

Zabrze, 14.02.2026 r.

Recenzja
osiągnięć naukowych będących podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora
habilitowanego dr. inż. Pawła Turka
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Formalną podstawę opracowania stanowi uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej nr 02/11/2025/RDIMEch z dnia 26 listopada 2025 r. oraz pismo Zastępcy Przewodniczącego prof. dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca nr RM/531-02-07/2025 z dnia 26.11.2025 r., które otrzymałem dnia 20.12.2025 r.

Ocenę osiągnięć naukowych przeprowadzono w oparciu o wymagania, które zostały określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce - p.s.w.n. (Dz. U. z 16 marca 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Recenzję opracowano na podstawie autoreferatu Kandydata, obejmującego opis najważniejszych osiągnięć naukowych, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy p.s.w.n. tj.:

- monografii naukowej: Paweł Turek, *Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2024 r. ISBN: 978-83-7934-741-4;

- cyklu tematycznie powiązanych artykułów naukowych pod wspólnym tytułem: *Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi*.

Recenzent zapoznał się również z pozostałymi publikacjami Kandydata oraz informacjami o istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt 3 ustawy p.s.w.n., a także z informacjami o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę. Całość przedstawionego dorobku naukowego oraz inne informacje w tym bibliometryczne, ważne z punktu widzenia Habilitanta, dotyczące jego kariery zawodowej również zostały uwzględnione podczas sporządzania niżej przedstawionej recenzji.

1. Ogólna charakterystyka Kandydata

Dr inż. Paweł Turek uzyskał dyplom magistra inżyniera na kierunku Automatyka i Robotyka, o specjalności Informatyka i Robotyka, na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w 2011 r., broniąc pracę pt.: „Zaprogramowanie stanowiska do paletyzacji z wykorzystaniem robotów KUKA”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Zenon Hendzel. Rozprawę doktorską pt.: „Metodyka projektowania oraz wytwarzania modeli medycznych żuchwy” obronił w 2017 r., której promotorem był prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, oraz po złożeniu wymaganych egzaminów uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn nadany uchwałą Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

Dr inż. Paweł Turek jest obecnie zatrudniony w Katedrze Technik Wytwarzania i Automatyzacji, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza na stanowisku adiunkta.

Problematyka stanowiąca przedmiot zainteresowań naukowych, prac badawczo - rozwojowych i dydaktycznych dr inż. Pawła Turka łączy inżynierię mechaniczną (metrologia, inżynieria odwrotna, systemy CAD/CAM, technologie przyrostowe) z medycyną (chirurgia szczękowo-twarzowa, ortopedia).

Swoją karierę naukową po ukończeniu studiów na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej rozpoczął od pracy na stanowisku asystenta w Katedrze Techniki Wytwarzania i Automatykacji, co umożliwiło rozwój jego umiejętności badawczych i kompetencji analitycznych. Następnie po otrzymaniu awansu na stanowisko Adiunkta nadal pracuje w tej Katedrze jako pracownik badawczo-dydaktyczny. W tym okresie również dokształcał się specjalistycznie uczestnicząc w licznych kursach i szkoleniach, a po zdaniu egzaminu zawodowego przed Okręgową Komisją Egzaminacyjną w Krakowie w 2023 r. uzyskał Dyplom zawodowy: Technika sterylizacji medycznej.

Po obronie pracy doktorskiej Kandydat odbył cztery staże, w tym jeden zagraniczny, dwa w uznanych krajowych ośrodkach naukowych oraz jeden w firmie, w których miał możliwość prowadzić badania i prace rozwojowe z wykorzystaniem technik pomiarowych i przyrostowych. W 2022 roku zrealizował 4-tygodniowy staż naukowy w University of Žilina, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Automation and Production Systems, podczas którego prowadził badania dotyczące możliwości zastosowania technologii przyrostowych w dziedzinie inżynierii mechanicznej i medycynie. Natomiast, w roku 2023 odbył ponad półroczny staż w Zakładzie Metrologii i Systemów Pomiarowych Instytutu Technologii Mechanicznej na Politechnice Poznańskiej. Podczas tego stażu zajmował się analizą związaną z określeniem dokładności systemów stykowych i bezstykowych w procesie oceny struktury geometrycznej powierzchni modeli polimerowych wytwarzanych technikami przyrostowymi. Dr inż. Paweł Turek również odbył trzymiesięczny staż w Laboratorium Patofizjologii Narządu Ruchu Człowieka, Przyrodniczo-Medyczne Centrum Badań Innowacyjnych, Uniwersytet Rzeszowski, który dotyczył analizy możliwości wykorzystania technologii przyrostowych oraz metod inżynierii odwrotnej w procesie wspomagania planowania zabiegów operacyjnych w dysfunkcjach narządu ruchu. Ponadto, w 2019 r. zrealizował czterotygodniowy staż naukowo-przemysłowy w firmie CC Metal dotyczący analizy oraz optymalizacji procesów w nowoczesnym wytwarzaniu elementów maszyn w oparciu o metody kontroli jakości oraz inżynierii odwrotnej. Dodatkowo, podjął współpracę z VSB-Technical University of Ostrava (Czechy) oraz krajowymi ośrodkami otoczenia społeczno-gospodarczego m.in. Uniwersyteckim Szpitalem Klinicznym im. Fryderyka Chopina w Rzeszowie (Klinika Chirurgii Szcękowo-Twarzowej) oraz Szpitalem Wojewódzkim Nr 2 (Ortopedia) w Rzeszowie, a także firmami, jak Mediprintic (ortezy) czy RC-Tech (zawory hybrydowe). W ramach współpracy z tymi ośrodkami były realizowane badania, ekspertyzy i projekty badawcze, które skutkowały patentami (np. szablon oczodołu), wdrożeniami i realnym wsparciem planowania zabiegów operacyjnych (ponad 50 przypadków żuchwy, 21 oczodołu) oraz opublikowanymi publikacjami.

Na podkreślenie zasługuje kilka innych aspektów działalności naukowo-badawczej oraz zawodowej Kandydata ukierunkowanej na badania stosowane. Dr inż. Paweł Turek brał udział w sześciu krajowych projektach badawczych, w dwóch pełniąc funkcję kierownika, a w pozostałych będąc członkiem zespołu badawczego w roli głównego wykonawcy czy wykonawcy.

Dr inż. Paweł Turek od 2012 r. jest członkiem Polskiego Towarzystwa Diagnostyki Technicznej (PTDT) i od 2013 r. Polskiego Towarzystwa Inżynierii Medycznej (PTIM), a także bierze aktywny udział w komitetach redakcyjnych następujących, uznanych czasopism: Journal of Clinical Medicine (JCM) pełniąc funkcję członka komitetu redakcyjnego (Editorial Board Member) w sekcji „Orthopedics”, a w roli redaktora gościnnego (Guest Editor) w Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. Jest aktywnym i cenionym recenzentem dla wielu czasopism z listy JCR, m.in. dla Scientific Reports, Journal of Clinical Medicine, Applied Sciences czy Polymers. (łącznie wykonał 69 recenzji).

Dr inż. Paweł Turek może się poszczycić znaczącymi osiągnięciami dydaktycznymi. Był promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr inż. Łukasza Przeszłowskiego, rozprawy pt.: „Metodyka oceny dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli medycznych wytwarzanych technikami przyrostowymi”, która została obroniona z wyróżnieniem w 2023 roku na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej. Był opiekunem 61 dyplomantów,

w tym wypromował 23 prace magisterskie oraz 38 prac inżynierskich (na kierunkach: Inżynieria Medyczna, Mechatronika, Mechanika i Budowa Maszyn), które zdobywały nagrody w ogólnopolskich konkursach (np. konkursy SIMP).

Prowadzi zajęcia na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej zarówno w formie wykładów, ćwiczeń, laboratoriów, jak i zajęć projektowych dla studentów I oraz II stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych. Do kilku przedmiotów jest autorem programu nauczania (m.in.: Techniki przyrostowe - Rapid Prototyping, Metrologia wielkości geometrycznych, Systemy pomiarowe w medycynie, Inżynieria odwrotna - Reverse Engineering, Zapis konstrukcji i systemy CAD, Automatyizacja procesów produkcyjnych).

Dodatkowo, angażuje się w działania popularyzujące naukę m.in. aktywnie uczestnicząc w Dniach Otwartych Politechniki Rzeszowskiej, czy w Rzeszowskim Forum „Technologia w Medycynie”. Jest członkiem Zespołu ds. Promocji Wydziału realizując działania mające na celu budowanie wizerunku jednostki publikując artykuły charakterze popularnonaukowym (10 artykułów) oraz wygłaszając wykłady popularyzujących naukę dla uczniów techników oraz szkół średnich w ramach zadania pn. „Politechniczna Sieć VIA CARPATIA im. Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego”. Sprawuje opiekę nad studentami Studenckiego Koła Naukowego Inżynierii Medycznej na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, gdzie angażuje studentów w projekty badawczo-naukowe i włącza ich w działalność publikacyjną (8 wspólnych artykułów).

Działalność organizacyjna Kandydata, podobnie jak dydaktyczna cechuje się dużą aktywnością. Habilitant jest zaangażowany w pracach licznych gremiów m.in. jest członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej, Zespołu ds. Zapewnienia Jakości Kształcenia oraz licznych Komisji Egzaminacyjnych. Pełni również funkcję wiceprezesa Zarządu w dwóch Stowarzyszeniach: Krajowy Klaster Industry 4.0 (KRS:0000702862) oraz Centrum Naukowo Techniczne (KRS: 0000211686). Ponadto, jest członkiem Komitetu Organizacyjnego cyklicznej konferencji „Diagnostyka Techniczna Urządzeń Mechanicznych”, a także Rzeszowskiego Forum „Technologia w Medycynie”.

Za swoją działalność zawodową, a zwłaszcza naukową wielokrotnie był nagradzany przez JM Rektora Politechniki Rzeszowskiej, a także za długoletnią służbę Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej nadał mu brązowy medal. Szczegółowe informacje dotyczące pozostałych nagród i wyróżnień dotyczących jego kariery zawodowej zostały zamieszczone w autoreferacie Kandydata.

Podsumowując: przedstawiona ogólna charakterystyka działalności zawodowej, naukowo-badawczej i dydaktyczno-organizacyjnej dr. inż. Pawła Turka wskazuje na wyróżniającą się sylwetkę Habilitanta w pełni zasługującą na uznanie. Należy podkreślić jego aktywność na rzecz macierzystej Uczelni i społeczności akademickiej oraz szeroką współpracę z otoczeniem społeczno-gospodarczym, polskimi oraz zagranicznymi ośrodkami naukowymi. **Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty aktywności zawodowej oraz całościową jego ocenę, uważam że Kandydat spełnia ustawowe warunki unormowane w art. 219 p.s.w.n. pkt 1 - posiada stopień doktora oraz pkt 3 - wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż w jednej uczelni, instytucji naukowej. W mojej opinii dr inż. Paweł Turek posiada wystarczające dyspozycje do bycia samodzielnym pracownikiem naukowym.**

2. Ocena osiągnięć naukowych

Jako podstawę do ubiegania się o stopień doktora: habilitowanego w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna, dr inż. Paweł Turek przedstawiła, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy p.s.w.n., osiągnięcia naukowe w postaci:

- [A0] monografii naukowej: Paweł Turek, *Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2024 r., ISBN: 978-83-7934-741-4;

- cyklu tematycznie powiązanych artykułów naukowych pod wspólnym tytułem: **Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi.**

Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych obejmuje piętnaście publikacji:

[A1] **Turek Paweł:** *Evaluation of surface roughness parameters of anatomical structures models of the mandible made with additive techniques from selected polymeric materials.* Polimery 67(4), 162-167, 2022
<https://doi.org/10.14314/polimery.2022.4.4>

[A2] **Turek Paweł:** *Automating the process of designing and manufacturing polymeric models of anatomical structures of mandible with Industry 4.0 convention.* Polimery, 64(7-8), s. 522-529, 2019.
<https://doi.org/10.14314/polimery.2019.7.9>

[A3] **Turek Paweł, Budzik Grzegorz:** *Development of a procedure for increasing the accuracy of the reconstruction and triangulation process of the cranial vault geometry for additive manufacturing.* Facta Universitatis – Series Mechanical Engineering, 23(1), s. 95-108, 2025.
<https://doi.org/10.22190/fume211208025t>

[A4] **Turek Paweł, Snela Sławomir, Budzik Grzegorz, Bazan Anna, Jabłoński Jarosław, Przeszłowski Łukasz, Wojnarowski Robert, Dziubek Tomasz, Petru Jana:** *Proposes Geometric Accuracy and Surface Roughness Estimation of Anatomical Models of the Pelvic Area Manufactured Using a Material Extrusion Additive Technique.* Appl. Sci. 15, 134, 2025; <https://doi.org/10.3390/app15010134>

[A5] **Turek Paweł, Bazan Anna, Budzik Grzegorz, Dziubek Tomasz, Przeszłowski Łukasz:** *Evaluation of Macro-and Micro-Geometry of Models Made of Photopolymer Resins Using the PolyJet Method.* Materials, 17(17), 4315, 2024; <https://doi.org/10.3390/ma17174315>

[A6] **Turek Paweł, Bazan Anna, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Gapiński Bartosz:** *Surface roughness of photoacrylic resin shapes obtained using PolyJet additive technology.* Polimery, 68 (11-12), 2023; <https://doi.org/10.14314/polimery.2023.11.7>

[A7] **Budzik Grzegorz, Dziubek Tomasz, Kawalec Andrzej, Turek Paweł, Bazan Anna, Dębski Mariusz, Józwiak Jerzy, Poliński Przemysław, Kiełbicki Mateusz, Kochmański Łukasz, Oleksy Mariusz, Cebulski Józef, Paszkiewicz Andrzej, Kuric Ivan:** *Geometrical Accuracy of Threaded Elements Manufacture by 3D Printing Process.* Advances in Science and Technology Research Journal, 17(1), 35-45, 2023.
<https://doi.org/10.12913/22998624/157393>

[A8] **Bazan Anna, Turek Paweł, Przeszłowski Łukasz:** *Comparison of the contact and focus variation measurement methods in the process of surface topography evaluation of additively manufactured models with different geometry complexity.* Surface Topography Metrology and Properties 10(3), 035021, 2022; <https://doi.org/10.1088/2051-672x/ac85cf>

[A9] **Turek Paweł, Filip, Damian, Przeszłowski, Łukasz, Łazorko Artur, Budzik Grzegorz, Snela Sławomir, Oleksy Mariusz, Jabłoński Jarosław, Sęp Jarosław, Bulanda Katarzyna, Wolski Sławomir, Paszkiewicz Andrzej:** *Manufacturing Polymer Model of Anatomical Structures with Increased Accuracy Using CAX and AM Systems for Planning Orthopedic Procedures.* Polymers, 14(11), 2236, 2022.
<https://doi.org/10.3390/polym14112236>

[A10] **Turek Paweł, Pakla Paweł, Budzik Grzegorz, Lewandowski Bogumił, Przeszłowski Łukasz, Dziubek Tomasz, Wolski Sławomir, Frańczak Jan:** *Procedure Increasing the Accuracy of Modelling and the Manufacturing of Surgical Templates with the Use of 3D Printing Techniques, Applied in Planning the Procedures of Reconstruction of the Mandible.* J. Clin. Med. 10, 5525, 2021.
<https://doi.org/10.3390/jcm10235525>

[A11] **Turek Paweł, Budzik Grzegorz:** *Estimating the Accuracy of Mandible Anatomical Models Manufactured Using Material Extrusion Methods.* Polymers, 13(14), 2271, 2021.
<https://doi.org/10.3390/polym13142271>

[A12] **Pisula Jadwiga, Budzik Grzegorz, Turek Paweł, Cieplak Mariusz:** *An Analysis of Polymer Gear Wear in a Spur Gear Train Made Using FDM and FFF Methods Based on Tooth Surface Topography Assessment.* Polymers, 13(10), 1649, 2021; <https://doi.org/10.3390/polym13101649>

[A13] Budzik Grzegorz, **Turek Paweł**: *The impact of use different type of image interpolation methods on the accuracy of the reconstruction of skull anatomical model*. Biomedical Engineering: Applications Basis and Communications, 32(1), 2050008, 2020; <https://doi.org/10.4015/s1016237220500088>

[A14] **Turek Paweł**, Budzik Grzegorz, Sęp Jarosław, Oleksy Mariusz, Jóźwik Jerzy, Przesłowski Łukasz, Paszkiewicz Andrzej, Kochmański Łukasz, Żelechowski Damian: *An Analysis of the Casting Polymer Mold Wear Manufactured Using PolyJet Method Based on the Measurement of the Surface Topography*. Polymers, 12(12), 3029, 2020; <https://doi.org/10.3390/polym12123029>

[A15] **Turek Paweł**, Budzik Grzegorz, Przesłowski Łukasz: *Assessing the Radiological Density and Accuracy of Mandible Polymer Anatomical Structures Manufactured Using 3D Printing Technologies*. Polymers, 12(11), 2444, 2020; <https://doi.org/10.3390/polym12112444>

Przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe Habilitanta dotyczą interdyscyplinarnych badań łączących inżynierię mechaniczną (metrologia, inżynieria odwrotna, systemy CAD/CAM, technologie przyrostowe) z medycyną (chirurgia szczękowo-twarzowa, ortopedia), które charakteryzuje się wysoką dynamiką rozwoju w krajach wysoko rozwiniętych i szybko rozwijających się, jak Polska. Wybór przez Kandydata obszaru badawczego skoncentrowanego na optymalizacji procesów projektowania i wytwarzania przyrostowego (druku 3D), ze szczególnym naciskiem na dokładność geometryczną oraz jakość powierzchni modeli polimerowych uważam za uzasadniony. Unikalną cechą jego dorobku jest aplikacyjny charakter wyników badań w praktyce klinicznej i przemysłowej. Kandydat nie ogranicza się do analiz teoretycznych, lecz tworzy gotowe rozwiązania (szablony chirurgiczne, implanty, narzędzia), które są wdrażane w szpitalach i przedsiębiorstwach.

Osiągnięcia naukowe Kandydata będące rezultatem wieloletniej pracy i doświadczeń związanych z inżynierią wytwarzania (technologie przyrostowe), metrologią powierzchni oraz systemami CAD/CAM/RE wpisują się w dyscyplinę naukową inżynieria mechaniczna i stanowią istotny wkład w rozwój tej dyscypliny. Pomimo, że omawiana problematyka dotyka obszaru badań z pogranicza kilku dyscyplin w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (inżynierii mechanicznej, inżynierii biomedycznej, inżynierii materiałowej), to podkreślić należy, że Kandydat przede wszystkim korzystał z metod badawczych będących domeną inżynierii mechanicznej. Habilitant już od początku swojej kariery naukowej zgłębiał ten słabo rozpoznany obszar badawczy i skupiał się nad kontrolą procesu produkcyjnego poprzez m.in. dobranie optymalnych parametrów druku 3D celem uzyskania oczekiwanych założeń związanych z geometryczną strukturą powierzchni, by minimalizować generowanie dużej ilości odpadu próbek, które nie spełniają założeń konstruktorskich. Zgłębił i przeanalizował zagadnienia wraz z wartościowymi wynikami analiz teoretycznych i badawczych podwyższających dokładność uszeregował i zaprezentował na pięciu ścieżkach procesu projektowania i wytwarzania przyrostowego (druku 3D):

1. Tradycyjnego projektowania w procesie transformacji danych z formatu CAD (ang. *Computer Aided Design*) do STL (ang. *Stereolithography file*) na przykładzie opracowanego własnego modelu badawczego [A0], dodatkowo w celu przetestowania wyników uzyskanych na modelu badawczym zweryfikowano je także na modelu formy odlewniczej [A14], gwintu metrycznego [A7] oraz koła zębatego [A12].

2. Inżynierii rekonstrukcyjnej w procesie transformacji danych z formatu DICOM (ang. *Digital Imaging and Communications in Medicine*) do modelu 3D-STL [A2, A3, A13] na potrzeby planowania zabiegów w obrębie obszaru twarzoczaszki [A10], stawu kolanowego oraz biodrowego [A9].

3. Inżynierii rekonstrukcyjnej w procesie opracowania modeli 3D-STL łopatki turbiny lotniczej [A0], sprzęgła [A0] oraz modelu anatomicznego fragmentu żuchwy [A0] na podstawie danych pomiarowych uzyskanych ze skanera światła strukturalnego, laserowego oraz mikrotomografu przemysłowego.

4. Wytwarzania przyrostowego modeli z materiałów polimerowych [A0-A2, A4-A9, A10 - A15].

5. Kontroli dokładności geometrycznej [A0, A4, A5, A11, A15] oraz chropowatości powierzchni [A0, A1, A4, A6, A8] modeli wykonanych z materiałów polimerowych.

W związku z tym, w dalszej części recenzji ocena poszczególnych osiągnięć naukowych Kandydata została przedstawiono w tej samej kolejności. Uporządkowanie osiągnięć naukowych w zaproponowane problemy badawcze stanowi swoiste podejście do zdobywania nowej wiedzy

i analizowania zagadnień. Przekonuje mnie takie przedstawienie swoich osiągnięć, jak Habilitant w systematyczny sposób opisuje i analizuje zagadnienie, a następnie na podstawie wyników badań odkrywa związki przyczynowo skutkowe.

Monografia i cykl publikacji, obejmuje badania, w których Kandydat rozpatruje zagadnienia naukowe dotyczące głównie przyrostowych technik wytwarzania (*Additive Manufacturing*), które stanowią jeden z kluczowych obszarów nowoczesnej inżynierii produkcji. Przede wszystkim, Kandydat koncentruje się na optymalizacji procesów technologicznych, metrologii wielkości geometrycznych oraz analizie struktury geometrycznej powierzchni (chropowatość, falistość).

Autorska monografia, pt.: *Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych*, została opublikowana przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2024 roku (ISBN 978-83-7934-741-4), liczy 204 stron łącznie z bogatym wykazem literatury obejmującym 285 pozycji. Napisana jest poprawnie językowo i wydana została na dobrym poziomie edycyjnym. Recenzentami wydawniczymi monografii byli: prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, dr h.c., prof. h.c. z Politechniki Poznańskiej oraz prof. dr hab. inż. Lucjan Śnieżek z Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie.

Oceniana monografia ma typowy układ stosowany w pracach naukowych. Rozpoczyna się od wstępu, a następnie składa się z części dotyczącej przeglądu piśmiennictwa, opisu metod badawczych, przedstawienia otrzymanych wyników badań, a kończy się podsumowaniem i wnioskami końcowymi. We wstępie oraz przeglądzie literatury Autor przedstawił uzasadnienie podjęcia tematyki badań, którą uważam za jak najbardziej słuszną. Głównym celem prac opisanych w monografii habilitacyjnej [A0] były kompleksowe badania w zakresie oceny dokładności zapisu plików cyfrowych do formatu STL w procesie tradycyjnego projektowania oraz w procesie inżynierii rekonstrukcyjnej. Ponadto, w prezentowanych badaniach Autor dokonywał oceny błędów odwzorowania kształtu geometrii oraz chropowatości powierzchni modeli wykonanych technikami przyrostowymi z materiałów polimerowych.

W mojej opinii Kandydat podjął się realizacji (wymienionego w [A0]), trudnego zadania badawczego i aby podołać temu wyzwaniu przeprowadził cały szereg badań, które zaplanował i konsekwentnie realizował. Na podstawie przeprowadzonych i zaprezentowanych w monografii [A0] badaniach Kandydat dowiódł, że dobór parametrów teselacji w systemach CAD, pozwala na dostosowanie dokładności generowania modelu 3D-STL pod kątem rozdzielczości obecnie produkowanych drukarek 3D. Opracował metodykę obróbki danych DICOM umożliwiającą podwyższenie dokładności procesu segmentacji oraz odtworzenia geometrii modeli struktur kostnych do modelu 3D-STL w procesie RE. Ponadto, przedstawił wytyczne do digitalizacji geometrii modeli przy użyciu optycznych współrzędnościowych systemów pomiarowych, umożliwiające wygenerowanie jak najdokładniejszego modelu 3D-STL w procesie RE. Dokonał również oceny dokładności geometrycznej modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych, a także parametrów chropowatości powierzchni modeli wykonanych technikami przyrostowymi z materiałów polimerowych. Osiągnięcie [A0] jest kompleksowym badaniem, którego wyniki stanowiły podstawę do sformułowania wniosków o charakterze użytkowym.

Przedstawione w ramach cyklu publikacji [A1 – A15] osiągnięcie zatytułowane „*Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi*” stanowi uzupełnienie programu badawczego zawartego w monografii [A0]. To komplementarne osiągnięcie Habilitant realizował zarówno samodzielnie jak i w zespołach badawczych, przy czym można zauważyć jego dominujący wkład w realizowanych pracach zespołowych, o czym świadczy autorstwo indywidualne albo dominująca pozycja wśród współautorów.

Habilitant na podstawie badań ujętych tymi osiągnięciami [A0, A1 – A15] identyfikuje wpływ parametrów procesu teselacji (konwersji modelu ciągłego CAD na siatkę trójkątów STL) na dokładność odwzorowania geometrii w systemach inżynierskich oraz opracowuje wytyczne doboru parametrów eksportu dla różnych programów CAD [A0], które zweryfikował na modelach funkcjonalnych o złożonej geometrii (gwinty, koła zębate, formy) [A7, A12, A14]. Dodatkowo przeanalizował transformację danych z formatu DICOM do modelu 3D-STL. Opracował metodykę obróbki

numerycznej danych medycznych (tomograficznych) w tym procedury naprawcze błędów siatki trójkątów [A2], w celu zwiększenia dokładności rekonstrukcji struktur anatomicznych (żuchwa, czaszka, stawy) przy jednoczesnym skróceniu czasu przygotowania modeli do zabiegów [A2, A3, A4, A9, A10, A13]. Realizacja tej metodyki znalazła zastosowanie w procesie inżynierii rekonstrukcyjnej na potrzeby planowania zabiegów w obrębie obszaru twarzoczaszki [A3, A10], stawu kolanowego oraz biodrowego [A4, A9] oraz wytwarzania modeli anatomicznych zgodnie z koncepcją Przemysłu 4.0.

Natomiast, w zastosowaniach przemysłowych dokonał analizy wpływu doboru systemu pomiarowego (światło strukturalne, laser, mikrotomografia) oraz rozdzielczości pomiaru na wierność odtworzenia geometrii w procesie inżynierii odwrotnej [A0, A11]. Opracował metodykę podwyższającą dokładność modelu 3D-STL w procesie inżynierii rekonstrukcyjnej na przykładzie łopatki turbiny lotniczej [A0] oraz sprzęgła [A0]. Habilitant przedstawił również badania, które dotyczyły wytwarzanie przyrostowego z materiałów polimerowych. Określił wpływ parametrów procesu druku 3D (technologia, orientacja, grubość warstwy) na dokładność geometryczną modeli oraz opracował metodykę podziału modeli na fragmenty w celu poprawy dokładności [A0, A2, A4, A9, A10]. Opracowane wytyczne w zakresie doboru parametrów wydruku oraz orientacji modelu w przestrzeni drukarki 3D umożliwiają podwyższenie dokładności wytwarzania przyrostowego modeli z materiałów polimerowych [A0-A2, A4-A13, A14, A15] oraz skrócenie czasu wytwarzania modeli [A4, A9, A10], a także zautomatyzowanie procesu przygotowania modeli polimerowych do druku w konwencji Przemysłu 4.0 [A2]. Ponadto, Habilitant opracował procedurę weryfikacji metrologicznej modeli drukowanych 3D (makro i mikro) [A0, A1, A4, A5, A6, A8, A11, A12, A14, A15] oraz metodykę weryfikacji błędów optycznych systemów współrzędnościowych na własnym zaprojektowanym wzorcu w celu usprawnienia procesu pomiarowego i minimalizacji błędów na etapie digitalizacji geometrii [A11] na przykładzie modeli struktur anatomicznych [A1, A4], sprzęgła [A0], łopatki [A0], gwintu metrycznego [A7], koła zębatego [A12] oraz formy odlewniczej [A14].

Z przedłożonymi osiągnięciami naukowymi łączą się również oryginalne rozwiązania (osiągnięcia) projektowo-konstrukcyjne oraz technologiczne. Kandydat jest współautorem pięciu patentów:

[P1] - Sposób wykonywania modelu medycznego oczodołu. (2025). Numer zgłoszenia P.445597, Numer prawa wyłącznego: Pat. 247185.

[P2] - Trenażer zabiegu wstecznej chirurgii wewnątrznerkowej (RIRS). Numer zgłoszenia: P.442625, Numer prawa wyłącznego: Pat.246741.

[P3] - Sposób wytwarzania korpusów zaworów. (2023). Numer zgłoszenia: P.436068, Numer prawa wyłącznego: Pat. 242049.

[P4] - Model do zastosowań medycznych i sposób wytwarzania modelu do zastosowań medycznych. (2023). Numer zgłoszenia P.434490, Numer prawa wyłącznego: Pat.242932.

[P5] - Sposób wytwarzania modeli anatomicznych. (2021). Numer zgłoszenia: P.432189, Numer prawa wyłącznego: Pat.239300.

Wymienione nowatorskie rozwiązania powstały w toku prowadzonych badań, dzięki temu wyniki osiągnięć naukowych zyskały znaczenie użytkowe i osiągnęły wymiar aplikacyjny. Osiągnięcia [P1] oraz [P2] powstały na bazie wyników badań nad procedurą podwyższania dokładności numerycznej (segmentacja, interpolacja) i wytwarzania szablonów chirurgicznych oraz dzięki doświadczeniom w modelowaniu struktur anatomicznych i doborze materiałów polimerowych. Praktyczny efekt analiz dokładności połączeń gwintowych drukowanych 3D oraz współpracy z przemysłem (firma RC-Tech) zaowocował osiągnięciem [P3]. Natomiast, rezultatem badań nad gęstością radiologiczną materiałów polimerowych oraz projektowania struktur hybrydowo-modułowych jest [P4]. Ponadto, efektem prac nad metodyką obróbki danych (lokalne progowanie) dla struktur stawu biodrowego i kolanowego oraz procedurą podziału modeli na fragmenty w celu poprawy dokładności druku zaowocowały [P5].

Osiągnięcia naukowe [A0] i [A1 – A15] dr. inż. Pawła Turka, a także przedstawione w nich rozważania i analizy naukowe, wnoszą istotny wkład w dyscyplinę inżynieria mechaniczna, uzupełniając lukę między ogólnymi normami (ISO/ASTM) a specyficznymi wymaganiami aplikacji inżynierskich. Jego prace systematyzują wiedzę i dostarczają nowych rozwiązań w łańcuchu

procesowym: Inżynieria Odwrotna (RE) → Projektowanie (CAD) → Wytwarzanie Przyrostowe (AM) → Kontrola Jakości (CAI). Habilitant nie tylko diagnozuje błędy powstające na styku RE/CAD/AM (np. błąd graniastości, efekt schodkowy, błędy segmentacji), ale dostarcza gotowe, zweryfikowane procedury i algorytmy ich eliminacji. Jego prace integrują procedury kontrolne bezpośrednio z etapem przygotowania produkcji (CAx), zastępując tradycyjną kontrolę *ex-post* zaawansowanym sterowaniem jakością na etapie przetwarzania danych numerycznych i projektowania procesu.

Biorąc pod uwagę osiągnięcia naukowe, które wynikają z badań zaprezentowanych zarówno w monografii [A0] oraz w cyklu publikacji [A1-A15], a także charakter badań oraz analizowane w nich zagadnienia dotyczące metodyki podwyższania dokładności geometrycznej oraz jakości powierzchni modeli polimerowych wytwarzanych przyrostowo (druk 3D) stwierdzam, że mieszczą się one w obszarze naukowym, który wpisuje się w dyscyplinę: inżynieria mechaniczna. Uważam, że osiągnięcia naukowe dr inż. Pawła Turka przedstawione w monografii pt. „Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych” oraz w tematycznie powiązanych artykułach naukowych pod wspólnym tytułem: „Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi” charakteryzują się wysokim poziomem merytorycznym i stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej – inżynieria mechaniczna. Tym samym, w zupełności został spełniony wymóg ustalony kryteriami w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” niezbędny do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

3. Ocena pozostałej działalności naukowej

Dorobek naukowy dr inż. Pawła Turka obejmuje 38 prac naukowych (WoS, 38 w Scopus) z czego zdecydowana większość (32) została opublikowana po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Wśród nich 33 prac znajduje się w bazie Journal Citation Reports, które zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, posiadające wysoki współczynnik Impact Factor (IF). Pozostały dorobek obejmuje 5 artykułów naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach spoza bazy JCR. Ponadto jest współautorem 3 rozdziałów w książkach, a także autorem jednej monografii (habilitacyjna). Wskazane dane jednoznacznie pokazują istotne powiększenie dorobku publikacyjnego po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

Wartość ww. publikacji w ocenie parametrycznej, zgodnie z rokiem publikowania, wynosi $IF=86,405$ pkt. Habilitant jest pierwszym autorem w wielu opublikowanych pracach, a w większości pozostałych publikacjach jego deklarowany wkład pracy jest znaczący, co potwierdza zakres merytoryczny opisany w oświadczeniach współautorskich. Kandydat publikował swoje prace w różnych renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym w tym m.in.: Scientific Reports (wydawnictwo Nature Portfolio), Journal of Clinical Medicine (JCM), Applied Sciences, Polymers, Materials, Sensors, Measurement, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Journal of Materials Engineering and Performance, Advances in Science and Technology Research Journal i inn.

Liczba cytowań publikacji z dorobku naukowego dr inż. Pawła Turka wg bazy WoS wynosi 297, z pominięciem autocytowań 190 (wg bazy Scopus liczba cytowań – 370, bez autocytowań – 241, a wg bazy Google Scholar 511), a indeks Hirscha $h=11$ (wg bazy Scopus $h=11$, a wg bazy Google Scholar $h=12$). Liczba publikacji, ich wartość naukometryczna oraz liczba cytowań publikacji dowodzi o istotnej aktywności naukowej Kandydata. Zaangażowanie Kandydata w działalność naukową przejawia się również w uczestnictwie w 30 konferencjach naukowych, w większości międzynarodowych (w 7 uczestniczył przed, a w 23 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora), a także poprzez udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych, w jednej przed i ośmiu po uzyskaniu stopnia doktora. Na aktywność naukową wskazują także wykonane recenzje 69 opublikowanych artykułów naukowych.

Aktywność naukowa Kandydata jak i poziom publikacji sprawiły, że cieszy się on uznaniem środowiska naukowego i zawodowego. O pozycji jaką zajmuje Habilitant w środowisku naukowym świadczy także uczestnictwo w 4 międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych, a także udział w 7 komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism.

Godne podkreślenia jest współautorstwo 5 patentów, 3 wdrożeń technologicznych oraz uczestnictwo Kandydata w badaniach realizowanych w kilku projektach naukowo-badawczych, w tym kierowanie dwoma z nich, a także wykonanie 17 ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie (13 po uzyskaniu stopnia doktora).

Analiza danych naukometrycznych wskazuje, że dorobek naukowy i publikacyjny Kandydata został istotnie powiększony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora i w opinii recenzenta, spełnia wymagania ustawowe stawiane kandydatowi na stopień doktora habilitowanego.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona ocena działalności naukowej dr inż. Pawła Turka wskazuje, że osiągnięcia naukowe obejmujące monografię i cykl artykułów powiązanych tematycznie stanowią osobisty, wartościowy i oryginalny wkład Kandydata do rozwoju dyscypliny jaką jest inżynieria mechaniczna. Habilitant posiada znaczący dorobek naukowy, zwielokrotniony w okresie po uzyskaniu stopnia doktora, wskazujący na dużą aktywność naukową z ośrodkami naukowymi w Polsce i za granicą. Habilitant jest aktywnym naukowcem osiągającym w pracy badawczej znaczące rezultaty udokumentowane publikacjami oraz uczestnictwem w projektach naukowych, a także działającym w warunkach międzynarodowych, co w przyszłości powinno stawiać go w grupie naukowców zdolnych pracować samodzielnie, a także budować wokół siebie międzynarodowe zespoły badawcze z czołowymi naukowcami na świecie. Oceniając całokształt pracy naukowo-badawczej jestem przekonany, że jest dojrzałym naukowcem i świetnym organizatorem pracy badawczej. Cechuje go kompleksowość podejścia do planowania i prowadzenia badań i umiejętność łączenia aspektów podstawowych i aplikacyjnych. Dr inż. Paweł Turek poświęca się pracy dydaktycznej i organizacyjnej, a także działalności popularyzatorskiej na rzecz macierzystej Uczelni oraz środowiska zawodowego.

Na podstawie pozytywnej oceny osiągnięć naukowych, przygotowanych w formie monografii i cyklu publikacji powiązanych tematycznie, dorobku naukowego dr inż. Pawła Turka oraz jego zaangażowania w pracę dydaktyczno-organizacyjną stwierdzam, że posiada on kwalifikacje wymagane od kandydatów do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego oraz spełnia warunki określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 16 marca 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Uwzględniając powyższe, wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Pawła Turka do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego, a w przypadku ich pozytywnego zakończenia o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Wojciech Wołoski