

Dr hab. inż. Stanisław Kuciel, prof. PK

Katedra Inżynierii Materiałowej I-1

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

POLITECHNIKA POZNAŃSKA		
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I FIZYKI TECHNICZNEJ		
18 sierpień 2025 r.		
DNIA	08-09-2025	DNIA
WPLYNĘŁO		

DF-64/90/2025

Recenzja wniosku dr inż. Moniki Dobrzyńskiej-Mizery w postępowaniu prowadzonym przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Poznańskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej. Podstawą do wykonania recenzji było pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa dr hab. inż. Mirosława Szybowicza, prof. uczelni z dnia 12 czerwca 2025 r. DF-64/66/2025

Recenzja osiągnięcia naukowego dr inż. Moniki Dobrzyńskiej-Mizery będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, (zgodnie z art. 219 ust. 1. Pkt 2b ustawy) pt. „Struktura i właściwości termoplastycznych i termowrażliwych kompozytów polimerowych do zastosowań w przemyśle opakowaniowym i medycznym”.

1. Podstawowe informacje o kandydacie

Aktualne na 18 sierpnia 2025 roku dane odnośnie publikacji to 27 dokumentów w bazie Scopus, i 314 cytowań tych dokumentów, przy liczbie Hirscha $h=12$. Dr inż. Monika Dobrzyńska-Mizera posiada stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa (Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania - 24.11.2017 r.; tytuł rozprawy: Struktura i właściwości izotaktycznego polipropylenu modyfikowanego żywicą siloksanowo-silsekwioksanową i pochodnymi sorbitoli; promotor: prof. Tomasz Sterzyński; promotor pomocniczy: dr M.L. Di Lorenzo). Tytuł magistra inżyniera uzyskany został na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska w 2012 r. a promotorem pracy dyplomowej był prof. dr hab. inż. Tomasz Sterzyński. Aktualnie Habilitantka zatrudniona jest w Politechnice Poznańskiej (Zakład Tworzyw Sztucznych) jako adiunkt badawczo-dydaktyczny od 2019 r. (wcześniej asystent 2015–2019).

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Na osiągnięcie naukowe składa się monotematyczny cykl 9 publikacji, poz. A1 –A9, o sumarycznym wskaźniku Impact Factor wynoszącym 42,7 oraz łącznej liczbie punktów MNiSW wynoszącej 1010. Prace ułożone są w kwartylach Q1–Q2, w tym m.in. w *European Polymer Journal*, *Biomaterials Science* oraz *Advanced Healthcare Materials*. We wszystkich publikacjach Habilitantka jest autorką pierwszą i/lub korespondującą, co stanowi ważny wskaźnik samodzielności naukowej. Za znaczące osiągnięcie naukowe po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka wskazała prace wykonane w zakresie modyfikacji termoplastycznych i termowrażliwych kompozytów polimerowych w kierunku zmian ich właściwości mechanicznych, termicznych, strukturalnych, optycznych i antybakteryjnych, pod kątem możliwości aplikacji w przemyśle opakowaniowym i medycznym.

Zakres merytoryczny autoreferatu można podzielić na trzy główne linie badawcze:

1. Materiały do aktywnych opakowań żywności – kompozyty PLA i LLDPE z kompleksem inkluzyjnym D-limonenu w β -cyklodekstrynie (A2, A3, A4). Przedstawiono m.in. analizę termiczną i morfologiczną LLDPE/CD-lim (*Molecules* 2023) oraz ocenę użytkową i antybakteryjną folii LLDPE modyfikowanej tym kompleksem (*Polymer Engineering and Science* 2023), praca wyróżniona odznaką SPE Editors Choice.
2. Kompozyty polilaktydowe (PLA) o podwyższonej funkcjonalności – m.in. kompozyty PLA z cząstkami drewna (*Materials* 2020, A5) oraz modyfikację PLA dendrymerem PAMAM (*PES* 2024, A6), z analizą efektów funkcjonalizacji powierzchniowej i objętościowej na właściwości termiczno-mechaniczne.
3. Materiały medyczne – kompozyt PLA-co-D,L-laktyd/nano-HAp do druku 3D implantów kostnych (*EPJ* 2022, A7) oraz termowrażliwy hydrożel chitozanowy domieszkowany osteokondukcyjnymi wypełniaczami do leczenia przewlekłego zapalenia tkanek okołowierzchołkowych (*Biomaterials Science* 2024, A8), rozwijany od syntezy po etap badań klinicznych pilotażowych; uzupełnia je przegląd w *Advanced Healthcare Materials* (2024, A9).

Celem naukowym przeprowadzonych badań było poszerzenie wiedzy dotyczącej technologii wytwarzania i właściwości nowych materiałów kompozytowych na bazie polilaktydu, polietylenu i chitozanu modyfikowanych zarówno cząstkami organicznymi jak i nieorganicznymi, a także głęboka analiza nowej wiedzy materiałowej mająca na celu wytypowanie spośród nich materiałów o najkorzystniejszych właściwościach użytkowych do zastosowań w przemyśle opakowaniowym i medycznym. Tak postawiono cel ma przede

wszystkim charakterem użytkowym ale uzyskiwany jest przez szereg eksperymentów o charakterze poznawczym.

W rozdziale opisowym Habilitantka akcentuje wagę opracowania stabilnego nośnika olejku eterycznego (D-limonenu) w postaci kompleksu inkluzyjnego z β -CD, dostosowanie profili temperaturowych przetwórstwa do ograniczenia utraty substancji lotnej oraz wykazanie trwałości efektu antybakteryjnego i właściwości użytkowych kompozytów (folii i płytek) w warunkach odpowiadających zastosowaniom opakowaniowym. Szczegółowo przedstawia także dobór metod charakterystyki (mechaniczne, optyczne, barierowe UV-Vis, antybakteryjne) dla serii LLDPE/CD-lim (A3, A4).

Wyniki przeprowadzonych prac dowodzą możliwości wytworzenia biodegradowalnych kompozytów PLA/CD-lim na drodze wytłaczania współbieżnego przeznaczonych do stosowania w opakowalnictwie jako folie antybakteryjne. Enkapsulacja D-limonenu we wnętrzach cyklodekstryn okazała się skutecznym sposobem na zwiększenie stabilności termicznej olejku eterycznego oraz zmianę jego stanu skupienia z postaci ciekłej w stałą, co pozwoliło na jednorodne zdyspergowanie wytworzonego związku inkluzyjnego w osnowie polilaktydowej. Przeprowadzone badania potwierdziły, iż właściwości mechaniczne i użytkowe są adekwatne do zaproponowanych aplikacji. Co jednak najważniejsze, udowodniono że wytworzone kompozyty wykazują właściwości antybakteryjne wobec szczepów bakterii najczęściej występujących w żywności. Takie kompozycje nie zostały dotąd opisane w literaturze. Zaproponowane nowe materiały spełniły założenia podjęte w toku realizacji projektu Preludium.

Opisane w publikacjach (A3 i A4) wyniki badań wskazują, że możliwe jest wytworzenie elastycznych, antybakteryjnych folii opakowaniowych na bazie polietylenu modyfikowanego związkiem inkluzyjnym. Wytworzone folie charakteryzują się zmniejszonymi wartościami zamglenia oraz barierowością wobec światła w zakresie UV, co jest szczególnie istotne w przypadku opakowań spożywczych przeznaczonych na żywność zawierającą tłuszcze. Podobnie jak w przypadku kompozycji PLA/CD-lim, potwierdzono skuteczne wprowadzenie modyfikatora do matrycy oraz działanie biobójcze wytworzonych materiałów. Stwierdzono zatem, że zaproponowane kompozyty spełniają kryteria stawiane materiałom na opakowania aktywne.

W ramach prac badawczych nad wytworzeniem kompozytów na osnowie PLA o podwyższonej funkcjonalności wytworzono biodegradowalne kompozyty na bazie polilaktydu, cząstek drewna sosnowego oraz kompatybilizatora (A5) w postaci

3-aminopropyltrietyloksysilanu (APE). Kompatybilizacja materiałów PLA/drewno sosnowe związkiem APE nie została dotąd opisana w dostępnej literaturze.

Cząstki drewna jak wiadomo, charakteryzują się stosunkowo gładką powierzchnią, co utrudnia uzyskanie fizycznego połączenia między składnikami lub wiązaniami chemicznymi ze względu na ich różną polarność. Niedostateczna adhezja skutkuje powstawaniem pustych przestrzeni na granicy faz napelniaacz – matryca, co wpływa na obniżenie właściwości mechanicznych materiału. Impregnacja cząstek drewna wpływa na poprawę ich przylegania do matrycy PLA poprzez wiązania kowalencyjne i wodorowe powstałe między związkiem APE i powierzchnią drewna, co zwiększa hydrofobowość napelniaacza, a tym samym wpływa na poprawę adhezji między składnikami.

Warto podkreślić, że kompozyty PLA/drewno sosnowe/APE wykazały nieco wyższą wytrzymałość na rozciąganie udarowe w porównaniu z serią niemodyfikowaną, co sprawia, że system jest bardziej odporny na dynamiczne obciążenia zewnętrzne. Jest szczególnie ważne z uwagi na znany problem utraty udarności dla kompozycji z włóknem drzewnym w wielu polimerach. W literaturze problemem jest trwałe zakotwiczenie i kontrolowane uwalnianie naturalnych substancji antybakteryjnych w polimerach, zwłaszcza przy przetwórstwie w podwyższonych temperaturach. Wprowadzenie D-limonenu w postaci kompleksu β -CD rozwiązuje kwestię lotności i kompatybilności, co zostało potwierdzone zarówno w matrycy PLA (A2) jak i LLDPE (A3, A4), z udokumentowanym zachowaniem właściwości antybakteryjnych oraz użytecznych parametrów użytkowych kompozytów. W pracy (A3) redakcja Polymer Engineering and Science wyróżniła artykuł odznaką Editors Choice, co potwierdza rozpoznawalność i znaczenie uzyskanych wyników.

Zebrane doświadczenia związane z możliwościami przetwórczymi polilaktydu Habilitantka wykorzystała do realizacji zadań badawczych w części dotyczącej biomateriałów, której celem było wytworzenie nowych kompozycji polimerowych do zastosowań w aplikacjach medycznych, ze szczególnym uwzględnieniem inżynierii tkankowej.

W części dotyczącej biomateriałów Habilitantka dokumentuje nowy sposób uzyskiwania mieszaniny PLA-co-D,L-LA z nHAp jako materiału do druku 3D implantów, o parametrach mechanicznych i strukturze korzystnej dla rekonstrukcji kostnej (A7), oraz pełny łańcuch rozwoju hydrożelu termowrażliwego – od syntezy, przez charakterystykę, do pierwszych zastosowań klinicznych (A8). Zaprezentowano dwa oryginalne wątki – (i) kompozyt PLA-co-D,L-LA/nHAp przystosowany do druku 3D implantów kostnych (A7), (ii) klinicznie ukierunkowany hydrożel chitozanowy z wypełniaczami osteokondukcyjnymi do terapii przewlekłego zapalenia tkanek okołowierzchołkowych (A8). W obu przypadkach

położono nacisk na translację do praktyki (technologicznej i klinicznej), co wpisuje się w aktualne priorytety inżynierii materiałowej ukierunkowanej aplikacyjnie.

W pracy (A7) omówiono metodę modyfikacji i przetwarzania kompozytów PLA modyfikowanych syntetycznymi cząstkami nanohydroksyapatytu, zbliżonych swoją strukturą, rozmiarem i morfologią do jego naturalnej wersji występującej w kości ludzkiej. Z tego powodu jest często stosowany w inżynierii tkankowej, w szczególności w ortopedii i chirurgii stomatologicznej. W pracy wykorzystano medyczny rodzaj kopolimeru L i DL-laktydu firmy Corbion, który modyfikowano nanocząstkami hydroksyapatytu w ilości 10 i 20 %wag. W literaturze opisuje się formułacje na bazie L-laktydu modyfikowane cząstkami HAP, jednak kompozycje o opisanej architekturze chemicznej nie zostały dotąd zaprezentowane i dlatego rozwiązanie to jest przedmiotem zgłoszenia patentowego Habilitantki. Przedstawiona w autoreferacie doświadczalna analiza możliwości modyfikacji polikwasu mlekowego w kierunku zmian jego właściwości fizycznych, w szczególności powierzchniowych, pod kątem aplikacji biomateriałów w przemyśle opakowaniowym jest istotną kwestią w obliczu prowadzonej polityki dotyczącej zachowania równowagi surowcowej i implementacji zasad gospodarki obiegu zamkniętego.

Przegląd wykonany w Advanced Healthcare Materials (A9) kompleksowo omawia inżynierię bioresorbowalnych polimerów dla inżynierii tkankowej i nośników leków, co wzmacnia pozycję Kandydatki jako rozpoznawalnej badaczki w tej tematyce. Zaproponowano autorski podział bioresorbowalnych implantów polimerowych ze względu na ich postać geometryczną. Wyróżniono implanty standaryzowane produkowane w ściśle określonym zakresie geometrii zależnym od producenta (śruby, nici, płytki, siatki, itp.), o nieokreślonej geometrii w postaci proszków i past oraz personalizowane, których kształt i skład chemiczny dopasowywane są do potrzeb pacjenta.

Podsumowując, w toku przeprowadzonych prac wytworzono w pełni bioresorbowalne i bioaktywne kompozyty polilaktydowe o znacznym potencjale aplikacyjnym, szczególnie w takich dziedzinach medycyny jak ortopedia, chirurgia stomatologiczna, szczękowo-twarzowa czy plastyczna, ze względu na ich właściwości mechaniczne zbliżone do naturalnej tkanki kostnej, fizykochemiczne i bakteriologiczne. Biorąc pod uwagę badany zakres modyfikacji, wytypowano kompozycję o zawartości 10% wag. napełniacza, którą przeznaczono do wytworzenia personalizowanych implantów technologią druku 3D do rekonstrukcji ubytków kostnych w obrębie czaszki. Wyroby zaimplementowano w warunkach in vivo w ciele ludzkim - opis trzech procedur implantacyjnych opublikowano w pracy (A10).

Reasumując do najważniejszych osiągnięć Habilitantki spośród siedmiu przedstawionych zaliczam przede wszystkim: opracowanie nowych, antybakteryjnych i biodegradowalnych kompozytów PLA/CDlim o polepszonych właściwościach użytkowych do stosowania w przemyśle opakowaniowym, opracowanie nowej metody funkcjonalizacji powierzchniowej cząstek drewna sosnowego związkami APE przeznaczonych do modyfikacji osnowy polilaktydowej oraz opracowanie technologii wytwarzania w pełni biowchłaniających i bioaktywnych kompozytów polilaktydowych przeznaczonych do zastosowań w produkcji personalizowanych implantów kostnych metodą druku 3D; opracowany biomateriał opatentowano i zastosowano *in vivo* w leczeniu ubytków kostnych. Osiągnięcia te łączą się w logiczną całość, od materiałów funkcjonalnych w opakowaniach przez wysokowydajne kompozyty aż po materiały dla przemysłu medycznego. Świadczy to o dużej dojrzałości naukowej Habilitantki oraz znacznej umiejętności samodzielnego definiowania i rozwiązywania problemów naukowych o dużym znaczeniu użytkowym. Należy przy tym podkreślić, iż wykazuje dużą biegłość w technikach przetwórstwa (wytlaczanie, prasowanie, odlewanie folii, druk 3D) oraz w charakterystyce materiałów (analiza termiczna/termomechaniczna, morfologia, właściwości mechaniczne i użytkowe, badania antybakteryjne), dobierając metody pod specyfikę aplikacji (opakowania vs. biomateriały). Przedstawione uzasadnienia doboru parametrów procesowych (np. obniżenie temperatury profilu uplastyczniania dla LLDPE/CD-lim) wskazują na świadome zarządzanie procesem i jego wpływem na strukturę oraz funkcję materiału.

Habilitantka poprawnie też nakreśla kierunki dalszego rozwoju naukowego skupiając się na dwóch aspektach:

- opracowywaniu metod modyfikacji powierzchni materiałów polilaktydowych oraz ocenie ich właściwości fizyko-chemicznych i użytkowych w kontekście zastosowań w inżynierii tkankowej;
- opracowywaniu i wytwarzaniu nukleantów struktury polilaktydu celem uzyskania materiałów o zwiększonej krystaliczności, a tym samym podwyższonej stabilności termicznej do zastosowań jako wielorazowe opakowania spożywcze.

Zagadnienia te wpisują się w rozwój nowoczesnej wiedzy o inżynierii materiałów i wskazują na potrzebę szukania rozwiązań w materiałach przyjaznych dla środowiska. Dla pełniejszego wyjaśnienia wszystkich problemów warto by podjąć próbę oceny ewaluacji długoterminowej trwałości aktywnych materiałów opakowaniowych, w autoreferacie przedstawiono dane użytkowe i antybakteryjne oraz uzasadnienia procesowe (m.in. ograniczenie temperatur), natomiast z punktu widzenia wdrożeniowego przydałoby się więcej informacji o migracji

substancji lotnych/pochodnych kompleksu w warunkach realnego kontaktu z żywnością (z odniesieniem do wytycznych EFSA), choć sama problematyka jest wzmiankowana w części literaturowej.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata

Habilitantka w przedstawionej informacji prezentuje się jako niezwykle zaangażowany i kompetentny naukowiec o wartościowych osiągnięciach w dziedzinie nauki i badania materiałów polimerowych przyjaznych dla środowiska. Od momentu ukończenia studiów magisterskich na Politechnice Poznańskiej, po uzyskanie stopnia doktora oraz dalsze prace badawcze na Politechnice Poznańskiej w Zakładzie Tworzyw Sztucznych, jej ścieżka naukowa wykazuje ciągły rozwój i osiąganie kolejnych etapów rozwoju. Jej zainteresowania i wkład w dziedzinie materiałów dla ochrony środowiska i medycyny, zwłaszcza dotyczące zastosowań praktycznych, są wyjątkowo wartościowe.

W czasie trwania pracy naukowej Habilitantka nawiązała współpracę z sześcioma krajowymi i zagranicznymi jednostkami naukowymi, co potwierdzają odbyte staże oraz wspólny dorobek naukowy. W roku 2017 pozyskała i zrealizowała jako kierownik projekt NCN Preludium zatytułowany „Biodegradowalne kompozyty na bazie polilaktydu o wzmocnionych właściwościach antybakteryjnych”. W tym projekcie dr Maria Laura Di Lorenzo pełniła funkcję opiekuna naukowego, co skutkowało wieloma wspólnymi publikacjami oraz odbytymi stażami naukowymi i przygotowaniem i realizacją projektu w ramach konkursu HORIZON – PATHFINDER zatytułowany “Biobased thermal-resistant food packaging (BORN)”.

Habilitantka zatrudniona jest na Politechnice Poznańskiej na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego, zatem oprócz wykonywania pracy naukowej angażuje się w działalność dydaktyczną. Powadzi zajęcia na Wydziałach Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Inżynierii Zarządzania oraz Inżynierii Mechanicznej, głównie z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych, fizykochemii polimerów czy kompozytów. Habilitantka prowadzi popularyzację nauki m.in. przez włączanie studentów w projekty (np. Preludium – praca dyplomowa i publikacje na jej podstawie) oraz aktywność medialną (wywiady TVN/TVP w dniu 24.01.2024 r., materiały w portalach informacyjnych). Istotnym wyróżnieniem jest odznaka SPE Editors Choice za pracę w Polymer Engineering and Science. Dodatkowo: nagroda zespołowa „Innowatory Wprost 2021” za technologię implantów bioresorbowalnych, stypendium MNiSW „Wybitny Młody Naukowiec” (2018–2020), programy mobilności CNR (2016, 2022) i IDUB (2024).

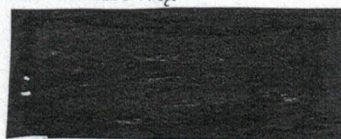
Na podkreślenie zasługuje bardzo aktywna działalność organizacyjna i udział w organizacji ośmiu konferencji naukowych, zarówno krajowych jak i zagranicznych, organizowanych w latach 2013 – 2020 w Zakładzie Tworzyw Sztucznych Politechniki Poznańskiej pod przewodnictwem p. prof. dr hab. inż. Tomasza Sterzyńskiego. Pewnym niedostatkim jest tutaj brak wyraźnego wskazania na wystąpienia konferencyjne na międzynarodowych konferencjach odbywanych poza Polską oraz czytelnego wskazania ile ich było i jaką miały formę.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując, potwierdzam słuszność przedstawionej w autoreferacie (cyklu publikacji) koncepcji i analiz z dziedziny inżynierii materiałowej polimerów, łączące badania podstawowe z wyraźnym ukierunkowaniem aplikacyjnym (opakowania aktywne, biomateriały do druku 3D i hydrogele kliniczne).

Ranga czasopism, stabilne wskaźniki cytowań, rola liderki publikacji, patenty, doświadczenie projektowe i współpraca międzynarodowa – łącznie z bardzo solidną aktywnością dydaktyczno-organizacyjną – przemawiają za pozytywną oceną.

W związku z moją pozytywną oceną osiągnięcia naukowego (zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2a,b Ustawy), przedstawionego przez Habilitantkę i będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego - cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, pt: „Struktura i właściwości termoplastycznych i termowrażliwych kompozytów polimerowych do zastosowań w przemyśle opakowaniowym i medycznym”, będę wnioskował do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechniki Poznańskiej, o dalsze procedowanie wniosku o nadanie Pani dr inż. Monice Dobrzyńskiej-Mizerze stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa. Jej wszechstronna znajomość zagadnień inżynierii materiałowej w aspekcie polimerów i technologii przyjaznych dla środowiska oraz rozwiązywania problemów z teorii i praktyki wytwarzania nowych biokompozytów wskazuje na dużą dojrzałość naukową.



Dr hab. inż. Stanisław Kuciel, Profesor PK
Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki