

Załącznik nr 2

Autoreferat w języku polskim

1) Imię i Nazwisko

Damian Obidowski

2) Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

1999 – dyplom ukończenia studiów inżynierskich specjalności: Mechatronika na kierunku: Mechanika i Budowa Maszyn Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej. Praca dyplomowa zatytułowana: „Surface grinding” – w języku angielskim, promotor - prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński.

2001 – dyplom z wyróżnieniem ukończenia studiów magisterskich specjalności: Inżynieria Biomedyczna na kierunku: Mechanika i Budowa Maszyn Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej. Praca dyplomowa zatytułowana: „Stanowisko do badania sztucznych zastawek serca”, promotor - prof. dr hab. inż. Krzysztof Jóźwik.

2007 – dyplom uzyskania stopnia naukowego, doktora nauk technicznych w zakresie Budowa i Eksploatacja Maszyn, nadany uchwałą Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej z dnia 23 lutego 2007 roku na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej pt. „Symulacja przepływu krwi w tętnicach kręgowych człowieka”. Promotor – prof. dr hab. inż. Krzysztof Jóźwik.

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Ireneusz Zbiciński, prof. dr hab. inż. Zbyszko Kazimierski, prof. dr hab. n. med. Marian Brocki (załącznik nr.1).

3) Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Lata 2003/2006 – ½ etatu na stanowisku techniczno-inżynierskim na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej.

Od 01.03.2007 r. - cały etat na stanowisku adiunkta w Instytucie Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej.

4) Osiągnięcia naukowe

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595 ze zm.) stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego wskazuje się **cykl jednotematycznych 22 publikacji, trzech rozdziałów w książkach i dwóch patentów przygotowanych w latach 2008 – 2018 z zakresu „Modelowanie numeryczne i ocena przepływu krwi wewnątrz protez serca i w układzie krwionośnym człowieka”.**

b) Wykaz publikacji obejmujących osiągnięcie naukowe

W skład rozważanego cyklu wchodzi następujące publikacje:

A. Publikacje z wykazu czasopism naukowych posiadających współczynnik wpływu Impact Factor (IF):

- A1. Jozwik, K., **Obidowski, D.**, *Numerical simulations of the blood flow through vertebral arteries*, Journal of Biomechanics, Vol. 43, No. 2, 2010, p.177-185.

IF2010 = 2,463; IF5-year(2010) = 3,252 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 32 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 grudnia 2010 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu modeli geometrycznych, opracowaniu modelu numerycznego, modelu reologicznego krwi oraz dobraniu w oparciu o dane literaturowe zmiennych w czasie warunków brzegowych. Przeprowadziłem obliczenia i zebrałem dane z symulacji. Przygotowałem prezentację wyników w formie tabelarycznej i graficznej. Brałem udział w przeglądzie literatury, opracowaniu i analizie wyników oraz w opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem publikację do druku oraz prowadziłem korespondencję z edytorami i recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 36¹.

- A2. Jodko D., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Jóźwik K.: *Simulations of the blood flow in the arterio-venous fistula for haemodialysis*, Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 16, No 1, 2014, s. 69-74.

IF2014 = 0,894; IF5-year(2014) = 0,915 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 15 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 31 grudnia 2014 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na pozyskaniu od lekarzy danych diagnostycznych pacjentów, opracowaniu metody przygotowania modeli naczyń krwionośnych w systemach komputerowego wspomagania prac projektowych na bazie obrazów medycznych w formacie DICOM. Zaproponowałem koncepcję publikacji, metodykę badań, zakres pracy oraz zdefiniowałem cel naukowy. Opracowałem model reologiczny krwi i współpracowałem przy tworzeniu siatek numerycznych, dobieraniu i korelowaniu warunków brzegowych oraz procesie przeprowadzenia obliczeń. Zaproponowałem sposoby wizualizacji przepływu oraz brałem udział w opracowaniu i analizie wyników obliczeń, opracowaniu dyskusji wniosków oraz w edycji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 9.

¹ Pełne referencje do artykułów cytujących moje publikacje z części Publikacje z wykazu czasopism naukowych posiadających współczynnik wpływu Impact Factor (IF) zamieściłem w załączniku 9 Osiągnięcia publikacyjne potwierdzone na Web of Science

- A3. Reorowicz P., Obidowski D., Klosinski P., Szubert W., Stefanczyk L., Jozwik K., *Numerical simulations of the blood flow in the patient-specific arterial cerebral circle region*, Journal of Biomechanics, 47, 2014, s. 1642-1651.

IF2014 = 2,751; IF5-year(2014) = 3,157 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 35 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 31 grudnia 2014 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu układu i koncepcji pracy. Brałem udział w przeglądzie literatury, opracowałem model reologiczny krwi i współpracowałem przy tworzeniu siatek numerycznych, dobieraniu i korelowaniu warunków brzegowych w celu dostrojenia modelu numerycznego. Opracowałem metodę porównania wyników numerycznych z danymi diagnostycznymi pacjenta w oparciu o widmo przebiegu czasowego prędkości w naczyniu tętniczym zmierzone przy pomocy diagnostyki ultrasonograficznej zilustrowaną na rys. 9. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz w opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem publikację do druku oraz prowadziłem korespondencję z edytorami i recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 35%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 9.

- A4. Jodko D., Obidowski D., Reorowicz P., Jóźwik K., *Numerical investigations of the unsteady blood flow in the end-to-side arteriovenous fistula for hemodialysis*, Acta of Bioengineering and Biomechanics, 2016;18(4) s. 3-13.

IF2016 = 0,914; IF5-year(2016) = 1,042 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 15 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu modeli naczyń krwionośnych. Opracowałem metodę przygotowania modeli geometrycznych na bazie obrazów DICOM, która została po udoskonaleniu zastosowana do odwzorowania przebiegu przestrzennego naczyń. Opracowałem model reologiczny krwi oraz współuczestniczyłem w wybraniu i opisie warunków brzegowych przeprowadzonych symulacji. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników w zakresie pobierania danych z plików rozwiązań cząstkowych oraz prezentacji zmian lepkości dynamicznej w funkcji szybkości ścinania, a także w opracowaniu dyskusji wniosków oraz edycji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 35%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 2.

- A5. Jodko D., Obidowski D., Reorowicz P., Jóźwik K.: *Blood flows in end-to-end arteriovenous fistulas: Unsteady and steady state numerical investigations of three patient-specific cases*, Biocybernetics and Biomedical Engineering, Vol. 37, Issue 3, 2017, pp 528-539.

IF2016 = 1,031; IF5-year(2016) = 0,921 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 15 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w przygotowaniu modeli naczyń krwionośnych. Opracowałem metodę przygotowania modeli geometrycznych na bazie obrazów DICOM, która została po udoskonaleniu zastosowana do odwzorowania przebiegu przestrzennego

naczyń. Opracowałem model reologiczny krwi wykorzystany do prezentowanych obliczeń oraz współuczestniczyłem w wybraniu i opisie warunków brzegowych przeprowadzonych symulacji. Brałem udział w opracowaniu testów niezależności siatek oraz analizie wyników, dodatkowo również w opracowaniu dyskusji wniosków oraz edycji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 35%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 1.

- A6. Witkowski D., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Jodko D., Jozwik K.: *Particle Image Velocimetry test on pediatric 45-cc and 30-cc ventricle assist devices: effects of heart rate on VAD operation*, International Journal Of Artificial Organs, Vol. 40, Issue 10, 2017, pp. 558-562.

IF2016 = 1,169; IF5-year(2016) = 1,384 – na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 20 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r;

Mój wkład w przygotowanie publikacji polegał na współudziale w przygotowaniu metodyki przeprowadzenia badań. Konsultowałem i brałem udział przy projektowaniu stanowiska wykorzystanego do opisanych badań doświadczalnych. Określiłem wartości katowe ustawień zastawek wymaganych do przeprowadzenia analizy porównawczej z obliczeniami numerycznymi. Wspólnie z innymi autorami przygotowałem przegląd literatury i uzupełniłem informacje w rozdziale Introduction. W wyniku uwag recenzentów zaproponowałem zmiany w rysunkach 4 i 6, które pozwoliły na łatwiejszą interpretację wyników. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz w opracowaniu dyskusji wniosków i edycji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 35%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0.

- A7. Tyfa Z., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Stefanczyk L., Fortuniak J., Jozwik K.: *Numerical Simulations of the Pulsatile Blood Flow in the Different Types of Arterial Fenestrations: Comparable Analysis of Multiple Vascular Geometries*, Biocybernetics and Biomedical Engineering, Vol. 38, Issue 2, 2018, pp 228-242.

IF2016 = 1,031; IF5-year(2016) = 0,921 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 15 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaproponowaniu koncepcji pracy oraz wytypowaniu zmian geometrycznych modeli naczyniowych pozwalających na rozszerzenie analizy i weryfikację skutków ewentualnej interwencji naczyniowej. Zaproponowałem metodę kwantyfikacji testów niezależności siatek numerycznych i sposoby prezentacji wyników. Opracowałem wykorzystany w badaniach model reologiczny krwi. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz przygotowaniu dyskusji wniosków. Mój udział procentowy szacuję na 25%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0.

B. Publikacje z wykazu czasopism naukowych nieposiadających współczynnika wpływu Impact Factor (IF):

- B1. Jóźwik K., Obidowski D.: *Geometrical Models of Vertebral Arteries and Numerical Simulations of the Blood Flow through them*, Proceedings of BioMed2008 3rd Frontiers in Biomedical Devices Conference & Exposition – BioMed2008, s. 1-2.

punktacja MNiSW = 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu modeli geometrycznych. Opracowaniu modelu numerycznego oraz modelu reologicznego krwi. Dobraniu w oparciu o dane literaturowe zmiennych w czasie warunków brzegowych. Przeprowadziłem obliczenia i zebrałem dane z symulacji. Przygotowałem prezentację wyników w formie tabelarycznej i graficznej. Brałem udział w przeglądzie literatury, opracowaniu i analizie wyników oraz w opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem publikację do druku oraz prowadziłem korespondencję z edytorami i recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B2. Jóźwik K., Obidowski D., Kłosiński P. – *Badania numeryczne wpływu stenozы w tętnicach kręgowych na przepływ w tętnicy podstawnej (Numerical Investigations of an Influence of Stenosis in Vertebral Arteries on the Flow in the Basilar Artery)*, Ciepłne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery 2008, Nr 134, Zeszyt 1026, Łódź, s.17-25

punktacja MNiSW = 2 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Ujednolicony wykaz czasopism punktowanych z dnia 18 czerwca 2009 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w przygotowaniu przeglądu literatury, analizie problemu i strategii modelowania. Brałem udział w wyznaczaniu warunków brzegowych symulacji, opracowaniu i analizie wyników oraz dyskusji wniosków i edycji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 35%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B3. Obidowski D., Jóźwik K., Reorowicz P. – *Symulacje przepływu w kole tętnicznym mózgu, (Simulations of the Flow in the Cerebral Arterial Circle)*. Ciepłne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery 2008, Nr 134, Zeszyt 1026, Łódź, s.35-43

punktacja MNiSW = 2 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Ujednolicony wykaz czasopism punktowanych z dnia 18 czerwca 2009 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Udziale w przygotowaniu przeglądu literatury, analizie problemu i strategii modelowania, opracowaniu modelu reologicznego krwi i warunków brzegowych, opracowaniu i analizie wyników oraz dyskusji wniosków. Przygotowaniu artykułu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B4. Obidowski D. Mysior M., Jóźwik K.: *Comparison of Ultrasonic Measurement and Numerical Simulation Results of the Flow through Vertebral Arteries*, IFMBE Proceedings 22, 2008, s. 286–292,

punktacja MNiSW = 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu modeli geometrycznych. Opracowaniu modelu numerycznego, oraz modelu reologicznego krwi. Dobraniu w oparciu o dane literaturowe zmiennych w czasie warunków brzegowych. Przeprowadziłem obliczenia i zebrałem dane z symulacji. Przygotowałem zestawienie wyników w formie tabelarycznej i graficznej. Brałem udział w przeglądzie literatury. Współuczestniczyłem w analizie wyników oraz w opracowaniu dyskusji

wniosków. Przygotowałem publikację do druku oraz prowadziłem korespondencję z edytorami i recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B5. Józwik K., Obidowski D., Kłosinski P.: *Modyfikacje komory wspomagania pracy serca w oparciu o metody numeryczne (Modifications of an Artificial Ventricle Assisting Hart Operation on the Basis of Numerical Methods)*. Ciepłne Maszyny Przepływowe – Turbomachiny nr 135, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 1044, 2009, s.61-68

punktacja MNiSW = 2 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Ujednolicony wykaz czasopism punktowanych z dnia 18 czerwca 2009 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w przygotowaniu modeli przestrzennych komory serca, przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania, przeglądzie literatury. Określiłem model reologiczny krwi, warunki brzegowe i ustawienia kątowe dysków zastawek do modelowania. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowaniu artykułu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B6. Obidowski D., Józwik K., Reorowicz P.: *Symulacje przepływu krwi przez koło tętnicze mózgu – analiza wpływu modelu krwi na przepływ (Simulations of the Flow in the Cerebral Arterial Circle – Influence of Blood Model on Mass Flow)*, Ciepłne Maszyny Przepływowe – Turbomachiny nr 135, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 1044, 2009, s.81-90

punktacja MNiSW = 2 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Ujednolicony wykaz czasopism punktowanych z dnia 18 czerwca 2009 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zdefiniowaniu celu naukowego i określeniu zakresu pracy. Mam udział w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania. Przeprowadziłem przegląd literatury. Zaproponowałem sposób dyskretyzacji domeny obliczeniowej i dobór technik numerycznych do realizacji celu badań. Przygotowałem wykresy do analizy ilościowej problemu. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowaniu artykułu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B7. Józwik K., Obidowski D., Pogorzelski M., *Numerical Analysis of the Influence of a Change in the Vertebral Arteries Joint Angle on the Blood Flow*, Computer Methods in Material Science – (Informatyka w Technologii Materiałów), Publishing House Akapit, Vol. 9, 2009, No 1, pp. 72-78.

punktacja MNiSW = 4 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 czerwca 2009 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania. Określiłem zakres badanych kątów połączeń tętnic kręgowych. Brałem udział w przygotowaniu przeglądu literatury, opracowaniu i analizie wyników. Współuczestniczyłem w pracowaniu dyskusji wniosków i edycji artykułu. Przygotowałem artykuł do druku. Mój udział procentowy szacuję na 30%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B8. Obidowski D., Józwik K., Reorowicz P., *Numerical Study of a Flow in the Cerebral Arterial Circle*, Computer Methods in Material Science – (Informatyka w Technologii Materiałów), Publishing House Akapit, Vol. 9, 2009, No 1, pp. 79-84.

punktacja MNiSW = 4 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 czerwca 2009 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zdefiniowaniu celu naukowego i określeniu zakresu badań. Mam udział w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania. Przeprowadziłem przegląd literatury. Zaproponowałem dobór technik numerycznych do realizacji celu badań. Przygotowałem wykresy ilustrujące wyniki symulacji. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem artykuł do druku. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B9. Józwik K., Obidowski D.: *Requirements and Limitations for Biomaterials in the Ventricular Assist Device Designing Process*. Engineering of Biomaterials (Inżynieria Biomateriałów - Czasopismo Polskiego Stowarzyszenia Biomateriałów i Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, December 2010, Number 96 ÷ 98, Vol. XIII, Krakow, pp. 140 ÷ 143.

punktacja MNiSW = 9 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 grudnia 2010 r;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu modeli przestrzennych i przeprowadzeniu obliczeń numerycznych. Opracowałem wykorzystany w symulacjach model reologiczny krwi. Przygotowałem ilustracje przedstawiające strukturę przepływu i obszarów stagnacji wewnątrz komory. Brałem udział w opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B10. Obidowski, D., Klosinski, P., Reorowicz, P., Jozwik, K., *Influence of an artificial valve type on the flow in the ventricular assist device*, 2010, Proceeding: 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2010, Chalkidiki, Greece, Vol. 29, pp. 410-413.

punktacja MNiSW = 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Zaproponowałem główny cel naukowy publikacji podlegający zbadaniu wpływu różnych typów zastawek: dyskowej, stosowanej wówczas w komorach oraz poliuretanowej trójplatkowej, na strukturę przepływu i tworzenie się obszarów stagnacji wewnątrz komory. Miałem udział w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania, określeniu odpowiedniej rozdzielczości czasowej i przestrzennej symulacji, niezbędnych do osiągnięcia zamierzonego celu. Opracowałem wykorzystany w symulacjach model reologiczny krwi. Przygotowałem ilustracje przedstawiające strukturę przepływu i obszarów stagnacji wewnątrz komory. Uczestniczyłem w opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem artykuł do druku i prowadziłem korespondencję z recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 1:

- (1) Witkowski, D., Obidowski, D., Reorowicz, P., Jodko, D., & Jozwik, K.: *Particle image velocimetry tests on pediatric 45-cc and 30-cc ventricle assist devices: effects of heart rate on VAD operation*, The International journal of artificial organs, 40(10), 2017, 558-562.

- B11. Reorowicz P., Obidowski D., Kłosiński P., Józwik K.: *Flow Modelling in the Pneumatic Ventricular Assist Device with Mesh Deformation and Immersed Body Techniques – Investigations of Stagnation Zones*, Proceedings: 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2011, Budapest, Hungary, Vol. 37, pp. 446-449.

punktacja MNiSW = 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Zdefiniowałem zakres i cel naukowy pracy. Zaproponowałem użycie i przeprowadziłem wstępną analizę możliwości

wykorzystania metody *Immersed Body* do symulacji zastawek wewnątrz komory. Brałem udział w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania z wykorzystaniem ruchomej ścianki symulującej ruch membrany. Opracowałem model reologiczny krwi. Zaproponowałem metodę wizualizacji obszarów stagnacji i przygotowałem ilustracje stagnacji wewnątrz komory. Brałem udział opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem artykuł do druku i prowadziłem korespondencję z recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 50%.
Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B12. Reorowicz P., **Obidowski D.**, Kłosiński P., Jóźwik K.: *Flow Modelling in the Pneumatic Ventricular Assist Device with Mesh Deformation and Immersed Body Techniques – Investigations of Flow Pattern*, Proceedings 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2011, Budapest, Hungary, Vol. 37, s. 493-496.

punktacja MNiSW = 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Zdefiniowałem zakres i cel naukowy pracy. Zaproponowałem użycie i przeprowadziłem wstępną analizę możliwości wykorzystania metody *Immersed Body* do symulacji zastawek wewnątrz komory. Brałem udział w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania z wykorzystaniem ruchomej ścianki symulującej ruch membrany. Opracowałem model reologiczny krwi. Uczestniczyłem w doborze warunków brzegowych i stabilizacji obliczeń. Przygotowałem ilustracje przepływu krwi wewnątrz komory. Brałem udział opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem artykuł do druku i prowadziłem korespondencję z recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 1:

- (1) Witkowski, D., Obidowski, D., Reorowicz, P., Jodko, D., & Jozwik, K.: *Particle image velocimetry tests on pediatric 45-cc and 30-cc ventricle assist devices: effects of heart rate on VAD operation*. The International journal of artificial organs, 40(10), 2017, 558-562.

- B13. Kłosiński P., Reorowicz P., **Obidowski D.**, Jóźwik K.: *Numerical Analysis of an Influence of the Artificial Valve Type on the Blood Flow Inside the Ventricular Assist Device*. Computer Methods in Materials Science (Informatyka w Technologii Materiałów) AGH Kraków, Publishing House Akapit, Quarterly, Vol. 11, No. 1, 2011, pp. 209-214.

punktacja MNiSW = 5 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 grudnia 2012 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Zaproponowałem główny cel naukowy publikacji podlegający na zastosowaniu zastawki dyskowej do sterowania strukturą przepływu wewnątrz komory. Miałem udział w przygotowaniu analizy problemu i strategii modelowania, opracowaniu modelu reologicznego krwi i warunków brzegowych. Przygotowałem ilustracje przedstawiające strukturę przepływu wewnątrz komory i pozwalające na ocenę niepożądanego zjawiska przepływowych w komorze. Uczestniczyłem w opracowaniu i analizie wyników oraz opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem artykuł do druku i prowadziłem korespondencję z recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- B14. Jodko D., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Kłosiński P., Jóźwik K. *Angular position determination of heart valves in the pediatric Ventricular Assist Device with use of Computational Fluid Dynamics*. Aktualne Problemy Biomechaniki, Vol. 8, 2014, pp. 57-62.

punktacja MNiSW = 4 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Wstępnemu doborowi położenia katowych dysków zastawek oraz wyznaczeniu zakresu przeprowadzonych symulacji.

Brałem udział w opracowaniu modelu geometrycznego zastawek. Określiłem założenia oraz wskazałem metody opisu modelu numerycznego. Określiłem model reologiczny krwi i warunki brzegowe symulacji. Wyzaczyłem sposób i ocenę jakości dyskretyzacji domeny obliczeniowej. Współuczestniczyłem w przeprowadzeniu obliczeń, opracowaniu i analizie wyników, opracowaniu dyskusji wniosków oraz edycji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 3:

- (1) Witkowski, D., Obidowski, D., Reorowicz, P., Jodko, D., & Jozwik, K.: *Particle image velocimetry tests on pediatric 45-cc and 30-cc ventricle assist devices: effects of heart rate on VAD operation*, The International journal of artificial organs, 40(10), 2017, pp. 558-562.
- (2) Jodko, D., Obidowski, D., Reorowicz, P., & Jóźwik, K.: *Blood flows in end-to-end arteriovenous fistulas: Unsteady and steady state numerical investigations of three patient-specific cases*, Biocybernetics and Biomedical Engineering, 37(3), 2017, pp. 528-539.
- (3) Jodko, D., Obidowski, D., Reorowicz, P., & Jóźwik, K.: *Numerical investigations of the unsteady blood flow in the end-to-side arteriovenous fistula for hemodialysis*, Acta of bioengineering and biomechanics, 18(4), 2016, pp. 3-13.

C. Rozdziały w książkach:

- C1. **Obidowski D.**, Jozwik K., *Comparison of Numerical Simulations and Ultrasonography Measurements of Blood Flow through Vertebral Arteries in Numerical Simulations – Examples and Applications in Computational Fluid Dynamics*, edited by Lutz Angermann (ISBN: 978-953-307-153-4), InTech, Rijeka, 2010, Chapter 11 s.213-230.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu modeli geometrycznych. Opracowaniu modelu numerycznego oraz modelu reologicznego krwi. Dobrani w oparciu o dane literaturowe zmiennych w czasie warunków brzegowych. Przeprowadziłem obliczenia i zebrałem dane z symulacji. Przygotowałem prezentację wyników w formie tabelarycznej i graficznej. Brałem udział w przeglądzie literatury, opracowaniu i analizie wyników oraz w opracowaniu dyskusji wniosków. Przygotowałem publikację do druku oraz prowadziłem korespondencję z edytorem. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 1.

- (1) Montanino, A., Fortunato, A. and Angelillo, M., 2016. A new simplified methodology for studying the coupled fluid–structure interaction in a weakened basilar artery. International journal for numerical methods in biomedical engineering, 32(7).

- C2. Jóźwik K., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Kłosiński P., Witkowski D., Wajman T., Bujok W., Kapis A., Kustos R.: *Wykorzystanie metod numerycznych w konstrukcji układu przepływowego pozaustrojowej pompy wspomagania serca ReligaHeart EXT*, - Program Polskie Sztuczne Serce, Polskie protezy serca, opracowanie konstrukcji, badania kwalifikacyjne, przedkliniczne i kliniczne, ISBN: 978-83-63310-12-7, Zabrze, 2013 s. 78-128.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu i opisanu materiałów związanych z symulacją przepływu krwi w komorach w części: Modelowanie przepływu przez pompę wspomagania serca oraz pracy zastawek w kanałach cylindrycznych w części: Porównanie pracy różnych zastawek w pulsacyjnej pompie wspomagania serca. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0

- C3. Szuber A., Kapis A., Kustosz R., Jóźwik K., Witkowski D., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Kłosiński P., Głowacki M., Gawlikowski M., Gonsior M.: *Polska mechaniczna zastawka dyskowa typu MOLL przeznaczona do stosowania w pulsacyjnych pompach wspomagania serca ReligaHeart EXT* - Program Polskie Sztuczne Serce, Polskie protezy serca, opracowanie konstrukcji, badania kwalifikacyjne, przedkliniczne i kliniczne, ISBN: 978-83-63310-12-7, Zabrze, 2013 s.129-154.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w pracach projektowych nad pierścieniem zastawki dostosowanym do pracy w komorze wspomagania pracy serca, współudział w przygotowaniu i opisanu materiałów w części: Rozwój konstrukcji zastawki typu Moll. Mój udział procentowy szacuję na 8%.

Cytowania w czasopiśmie znajdujących się w bazie JCR – 1.

- (1) Gonsior, M., Kustosz, R., Kościelniak-Ziemniak, M., et al. : *Biocompatible Evaluation Of Biomaterials Used In The New Polish Extracorporeal Pulsatile Heart Assist Device ReligaHeart EXT*. Archives of Metallurgy and Materials, 60(3), 2015, pp. 2271-2278.

- C4. Bujok W., Darlak M., Kapis A., Janiczak K., Kościelniak-Ziemniak M., Gawlikowski M., Głowacki M., Jarosz A., Kustosz R., Gonsior M., Jóźwik K., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Kłosiński P.: *Pulsacyjna wszczepialna pompa wspomagania serca ReligaHeart IMPL* - Program Polskie Sztuczne Serce, Polskie protezy serca, opracowanie konstrukcji, badania kwalifikacyjne, przedkliniczne i kliniczne, ISBN: 978-83-63310-12-7, Zabrze, 2013 s. 231-266.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu warunków brzegowych oraz metod dyskretyzacji przestrzeni obliczeniowych oraz korekcie merytorycznej i edycyjnej części związanych z symulacją przepływu krwi w komorach implantowalnych w części: Numeryczna analiza przepływu. Mój udział procentowy szacuję na 5%.

D. Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe

- D1. Kapis A., Kustosz R., Bujok W., Jóźwik K., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Kłosiński P.: *Blood pump e.g. pneumatic ventricular assist device, for supporting heart of patient with congestive heart failure, has connector whose inside channel is uniformly convergent toward end of connector along working length of pump*, **Patent europejski** nr EP 2 491 966 B1. Data zgłoszenia: 30.09.2011, data publikacji 25.12.2013

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w pracach projektowych z wykorzystaniem narzędzi numerycznej mechaniki płynów prowadzących do wyznaczenia możliwie najlepszego kąta zbieżności kanałów konektorów. Mój udział procentowy został określony proporcjonalnie na 14%.

- D2. Jóźwik K., Witkowski D., **Obidowski D.**, Moll J., Kustosz R., Szuber A., Kapis A.: *Heart valve such as artificial disc heart valve situated in outlet channel of ventricular heart assist device, has inner wall that is provided to support disc towards spherical surfaces of lower holder*, **Patent europejski**, EP 2 609 894 B1 data zgłoszenia: 08.02.2012, data publikacji 01.04.2015.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w pracach projektowych nad pierścieniem zastawki dostosowanym do pracy w komorze wspomagania pracy serca, współudział w przygotowaniu i opisanu zastrzeżeń patentowych. Mój udział procentowy został określony proporcjonalnie na 14%.

E. Prace będące w recenzji, wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

E1. **Obidowski D.**, Reorowicz P., Witkowski W., Sobczak K., Jóźwik K.: *Methods of stagnation determination in Pneumatic Ventricular Assist Devices, International Journal Of Artificial Organs*, przesłany do czasopisma International Journal Of Artificial Organs 26.11.2017r. obecny status pracy: korekta autorów (revision).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Ustaleniu celu naukowego i zakresu publikacji. Wspólnym przygotowaniu metodyki przeprowadzenia badań, przeglądzie literatury, opracowaniu metody oszacowania obszarów stagnacji różnymi metodami i sposobu walidacji modelu numerycznego za pomocą wyników doświadczeń wykorzystujących PIV. Przygotowałem rysunki z obliczeń i porównanie różnych metod w tabeli. Brałem udział w opracowaniu wniosków i edycji pracy. Przygotowałem artykuł do druku i prowadzę korespondencję z recenzentami. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Dane parametryczne:

liczba punktów IF, IF_{5-year}, liczba punktów według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, liczba cytowań publikacji oraz Indeks Hirscha według bazy Web of Science i Scholar Google:

- Liczba punktów IF publikacji z zakresu habilitacji **10,253**; (łącznie całości dorobku **11,653**);
- Liczba punktów IF_{5-year} publikacji z zakresu habilitacji **11,592**; (łącznie całości dorobku **12,851**);
- liczba punktów publikacji z zakresu habilitacji na podstawie danych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – **177** (łącznie całości dorobku około **247**);
- cytowania publikacji z zakresu habilitacji według bazy Web of Science **51** (kwerenda dla wszystkich baz) **61** (łącznie całości dorobku 61, z wyłączeniem autocytowań 46);
- Indeks Hirscha według bazy Web of Science – **3**;
- Indeks Hirscha według bazy Scholar Google – **6**.

c) Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników przedstawionych w monografii i cyklu publikacji.

Wprowadzenie

Modelowanie numeryczne, w tym obliczenia przepływu, rozwinęły się dzięki dynamicznemu rozwojowi sprzętu i technik informatycznych. Rozwój modelowania i symulacji numerycznych jest szczególnie widoczny w dziedzinie nauk technicznych, które cechuje łatwość w przyswajaniu nowości technologicznych oraz potrzeba praktycznego wykorzystania wiedzy. Posiadanie dokładnej wiedzy o projektowanym obiekcie i jego oddziaływaniu z otoczeniem jest bardzo cenne w procesie projektowania, ponieważ pozwala ograniczać ryzyko wystąpienia nieoczekiwanych skutków działania tego obiektu. Dodatkowo, obniża to koszty jego wykonania dzięki dokładnej determinacji zasobów niezbędnych do wyznaczonego w założeniach działania projektowanego obiektu. Wiele procesów związanych z projektowaniem wymaga żmudnych obliczeń, do których wykonywania można wykorzystać komputery.

Inżynierowie wcześniej zaczęli korzystać z potencjału maszyn obliczeniowych do projektowania. Zadania, które nie były możliwe do rozwiązania metodami analitycznymi wymagały przeprowadzania doświadczeń i budowy wielu prototypów, przez co proces projektowania był długotrwały i kosztowny. Modelowanie przestrzenne połączone z przeprowadzaniem symulacji komputerowych różnych potencjalnych rozwiązań pozwoliły na zredukowanie czasu i kosztów wytworzenia nowych produktów. Stało się to główną przyczyną szybkiego rozwoju symulacji komputerowych i stosowania ich do nowych obszarów i coraz większej liczby zastosowań. Obecnie trudno jest wskazać dziedzinę inżynierii, w której symulacje komputerowe nie są wykorzystywane. Dotyczy to również inżynierii biomedycznej.

Zastosowanie symulacji komputerowych przyczyniło się wielokrotnie do zrozumienia działania skomplikowanych układów. Pozwalają one na badanie i określenie wpływu poszczególnych parametrów wejściowych na zachowanie bardzo złożonych układów. Stąd, symulacje numeryczne znalazły również zastosowanie w analizie przepływów wewnątrz tak skomplikowanych obiektów jak układ krwionośny człowieka i urządzenie wspomagania pracy serca.

Modelowanie numeryczne układów biologicznych niesie za sobą potrzebę tworzenia założeń i wprowadzania uproszczeń w stosunku do obiektów rzeczywistych. Dodatkowe trudności stanowią indywidualne, osobnicze cechy badanych układów naczyniowych pacjentów. Kolejnym istotnym aspektem w modelowaniu przepływów jest poprawne określenie modelu reologicznego krwi. Wszystkie te aspekty sprawiają, że ocena przepływu krwi wewnątrz protez serca i układach naczyniowych człowieka jest zadaniem trudnym i wielopłaszczyznowym, dodatkowo ograniczonym możliwościami obliczeniowym dostępnymi w danym momencie rozwoju wiedzy oraz brakiem możliwości weryfikacji wszystkich tych wyników poprzez badania na obiektach rzeczywistych.

Cel i zakres badań

Pierwotnym celem prowadzonych przeze mnie badań było rozpoznanie, z wykorzystaniem narzędzi inżynierskich, zjawisk zachodzących w układzie krwionośnym człowieka ze szczególnym uwzględnieniem dopływu i przepływu krwi w mózgu oraz przetok tętniczo-żylnych wytworzonych na potrzeby hemodializy.

W późniejszym czasie, opracowane przeze mnie modele reologiczne krwi oraz zaproponowane metody wyznaczania stagnacji posłużyły do wprowadzenia modyfikacji zastawek i czaszy krwistej komory wspomagania pracy serca dla dorosłych ReligaHeart EXT oraz pomp pediatrycznych ReligaHeart PED wytwarzanych przez Fundację Rozwoju Kardiochirurgii z Zabrze.

Obliczenia numeryczne przepływów krwi mają istotne znaczenie w przypadku projektowania i budowy urządzeń przepływowych, jakimi są pompy wspomagania serca. Badania, których głównym celem było udoskonalenie warunków przepływu w pulsacyjnych komorach wspomagania pracy serca, rozpoczęto od

analizy przepływu przez konektory oraz zastawki mechaniczne w komorze przeznaczonej dla osób dorosłych ReligaHeart EXT w ramach realizacji projektu Polskie Sztuczne Serce. Zmniejszenie rozmiarów często prowadzi do zwiększenia trudności dostarczenia dobrego rozwiązania. Podobnie było w przypadku projektowania komór wspomagania serca przeznaczonych dla dzieci. Tak jak w przypadku komór dla dorosłych zakres badań zawierał weryfikację ustawień kątowych zastawek oraz wpływu kształtu komory i jej konektorów na przepływy krwi. Kryterium oceny poszczególnych propozycji modyfikacji konstrukcji było głównie zmniejszenie obszarów stagnacji, które były wyznaczane metodą określania powierzchni obejmującej ruch medium z prędkościami poniżej określonej wartości, metodą wypłukiwania starej krwi świeżą krwią. Wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych zostały potwierdzone badaniami doświadczalnymi z wykorzystaniem metody Particle Image Velocimetry.

Realizacja celu naukowego pozwoliła na:

- opracowanie i udoskonalenie metod analizy przepływu w układzie krwionośnym człowieka w celu wyznaczenia fizjologicznych i patologicznych warunków przepływu w naczyniach zasilających koło tętnicze mózgu,
- opracowanie i udoskonalenie metod analizy przepływu w przetokach tętniczo-żylnych człowieka wytworzonych na potrzeby hemodializy w celu zrozumienia zjawisk fizycznych mających wpływ na dojrzewanie przetoki,
- przygotowanie wytycznych projektowych do wytworzenia mechanicznych zastawek serca stosowanych w komorach dla dorosłych ReligaHeart EXT i dzieci ReligaHeart PED,
- przygotowanie wytycznych projektowych do wykonania komór wspomagania serca dla dorosłych i dzieci.

Zakres badań obejmował:

- sposoby odwzorowania układu przestrzennego tętnic i żył człowieka na potrzeby numerycznych symulacji przepływu u konkretnego pacjenta,
- badanie wpływu modelu reologicznego krwi oraz zmian modelu geometrycznego na charakterystyczne parametry przepływu w układzie krwionośnym człowieka,
- badanie wpływu połączenia tętniczo-żylnego na właściwości przepływowe w przetokach tętniczo-żylnych,
- badanie zmian w budowie koła tętniczego człowieka na zasilanie w krew określonych obszarów mózgu,
- wyznaczenie wpływu typu zastawki oraz położenia kąтового dysku zastawki mechanicznej w komorze wspomagania serca na strukturę przepływu i rozkład obszarów stagnacji wewnątrz czaszy krwistej komory,
- badanie oddziaływania geometrii konektora czaszy krwistej komory wspomagania pracy serca na przepływ przez zastawkę mechaniczną,
- badanie wpływu metody na wyznaczenie obszarów stagnacji wewnątrz czaszy krwistej komory wspomagania pracy serca.

Szczegółowe omówienie prowadzonych badań i osiągniętych wyników

Inspiracją do podjęcia prac nad analizą przepływu w układzie tętniczym człowieka było dla mnie przedstawienie przez doktora nauk medycznych Marka Mysiora wniosków z jego pracy doktorskiej poświęconej badaniom przepływu w tętnicach szyjnych i kręgowych metodami ultrasonograficznymi. Wykazał on, że pomimo pełnej drożności tętnic, zwłaszcza kręgowych, przepływ rejestrowany podczas badania diagnostycznego Doppler-USG jest niższy niż wynikałoby to ze średnic tętnic. Zauważył, że część z pacjentów, u których zaobserwowano takie zjawisko było kierowanych na zabieg mający przywrócić przepływ, jaki oczekiwano dla danego naczynia tętniczego. Zakładano, że w danej tętnicy występuje zwężenie ograniczające przepływ w miejscu niedostępnym dla badania fal ultradźwiękowych. Okazywało się jednak, że tętnica była w pełni drożna, a zabieg był wykonywany niepotrzebnie.

Wyniki i obserwacje dr Mysiora pozwoliły na postawienie hipotezy, że za zmniejszenie przepływu mogą być odpowiedzialne indywidualne, charakterystyczne cechy budowy układu naczyniowego danego pacjenta oraz hemodynamika przepływu, a nie niedrożność tętnicy. Tętnice kręgowe tworzą nietypowe połączenie w układzie krwionośnym, są jedynymi dużymi tętnicami, położonymi stosunkowo blisko serca, które po odejściu od większych naczyń w różnych miejscach układu łączą się ponownie tworząc pojedynczy kanał tętnicy podstawnej. Bliskie położenie od serca, krzywoliniowy i przestrzenny przebieg, różnice długości drogi przebiegu oraz wartości średnic tych tętnic tworzą specyficzny i skomplikowany układ przepływowy.

Przeprowadziłem serię obliczeń numerycznych odwzorowując przebieg przestrzenny naczyń kręgowych przy założeniu różnych średnic kanałów [A1, B1, B4, C1], co pozwoliło udowodnić, że dla niektórych par średnic oraz kąta połączenia tętnic kręgowych w tętnicę podstawną [B7] mogą u ludzi wystąpić naturalne obniżenia prędkości i strumienia masy przepływu krwi wynikające ze zjawisk fizycznych, a nie patologii w budowie układu krwionośnego. W ramach prac poświęconych zgłębieniu tego zagadnienia opracowałem model reologiczny krwi uwzględniający jej nienewtonowski charakter, uzależniony od szybkości ścinania i porównałem go z innymi dostępnymi w literaturze modelami [B6]. Zapoczątkowałem w zespole rozwój metody odwzorowywania geometrii układu naczyniowego człowieka [B2, B3], która umożliwiła na podstawie obrazów medycznych wykonanie symulacji numerycznych przepływu w układach krwionośnych konkretnych pacjentów. Możliwość odtworzenia modeli przestrzennych układu naczyniowego pacjentów pozwoliła na przeprowadzanie analizy wpływu patologii naczyniowych na zaburzenia prawidłowego przepływu krwi do mózgu człowieka. Pierwszą pracą nad tego rodzaju zagadnieniami było zweryfikowanie wpływu stenozy w tętnicy kręgowej na przepływ w tętnicy podstawnej [B2].

Prace te ukierunkowały mnie na poszukiwanie innych nieoczywistych zjawisk hemodynamicznych w układzie krwionośnym człowieka. W wyniku zwiększenia mocy obliczeniowych komputerów i rozwoju oprogramowania dostępne stało się rozwijanie badań w coraz większych układach i o bardziej

skomplikowanej budowie przestrzennej. Dzięki współpracy z zespołem profesora Ludomira Stefańczyka z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi uzyskałem dostęp do danych z tomografii komputerowej pacjentów o zróżnicowanych układach naczyń, zarówno prawidłowych anatomicznie, jak i patologicznych. Badania, które prowadziłem wraz z zespołem, pozwoliły na przeprowadzenie analizy przepływu w układzie koła tętniczego mózgu razem z naczyniami zasilającymi [A3, B3, B6, B8]. Przy moim udziale opracowany został algorytm usprawniający przetwarzane obrazów medycznych [A3] w celu przygotowania modeli przestrzennych na potrzeby wykonywania symulacji numerycznych. Przeprowadzono analizę przepływu u pacjentów zróżnicowanych pod względem wieku, płci i występowania zmian patologicznych w naczyniach doprowadzających, jak i w samym układzie koła tętniczego mózgu. Wnioski z tych obserwacji mogą posłużyć do rozszerzenia metod diagnostycznych pacjentów. W chwili obecnej lekarze najczęściej oceniają przepływ w układzie koła tętniczego na podstawie badania Doppler USG o ograniczonym zakresie przestrzennym lub na podstawie nieruchomych obrazów układu krwionośnego pozyskanych techniką tomografii komputerowej. Wykazano, że możliwe jest uzupełnienie informacji o przepływie korzystając z wyników symulacji numerycznych. Rozszerzenie diagnostyki o symulacje numeryczne może pozwolić na istotne zwiększenie informacji o przepływie krwi oraz dodatkowo pozwala na przeprowadzenie analizy wypływu planowanego zabiegu na wynik interwencji naczyniowej w zakresie przywrócenia fizjologicznego zasilania mózgu w krew.

Współpraca z zespołem prof. Stefańczyka zaowocowała przeprowadzeniem analizy przepływu w anomalii anatomicznej naczyń zwanej fenestracją [A7]. U znikomej liczby pacjentów zaobserwowano zjawisko rozdzielania się tętnic i ponowne ich łączenie, tworzące dodatkową pętlę lub owal. Obie te anomalie tworzą zaburzenia przepływów i mają wpływ na zmianę struktury przepływu w stosunku do prawidłowego układu naczyniowego. Wraz z zespołem przeprowadziłem analizę przepływu w serii różnych wariantów par średnic naczyń dla rzeczywistego przebiegu osi kanałów dwóch pacjentów. W jednym przypadku fenestracja była zaobserwowana w obszarze tętnicy kręgowej, w drugim przypadku – na początku tętnicy podstawnej. Przeprowadzone modelowanie numeryczne pozwoliło wykazać istotne zmiany hemodynamiki przepływu, zmieniające rozkład naprężeń ścinających w obszarze fenestracji, co z kolei może skutkować zwiększonym ryzykiem powstawania tętniaków w danym obszarze naczynia.

Kolejnym obszarem układu krwionośnego, dla którego symulacje numeryczne dostarczają wartościowych informacji lekarzom jest rejon połączenia tętniczo-żylnego na potrzeby hemodializy. Połączenie tętnicy z żyłą jest połączeniem wykonywanym chirurgicznie. Przeprowadzane jest na potrzeby dializowania osób z niewydolnością nerek. Po połączeniu bezpośrednim tętnicy, która ma ścianę relatywnie grubą, o dużej sztywności i elastyczności, z żyłą o cienkiej i wiotkiej ścianie, żyła poddawana jest znacząco wyższym ciśnieniom i zaczyna się zmieniać struktura jej ściany. W pierwszej fazie natychmiast po wykonaniu

anastomozy (połączenia tętniczo-żylnego) obserwuje się znaczący wzrost średnicy żyły, a efekt ten przypomina nadmuchiwanie balona. Następnie, w okresie nazywanym dojrzewaniem przetoki, trwającym od 6 do 8 tygodni, obserwuje się zmianę w budowie komórkowej ściany naczynia żylnego. Ściana żyły po okresie dojrzewania przypomina swoją strukturą ścianę naczynia tętniczego, dzięki czemu wytwarza się duże naczynie pozwalające na wykonywanie dializ przy odpowiednio dużym strumieniu objętości krwi. Jednocześnie, częste nakłuwanie nie powoduje znaczących uszkodzeń naczynia, jak miałyby to miejsce w przypadku ściany żyły. U części pacjentów żyła nie ulega oczekiwany zmianom lub też występują nieoczekiwane komplikacje w postaci tętniaków, stenoz czy powstawania zaburzeń przepływu skutkujących formowaniem się skrzepin. Zlecenie i dane dostarczone przez zespół prof. Pietury z Uniwersytetu Medycznego w Lublinie przyczynił się do mojego zainteresowania tym obszarem naukowym i zaowocowały opracowaniem wykonanym na zlecenie prof. Pietury oraz [Załącznik 8, cz. II poz.6] cyklem publikacji poświęconych analizie rozkładu naprężeń ścinających na ścianie naczyń przetok pacjentów [A2, A4, A5], a także pozwoliły na wyznaczenie obszarów o podwyższonym ryzyku powstania komplikacji w przetokach.

Prace w zakresie modelowania przepływu w układzie krwionośnym, opracowane jako technologia przygotowana do wdrożenia na forum przedsiębiorców, zostały docenione przez Komitet Naukowy Targów i wyróżnione - Srebrnym Medalem na International Warsaw Invention Show, za rozwiązanie: Determination of flow structure within the vascular structure of the patient.

Moim wkładem w rozwój dziedziny naukowej są również wyniki prac nad modyfikacjami komór wspomagania pracy serca realizowanych przy współpracy z Fundacją Rozwoju Kardiologii im. prof. Z. Religi w oparciu o modelowanie przepływu krwi. Do prawidłowego zaprojektowania takiego urządzenia wymagana jest nie tylko dogłębna wiedza inżynierska z zakresu inżynierii materiałów, wytrzymałości materiałów, mechaniki płynów, ale również fizjologii człowieka, składu i właściwości krwi. Dobór materiałów musi uwzględniać nie tylko specyfikę wykonawczą wyrobu, ale dodatkowo musi również sprostać oczekiwaniom stawianym implantom. Wykorzystywane materiały muszą być odporne na korozję związaną z długotrwałym oddziaływaniem krwi, a także muszą dodatkowo być nietoksyczne, biokompatybilne – obojętne dla układu immunologicznego człowieka oraz nie powodować aktywacji płytek krwi [B9]. Nie tylko materiały, ale również konstrukcja komory ma istotne znaczenie dla prawidłowego oddziaływania z krwią pacjenta [B5]. Głównym celem konstrukcyjnym komór wspomagania pracy serca jest ich takie ukształtowanie, aby zapewnić możliwie krótkotrwały kontakt z krwią, co ma przeciwdziałać aktywacji płytek w wyniku kontaktu z materiałem obcym. Kolejnym kryterium projektowym jest wyeliminowanie możliwości powstawania kawitacji, która skutkuje silnym niszczeniem komórek krwi oraz może przyspieszać korozję elementów zastawek i komory. Istotnym, chociaż znacznie częściej

występującym w pompach wirowych, zjawiskiem niepożądanym jest hemoliza. Czerwone krwinki krwi ulegają zniszczeniu w wyniku poddawania ich oddziaływaniu wysokich naprężeń ścinających zarówno co do wartości tych naprężeń, jak i czasu ich działania na element morfotyczny. Wszystkie te kryteria muszą być wzięte pod uwagę przy projektowaniu i testach urządzeń. Projekt, mający na celu wytworzenie pomp ReligaHeart EXT był finansowany ze środków rządowych w ramach projektu zamawianego, zarejestrowanego pod nazwą Polskie Sztuczne Serce [PB10]. W ramach tego projektu byłem wykonawcą zadania: Opracowanie konstrukcji klinicznych systemów wspomaganie serca z ramienia Instytutu Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej. Głównym zadaniem, które realizowałem w ramach projektu, było zaprojektowanie oraz przeprowadzanie analizy przepływu przez zastawki [C3] oraz wpływ modyfikacji kształtu konektorów oraz czaszy krwistej na pole przepływu krwi wewnątrz komory [C2, B10, B11, B12, B13]. W ramach programu Polskie Sztuczne Serce realizowany był też projekt komory implantowalnej do ciała pacjenta ReligaHeart IMPL [C4]. Dla tej komory przeprowadzałem obliczenia numeryczne przepływu krwi w celu identyfikacji potencjalnych obszarów stagnacji krwi.

Doświadczenie wykonawców zdobyte w ramach programu zaowocowało podjęciem jeszcze bardziej ambitnego zadania, jakim było opracowanie zastawek dostosowanych do potrzeb komór dla dzieci [PB7] oraz samych komór, w których były wykorzystane zastawki [PB6]. Prace prowadzone w ramach projektu poświęconego wytworzeniu zastawek o średnicach 20, 18, 16 i 14 mm były podzielone na badania materiałowe, technik wytwarzania oraz udoskonalanie modelu zastawek tak, aby spełniały wymagania przepływu przy zastosowaniu w komorach pediatrycznych o znacznie zmniejszonych objętościach w porównaniu z komorą ReligaHeart EXT dla dorosłych. W czasie realizacji projektów [PB6, PB7] kierowałem pracą zespołu w ramach Instytutu Maszyn Przepływowych w pięciu zadaniach poświęconych:

- dobraniu krzywizny dysku i innych parametrów geometrycznych w oparciu o numeryczne modelowanie przepływu przez zastawkę w modelowym kanale prostym oraz kanałach dolotowym i wylotowym komory,
- optymalizacji geometrii kanałów dolotowego i wylotowego dla poszczególnych komór wspomaganie pracy serca ze względu na parametry przepływowe w oparciu o numeryczne modelowanie przepływu,
- opracowaniu modeli parametrycznych i wykonanie symulacji numerycznych przepływu w pediatrycznej pulsacyjnej pompie wspomaganie pracy serca ReligaHeart PED z zastawkami dyskowymi typu Moll dla trzech rozmiarów 45 cm³, 30 cm³ i 20 cm³ (trzy osobne zadania w projekcie).

Zwieńczeniem prac poświęconych zastawkom było przyznanie patentów europejskich na ukształtowanie kanału konektora komory wspomagania serca [D1] oraz na specjalną konstrukcję pierścienia zastawki do zastosowań w komorze wspomagania serca [D2].

Wyniki badań nad komorami przeznaczonymi dla dzieci opublikowano w cyklu artykułów poświęconych analizie numerycznej przepływu [B13, B14] oraz wynikom badań doświadczalnych [A6]. Obecny, najbardziej zaawansowany model zrealizowany przy współpracy z zespołem pozwala na modelowanie przepływu wewnątrz czaszy krwistej komory wspomagania pracy serca z uwzględnieniem ruchu membrany i automatyczną pracą zastawek, których otwieranie i zamykanie wymuszone jest ruchem cieczy wewnątrz czaszy krwistej, tak jak to się dzieje w rzeczywistej komorze. Zestawienie metod numerycznego wyznaczania obszarów stagnacji różnymi metodami numerycznymi przedstawiono w publikacji, która jest w procesie korekty po ocenie recenzentów [E1].

Podsumowanie osiągnięć

Efektem mojej działalności naukowo-badawczej i moim wkładem w rozwój dyscypliny budowa i eksploatacja maszyn jest:

1. Wykazanie wpływu interferencji strug pochodzących z tętnic kręgowych na możliwe zaburzenia przepływów w tętnicy podstawnej.
2. Opracowanie modelu reologicznego krwi znajdującego szerokie zastosowanie do obliczeń numerycznych, także z wykorzystaniem komercyjnego kodu Ansys CFX.
3. Opracowanie metod zadawania warunków brzegowych w symulacjach w układzie krwionośnym człowieka, odzwierciedlających fizjologiczne warunki przepływu w układzie tętniczym i żylnym.
4. Opracowanie metody tworzenia modeli przestrzennych indywidualnego układu naczyniowego człowieka na podstawie badania z wykorzystaniem tomografii komputerowej.
5. Opracowanie metod dyskretyzacji i ustawień domeny obliczeniowej dla przypadków symulacji w układzie krwionośnym człowieka.
6. Wprowadzenie zmian kształtu pierścieni zastawek powodujących polepszenie warunków przepływowych i zmniejszenie występowania obszarów stagnacji i aktywacji płytek w czaszy krwistej komory.
7. Określenie zależności i rekomendacja do badań przedklinicznych ustawień kątowych zastawek wlotowej i wylotowej w komorach dla dorosłych ReligaHeart EXT i dzieci ReligaHeart PED45, ReligaHeart PED30, ReligaHeart PED20.
8. Opracowanie metod wyznaczania obszarów stagnacji wewnątrz pneumatycznych komór wspomagania pracy serca.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych)

a) Wykaz innych (niewchodzących w skład osiągnięcia wymienionego w pkt 4) opublikowanych prac naukowych:

1. Monografie, rozdziały w książkach, doktorat:

- F1. **Obidowski D.** *Symulacja przepływu krwi w tętnicach kręgowych człowieka*, Rozprawa doktorska, Politechnika Łódzka, 2007r.

punktacja MNiSW = 0.

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 1.

- (1) Jozwik K, Obidowski D. Numerical simulations of the blood flow through vertebral arteries. *Journal of Biomechanics*. 2010 Jan 19;43(2):177-85.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy. Ustaliłem cel i zakres pracy. Przygotowałem metodykę przeprowadzenia badań, przygotowałem przegląd literatury. Przeprowadziłem serię niezbędnych obliczeń. Przygotowałem ilustracje i tabelaryczne porównanie wyników. Przeprowadziłem opracowane wniosków i edycji pracy. Przygotowałem pracę do druku. Mój udział procentowy szacuję na 100%.

- F2. Józwik K., **Obidowski D.**: Skrypt ćwiczeń laboratoryjnych do przedmiotu Biomechanical Engineering na potrzeby realizacji projektu „Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania, także osób niepełnosprawnych”, 2010.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu zadań do wykonania dla studentów. Określiłem zakres i podział na poszczególne ćwiczenia. Przygotowałem metodykę przeprowadzenia badań. Przeprowadziłem obliczenia niezbędne do przygotowania treści merytorycznych do części laboratoryjnej. Przygotowałem ilustracje i opisy. Brałem udział w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

- F3. Grudziecki J., **Obidowski D.**: Skrypt ćwiczeń laboratoryjnych do przedmiotu Pro Engineer na potrzeby realizacji projektu „Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania, także osób niepełnosprawnych”, 2010.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu zadań do wykonania dla studentów. Określiłem zakres i podział na poszczególne ćwiczenia. Przygotowałem zestaw modeli do ćwiczeń. Przygotowałem ilustracje i opisy. Brałem udział w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

- F4. **Obidowski D.**, Wajman T.: Skrypt ćwiczeń laboratoryjnych do przedmiotu Metody Optymalizacji Konstrukcji na potrzeby realizacji projektu „Podwyższanie kompetencji kadry akademickiej i umiejętności absolwentów w aspekcie nowoczesnych metod analizy, symulacji i optymalizacji w procesie projektowania i eksploatacji” Realizowany w ramach działania 4.1.1 POKL (nr umowy UDA-POKL.04.01.01-00-468/08), 2011.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu zadań do wykonania dla studentów w części optymalizacji wykorzystywanej na potrzeby obliczeń strukturalnych. Określiłem zakres i podział na poszczególne ćwiczenia w tej części. Przygotowałem metodykę przeprowadzenia badań. Przeprowadziłem obliczenia niezbędne do przygotowania treści merytorycznych do części laboratoryjnej. Przygotowałem ilustracje i opisy w części optymalizacji wykorzystywanej na potrzeby obliczeń strukturalnych. Brałem udział w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

- F5. **Obidowski D.**, Wajman T: Materiały na platformę e-learningową na potrzeby realizacji przedmiotu Metody Optymalizacji Konstrukcji na potrzeby realizacji projektu „Podwyższanie kompetencji kadry akademickiej i umiejętności absolwentów w aspekcie nowoczesnych metod analizy, symulacji i optymalizacji w procesie projektowania i eksploatacji” Realizowany w ramach działania 4.1.1 POKL (nr umowy UDA-POKL.04.01.01-00-468/08), 2011.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu zadań do wykonania dla studentów w części optymalizacji wykorzystywanej na potrzeby obliczeń strukturalnych. Określiłem zakres i podział na poszczególne ćwiczenia w tej części. Przygotowałem metodykę przeprowadzenia badań. Przeprowadziłem obliczenia niezbędne do przygotowania treści merytorycznych do części laboratoryjnej. Przygotowałem ilustracje i opisy. Brałem udział w przygotowaniu materiałów na platformę e-learningową oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

2. Publikacje inne (niewchodzące w skład osiągnięcia wymienionego w punkcie 4) z wykazu czasopism naukowych posiadających współczynnik wpływu Impact Factor albo wyróżnionych w bazie Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z latami ich wydania:

- JCRIN 1. Sobczak K., **Obidowski D.**, Kocemba I., Maćkiewicz E., Jóźwik K., Pietrasik R., Szynkowska M.I.: *Flow control as a tool to increase the effectiveness of a flow sorbent*, Przemysł Chemiczny, 96/7, 2017, s. 1600-1604.

IF2016 = 0,385; IF5-year(2016) = 0,329 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 15 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r;

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu i przeprowadzeniu obliczeń w zakresie wpływu kształtu płytek z sorbentem na turbulizację przepływu. Przygotowałem ilustracje i opisy. Brałem udział w opracowywaniu wniosków z symulacji oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 15%.

- JCRIN 2. Podsedkowski L., Wroblewski P., Fracczak L., Kobierska A., Marciniak E., Wrobel G., Marciniak A., Jóźwik K., Papierski A., Sobczak K., **Obidowski D.**, Kryllowicz W. : *A differential planetary gear for regulation drive design and selected tests*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C - Journal of Mechanical Engineering Science, 1-13, 2017, DOI: 10.1177/0954406217745338.

IF2016 = 1,015; IF5-year(2016) = 0,930 na podstawie <https://jcr.incites.thomsonreuters.com>;

punktacja MNiSW = 20 - na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r;

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 0.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu i określeniu obciążeń generowanych w czasie pracy wentylatora. Brałem udział w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 5%.

3. Publikacje inne (niewchodzące w skład osiągnięcia wymienionego w punkcie 4) z wykazu czasopism naukowych nieposiadających współczynnika wpływu Impact Factor (IN), zgodnie z latami ich wydania

IN1. M Stajuda, M Karczewski, **D Obidowski**, K Jóźwik: *Development of a CFD model for propeller simulation*, Mechanics and Mechanical Engineering 20 (4), 2016, s. 579-593.

punktacja MNiSW = 12 – na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w określeniu celu naukowego i zakresu publikacji. Brałem udział w opisie literatury, przygotowaniu siatek obliczeniowych oraz obróbce wyników. Brałem udział w opracowywaniu wniosków z symulacji oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 10%.

IN2. Jóźwik, K., Papierski, A., Sobczak, K., **Obidowski, D.**, Kryłłowicz, W., Marciniak, E. Wróbel, G., Marciniak, A., Wróblewski, P., Kobierska, A., Frączczak, Ł., Podsędkowski, L.: *Radial fan controlled with impeller movable blades – CFD investigations*. Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery 131, 2016, s. 17-40.

Punktacja MNiSW = 7 – na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 grudnia 2016 r.;

Cytowania w czasopismach znajdujących się w bazie JCR – 1.

(1) Podsędkowski L., Wroblewski P., Fracczak L., Kobierska A., Marciniak E., Wrobel G., Marciniak A., Jozwik K., Papierski A., Sobczak K., Obidowski D., Kryllowicz W.: A differential planetary gear for regulation drive design and selected tests, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C - Journal of Mechanical Engineering Science, 1-13, 2017, DOI: 10.1177/0954406217745338.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu siatek numerycznych spirali wentylatora. Brałem udział w ustalaniu warunków symulacji numerycznych oraz obróbce wyników. Przygotowałem część ilustracji. Brałem udział w opracowaniu wniosków publikacji oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 10%.

IN3. Jodko D., **Obidowski D.**, Reorowicz P., Jóźwik K.: *Anterior cervical plate – a new idea of locking mechanism*, W: Biomechanics 2012. Book of abstracts, 2012, s.117-118.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w przygotowaniu przeglądu literatury. Brałem udział w opracowaniu tekstu publikacji oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 10%.

IN4. Veshkina, N., Zbiciński, I., **Obidowski, D.**: *Modelling of pulsating flow in a collapsible wall*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, (1), 2010, 117-118.

Punktacja MNiSW = 6 – na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 grudnia 2010 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na określeniu zakresu pulsacji. Brałem udział w ustalaniu warunków symulacji numerycznych oraz doborze modelu strukturalnego ścianki kanału. Brałem udział w opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 10%.

IN5. Witkowski D., **Obidowski D.**, Łysko J., Karczemska A.: *3D simulations of Diamond Microfluidic Devices*, Inżynieria Biomateriałów (Engineering of Biomaterials), No 86 (2009), 14-16.

Punktacja MNiSW = 4 – na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 czerwca 2009 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w budowaniu modelu numerycznego urządzenia mikroprzepływowego: w budowaniu siatki modelu, w ustalaniu warunków symulacji numerycznych. Brałem udział w opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 10%.

IN6. Łysko J., Witkowski D., **Obidowski D.**, Karczemska A., *Numerical Simulations of Diamond Microfluidic Device for the Biomolecules Electrophoretic Separations*. Computer Methods in Material Science – Informatyka w Technologii Materiałów, Publishing House Akapit, Vol. 9, 2009, No 1, pp. 97-103

punktacja MNiSW = 4 – na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 czerwca 2009 r.;

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w budowaniu modelu numerycznego urządzenia mikroprzepływowego: w budowaniu siatki modelu, w ustalaniu warunków symulacji numerycznych. Brałem udział w opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 10%.

IN7. Witkowski D., **Obidowski D.**, Łysko J., Karczemska A. : *3D Simulations of Microfluidic Devices*, Ciepłne Maszyny Przepływowe – Turbomachinery 2008, Nr 133, Zeszyt 1017, Łódź, s. 359-368, Referat na konferencji: International Symposium SYMKOM'08 on Compressor & Turbine Systems Theory & Application Areas,

punktacja MNiSW = 2 – na podstawie załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Ujednolicony wykaz czasopism punktowanych z dnia 18 czerwca 2009 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w budowaniu modelu numerycznego urządzenia mikroprzepływowego: w budowaniu siatki modelu, w ustalaniu warunków symulacji numerycznych. Przygotowałem opis części Governing equations, Brałem udział w opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

Publikacje przed doktoratem

PD1. Jóźwik K., Witkowski D., **Obidowski D.**: *A Long-term Mechanical Fatigue Examination of the Artificial Heart Valve with an NCD Coating*. Inżynieria Biomateriałów (Engineering of Biomaterials), Nr 35-36, 2004, s. 26-29 **punktacja MNiSW = 4.**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w projektowaniu stanowiska do badań zmęczeniowych zastawki. Brałem udział w przygotowaniu ilustracji i opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 30%.

PD2. Jóźwik K., Witkowski D., **Obidowski D.**: *Długoterminowe badania zmęczeniowe sztucznej zastawki serca pokrytej warstwą nanokrystalicznego diamentu*, Konferencja Międzynarodowa w Szcarskiej Porębie, 2003.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w projektowaniu stanowiska do badań zmęczeniowych zastawki. Brałem udział w przygotowaniu ilustracji i opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 30%.

PD3. Jóźwik K., Witkowski D., **Obidowski D.**: *Long-Term Mechanical Fatigue Examination Of The Artificial Heart Valve With An Ncd Coating*, Center of Excellence NANODIAM, Summer School, „Technology of Carbon Surfaces”, Szklarska Poręba/Liberec 2003.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współudziale w projektowaniu stanowiska do badań zmęczeniowych zastawki. Brałem udział w przygotowaniu ilustracji i opracowaniu wniosków oraz w pracach edytorskich. Mój udział procentowy szacuję na 30%.

PD4. Ciejką E., Kowacka B., **Obidowski D.**: *Analiza oddziaływania wolnozmiennego pola magnetycznego małej częstotliwości na wartość ciśnienia tętniczego krwi bezpośrednio po ekspozycji*, Fizjoterapia tom 11, nr 1/2003, 5-12 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na statystycznej obróbce danych doświadczalnych. Brałem udział w przygotowaniu wykresów i opracowaniu wniosków. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

PD5. Jóźwik K., **Obidowski D.**: *An Influence of Changes in Characteristic Parameters of Heart Operation on the Blood Pressure*, Konferencja Międzynarodowa, Liberec 2002 r.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu i zebraniu materiałów do analizy. Brałem udział w przygotowaniu rysunków, opisu i opracowania wniosków. Brałem udział w przygotowaniu publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

PD6. Jóźwik K., **Obidowski D.**: *An Influence Of Changes In Characteristic Parameters Of Heart Operation On The Blood Pressure*, First Steps In Science And Education, No1. 2002r. CDROM.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu i zebraniu materiałów do analizy. Brałem udział w przygotowaniu rysunków, opisu i opracowania wniosków. Brałem udział w przygotowaniu publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

PD7. Jóźwik K., Nawrat Z., **Obidowski D.**: *Investigations of Blood Artery Mechanical Properties*, Konferencja Międzynarodowa, Liberec 2002.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu i zebraniu materiałów do analizy. Brałem udział w przygotowaniu wykresów, opisu i opracowania wniosków. Brałem udział w przygotowaniu publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 30%.

b) Podsumowanie dorobku publikacyjnego:

Poniżej przedstawiłem całościowe zestawienie mojego dorobku publikacyjnego wraz z jego oceną parametryczną. Dane liczbowe zawarte zostały w tabeli 1. Dokładny wykaz doniesień konferencyjnych zawarty jest w załączniku 6.

Tabela 1. Podsumowanie dorobku publikacyjnego

Rok	Ilość publikacji		Doniesienia konferencyjne	Punkty MNiSW	Punkty IF	Cytowania z JCR	
	Wszystkie	Z listy JCR				Wszystkie	Bez autocytowań
Łącznie przed doktoratem							
2002-2006	7	0	4	4	0	0	0
Po doktoracie							
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	5	4	0	0	0
2009	6	0	2	22	0	0	0
2010	4	1	2	47	2,463	0	0
2011	3	0	4	5	0	1	1
2012	1	0	1	0	0	6	6
2013	0	0	2	0	2,896	3	3
2014	3	2	7	50	3,645	9	8
2015	0	0	6	0	0	12	9
2016	3	1	4	34	0,914	14	9
2017	4	4	4	70	3,600	15	9
2018	1	1	0	15	1,031	1	1
RAZEM	30	9	41	247	11,653	61	46

1. Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: 11,653 (IF_{5-years}=12,851);
2. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science: 61;
3. Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 3;
4. Liczba cytowań publikacji według bazy Google Scholar: 158;
<https://scholar.google.pl/citations?user=a1IHJ3sAAAAJ&hl=pl>
5. Indeks Hirscha według bazy Google Scholar: 6;
6. Suma punktów MNiSW: 247.

6) Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach

W ramach pracy naukowej brałem lub biorę aktualnie udział w 13 projektach, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych oraz finansowanych w ramach funduszy europejskich z Europejskiego Funduszu Społecznego z programu Program Operacyjny Kapitał Ludzki. Przed doktoratem byłem wykonawcą dwóch projektów. Po uzyskaniu stopnia doktora byłem lub jestem kierownikiem badań z ramienia podwykonawcy

w jednym projekcie oraz kierownikiem sześciu zadań w trzech projektach, zgodnie ze szczegółowym wykazem:

- PB1. Projekt w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 działanie 1.1/poddziałanie 1.1.1 Szybka Ścieżka POIR.01.01.01-00-0850/17, *ECO-AEROZOL Opracowanie w ramach B+R innowacyjnej linii prototypowej do kompleksowego odzysku pojemników ciśnieniowych i neutralizacji gazów roboczych*, realizowany przez CSD-ECO. Center for Science and Development Anna Fligel, badania realizowane przez podwykonawcę – Politechnikę Łódzką, 2018-2021, finansowany przez NCBiR, **kierownik prac B+R realizowanych przez Politechnikę Łódzką.**
- PB2. Projekt w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020, POWR.03.02.00-00-I042/16-00: *Wdrożeniowa Szkoła Doktorancka*, 2017-2021, finansowany przez NCBiR, **wykonawca.**
- PB3. Projekt w ramach Programu Badań Stosowanych PBS3/B9/45/2015, *Innowacyjna technologia chirurgiczna z urządzeniem implantowanym (IP) rozszerzająca efektywne leczenie kręgosłupa degeneracyjnego – badania modelowe*, 2015-2018, finansowany przez NCBiR, **kierownik** jednego zadania w IMP PŁ:
- a. Komputerowa symulacja przepływu medium wypełniającego.
- PB4. Projekt w ramach Programu Badań Stosowanych PBS3/B4/11/2015 *Nowa energooszczędna metoda regulacji wentylatorów promieniowych, zwłaszcza dla potrzeb energetyki*, 2014-2017, finansowany przez NCBiR, **wykonawca.**
- PB5. Projekt w ramach funduszy strukturalnych w POIG, oś priorytetowa – Badania i Rozwój Nowych Technologii, działanie 1.3 - Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe: *Opracowanie i wdrożenie technologii redukcji emisji rtęci do atmosfery z procesów spalania węgla, zadanie 2 Projekt i realizacja rzeczowa oraz eksploatacja nadzorowana demonstratora technologii absorpcji rtęci na obiekcie rzeczywistym w skali 1:200* – 2013-2015, **wykonawca.**
- PB6. Projekt w ramach Programu Badań Stosowanych PBS1/A7/1/2012 *Pozaustrojowy pulsacyjny system wspomagania serca dla dzieci ReligaHeart PED*, 2012-2016, finansowany przez NCBiR, **kierownik trzech zadań w IMP PŁ:**
- a. Opracowanie modeli parametrycznych i wykonanie symulacji numerycznych przepływu w pediatrycznej pulsacyjnej pompie wspomagania serca ReligaHeart PED (45 cm³) z zastawkami dyskowymi typu Moll;
 - b. Opracowanie modeli parametrycznych i wykonanie symulacji numerycznych przepływu w pediatrycznej pulsacyjnej pompy wspomagania serca ReligaHeart PED (30 cm³) z zastawkami dyskowymi typu Moll;
 - c. Opracowanie modeli parametrycznych, opracowanie modelu numerycznego i wykonanie symulacji numerycznych ruchu zastawki i przepływu w pediatrycznej pulsacyjnej pompie wspomagania serca ReligaHeart PED (20 cm³).
- PB7. Projekt rozwojowy N R13-0118-10/2011 *Opracowanie typoszeregu dyskowych zastawek mechanicznych dla pediatrycznych komór wspomagania serca*, 2011-2014, **kierownik dwóch zadań w IMP PŁ:**
- a. Dobranie krzywizny dysku i innych parametrów geometrycznych w oparciu o numeryczne modelowanie przepływu przez zastawkę w modelowym kanale prostym oraz kanałach dolotowym i wylotowym komory;
 - b. Optymalizacja geometrii kanałów dolotowego i wylotowego dla poszczególnych komór wspomagania pracy serca ze względu na parametry przepływowe w oparciu o numeryczne modelowanie przepływu.
- PB8. Projekt *Podwyższanie kompetencji kadry akademickiej i umiejętności absolwentów w aspekcie nowoczesnych metod analizy, symulacji i optymalizacji w procesie projektowania i eksploatacji* Realizowany w ramach działania 4.1.1 POKL (nr umowy UDA-POKL.04.01.01-00-468/08), **wykonawca** 2010-2013,

- PB9. Projekt *Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania, także osób niepełnosprawnych*, Realizowany w ramach działania 4.1.1 POKL, 2010-2013, **wykonawca**.
- PB10. 09/PW/P03/001/SPB-PSS/2008 – *Polskie sztuczne serce*, zadanie: *Opracowanie konstrukcji klinicznych systemów wspomagania serca*, zadanie do koordynacji: *Opracowanie mechanicznych zastawek serca oraz układu zasilania powietrza dla sterownika pneumatycznych komór wspomagania serca*, projekt zamawiany rządowy, **wykonawca** IMP PŁ.
- PB11. Projekt badawczy NN509353634, *Modelowanie i badania eksperymentalne przepływu pulsacyjnego przez przewody rozgałęzione*, 2008-2010, **wykonawca** IMP PŁ.
- PB12. Projekt rozwojowy 116/ERA/98/2006, *Diamantowe urządzenia mikroprzepływowe dla genomiki i proteotyki*, 2007-2009, finansowany przez NCBiR, **wykonawca**, IMP PŁ.
- PB13. Projekt badawczy 3 T09C 023 19 *Wpływ parametrów konstrukcyjnych na współczynnik wpływu i kąt strugi rozpylaczy strumieniowo-wirowych*, 2000-2003, finansowany przez KBN, **wykonawca**.

7) Zgłoszenia patentowe i udzielone patenty międzynarodowe i krajowe:

a) Zgłoszenia patentowe

1. Jóźwik K., **Obidowski D.**, Kantyka K., Pałczyński T., Sobczak K., Reorowicz P., Fligel A., Dembiński J.: *Urządzenie rozszczelniające i opróżniające do pojemników ciśnieniowych*, zgłoszenie patentowe P.422582 (18.08.2017).
2. Reorowicz P., Górecki G., Sobczak K., **Obidowski D.**, Jóźwik K., Gutkowski A., Łęcki M., Pałczyński T., Kantyka K., Olczyk A.: *Rotacyjny silnik cieplny z zewnętrznym dostarczaniem ciepła*, zgłoszenie patentowe P.417772.
3. Jóźwik K., Sobczak K., Magiera R., **Obidowski D.**, Wajman T., Reorowicz P., Kula P., Pietrasik R., Szynkowska M.I., Góralski J., Maćkiewicz E., Kocemba I., *Nośnik sorbentu*, zgłoszenie patentowe. Pol. P-415268 (14.12.2015).
4. Magiera R., Jóźwik K., Sobczak K., **Obidowski D.**, Wajman T., Szynkowska M.I., *Kaseta załadowcza pakietu nośników sorbentu* zgłoszenie patentowe. Pol. P-415267 (14.12.2015).
5. Jóźwik K., Magiera R., Reorowicz P., Kryłłowicz W., **Obidowski D.**, Sobczak K., Podsekowski L., Wróblewski P., Szynkowska M.I., *Instalacja wychwytu rtęci z gazów powstających w procesie energetycznego spalania węgla* zgłoszenie patentowe. Pol. P-415266 (14.12.2015). *Mercury capture system from flue gases generated in power process of coal burning for use in coal combustion plants, has inlet part with elbow fitting connected through fan with working duct* EP3181213-A1 (18.12.2015).
6. **Obidowski D.**, Sobczak K., Jóźwik K., *Turbina wiatrowa o pionowej osi obrotu i zmiennej geometrii łopat*, zgłoszenie patentowe numer P.405447 (26.09.2013).

8) Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych:

1. Członek komitetu organizacyjnego 9th International Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas SYMKOM'08, Łódź, 15-17 wrzesień, 2008.
2. Członek komitetu organizacyjnego V konferencji naukowo-technicznej REGOS'2007 Racjonalizacja Gospodarki Energetycznej, Łódź, 28-30 listopada 2007 r.

9) Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

1. Członek European Society of Artificial Organs od grudnia 2013 r.
2. Członek zwyczajny Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich, od 02.01.2007r. nr legitymacji 092/L, Rzeczoznawca SIMP nr cert. 9660/07.

10) Otrzymane nagrody i wyróżnienia

- Nagroda JM Rektora Politechniki Łódzkiej za najbardziej wartościowe wdrożenie w latach 2008-2014 roku wielokrotnie (za lata 2008, 2011, 2012, 2013, 2014) – członek nagrodzonego zespołu: **razem 5**,
- Nagroda Rektora PŁ za osiągnięcia w pracy naukowej i dydaktycznej w latach 2008-2016, Łódź, wielokrotnie (za lata 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016): **razem 9**,
- Srebrny Medal International Warsaw Invention Show, za rozwiązanie: Determination of flow structure within the vascular structure of the patient, autorzy: **Obidowski D.**, Jóźwik K., Dychto R., Jodko D., Karczemska A., Reorowicz P., Witkowski D., Warszawa 2017.

11) Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych

1. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, recenzje projektu badawczego w ramach programu In-Tech, 2013, **1 projekt**;
2. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, recenzje projektów badawczych w ramach Programu Badań Stosowanych, 2014, **6 projektów**;

12) Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

1. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Taylor & Francis, Rok 2012, 2013, 2014; **4 manuskrypty** (M404201202, M836201307, M1214201408, TCFM-2016-0259),
2. Journal of Biomechanics, Elsevier, 2012, **1 manuskrypt** (BM-D-12-00699),
3. Computational Methods in Applied Science, Springer, 2013, **1 manuskrypt**,
4. Central European Journal of Engineering, Springer, 2015, **1 manuskrypt**,
5. Alexandria Engineering Journal, Elsevier, 2016, **1 manuskrypt**, (AEJ-D-16-00351),
6. Biocybernetics and Biomedical Engineering, Elsevier, 2016, **1 manuskrypt**, (BBE_2016_110),
7. Journal of Cardiovascular Translational Research, Springer, 2016, **1 manuskrypt**, (CATR-D-16-00092),
8. Open Engineering, De Gruyter, 2016, **1 manuskrypt**, (OPENENG-D-16-00063),
9. International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering, Wiley, 2017, **1 manuskrypt**, (NM-Mar-17-0088),
10. Medical & Biological Engineering & Computing, Springer, 2017, **1 manuskrypt**, (MBEC-D-17-00080R2),
11. Acta of Bioengineering and Biomechanics, Wrocław University of Technology, 2017, **1 manuskrypt**, (ABB-00977-2017-01).

13) Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

1. CMP Turbomachinery, od 2018, wydawca – De Gruyter Poland Sp. z o.o., redaktor techniczny w obszarze inżynieria biomedyczna.

14) Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

1. EUROCOPTER an EADS Company w Marignane, Innovation Department - Francja 1 ÷ 3.15.2010 wymiana informacji o realizacji wspólnego projektu badawczego, praca na stanowisku inżynier w biurze projektu;
2. Materialise z siedzibą w Leuven (Belgia) w siedzibie RWTH Aachen w Aachen – Niemcy, 21 ÷ 24.11.2012 roku, specjalistyczne szkolenie „Mimics Innovation Suite”, uczestnik;
3. EUROCOPTER an EADS Company w Marignane, Innovation Department - Francja 25 ÷ 26.10.2010 wymiana informacji o realizacji wspólnego projektu badawczego, praca na stanowisku inżynier w biurze projektu;
4. Von Karman Institute for Fluid Dynamics w Rhode-St-Genese, Belgia, 31.05.2010 ÷ 04.06.2010 udział w specjalistycznym szkoleniu: „Introduction to Optimization & Multidisciplinary Design in Aeronautics and Turbomachinery”, uczestnik;
5. EUROCOPTER an EADS Company w Marignane, Innovation Department - Francja 01 ÷ 02.04.2010 wymiana informacji o realizacji wspólnego projektu badawczego, praca na stanowisku inżynier w biurze projektu;
6. EUROCOPTER an EADS Company w Marignane, Innovation Department - Francja 03 ÷ 06.05.2008, wymiana informacji o realizacji wspólnego projektu badawczego, praca na stanowisku inżynier w biurze projektu;
7. ANSYS w Otterfing – Niemcy, 16 ÷ 21.09.2007 szkolenie w zakresie wykorzystania programu CFX, uczestnik.

15) Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie

1. Obidowski D., 2012, opinia na temat innowacyjności urządzeń do zakupu w ramach projektu, „*Innowacyjna technologia produkcji zimnych mieszanek drogowych z wykorzystaniem przewoźnej wytwórni typu PackLiner MH 300 3D w firmie „WŁODAN” S.J.*”, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich.

16) Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

1. Zespół Ekspertów Zewnętrznych itd. Analiz Delphi Narodowego Programu Foresight Polska 2020, członek, od 22.10.2008 r.
2. Zespół Ekspertów Narodowego Centrum Badań i Rozwoju do oceny wniosków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 od 21.12.2017 r.

17) Podsumowanie dorobku i osiągnięć naukowo-badawczych habilitanta

Pełne zestawienie osiągnięć w pracy naukowo-badawczej i wdrożeniowej habilitanta zawiera tabela 6.1.

Tabela 6.1. Podsumowanie dorobku habilitanta

Lp.	Dorobek naukowy i wdrożeniowy	Liczba		
		przed doktoratem	po doktoracie	Razem
I.	Dorobek naukowy razem	9	100	109
1.	Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	0	9	9
2.	Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych, innych niż znajdujące się w bazie (JCR)	2	19	21
3.	Autorstwo/współautorstwo prac opublikowanych w monografiach anglojęzycznych	0	1	1
4.	Autorstwo/współautorstwo prac opublikowanych w monografiach polskojęzycznych	1	3	4
5.	Autorstwo/współautorstwo monografii lub podręczników akademickich	0	4	4
6.	Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	4	37	41
7.	Wygłoszone referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych	2	9	11
8.	Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	0	14	14
9.	Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	0	7	7
II.	Ocena parametryczna dorobku naukowego			
10.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	0	3	3
11.	Liczba publikacji według bazy Web of Science (WoS)	0	15	15
12.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) [bez autocytaowań]	0	61 [46]	61 [46]
13.	Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania	0	11.653	11.653
14.	Sumaryczna liczba punktów według listy czasopism MNiSzW	4	243	247
III.	Dorobek wdrożeniowy razem	4	93	97
15.	Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe	0	2	2
16.	Zgłoszenia patentowe	0	6	6
17.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	2	16	18
18.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych i ekspertyz	2	66	68
19.	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami	0	3	3
20.	Kierowanie zadaniami w projektach badawczych	0	5	5
IV.	Pozostałe osiągnięcia			
21.	Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych konferencji naukowych	0	2	2
22.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego	-	3	3
23.	Wykonane ekspertyzy	0	1	1
24.	Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	2	11	13
25.	Liczba odbytych stażów i szkoleń w zagranicznych ośrodkach naukowych lub akademickich	1	6	7
26.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia	0	15	15