdymnego paliwa (na bazie węgla koksującego) przeznaczonego do spalania w kotłach domowych. Brała aktywny udział w realizacji prac eksperymentalnych, w przygotowaniu metodyki badawczej, pomiarach i identyfikacji powstających zanieczyszczeń, w tym 16 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), lotnych związków organicznych (LZO), pyłu zawieszonego oraz składu gazów odlotowych. Przeprowadzała także analizę statystyczną oraz interpretację danych, które umożliwiły ocenę korelacji pomiędzy składem spalin, a właściwościami paliwa. Uczestniczyła w opracowaniu manuskryptu artykułu oraz jego redakcji i korekcie, w toku procesu wydawniczego.
- [A3] Udział w etapie projektowym, eksperymentalnym, jak i analityczno-redakcyjnym. Była odpowiedzialna za opracowanie koncepcji badań porównawczych, których celem była analiza produktów pirolizy odpadów tytoniowych przy użyciu techniki Py-GC-MS, w różnych zakresach temperatury. Odpowiadała również za przygotowanie manuskryptu artykułu, jego redakcję, rewizję oraz za prowadzenie korespondencji z redakcją czasopisma, w trakcie procesu publikacyjnego.
- [A4] Udział w etapie koncepcyjnym, jak i realizacji badań oraz analizie wyników. Była odpowiedzialna za opracowanie koncepcji badawczej, której celem była ocena wpływu parametrów pirolizy (takich jak temperatura, czas przebywania), na właściwości sorpcyjne i porowatość karbonizatu wytwarzanego ze słomy pszennej. W ramach weryfikacji i optymalizacji przyjętych założeń przeprowadziła badania przy użyciu techniki Py-GC-MS, co umożliwiło ocenę ilościową i jakościową grup związków lotnych, powstających w zależności od warunków termochemicznego przekształcania biomasy. Brała udział w opracowaniu i interpretacji wyników badań Py-GC-MS, FTIR

i BET oraz w przygotowaniu manuskryptu artykułu i jego redakcji w toku prac wydawniczych.

- [A5] Udział w opracowaniu koncepcji badawczej oraz realizacji kluczowych etapów eksperymentalnych i analitycznych. W ramach realizacji badań dostosowała procedurę analityczną, opartą na technice chromatografii gazowej sprzężonej z termodesorpcją i detekcją płomieniowo-jonizacyjną (TD-GC-FID), która umożliwiła na ilościową ocenę głównych składników gazów pochodzących z ko-pirolizy. Dokonała również obliczeń parametrów energetycznych, takich jak wartość opałowa i udział gazów palnych, co pozwoliło na zaproponowanie optymalnych proporcji biomasy i tworzyw sztucznych w mieszaninach wsadowych. Uczestniczyła również w analizie danych, ich interpretacji, a także przygotowaniu manuskryptu artykułu, jego rewizji i redakcji.
- [A6] Udział we wszystkich kluczowych etapach realizacji pracy - od opracowania koncepcji badawczej, przez prowadzenie eksperymentów, aż po przygotowanie i finalizację artykułu. Przeanalizowała wpływ temperatury pirolizy na skład grup związków powstających w obu układach reakcyjnych. Do oceny produktów, w fazie ciekłej i gazowej, wykorzystwała różnorodne techniki analityczne, m.in. GC-FID oraz TD-GC-FID oraz uzupełniające. Prowadziła część prac eksperymentalnych, opracowała wyniki oraz przeprowadziła analizę i interpretację danych. Była również odpowiedzialna za przygotowanie manuskryptu artykułu, jego rewizji i redakcji oraz korespondencję z redakcją czasopisma podczas procesu recenzji.
- [A7] Udział w opracowaniu metodyki badawczej, koncepcji i realizacji badań oraz analiza danych uzyskanych za pomocą techniki chromatograficznej. Brała udział w opracowaniu metody badawczej i wyników analiz GC oraz ich interpretacji pod kątem zawartości wybranych grup związków tlenowych i węglowodorowych. Była również odpowiedzialna za przygotowanie manuskryptu artykułu, jego rewizję i redakcję oraz korespondencję z redakcją czasopisma podczas procesu recenzji.
- [A8] Opracowanie metodyki badawczej umożliwiającej ocenę skuteczności procesu oksydacyjnego upłynnienia wieloskładnikowych odpadów polimerowych, takich jak zużyte topaty turbin wiatrowych oraz sprzęt ochrony osobistej, wykorzystywany w sektorze medycznym. Wykonywała badania oraz analizowała wyniki badań instrumentalnych, w tym chromatograficznych (GC-FID), termicznych (TGA) oraz spektroskopowych (FTIR), służących ocenie jakości i składu surowców oraz produktów procesu. Przeprowadziła opracowanie metodyki badań chromatograficznych, interpretację danych chromatograficznych pozwalających na identyfikację głównych związków tlenowych i węglowodorowych, jak również analizę termogravimetryczną, pozwalającą ocenić efektywność rozkładu termicznego i uzysk frakcji stałej. Była również odpowiedzialna za przygotowanie manuskryptu artykułu, jego rewizję i redakcję podczas procesu recenzji.
- [A9] Udział w realizacji badań eksperymentalnych i analitycznych, związanych z oceną efektywności procesu oksydacyjnego upłynnienia wieloskładnikowych strumieni odpadów tworzyw sztucznych. Opracowała i wykonała analizę ciekłych produktów procesu z wykorzystaniem metody chromatograficznej (GC-FID), która umożliwiła określenie składu i porównanie organicznych związków chemicznych, charakteryzujących się potencjalnym znaczeniem użytkowym (tj. kwasów organicznych, estrów metylenowych kwasów tłuszczowych, fenoli i ich pochodnych oraz innych związków). Współuczestniczyła w interpretacji danych oraz w przygotowaniu manuskryptu artykułu.
- [A10] Udział zarówno na etapie koncepcyjnym, jak i wykonawczym oraz interpretacyjnym. Uczestniczyła w opracowaniu koncepcji badań mających na celu identyfikację pozostałości zanieczyszczeń pochodzących z podkładów kolejowych, impregnowanych olejami kreozytowymi, w próbkach biopaliw stałych. Do badań wykorzystwała techniki chromatograficzne - GC-FID. Brała udział w przygotowaniu kompleksowej metody analitycznej z wykorzystaniem bezpieczniejszego dla środowiska rozpuszczalnika, w porównaniu do wcześniej stosowanego, jakim był aceton. Prowadziła analizy laboratoryjne oraz opracowywała wyniki badań chemicznych, identyfikując

-
- kluczowe związki wielopierścieniowe (WWA) oraz inne organiczne związki, będące markerami świadczącymi o obecności pozostałości kreozotu. Przeprowadziła analizę i interpretację danych w kontekście ryzyk środowiskowych, związanych z wykorzystaniem zanieczyszczonej biomasy w kotłach domowych. Była również odpowiedzialna za przygotowanie manuskryptu artykułu, jego rewizję i redakcję oraz korespondencję z redakcją czasopisma podczas procesu recenzji.
- [A11] Udział w opracowaniu koncepcji badawczej, jak i w realizacji oraz analizie eksperymentów. W ramach koncepcji pracy wdrożyła procedurę analityczną opartą na technice pirolizy sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS), co pozwoliło na wykrycie charakterystycznych markerów obecności materiałów polimerowych. Brała udział w realizacji części eksperymentów, w tym w przygotowaniu próbek referencyjnych i mieszanin modelowych, analizie jakościowej i ilościowej produktów pirolizy oraz ocenie wpływu rodzaju i ilości tworzywa na profil związków lotnych. Uczestniczyła w opracowaniu wyników, analizie danych i ich interpretacji, w kontekście ryzyka środowiskowego i wpływu domieszek plastiku na jakość paliwa. Była również odpowiedzialna za przygotowanie manuskryptu artykułu, jego rewizję i redakcję oraz korespondencję z redakcją czasopisma podczas procesu recenzji.
 - [A12] Jako jedyna Autorka publikacji była odpowiedzialna za wszystkie etapy powstania pracy, począwszy od opracowania koncepcji badawczej, przez wykonanie badań eksperymentalnych, analizę i interpretację danych, aż po przygotowanie artykułu i jego korespondencję redakcyjną.
 - [A13] Opracowanie metody chromatograficznej dla przeprowadzonej kampanii eksperymentów w zakresie recyklingu chemicznego zużytych paneli fotowoltaicznych, ze szczególnym uwzględnieniem degradacji matrycy polimerowej i odzysku cennych związków chemicznych. Realizowała badania eksperymentalne z wykorzystaniem techniki chromatograficznej (GC-FID), dla ciekłych produktów procesu, a także realizowała badania spektroskopowe (FTIR), surowych paneli i paneli po procesie oksydacyjnego upłynnienia. Przeprowadzone badania termogravimetryczne (TGA) pozwoliły na identyfikację produktów rozkładu matrycy polimerowej i określenie ich potencjału do otrzymywania zrównoważonych surowców wtórnych. Współrealizowała również badania SEM-EDS w celu potwierdzenia, jakie metale oraz surowce były wykorzystane w cyklu produkcji badanych paneli fotowoltaicznych. W oparciu o uzyskane wyniki, uczestniczyła w analizie efektywności oksydacyjnego upłynnienia oraz w identyfikacji wartościowych frakcji ciekłych zawierających związki tlenowe. Brała udział w interpretacji danych oraz przygotowaniu części metodycznej i dyskusji manuskryptu artykułu.
 - [A14] Udział w badaniach eksperymentalnych związanych z recyklingiem chemicznym zmieszanych odpadów komunalnych oraz osobistego sprzętu ochronnego wykorzystywanego w sektorze medycznym. Skoncentrowała się na analizie składu produktów procesu z wykorzystaniem metody chromatograficznej - GC-FID. Przeprowadziła badania spektroskopowe FTIR i ich interpretację, co pozwoliło na identyfikację produktów rozkładu matrycy polimerowej i określenie ich potencjału do otrzymywania jakościowych surowców wtórnych. Odpowiadała za identyfikację oraz ilościową ocenę frakcji ciekłych, pod kątem obecności wartościowych związków chemicznych (m.in. np. kwasów organicznych, estrów metylenowych kwasów tłuszczowych, fenoli i ich pochodnych i innych związków), a także za analizę efektywności redukcji masy stałej i zmian właściwości pozostałości poreakcyjnych. Uczestniczyła w analizie danych, interpretacji wyników i opracowaniu fragmentów manuskryptu artykułu, w tym części metodycznej i dyskusji.

4.1. Ocena zasadności podjętej problematyki badawczej

Jako osiągnięcie naukowe, Pani dr Roksana Muzyka przedstawiła cykl publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem „Metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów dla gospodarki cyrkulacyjnej - od odpadów do

produktów", które wg mojej opinii, biorąc pod uwagę ich przedmiot badań i zasięg aplikacyjny, mają istotny wkład Habilitantki w rozwój dziedziny nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Jak słusznie zauważyła Habilitantka, obecne wyzwania związane z transformacją w kierunku gospodarki cyrkulacyjnej, wymuszają poszukiwanie i wypracowywanie nowych rozwiązań, umożliwiających przekształcanie i ponowne wykorzystanie surowców odpadowych w sposób efektywny, kontrolowany i zgodny z zasadami zrównoważonego rozwoju. W tym aspekcie, szczególną uwagę należy skierować na odpady trudno przetwarzalne - takie jak niektóre polimery, kompozyty oraz odpady wielomateriałowe - które nie znajdują zastosowania w klasycznym recyklingu mechanicznym, a których ilość w globalnym strumieniu odpadów nieustannie wzrasta. Współczesne wyzwania w zakresie gospodarowania odpadami wymagają stosowania zaawansowanych metod analitycznych, wspierających projektowanie, optymalizację i weryfikację procesów technologicznych, na różnych etapach ich rozwoju i gotowości technologicznej. Jest to szczególnie istotne w kontekście procesów termochemicznych, które umożliwiają konwersję różnorodnych materiałów odpadowych w produkty o wartości dodanej, często stanowiące alternatywę dla surowców pierwotnych. Jak Habilitantka odnotowała, skuteczność, powtarzalność i skalowalność tych procesów, są w dużej mierze uzależnione od dokładnej charakterystyki materiałów wejściowych oraz bieżącej kontroli jakości półproduktów i produktów tych procesów.

Można stwierdzić, że oryginalność podejścia prezentowanego w niniejszym osiągnięciu, polega na systemowym wykorzystaniu metod chromatograficznych do kompleksowej oceny efektywności procesów termochemicznego przetwarzania odpadów, z uwzględnieniem różnorodnych typów surowców i zmiennych warunków operacyjnych. Szczególny nacisk położony został na pirolizę analityczną, sprzężoną z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS), jako narzędzie pozwalające na wczesne rozpoznanie potencjału energetycznego i składu produktów ulegających degradacji termicznej. W ramach prowadzonych badań wykorzystywano również chromatografię gazową z detektorami FID i TCD (GC-FID, GC-TCD), a także klasyczną GC-MS, co umożliwiło wieloaspektową analizę składu produktów gazowych i ciekłych. Badania te zostały również wzbogacone o element kontroli jakości biopaliw stałych i odpadów paleniskowych, w których odpady pochodzenia polimerowego również są spotykane, a jak dotąd bezskutecznie można było szukać stosownych metod ich kontroli, szczególnie w przypadku biopaliw stałych.

Z przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego wynika, że nowatorskim elementem jest także integracja technik chromatograficznych z podejściem chemometrycznym, pozwalającym na opracowanie modeli predykcyjnych i klasyfikacyjnych, wspomagających podejmowanie decyzji procesowych i późniejsze inteligentne zarządzanie odpadami.

Prace badawcze wykazane w osiągnięciu naukowym będącym podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego oraz ich aplikacyjność, doskonale wpisują się w polepszanie i udoskonalanie procesów technologicznych gospodarki odpadami i gospodarki cyrkularnej.

Najważniejsze wnioski płynące z przedstawionego cyklu publikacji zostały podsumowane w autoreferacie, co jest Autorki istotnym wkładem i nowatorskim podejściem w przeprowadzonych badaniach. Przedstawiony cykl publikacji do postępowania habilitacyjnego stanowi spójny materiał.

4.2. Omówienie i opinia osiągnięcia naukowego

Cel osiągnięcia naukowego został sprecyzowany w autoreferacie i obejmuje kompleksowe przedstawienie roli metod chromatograficznych w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznych, a także wskazanie ich zastosowań w warunkach rzeczywistych i półtechnicznych. Całość prezentuje zarówno aspekty fundamentalne (mechanizmy degradacji i identyfikacja produktów reakcji), jak i aplikacyjne (dobór parametrów procesowych w zależności od rodzaju surowca),

podkreślając ich znaczenie dla rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym.

Przedstawione w publikacjach procesy, takie jak piroliza, ko-piroliza, toryfikacja, zgazowanie, czy oksydatywne upłynnienie, zyskują na znaczeniu, jako metody umożliwiające odzysk materiałowy i energetyczny.

Szczególną wartość poznawczą stanowi tu interdyscyplinarność podejścia, łączącego inżynierię procesową, analitykę chemiczną oraz analizę środowiskową. Opracowanie pokazuje, że zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych, nie tylko zwiększa efektywność i selektywność procesów termochemicznych, lecz także umożliwia ich dostosowanie do zmiennych wymagań rynkowych i regulacyjnych. Omówiono także potencjał tych technologii w kontekście transformacji energetycznej i dekarbonizacji gospodarki, wskazując kierunki dalszego rozwoju badań i potencjalnych wdrożeń przemysłowych.

Takie podejście pozwoliło Pani dr Roksanie Muzyce na wskazanie czynników i optymalnych warunków, mających istotny wpływ na 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).

4.2.1. 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. DOI:10.1007/s10337-019-03747-4. IF na dzień publikacji 1.6, Punkty ministerialne – 40

Autorzy skupili się nad charakterystyką i opisem produktów spalania odpadów domowych w piecach centralnego ogrzewania. Stwierdzili, że ten proces ma lokalny charakter, co w znacznym stopniu utrudnia skuteczne przeciwdziałanie temu zjawisku. Z tego powodu prowadzenie kontroli tego procesu jest niezmiernie ważne i powinno być wsparte opracowaniem odpowiedniej metody, umożliwiającej potwierdzanie spalania odpadów domowych w piecach centralnego ogrzewania. Autorzy koncentrowali się na wykorzystaniu techniki pirolizy sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS) do identyfikacji produktów spalania nielegalnych odpadów w kociach domowych. Autorzy badając pozostałości części organicznych w popiele (metoda pośrednia) oraz analizując główne składniki (stężenia policyklicznych węglowodorów aromatycznych w próbkach), udokumentowali możliwość kontroli takiego procesu. Szczególną uwagę poświęcili identyfikacji i ilościowej ocenie szesnastu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych: naftalenowi, acenaftenowi, acenaftylenowi, fluorenowi, antraceniowi, fenantrenowi, fluoranteniowi, pirenowi, chryzenowi, benzo(a)antraceniowi, benzo(a)pirenowi, benzo(e)pirenowi, benzo(b+k)fluoranteniowi, dibenzo(a,h)antraceniowi+indeno(1,2,3-cd)pirenowi, benzo(g,h,i)peryleneowi oraz peryleneowi. Związki te pełniły rolę markerów obecności odpadów pochodzenia petrochemicznego, takich jak tworzywa sztuczne.

4.2.2. 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. DOI:10.1016/j.jenvman.2020.111787. IF na dzień publikacji = 8.9, Punkty ministerialne – 100

Autorzy opracowali koncepcję badawczą dotyczącą oceny emisji z nowego typu bezdymnego paliwa, na bazie węgla koksującego, przeznaczonego do spalania w kotłach domowych. Emisje te, stanowią istotne źródło wielu zanieczyszczeń powietrza powstających podczas niepełnego spalania i zostały zidentyfikowane, jako jeden z głównych czynników ryzyka środowiskowego. Autorzy prowadzili pomiary

i identyfikację powstających zanieczyszczeń, w tym 16 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, lotnych związków organicznych, pyłu zawieszonego oraz składu gazów odlotowych. Aby lepiej zrozumieć zależności między typem paliwa a jakością spalin, autorzy zastosowali metody chemometryczne i analizę wariancji. Analiza głównych składników potwierdziła, że typ paliwa znacząco wpływa na poziom emisji pyłu oraz na zawartość całkowitego węgla organicznego i sumę wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w pyłe. Dodatkowo analiza klasteryzacji wykazała, jak stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych korelują z ilością pyłu i całkowitym węglem organicznym. Dodatkowo wykazali, że ta korelacja jest proporcjonalna do rozmiaru cząsteczki, a co za tym idzie do liczby pierścieni aromatycznych.

4.2.3. Muzyka, R. S, 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. DOI:10.1016/j.jaap.2022.105702. IF na dzień publikacji = 6.4, Punkty ministerialne - 100

Autorzy wykonali badania porównawcze, których celem była analiza produktów pirolizy odpadów tytoniowych przy użyciu techniki Py-GC-MS, w różnych zakresach temperatury (300–700°C). Dokonali oceny jakościowej i ilościowej produktów w fazie stałej, ciekłej i gazowej. Do charakterystyki poszczególnych produktów ciekłych i gazowych wykorzystali szereg technik chromatograficznych, w tym GC-FID oraz TD-GC-FID, a także techniki uzupełniające.

Autorzy uzyskali przy temperaturze 700°C wartość ciepła spalania gazu na poziomie 14 MJ/m³, oraz zauważyli, że gdy trzy produkty odpadowe (węgiel, olej i gaz) zostaną zrównoważone, optymalna temperatura pracy dla pirolizy odpadów tytoniowych wynosi 600°C. Wykazali również zmiany wybranych związków wraz ze zmianą temperatury prowadzenia procesu spalania.

4.2.4. 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. DOI:10.1016/j.energy.2022.126128. IF na dzień publikacji = 8.9, Punkty ministerialne - 200

Autorzy w publikacji podjęli próbę oceny wpływu parametrów pirolizy (takich jak temperatura, czas przebywania) na właściwości sorpcyjne i porowatość karbonizatu, wytwarzanego ze stomy pszennej. W ramach weryfikacji i optymalizacji przyjętych założeń, przeprowadzili badania przy użyciu techniki Py-GC-MS, co umożliwiło ocenę ilościową i jakościową grup związków lotnych, powstających w zależności od warunków termochemicznego przekształcania biomasy. Dodatkowo, wykorzystane zostały inne metody, np. analiza FTIR oraz pomiary powierzchni właściwej metodą BET i rozkładu objętości porów. Autorzy scharakteryzowali 19 karbonizatów ze stomy pszennej, uzyskanych przez pirolizę w różnych temperaturach (500–700°C), różnych szybkościach nagrzewania (20 i 30°C/min) oraz różnym czasie (5 i 15 min).

4.2.5. 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. DOI:10.3390/en16020947. IF na dzień publikacji = 3.2, Punkty ministerialne - 140

Autorzy przeprowadzili badania ko-pirolizy mieszanin biomasy z różnymi frakcjami odpadów tworzyw sztucznych, koncentrując się przede wszystkim na wpływie ich składu na parametry jakościowe i ilościowe gazowych produktów procesu. Ko-piroliza realizowana była z wykorzystaniem biomasy drzewnej, rolniczej oraz odpadów meblowych, w zakresie temperatur, od temperatury pokojowej do 400 lub 600°C, z częstotliwością nagrzewania 10°C/min, przy N₂ z przepływem 3 dm³/min. W ramach

realizacji badań wykorzystali chromatografię gazową, sprzężoną z termodesorpcją i detekcją płomieniowo-jonizacyjną (TD-GC-FID), która umożliwiła na ilościową ocenę głównych składników gazów pochodzących z ko-pirolizy. Na podstawie wyników oznaczeń składników gazowych dokonali obliczeń parametrów energetycznych, takich jak wartość opałowa i udział gazów palnych, co pozwoliło na zaproponowanie optymalnych proporcji biomasy i tworzyw sztucznych w mieszaninach wsadowych. Badania ko-pirolizy oraz analiza wariacji wykazały, że łączenie biomasy z tworzywami sztucznymi ma dobry wpływ na frakcję gazową, szczególnie przy obecności 6,6–7,5% v/v wodoru oraz niższej wartości grzewczej 15,11 MJ/m³. Ten typ produktu gazowego ma duży potencjał jako zamiennik gazu z koksowni w metalurgii i w innych zastosowaniach.

4.2.6. Muzyka, R. H, 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. DOI:10.3390/en16083528. IF na dzień publikacji = 3.2, Punkty ministerialne – 140

Autorzy dokonali pirolizy różnych rodzajów odpadów biomasy, tj. odpadów tytoniowych, odpadów meblowych oraz słomy zbożowej. Badania realizowali w dwóch konfiguracjach: z wykorzystaniem techniki pirolizy sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS) oraz w klasycznym reaktorze, ze złożem stałym. Przeprowadzone badania, umożliwiły dokonanie przeanalizowania wpływu temperatury pirolizy na skład grup związków powstających w obu układach reakcyjnych. Do oceny produktów w fazie ciekłej i gazowej wykorzystane zostały różnorodne techniki analityczne, m.in. GC-FID oraz TD-GC-FID, oraz uzupełniające. Badania pozwoliły zidentyfikować podstawowe składniki frakcji ciekłej, takie jak związki N, furany, fenole, benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, aldehydo-ketono-alkohole oraz kwasy organiczne, a także stężenie składników niekondensowalnych w produktach gazowych. Badania omówione w tym artykule, stanowią kompleksowe podejście do termicznej konwersji materiałów biomasy, które – w zależności od ich pochodzenia, warunków przetwarzania i metodologii – mogą być wykorzystywane, nie tylko do produkcji energii.

4.2.7. Muzyka, R. H, Sajdak, M., Sobek, S., Mumtaz, H., Werle, S. (2024). 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. DOI:10.1007/sl0098-024-02988-8. IF na dzień publikacji = 4.2, Punkty ministerialne – 100

Autorzy w publikacji skoncentrowali się na zastosowaniu metod chromatograficznych (w szczególności GC-FID) w analizie produktów ciekłych, uzyskiwanych w procesie oksydacyjnego upłynnienia odpadów kompozytowych, pochodzących z łopat turbin wiatrowych. Badania miały na celu określenie optymalnych warunków procesu, w kontekście ilości i jakości otrzymywanych produktów organicznych. Przeprowadzone eksperymenty obejmowały zakres temperatur od 250°C do 350°C, czas prowadzenia procesu od 30 do 90 minut, wysokość ciśnienia od 20 do 40 barów. Na podstawie wyników opracowano wnioski dotyczące optymalizacji parametrów wpływających na efektywność procesu i odzysk frakcji.

4.2.8. 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. DOI:10.1016/j.jenvman.2024.121668. IF na dzień publikacji = 8.0, Punkty ministerialne – 200

Autorzy w publikacji przedstawili wyniki badań dotyczące możliwości oksydacyjnego upłynnienia wieloskładnikowych odpadów polimerowych i ich degradacji. Do badań wykorzystali odpady polimerowe, pochodzące ze sprzętu ochrony osobistej oraz z łopatek turbin wiatrowych. Badania realizowali w reaktorze porcjowym, w zakresie temperatur 250–350°C oraz 200–300°C, przy ciśnieniu 20–40 barów oraz 30 barów, dla czasu 30–90 minut oraz 45 minut, oraz stężenia H₂O₂ w zakresie 15–45% oraz 30–60%, a także stosunku odpadów do cieczy 5–25% oraz 5–7%, odpowiednio dla polimerów pochodzących ze sprzętu ochrony osobistej oraz z łopatek turbin wiatrowych. Autorzy wykorzystując metody chromatograficzne (GC-FID), termiczne (TGA) oraz spektroskopowe (FTIR) ocenili jakość i skład, surowców i produktów procesu.

4.2.9. 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. DOI:10.3390/en17051086. IF na dzień publikacji = 3.0, Punkty ministerialne – 140

Autorzy w publikacji przedstawili wyniki badań dotyczące efektywności procesu oksydacyjnego upłynnienia wieloskładnikowych strumieni odpadów tworzyw sztucznych. Jako kluczowe parametry realizacji procesu Autorzy określili temperaturę, ciśnienie, stężenie utleniacza, czas reakcji oraz stosunek odpadów do cieczy, a ich wartości testowali odpowiednio w zakresie 200–350°C, 20–40 barów, 15–60%, 30–90 minut i 3–25%, w zależności od rodzaju odpadów. Wykorzystali w analizach metodę chromatograficzną (GC-FID), która umożliwiła określenie składu i porównanie organicznych związków chemicznych, charakteryzujących się potencjalnym znaczeniem użytkowym (tj. kwasów organicznych, estrów metylenowych kwasów tłuszczowych, fenoli i ich pochodnych i innych związków).

4.2.10. Muzyka, R. H., Kozielska, B., Sajdak, M. (2024). Detection of contamination from railway sleeper waste in solid biofuel. Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management, 22, 100993. DOI:10.1016/j.enmm.2024.100993. IF na dzień publikacji = 0.0, Punkty ministerialne – 140

Autorzy przedstawili wyniki badań mających na celu identyfikację pozostałości zanieczyszczeń pochodzących z podkładów kolejowych, impregnowanych olejami kreozotowymi, w próbkach biopaliw stałych (peletów). Podjęta tematyka badań jest bardzo istotna i aktualna, ze względu na fakt, iż biopaliwa stałe skażone materiałami, takimi jak rozdrobnione odpady z podkładów kolejowych, powodują uszkodzenia urządzeń grzewczych, a emisje mogą wpływać na zdrowie konsumentów. Spalanie tego typu odpadów niebezpiecznych i paliw zanieczyszczonych w obiektach nieprzeznaczonych do tego celu (takich jak spalarnie odpadów czy cementownie), może prowadzić do emisji szkodliwych związków organicznych. Autorzy skoncentrowali się na analizie obecności markerów zanieczyszczenia w próbkach mieszanin biomasy z odpadowymi podkładami drewnianymi, z wykorzystaniem techniki chromatograficznej - GC-FID. Zidentyfikowali kluczowe związki wielopierścieniowe (WWA) oraz inne organiczne związki, będące markerami świadczącymi o obecności pozostałości kreozotu.

4.2.11. Muzyka, R. H, Werle, S., Sajdak, M. (2024). Determination of plastic pollutants in solid biofuels. *Energies*, 17(23), 5927. DOI:10.3390/en17235927. IF na dzień publikacji = 3.0, Punkty ministerialne – 140

Autorzy w publikacji przedstawili wyniki badań dotyczące możliwości wykrywania i identyfikacji zanieczyszczeń tworzywami sztucznymi, w biopaliwach stałych. W ramach koncepcji pracy została wdrożona procedura analityczna, oparta na technice pirolizy sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS), co pozwoliło na wykrycie charakterystycznych markerów obecności materiałów polimerowych, z następujących tworzyw sztucznych: PE, LDPE, ABS, PET, PP, PA6, PS, PC, POM, PVC i PMMA, w próbkach biopaliwa stałego. Badanie przeprowadzono na próbkach modelowych, zawierających rosnący udział odpadów plastikowych, od 0,1 do 10,0% w/w biomasy. Zidentyfikowano i opisano markery wskazujące na zanieczyszczone paliwo, a także zbadano interakcje między matrycą próbki a plastikiem.

4.2.12. Muzyka, R. H (2025). Application of Py-GC-MS for monitoring polymer waste in commercially available solid biofuels. *Biomass and Bioenergy*, 199, 107907. DOI:10.1016/j.biombioe.2025.107907. IF na dzień publikacji = 5.8, Punkty ministerialne – 100

Jako jedyny autor publikacji, Habilitantka była odpowiedzialna za wszystkie etapy powstania pracy, począwszy od opracowania koncepcji badawczej, przez wykonanie badań eksperymentalnych, analizę i interpretację danych. Celem badań było opracowanie metody monitorowania obecności pozostałości odpadów polimerowych w ogólnodostępnych biopaliwach stałych, za pomocą techniki pirolizy sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS). Analizowała próbki modelowe zawierające 0,1–10,0% masy mieszanin polimerowych, w celu identyfikacji lotnych markerów organicznych oraz oceny interakcji między biomasą, a polimerami podczas pirolizy. Badanie wykazało, że chromatografia gazowa z pirolizą i spektrometrią mas, pozwala dokładnie wykrywać markery polimerowe, takie jak styren, α -metylostyren i kwas ftalinowy, nawet, jeśli zanieczyszczenie wynosi jedynie 0,1% masy. Badania te, podkreślają potencjał Py-GC-MS, jako narzędzia monitorowania czystości biopaliw, które może zostać wykorzystane i wypełnić lukę w obecnych systemach regulacyjnych oraz zapewnić bezpieczeństwo środowiskowe biopaliw stałych.

4.2.13. 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. DOI:10.1016/j.renene.2025.123535. IF na dzień publikacji = 9.0, Punkty ministerialne – 140

Autorzy w pracy przedstawili możliwość i technikę recyklingu chemicznego materiałów pochodzących z zużytych paneli fotowoltaicznych. Przedstawiona metoda oparta jest na upłynnieniu organicznych frakcji paneli fotowoltaicznych, w środowisku oksydacyjnym. Autorzy wypracowali proces technologiczny oraz opracowali metody chromatograficzne, pozwalające zbadać degradację matrycy polimerowej i określić możliwość odzysku cennych związków chemicznych. W pracach eksperymentalnych wykorzystali techniki chromatograficzne (GC-FID) dla ciekłych produktów procesu, a także badania spektroskopowe (FTIR) - surowych paneli i paneli po procesie oksydacyjnego upłynnienia. Przeprowadzone badania termogravimetryczne (TGA) pozwoliły na identyfikację produktów rozkładu matrycy polimerowej i określenie ich potencjału do otrzymywania zrównoważonych surowców wtórnych. W celu potwierdzenia wyników, wykonane zostały również

analizy z wykorzystaniem SEM-EDS, które pozwoliły określić, jakie metale oraz surowce, były wykorzystane w cyklu produkcji badanych paneli fotowoltaicznych. W oparciu o uzyskane wyniki, określona została efektywność oksydacyjnego upłynnienia oraz zidentyfikowane zostały wartościowe frakcje ciekłe, zawierające związki tlenowe.

4.2.14. Mumtaz, H., Sobek, S., Sajdak, M., Muzyka, R., Werle, S. (2025). Optimizing advanced oxidative liquéfaction of municipal solid waste and Personal protective equipment of medical sector for solid réduction and secondary compounds production, Renewable Energy, 255, 123831. DOI:10.1016/j.renene.2025.123831. IF na dzień publikacji = 9.0, Punkty ministerialne – 140

Proces oksydacyjnego upłynnienia wybranych odpadów realizowany był poprzez starannie zorganizowane ramy eksperymentalne, wykorzystując trzy krytyczne parametry: temperaturę 200–300°C, stężenie utleniacza 30–60% oraz stosunek odpadów do cieczy 3–7%. Procesowi poddano komunalne odpady stałe oraz środki ochrony osobistej. Do identyfikacji różnych frakcji chemicznych, ciekłych stosowano chromatografię gazową z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID), a także badania spektroskopowe FTIR. Uzyskali redukcję masy na poziomie 50-95% oraz 45-97%, odpowiednio dla komunalnych odpadów stałych i środków ochrony osobistej.

Ocena ogólna jednotematycznego cyklu publikacji:

Przedstawiony do oceny jednotematyczny cykl publikacji, wyróżnia się spójnością oraz posiada elementy łączące wszystkie publikacje. Zgodnie z tym co podała Habilitantka, można wyróżnić w nim minimum dwa osiągnięcia, tj.:

- osiągnięcie I - Integracja badań chromatograficznych z analizą wielowymiarową, w celu efektywnej optymalizacji parametrów procesu recyklingu chemicznego.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitantki oraz treścią poszczególnych publikacji, wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka należy uznać za znaczący. Habilitantka opracowała autorską metodologię analityczną, opartą na technice chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID). Metodę tą, wykorzystwała do identyfikacji i ilościowego oznaczania utlenionych związków chemicznych powstających w procesie oksydacyjnego upłynnienia złożonych i trudnych w recyklingu strumieni odpadów, tj.: poużytkowych łopat turbin wiatrowych, środków ochrony osobistej, zmieszanych odpadów komunalnych oraz zużytych paneli fotowoltaicznych (efekty opisane w poszczególnych artykułach, wchodzących w jednotematyczny cykl publikacji).

Dzięki temu Habilitantka mogła precyzyjnie scharakteryzować produkty procesu oksydacyjnego upłynnienia i ich zastosowanie do optymalizacji parametrów technologicznych, takich jak temperatura, ciśnienie, czas reakcji czy dobór utleniaczy. To z kolei, przelożyło się na zwiększenie wydajności procesu i maksymalizację uzysku wartościowych produktów chemicznych - m.in. tlenowych związków organicznych, takich jak kwasy organiczne, estry metylenowe kwasów tłuszczowych, fenole i ich pochodne i inne związki, charakterystyczne dla poszczególnych matryc, występujące w głównych ścieżkach odpadów. Oryginalność osiągnięcia polega na wykorzystaniu techniki chromatograficznej (GC-FID) do oceny złożonych matryc powstających z różnych frakcji odpadowych, z równoczesną integracją surowych wyników chromatograficznych z analizą wielowymiarową, w celu efektywnej optymalizacji parametrów procesu. Opracowana metoda jest skalowalna i może być zastosowana w przyszłości w rozwiązaniach przemysłowych.

Powyższe badania Habilitantka realizowała w ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (OPUS 2021/41/B/ST8/01770), pt. „Oksydacyjne upłynnienie odpadowych tworzyw sztucznych. Badania eksperymentalne wraz z wielowymiarową analizą danych

z wykorzystaniem metod chemometrycznych”, kierowanego przez prof. dr. hab. inż. Sebastiana Werle. W ramach niniejszego projektu, Habilitantka pełniła kluczową rolę głównego badacza, pracując na stanowisku post-doc, realizując szereg innowacyjnych prac o znaczeniu interdyscyplinarnym.

Znaczenie naukowe i technologiczne:

Rezultaty badań, a w szczególności integracja badań chromatograficznych z analizą wielowymiarową, w celu efektywnej optymalizacji parametrów procesu, przyczyniła się do scharakteryzowania produktów „obiecującej” metody recyklingu chemicznego dla złożonych kompozytów odpadowych, oferując rozwiązania wspierające gospodarkę o obiegu zamkniętym, ograniczającej ilość odpadów deponowanych na składowiskach i redukującej emisję gazów cieplarnianych.

Opracowana i zoptymalizowana, dzięki badaniom chromatograficznym, metoda recyklingu chemicznego - oksydacyjnego upłynnienia, znajdzie zastosowanie w przyszłości, jako element zintegrowanych systemów ochrony środowiska, wspierając transformację recyklingu chemicznego w kierunku zrównoważonego rozwoju.

- osiągnięcie II - Identyfikacja i klasyfikacja zanieczyszczeń w paliwach stałych na bazie odpadów: podejście analityczno-algorytmiczne.

Habilitantka opracowała oryginalną metodykę analityczną opartą na technice pirolizy analitycznej, sprzężonej z chromatografią gazową i spektrometrią mas (Py-GC-MS). Dzięki integracji tych metod określiła zależności między strukturą polimeru, biomasy w biopaliwach stałych, a profilem emitowanych lotnych związków organicznych. Pozwoliło to Pani Doktor zidentyfikować charakterystyczne markery obecności tworzyw sztucznych w złożonych mieszaninach analitycznych. Jak słusznie zauważyła, jest to kluczowe w kontekście monitorowania środowiskowego i oceny bezpieczeństwa materiałowego. Dokonała tego, pełniąc rolę kierownika i głównego badacza w realizowanych trzech interdyscyplinarnych projektach badawczych. Zdobyte doświadczenie pozwoliło Habilitantce na opracowanie dedykowanego protokołu analitycznego, umożliwiającego identyfikację specyficznych zanieczyszczeń organicznych (m.in. fenoli, naftalenów, składników olejów kreozotowych, WWA, i innych) wyekstrahowanych z biopaliwa stałego, za pomocą mniej toksycznego rozpuszczalnika. Kluczowym elementem metodologii była walidacja metody GC-FID oraz adaptacja warunków chromatograficznych, do analizy trudnych matryc stałych. Badania te prowadziła w ramach projakościowego grantu badawczego, o charakterze przetomowym pt. „Opracowanie metody badawczej umożliwiającej wykrywanie zanieczyszczeń biopaliw stałych odpadami pochodzącymi z podkładów kolejowych z wykorzystaniem GC-FID”.

Powyższa tematyka była przez Habilitantkę rozwijana, czego efektem były badania prowadzone w ramach projektu finansowanego ze środków IDUB pt. „Opracowanie algorytmu umożliwiającego wykrywanie zanieczyszczeń biopaliw stałych z wykorzystaniem pirolizy analitycznej (Py-GC-MS)”. Badania te koncentrowały się na stworzeniu algorytmu interpretacji danych chromatograficznych, w oparciu o profile termicznej degradacji próbki. Został opracowany schemat analityczny, umożliwiający automatyczne przypisanie charakterystycznych pików chromatograficznych do konkretnych źródeł zanieczyszczenia (np. markety pochodzące od tworzyw sztucznych i od matrycy biomasowej). Opracowany algorytm może znaleźć zastosowanie zarówno w laboratoriach certyfikujących jakość biopaliw, jak i w jednostkach środowiskowych.

Do najistotniejszych elementów niniejszego osiągnięcia należy zaliczyć:

- opracowanie i wdrożenie autorskich procedur analitycznych (Py-GC-MS, GC- FID) dla różnych

obiektów badawczych,

- opracowanie algorytmu klasyfikacji i detekcji źródeł zanieczyszczeń,
- zainicjowanie interdyscyplinarnej współpracy.

Prowadzona przez Habilitantkę aktywność naukowa oraz osiągnięcia naukowe pozwoliły na zainicjowanie współpracy interdyscyplinarnej o zasięgu międzynarodowym z grupą Drobniak. Efektem w/w współpracy jest publikacja B66, obejmująca identyfikację zanieczyszczeń w biopaliwach stałych z wykorzystaniem techniki mikroskopii optycznej.

Znaczenie osiągnięcia:

Przedstawione wyniki badań, metodyki badawcze, techniki analityczne wykonane w ramach w/w osiągnięcia stanowią istotny wkład w rozwój nowoczesnych metod detekcji zanieczyszczeń środowiskowych oraz inżynierii środowiska, a szczególnie istotny, w kontekście poprawy jakości i kontroli biopaliw stałych. Wypełniają one lukę badawczą pozwalającą na jednoznaczne potwierdzenie czystości biopaliwa stałego, używanego przez właścicieli kotłowni centralnego ogrzewania. Opracowane podejścia są skalowalne i mają potencjał wdrożeniowy w branży energetycznej, środowiskowej i przemysłowej.

5. Pozostały dorobek naukowy, działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Oprócz cyklu 14 publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2024.1571 t.j. z późn. zm.) Habilitantka przedstawiła, jako wykaz osiągnięć naukowych, szereg innych publikacji. Były to:

- 50 publikacji w czasopiśmie ujętych na listach MEiN/MNiSW (26 wydanych przed uzyskaniem stopnia doktora),
- 15 publikacji w materiałach pokonferencyjnych i/lub innych opracowaniach (4 przed uzyskaniem stopnia doktora).

Pani dr Roksana Muzyka brała udział w 13 konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym, na których prezentowała wyniki swoich badań (7 po uzyskaniu stopnia doktora).

Sumaryczna liczba punktów według kryteriów MEiN/MNiSW za publikacje naukowe wynosi 4913 (z czego 1820, dla cyklu publikacji jednotematycznych). Publikacje wymienione w osiągnięciu naukowym stanowią łącznie 660 punktów. Sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji wynosi 201,910, z czego publikacje wymienione w osiągnięciu naukowym mają łączny IF = 74,200. Liczba cytowań (dane wg autorki, stan na dzień 12.09.2025 r.) wynosi odpowiednio: wg bazy Web of Science 1300 cytowań (bez autocytowań: 1271), wg bazy Scopus 1592 cytowań (bez autocytowań: 1454). Indeks Hirscha to odpowiednio: 15 wg bazy Web of Science, 16 wg bazy Scopus.

Przedstawiony dorobek naukowy świadczy o dużej samodzielności w prowadzeniu prac naukowych i podejmowaniu nowych wyzwań badawczych przez Habilitantkę. Można również zauważyć olbrzymi warsztat badawczy i doświadczenie analityczne.

Obok osiągnięć naukowych w formie publikacji i wystąpień na konferencjach, Pani dr inż. Roksana Muzyka przedstawiła szereg innych informacji o swojej działalności naukowej. Brała czynny udział w pracach zespołów badawczych – 5 przed uzyskaniem stopnia doktora oraz 18 po uzyskaniu stopnia doktora (w jednym pełniła rolę kierownika projektu; w jednym rolę post-doc wykonawcy; a w pozostałych była wykonawcą). W roku 2022 uzyskała finansowanie 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”.

W roku 2025 odbyła miesięczny staż w Aston University, Energy & Bioproducts Research Institute, UK. Habilitantka współpracuje również z innymi jednostkami badawczymi, czego efektem są

wspólne publikacje naukowe. Pani dr Roksana Muzyka była członkiem Polskiego Towarzystwa Węglowego, w latach 2013-2022. Była również reprezentantem ICHPW do Polskiego Komitetu Normalizacyjnego – komitet sterujący 111 w latach 2016-2021. Jest oficjalnym redaktorem gościnnym w czasopiśmie Energies w Special Issue "Recent Progress in Biomass Pyrolysis and High Value Utilization of Pyrolytic Carbon", w latach 2022-2025, a od roku 2024 jest również edytorem gościnnym Springer Nature's Guest Editor, czasopisma Discover Environment. Ponadto wykonała recenzje 70 artykułów, w wielu czasopismach naukowych. Pani dr inż. Roksana Muzyka brała również udział w badaniach i opracowaniach wykonanych dla jednostek gospodarczych (17 pozycji wymienionych w autoreferacie). Jest współautorką jednego patentu nr 235276 oraz autorką ekspertyz dla Grupy Azoty oraz Sądu Okręgowego w Szczecinie. Habilitantka, w swojej działalności popularyzatorsko-naukowej, nie wykazała się doświadczeniem w realizacji oraz prowadzeniu zajęć dydaktycznych dla studentów. Jednakże, nie umniejsza to w żaden sposób Jej osiągnięciom naukowym.

6. Konkluzja końcowa

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe (zbiór artykułów) stanowi logiczną całość. Zawarta dyskusja jest zwarta i klarowna, a wyniki badań zostały precyzyjnie omówione. Całość jest świadectwem biegłości obszaru wiedzy, którą zgłębiła Habilitantka w tematyce prowadzonych badań, a także zdolności wyprowadzania syntetycznych wniosków z dużej ilości danych, uzyskanych z procesów prowadzonych w skali technicznej.

W moim przekonaniu, uzyskane przez Habilitantkę wyniki badań stanowią znaczący wkład w dotychczasowy stan wiedzy w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w obszarze technologii wody i ścieków. Niewątpliwie, tak szerokie i szczegółowe podejście do tematyki prac, pozwoliło Pani dr Roksanie Muzyce na określenie udziału metali ciężkich w ciągu osadowym, z uwzględnieniem ich formy chemicznej. Dodatkowo wykonana analiza ryzyka ekologicznego stanowi wkład w dyscyplinę IŚGiE.

Wskazane przez Habilitantkę dalsze kierunki badań, a zwłaszcza konieczność analizy ryzyka zdrowotnego pod kątem oceny efektów narażenia, związanych z obecnością metali ciężkich w osadach ściekowych, jest ważnym zagadnieniem.

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę osiągnięcia naukowego (cykl publikacji pod wspólnym tytułem „Metody chromatograficzne w kontroli jakości i optymalizacji procesów termochemicznego przetwarzania odpadów dla gospodarki cyrkulacyjnej - od odpadów do produktów”) oraz pozostałego dorobku naukowego (walory merytoryczne i formalne), a także szerokie doświadczenie badawcze, stwierdzam, iż w mojej ocenie Pani dr Roksana Muzyka spełnia ustawowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego zgodnie z art. 221 ust. 5 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2024.1571 t.j. z późn. zm.). Wnioskuje zatem o dopuszczenie Pani dr Roksany Muzyki do dalszych etapów zmierzających do nadania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Z poważaniem
dr hab. inż. Klaudiusz Grübel, prof. UBB

 **PODPIS ZAUFANY**
KLAUDIUSZ ANDRZEJ
GRÜBEL
12.02.2026 16:55:33 GMT+1
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym