

Prof. dr hab. inż. Artur Bartkowiak
Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

OPINIA

na temat osiągnięcia naukowego pt. „Metody *omiczne* w badaniach różnorodności, ekologii i funkcji mikroorganizmów bytujących na materiałach technicznych” oraz ocena całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr inż. Justyna Szulc w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna, wszczętym w dniu 21 maja 2021 roku Politechnice Łódzkiej. Podstawą opracowania recenzji jest pismo z dnia 20.10.2021 prof. dr hab. inż. Grzegorza Wielgosińskiego dziekana Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej..

1. Ogólne informacje o Habilitantce

Justyna Szulc w 2010 roku ukończyła studia magisterskie w zakresie biotechnologii środowiska na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej. W roku 2015 roku obroniła pracę doktorską pt. „Wskaźniki zanieczyszczenia mikrobiologicznego środowisk pracy” wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. Beaty Gutarowskiej na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej. Po obronie pracy doktorskiej pracowała jako adiunkt na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej początkowo w Instytucie Technologii Fermentacji i Mikrobiologii a od 2019 roku w Katedrze Biotechnologii Środowiskowej.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym dr inż. Justyny Szulc, będący podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) jest monotematyczny cykl 7 publikacji naukowych jakie ukazały się w latach 2017-2021 pod wspólnym tytułem „Metody *omiczne* w badaniach różnorodności, ekologii i funkcji mikroorganizmów bytujących na materiałach technicznych”.

Sumaryczny Impact Factor (IF) dla siedmiu publikacji naukowych, obejmujących 7 prac eksperymentalnych, stanowiących podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 25,149 co daje średnio 3,64 na 1 publikację. Suma punktów wg punktacji MNiSW zgodnie z rokiem publikacji wynosi łącznie 640 pkt MEiN, w tym za lata 2017-2018: 2 publikacje - 60 pkt MEiN (średnio 30 pkt/publikację), 2021: 5 publikacji - 580 pkt MEiN (średnio 116 pkt/publikację).

We wszystkich 7 publikacjach dr inż. Justyna Szulc jest pierwszym autorem. Wszystkie prace są wieloautorskie, gdzie w jednej publikacji jest 2 autorów i kolejno w 2 jest 3, 1 jest 5, 1 jest 6 a w 2 jest 7 autorów. Wniesiony przez Habilitantkę udział i zakres wykonywanych pracy został oszacowany na podstawie udokumentowanych oświadczeń Habilitantki oraz innych współautorów, określających indywidualny opis wkładu w wykonane prace. Deklarowany udział w przygotowaniu wszystkich publikacji i wkład Habilitantki uważam za wiodący (deklarowany zakres 50-70%), który związany był m.in. z opracowaniem koncepcji i założeń badawczych we wszystkich 7 pracach wraz z przeprowadzeniem zasadniczej części badań, interpretacji wyników oraz przygotowaniem wszystkich manuskryptów i prowadzenie korespondencji z redaktorami w 6 z 7 publikacji (autor korespondencyjny).

Celem przewodnim badań przedstawionych we pracach eksperymentalnych (**H1-H7**) było określenie różnorodności mikroorganizmów oraz ich metabolitów, w tym mikotoksyn na materiałach technicznych o charakterze użytkowym w tym muzealnym (płyty kartonowo-gipsowe, fotografie, papier, tkaniny jedwabne, pieczęcie woskowe) i na materiale roślinnym (ziarna zbóż orkiszu) z zastosowaniem metod omicznych „omics” takich jak wysokoprzepustowe sekwencjonowanie na platformie Illumina MiSeq oraz metod laserowej spektrometrii mas ($^{109}\text{AgNPs}$, AgNPs i AuNPs SALDI-ToF-MS oraz LARESI MSI). Wyniki te miały zostać wykorzystane do lepszego poznania procesów czy wręcz wyjaśnienia mechanizmów biodeterioracji i ocena zagrożenia toksykologicznego materiałów technicznych przy wykorzystaniu metod omicznych.

Habilitantka przystępując do wyboru tematyki badań zwróciła uwagę na fakt braku metod analitycznych pozwalających na ocenę rozkładu przestrzennego metabolitów mikrobiologicznych (zwłaszcza mikotoksyn) w materiale technicznym. Wiele obecnie stosowanych metod nie pozwala na przestrzenną lokalizację różnorodnych metabolitów w badanym produkcie, co utrudnia wybór właściwych metod ekstrakcji,

jak również właściwych sposobów dekontaminacji materiałów technicznych, dlatego biorąc pod uwagę zalety metod LDI „laser desorption/ionization”, oraz ich użyteczność w analizie metabolicznej materiałów pochodzenia biologicznego postanowiono zastosować je w identyfikacji metabolitów mikroorganizmów na różnego rodzaju materiałach technicznych. Połączenie wiedzy na temat różnorodności mikroorganizmów oraz ich metabolitów (wyniku analiz metagenomicznych i metabolomicznych) daje możliwość poznania mechanizmów biodeterioracji oraz zagrożenia toksykologicznego.

Główna część badań wchodzących w zakres ocenianego osiągnięcia naukowego stanowią analizy metagenomowe i metabolomiczne materiałów technicznych stanowiących jednocześnie obiekty zabytkowe (publikacje **H2, H4, H5 i H6**).

Wykonana dla próbek papieru analiza metagenomowa wykazała większą bioróżnorodność plamek foxingowych w porównaniu do miejsc bez objawów foxingu (**H6**), gdzie obecność wykrytych za pomocą wysokoprzepustowego sekwencjonowania na platformie Illumina MiSeq bakterii *Gluconobacter* sp. i *Ralstonia* sp. oraz grzybów *Phoma* sp. i *Cladonia* sp. została w prezentowanych badaniach po raz pierwszy związana z występowaniem zjawiska foxingu na papierze. Badania metaboliczne wykonano bezpośrednio na próbkach papieru, na których technika nanoszenia na próbkę papieru za pomocą nebulizera zawiesiny nanocząstek złota w acetonitrylu (proces z ciągłym suszeniem) zastąpiła ekstrakcję metabolitów z próbek papieru i nanoszenie ekstraktów na płytkę SALDI pokrytą AuNPs. Rozwiązanie to umożliwiło obserwację różnic w profilu metabolitów poprzez analizę widm różnicowych otrzymanych bezpośrednio z papieru. Analiza ta wykazała dominację metabolitów związanych z metabolizmem cukrów i degradacją celulozy na plamkach foxingowych w porównaniu do miejsc bez foxingu. Zastosowanie w niniejszych badaniach obu metod omicznych (wysokoprzepustowego sekwencjonowania Illumina MiSeq oraz AuNPET SALDI-ToF-MS) pozwoliło stwierdzić, że foxing jest wynikiem synergistycznego efektu działania mikroorganizmów, ich aktywności degradującej papier, produkcji barwników oraz przemian chemicznych zachodzących w papierze w wyniku utleniania metabolicznego celulozy.

Analiza matagenomowa „omics” pozwoliła na zidentyfikowanie większej puli mikroorganizmów związanych ze środowiskiem zabytkowych fotografii, niż było to

opisane wcześniej w literaturze (**H4**), które mogą być odpowiedzialne za proces biodeterioracji fotografii, ponieważ znane są z wytwarzania szerokiej gamy enzymów, w tym proteaz, żelatynazy i celulaz. W wyniku przeprowadzonych analiz wykazano obecność typowych metabolitów jak kwas heksenowy, cytrynowy i jabłkowy, gdzie te ostatnie odgrywają one istotną rolę w biokorozji - jednym z mechanizmów biodegradacji materiałów technicznych. Obrazowanie LARESI MSI pozwoliło również wykryć na powierzchniach historycznych fotografii metabolity wtórne pleśni, takie jak nigerycyna oraz mikotoksyny: ochratoksyna B, toksyna T2 i aflatoksyny B1 i B2, które mogą stanowić bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia osób pracujących z zabytkowymi fotografiami. Co ciekawe uzyskane w pracy obrazy jonowe wykazały, że ciemne regiony fotografii zawierają większe ilości nanostruktur srebra, co można wykorzystać w obrazowaniu MSI do rekonstrukcji obrazu umieszczonego na mocno zniszczonych fotografiach.

Analizę omiczną przeprowadzono także dla archeologicznego jedwabiu (**H2**), gdzie przeprowadzone badania bazujące na wysokosprawnym sekwencjonowaniu na platformie Illumina MiSeq pozwoliły na identyfikację mikroorganizmów dotychczas nie znanych z możliwości zasiedlania archeologicznego jedwabiu. W pracy do analizy metabolicznej pięciu próbek jedwabiu archeologicznego wykorzystano metodę ^{109}Ag SALDI i technikę obrazowania metodą spektrometrii mas ze zdalną laserową jonizacją ablacją i elektrorozpyleniem - LARESI MSI w trybie SRM. Analizy te pozwoliły ustalić, iż w profilach metabolitów uzyskanych dla jedwabiu archeologicznego dominują peptydy, aminokwasy, mocznik i kwasy organiczne, natomiast w próbkach kontrolnych znajdują się głównie polimery. Na uwagę zasługuje fakt, iż zidentyfikowana N-(3-oksododekanoilo)-L-homoseryna jest uznawana za związek regulujący ekspresję genów u bakterii gram- ujemnych, który uczestniczy w zjawisku *quorum sensing*. Przeprowadzona analiza omiczna jedwabiu sugeruje, że oprócz znanego z literatury procesu enzymatycznej degradacji fibroiny i serycyny do peptydów i aminokwasów w trakcie biodeterioracji jedwabiu mogą wystąpić także inne mechanizmy niszczenia, o czym świadczy obecność mocznika i kwasów organicznych w próbkach jedwabiu archeologicznego. Takie informacje mogą być bardzo cenna dla konserwatorów przed podjęciem decyzji o wyborze właściwej metody konserwacji.

Kolejnym innym obiektem dziedzictwa kulturowego dla którego przeprowadzono analizę omiczną były średniowieczne silnie zniszczone pieczęci woskowe z Archiwum Archidiecezjalnego z Gniezna (**H5**). Praca jest pierwszą oceną mikrobiocenozy pieczęci powstałych z wosku pszczelego z wykorzystaniem wysokoprzepustowego sekwencjonowania na platformie Illumina MiSeq. Liczne rodzaje zdiagnozowanych w ten sposób mikroorganizmów ze względu na potencjalne możliwości enzymatyczne, mogą być odpowiedzialne za biodeteriorację badanych pieczęci. We wszystkich próbkach wykryto prawie 300 różnych substancji w tym kwasy tłuszczowe, mono- di- i trójglicerydy, węglowodory i lipidy glicerofosfocholinę, glicerofosfoetanolaminę, glicerofosfoseryny, glicerofosfoglicerole, glicerofosforany, glicerofosfoinozytoly, ceramidy i sfingomieliny. Występujące kwasy oksotłuszczowe w zaproponowanych szlakach metabolicznych rozkładu mikrobiologicznego, które prawdopodobnie powstały wskutek biodeterioracji historycznych pieczęci mogą być ciekawym sposobem weryfikacji ich autentyczności. Bardzo ważnym aspektem tych badań była identyfikacja metabolitów specyficznych dla pleśni z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, które mogą mieć wpływ na rozwój innych mikroorganizmów.

Kolejną grupą materiałów technicznych będących obiektami badań wchodzącymi w zakres prezentowanego osiągnięcia naukowego są materiały budowlane (**H1 i H7**). Badania prowadzona dla sześciu wytypowanych gatunków pleśni, które opisywane są jako mikroorganizmy najczęściej izolowane z płyt kartonowo-gipsowych i innych materiałów budowlanych. Fakt bardziej intensywnych zmian w widmie różnicowym populacji mieszanej w stosunku do hodowli pojedynczych, pozwolił wnioskować, że pożywka wzrostu pleśni i interakcje między gatunkami determinowały ilościowy i jakościowy skład uzyskanych profili metabolitów (**H7**), gdzie np. na płycie kartonowo-gipsowej metabolizm pleśni zmienił się w kierunku biosyntezy steroidów, ubiquinonu, terpenoidów i chinonów, które docelowo mogą przyczyniać się do adaptacji pleśni w środowisku materiałów budowlanych. Ilościowa ocena mikotoksyn na materiałach budowlanych przeprowadzono na przykładzie płyty kartonowo-gipsowej (**H1**), gdzie m.in. dla stosowanych metod LDI wyznaczono granicę wykrywalności (LOD) i oraz dolną granicę oznaczalności (LLOQ). Spośród stosowanych w pracy metod SALDI najniższe granice wykrywalności i oznaczalności większości badanych mikotoksyn stwierdzono dla $^{109}\text{AgNPET}$, gdzie po weryfikacji dla próbek innych materiałów

budowlanych i stosowanej walidacji, metoda ta może stanowić alternatywę dla obecnie najczęściej stosowanej do oznaczania mikotoksyn metody LC-MS/MS.

Było to przesłanką do wykonania analizy przestrzennego rozmieszczenia metabolitów pochodzenia biologicznego w warunkach modelowych na podłożu mikrobiologicznym i ziarnie orkiszu (**H3**), przy użyciu obrazowania metodą spektrometrii mas ze zdalną laserową jonizacją ablacją i elektrorozpylaniem - LARESI MSI (ang. laser ablation-remote-electrospray ionisation mass spectrometry imaging) w trybie monitorowania wybranych reakcji fragmentacji (SRM). Przedstawione badania po raz pierwszy wykorzystwały obrazowanie metodą spektrometrii mas LARESI w analizie przestrzennego rozmieszczenia mikotoksyn na powierzchni materiału roślinnego i potwierdziły pewne zależności pomiędzy rodzajami substancji odżywczych występujących na powierzchni a rodzajem pojawiających się metabolitów pleśni. Największą zaletą metody LARESI MSI jest to, że można ją stosować in situ, ponieważ nie wymaga wstępnej obróbki/modyfikacji próbki (ziarna). Metoda ta może być w przyszłości stosowana do analizy metabolomicznej różnych roślin, produktów rolnych i innych materiałów technicznych w tym zabytkowych.

W osiągnięciu scharakteryzowano metody laserowej spektrometrii mas pod względem przygotowania próbek, granicy wykrywalności, dolnej granicy oznaczalności wybranych mikotoksyn na materiałach budowlanych. Wiedza ta może zostać wykorzystana do walidacji tych metod oraz ich dalszej aplikacji w badaniach związków chemicznych na innych materiałach technicznych. Należy zauważyć również, że metody LDI umożliwiają identyfikację w próbkach związków chemicznych pochodzenia mikrobiologicznego o potencjalnym znaczeniu dla biotechnologii przemysłowej. Znajomość przestrzennej lokalizacji mikotoksyn powinna być brana pod uwagę przy wyborze metody ekstrakcji mikotoksyn, jak również sposobów dekontaminacji materiałów technicznych, tak aby ograniczyć straty finansowe (np. producentów żywności, materiałów budowlanych) i zagwarantować bezpieczeństwo ludzi (np. konserwatorów obiektów zabytkowych, mieszkańców budynków z objawami zagrzybienia).

Na uwagę zasługuje fakt, iż wybrane publikacje opisują po raz pierwszy na świecie zastosowanie metod laserowej spektrometrii mas opartych o nanocząstki złota i srebra ¹⁰⁹AgNPs, AgNPs i AuNPs SALDI-ToF-MS oraz obrazowania LARESI MSI

w badaniach profili metabolicznych mikroorganizmów zasiedlających materiały budowlane, papier, fotografie, pieczęcie, jedwab i materiał roślinny (ziarna zbóż). Osiągnięte rezultaty posiadają wysokie znaczenie zarówno poznawcze oraz aplikacyjne o charakterze interdyscyplinarnym i stanowią znaczący wkład w rozwój dwóch dyscyplin inżynieria chemiczna oraz inżynieria środowiska. Wyniki oraz wnioski mogą być z powodzeniem wykorzystane zarówno do zgłębienia zagadnień związanych z badaniami podstawowymi mechanizmów biodeterioracji jak i do celów aplikacyjnych dotyczących monitorowania niekorzystnych zmian mikrobiologicznych zachodzących na powierzchni różnych materiałów i produktów w tym docelowo skutecznemu ich przeciwdziałaniu.

3. Ocena istotnej działalności naukowej

Dr inż. Justyna Szulc jest autorką lub współautorką 54 artykułów naukowych (z czego 30 po uzyskaniu ostatniego awansu), 2 monografii i 12 rozdziałów w monografiach naukowych. Opublikowała 40 publikacje w czasopismach znajdujących się na liście Journal Citation Reports (JCR) m.in. 9 publikacji w International Biodeterioration & Biodegradation (IF=4,074), 9 w International Journal of Environmental Research and Public Health (IF=2,849) oraz w czasopismach Materials, Toxins, Polymers i Molecules o IF>3,0.

Wartość punktowa wszystkich publikacji według wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania z wyłączeniem publikacji będących osiągnięciem stanowiącym podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego wynosi 1685 pkt MEiN w tym: za lata 2011-2018: 755 pkt MEiN, 2019: 930 pkt MEiN, przy sumarycznym współczynniku Impact Factor wynoszącym IF=68,083 (co daje średnio przy 33 publikacjach z listy JCR 2,06 na publikację), w tym po uzyskaniu stopnia naukowego doktora 50,494 (co daje średnio przy 20 publikacjach z listy JCR 2,52 na publikację, bez prac uwzględnionych w osiągnięciu). Sumaryczny Impact Factor całego dorobku z uwzględnieniem publikacji osiągnięcia wynosi IF=93,232, łączna liczba punktów za publikacje i monografie naukowe zgodnie z kryteriami MEiN wynosi 2325 (w tym za lata 2011-2018: 815 pkt MEiN, 2019-2020: 1510 pkt MEiN).

Wartość Indeksu Hirscha wg baz Web of Science oraz Scopus wynosi 11, natomiast

liczba cytowań wg bazy Web of Science Core Collection 357 (286 z wyłączeniem autocytowań) natomiast wg bazy Scopus: 383 (312 z wyłączeniem autocytowań).

Na uwagę zasługuje fakt, że gro tych cytowań dotyczy dorobku opublikowanego przed doktoratem. Analiza dorobku na dzień 18.12.2021 w bazie Scopus wskazuje, że publikacje opublikowane do roku 2018 pod nazwiskiem Skóra była łącznie cytowane 353 razy przy $HI=11$, a 26 prac jakie ukazały się od 2017 roku pod nazwiskiem Szulc były cytowane 124 razy przy $HI=8$, z czego w ostatnim roku 2021 prace te były cytowane już 51 razy. Wyniki swoich badań naukowych Habilitantka prezentowała 54 razy na konferencjach w tym jako 14 wykładów.

Pozostałe osiągnięcia naukowe w postaci publikacji i doniesień konferencyjnych dotyczą następujących obszarów tematycznych:

1. Ocena zagrożeń mikrobiologicznych i toksykologicznych w środowiskach pracy (po uzyskaniu stopnia doktora: 5 publikacji, 2 monografie, udział w 4 projektach w tym w 1 jako kierownik projektu);
2. Ocena przeżywalności mikroorganizmów na włókninach oraz ocena właściwości przeciwdrobnoustrojowych włóknin (po uzyskaniu stopnia doktora: 9 publikacji, udział w 2 projektach);
3. Badania w zakresie biodeterioracji i ochrony obiektów zabytkowych (po uzyskaniu stopnia doktora: 2 publikacje, udział w 2 projektach);
4. Analiza metabolitów na materiałach technicznych (po uzyskaniu stopnia doktora: 1 publikacja poza publikacjami wchodzącymi w zakres ocenianego osiągnięcia, udział w 2 projektach w tym w 1 jako kierownik projektu)

Opublikowany dorobek naukowy Kandydatki można uznać za znaczący, zwarty i charakteryzujący się bardzo dobrym poziomem naukowym. Dziwi przy tak dużym dorobku publikacyjnym o charakterze badawczo-aplikacyjnym brak zgłoszeń patentowych i patentów. W ocenie recenzenta, aktywność naukowa dr Szulc przekładająca się na wskazaną powyżej liczbę publikacji jest wystarczająca by uznać Ją za dojrzałego pracownika nauki.

4. Ocena pozostałej działalności w tym organizacyjnej i dydaktycznej

Habilitantka w okresie po doktoracie intensywnie współpracowała we wszystkich tematach badawczych z pracownikami licznych krajowych (łącznie 10 poza

jednostkami z macierzystej uczelni) i zagranicznych jednostek naukowych (łącznie 4)

Wśród zagranicznych jednostek naukowych należy wymienić współpracę z :

1. Institute of Bioanalytics and Agro-Metabolomics (dawniej Center for Analytical Chemistry), Department IFA-Tulln, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Tulln, Austria – współpracuje z dr Michaeliem Sulyokiem w sposób ciągły od 2014 roku m.in. odbyła staż naukowy w 2015 roku, gdzie wspólne prace koncentrują się na badania metabolitów za pomocą technik HPLC- MS/MS i specjalnego oprogramowania (5 wspólnych publikacji).
2. Montana State University, Center of Biofilm Engineering, Bozeman, MT, USA - współpraca od 2014 roku z prof. Iwoną Beech w obszarze badania zjawisk biodeterioracji materiałów budowlanych oraz obiektów dziedzictwa kulturowego.
3. Slovak Academy of Sciences, Department of Microbial Ecology, Institute of Molecular Biology, Bratislava, Slovakia – współpraca od 2014 roku dot. wykorzystania metod omics w ocenie biodeterioracji zabytków na podłożu papierowym.
4. Research Centre for Agriculture and Environment, Council for Agricultural Research and Economics, Rome, Italy – współpraca od roku 2018 w tym prace badawcze z zakresu określeniu profili metabolitów w próbkach gleb zasolonych pochodzących z Polski i z Włoch z zastosowaniem metod laserowej spektrometrii mas.

Tym samym wobec bardzo obszernej współpracy krajowej i międzynarodowej spełniła ustawowy warunek legitymowania się aktywnością naukową w więcej niż jednym uniwersytecie lub instytucji badawczej.

Dr Szulc brała udział w 6 projektach badawczych w tym w 2 jako kierownik.

Dr Szulc wykonała łącznie 13 recenzji publikacji w tym 10 dla zagranicznych czasopism naukowych.

Obowiązki dydaktyczne dr Szulc związane są z prowadzeniem zajęć dydaktycznych zarówno wykładów jak i ćwiczeń laboratoryjnych z zakresu mikrobiologii ogólnej i specjalistycznej w tym różnych zagrożeń mikrobiologicznych dla studentów Politechniki Łódzkiej na wydziałach: Biotechnologii i Nauk o Żywności, Zarządzania

i Inżynierii Produkcji, Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów oraz International Faculty of Engineering (Biotechnology) oraz studentów Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, Wydział Farmaceutyczny. Jej zaangażowanie w proces dydaktyczny bardzo wysoko oceniają studenci czego dowodem były wyniki ankiety ewaluacyjnej przeprowadzonej w roku akademickim 2018/2019.

Opracowała 3 nowe programy nauczania dla przedmiotów obieralnych na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ (Zagrożenia biologiczne w biogospodarce, Czynniki biologiczne na stanowiskach pracy, Analiza obrazu w biotechnologii i ocenie żywności) oraz prowadziła bardzo bogatą działalność edukacyjną związaną z popularyzacją nauki mającą na celu promocję działalności macierzystego wydziału i uczelni w tym jest współautorką bloga PŁ, gdzie regularnie umieszcza teksty i prezentacje przybliżające świat nauki. Była opiekunem 5 prac magisterskich oraz recenzowała 4 prace inżynierskie. Współorganizowała liczne konferencje, szkolenia i seminaria naukowe zarówno krajowe jak i międzynarodowe.

W latach 2016-2020 była wielokrotnie wyróżniana licznymi nagrodami naukowymi i organizacyjnymi Rektora Politechniki Łódzkiej w tym 2019 otrzymała nagrodę Rektora PŁ za osiągnięcia w działalności naukowej i dydaktycznej.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z cyklem monotematycznych publikacji pt. „Metody *omiczne* w badaniach różnorodności, ekologii i funkcji mikroorganizmów bytujących na materiałach technicznych” oraz z całościowym dorobkiem naukowym dr inż. Justyny Szulc stwierdzam, że spełnia on warunek osiągnięcia naukowego, będącego ważnym i wymiernym wkładem Habilitantki w rozwój uprawianej przez nią dyscypliny naukowej. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych prezentuje odpowiedni poziom merytoryczny i wnosi oryginalny wkład do interdyscyplinarnej wiedzy w zakresie biotechnologii środowiskowej i przemysłowej, a szczególnie mikrobiologii przemysłowej i środowiskowej. Wyniki w oparciu o metody *omiczne* wzbogaciły wiedzę w zakresie mechanizmów biodeterioracji obiektów zabytkowych i technicznych oraz zagrożeń szkodliwymi czynnikami biologicznymi. Zaprezentowany w autoreferacie dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski dopełnia

obrazu dojrzałego pracownika naukowo-dydaktycznego.

Uważam, iż całokształt dorobku, z którym się zapoznałem spełnia wszystkie wymagania zawarte w Ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dn. 30 sierpnia 2018 r. i na tej podstawie pozytywnie opiniuję wniosek o nadanie dr inż. Justynie Szulc stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna oraz wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

DYREKTOR
Centrum Bioinżynierii i Innowacyjnych
Materiałów Opakowaniowych
Prof. dr hab. inż. Artur Bartkowiak