

Dr hab. inż. Damian BĘBEN  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Politechnika Opolska  
ul. Katowicka 48  
45-061 Opole  
e-mail: [d.beben@po.edu.pl](mailto:d.beben@po.edu.pl)

Opole, 16 sierpnia 2022 r.



## **Recenzja dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego w postępowaniu habilitacyjnym Pani dr inż. Anny RAKOCZY**

Recenzja powstała na wniosek dra hab. inż. Konrada LEWCZUKA, prof. uczelni – przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport na Politechnice Warszawskiej. Podstawą wykonania recenzji była dokumentacja złożona przez Habilitantkę w związku z postępowaniem o nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, wszczętym na podstawie wniosku z 4 lutego 2022 r. skierowanego przez Habilitantkę do Rady Doskonałości Naukowej.

Podstawa prawna:

Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r., poz. 574 z późniejszymi zmianami), zwana dalej Ustawą.

Uchwała nr 494/2022 z dnia 5 lipca 2022 r. Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport na Politechnice Warszawskiej ws. powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych i dyscyplinie inżynieria lądowa i transport wszczętym na wniosek Pani dr inż. Anny Rakoczy.

### **1. Sylwetka Habilitantki**

Dr inż. Anna Rakoczy ukończyła studia magisterskie w 2008 roku na Wydziale Budownictwa Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy. Stopień doktora nauk technicznych uzyskała w roku 2012 na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska (Civil and Environmental Engineering) Uniwersytetu Nebraska (University of Nebraska-Lincoln) w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, na podstawie rozprawy pt. Opracowanie modeli oceny niezawodności dla mostów kolejowych (Development of System Reliability Models for Railway Bridges) wykonaną pod kierunkiem Pana Profesora Andrzeja Nowaka.

Przebieg zatrudnienia Habilitantki jest następujący:

10.2021 – aktualnie: adiunkt na Politechnice Warszawskiej, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Dróg i Mostów, Zakład Geotechniki, Mostów i Budowli Podziemnych.

02.2021 – aktualnie: Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie, Zastępca Redaktora Naczelnego Kwartalnika Roads and Bridges – Drogi i Mosty.

10.2020 – 09.2021: adiunkt w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie.

06.2013 – 07.2020: Manager projektów badawczych (Principal Investigator) w Transportation Technology Center, Inc., Pueblo, CO, USA.

08.2012 – 05.2013: Pracownik naukowo-dydaktyczny (Post-Doctoral Research Associate and Lecturer) na Uniwersytecie Nebraska – Lincoln, NE, USA.

05.2009 – 08.2012: Asystent naukowy (Graduate Research Assistant) na Uniwersytecie Nebraska – Lincoln, NE, USA.

Powyższe informacje o zatrudnieniu świadczą, że Habilitantka prowadziła badania naukowe w więcej niż jednej uczelni, w tym w zagranicznych jednostkach badawczych.

## 2. Opis i ocena osiągnięć naukowych wskazanych przez Habilitantkę

### 2.1. Opis głównego osiągnięcia naukowego

Habilitantka wskazuje, że głównym osiągnięciem naukowym jest 13 publikacji (6 artykułów i 7 referatów konferencyjnych) i nadaje temu cyklowi publikacji wspólny tytuł: **Metoda probabilistyczna wspomagana pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie poziomu niezawodności eksploatowanych, kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów**. Zdaniem Recenzenta biorąc pod uwagę treść artykułów bardziej poprawnym tytułem byłyby: *Metoda probabilistyczna wspomagana pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie poziomu niezawodności eksploatowanych stalowych mostów kolejowych*. Jest to uwaga bardziej stylistyczna niż merytoryczna niewpływająca na meritum sprawy.

Artykuły wchodzące w skład cyklu to:

- [1] **Rakoczy, A.M.**, (2021), „Fatigue Safety Verification of Riveted Built-up Girder in Bending using AREMA, Eurocode, and Probabilistic Method”, *Archives of Civil Engineering*, Vol. 67, No 4, 2021. pp. 625 – 642.
- [2] **Rakoczy, A.M.**, Jivan-Coteti, A., (2021), „Estimation of the current structural reliability level of existing railway bridges and viaducts.” *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, [S.l.], Vol. 20, No. 3, pp. 289-309.
- [3] **Rakoczy, A.M.**; Otter, D.E.; Dick, S.M. (2021), “Analytical and Measured Effects of Short and Heavy Rail Cars on Railway Bridges in the USA.”, *MDPI, Applied Sciences* Vol. 11, No. 7: 31261.
- [4] **Rakoczy, A. M.**, Otter, D. E., and Dick, S., (2020), “Railroad Bridge Fatigue Life Estimation Using the Probabilistic Method and New Fatigue Resistance for Riveted Details.” *Structure and Infrastructure Engineering Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, Vol. 16, 2020 – Issue 3, pp. 381-393.
- [5] **Rakoczy, A. M.**, Nowak, A. S., and Dick, S., (2016) “Fatigue Reliability Model for Steel Railway Bridges,” *Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, Vol. 12, 2016 - Issue 12, pp. 1602-1613.
- [6] **Rakoczy, A. M.**, and Nowak, A. S., (2014) “Reliability-Based Strength Limit State for Steel Railway Bridge,” *Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, Vol. 10, 2014 - Issue 9, pp. 1–14.

Udział Habilitantki w przygotowaniu artykułów współautorskich był znaczący i zgodnie z załączonymi oświadczeniami wynosił 80% (poz. 2), 60% (poz. 3), 70% (poz. 4), 70% (poz. 5), 80% (poz. 6). Główne czynności Habilitantki w trakcie prac nad publikacjami polegały na przygotowaniu koncepcji badań i metodologii, analizie wyników, walidacji uzyskanych wyników, przygotowaniu manuskryptu publikacji, redakcji i odpowiedzi na recenzje. Uzyskane wyniki w większości zostały opublikowane w znaczących światowych czasopismach, na szczególne podkreślenie zasługują publikacje w *Structure and Infrastructure Engineering* (poz. 4-6), które wydawane jest przez Taylor&Francis i ma już uznaną renomę na świecie. Łączny impact factor publikacji wchodzących w skład cyklu wynosi 9.585, a łączna liczba punktów MEiN wynosi 570. Przedstawione w cyklu prace są

połączone tematycznie i dotyczą oceny probabilistycznej stalowych mostów kolejowych w oparciu o badania doświadczalne na obiektach i analizy MES.

Dodatkowo Habilitantka wskazała, że problematyka głównego osiągnięcia naukowego była przedstawiona na 7 konferencjach międzynarodowych, takich jak:

- [7] Rakoczy, A. M., Otter, D. E., "Improved Fatigue Evaluation of Riveted DPG Railroad Bridges Using Reliability Analysis", AREMA Conference 2020, online, September 2020.
- [8] Rakoczy, A. M., Otter, D. E., "Can 100-year-old steel railroad bridges continue to be used in service?" 2019 IABSE Congress, New York City, NY, September 2019.
- [9] Rakoczy, A. M., Otter, D. E., Dick S. M., "Steel bridge fatigue life estimation using the probabilistic method", The International Heavy Haul Association (IHHA) Conference 2019, Narvik, Norway, June 2019.
- [10] Rakoczy, A.M. and Otter D., "Member-level Redundancy for Steel Railway Bridge Girders." Transportation Research Record 2019.
- [11] Rakoczy, A. M., Nowak, A. S., and Dick, S. M., "Fatigue Reliability Indices for Steel Railway Bridge," Proceedings of Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, Washington D.C., January 2014.
- [12] Rakoczy, A.M. and Nowak, A.S., "Evaluation of Safety Level for Railway Bridges", Proceedings of the 11th International Conference on Structural Safety & Reliability – ICOSSAR, June 2013.
- [13] Rakoczy, A.M. and Nowak, A.S., "Fatigue Reliability Assessment of 100-year Old Steel Railway Bridge", Proceedings of the International Conference of Structural Failures, (Awarie Budowlane), Poland, May 2013.

Przytoczone wyżej konferencje to uznane wydarzenia naukowe organizowane cyklicznie przez międzynarodowe gremia naukowe. Jednak nie dołączono do Wniosku tych publikacji ani udziałów procentowych mówiących o wkładzie Habilitantki w ich powstanie, dlatego nie omawiam ich szczegółowo. Analizując tytuły referatów konferencyjnych stwierdzam, że są one związane tematycznie z podanym cyklem publikacji. Uznaję, że udział Habilitantki w powstaniu tych prac był taki sam jak innych współautorów, tj. w zakresie 33,33-50%. Ponadto uznaję, że poz. 1-6 wypełniają stopniu wystarczającym pojęcie cyklu publikacji.

Powyższe fakty (artykuły i referaty na konferencjach) świadczą, że podjęta przez Habilitantkę problematyka została przedstawiona i poddana krytycznej ocenie oraz dyskusji przez światowe gremia naukowe.

## 2.2. Ocena głównego osiągnięcia naukowego

Wybór tematu badawczego jest ważny z naukowego i praktycznego punktu widzenia. Problem oceny nośności starych mostów kolejowych dotyczy wielu krajów i podejmowane są różne próby zastosowania metod analitycznych i numerycznych, a także „ubrania” w pewne ramy normowe odnośnie przewidywania dalszej bezpiecznej eksploatacji starych mostów kolejowych. Jednak nie do końca obecne uregulowania normowe, co zresztą sama Habilitantka podkreśla i udowadnia, pozwalają na realną ocenę starych mostów kolejowych pod kątem ich dalszego użytkowania.

Habilitantka poprawnie diagnozuje problem i koncentruje się na wybranych typach stalowych mostów kolejowych DPG (Deck Plate Girder) i TPG (Through Plate Girder), czyli dźwigarach blachownicowych o pomostach otwartych w których mostownice ułożone są odpowiednio bezpośrednio na dźwigarach (DPG) i ruszcie wykonanym z belek podłużnych i porzecznych (TPG). Habilitantka zdiagnozowała wady istniejących norm, wytycznych i metod analitycznych w zakresie przewidywania bezpiecznej dalszej eksploatacji stalowych mostów kolejowych wspomnianych typów. Stanowi to ważny aspekt

podjętych badań, gdyż umożliwia w przyszłości modyfikacje zapisów normowych w zakresie oceny nośności stalowych mostów kolejowych i przewidywania ich dalszej żywotności.

Poniżej krótko scharakteryzowano i oceniono poszczególne artykuły wchodzące w skład cyklu:

- [1] **Rakoczy, A.M.**, (2021), „Fatigue Safety Verification of Riveted Built-up Girder in Bending using AREMA, Eurocode, and Probabilistic Method”, Archives of Civil Engineering, Vol. 67, No 4, 2021. pp. 625 – 642.

W pracy przedstawiono porównanie szacowania zmęczenia przy użyciu norm Eurokod i AREMA (bazujących na podobnych założeniach czyli krzywych S–N, które przedstawiają liczbę cykli do zniszczenia w funkcji stałych zakresów naprężeń dla różnych kategorii detali konstrukcyjnych) oraz metody probabilistycznej (autorskiej), która wykorzystuje nowo opracowaną wytrzymałość zmęczeniową opartą na danych zebranych specjalnie z dźwigarów nitowanych. Wszystkie trzy metody zostały zastosowane do analizy mostu kolejowego o dźwigarach blachownicowych (DPG) z wykorzystaniem danych z monitoringu terenowego. Metodą probabilistyczną szacuje się liczbę cykli lub zakumulowany ruch pod kątem prawdopodobieństwa inicjacji pęknięcia zmęczeniowego. Weryfikacja zmęczenia zależy od zastosowanego obciążenia i kategorii zmęczenia; co z kolei zależy od rodzaju elementu mostu i ich połączeń. Opracowana autorska metoda dostarcza dodatkowych informacji o zmęczeniu mostu, takich jak związek między skumulowaną liczbą cykli a prawdopodobieństwem początkowego wykrycia pęknięcia, co może pozwolić na dwu- lub trzykrotnie dłuższą eksploatację mostu przy odpowiednich inspekcjach mostu. Ponadto stwierdzono, że zapisy podane w Eurokodzie są bardziej konserwatywne dla zakresu naprężeń poniżej 48 MPa, podczas gdy dla wyższych zakresów naprężeń weryfikacja zmęczenia jest podobna dla obu norm. Zaproponowana metoda probabilistyczna ma duże znaczenie praktyczne, gdyż umożliwia realną ocenę wytrzymałości zmęczeniowej stalowych mostów blachownicowych.

- [2] **Rakoczy, A.M.**, Jivan-Coteti, A., (2021), „Estimation of the current structural reliability level of existing railway bridges and viaducts.” Roads and Bridges – Drogi i Mosty, [S.I.], Vol. 20, No. 3, pp. 289-309.

W niniejszym artykule Habilitantka przedstawiła algorytm oceny przydatności do dalszej eksploatacji mostów i wiaduktów kolejowych oparty na metodach probabilistycznych i niezawodnościowych, który mógłby być wdrożony w Polsce. Jest to o tyle ważne, że obecne procedury oceny kolejowych obiektów mostowych w zakresie dalszej ich eksploatacji nie uwzględniają zmienności obciążeń i parametrów nośności konstrukcji, co może prowadzić do błędnej oceny przydatności kolejowego obiektu inżynierskiego do dalszego użytkowania. Takie podejście określa prawdopodobieństwo wystąpienia awarii (bezpieczeństwo) oraz ryzyko konsekwencji związanych z awarią. Istnieje duży potencjał w określaniu przydatności do dalszej eksploatacji istniejących kolejowych obiektów inżynierskich poprzez użycie metod probabilistycznych i ulepszonych procedur oceny nośności konstrukcji, w tym wykorzystania pomiarów *in-situ*, zarówno w odniesieniu do oddziaływań od rzeczywistego taboru, jak i określeniu nośności istniejących konstrukcji.

- [3] **Rakoczy, A.M.**; Otter, D.E.; Dick, S.M. (2021), “Analytical and Measured Effects of Short and Heavy Rail Cars on Railway Bridges in the USA.”, MDPI, Applied Sciences Vol. 11, No. 7: 31261.

W artykule przedstawiono wyniki z monitoringu i analizę dwóch mostów kolejowych. Pierwszy most składa się z dwóch nitowanych przęseł kratownicowych o długości 33,5 m i 61 m z torem na podsypce. Most znajduje się na odcinku prostym a wszystkie elementy kratownic mają przekroje złożone. Drugi

rozpatrywany most ma pięć przęseł typu DPG (nitowanych stalowych blachownic) z torem na podsypce i znajdującym się na łuku poziomym stąd też dźwigary północne mają całkowitą długość 34,7 m a dźwigary południowe 35 m. Głównym celem przeprowadzonych badań było porównanie wpływu oddziaływań wagonów o różnej długości na mosty kolejowe w USA, w szczególności określenie oddziaływania krótkich i ciężkich wagonów kolejowych. Drugim aspektem tych badań było porównanie naprężeń obliczonych na podstawie zmierzonych odkształceń i naprężeń obliczonych za pomocą modeli analitycznych. Wykazano, że wpływ krótkich wagonów był najbardziej widoczny na elementach głównych, takich jak słupki końcowe, krzyżulce, pasy górne i dolne w przęsłach kratownicy oraz na naprężeniach zginające w przęsłach dźwigarów. Dane z badań doświadczalnych potwierdziły, że krótkie wagony powodują większe naprężenia na dłuższych przęsłach mostów. Natomiast dłuższe wagony mogą zmniejszyć trwałość zmęczeniową mostu ze względu na większy zakres naprężeń spowodowany większym rozładunkiem między osiami. Zatem kluczowym parametrem jest stosunek długości wagonu do rozpiętości przęsła. Ponadto ocena nośności mostów i ograniczenia w eksploatacji kolei powinny uwzględniać oprócz masy wagonu, także długość wagonu.

- [4] Rakoczy, A. M., Otter, D. E., and Dick, S., (2020), "Railroad Bridge Fatigue Life Estimation Using the Probabilistic Method and New Fatigue Resistance for Riveted Details." *Structure and Infrastructure Engineering Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, Vol. 16, 2020 – Issue 3, pp. 381-393.

W artykule przeprowadzono analizę zmęczeniową obiektów mostowych, nitowanych typu DPG z otwartym pomostem. Modele obliczeniowe nośności zmęczeniowej przęseł DPG były kalibrowane, walidowane i weryfikowane z wszystkimi dostępnymi i odpowiednimi wynikami testów zmęczeniowych. W artykule zademonstrowano metodę probabilistyczną na dwóch nitowanych przęsłach DPG o rozpiętości 7,3 m i 9,75 m, badanych w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Opracowano model statystyczny nośności zmęczeniowej dźwigarów blachownicowych. Z przeprowadzonej analizy statystycznej wynika, że dane wykazują dwa trendy. Punkty danych poniżej zakresu naprężeń 62-69 MPa mają inny rozkład statystyczny niż punkty danych powyżej 62-69 MPa. Wy tłumaczono to zjawiskiem mechanicznym, w którym zakres naprężeń 62-69 MPa to granica, powyżej którego łatwo przekracza się opór tarcia (docisk) między elementami nitowanymi, a rozwój pęknięć zmęczeniowych jest podobny jak w pojedynczych płytach z otwartymi otworami. Ponadto przy niższych zakresach naprężeń opór tarcia pomiędzy główką nita i elementu nitowanego opóźnia powstawanie i propagację pęknięć zmęczeniowych. Wykazano, że pomimo przekroczenia bezpieczeństwa zmęczeniowego zgodnie z normami Eurokod i AREMA, most był dalej bezpiecznie eksploatowany i nie odnotowano w nim żadnych uszkodzeń. Potwierdza to, że weryfikacja zmęczenia oceniana aktualnymi metodami jest zbyt zachowawcza i konserwatywna. Udowodniono, że stosowanie metody probabilistycznej do szacowania trwałości nitowanych przęseł stalowych daje realne wyniki. W szczególności zaleca się stosowanie tej metody do przęseł stalowych, które przekroczyły trwałość zmęczeniową zgodnie z konwencjonalnymi obliczeniami kategorii zmęczeniowej D, ale nie wykazują oznak pogorszenia i nie występują pęknięcia zmęczeniowe.

- [5] Rakoczy, A. M., Nowak, A. S., and Dick, S., (2016) "Fatigue Reliability Model for Steel Railway Bridges," *Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, Vol. 12, 2016 - Issue 12, pp. 1602-1613.

Celem tego artykułu było opracowanie modelu niezawodnościowego dla stanu granicznego zmęczenia przedstawionego na stalowym moście kolejowym typu TPG. Zaprezentowano wyniki analizy niezawodności dla różnych okresów eksploatacji od 10 do 100 lat oraz trzech przypadków warunków eksploatacyjnych. W każdym z rozpatrywanych przypadków obciążenia, najniższe wskaźniki

niezawodności uzyskano dla połączeń dwukątownikowych podłużnicy z belką poprzeczną, co oznacza, że element ten ma największe prawdopodobieństwo rozwoju pęknięć zmęczeniowych w całej konstrukcji mostu. Ważnym rezultatem tych badań było opracowanie modelu symulacyjnego dla efektu obciążenia taborem kolejowym przejeżdżającym po moście. Zdefiniowano i zamodelowano pociąg jednostkowy, który był zbudowany z 200 wagonów, a następnie wygenerowany 5000 razy w celu określenia rozkładu statystycznego i charakterystycznych parametrów statystycznych. Analiza wykazała, że połączenia są najsłabszym ogniwem w układzie konstrukcyjnym. Stosując metodę niezawodności, krytyczne elementy mostu można zidentyfikować w celu bardziej szczegółowej kontroli, a częstotliwość kontroli można zaplanować częściej, jeśli element mostu zbliża się do wyższego prawdopodobieństwa rozwoju pęknięć. Analiza niezawodności może być również wykorzystana do oszacowania przewidywanych lat eksploatacji mostu przy różnych poziomach bezpieczeństwa.

[6] **Rakoczy, A. M., and Nowak, A. S., (2014) "Reliability-Based Strength Limit State for Steel Railway Bridge,"** Structure and Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance, Vol. 10, 2014 - Issue 9, pp. 1-14.

W artykule wykonano identyfikację podstawowych parametrów obciążenia i nośności mostów kolejowych w USA oraz przedstawiono procedury analityczne do modelowania zachowania konstrukcji. Do zbadania nośności elementów konstrukcyjnych ocenianego obiektu wykorzystano metodę elementów skończonych (MES). Opracowano trójwymiarowy model konstrukcyjny w celu określenia rozkładu naprężeń w elementach i połączeniach. Na podstawie wyników analizy MES obliczono wskaźniki niezawodności dla elementów krytycznych. Wykorzystując parametry statystyczne obciążenia, rozstaw osi wagonów oraz technikę symulacji Monte Carlo, wygenerowano losowe obciążenie, które następnie przyłożono do konstrukcji mostu. Widma obciążenia wagonów zostały przypisane do nacisku na oś poszczególnych wagonów lub lokomotyw. Zaobserwowano, że różnice w obciążeniu osi występowały głównie między pierwszym a drugim wózkiem wagonu, a różnica między obciążeniami osi w tym samym wózku była minimalna. W związku z tym generowano i powtarzano dwie siły osi dla każdego wózka. Symulowano obciążenie nacisku osi zgodnie z rozkładem i parametrami statystycznymi. Dodatkowo, zastosowano współczynnik dynamiczny zwiększający obciążenie statyczne o średnio 10% przy założonej zmienności tego współczynnika w przedziale od 15% do 50%. Głównym wkładem tego badania był rozwój modeli niezawodności systemu dla mostów kolejowych. Analiza potwierdziła, że połączenia były najsłabszym ogniwem w układzie konstrukcyjnym mostu. Podejście niezawodnościowe jest rozsądnym sposobem oceny wydajności mostów kolejowych ze względu na wysoki stopień niepewności co do wytrzymałości materiału i warunków obciążenia.

**Do głównych osiągnięć naukowych Habilitantki ww. cyklu publikacji wpływających na rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport zaliczam:**

- opracowanie autorskiego modelu zastosowania metody probabilistycznej do określenia poziomu niezawodności stanu granicznego nośności stalowych mostów kolejowych typu TPG,
- określenie nowych parametrów wytrzymałości zmęczeniowej dźwigarów nitowanych a następnie opracowanie modelu niezawodnościowego dla stanu granicznego zmęczenia dla mostów stalowych typu TPG and DPG,

- udowodnienie, że metoda probabilistyczna daje lepsze oszacowanie przydatności do użytkowania mostów niż inne metody analityczne, a także wykazanie, że podejście normowe jest zachowawcze i konserwatywne,
- opracowanie i wdrożenie oprogramowania do obliczania skumulowanych cykli zmęzeniowych w konstrukcji mostów (DPG Fatigue software),
- przeprowadzenie badań dotyczących nośności resztkowej uszkodzonej stalowej blachownicy w moście typu DPG i potwierdzenie, że obecność wielu elementów w blachownicowym dźwigarze stalowym zapewnia redundancję na poziomie elementu konstrukcji,

### 2.3. Ocena drugiego osiągnięcia naukowego

Poza głównym osiągnięciem naukowym opisanym wyżej, Habilitantka wskazuje drugie osiągnięcie pt. **Nowatorska metoda oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych.**

Wyniki wchodzące w ww. drugie osiągnięcie naukowe zostały opublikowane w 2 artykułach:

1. **Rakoczy, A. M.**, X. Shu, and D. Otter. (2017), "Vehicle/Bridge Interaction Modeling and Validation for short Railway Bridges." *Transportation Research Record*, No. 2642: Structures, Print ISSN: 0361-1981, pp. 127-138, Washington D.C., <https://doi.org/10.3141/2642-14>
2. **Rakoczy, A. M.**, Otter, D. E., Malone, J. J., and Farritor, S., (2016), "Railroad Bridge Condition Evaluation Using Onboard Systems," *ASCE Journal of Bridge Engineering*, ISSN (print): 1084-0702, ISSN (online): 1943-5592, Vol. 21, Issue 9 - September 2016. ASCE 2018 Arthur M. Wellington Prize. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000881](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000881)

i w materiałach 2 konferencji międzynarodowych, przy czym pozycja 4 jest tożsama z pozycją 1 i zdaniem recenzenta nie powinna być wykazywana w cyklu:

3. **Rakoczy, A. M.**, and Otter, D. E., "Vehicle-Based Detection of Changes in Bridge Condition", AREMA Conference 2015, Minneapolis, October 2015.
4. **Rakoczy, A. M.**, X. Shu, and D. Otter. "Vehicle/Bridge Interaction Modeling and Validation for short Railway Bridges." *Proceedings of Transportation Research Board 96rd Annual Meeting*, Washington D.C., January 2017.

Udział Habilitantki w przygotowaniu publikacji współautorskich był znaczący i zgodnie z załączonymi oświadczeniami wynosił 60% (poz. 1), 60% (poz. 2). Brak we wniosku załączenia materiałów konferencyjnych (poz. 3 i 4), jak i informacji o udziałach procentowych w powstaniu tych publikacji. Jednakże po analizie tytułów, można stwierdzić, że pozycja 4 jest tożsama z pozycją 1 (tym bardziej, że poz. 1 jest wydawana jako wybrane publikacje prezentowane podczas konferencji TRB w Waszyngtonie). Dlatego pozycję 4 nie biorę do oceny tego cyklu. Jeżeli chodzi o pozycję 3, to uznaję, że udział Habilitantki w jej powstaniu był taki sam jak drugiego autora, tj. 50%. Jednak trudno jest mi się odnieść do zawartości tej pracy, gdyż nie została ona załączona do wniosku. Nie mniej jednak uznaję, że poz. 1 i 2 wypełniają w minimalnym stopniu pojęcie cyklu publikacji.

Poniżej krótko scharakteryzowano i oceniono publikacje wchodzące w skład drugiego osiągnięcia naukowego:

1. **Rakoczy, A. M.**, X. Shu, and D. Otter. (2017), "Vehicle/Bridge Interaction Modeling and Validation for short Railway Bridges." *Transportation Research Record*, No. 2642: Structures, Print ISSN: 0361-1981, pp. 127-138, Washington D.C., <https://doi.org/10.3141/2642-14>

W artykule przedstawiono wyniki symulacji i przeprowadzonych badań doświadczalnych wagonu towarowego oraz lokomotywy poruszających się po moście kolejowym. Wyniki symulacji i testów systemu pokładowego zainstalowanego w oprzyrządowanym wagonie towarowym wskazały, że system jest praktycznym narzędziem do identyfikacji problemów związanych z pogarszającym się stanem technicznym mostu. Przeprowadzono różne testy w celu zbadania możliwości zastosowania technologii pokładowej do wykrywania uszkodzeń mostu lub zmian w zachowaniu mostu. Wyniki testów wykorzystano do walidacji trójwarstwowego modelu konstrukcji szyna-trakcja-most. Przeprowadzono eksperymentalne i analityczne oceny przypadków w celu opracowania systemów pomiarowych montowanych na pojeździe do dynamicznej inspekcji mostów pod obciążeniem ruchomym.

2. **Rakoczy, A. M.**, Otter, D. E., Malone, J. J., and Farritor, S., (2016), "Railroad Bridge Condition Evaluation Using Onboard Systems," *ASCE Journal of Bridge Engineering*, ISSN (print): 1084-0702, ISSN (online): 1943-5592, Vol. 21, Issue 9 - September 2016. ASCE 2018 Arthur M. Wellington Prize. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000881](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000881)

W artykule przedstawiono różne metody pomiaru odpowiedzi mostu z wykorzystaniem systemów instalowanych na pojazdach kolejowych. Korzystając z kontrolowanych warunków i możliwości modyfikowania mostu belkowego o krótkiej rozpiętości zbadano potencjalne zastosowanie istniejących systemów pokładowych do wykrywania słabych elementów mostu i zmian w poziomie podpór. System pomiaru ugięcia toru obejmuje dwie sztywne belki przymocowane do ramy wózka wagonu, dwie głowice czujników z kamerami i laserami na końcach sztywnych belek, tablicę paneli słonecznych, antenę globalnego systemu pozycyjnego (GPS) na górze wagonu, odbiornik GPS i skrzynię zawierającą dyski akwizycji danych i dwa komputery do przetwarzania obrazu i obliczania danych na pokładzie. Ustalono, że odpowiedź mostu nie jest powtarzalna (typowa) dla wszystkich mostów z otwartym pomostem. Zebrane wyniki badań wykazały, że odpowiedź mostów kolejowych o małej rozpiętości są widoczne w danych geometrii toru oraz w systemach pomiaru ugięć toru.

Główny wkład Habilitantki w powstanie tych prac polegał na przygotowaniu koncepcji badań i metodologii, analizie wyników, walidacji uzyskanych wyników, przygotowaniu manuskryptu publikacji. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w znaczących światowych czasopismach, na szczególne podkreślenie zasługują publikacje w *Journal of Bridge Engineering* (poz. 2), które wydawane jest przez ASCE i *Transportation Research Record* (poz. 1) – jako pokłosie corocznej konferencji Transportation Research Board, która odbywa się w Waszyngtonie. Oba czasopisma, mimo stosunkowo małej liczbie punktów MEiN, mają uznaną renomę w świecie naukowym. Łączny impact factor publikacji wchodzących w skład cyklu wynosi 3.033, a łączna liczba punktów MEiN wynosi 140. Przedstawione w cyklu prace są połączone tematycznie i dotyczą oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych. Jest to nowe podejście do wykonywania diagnostyki mostów, gdyż aktualnie większość systemów pomiarowych instalowanych jest na badanej konstrukcji mostu, co ogranicza pomiar tylko do konkretnego mostu. W proponowanym systemie, takiego ograniczenia nie ma, **dlatego oceniam to jako istotny wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport.**



**Ocena:** osiągnięcia naukowe w postaci przedłożonego cyklu publikacji pt. „Metoda probabilistyczna wspomagana pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie poziomu niezawodności eksploatowanych, kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów”, oraz cyklu publikacji stanowiącego drugie osiągnięcie pt. „Nowatorska metoda oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych”, stanowią znaczny wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport w rozumieniu wymagań Art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

### 3. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitantki

Habilitantka poza wykazaniem znaczącego wkładu w rozwój danej dyscypliny naukowej, zgodnie z Art. 219, ust. 1 pkt 3 powinna wykazać się „istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni (...), w szczególności zagranicznej”.

Oprócz publikacji stanowiących główne osiągnięcia naukowe (opisane w p. 2 recenzji), Habilitantka była współautorką 8 artykułów do czasopism (m.in. ACI Structural Journal, ACI Material Journal, Transportation Research Record) i 19 referatów na renomowane konferencje krajowe i międzynarodowe.

Zbiorcze zestawienie wszystkich osiągnięć publikacyjnych Habilitantki przedstawiono w tabeli poniżej

Rodzaj publikacji	Liczba
Artykuły w czasopismach	16
Wystąpienia na konferencjach	28

Indeks Hirscha i liczba cytowani Habilitantki (na dzień 16.08.2022)

Nazwa bazy	Liczba cytowań	Liczba cytowani bez autocytowań	Indeks Hirscha
Web of Science Core Collection	53	45	4
Scopus	81	67	5
Google Scholar	232	Brak danych	8

Łączny impact factor (IF) czasopism w których Habilitantka opublikowała swoje prace wynosi 19,224, a IF 5-letni = 27,922. Liczba uzyskanych punktów MEiN wynosi 1060. Liczba publikacji umieszczona w bazach danych wynosi WoS CC (16), Scopus (22), Google Scholar (38). Jak na etap kariery naukowej, osiągnięcia naukometryczne Habilitantki są na odpowiednim poziomie. W dorobku Habilitantki może brakować pozycji monograficznej, syntetycznie podsumowujących dotychczasowy dorobek, ale liczba artykułów i wystąpień konferencyjnych jest na wystarczającym poziomie, co rekompensuje ten drobny mankament. Habilitantka jest rozpoznawalna jako specjalistka z zakresu metod probabilistycznych do oceny nośności stalowych mostów kolejowych, o czym świadczą cytowania przez innych badaczy.

Przytoczone parametry naukometryczne świadczą o istotnej aktywności naukowej Habilitantki realizowanej w różnych jednostkach badawczych (IBDiM, Politechnika Warszawska), w tym zagranicznych (Uniwersytet Nebraska – Lincoln, USA), tym samym wypełniając ustawowy warunek istotnej aktywności naukowej w więcej niż jednej jednostce.

Habilitantka wykazała się dużą aktywnością w pozyskiwaniu środków na badania. W ramach pracy w Transportation Technology Center, Inc., Pueblo, CO w latach 2014-2020 była kierownikiem 6 projektów na łączną kwotę ponad 5 mln 500 tys. USD. Natomiast w trakcie pracy na University of Nebraska –

Lincoln brała udział w 4 projektach na łączną kwotę prawie 500 tys. USD. Większość projektów tematycznie była związana z głównymi osiągnięciami naukowymi Habilitantki, tj. utrzymaniem infrastruktury kolejowej w USA.

Wykazane w dokumentacji osiągnięcia naukowe spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego. Jej prace są rozpoznawalne i cytowane przez innych badaczy. Na podkreślenie zasługuje znaczna liczba artykułów opublikowana w czasopismach z IF i umiejętność pozyskiwania przez Habilitantkę środków na badania naukowe.

**Ocena:** Habilitantka wykazała się istotną aktywnością naukową w rozumieniu Art. 219 ust. 1, pkt. 3 Ustawy.

#### 4. Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej

Habilitantka prowadziła zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie Nebraska (2012/2013), Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy, a aktualnie od 2021 na Politechnice Warszawskiej. Tematyka prowadzonych zajęć dotyczyła: Konstrukcji mostowych, Introduction of Structural Engineering, Steel Design, Reliability of Structures, Bridge Design, Niezawodność konstrukcji. Dorobek dydaktyczny Habilitantki ze względu na charakter prowadzonych dotychczas prac, nie jest imponujący, ale spełnia minimalne wymagania dla osób kandydujących do stopnia doktora habilitowanego.

Habilitantka wykonała 50 recenzji publikacji do krajowych i światowych czasopism w tym 29 indeksowanych przez WoS. Jest członkiem ASCE, TRB (Standing Committee on Steel Bridges AFF20) i AREMA (Member of Committee on Steel Structure).

Habilitantka aktualnie pełni funkcję zastępcy Redaktora Naczelnego Kwartalnika Roads and Bridges – Drogi i Mosty, a także jest członkiem Rady Naukowej czasopisma Problemy Kolejnictwa.

Habilitantka była nagradzana za swoją działalność naukowo-badawczą, m.in. za najlepszy artykuł w tematyce Mosty i Tunele na Konferencji International Heavy Haul Association (2017, 2019), nagrodą ASCE 2018 Arthur M. Wellington na najlepszy artykuł interdyscyplinarny, nagrodą dla wybitnego młodego inżyniera (konferencja IHHA, 2017) i tygodniowym stypendium dla młodych naukowców w ramach programu HORIOZ 2020 na pobyt w Nantes we Francji.

W ramach pracy w jednostkach naukowo-badawczych w USA, Habilitantka uczestniczyła w pracach dla gospodarki wykonując prace z zakresu utrzymania i analizy nośności infrastruktury transportowej. Była w tym zakresie współautorem 39 raportów.

Większość publikacji Habilitantki jest wykonanych we współpracy z zagranicznymi autorami, ponadto przez ponad 10 lat pracowała w jednostkach naukowo-badawczych w USA, zatem aspekt współpracy międzynarodowej jest wypełniony z nadstatkiem.

**Ocena:** Osiągnięcia Habilitantki w zakresie dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzacyjnego i współpracy międzynarodowej **oceniam pozytywnie.**

## 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Osiągnięcia naukowe Habilitantki koncentrują się głównie na zastosowaniu metody probabilistycznej do określenia poziomu niezawodności stalowych mostów kolejowych, a także opracowanie modelu niezawodnościowego dla stanu granicznego zmęczenia dla dźwigarów mostów nitowanych typu TPG i DPG. Ważnym aspektem było także opracowanie i wdrożenie oprogramowania do obliczania skumulowanych cykli zmęczeniowych w konstrukcji mostów. Uzyskane wyniki badań, Habilitantka wykorzystała do opracowania cyklu publikacji wskazanych jako główne osiągnięcie naukowe pt. **Metoda probabilistyczna wspomagana pomiarami in-situ i analizą MES w ocenie poziomu niezawodności eksploatowanych, kolejowych, stalowych konstrukcji mostów i wiaduktów.**

Poza głównym osiągnięciem naukowym, Habilitantka wskazuje drugie osiągnięcie pt. **Nowatorska metoda oceny stanu konstrukcji nośnej mostu z zastosowaniem systemów pomiarowych montowanych na pojazdach kolejowych**, na które złożyło się 2 artykuły. W tym cyklu Habilitantka opracowała i sprawdziła w warunkach normalnej pracy mostów kolejowych system monitoringu (uwzględniający interakcję pojazd-konstrukcja mostu) zainstalowany na pojeździe kolejowym do diagnostyki stalowych mostów kolejowych.

Habilitantka uzyskała stopień doktora nauk technicznych w USA, była kierownikiem i uczestniczyła w licznych projektach badawczych, uzyskując finansowanie badań w ramach konkursów. Spełniła tym samym wszystkie wymagania stawiane przez Ustawę odnośnie udziału w grantach badawczych i współpracy międzynarodowej.

Aktywność naukową Habilitantki podlegającą ocenie w świetle wymagań Art. 219 Ustawy **oceniam pozytywnie**. Monotematyczny cykl publikacji stanowiący podstawę postępowania oraz inne osiągnięcia naukowe **stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport**, a Habilitantka wykazała się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni. Świadczą o tym dość wysokie (jak na ten etap kariery) parametry naukometryczne: IF = 19,224, IH= 4/5 (WoS/Scopus) i łączna liczba punktów MEiN = 1060.

Osiągnięcia Habilitantki w zakresie dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzacyjnego i współpracy międzynarodowej również **oceniam pozytywnie**.

Reasumując, **wnoszę o nadanie Pani dr inż. Annie RAKOCZY stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.**