



Dr hab. Szymon Sękowski, prof. UwB  
Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii  
Wydział Biologii  
Uniwersytet w Białymstoku  
ul. K. Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok  
e-mail: [s.sekowski@uwb.edu.pl](mailto:s.sekowski@uwb.edu.pl)

Białystok, 20.03.2026

### RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr Kamila Płuciennika pt.  
**„Zmiany strukturalne i funkcjonalne błon erytrocytów człowieka oraz białka modelowego albuminy narażonych na działanie nanocząstek polistyrenu o różnych średnicach (in vitro)”**

Promotor rozprawy: Prof. dr hab. Bożena Bukowska

Promotor pomocniczy: Dr hab. Paulina Sicińska

Rozprawa doktorska Pana mgr Kamila Płuciennika została wykonana w Katedrze Biofizyki Skazań Środowiska Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego w Szkole Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych. Promotorem rozprawy jest Pani Prof. dr hab. Bożena Bukowska natomiast promotorem pomocniczym Pani Dr hab. Paulina Sicińska. Recenzja została sporządzona zgodnie z decyzją Komisji Uniwersytetu Łódzkiego ds. stopni i tytułów naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne, na podstawie której zostałem powołany w dniu 13 stycznia 2026 na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr Kamila Płuciennika.

Skazanie środowiska mikroplastikiem i nanoplastikiem związane z powszechną obecnością materiałów zawierających plastik jest obecnie bardzo dużym wyzwaniem zwłaszcza w aspekcie ochrony zasobów przyrodniczych. Obecność nanoplastiku (NP) i mikroplastiku (MP) zwłaszcza w zbiornikach wodnych i glebie przyczynia się nie tylko do ich zanieczyszczenia, ale powoduje że przedostają się one do łańcucha troficznego. Powoduje to dalsze rozprzestrzenianie się NP i MP, które obejmuje organizmy roślinne i zwierzęce a w konsekwencji również organizm człowieka. Przenikanie nanoplastiku i mikroplastiku do organizmu i jego akumulacja wpływają negatywnie na organizm między innymi poprzez generowanie stresu oksydacyjnego czy indukcję śmierci komórki. Pomimo wielu badań związanych z toksycznością nano- i mikroplastiku i stale wzrastającej wiedzy na temat problemu jaki niesie ze sobą skażenie środowiska oraz przenikanie tych cząstek do organizmów nadal wiele aspektów związanych z mechanizmami toksyczności nanoplastiku i mikroplastiku na poziomie molekularnym czeka na wyjaśnienie.

Tematem pracy doktorskiej pana mgr Kamila Płuciennika jest określenie zmian strukturalnych i funkcjonalnych błon erytrocytów człowieka oraz białka modelowego albuminy narażonych na działanie nanocząstek polistyrenu o różnych średnicach. Badania zostały przeprowadzone w warunkach *in vitro*. Temat ten jest o tyle istotny, że porusza bardzo ważne



zagadnienie związane z wpływem nanocząstek plastiku na erytrocyty, komórki występujące w największej ilości we krwi i związane z transportem tlenu oraz dwutlenku węgla a także wyjaśnieniem jak wspomniane nanocząstki będą wpływały na albuminę surowicy człowieka – główne białko osocza pełniące m.in. funkcję transportującą, antyoksydacyjną czy buforującą.

Rozprawa doktorska mgr K. Płuciennika jest opracowaniem pisemnym w oparciu o zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych z dołączonym streszczeniem w języku polskim i w języku angielskim. Spełnia wymogi formalne Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018.

Na samym początku Autor zamieszcza tytuł rozprawy, informacje o promotorach oraz spis treści. Podana jest informacja o współpracy naukowej doktoranta na etapie badań i przygotowywania rozprawy doktorskiej i źródła finansowania. Następnie podany jest wykaz publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, które stanowią jednocześnie zasadniczą część pracy. W dalszej kolejności zaprezentowane jest streszczenie w języku polskim i angielskim, wprowadzenie, założenia i cel pracy oraz materiały i metody. Następnie Autor przechodzi do omówienia publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, po czym prezentuje podsumowanie i wnioski. Na końcu przedstawiony został dorobek naukowy Autora. Główną część pracy stanowią cztery publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej:

1. Płuciennik K., Sicińska P., Misztal W., Bukowska B., *Important Factors Affecting Induction of Cell Death, Oxidative Stress and DNA Damage by Nano- and Microplastic Particles In Vitro*. Cells 2024; 13(9):768. (*MNiSW: 140, IF: 6,1 (5-letni)*)
2. Płuciennik K., Sicińska P., Duchnowicz P., Bonarska-Kujawa D., Męczarska K., Solarska-Ściuk K., Miłowska K., Bukowska B., *The effects of non-functionalized polystyrene nanoparticles with different diameters on human erythrocyte membrane and morphology*. 2023; Toxicology in vitro 91(1):105634 (*MNiSW: 100, IF: 3,0 (5-letni)*)
3. Płuciennik K., Szabelski M., Miłowska K., Ciepluch K., Duchnowicz P., Krokosz A., Sicińska P., Bukowska B., *The interactions of non-functionalized polystyrene nanoparticles with human albumin and erythrocyte proteins: implications and potential consequences*. Scientific Reports 2025; 15: 30076 (*MNiSW: 140, IF: 4,3 (5-letni)*)
4. Płuciennik K., Bukowska B., Sicińska P., *Polystyrene nanoparticles and death of erythrocytes: does exposure induce eryptosis? (manuskrypt na chwilę sporządzania recenzji jeszcze nieopublikowany, wysłany do Nanotoxicology MNiSW: 140, IF: 4,2 (5-letni))*.

Summaryczna ilość punktów MNiSW za publikacje już opublikowane wynosi 380 natomiast całkowity IF=13,4. We wszystkich publikacjach Mgr K. Płuciennik jest pierwszym autorem a na podstawie oświadczeń współautorów publikacji można stwierdzić, że udział Doktoranta był dominujący w realizacji badań i przygotowywaniu artykułów (m.in. opracowanie koncepcji badań, wykonanie znaczącej części lub wszystkich eksperymentów, analiza wyników, przygotowanie wstępnej i redakowanie roboczej wersji artykułu).

Pierwsza z prac stanowi artykuł przeglądowy opisujący czynniki, które w istotny sposób determinują indukcję przez nanocząstki plastiku różnych typów śmierci komórki. Autor opisuje



# UNIwersytet w Białymstoku

## Wydział Biologii

ul. K. Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok  
tel. 85 738 8383 • e-mail: [biologia.dziekanat@uwb.edu.pl](mailto:biologia.dziekanat@uwb.edu.pl) • [biologia.uwb.edu.pl](http://biologia.uwb.edu.pl)



w jaki sposób takie czynniki jak rozmiar, stężenie, potencjał zeta nanocząstek czy czas działania wpływają na toksyczność nanoplastiku. Poruszane są zagadnienia związane z indukcją stresu oksydacyjnego i efektów genotoksycznych. Praca ta stanowi bardzo ważny przegląd literatury związanej z toksycznością nanocząstek i może być w aspekcie niniejszej rozprawy doktorskiej traktowana jako swoisty wstęp do poruszanego przez Doktoranta zagadnienia.

Kolejne prace są już związane bezpośrednio z badaniami jakie Pan mgr Kamil Płuciennik przeprowadził realizując swoją rozprawę doktorską. W publikacji drugiej Autor opisuje w jaki sposób badane przez Niego polistyrenowe nanocząstki plastiku o średnicy 30 nm, 45 nm i 70 nm wpływają na hemolizę erytrocytów człowieka, morfologię krwinek czerwonych a także płynność błon biologicznych. Wynikiem badań opisanych w publikacji 2 było wykazanie, że badane nanocząstki plastiku mają zdolność do wywoływania hemolizy, zmian płynności błony erytrocytarnej oraz indukują zmiany morfologiczne w krwinkach czerwonych w sposób zależny od rozmiarów i stężenia nanocząstek polistyrenu. Kolejna opublikowana praca eksperymentalna (artykuł 3) porusza zagadnienia związane z wpływem polistyrenowych nanocząstek na albuminę surowicy człowieka (HSA) oraz na białka erytrocytarne: hemoglobinę i acetylocholinoesterazę. Dodatkowo przeanalizowano wpływ na mikrolepkość wnętrza komórek erytrocytarnych. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić powstawanie koron białkowych na powierzchni nanocząstek polistyrenowych. Wykazano również zmiany struktury drugorzędowej albuminy pod wpływem stosowanych nanocząstek. Nie stwierdzono natomiast, aby badane nanocząstki wpływały na utlenianie hemoglobiny oraz aktywność acetylocholinoesterazy niemniej został odnotowany wzrost grup karbonylowych w białkach błon erytrocytów. Ostatnia z prac (artykuł 4) opisuje wyniki badań podjętych przez Autora rozprawy doktorskiej w celu określenia czy badane nanocząstki polistyrenu posiadają zdolność do wywoływania eryptozy – programowanej śmierci komórki erytrocytu. W tym celu Mgr K. Płuciennik przeanalizował proces generowania reaktywnych form tlenu (RFT), utleniania lipidów, eksternalizacji fosfatydyloseryny, wewnątrzkomórkowego stężenia jonów wapnia, aktywności kaspazy 3 oraz kalpainy. Wyniki pozwoliły stwierdzić, że o ile badane nanocząstki nie wpływały na ogólny poziom RFT oraz aktywność kaspazy 3 to zaobserwowany został wzrost peroksydacji lipidów w erytrocytach (dla najwyższych stosowanych stężeń tj. 50 µg/ml i 100 µg/ml), wzrost stężenia jonów wapnia w krwinkach (dla najwyższego stężenia nanocząstek o średnicy 30 nm i 45 nm) oraz praktycznie brak istotnych statystycznie zmian w eksternalizacji fosfatydyloseryny (zmiana istotna statystycznie tylko dla 30 nm nanocząstek w stężeniu 100 µg/ml). Ciekawe było wykazanie dużego wpływu na aktywność kalpainy w erytrocytach a otrzymane wyniki były w większości istotne statystycznie. Jednakże brak zaobserwowanych zmian głównie związanych z aktywacją kaspazy 3 oraz zmianami wewnątrzkomórkowego stężenia jonów wapnia a także praktycznie całkowity brak eksternalizacji fosfatydyloseryny jasno wskazują, że stosowane nanocząstki polistyrenowe pomimo toksycznego wpływu na erytrocyty człowieka nie indukowały eryptozy.

Praca została przygotowana w sposób przejrzysty i czytelny a układ treści i wchodzące w skład rozprawy doktorskiej elementy pracy nie budzą zastrzeżeń. Publikacje zostały ułożone w sposób logiczny i stanowią spójną całość. Cytowana literatura w większości stanowi najnowsze prace a wyniki omówiono w sposób prawidłowy i klarowny. Na szczególne uznanie



# UNIwersytet w Białymstoku

## Wydział Biologii

ul. K. Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok  
tel. 85 738 8383 • e-mail: biologia.dzieknanat@uwb.edu.pl • biologia.uwb.edu.pl



zasługuje wielość stosowanych technik pomiarowych m.in. znakowanie fluorescencyjne, spektropolarymetria dichroizmu kołowego, elektronowy rezonans paramagnetyczny, potencjał zeta połączony z analizami dynamicznego rozpraszania światła czy mikroskopia. Doktorant przeanalizował bardzo dużo parametrów zarówno w albuminie jak i erytrocytach człowieka. Badania zostały zaplanowane w sposób bardzo przemyślany dając bardzo cenne wyniki dostarczające nowej wiedzy na temat toksycznej aktywności nanocząstek polistyrenowych na poziomie komórkowym (erytrocyty) i cząsteczkowym (albumina, hemoglobina, acetylocholinoesteraza). W oparciu o przedstawione wyniki prac eksperymentalnych mogę z całą pewnością stwierdzić, że mgr Kamil Płuciennik w pełni zrealizował cele badań, które postawił sobie w swojej rozprawie doktorskiej.

Pomimo tego pojawiły się pewne nieścisłości np. podanie stężenia w jednostce „mg/ml” zamiast „µg/ml” czy brak zaznaczenia indeksu górnego np. zamiast liczby komórek  $1 \times 10^6$  kom./ml jest zapis  $1 \times 10^6$  kom./ml. Ponadto pod niektórymi wykresami (publikacja 4), na których brak jest zaznaczonej istotności statystycznej widnieją opisy wyjaśniające jakie „p” wskazuje gwiazdka, co jest niepotrzebne w przypadku stwierdzenia braku istotności statystycznej. Również w przypadku niektórych wykresów w publikacji nr 4 (np. fig.2) nie ma wskazania jaką wartość „p” wskazują dwie a jaką trzy gwiazdki. Również nie do końca dobrze brzmi określenie przedstawione na stronie 17 wstępu do rozprawy a mianowicie „fluorescencji tryptofanowej albuminy”. Lepiej brzmiałoby określenie np. fluorescencji tryptofanu w albuminie lub pochodzącej od tryptofanu fluorescencji albuminy. Wspomniane drobne błędy i nieścisłości, głównie natury edytorskiej w żaden sposób nie wpływają na bardzo dużą wartość zarówno naukową jak i merytoryczną recenzowanej rozprawy doktorskiej oraz w żaden sposób nie rzutują na moją bardzo wysoką ocenę umiejętności naukowych Mgr Kamila Płuciennika. W trakcie recenzji pracy pojawiło się kilka pytań, które chciałbym przedstawić poniżej:

1. W jaki sposób obecność koron białkowych na nanocząstkach nasila hemolizę erytrocytów. Co może stać za tym efektem, dlaczego obserwowana jest podwyższona cytotoksyczność nanocząstek po powstaniu koron białkowych?

2. Na stronie 24 Autor napisał, że „Prawdopodobny wzrost zawartości grup karbonylowych w białkach błony erytrocytarnej związany jest z naciskiem cząstek na błonę komórkową erytrocytów...”. W jaki sposób taki nacisk może wywołać zwiększenie ilości grup karbonylowych?

3. Dlaczego dla znacznika spinowego 5-DSA policzono parametr uporządkowania lipidów natomiast dla znacznika 16-DSA przedstawiono czasy korelacji bez wyliczenia parametru uporządkowania lipidów?

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr Kamila Płuciennika pt. „Zmiany strukturalne i funkcjonalne błon erytrocytów człowieka oraz białka modelowego albuminy narażonych na działanie nanocząstek polistyrenu o różnych średnicach (in vitro)” wnosi nową wiedzę na temat toksycznego działania nanocząstek polistyrenowych względem erytrocytów człowieka oraz wybranych białek. Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego prezentując innowacyjny oraz bardzo wysoki walor zarówno



# UNIWERSYTET W BIAŁYMSTOKU

## Wydział Biologii

ul. K. Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok  
tel. 85 738 8383 • e-mail: biologia.dzianat@uwb.edu.pl • biologia.uwb.edu.pl



merytoryczny jak i poznawczy. Dostarcza bardzo cennej i nowej wiedzy z punktu widzenia biofizycznego, toksykologicznego oraz w pewnych aspektach środowiskowego na temat nanocząstek polistyrenowych i ich aktywności biologicznej. O wysokiej wartości przedstawionych badań świadczy również fakt, że zostały już one zacytowane, bez autocytowań, 62 razy. Wachlarz metod został dobrany prawidłowo. Wszystko to mocno wskazuje na biegłość Autora pracy w kwestii planowania badań eksperymentalnych i doboru metod świadcząc o umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia pracy naukowej.

Ponadto mgr Kamil Płuciennik ma w swoim dorobku pięć doniesień konferencyjnych w j. polskim i trzy w j. angielskim, odbył staż naukowy w Katedrze Fizyki i Biofizyki na Wydziale Nauk o Żywności na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, brał udział w organizowaniu konferencji naukowych, popularyzacji nauki oraz odbył dwa szkolenia naukowe. Od roku 2023 jest również członkiem Polskiego Towarzystwa Biofizycznego.

Biorąc wszystko pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr Kamila Płuciennika spełnia wszystkie wymogi stawiane pracom na stopień naukowy „doktora” określone w ustawie - Ustawa Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018. W związku z tym wnoszę do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie Nauki Biologiczne o dopuszczenie Pana mgr Kamila Płuciennika do dalszych etapów postępowania doktorskiego i o nadanie Panu mgr Kamilowi Płuciennikowi stopnia naukowego „doktora”.

### **Wniosek o wyróżnienie pracy doktorskiej**

Praca doktorska Pana mgr Kamila Płuciennika prezentuje w mojej opinii bardzo wysoki poziom naukowy oraz szczególne walory poznawcze. Porusza niezwykle ważną kwestię jaką jest wyjaśnienie toksyczności nanocząstek polistyrenowych. Jest to zagadnienie o szczególnie istotnej randze z uwagi na fakt jak duży wpływ na środowisko i organizmy żywe ma działalność antropogenna, tym bardziej z uwagi na stały wzrost skażenia środowiska nanoplastikiem i mikroplastikiem a pełne zrozumienie mechanizmów toksyczności nanocząstek plastiku może przyczynić się do skuteczniejszego opracowania środków zapobiegających ich szkodliwemu wpływowi na układy biologiczne. Ponadto w rozprawie doktorskiej zastosowano bardzo szeroki wachlarz zróżnicowanych metod i technik badawczych. Należy również podkreślić, że wszystkie opublikowane prace zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR, posiadają wysoki IF, dwie spośród prac wnoszą również po 140 punktów MNiSW. Czwarta (nieopublikowana praca) wysłana została do recenzji do czasopisma również posiadającego 140 punktów MNiSW. We wszystkich pracach doktorant jest też pierwszym Autorem.

Z tego względu składam do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr Kamila Płuciennika.

*Schowski Szymon*