

Łódź, 15.06.2026

dr hab. inż. Danuta Ciechańska

ul. Białostocka 25 m.1

93-355 Łódź

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Zdzisławy Mrozińskiej

**pt. „Projektowanie i charakterystyka włóknistych struktur polimerowych
funkcjonalizowanych metalami o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych
i prokoagulacyjnych”**

Promotor: dr hab. Marcin Kudzin

Podstawą wykonania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa z dn. 27 marca 2026 r. Rozprawa doktorska została przedłożona do recenzji, zgodnie z wymogami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.

Zakres rozprawy doktorskiej

Podstawę rozprawy doktorskiej mgr inż. Zdzisławy Mrozińskiej stanowi cykl ośmiu publikacji naukowych opublikowanych w czasopiśmie indeksowanym w bazie Journal Citation Reports, dla których Impact Factor (w roku publikacji) wynosi odpowiednio :

P.1: Mrozińska Z., Ponczek M., Kaczmarek A., Boguń., Sulak E., Kudzin M.H., 'Blood Coagulation Activities of Cotton-Alginate-Cooper Composites. IF=4,9

P.2: Mrozińska Z., Kudzin M.H., Kaczmarek A., Król P., Lisiak-Kucińska A., Żyła R., Walawska A., 'Biochemical Approach to Poly(Lactide)-Copper Composite -Impact on Blood Coagulation Processes. IF=3,2

P.3: Mrozińska Z., Ponczek M., Kaczmarek A., Świerczyńska M., Kudzin M.H., 'Activity in the Field of Blood Coagulation Processes of Poly(lactide)-Zinc Fibres Composite Material Obtained by Magnetron Sputtering' IF=2,8

P.4: Mrozińska Z., Kaczmarek A., Świerczyńska M., Juszcak M., Kudzin M.H., 'Biochemical behavior, influence on cell DNA condition and microbiological properties of wool and wool-cooper materials IF=3,2

P.5: Mrozińska Z., Świerczyńska M., Juszczak M., Woźniak K., Kudzin M.H., 'Poly(lactide) Nonwoven Fabric with Iron Coating and Its Biological Properties' IF=2,8

P.6: Mrozińska Z., Świerczyńska M., Juszczak M., Woźniak K., Lisiak-Kucińska A., Kudzin M.H., 'Evaluation of Antimicrobial Activity, Hemostatic Efficacy, Blood Coagulation Dynamics and plasmid DNA damage of Linen-Cooper Composite Materials' IF=3,7

P.7: Kudzin M.H , Mrozińska Z., Kaczmarek A , Chruściel J.J., Pinar A., Sulak E., Shah S.A.R., Juszczak M., Woźniak K., Ponczek M.B., 'Development of Iron-Modified Cotton Material: Surface Characterization, Biochemical Activity and Cytotoxicity Assessment IF=2,8

P.8: Kudzin M.H , Mrozińska Z., Kaczmarek A , Chruściel J.J., Gloc M., Żyła R. 'Preparation and Biochemical and Microbial Behavior of Poly(lactide) Composites with Polyethersulfone and Copper-Complexed Cellulose Phosphate IF=3,2

Liczba punktów MNiSW (wg. załącznika do komunikatu Ministra Nauki z dn.05.01.2024) dla publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe Doktorantki wynosi 100 i 140 punktów.

Zbiór publikacji stanowią prace wielo-autorskie, w tym w sześciu z nich pierwszym autorem jest Doktorantka. Udokumentowany w cyklu publikacji wkład merytoryczny Doktorantki obejmuje prace koncepcyjne i eksperymentalne w zakresie opracowania, formowania i charakterystyki materiałów polimerowych, modyfikowanych wybranymi metalami, przyjmując jako kryterium funkcjonalności modyfikowanych struktur włóknistych właściwości przeciwdrobnoustrojowe i hemostatyczne. Konstrukcja rozprawy w formie cyklu publikacji powiązanych tematycznie koresponduje z założeniami koncepcyjnymi i doświadczalnymi przyjętymi przez Doktorantkę do osiągnięcia celu naukowego i potwierdzenia hipotezy badawczej.

Biomateriały funkcjonalne od lat są obszarem zainteresowań szeregu ośrodków naukowych i stanowią duże wyzwanie badawcze w obliczu bardzo dynamicznie rozwijającego się rynku wyrobów medycznych, począwszy od materiałów opatrunkowych stosowanych w procesie gojenia ran aż do aplikacji w chirurgii i implantologii. Badania w tym zakresie wymagają integracji doświadczenia i wiedzy interdyscyplinarnej co często skutkuje współpracą specjalistów z różnych dziedzin jak inżynieria materiałowa, biochemia, mikrobiologia i medycyna. Złożoność funkcjonalności materiałów biomedycznych związana ze stosowaniem substancji bioaktywnych jako modyfikatorów może wiązać się z ustawowymi ograniczeniami ich stosowalności. W związku z tym badania nad biomateriałami dla medycyny również w

zakresie legislacji wymagają zwrócenia uwagi już na etapie formułowania koncepcji badawczej i procesu projektowania ich specjalistycznych funkcji.

Rozprawa doktorska mgr inż. Zdzisławy Mrozińskiej koncentruje się na zagadnieniach związanych z zastosowaniem metod efektywnej inkorporacji do struktur włóknistych (matrycy biopolimerowej) bioaktywnych metali i wytwarzaniu materiałów biozgodnych o cechach predestynujących do praktycznego zastosowania m.in. jako wyroby hemostatyczne wykazujące działanie przeciw patogenom bakteryjnym i grzybiczym.

Tematyka badawcza przedmiotowej rozprawy doktorskiej wpisuje się w trendy rozwojowe badań nad biomateriałami funkcjonalnymi obejmującymi zagadnienia związane z innowacją produktową w zakresie modyfikacji włóknistych struktur polimerowych, szczególnie w kontekście doskonalenia i poprawy ich właściwości biologicznych i metod wytwórczych do pod kątem ich aplikacji biomedycznej.

Ocena formalno-merytoryczna rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr inż. Zdzisławy Mrozińskiej posiada prawidłową konstrukcję stanowiącą logiczną całość pod względem merytorycznym. Zgodnie z wymogami formalnymi przedmiotowa rozprawa doktorska zawiera streszczenie w j. polskim, syntetyczny opis osiągnięcia naukowego i załącznik obejmujący zbiór publikacji naukowych.

Syntetyczny opis osiągnięcia naukowego zawiera wstęp, cel naukowy i hipotezę badawczą, spis publikacji stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, opis i omówienie uzyskanych wyników badań, przedstawionych indywidualnie dla każdej z ośmiu publikacji, podsumowanie oraz bibliografię obejmującą 294 pozycje literaturowe opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym.

We wstępie Doktorantka zaprezentowała syntetyczny opis stanu wiedzy w zakresie funkcjonalizacji materiałów polimerowych do celów biomedycznych co stanowiło podstawę teoretyczną pracy adekwatną do jej założeń koncepcyjnych. Doktorantka skoncentrowała się na zagadnieniach związanych z mechanizmem hemostazy, w tym zaprezentowała schemat kaskady koagulacyjnej płytek krwi wraz z wykazem czynników krzepnięcia krwi i zagadnieniach związanych z biomateriałami wykazującymi aktywność biologiczną wobec różnych grup drobnoustrojów. Pogłębioną analizę literaturową, w której Doktorantka opisuje stan wiedzy w zakresie charakterystyki biopolimerów takich jak alginian, celuloza (bawełna, len), keratyna (wełna), polikwas mlekowy (PLA) i metali funkcjonalnych jak miedź, żelazo, cynk i ich praktycznego wykorzystania do projektowania i wytwarzania bioaktywnych włóknistych

materiałów o przeciwdrobnoustrojowych i hemostatycznych, zawarła w poszczególnych publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe. Analiza stanu wiedzy potwierdziła zasadność założeń koncepcyjnych badań w zakresie będącym przedmiotem rozprawy doktorskiej.

Doktorantka za cel pracy obrała opracowanie biofunkcjonalnych struktur włóknistych stanowiących integrację właściwości fizyko-chemicznych, biologicznych i strukturalnych materiałów polimerowych z metalami stanowiącymi bioaktywne pierwiastki. Cele aplikacyjne stanowiły podstawę założeń metodycznych funkcjonalizacji biomateriałów pod kątem ich właściwości biomedycznych, w tym aktywności przeciwdrobnoustrojowej i właściwości hemostatycznych.

Hipoteza badawcza rozprawy doktorskiej oparta została na założeniach technologicznych i analitycznych procesu modyfikacji struktur włóknistych ukierunkowanych na poznawczy i praktyczny charakter badań w celu zrozumienia mechanizmów aktywacji biomateriałów pod kątem zastosowań w medycynie. Szczególną uwagę badawczą Doktorantka skoncentrowała na badaniach związanych oceną parametrów krzepnięcia krwi jak czas protrombinowy (PT), czas częściowej tromboplastyny po aktywacji (aPTT) i czas trombinowy (TT) oraz badaniach aktywności mikrobiologicznej modyfikowanych biomateriałów o strukturze włóknistej.

Dla potwierdzenia hipotezy i osiągnięcia celu badawczego Doktorantka wykonała cykl badań własnych, których wyniki wraz z wnikliwą ich analizą opisała w poszczególnych publikacjach stanowiących podstawą rozprawy doktorskiej w sposób klarowny i adekwatny do założeń koncepcyjnych pracy.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej były zagadnienia obejmujące:

- badania procesu wytwarzania szeregu kompozytów polimerowych modyfikowanych metalami w tym kompozytów o składzie:

- bawełna – alginian - miedź (COT-ALG-Cu)
- poli(laktyd) - miedź (PLA-Cu)
- poli(laktyd) - cynk (PLA-Zn)
- wełna – miedź (WO-Cu)
- poli(laktyd) – żelazo (PLA-Fe)
- len - miedź (LI-Cu)
- poli(laktyd) – polieterosulfon – fofofan celulozy – miedź (PLA-PESf-Cel^P-Cu)

- badania procesu modyfikacji struktur włóknistych metalami metodą 'dip-coating' i metodą magnetronową
- badania funkcjonalizowanych metalami kompozytów polimerowych pod kątem oceny ich właściwości :
 - fizyko-chemicznych i strukturalnych
 - mikrobiologicznych w tym aktywności przeciwbakteryjnej i przeciwgrzybiczej
 - hemostatycznych w tym aktywności koagulacyjnej
- badania wybranych kompozytów pod kątem oceny cytotoksyczności i genotoksyczności

Doktorantka zastosowała w pracy odpowiednie do zakresu badań metody badawcze i metody instrumentalne. W badaniach struktury i właściwości fizyko-chemicznych zastosowała: absorpcyjną spektrometrię atomową ze wzbudzeniem w płomieniu (FAAS), spektrometrię mas ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS), skaningową mikroskopię elektronową (SEM/EDS), spektroskopię UV/VIS i FTIR-ATR oraz analizę powierzchni metodą BET (Brunauer, Emmett, Teller Analysis). Do oceny parametrycznej funkcji biomedycznych modyfikowanych biomateriałów Doktorantka zastosowała: analizę parametryczną procesu krzepnięcia krwi (aPTT, PT i TT), testy kometowe do analizy toksykologicznej (ocena uszkodzeń i fragmentacji DNA w komórkach krwi obwodowej), analizę TBARS do oceny poziomu uszkodzeń oksydacyjnych lipidów oraz stresu oksydacyjnego, oraz testy barierowości przed promieniowaniem UV polegające na wyznaczaniu wskaźnika UPF. Badania aktywności mikrobiologicznej w zakresie oceny właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwgrzybiczych wobec modelowych szczepów, oceny parametrów wytrzymałościowych i przepuszczalności powietrza modyfikowanych materiałów Doktorantka prowadziła w oparciu o normy ISO i PN-EN, których stosowanie standaryzuje jakość wykonanych analiz.

Podsumowując część metodyczną rozprawy można stwierdzić, że Doktorantka wykazała się znajomością metod instrumentalnych stosowanych w badaniach funkcjonalizacji biomateriałów polimerowych, przy czym zasadność ich wykorzystania w pracy została zweryfikowana w trakcie realizacji badań i potwierdzona na podstawie uzyskanych wyników.

W części eksperymentalnej syntetycznego opisu osiągnięcia naukowego Doktorantka przedstawiła opis uzyskanych wyników wraz z omówieniem ich wykonalności w odniesieniu do celów badawczych każdej z publikacji oddzielnie. Przyjęta forma prezentacji indywidualizuje interpretację uzyskanych wyników, co w pewnym stopniu utrudnia ocenę efektów poznawczych pracy w kontekście ich spójności w całym cyklu badawczym.

Podsumowując za osiągnięcia badawcze Doktorantki można uznać otrzymanie szeregu struktur kompozytowych wykazujących właściwości użytkowe predestynujące ich wykorzystanie do konstrukcji wyrobów medycznych (materiały opatrunkowe, hemostatyczne regeneracyjne) przy czym należy zwrócić uwagę na konieczność dokonania szczegółowej analizy porównawczej funkcjonalności opracowanych kompozytów dla wskazania kierunku dalszych badań rozwojowych w zakresie doskonalenia i skalowalności procesów wytwórczych wybranych kompozytów oraz standaryzacji i walidacji parametrycznej pod kątem przydatności do wdrożenia w praktyce medycznej.

W opinii recenzenta przedmiotowa rozprawa doktorska stanowi wkład Doktorantki w rozwój badań nad funkcjonalizacją biopolimerowych materiałów kompozytowych o strukturze włóknistej, dedykowanych do stosowania w wyrobach medycznych w aspekcie doskonalenia ich właściwości użytkowych i biomedycznych, stanowiących coraz większe wyzwania badawcze w zakresie projektowania i konstrukcji zrównoważonych produktów, łączących aspekty technologiczne, ekonomiczne i społeczne.

Mimo dużej staranności w przygotowaniu rozprawy doktorskiej Doktorantka nie uniknęła elementów wymagających zwrócenia uwagi recenzenta a mianowicie:

1. W części teoretycznej opisu osiągnięcia naukowego zasadne byłoby odniesienie proponowanych w pracy badawczej rozwiązań do trendów rozwojowych funkcjonalizowanych biomateriałów medycznych z uwzględnieniem przych ich projektowaniu wymogów bezpieczeństwa, personalizacji oraz zrównoważonego rozwoju.
2. W części eksperymentalnej opisu osiągnięcia naukowego zasadne byłoby zestawienie i omówienie stosowanych w pracy materiałów polimerowych i metali wraz z ich charakterystyką ilościową i jakościową oraz uzasadnieniem aplikacji w konstruowaniu biomateriałów medycznych
3. W podsumowaniu wyników pracy badawczej zasadna byłaby analiza porównawcza właściwości i funkcjonalności biomedycznej otrzymanych kompozytów pod kątem oceny zasadności i możliwości kontynuacji prac nad ich doskonaleniem, rozwojem i weryfikacją parametryczną pod względem ich praktycznego wykorzystania do konstrukcji specjalistycznych wyrobów medycznych.

W ramach oceny formalnej syntetycznego opisu osiągnięcia naukowego uwagę recenzenta zwróciły nieścisłości edytorskie w tym. :

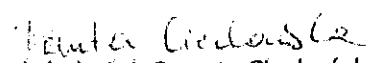
- brak ujednolicenia nazewnictwa pojęć określających właściwości przeciwdrobnoustrojowe, w pracy zamiennie stosowane są określenia: antymikrobowe, antybakteryjne, antygrzybiczne, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze
- rozdz. 3.4 brak odniesienia w tekście do Tabeli 3.4.1
- str. 13 i 14 zamiana zapisu punktacja MEiN na punktacja MNiSW
- str.17 Rys.6.1.2 brak zdjęcia strefy zahamowania wzrostu bakterii dla niemodyfikowanej tkaniny bawełnianej wobec *S.aureus*
- str.28 brak ilustracji fotograficznej lub tabelarycznej wyników badań właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwgrzybiczych obrazujących strefy zahamowania wzrostu drobnoustrojów dla prób modyfikowanych i niemodyfikowanych włókien polilaktydowych

Podsumowanie

Rozprawa doktorska mgr inż. Zdzisławy Mrozińskiej stanowiąca zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych spełnia kryteria formalne stawiane rozprawom doktorskim a wskazane w ocenie formalno-merytorycznej spostrzeżenia nie wpływają w sposób znaczący na ocenę merytoryczną pracy.

Biorąc pod uwagę całokształt prac przedstawionych w rozprawie można stwierdzić, że Doktorantka w etapie planowania prac badawczych i formułowania hipotezy badawczej wykazała się dobrą znajomością podstaw merytorycznych w przedmiotowej dziedzinie. Doktorantka precyzyjnie sformułowała cel dysertacji i poprzez prawidłowy dobór metod badawczych zrealizowała go w całym przedmiotowym zakresie badań. Doktoranta w trakcie realizacji prac badawczych wykazała się dojrzałością i konsekwencją w realizacji przyjętych założeń i celów badawczych. Podsumowując przedmiotowa rozprawa może być zaliczona do prac o charakterze poznawczym, poszerzającym wiedzę w zakresie modyfikacji i funkcjonalizacji biopolimerowych struktur włóknistych do konstruowania biomateriałów o potencjalnym zastosowaniu w medycynie.

Podsumowując ocenę formalno-merytoryczną, uważam, że rozprawa mgr inż. Zdzisławy Mrozińskiej spełnia wymogi określone w artykule 187 Ustawy z dnia 20.07.2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce i wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.


dr hab. inż. Danuta Ciechańska