



**prof. dr hab. inż. Zdzisław Stelmasiak**

Katedra Silników Spalinowych i Pojazdów  
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki  
Akademia Techniczno-Humanistyczna  
w Bielsku-Białej

Bielsko-Biała, 02 marca 2020 r.

## **Recenzja**

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dra inż. Bartosza Firlika  
oraz osiągnięcia naukowego pt. „**Analiza i ocena dynamiki układu  
lekki pojazd szynowy – tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji**”

**Podstawa opracowania:** pismo Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej, prof. dr hab. inż. Franciszka Tomaszewskiego nr DR-64/190/05/2020 z dnia 27.01.2020 r. oraz załączone dokumenty przewodu habilitacyjnego.

### **1. CHARAKTERYSTYKA SYLWETKI HABILITANTA**

Dr inż. Bartosz Firlik urodził się 26 lutego 1979 roku w Poznaniu. Dyplom magistra inżyniera uzyskał w 2003 roku na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej na kierunku *Mechanika*, specjalność *Pojazdy Transportu Masowego*.

W latach 2003-2008 był uczestnikiem studiów doktoranckich na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

Swoją pracę naukowo-dydaktyczną rozpoczął w 2004 roku w Instytucie Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej w Zakładzie Pojazdów Szynowych na stanowisku asystenta, a od 2009 pracuje na stanowisku adiunkta.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Transport* otrzymał 25.09.2008 r. na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej za pracę pt. „*Wpływ stanu zużycia profili szyn oraz geometrii toru na bezpieczeństwo jazdy lekkiego pojazdu szynowego*”. Promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. inż. Andrzej Chudzikiewicz, a recenzentami prof. dr hab. inż. Kazimierz Towpik i prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl.

Zainteresowania naukowe dra inż. Bartosza Firlika od początku pracy zawodowej dotyczyły dynamicznych zagadnień oddziaływania układu lekki pojazd szynowy - tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji, wpływie zużycia toru i elementów jezdnych pojazdu na bezpieczeństwo ruchu oraz monitorowania stanu technicznego taboru i trakcji szynowej.

Podsumowaniem intensywnych badań po doktoracie w obszarze podanej wyżej tematyki jest cykl publikacji jednotematycznych zatytułowany „*Analiza i ocena dynamiki układu lekki pojazd szynowy – tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji*”, który stanowi jego główne osiągnięcie naukowe.

Habilitant jest autorem lub współautorem ok. 70 publikacji naukowych m.in. w wysokopunktowanych czasopismach z Impact Factor, w recenzowanych czasopismach krajowych, materiałach konferencji zagranicznych i krajowych. Uzupełnieniem są prace niepublikowane w postaci sprawozdań z projektów badawczych (64 sprawozdania) oraz ekspertyz wykonanych na zlecenie przemysłu (13 ekspertyz).

Wyniki swoich badań Habilitant prezentował również na licznych kongresach zagranicznych (Hiszpania, Portugalia, Węgry, Włochy, Niemcy, Francja, Litwa, Czechy) i konferencjach krajowych o zasięgu międzynarodowym.

Prace naukowo-badawcze dra inż. Bartosza Firlika zostały pozytywnie ocenione przez krajowe środowisko naukowe, co znalazło odzwierciedlenie w recenzjach jego publikacji, oraz zaproszeniach do wygłoszenia referatów na sesjach technicznych wielu konferencji.

## **2. OCENA PODSTAWOWEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO**

### **2.1. Informacje ogólne**

Dr inż. Bartosz Firlik w postępowaniu habilitacyjnym przedstawił do oceny jednotematyczny cykl publikacji, obejmujący 15 pozycji, zatytułowany „*Analiza i ocena dynamiki układu lekki pojazd szynowy – tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji*”, który wytypował jako główne efekty swoich prac naukowo-badawczych po doktoracie, spełniające wymogi ustawowe przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego.

### **2.2. Wybór tematyki osiągnięcia naukowego**

Rygorystyczne przepisy w zakresie ochrony środowiska powodują intensywne poszukiwania alternatywnych środków transportu do samochodów napędzanych silnikami spalinowymi zasilanymi paliwami ropopochodnymi. Szczególnie dotyczy to transportu w dużych miastach, gdzie przestarzałe ciągi komunikacyjne i duże natężenie ruchu sprzyjają powstawaniu korków i przekraczaniu limitów zanieczyszczeń w powietrzu. Z tego powodu w centrach dużych miast wprowadza się całkowite lub czasowe ograniczenia ruchu samochodów, a szczególnie napędzanych silnikami o zapłonie samoczynnym. Powoduje to stopniowe zwiększanie udziału transportu publicznego, szczególnie szynowego (tramwaje, koleje miejskie, metro), który z uwagi na napęd elektryczny nie emituje zanieczyszczeń gazowych powietrza. Czynniki te spowodowały renesans komunikacji tramwajowej, zwiększającej z roku na rok liczbę przewożonych pasażerów. Tramwaje poruszające się po wydzielonych torowiskach nie są narażone na utrudnienia ruchu, kursują regularnie i są oceniane jako bezpieczniejszy środek lokomocji w stosunku do samochodów.

Rozwój współczesnego transportu tramwajowego określanego jako lekki transport szynowy wymaga poznania zjawisk fizycznych zachodzących podczas współpracy pojazdu z torem, wpływających na prawidłowy ruch tramwaju, hałaśliwość biegu i zużycie kół oraz toru. Podstawowym celem badań naukowych w tym zakresie jest zwiększenie bezpieczeństwa ruchu i opracowanie elektronicznych systemów monitorowania stanu technicznego pojazdów i torów.

Oceniane publikacje w całości poświęcone są badaniom dynamiki pojazdów tramwajowych, ocenie oddziaływania dynamicznego koła na tor, poprawie bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Głównym celem naukowym badań prowadzonych przez Habilitanta była

identyfikacja, modelowanie, symulacja oraz pomiary eksperymentalne nieliniowych zjawisk wibroakustycznych zachodzących podczas jazdy tramwaju na torze zużyтым.

Zagadnienia te są niedostatecznie zbadane, a ilość publikacji w międzynarodowej prasie technicznej jest niewielka. Wyniki badań w tym zakresie mają szczególne znaczenie praktyczne bowiem mogą być szeroko wykorzystane w przedsiębiorstwach transportowych większych miast.

Z tego powodu **tematykę ocenianego cyklu publikacji uważam za bardzo aktualną, o dużej wartości poznawczej i użytecznej.**

### 2.3. Ocena głównego osiągnięcia naukowego

Dr inż. Bartosz Firlik w postępowaniu habilitacyjnym przedstawił do oceny jednotematyczny cykl 15 artykułów pod wspólnym tytułem „*Analiza i ocena dynamiki układu lekki pojazd szynowy – tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji*”. Spośród wytypowanych dwie to pozycje autorskie, zaś pozostałe stanowią prace zbiorowe, przy czym Habilitant wyraźnie opisał swój wkład w opracowanie ocenianych pozycji. Cały cykl powstał w latach 2009-2019 jako wynik prac naukowo-badawczych prowadzonych przez Habilitanta w Instytucie Silników Spalinowych i Transportu Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej. W skład ocenianego cyklu publikacji wchodzi następujące pozycje:

1. Firlik B., Staśkiewicz T., Jaśkowski W., Wittenbeck L.: *Optimization of a tram wheel profile using biologically inspired algorithm*, Wear, Volumes 430-431 (2019), s. 12-24 (35 pkt. MNiSW, lista A, IF: 2,96), 2019.
2. Staśkiewicz T., Firlik B.: *Out-of-round tram wheels – current state and measurements*, Archives of Transport, volume 45, issue 1/2018, s. 93-103 (14 pkt. MNiSW, lista B), 2018.
3. Tabaszewski M., Firlik B.: *Assessment of the track condition using the Gray Relational Analysis method*, Maintenance and Reliability, vol. 20, issue 1, s. 147-152 (25 pkt. MNiSW, lista A, IF: 1,383), 2018.
4. Staśkiewicz T., Firlik B., Jaśkowski W., Wittenbeck L.: *On designing a durable and safe tram wheel profile*, Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks: Proceedings of the 25th International Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks (IAVSD 2017), s. 747-752 (uwzględniona w bazie Scopus), 2018.
5. Staśkiewicz T., Firlik B.: *Verification of a tramway wheel new profile dynamic behavior*, Journal of Mechanical and Transport Engineering, vol. 69, no. 1, s. 49-60 (6 pkt. MNiSW, lista B), 2017.
6. Paczkowska M., Wojciechowski Ł., Firlik B., Kinal G., Rewolińska A.: *Influence of operation on tram wheels and rails surface layer condition*, Inżynieria Materiałowa, vol. 4, issue 218/2017, s. 35-43 (13 pkt. MNiSW, lista B), 2017.
7. Paczkowska M., Wojciechowski Ł., Firlik B.: *Analysis of plastic deformation processes in the surface layer of tram wheels*, Proceedings of XXX International Conference on Surface Modification Technologies, 2016.
8. Firlik B.: *Wheel-Rail Interaction Analysis for the Development of a New Tram Wheel Profile*, Proceedings of The Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance RAILWAYS 2016 (publikacja, uwzględniona w bazie Scopus), 2016.
9. Firlik B., Tabaszewski M.: *Dynamical Problems in Condition Monitoring of a Light Rail Vehicle*, Proceedings of 13th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies – VSDIA 2012, s. 293-300 (publikacja uwzględniona w bazie Scopus), 2012.
10. Firlik B., Czechyra B., Chudzikiewicz A.: *Condition Monitoring System for Light Rail Vehicle and Track*, Key Engineering Materials Vol. 518 (2012), s. 66-75 (20 pkt. MNiSW, lista A), 2012.
11. Firlik B., Tabaszewski M., Sowiński B.: *Vibration-based symptoms in condition monitoring of a light rail vehicle*, Key Engineering Materials Vol. 518 (2012), s. 409-417 (20 pkt. MNiSW), 2012.

12. Firlik B., Sowiński B.: *Condition Monitoring Algorithms for Light Rail Vehicle Suspension*, Proceedings of the First International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance RAILWAYS 2012, 2012.
13. Firlik B.: *Badania eksploatacyjne systemu dla przypadku lekkiego pojazdu szynowego*, Monitorowanie stanu układu dynamicznego pojazd szynowy – tor, Praca zbiorowa pod red. A. Chudzikiewicza, s. 191-212 (rozdział w monografii), 2012.
14. Firlik B., Czechyra B.: *Założenia i podstawy symulacyjne systemu monitorowania stanu technicznego toru tramwajowego*, Logistyka 4/2010 (6 pkt. MNiSW, lista B), 2010.
15. Chudzikiewicz A., Firlik B.: *Light Rail Vehicle Dynamics from a Running Safety Perspective*, The Archives of Transport, vol. XXI, issue 3-4 (2009), s. 39-49 (6 pkt. MNiSW, lista B), 2009.

W mojej ocenie wszystkie pozycje wiążą się merytorycznie z tematem ocenianego osiągnięcia naukowego. Dwie z nich [1] i [3] opublikowano w czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science o wysokich indeksach Impact Factor, *Wear* oraz *Maintenance and Reliability*. Sześć innych opublikowano w wydawnictwach indeksowanych w bazie Scopus i Google Scholar, dostępnych w obiegu internetowym. Pozostałe opublikowano w punktowanych czasopismach krajowych znajdujących się w wykazach dawnej listy „B” MNiSW, recenzowanych materiałach konferencyjnych, a jedna jest rozdziałem monografii.

Obejmują one różnorodne zagadnienia związane z dynamiką pojazdu, współpracą kół o różnych profilach z torem o zmiennym stopniu zużycia, podczas rzeczywistej i symulowanej eksploatacji na odcinkach torów prostych i łukach o różnych promieniach. Oceniane publikacje powstały głównie w wyniku realizacji dwóch dużych grantów badawczych „*Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena jej Żywotności*” oraz „*Identyfikacja zjawisk nieliniowych zachodzących na styku koła i szyny w odniesieniu do rzeczywistych warunków eksploatacji pojazdu*”, w których Habilitant był kierownikiem/głównym wykonawcą. Wymienione publikacje opisują szczegółowo wyniki kolejnych etapów prac, wzajemnie się uzupełniają, tworząc kompendium nowoczesnej wiedzy z zakresu tematyki określonej w tytule cyklu.

Wartościowymi pracami wymienionego cyklu są pozycje [1] i [3], w których przedstawiono badania symulacyjne oraz wyniki badań empirycznych uzyskanych przy zastosowaniu opracowanych przez Habilitanta systemów pomiarowych zainstalowanych na pojazdach eksploatowanych w rzeczywistej trakcji.

Za szczególnie cenną uważam publikację [1] *Optimisation of a tram wheel profile using a biologically inspired algorithm*, w której przedstawiono autorską metodę doboru profilu koła z wykorzystaniem optymalizacji wielokryterialnej i nowoczesnego algorytmu biologicznego. W algorytmie uwzględniono kryteria zużycia kół i szyn oraz bezpieczeństwa ruchu. Optymalizację profilu przeprowadzono dla warunków ruchu tramwajowego miasta Poznania. Badania symulacyjne zaproponowanych profili pokazały zmniejszone zużycia i poprawę bezpieczeństwa w stosunku do profili obecnie stosowanych.

W omawianej pracy przedstawiono obszernie algorytm obliczania optymalnego profilu koła, przyjęte założenia upraszczające, kryteria optymalizacji oraz sposób postępowania prowadzący do zwiększenia efektywności obliczeń, W trakcie badań symulacyjnych uzyskano ok. 50.000 profili, algorytm wytypował 492 profile niezdominowane, z których po odrzuceniu profili zbyt podobnych do dalszej analizy poddano 16 profili. Zarówno przedstawiony algorytm obliczeniowy, sposób doboru profili optymalnych wg różnych kryteriów (z uwzględnieniem kryterium dominującego) jak i zakres przeprowadzonych

symulacji świadczą o skali trudności związanych z doborem profilu koła optymalnego. Podkreśla to doskonale przygotowanie Habilitanta do tego typu prac i Jego znaczny zasób wiedzy z wielu dziedzin, w tym szczególnie z matematyki i optymalizacji zagadnień technicznych. Świadczy to o znacznym zwiększeniu kompetencji Habilitanta w wąskiej dziedzinie transportu szynowego, jego naukowym podejściu do zagadnień projektowych oraz badań trwałości eksploatacyjnej sprzętu.

Praca oprócz wyników badań symulacyjnych zawiera dodatkowo bogaty materiał empiryczny dotyczący zużycia kół w funkcji przebiegu, analiz metalograficznych materiału kół i zmiany struktury związanej z obciążeniem i eksploatacją pojazdów uzyskany z pomiarów wytypowanych pojazdów szynowych miasta Poznania.

Z uwagi na ramy artykułu przedstawiono w nim zapewne tylko wąski zakres prac wykonanych przez Habilitanta. Mimo to przedstawiony w publikacji [1] materiał należy uznać za duże osiągnięcie Habilitanta zarówno w aspekcie inżynierskim jak i naukowym.

W pracy [3] przedstawiono metodykę oceny stanu technicznego toru tramwajowego. Podstawą oceny były wyniki przyspieszeń drgań elementów pojazdu uzyskane z wielokrotnych przejazdów tramwaju wyposażonego w opracowany specjalnie przez Habilitanta pokładowy system rejestracji drgań. W badaniach uwzględniono różne prędkości przejazdu tramwaju przez ten sam odcinek toru, tworząc tym samym profil charakterystyczny dla danego stanu toru (zależność wartości skutecznej przyspieszeń od prędkości maksymalnej dla danego przejazdu). Do analiz wykorzystano dane zebrane z ponad dwumiesięcznej eksploatacji nowoczesnego tramwaju niskopodłogowego w normalnym ruchu liniowym z pasażerami. Dzięki temu uzyskano obszerną bazę profili przejazdów przez odcinki torów w różnym stanie technicznym. Do identyfikacji stanu technicznego toru wykorzystano algorytm oparty na metodzie modelowania szarych systemów oraz ocenę podobieństwa między wytypowanymi profilami przejazdów. W pracy zaproponowano autorską miarę podobieństwa profili, nie stosowaną wcześniej w zagadnieniach modelowania szarych systemów. Wyniki empiryczne potwierdziły przydatność zaproponowanej metody do oceny stanu technicznego toru i możliwość wykorzystania jej w praktyce przemysłowej.

Przy analizie omawianej pracy nasuwa się wątpliwość natury porządkowej. Autor nie podaje wg jakich kryteriów oceniano stan techniczny torowiska (wzorzec przyjęty za dobry technicznie - jakie parametry go charakteryzują). Ocena stanu na podstawie maksymalnej wartości średniej skutecznej przyspieszeń drgań lub regresji liniowej profilu przejazdów oraz podobieństwa modelowych profili przejazdów może być zawodna, bowiem drgania nie zależą jedynie od stanu toru ale również od takich czynników jak mocowanie torowiska, czy jest ono posadowione w gruncie czy na powierzchni, stan gruntu, dokładność geometryczna toru i wielu innych. Jak zatem wykorzystać opracowany profil wzorcowy do oceny innych, nieznanych odcinków toru.

Dlaczego przedstawione na rys 3 wyniki  $\alpha_{RMS}$  w zakresie prędkości 50-65 km/h są dla toru w dobrym i złym stanie technicznym zbliżone, a różnice występują jedynie przy mniejszych prędkościach. Wydaje się, że różnice przy zużytych torach powinny się zwiększać w miarę wzrostu prędkości jazdy. Jak zatem interpretować wyniki z rys. 3 ?

Do wartościowych osiągnięć inżynierskich Habilitanta należy zaliczyć opracowanie i wdrożenie innowacyjnego systemu monitorowania stanu technicznego tramwaju oraz toru.

System ten analizuje sygnały dynamiczne z czujników umieszczonych na pojeździe pochodzące od wymuszeń toru. Bazuje on na wynikach pomiaru przyspieszeń drgań zestawu kołowego i przez porównanie z zaproponowanymi miarami (wyznaczonymi jako wzorcowe) zawiadamia użytkownika o przekroczeniu wartości krytycznych. Istotną korzyścią systemu jest fakt, że czujniki mogą być umieszczone na pojazdach rejsowych eksploatowanych w różnych częściach miasta i mogą wykrywać wszelkie nieprawidłowości torów takie jak: pęknięcia i wykruszenia powierzchni tocznej szyn, nierówności geometryczne, korugacje i uszkodzenia podłoża. Opracowany system został przetestowany na kilku pojazdach w Poznaniu, gdzie wykazano jego przydatność i dużą wartość aplikacyjną. Stanowi to istotne osiągnięcie Habilitanta, unikalne w skali kraju.

Do ciekawych z poznawczego punktu widzenia osiągnięć Habilitanta należy zaliczyć:

- identyfikację zjawisk nieliniowych zachodzących na styku koła i szyny w rzeczywistych warunkach eksploatacji na odcinkach prostych i łukach o różnych promieniach,
- badania zjawisk występujących między kołem a torem metodami optycznymi, termograficznymi, tensometrycznymi i wibroakustycznymi (możliwość identyfikacji styku jedno i wielopunktowego szyny z torem),
- badania metalograficzne warstwy wierzchniej kół i szyn oraz analiza zmian parametrów i struktury materiału podczas eksploatacji,
- opracowanie modelu symulacyjnego dla wagonu wysokopodłogowego i niskopodłogowego pojazdu przegubowego na podstawie rzeczywistych danych konstrukcyjnych pojazdu liniowego,
- przeprowadzenie symulacji dla szerokiego zakresu uszkodzeń najczęściej spotykanych w eksploatacji,
- opracowanie oryginalnych miar zgodności sygnałów symulacyjnych z empirycznymi uzyskanymi podczas przejazdów liniowych pojazdów dla parametrów nominalnych (dobry stan techniczny) i zmiennych wskutek zużycia,
- opracowanie algorytmów obliczeniowych do oceny stanu technicznego układu pojazd-tor analizujących przyspieszenia drgań wybranych elementów tramwaju (ocena stanu technicznego może być dokonywana podczas normalnych przejazdów co nie wprowadza zakłóceń ruchu),
- optymalizacja wielokryterialna zastosowana do opracowania nowego profilu koła uwzględniająca współczynniki bezpieczeństwa przed wykolejeniem, zużycia i powierzchni styku koła i szyny,
- wykorzystanie opracowanych algorytmów do obliczania naprężeń kontaktowych i numerycznej predykcji zużycia kół.

Badania prowadzone przez Habilitanta zawierają wszystkie istotne cechy nowoczesnych badań naukowych obejmujące takie elementy jak identyfikacja zjawisk występujących na styku koło-tor w rzeczywistej eksploatacji, opracowanie modeli matematycznych, weryfikacja modeli, badania symulacyjne i poligonowe, porównanie otrzymanych wyników z zastosowaniem nowoczesnych metod matematycznych, opracowanie kryteriów bezpiecznej i ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji pojazdów szynowych. Sposób prowadzenia badań naukowych, jego wielokierunkowość, kompletność i innowacyjność uważam za największą wartość ocenianych prac naukowo-badawczych. Równocześnie schemat postępowania

prowadzący do osiągnięcia celów o dużych wartościach użytecznych można uznać za wzorcowy i godny upowszechnienia.

Niektóre z prowadzonych prac badawczych, takie jak m.in. z użyciem kamery termowizyjnej, mają charakter pionierski w skali światowej. Podkreśla to szczególnie charakter i innowacyjność prac Habilitanta.

Wykonane badania i analizy znacznie poszerzyły umiejętności Habilitanta pozwalając zaliczyć go do wąskiego grona specjalistów z zakresu dynamiki lekkich pojazdów szynowych i oceny stanu technicznego taboru i trakcji.

Wykonane badania poligonowe i modelowe są bardzo obszerne, przeprowadzone starannie z wykorzystaniem naukowych zasad prowadzenia eksperymentu oraz oceny procesów i uzyskanych wyników. Pozwoliło to na stworzenie szerokiej bazy danych, która już obecnie została wykorzystana w przedsiębiorstwach transportowych Poznania, Warszawy, Łodzi i Wrocławia oraz może być wykorzystana w przyszłości w pracach modyfikacyjnych sprzętu i racjonalnym prowadzeniu eksploatacji oraz napraw taboru i torów.

Według mojej wiedzy, **opiniowany cykl publikacji jednotematycznych jest dziełem całkowicie oryginalnym** o znacznej wartości poznawczej i użytecznej.

Do głównych osiągnięć naukowo-badawczych Habilitanta należy zaliczyć:

- opracowanie i wdrożenie innowacyjnego systemu monitorowania stanu technicznego elementów układu biegowego tramwaju oraz oceny stanu toru,
- opracowanie modeli symulacyjnych dwóch typów pojazdów i przeprowadzenie symulacji dla szerokiego zakresu zmian parametrów mających istotny wpływ na ruch pojazdu po torze,
- przeprowadzenie walidacji sygnałów symulacyjnych z wynikami badań eksperymentalnych oraz zaproponowanie autorskich miar zgodności,
- identyfikacja zjawisk nieliniowych między kołem i szyną w rzeczywistych warunkach eksploatacji,
- opracowanie oryginalnej metodyki badań eksploatacyjnych tramwajów opartej o metody optyczne, termograficzne, tensometryczne oraz wibroakustyczne,
- pionierskie badania termowizyjne w obszarze styku koła z szyną w rzeczywistych pojazdach MPK Poznań,
- badania metalograficzne warstwy wierzchniej kół i szyn po określonym czasie eksploatacji i określenie procesów zachodzących w czasie eksploatacji,
- wykorzystanie naukowych metod projektowania i optymalizacji wielokryterialnej do opracowania nowego profilu koła tramwajowego (poddanego weryfikacji eksploatacyjnej na rzeczywistych obiektach w dwóch miastach),
- ścisła współpraca podczas prowadzenia badań naukowych z producentami taboru i przedsiębiorstwami komunikacji miejskiej.

W moim przekonaniu **prace Habilitanta i uzyskane wyniki wnoszą znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria lądowa i transport***.

#### **Podsumowanie oceny podstawowego osiągnięcia naukowego**

Na podstawie szczegółowej oceny materiałów dotyczących wytypowanego cyklu publikacji mogę stwierdzić, że zagadnienia naukowe i inżynierskie postawione w podstawowych celach osiągnięcia naukowego zostały rozwiązane prawidłowo. Tym samym

uważam, że osiągnięcie dra inż. Bartosza Firlika pt. „Analiza i ocena dynamiki układu lekkiego pojazdu szynowego – tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji” jest osiągnięciem naukowym spełniającym wymogi przepisów ustawy z dnia 14.03.2003 r., ze zmianami z dnia 18.03.2011 r. i późniejszymi o stopniach i tytule naukowym wymagane przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego.

### 3. CHARAKTERYSTYKA I OCENA POZOSTAŁEGO DOROBKU NAUKOWEGO

Moim zdaniem Habilitant posiada znaczący i różnorodny dorobek naukowy po doktoracie, uzyskany w latach 2008-2019. Obejmuje on ogółem ok. 32 publikacje w punktowanych czasopismach naukowych i 33 prace opublikowane w czasopismach i materiałach konferencyjnych niepunktowanych na listach MNiSW. Uzupełnienie publikacji stanowią 64 sprawozdania z prac badawczych i 10 ekspertyz dla przemysłu. Ogólny dorobek naukowy Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora składa się z następujących pozycji:

- 4 prace opublikowane w czasopismach cytowanych przez Journal Citation Reports (lista “A” MNiSW - *Wear, Maintenance and Reliability, Key Engineering Materials*),
- 20 artykułów w czasopismach zagranicznych i krajowych (lista “B” MNiSW – m.in.: *Engineering Transaction, Journal of Mechanical and Transport Engineering, Archives of Transport, Archives of Institute of Civil Engineering, Inżynieria Materiałowa, Technika Transportu Szynowego, Logistyka*),
- 4 rozdziały w monografiach,
- 5 prac opublikowanych w materiałach konferencyjnych znajdujących się w bazie JCR,
- 33 artykuły w materiałach konferencyjnych zagranicznych i krajowych o zasięgu międzynarodowym,
- 64 sprawozdań z prac badawczych niepublikowanych,
- 10 ekspertyz na zlecenie przemysłu, niepublikowanych.

Spośród wymienionych wyżej prac 8 (11,3%) pozycji to prace samodzielne, a 63 (88,7%) współautorskie o deklarowanym znacznym udziale własnym. Spośród wszystkich prac 41 (57,7%) opublikowano w języku angielskim, a większość z nich jest dostępna w obiegu internetowym.

Sumaryczny Impact Factor wg listy JCR wynosi 4,343 (8,735) (w nawiasach podano stan na dzień 27.02.2020). Liczby cytowań wg różnych baz wynoszą odpowiednio:

- wg Web of Science – liczba rekordów (13), liczba cytowań 5 (7), a indeks Hirscha 1 (2);
- wg Scopus – liczba rekordów (28), liczba cytowań 26 (37), indeks Hirscha 2 (3);
- wg Google Scholar – liczba rekordów (45), liczba cytowań 67 (83), a indeks Hirscha 4 (4).

Wskaźnikowy dorobek publikacyjny dra inż. Bartosza Firlika wg przedstawionych wyżej baz danych jest zatem niewielki, a jego prace są rzadko cytowane. Uwzględniając jednak specyfikę uprawianej tematyki (lekkie transporty szynowe) oraz przynależną jej dyscyplinę naukową, uzyskane wskaźniki można uznać za wystarczające.

Dr inż. Bartosz Firlik uczestniczył w ok. 40 konferencjach naukowych zagranicznych (Hiszpania, Portugalia, Węgry, Włochy, Niemcy, Francja, Litwa, Czechy) oraz w krajowych,



na których wygłosił ogółem 46 referatów prezentujących wyniki własnych prac naukowo-badawczych.

Habilitant był kierownikiem 5 dużych projektów badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, jednego międzynarodowego projektu badawczego, finansowanego przez Komisję Europejską w ramach programu Horyzont 2020, a także kilkunastu innych prac zleconych bezpośrednio przez przemysł. Ponadto, jako wykonawca brał udział w 21 projektach badawczych, w tym jednym międzynarodowym.

Przedstawiony publikacyjny dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora w 2008 roku jest w zasadniczej części poświęcony aktualnym zagadnieniom lekkiego transportu szynowego. Dotyczy on takich zagadnień jak: dynamika pojazdów szynowych, zjawiska nieliniowe w strefie kontaktu koła z szyną, analiza zjawisk zachodzących w warstwie wierzchniej kół i szyn, tribologiczne zużycie koła w eksploatacji, analiza drgań koła tramwaju, systemy monitorowania stanu technicznego układu pojazd-tor, bezpieczeństwo jazdy tramwajem, budowa i utrzymanie torowisk tramwajowych w Polsce, analizy numeryczne oddziaływania pojazdu tramwajowego z torem dla zmiennych geometrii koła i szyny. Warty podkreślenia jest fakt, że większość publikacji po doktoracie charakteryzuje się dobrym poziomem merytorycznym. Całość opublikowanego dorobku mieści się w dyscyplinie ***Inżynieria lądowa i transport***.

Habilitant pełnił również funkcję promotora pomocniczego w 4 przewodach doktorskich: mgr inż. Szymona Finke *Metoda projektowania wózka kolejowego ze zmiennym rozstawem kół*, mgr inż. Magdaleny Sowińskiej *Analiza właściwości biegowych wózków lekkich pojazdów szynowych na przykładzie wózków z niezależnie obracającymi się kołami* (w latach 2017-2018), mgr inż. Juliana Kominowskiego *Model długookresowych zmian nierówności geometrycznych toru kolejowego w procesie eksploatacji* (w latach 2015-2019) oraz mgr inż. Tomasza Staśkiewicza *Kształtowanie profilu koła tramwajowego w aspekcie jego oddziaływania dynamicznego z szyną*.

Zestawienie zbiorcze osiągnięć Habilitanta przedstawiono w tabeli poniżej.

Lp.	Kryterium wg §3 i 5 rozporządzenie z dnia 01.09.2011 r.	Czy kandydat spełnia kryterium/liczba
1.	Autorstwo i współautorstwo publikacji w czasopismach z bazy JCR	Tak/8
2.	Patenty międzynarodowe i krajowe	Nie/0
3.	Wynalazki oraz wzory użytkowe wystawiane na międzynarodowych lub krajowych targach/wystawach	Nie/0
4.	Uczestnictwo w programach europejskich, innych programach międzynarodowych i krajowych	Tak/2
5.	Kierowanie i udział w projektach badawczych	Tak/14
6.	Wygłaszanie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych	Tak/46
7.	Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych lub krajowych konferencji naukowych	Tak/4
8.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia	Tak/17
9.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	Tak/2
10.	Udział w komitetach redakcyjnych i rad naukowych czasopism	Nie/0
11.	Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	Tak/2

12.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	Tak/8
13.	Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	Tak/1
14.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	Tak/3
15.	Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych	Nie/0
16.	Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	Tak/10
17.	Wykonanie ekspertyzy lub innego opracowania	Tak/13
18.	Opieka naukowa nad studentami	Tak/4 formy opieki ok. 280 osób
19.	Pełnienie funkcji promotora pomocniczego w przewodach doktorskich	Tak/4

Na podstawie przedstawionej wyżej oceny ilościowej i jakościowej osiągnięć naukowych dra inż. Bartosza Firlika mogę stwierdzić, że spełniają one kryteria określone w Ustawie o stopniach i tytułach naukowych oraz w Rozporządzeniu MNiSW z dnia 01.09.2011 r. wraz z późniejszymi zmianami, wymagane do nadania stopnia doktora habilitowanego.

#### 4. OCENA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO

Dr inż. Bartosz Firlik jest zatrudniony od 2008 r. jako pracownik naukowo-dydaktyczny w Instytucie Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej, początkowo jako asystent, a od 2009 roku jako adiunkt. Zajęcia dydaktyczne rozpoczął już w 2003 roku w trakcie studiów doktoranckich. Podczas swojej 15-letniej pracy naukowo-dydaktycznej prowadził prawie wszystkie rodzaje zajęć (wykłady, ćwiczenia, laboratoria, prace dyplomowe), w szczególności z następujących przedmiotów:

- Podstawy dynamiki pojazdów,
- Budowa pojazdów szynowych,
- Projektowanie pojazdów transportu masowego,
- Szynowy transport miejski,
- Pojazdy i systemy transportu miejskiego,
- Modelowanie układów mechanicznych,
- Komputerowe wspomaganie projektowania pojazdów,
- Zastosowanie MES w projektowaniu pojazdów,
- Symulacyjne analizy dynamiki pojazdów,
- Niezawodność obiektów technicznych,
- Bezpieczeństwo w transporcie.

Do wymienionych przedmiotów Habilitant opracował autorskie programy wykładów i ćwiczeń oraz przygotował multimedialne pomoce wykładowe.

Habilitant uczestniczył w dwóch programach europejskich Kapitał Ludzki „Era inżyniera – Rozbudowa potencjału rozwojowego Politechniki Poznańskiej” i „ Staże i szkolenia drogą do komercjalizacji wiedzy”, realizowanych na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu PP. Brał udział w sieciach badawczych i konsorcjach „European Railway R&D Network” i „Koleje zwiększonych prędkości. Badania – Rozwój – Kształcenie” jak koordynator z ramienia Politechniki Poznańskiej.

Habilitant aktywnie uczestniczył w działalności organizacyjnej na rzecz rodzimego wydziału i rozbudowy bazy laboratoryjnej i dydaktycznej:

- utworzenie Laboratorium Projektowania i Dynamiki Pojazdów, założyciel a następnie kierownik;
- zarządzanie stroną internetową wydziału WMRiT, opracowanie, aktualizacja treści w latach 2008-2015;

- opracowanie siatki dydaktycznej dla specjalności „Pojazdy Transportu Masowego” i „Pojazdy Szynowe”;
- promocja wyników projektów badawczych realizowanych na wydziale;
- opieka nad kołem naukowym „Inżynierów Transportu Publicznego”
- pełnienie funkcji Pełnomocnika Dyrektora Instytutu SSiT ds. Dydaktyki (2007-2018),
- pełnienie funkcji członka Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia (2007-2018).
- praca w zespole przygotowującym wnioski o nadanie uprawnień doktoryzowania w dyscyplinie Transport,
- praca przy opracowywaniu Informatora Wydziału (od 2008) i ulotek informacyjnych Zakładu Pojazdów Szynowych (od 2010).

Habilitant był promotorem 48 prac inżynierskich, 32 magisterskich oraz promotorem pomocniczym w czterech przewodach doktorskich. Dr inż. Bartosz Firlik był sześciokrotnie nagradzany nagrodami Rektora PP – 2 nagrody za osiągnięcia dydaktyczne, 4 za osiągnięcia organizacyjne. Ponadto otrzymał 11 prestiżowych innych nagród, w tym m.in. nagroda f-my Siemens (2008), nagrody Prezydenta Miasta Poznania, Prezesa Polskich Kolei Państwowych, Rektora Politechniki Warszawskiej. W latach 2013-2016 był stypendystą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przyznawanego dla wybitnych młodych naukowców.

W związku z powyższym **dorobek dydaktyczny dra inż. Bartosza Firlika** w aspekcie różnorodności i tematyki prowadzonych zajęć oraz udziału w pracach na rzecz wydziału **ocenił jako dobry.**

## 5. OCENA POPULARYZACJI NAUKI I DOROBKU ORGANIZACYJNEGO

Dr inż. Bartosz Firlik w czasie studiów doktoranckich i swojej 12-letniej pracy zawodowej aktywnie uczestniczył w działalności Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu (obecnie Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu) Politechniki Poznańskiej. Jego aktywność w okresie po uzyskaniu stopnia doktora dotyczyła:

- członkostwa w licznych komisjach wydziałowych i uczelnianych,
- pełnienia funkcji kierownika Laboratorium Projektowania i Dynamiki Pojazdów,
- utworzenia i opieki Koła Naukowego Inżynierów Transportu Publicznego (lata 2010-2017),
- udziału w licznych szkoleniach seminariach tematycznych z zakresu prowadzenia badań i dydaktyki,
- promocji wyników projektów realizowanych na wydziale na targach w Berlinie i Poznaniu, wystawie w Warszawie,
- udziału w konsorcjach i sieciach badawczych ”European Railway R&D Network”, „Koleje Zwiększonych Prędkości, Badania – Rozwój – Kształcenie” jako koordynator z ramienia Politechniki Poznańskiej,
- pełnienia funkcji promotora pomocniczego w trzech przewodach doktorskich prowadzonych na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu PP i jednym na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej,
- kierowania/uczestnictwa w realizacji 2 międzynarodowych projektów (Horyzont 2020, Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki) finansowanych przez UE, 7 krajowych

grantów badawczych NCBiR oraz 13 projektów realizowanych na wydziale w ramach działalności statutowej,

- realizacji badań zleconych przez przemysł – ogółem 13 ekspertyz.

Habilitant prowadził ożywioną współpracę z uczelniami zagranicznymi m.in. Technische Universität Berlin, Technische Universität Delft, Université Polytechnique de France (projekty Workshop on Rail Technology, Workshop on Railway Engineering).

Dr inż. Bartosz Firlik popularyzuje wyniki swoich prac i wiedzę z zakresu transportu szynowego wygłaszając referaty na konferencjach międzynarodowych i krajowych (46 wystąpień na sesjach technicznych ok. 40 konferencji).

Brał udział w komitetach organizacyjnych 4 konferencji: „II Ogólnokrajowe Spotkanie Specjalistów Techniki Tramwajowej”, „Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena jej Żywotności”, „Pojazdy Szynowe” (dwukrotnie).

Habilitant recenzował 10 artykułów naukowych dla prestiżowych wydawnictw: Periodica Polytechnica Civil Engineering, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, The Archives of Transport, Measurement, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Logistyka.

Za swoją działalność naukowo-badawczą i popularyzatorską Habilitant otrzymał liczne nagrody m.in.: Rektora Politechniki Poznańskiej, Rektora Politechniki Warszawskiej, Prezesa Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Miasta Poznania, Prezesa Polskich Kolei Państwowych, firmy Siemens.

Habilitant jest członkiem 2 towarzystw naukowo-technicznych: Polskiego Towarzystwa Symulacji Komputerowej – od 2011 r., Grupy Roboczej Forum Urzędu Marszałkowskiego Województwa Wielkopolskiego – od 2015 r.

W oparciu o przedstawione materiały **zaangażowanie dra inż. Bartosza Firlika w działalność popularyzatorską i organizacyjną** w macierzystej uczelni oraz w organizacjach naukowych i społecznych **ocenił jako bardzo dobre.**

## 6. PODSUMOWANIE

W moim przekonaniu jednotematyczny cykl publikacji „*Analiza i ocena dynamiki układu lekki pojazd szynowy-tor w warunkach rzeczywistej eksploatacji*” jest ważnym osiągnięciem naukowym, spełniającym wymogi ustawowe.

Dr inż. Bartosz Firlik posiada znaczący dorobek publikacyjny po doktoracie, tematycznie ukierunkowany w zakresie dynamiki pojazdów szynowych, zjawisk nieliniowych w strefie kontaktu koła z szyną, zjawisk zachodzących w warstwie wierzchniej kół i szyn, systemów monitorowania stanu technicznego układu pojazd-tor, analizy numerycznej oddziaływania pojazdu tramwajowego z torem dla zmiennych geometrii koła i szyny.

Oceniany jednotematyczny cykl publikacji i pozostały dorobek naukowy **wnoszą istotny wkład do rozwoju dyscypliny *Inżynieria lądowa i transport.***

Bardzo pozytywnie oceniam również dorobek dydaktyczny i organizacyjny dra inż. Bartosza Firlika.

Z tego powodu jestem przekonany, że oceniany cykl oraz pozostały dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny dra inż. Bartosza Firlika spełniają warunki określone w **Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki**

**z 14 marca 2003 r. wraz ze zmianami z dnia 18.03.2011 r. i późniejszymi, do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *Inżynieria lądowa i transport*.**

**Wnioskuje zatem o nadanie dr inż. Bartoszowi Firlikowi stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej *Inżynieria lądowa i transport*.**

