dr hab. Agnieszka Dardzińska-Głębocka, prof. PB
Wydział Mechaniczny
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45C
15-351 Białystok

Białystok, 2023-09-15

RECENZJA

osiągnięć naukowych oraz istotnej aktywności naukowej
dr inż. Macieja Gawlikowskiego
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora
habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie inżynieria biomedyczna

1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Doskonałości Naukowej - prof. dr hab. Grzegorza Węgrzyna, z dnia 29.06.2023 r., wyznaczające mi funkcję recenzenta w postępowaniu awansowym dr. inż. Macieja Gawlikowskiego (pismo nr DRKN.Z2.400.58.2023).

Do w/w pisma załączony był wniosek Habilitanta z dnia 30.03.2023 r. do Rady Doskonałości Naukowej o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego wraz z n/w załącznikami:

- dane Wnioskodawcy (w języku polskim i angielskim),
- kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia naukowego doktora,
- autoreferat przedstawiający opis osiągnięć naukowych, informację o wykazaniu się istotną aktywnością naukową oraz informację o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę (w języku polskim i angielskim),
- oświadczenia określające indywidualny wkład współautorów w powstanie prac stanowiących osiągnięcie naukowe,
- wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny (w języku polskim i angielskim),
- zaświadczenie o kierowaniu projektami B+R,
- zaświadczenie o odbyciu staży,
- kopie publikacji (w skompresowanym pliku *.zip),
- wersja elektroniczna wniosku.

Podstawę prawną przygotowania niniejszej recenzji stanowi Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020 poz. 85, 374, 695, 875, 1086, Dz. U. 2021 poz. 159), i mający w tym przypadku zastosowanie art. 219 tej Ustawy, zgodnie z którym stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora,
2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,
3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. CHARAKTERYSTYKA SYLWETKI HABILITANTA

Dr inż. Maciej Gawlikowski ukończył studia wyższe magisterskie na kierunku elektronika i telekomunikacja w specjalności aparatura elektroniczna na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w 2000 r. Promotorem pracy magisterskiej, zatytułowanej *„Pomiar i rejestracja parametrów elektrycznych sieci zasilającej"* był dr hab. inż. Zdzisław Filus.

W 2011 r. Habilitant uzyskał stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej elektrotechnika, specjalność metrologia wielkości nieelektrycznych na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *"Badania modelowe wybranych parametrów metrologicznych układu krążenia dla potrzeb diagnostyki hemodynamicznej"*, przygotowanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Tadeusza Pustelnego, na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej.

Od roku 2019 Habilitant jest zatrudniony na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Katedrze Biosensorów i Przetwarzania Sygnałów Biomedycznych na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego. Od 2017 również funkcję Zastępcy Dyrektora ds. naukowych w Instytucie Protez Serca Fundacji rozwoju Kardiochirurgii.

3. OCENA OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH STANOWIĄCYCH PODSTAWĘ UBIEGANIA SIĘ O NADANIE STOPNIA DOKTORA HABILITOWANEGO

3.1. Uwagi wstępne

Osiągnięciem naukowym wskazanym przez Habilitantka jako spełniającym wymóg, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce jest zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne pt. ***"Wielokierunkowe badania i rozwój implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca w aspekcie ich hemokompatybilności"***.

Habilitant przedłożył do oceny osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne, jako spełniające kryterium istotnego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej, stanowiące wykaz projektów. Pan dr inż. M. Gawlikowski wskazał je jako osiągnięcia mające istotny wkładu w rozwój dyscypliny *inżynieria biomedyczna*. Są to:

[P1] „Przygotowanie do wdrożenia klinicznego polskich pediatrycznych protez serca"; numer umowy: POIR.04.01.02-00-0073/17-00; wartość projektu: 7 886 300 zł; funkcja: kierownik projektu.

[P2] „Opracowanie technologii metrologicznych, informatycznych i teleinformatycznych dla potrzeb protez serca"; przedsięwzięcie P02 Programu Wieloletniego pod nazwą „Polskie Sztuczne Serce; numer umowy: 1 Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii jest jednostką naukową w myśl Ustawy o Szkolnictwie Wyższym i Nauce DZ. U. z 2021 r. poz. 478 z pózn. zm. art 7 ust 1 pkt 8. PW/P02-PBZ-MNiSW/2007 (przedsięwzięcie P02) oraz 6/9/2012/1574/213 (cały program); wartość projektu: 5 212 000 zł (przedsięwzięcie P02), 29 725 703 zł (cały program); funkcja: kierownik przedsięwzięcia projektu.

[P3] „Wprowadzenie do praktyki klinicznej oryginalnej polskiej wszczepialnej wirowej pompy wspomagania serca oraz systemu zdalnego monitorowania i nadzorowanej zdalnie rehabilitacji pacjentów na wspomaganiu serca - RH_ROT", przedsięwzięcie "Badania przedkliniczne systemu ReligaHeart ROT"; numer umowy: STRATEGMED2/266798/15/NCBR/2015; wartość projektu: 27 029 210 zł; funkcja: kierownik przedsięwzięcia projektu.

[P4] „System pomiaru przepływu krwi i detekcji materiału mikrozatorowego dla pulsacyjnej protezy wspomagania serca ReligaHeart EXT"; numer umowy: PBS1/A3/11/2012; wartość projektu: 2 093 300 zł, funkcja: kierownik projektu.

[P5] „Opracowanie typoszeregu dyskowych zastawek mechanicznych dla pediatrycznych komór wspomagania serca; numer umowy: N R13-0118-10/2011; wartość projektu: 3 000 000 zł; funkcja: kierownik prac B+R konsorcjanta projektu.

[P6] „Pozaustrojowy pulsacyjny system wspomagania serca dla dzieci RELIGA HEART PED"; numer umowy: PBS1/A7/1/2012; wartość projektu: 5 277 550 zł; funkcja: kierownik prac B+R lidera projektu.

Habilitant wśród swoich osiągnięć naukowych wymienił:

1. W zakresie rozwoju i zastosowania klinicznego systemów MCS:
   - kluczowy udział w opracowaniu, rozwoju i wdrożeniu klinicznym pozaustrojowego systemu wspomagania serca ReligaHeart EXT [P2] oraz w opracowaniu systemu pediatrycznego ReligaHeart PED [P1];
   - kluczowy udział we wprowadzeniu do stosowania klinicznego wirowego systemu wspomagania serca HVAD [P2];
   - znaczący udział w zorganizowaniu i prowadzeniu systemu opieki technicznej nad pacjentami z wszczepionymi wirowymi systemami wspomagania serca;
   - opracowanie trzech nieinwazyjnych metod estymacji objętości krwi zawartej P-VAD za pomocą zjawisk optycznych i akustycznych oraz ocena możliwości ich zastosowania w systemach MCS rodziny ReligaHeart EXT i ReligaHeart PED;

- zastosowanie pomiaru bioimpedancji do nieinwazyjnego badania jednostkowej objętości wyrzutowej P-VAD;

2. W zakresie rozwoju implantów zastawkowych:
   - udoskonalenie dyskowej zastawki mechanicznej Moll i jej rozwój zakończony zastosowaniem w pulsacyjnym urządzeniu wspomagania serca ReligaHeart EXT [P5, P6];
   - opracowanie kompozytowych zastawek poliuretanowych i rozwój jednopłatkowej zastawki napływowej w kierunku zastosowania w pulsacyjnym systemie wspomagania serca dla dzieci ReligaHeart PED;
   - znaczący udział w opracowaniu biopротezy zastawki aortalnej wykonanej z bionanocelulozy;
3. W zakresie badania trombogenności biomateriałów i systemów mechanicznego wspomagania pracy serca:
   - opracowanie i wdrożenie do monitorowania pacjentów metodologii wczesnego, nieinwazyjnego wykrywania zakrzepicy wirowej pompy krwi na podstawie analizy wibroakustycznej i analizy trendu mocy pompy [P3];
   - opracowanie metodologii nieinwazyjnego, ultradźwiękowego wykrywania mikroskrzeplin w płynącej krwi [P4];
   - opracowanie dwóch metod (statycznej i dynamicznej) badania trombogenności biomateriałów;
   - znaczące udoskonalenie metody całościowej oceny trombogenności implantu (ostra trombogenność) [P2].

Habilitant nie sprecyzował co oznacza „znaczące udoskonalenie metody", czy też „znaczący udział w opracowaniu bioprotezy zastawki aortalnej". Nie wskazano również procentowego udziału w badaniach kierownika projektu w merytorycznych zagadnieniach projektowych.

Przedmiotem wybranego przez Habilitanta osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego, technologicznego są zagadnienia związane z badaniem oraz rozwojem implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca w aspekcie ich hemokompatybilności. Rozwiązanie tego problemu stanowi istotny wkład Habilitanta w rozwój nauki, ze względu na następujące powody:

Innowacyjność tematu: Badania nad implantami zastawkowymi i urządzeniami do mechanicznego wspomagania pracy serca w kontekście hemokompatybilności są tematem o dużej innowacyjności. Hemokompatybilność jest kluczowym czynnikiem wpływającym na skuteczność i bezpieczeństwo tych urządzeń, a Habilitant zajmuje się opracowaniem nowatorskich rozwiązań w tej dziedzinie.

Medyczna i społeczna istotność: Implikacje badań nad hemokompatybilnością implantów serca i urządzeń wspomagających pracę serca są ogromne. Poprawa tych technologii może znacząco wpłynąć na jakość życia pacjentów z chorobami serca, a nawet uratować życie wielu z nich. Dlatego badania te są istotne zarówno z punktu widzenia medycyny, jak i społeczeństwa.

Potencjał praktyczny: Badania nad hemokompatybilnością mają bezpośredni wpływ na rozwijanie nowych rozwiązań medycznych i technologicznych. Habilitant kierował

wieloma projektami badawczymi, które miały na celu wprowadzenie nowych technologii do praktyki klinicznej, co pokazuje praktyczny aspekt jego pracy.
Kompleksowość problemu: Problem hemokompatybilności implantów serca i urządzeń wspomagających pracę serca jest niezwykle złożony. Wymaga on interdyscyplinarnego podejścia, łączącego wiedzę z dziedzin takich jak inżynieria biomedyczna, medycyna, metrologia, i informatyka. Habilitant skupia się na tym problemie w wielu projektach, co dowodzi jego zdolności do kompleksowego podejścia.
W związku z powyższymi punktami, można stwierdzić, że cykl projektów habilitanta dotyczy istotnego problemu naukowego, a jego rozwiązanie przyczynia się do znaczącego wkładu w rozwój nauki, zwłaszcza w dziedzinie inżynierii biomedycznej i kardiologii.

3.2. Ocena wartości merytorycznej osiągnięcia i wkładu w rozwój dyscypliny

Analiza celów i osiągnięć naukowych habilitanta, dr. inż. Macieja Gawlikowskiego, wskazuje na znaczący wkład w dziedzinę inżynierii biomedycznej i medycyny, zwłaszcza w kontekście rozwoju implantów zastawkowych i urządzeń mechanicznego wspomagania serca w aspekcie hemozgodności. Autor jasno przedstawił cele badawcze, które koncentrują się na rozwoju implantów zastawkowych i urządzeń mechanicznego wspomagania serca w celu poprawy hemozgodności. Inspiracją były praktyczne zastosowania pulsacyjnego systemu wspomagania serca POLCAS i występujące problemy związane z krzepnięciem krwi. Habilitant opisał innowacyjne podejścia do badań nad mechanizmami zakrzepicy i hemozgodnością implantów serca. Wykorzystał różne metody pomiarowe, takie jak rezonans akustyczny, bioimpedancja, oraz technologie optyczne, aby badać i kontrolować te aspekty [P1], [P2]. Wprowadził także modyfikacje konstrukcji zastawek mechanicznych w celu zmniejszenia trombogenności. Wprowadził ponadto długotrwałe badania zmęczeniowe i badania kliniczne w swoich badaniach, co jest istotne w kontekście praktycznego zastosowania. Autor opisał prowadzone prace nad dwiema oryginalnymi konstrukcjami zastawek poliuretanowych przeznaczonych do zastosowania w urządzeniach mechanicznego wspomagania serca (P-VAD). Wprowadzenie fenestracji w pierścieniu zastawki wypływowej w celu zmniejszenia obszarów zastoju krwi i korzystnego wpływu na omywanie przestrzeni przylegających do zastawki jest interesującym podejściem do poprawy hemodynamicznych właściwości zastawek.
Habilitant szczegółowo opisał zastosowane metody badawcze, co umożliwia zrozumienie ich skuteczności i zastosowania. Przeprowadził badania biologiczne biomateriału, w tym in-vitro na krwi ludzkiej i in-vivo na modelach zwierzęcych oraz korelacje między różnymi parametrami wraz z potencjalnymi ograniczeniami i wyzwaniami związanymi z wybranymi metodami.
Najważniejszym osiągnięciem będącym efektem projektu [P3] jest rozwinięcie metody wykrywania ryzyka zakrzepicy w systemach wspomagania serca typu HVAD. Wykorzystanie analizy widma akustycznego i monitorowania wzrostowego trendu mocy jako narzędzi do wczesnego wykrywania ryzyka zakrzepicy jest innowacyjne i

obiecujące. Wykazano, że obecność w widmie III harmonicznej częstotliwości podstawowej jest silnie skorelowana z klinicznymi symptomami zakrzepicy, co może prowadzić do wcześniejszego i bardziej skutecznego leczenia. Dodatkowo, prace nad metodami oceny trombogenności biomateriałów w warunkach in-vitro są istotne dla rozwoju implantów zastawkowych i urządzeń mechanicznego wspomagania serca. Standaryzacja tych metod może poprawić porównywalność wyników badań przeprowadzanych przez różne zespoły badawcze. Należy jednak zauważyć, że wyniki opisane w przedstawionym fragmencie nie obejmują pełnego zakresu prac Habilitanta ani ich dokładnych implikacji klinicznych. Brakuje tu istotnych informacji dotyczących zmian w konstrukcjach implantów i urządzeń, które zostały wprowadzone w wyniku tych badań oraz jakie są długoterminowe efekty tych zmian na zdrowie i życie pacjentów.

Badania hydrodynamiczne zastawek były przeprowadzane na fizycznych fantomach przepływowych, co jest standardowym podejściem w dziedzinie badań nad implantami serca. Autor przedstawił wyniki tych badań, w tym informacje o przepływie wstecznym i odporności płatka zastawki na siły ciśnienia, co jest istotne z punktu widzenia funkcji zastawki. Autor badał modyfikacje powierzchni biomateriału za pomocą różnych technik, takich jak PVD i CECVD. Wybór amorficznego węgla uwodornionego a-C:H jako warstwy o najlepszej biozgodności i trombogenności jest wynikiem wartościowych badań. To podejście ma potencjał do poprawy właściwości biomateriałów stosowanych w implantach serca.

Habilitant przedstawił dodatkowo swój udział w projekcie badawczym [P12], który dotyczył badania bioprotezy ludzkiej zastawki aortalnej wykonanej z bionanocelulozy. Autor przeprowadził badania biozgodności i trombogenności biomateriału z bionanocelulozy, w tym modyfikowanej kwasem hialuronowym. Wykazano, że ten biomateriał jest niehemolizujący i odporny na biodegradację, co jest istotne dla jego potencjalnego zastosowania klinicznego. Badania trombogenności również dostarczyły wartościowych wyników, sugerujących brak istotnych różnic w porównaniu do materiałów referencyjnych. Przeprowadzenie sześciomiesięcznych badań hydrodynamicznych zastawek wykonanych z bionanocelulozy jest istotnym krokiem w ocenie trwałości tych implantów. Wyniki tych badań dostarczyły dowodów na trwałość mechaniczną zastawek HAB. Badania histopatologiczne i mikroskopowe próbek pobranych po eksperymencie są istotne dla oceny biokompatybilności biomateriału. Potwierdzenie braku skrzeplin jest obiecujące.

W projekcie którym kierował (projekt [P4]), Habilitant skupił się na problemie mikrozatorowych skrzeplin, które mogą powstawać w wyniku kontaktu krwi z biomateriałem i przepływu krwi w urządzeniach medycznych. Habilitant postawił hipotezę, że można je wykrywać za pomocą ultradźwięków, co może pomóc w zapobieganiu powikłaniom związanym z zakrzepicą. W ramach projektu, wspólnie z partnerami, skonstruował urządzenie ultradźwiękowe i wykorzystał je do wykrywania sygnałów HITS (sygnałów o dużej intensywności) w obecności mikrozatorów. Badania były prowadzone zarówno in-vitro, na mikrosferach polimerowych, jak i na modelu zwierzęcym, co pozwoliło na ocenę skuteczności tych metod w warunkach zbliżonych

do rzeczywistych. Habilitant opisał również zastosowanie tych metod w praktyce klinicznej, co ma istotne znaczenie dla zdrowia pacjentów korzystających z implantów serca. Jego badania nie ograniczały się jedynie do detekcji mikrozatorów. Przeprowadził również badania nad oceną ryzyka zakrzepicy w systemach mechanicznego wspomagania serca. Opracował metody monitorowania mocy elektrycznej pobieranej przez urządzenia i wykrywania wzrostu trendu mocy, co może wskazywać na ryzyko zakrzepicy. Te metody okazały się skuteczne w wykrywaniu ryzyka zakrzepicy, co miało praktyczne zastosowanie w opiece nad pacjentami. Dodatkowo, habilitant zwrócił uwagę na potrzebę standaryzacji metod oceny trombogenności biomateriałów, co ułatwiłoby porównywanie wyników badań [P5], [P6]. Jego badania miały praktyczne zastosowanie kliniczne i przyczyniły się do poprawy bezpieczeństwa pacjentów korzystających z implantów serca oraz do rozwoju dziedziny kardiologii i inżynierii biomedycznej.

Podsumowując, opis osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych habilitanta jest szczegółowy i zawiera wiele istotnych informacji. Prace te stanowią ważny wkład w dziedzinę implantów zastawkowych i urządzeń mechanicznego wspomagania serca, jednak dalsze badania i prace nad prototypami są niezbędne, aby te rozwiązania mogły być stosowane klinicznie. Mimo znacznych osiągnięć habilitanta, istnieje potrzeba bardziej szczegółowego i przystępniejszego przedstawienia wyników badań, ich zastosowań praktycznych oraz porównań z innymi rozwiązaniami w dziedzinie. Wzmocnienie tych aspektów mogłoby ułatwić zrozumienie i ocenę jego osiągnięć naukowych.

3.3. Podsumowanie i ocena końcowa osiągnięcia naukowego

Tematyka ujęta w ramach cyklu wybranych publikacji wskazuje na szerokie zainteresowania naukowe Habilitanta obejmujące, między innymi, zagadnienia związane z rozwojem implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca.

Recenzowane osiągnięcia projektowe prezentują wiele wyników badań doświadczalnych. W większości przypadków występują opisy wyjaśniające założenia do badań i analiza uzyskanych wyników, która umożliwia sformułowanie uogólnionych wniosków wnoszących wkład w rozwój wiedzy w zakresie rozwoju implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca w aspekcie ich hemokompatybilności. Habilitant podjął wiele wątków, a problemy badawcze w większości zostały rozwiązane, co potwierdza przedstawiony autoreferat.

Habilitant w autoreferacie wskazuje jednoznacznie, co stanowi Jego istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria biomedyczna*, a po bardzo uważnej lekturze osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego, technologicznego, recenzent jest w stanie jest wskazać, co jest tym istotnym osiągnięciem Habilitanta.

W świetle powyższego wyrażam pogląd, że dorobek projektowy **może** być uznany jako osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria biomedyczna*.

4. AKTYWNOŚĆ NAUKOWA HABILITANTA I INFORMACJA NAUKOMETRYCZNA

Habilitant opublikował przed doktoratem 9 artykułów naukowych, a po uzyskaniu stopnia doktora 54 artykuły. Wykazał 18 referatów prezentowanych na konferencjach międzynarodowych po uzyskaniu stopnia doktora. Zrealizował 16 projektów naukowo-badawczych z czego w 5 był kierownikiem, w 2 kierownikiem części badawczej, w 7 członkiem kluczowego zespołu badawczego i w 2 wykonawcą prac badawczych.

Z przedstawionej analizy naukometrycznej na dzień 30.03.2023 r. wynika, że dr inż. M. Gawlikowski uzyskał łącznie 124 pkt. MNiSW/MEiN na podstawie dorobku opublikowanego przed 2011 r. oraz 1435 pkt. na podstawie dorobku od 2011 r. Sumaryczny Impact Factor wynosił 92,128. Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosił 9, według bazy Scopus - 9.

Liczba cytowań w bazach naukowych wynosiła:

- Web of Science - 211, bez autocytowań 127
- Scopus – 226, bez autocytowań 137.

Pozytywnie oceniam aktywność naukową Habilitanta pod względem liczby publikacji oraz uczestnictwa w konferencjach naukowych. Zarówno publikacje jak i referaty przygotowano w większości w języku angielskim.

Habilitant wskazał w dokumentacji następujący dorobek technologiczny:

- Technologia wytwarzania i montażu jednodyskowej, sztucznej zastawki mechanicznej przeznaczonej do zastosowania w pulsacyjnych pompach wspomagania serca ([P12], [P14]). Udział Habilitanta stanowiło opracowanie metod badawczych, które umożliwiły wybór optymalnych parametrów procesu doginania a następnie eksperymentalne potwierdzenie poprawności pracy zastawki w ujęciu długoterminowym. Uzyskany poziom gotowości technologicznej TRL wynosił 7.

- Technologia wykrywania materiału mikrozatorowego w płynącej krwi ([P4]). Udział Habilitanta dotyczył opracowania koncepcji aparatury pomiarowej, wykonanie badań in-vitro, które dostarczyły sygnałów do opracowania metod analitycznych a także badań na zwierzętach, które umożliwiły zwalidowanie rozwiązania w warunkach operacyjnych. Uzyskany poziom gotowości technologicznej TRL wynosił 6.

- Technologia pobierania krwi zwierzęcej do badań układu krzepnięcia w warunkach in-vitro. ([P4]). Zadaniem Habilitanta było opracowanie systemu do pobierania krwi, metod antykoagulacji, metod zachowania równowagi kwasowo

zasadowej oraz panelu badań hematologicznych kwalifikujących krew do wykorzystania w dalszych badaniach. Uzyskany poziom gotowości technologicznej TRL wynosił 7.

- Technologia wytwarzania jednopłatkowej zastawki poliuretanowej przeznaczonej do pulsacyjnych pomp wspomagania serca ([P1], [P12]). Udział Habilitanta stanowiło opracowanie metodologii potwierdzającej prawidłowość projektu mechanicznego i skuteczność procesów wytwórczych zastawki. Opracował metodologię i przeprowadził badania właściwości przepływowych zastawki, jej niezawodności, stopnia zużycia materiału poliuretanowego w wyniku cyklicznego zginania. Wykonał ponadto kompleksowe badania biozgodności zastawki w warunkach in-vitro oraz in-vivo. Uzyskany poziom gotowości technologicznej w projekcie [P12] wynosił 6, w projekcie [P1] został podniesiony do TRL 7.
- Technologia wytwarzania wirników pomp krwi z materiałów fotoutwardzalnych ([P9]). Zadaniem Habilitanta było potwierdzenie eksperymentalne właściwości biozgodnych i biomechanicznych polimeru fotoutwardzalnego oraz zbadanie (pod względem hydrodynamicznym) możliwości jego zastosowania w pompach krwi. Uzyskany poziom gotowości technologicznej TRL wynosił 5.
- Technologia dynamicznego pomiaru objętości przestrzeni powietrznych z wykorzystaniem rezonansu akustycznego ([P2]) i jest chroniony patentem [PAT4]. Udział Habilitanta stanowiły prace dostosowujące koncepcję pomiaru do ograniczeń natury mechanicznej i eksploatacyjnej, jakie stawia pulsacyjna pompa krwi, opracowanie pompy wyposażonej w mikroczujniki akustyczne oraz przeprowadzenie badań metrologicznych rozwiązania. Uzyskany poziom gotowości technologicznej TRL wynosił 5.
- Technologia impedancyjnego, dynamicznego pomiaru objętościowego przepływu krwi ([P2]) i jest chroniona patentem [PAT2]. Udział Habilitanta to opracowanie sposobu połączenia elektrycznego pierścieni zastawek z aparaturą pomiarową, rozwiązanie problemu uniezależnienia wyniku pomiaru od zmienności osobniczej, przeprowadzenie badań metrologicznych na krwi w warunkach in-vitro oraz doświadczalne zastosowanie technologii na modelu zwierzęcym. Uzyskany poziom gotowości technologicznej TRL wynosił 6.

W zakresie dorobku naukowo-badawczego, udokumentowanego publikacjami indeksowanymi w bazie JCR, udziałem w realizacji projektów badawczych, a także w świetle wskaźników naukometrycznych osiągnięcia Habilitanta można ocenić jako bardzo dobre.

Habilitant realizował staże naukowe w instytucjach naukowych zarówno krajowych jak i zagranicznych:

- Technical University of Ostrava, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Cybernetics and Biomedical Engineering, Ostrava, Czechy; 30.10.2022 – 5.12.2022 (36 dni);
- Instytut Metalurgii i Inzynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN, Pracownia Inżynierii Powierzchni i Biomateriałów, Kraków; 08-24.11.2021 (17 dni);
- Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Sensorik, Photonik und Fertigungstechnologien, Niklasdorf, Austria; 04 - 15.03.2019 (12 dni);
- Śląski Uniwersytet Medyczny, Centrum Medycyny Doświadczalnej, Katowice; 15.11.2017 – 06.12.2017 (22 dni);
- European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Berlin, Niemcy; 15-17.06.2017 (3 dni).

Habilitant realizował działalność naukową w kilku jednostkach: Pracownia Sztucznego Serca Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii, Uniwersytet Opolski, Wydział Przyrodniczo – Techniczny, Katedra Biosystematyki.
Wykazywał też aktywność naukową w jednostkach systemu szkolnictwa wyższego i nauki realizowana w ramach projektów B+R:

- Państwowe uczelnie wyższe: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Politechnika Warszawska, Politechnika Krakowska, Politechnika Łódzka, Politechnika Opolska, Uniwersytet Opolski, Uniwersytet Śląski,
- Instytuty, w tym Instytuty PAN: Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrzu, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, Instytut Techniki i Aparatury Medycznej w Zabrzu, Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie - Balicach
- Kliniki i Uniwersytety Medyczne: Śląskie Centrum Chorób Serca w Zabrzu, Narodowy Instytut Kardiologii im. Prymasa Tysiąclecia Stefana Kardynała Wyszyńskiego w Warszawie, Gdański Uniwersytet Medyczny, Śląski Uniwersytet Medyczny, Centrum Medycyny Doświadczalnej w Katowicach, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II.

Habilitant wykazuje ponadto znaczącą aktywność dotyczącą współpracy z sektorem gospodarczym. Nadal współpracuje z zespołami z innych instytucji naukowych w ramach wspólnych projektów naukowych oraz B+R. Biorąc pod uwagę liczbę wspólnych publikacji i projektów można uznać, że Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej.

5. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH ORGANIZACYJNYCH I POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ ORAZ W ZAKRESIE DOROBKU INŻYNIERSKIEGO

Pan dr inż. M. Gawlikowski rozpoczął działalność dydaktyczną w momencie zatrudnienia w uczelni. Jest promotorem lub promotorem pomocniczym prac magisterskich, inżynierskich i doktorskich (łącznie 6 prac) oraz autorem kursów dydaktycznych o tematyce inżynierii biomedycznej (7 kursów). Prowadzi również działalność popularnonaukową (7 przedsięwzięć, w tym 2 filmy o tematyce naukowej) i organizacyjną (7 przedsięwzięć).
Do osiągnięć organizacyjnych należy zaliczyć:

- Organizację działalności Instytutu Protez Serca przy Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii im. prof. Zbigniewa Religi w Zabrzu;
- Organizację działalności Laboratorium Badań Biozgodności w Pracowni Sztucznego Serca Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii;
- Organizację działalności Laboratorium Badań Hemodynamicznych w Pracowni Sztucznego Serca Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii;
- Organizację staży studenckich i wolontariatu w Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii,
- Uczestnictwo w organizacji krajowego, wieloośrodkowego systemu nadzoru pacjentów leczonych wirową pompą wspomagania serca HVAD;
- Uczestnictwo w organizacji konferencji „Program Polskie Sztuczne Serce – sojusz medycyny, nauki i techniki", Warszawski Uniwersytet Medyczny;
- Uczestnictwo w organizacji półrocznych Warsztatów Sprawozdawczych Programu Wieloletniego Polskie Sztuczne Serce, (2008 – 2012).

Do osiągnięć popularyzujących naukę należy zaliczyć:

- wykłady i demonstracje dotyczące sztucznego serca oraz biofizyki krwi i układu krążenia: Inżynieria Biomedyczna Wokół Nas, Politechnika Śląska, Zabrze oraz online, (2021, 2022);
- pokazy mechanicznego wspomagania serca i pomp krwi: Piknik Naukowy Radia „Z", Warszawa, (2012 – 2017);
- pokazy mechanicznego wspomagania serca, inżynierii tkankowej i robotyki medycznej: Dzień Nauki, Zabrze, (2008 – 2016);
- wykłady popularnonaukowe o tematyce leczenia chorób układu krążenia za pomocą pomp krwi, demonstracje sztucznych narządów: Noc Biologów, Katowice, Opole, (2015, 2017);
- przygotowanie scenografii, udział w przygotowaniu scenariusza odcinka programu popularnonaukowego „Jak to działa", odcinek „Polskie Sztuczne Serce", reżyseria Radek Brzoska, TVP, (2013);
- przygotowanie amatorskiego filmu krótkometrażowego pt. „Wszczepialne pompy wirowe – nowa era mechanicznego wspomagania serca" (scenariusz: Jerzy Pacholewicz, Roman Kustosz, reżyseria: Roman Kustosz, Maciej Gawlikowski; zdjęcia i realizacja: Mariusz Jakubowski, Wojciech Bujok).
- przygotowanie amatorskiego filmu krótkometrażowego pt. „Polskie protezy serca – marzenie czy realna rzeczywistość" (scenariusz: Roman Kustosz,

reżyseria: Roman Kustosz, Małgorzata Gonsior, Maciej Gawlikowski, zdjęcia i realizacja: Mariusz Jakubowski). Film otrzymał I Nagrodę na Festiwalu.

Podsumowując, pozytywnie oceniam działalność dydaktyczną, popularyzatorska oraz inżynierską Habilitanta.

6. KONKLUZJA

Biorąc pod uwagę

- **pozytywną ocenę osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego, technologicznego** w formie 9 projektów pt. *"Wielokierunkowe badania i rozwój implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca w aspekcie ich hemokompatybilności"* i uznanie tego osiągnięcia jako stanowiącego znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej *inżynieria biomedyczna*,
- istotną aktywność naukową, udokumentowaną dorobkiem publikacyjnym, udziałem w realizacji krajowych projektów badawczych oraz współautorstwem opracowań o charakterze eksperckim dla potrzeb sektora gospodarczego,

stwierdzam, że są spełnione warunki nadania stopnia doktora habilitowanego, określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020 poz. 85, 374, 695, 875, 1086, Dz. U. 2021 poz. 159). Oznacza to, że popieram wniosek o nadanie dr inż. Maciejowi Gawlikowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Podpisała nazwiskiem
Dardzińska-Głębocka
(podpis odręczny)