

Opole, 21.04.2024 r.

**Recenzja**  
**w postępowaniu habilitacyjnym Pana Doktora Nauk chemicznych Karola**  
**Leluka, ubiegającego się o stopień naukowy doktora habilitowanego**  
**w dziedzinie nauk inżynieryjno – technicznych**  
**w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.**

Niniejszą recenzję przygotowano w odpowiedzi na Uchwałę Nr 933/39/RDND08/2012-2024 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka, z dn. 21 lutego 2024 r. przesłaną przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Pana dr hab. inż. Roberta Króla profesora uczelni. Zawiadomienie nr 03/02/D08/2023 z dn. 26.02.2024 w przedmiotowej sprawie, otrzymano dnia 4.03.2024 roku.

Przedstawiony do oceny komplet dokumentów odpowiada ustawowym wymogom postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, a ocenę całościowego dorobku Kandydata oparto na podstawie Art. 219, zawartego w Rozdziale 3 Stopień doktora habilitowanego Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023 poz. 742).

Z dostarczonej dokumentacji oraz przeprowadzonej analizy wynika, iż Kandydat nie ubiegał się w przeszłości o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

### **1. Przebieg pracy zawodowej**

Pan dr Karol Leluk jest absolwentem Wydziału Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego. W dniu 16 czerwca 2005 uzyskał tytuł Magistra Chemii na podstawie pracy magisterskiej zatytułowanej: „Dielektryczne badania nowego materiału EMC” wykonanej pod kierunkiem promotora dr hab. Kazimierza Orzechowskiego, prof. UW.

W dniu 22 września 2009 roku Kandydat uzyskał stopień Doktora w zakresie chemii fizycznej i teoretycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego za pracę doktorską zatytułowaną „Dielektryczne badania kaolinitu i jego interkalowanych pochodnych”. Promotorem tej pracy był dr hab. Kazimierz Orzechowski, prof. UW, a recenzentami Prof. dr hab. Aleksander Koll (UWr.) oraz Janina Pospieszna, prof. (PW).



## 2. Zatrudnienie w jednostkach naukowych

W okresie od 1.10.2013 do chwili obecnej Kandydat jest zatrudniony na Wydziale Inżynierii Środowiska, Politechniki Wrocławskiej na stanowisku Adiunkta. Od 1.09.2020 pełni rolę Prodziekana ds. badań naukowych i współpracy zagranicznej

Wcześniejsze lata kariery zawodowej obejmują:

- zatrudnienie na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego na Wydziale Inżynierii Środowiska, Politechniki Wrocławskiej (okres: 30 września 2012 – 1 października 2013 r);
- zatrudnienie na stanowisku asystenta naukowego na Wydziale Inżynierii Środowiska, Politechniki Wrocławskiej (okres: 19 października 2009 – 30 września 2012 r.);

Po uzyskaniu stopnia doktora, w 2011 roku Kandydat odbył miesięczny staż w Instytucie Fizyki i Matematyki, Wydziału Fizyki Makromolekuł, Uniwersytetu Karola, w Pradze (Czechy), realizowany w ramach Short Term Scientific Mission – European COST Action FA0904 („Eco sustainable food packaging based on polimer nanomaterials” <https://www.cost.eu/actions/FA0904/>). Ponadto w ramach tego programu Pan doktor Karol Leluk odbył dwutygodniowy staż w Instytucie Mechaniki, w Otwartym Laboratorium Mechaniki Eksperymentalnej, Bułgarskiej Akademii Nauk, w Sofii (Bułgaria). W 2015 roku Kandydat odbył 2-tygodniowy staż w IATA CSIC (Instytut Technologii Żywności i Agrochemii, Wydział Badań Naukowych), Walencja (Hiszpania). Staż był realizowany w ramach Short Term Scientific Mission (STSM) – European COST Action MP 1206 (“Electrospun nano- fibers for bio inspired composite materials and innovative industrial applications” - <https://www.cost.eu/actions/MP1206/>). Szczególnie cennym elementem tych wyjazdów jest istotny potencjał wdrożeniowy badań, który w zasadniczy sposób stanowi o wartości dodanej wynikającej ze zrealizowanych prac naukowych.

Podczas swojej dotychczasowej pracy zawodowej, Habilitant brał udział w licznych (8) projektach badawczych wyłanianych w drodze konkursu, finansowanych ze środków zewnętrznych. Projekty te były realizowane od roku 2009 i były finansowane z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka POIG 01.03.01-00-092/08-00; POIG 01.03.01-00-025/08 oraz POIG.01.03.01-00-123/08-00. Ponadto projekty były finansowane ze środków HORIZON-RIA (HORIZON- CL4-2022-SPACE-01) 101081937, Lider XI 0223/L-11/2019 M-ERA.NET.2 (j. call 2016) M-ERA.NET.2/2016/06/2018, ERA-IB-15-129 (6<sup>th</sup> call) ERA-NET-IB/Convert- Si/13/2016 oraz Duży Bon na Innowacje (fundusz na lata 2014 – 2020) POIR.02.03.02-02-000311. Cennym jest zróżnicowanie tematyczne realizowanych projektów, które dotyczyły nie tylko materiałów opakowaniowych, ale także poruszały problematykę BHP, odzysku odpadów, a nawet chirurgii. Wszystkie realizowane projekty miały potencjał



wdrożeniowy, co stanowi istotę badań stosowanych.

Warto podkreślić, iż Kandydat w okresie 29 marca 2010r. – 28 marca 2014r. pełnił funkcję zastępcy członka Komitetu sterującego w Sieci European Cooperation in Science and Technology (COST), akcja FA 0904 (Food and Agriculture, “Eco-sustainable food packaging based on polymer nanomaterials”).

Był laureatem Nagród przyznawanych przez Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność Uczelni, przyznanych w latach: 2016, 2017, 2018, 2020, 2021, 2022. Ponadto, kandydat otrzymał Brązowy Medal za długoletnią służbę nadany postanowieniem Prezydenta RP z 27 października 2022r.

### 3. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego

Habilitant, zgodnie z wymaganiami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. Dz. U. 2023 poz. 742), jako osiągnięcie naukowe przedstawił monotematyczny cykl siedmiu prac (oznaczonych symbolami A1-A7) pod zbiorczym tytułem: „Modyfikowane biokompozyty polimerowe do zastosowań w sektorze opakowaniowym”. Temat ten został omówiony w sposób klarowny i uporządkowany w załączonym Autoreferacie.

Cykl prac wchodzących w skład osiągnięcia obejmuje prace powstałe w latach 2019–2023. Większość z prac cyklu było opublikowanych we wiodących, punktowanych czasopismach naukowych z listy JCR, co przełożyło się na sumaryczny współczynnik wpływu (Impact Factor) prezentowanego osiągnięcia naukowego równy 19,929. Kandydat za publikacje cyklu uzyskał łączną liczbę punktów MNiSW wynoszącą 470.

Prace wchodzące w skład cyklu to:

A1. **Karol J. Leluk** Cold Plasma Surface Modification of PLA and LDPE Polymer Plastics. Rocznik Ochrona Środowiska. 2023, vol. 25, s. 141-147. <https://doi.org/10.54740/ros.2023.014> IF=0,2 (2023); 40 pkt;

A2. **Karol J. Leluk**, Stanisław Frąckowiak, Joanna Ludwiczak, Tomasz Rydzkowski, Vijay Kumar. Thakur The impact of filler geometry on polylactid acid-based sustainable polymer composites. Molecules. 2021, vol. 26, nr 1, art. 149, s. 1-19. <https://doi.org/10.3390/molecules26010149> IF=4,927 (2021); 140 pkt;

A3. Joanna Ludwiczak, Stanisław Frąckowiak, **Karol J. Leluk**



Study of thermal, mechanical and barrier properties of biodegradable PLA/PBAT films with highly oriented MMT. *Materials*. 2021, vol. 14, nr 23, art. 7189, s. 1-12.

<https://doi.org/10.3390/ma14237189> IF= 3,748 (2021); 140 pkt;

A4. **Karol J. Leluk**, Joanna Ludwiczak, Stanisław Frąckowiak, Andrzej Iwańczuk  
Effect of carbon black on thermal, mechanical and electroconductive properties of Mater-Bi® matrix. *Cellulose Chemistry and Technology*. 2020, vol. 54, nr 1/2, s. 119-123.  
<https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.14> IF = 1,467 (2020); 40 pkt;

A5. Stanisław Frąckowiak, Joanna Ludwiczak, **Karol J. Leluk** Man-made and natural fibres as a reinforcement in fully biodegradable polymer composites: a concise study. *Journal of Polymers and the Environment*. 2018, vol. 26, nr 12, s. 4360-4368.

<https://doi.org/10.1007/s10924-018-1301-9> IF= 2,765 (2018); 30 pkt;

A6. Raluca N. Darie-Nițăautor, Cornelia Vasile, Elena Stoleru, Daniela Pamfil, Traian Zaharescu, Liliana Tarțău, Niță Tudorachi, Mihai Brebu, Gina Mihaela. Pricope, Raluca Petronela. Dumitriu, **Karol J. Leluk** Evaluation of the rosemary extract effect on the properties of polylactic acid-based materials. *Materials*. 2018, vol. 11, nr 10, art. 1825, s. 1-33. <https://doi.org/10.3390/ma11101825> IF= 2,972 (2018); 35 pkt;

A7. Iuliana Spiridon, **Karol J. Leluk**, Ana Maria Resmerita, Raluca N. Darie Evaluation of PLA-lignin bioplastics properties before and after accelerated weathering. *Composites. Part B, Engineering*. 2015, vol. 69, s. 342-349. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.10.006> IF= 3,850 (2015); 45 pkt;

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż Pan Doktor Karol Leluk otrzymane wyniki prac badawczych wchodzących w skład osiągnięcia opublikował w uznanych czasopismach o znaczącym zasięgu międzynarodowym, takich jak *Molecules* (IF=4,927), *Materials* (IF=3,748), *Composites. Part B, Engineering* (IF=3,85), czy *Journal of Polymers and the Environment* (IF=2,765).

Habilitant przedstawił wymagane ustawowo oświadczenia współautorów, co do zakresu prowadzonych osobiście prac, jednak nie określił procentowego udziału wkładu własnego w procesie badawczym i całym cyklu tworzenia publikacji. Informacje dotyczące zakresu prac stanowiących wkład dr Karola Leluka w publikacjach dostępne są w załączniku 5 przesłanej dokumentacji postępowania habilitacyjnego.

Zebrane w cyklu prace przedstawiają wyniki kompleksowych badań, które miały na celu szczegółową charakterystykę możliwości stworzenia biomateriału dla przemysłu



opakowaniowego, który byłby zamiennikiem tradycyjnych opakowań z polimerów uzyskiwanych z surowców kopalnych. Jest to istotne z punktu widzenia ochrony zasobów naturalnych oraz realizacji założeń gospodarki obiegu zamkniętego.

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego ukazywały się w latach 2015-2023.

W publikacji A1 Habilitant przedstawił wyniki badań modyfikacji powierzchni tworzyw LDPE oraz PLA w celu polepszenia właściwości dotyczących zwilżalności, co ma kluczowe znaczenie w przemyśle opakowaniowym. Pomiary obejmowały współczynnik chropowatości i kąta zwilżania powierzchni, a niskotemperaturowa plazma zastosowana w badaniach opierała się na różnych gazach (m.in. Ar, N<sub>2</sub>). W badaniach zaobserwowano spadek kąta zwilżania w czasie eksperymentu (wyższa hydrofilność). Badając dwa kompletnie różne materiały, Autor wskazał na konieczność indywidualnego dobierania parametrów plazmy, przez co ma być uzyskana najbardziej aktywna powierzchnia wraz z najmniejszym kątem zwilżania. Zastosowane techniki pozwolą na podwyższenie właściwości polimerów – umożliwiając np. łatwe wykonywanie nadruków, zamiast produkować polimery mieszane, których biodegradowalność może generować szkodliwe produkty.

Publikacja A2 opisuje studium przypadku dotyczące możliwości uzyskania dobrych właściwości polimeru PLA (kwas polimlekowy), poprzez zastosowanie wypełniaczy w postaci celulozy o różnym współczynniku wydłużenia, węgla wapnia i montmorylonitu. Określono wartości różnych parametrów otrzymanych modyfikowanych biomateriałów, koncentrując się na wymaganiach jakie stawia przed polimerami przemysł opakowaniowy. W szczególności istotna jest zdecydowanie niższa przepuszczalność tlenu przez uzyskany modyfikowany PLA. Autorzy wskazali na istotne znaczenie długości cząsteczek wypełniacza oraz jego mineralny lub organiczny charakter.

Publikacja A3 zawiera wyniki badań właściwości mieszaniny polilaktydu (PLA), w mieszaninie z poliadypinianem butylenu-kotereftalanu (PBAT), z dodatkami w postaci montmorylonitu oraz środka Joncryl 4368 jako czynnika przedłużającego łańcuchy. Zastosowana mieszanina obu polimerów wraz z testowanymi dodatkami, charakteryzowała się lepszymi właściwościami i wykazywała większą przydatność m.in. w sektorze opakowań niskotemperaturowych oraz folii wykorzystywanej w rolnictwie.

Publikacja A4 stanowiąca niejako uzupełnienie testowania wypełniaczy do biotworzyw, podejmuje problematykę roli wypełniacza „carbon black” w biomateriale MATER-BI®. Wypełniacz ten występuje w postaci drobnych amorficznych (lub o parakrystalicznej budowie) i jest stosowany głównie w przemyśle oponiarskim. W pracy przebadano termiczne,



mechaniczne i elektryczne właściwości biodegradowalnej matrycy z różnym udziałem wypełniacza.

Celem publikacji A5 było określenie właściwości dwóch biodegradowalnych polimerów PLA oraz PBS z wypełniaczami w postaci włókien lnu, konopi oraz wyprodukowanego biodegradowalnego włókna Cordenka®. Dodatki spowodowały polepszenie właściwości mechanicznych (odporność na rozrywanie) oraz termicznych testowanych materiałów, co sprawia, iż przy zachowanej biodegradowalności (np. brak emisji mikroplastiku), materiały te znajdą szerokie zastosowanie w praktyce.

Publikacja A6 dotyczyła badania roli ekstraktu z rozmarynu jako dodatku do kwasu polimlekowego (PLA). Zastosowanie tego dodatku spowodowało zwiększenie wytrzymałości badanego materiału na rozerwanie oraz zmniejszoną przepuszczalność dla gazów. Obie te cechy są istotne z punktu widzenia zastosowania materiału PLA m.in. do pakowania żywności. Ponadto zbadana hydrofilność i pozytywne oddziaływanie na podział komórek, stwarza potencjalne możliwości zastosowania tego materiału w branży biomedycznej m.in. jako materiał opatrunkowy lub dla systemów podawania leków.

Autor w publikacji A7 opisuje modyfikacje kwasu polimlekowego za pomocą ligniny uzyskanej z miękkiego i twardego drewna. Badano właściwości mechaniczne, termiczne przed i po procesie przyspieszonego starzenia. Dodatek ligniny spowodował wzrost udarności i stabilności termicznej. Procesy przyspieszonego starzenia spowodowały niewielkie spadki udarności i wytrzymałości na rozciąganie, natomiast wzrost nasiąkliwości zanotowano tylko w przypadku zastosowania modyfikacji ligniną z drewna miękkiego. Wyniki predestynują ligninę jako dodatek dla uzyskania ulepszonych przyjaznymu środowiskowo materiałów.

#### **4. Ocena aktywności naukowej**

Całkowity dorobek naukowy Pana doktora Karola Leluka, po uzyskaniu stopnia doktora wg analizy bibliometrycznej, na dzień złożenia dokumentów o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, obejmuje: wg. baz Web of Science i Scopus liczbę 26 prac naukowych o łącznej punktacji IF = 67,181, co odpowiada 1277 punktom MNiSW.

Dorobek habilitacyjny zgłoszony przez Kandydata jako osiągnięcie naukowe, obejmuje cykl siedmiu publikacji oryginalnych o współczynniku oddziaływania IF 19,929 i sumarycznej wartości punktów MNiSW 470.

Równoległe do cyklu zgłoszonego do postępowania habilitacyjnego, Kandydat legitymuje się obszernym dorobkiem naukowym prac niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego o współczynniku oddziaływania 47,252 i wartości sumarycznej punktów MNiSW 807.



Liczba cytowań prac z udziałem autorskim Habilitanta wg Web of Science wynosi 378 (wg bazy Scopus aż 432), a współczynnik Hirscha 8 (wg bazy Scopus jest on równy 10). Kandydat, po uzyskaniu stopnia doktora prezentował wyniki badań na wielu (13) krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, a trzykrotnie był członkiem komitetu organizacyjnego konferencji.

Realizując swoją ścieżkę naukową, kandydat nawiązał kontakty z siedmioma jednostkami zagranicznymi, co pozwoliło na rozszerzenie i uzupełnienie zakresu badań i skutkowało publikacjami z zespołami zagranicznymi jak i zrealizowanymi stażami naukowymi.

Niezwykle ciekawym i aktualnym elementem prac realizowanych przez Kandydata jest szeroka (obejmująca aż 18 pozycji) współpraca z sektorem gospodarczym. Dotyczy ona głównie realizacji badań z obszarów nowych materiałów opakowaniowych o niskiej szkodliwości dla środowiska oraz materiałów wykorzystywanych w medycynie praktycznej.

Ponadto, Habilitant był członkiem zespołów oceniających wnioski (NCBiR oraz Łotewska Akademia Nauk), o finansowanie badań i przyznanie nagród naukowych.

Należy podkreślić, że w okresie po doktoracie, Habilitant znacząco podwyższył swój dorobek naukowy, publikując w silnie punktowanych czasopismach światowych o wysokich współczynnikach IF. Publikacje o wysokim potencjale aplikacyjnym, były oparte o wyniki badań prowadzonych z wykorzystaniem wielu różnorodnych, nowatorskich technik badawczych.

Podsumowując ocenę dorobku naukowego ze szczególnym uwzględnieniem prac zgłoszonych do osiągnięcia habilitacyjnego, należy zaznaczyć wysoki poziom naukowy i aplikacyjny przeprowadzonych przez Kandydata badań.

Przeprowadzone (i prowadzone w dalszym ciągu) prace badawcze są w pełni uzasadnione, aktualne i stanowią o dojrzałości naukowej i pełnej samodzielności Habilitanta.

## **5. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

Kandydat uczestniczył w warsztatach przygotowujących do opracowania wniosków do 7. Programu Ramowego EU (lipiec 2012r.) oraz w szkoleniu: "Skuteczne zarządzanie i rozliczanie projektów badawczych" (luty 2013r.).

Ponadto, był promotorem pomocniczym w dwóch postępowaniach doktorskich. Dodatkowo, Kandydat włącza się w organizację konferencji studenckich oraz imprez prośrodowiskowych, nagrywa podcasty i realizuje szeroką działalność edukacyjną w mediach.



## 6. Podsumowanie oceny dorobku i konkluzja końcowa

Podsumowując chciałbym podkreślić, iż bardzo wysoko oceniam dorobek badań prowadzonych przez Pana doktora Karola Leluka, w odniesieniu do ich wartości naukowej, a także dużego znaczenia aplikacyjnego w odniesieniu do możliwości zastosowania opisywanych modyfikowanych materiałów z kwasu polimlekowego (PLA), co jest niezwykle istotne z punktu widzenia innowacyjnej działalności przemysłowej, a przede wszystkim sektora opakowaniowego, który dzięki wdrożeniu modyfikowanych folii PLA stały się przyjazny środowiskowo. Ponadto, nowe możliwości zaproponowanych materiałów mogą być wykorzystane w branży biomedycznej.

Innowacyjny charakter badań zrealizowanych przez Habilitanta z użyciem szerokiego wachlarza specjalistycznej infrastruktury badawczej, świadczy o umiejętności wykorzystania interdyscyplinarnej wiedzy, bardzo dobrej organizacji pracy i zdolności szybkiej realizacji nowych wyzwań badawczych.

W oparciu o ocenę dorobku naukowego, w tym osiągnięcia naukowego (w postaci cyklu siedmiu publikacji pod zbiorczym tytułem: „Modyfikowane biokompozyty polimerowe do zastosowań w sektorze opakowaniowym”, będącego podstawą postępowania habilitacyjnego, a także dostarczonych informacji o bogatym dorobku naukowym niewchodzącym w zakres osiągnięcia naukowego), dydaktycznego i organizacyjnego stwierdzam, że dokumenty przedstawione do oceny spełniają ustawowe wymogi stawiane Kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Biorąc pod uwagę powyższe, składam na ręce Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowisko, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej, Pana dr hab. inż. Roberta Króla profesora uczelni, wniosek o wyróżnienie osiągnięcia naukowego Pana dr Karola Leluka.

Niniejszym, wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowisko, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej, o dopuszczenie Pana doktora Karola Leluka do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego oraz popieram i pozytywnie opiniuję wniosek Habilitanta o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie inżynierji – technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Dr hab. inż. Tomasz Ciesielczuk prof. UO

