

Recenzja zgodna z wymaganiami formalnymi

DYREKTOR NAUKOWY DISCYPLINY
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

prof. dr hab. inż. Jerzy Wawrzeńczyk

wpłynęło dnia:

Data 2023-08-08

Podpis *M. Konec*

Wrocław 03.08.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Adam Wysokowski

Uniwersytet Zielonogórski

ul. Wyścigowa 39, 53-011 Wrocław

tel. kom. 603 974 417

e-mail: awysokowski@infra-kom.eu

RECENZJA

w postępowaniu habilitacyjnym
dr inż. Aleksandry Marii KRAMPIKOWSKIEJ
ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport

1. PODSTAWA FORMALNA I PRZEDMIOT OPINII

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Świętokrzyskiej zgodnie z uchwałą Rady nr 20/2023 z dnia 06.07.2023 r.

Podstawą prawną sporządzenia recenzji jest Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (DZ.U. Poz. 1668).

Przedmiotem niniejszej recenzji jest ocena osiągnięć naukowych oraz istotnej z punktu widzenia wniosku, aktywności naukowej dr inż. Aleksandry M. Krampikowskiej ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego Kandydatki, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) są:

- Monografia naukowa pt.: **„Ocena wpływu liczby deskryptorów na dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych w konstrukcjach betonowych przy zastosowaniu metody emisji akustycznej”**,
- Cykl publikacji łącznie z zrealizowanym oryginalnym osiągnięciem technologicznym pt.: **„System monitorowania stanu technicznego**

umożliwiający lokalizację i identyfikację defektów w konstrukcjach stalowych bazujący na analizie sygnałów emisji akustycznej”.

Z przedłożonej dokumentacji wynika, że spełnione są wszystkie wymagania formalne niezbędne do wszczęcia postępowania habilitacyjnego.

2. OGÓLNA SYLWETKA HABILITANTKI

Pani Dr inż. Aleksandra Maria Krampikowska ukończyła w roku 2011 studia na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechniki Świętokrzyskiej uzyskując tytuł magistra inżyniera w specjalności konstrukcje budowlane.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych Kandydatka uzyskała na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej w roku 2016 przekazując dysertację pt: *„Zastosowanie metody emisji akustycznej do szacowania szerokości rys w elementach betonowych”*. Promotorem w przewodzie doktorskim był dr hab. inż. Grzegorz Świt, prof. PŚk.

Po ukończeniu studiów, w latach 2013 – 2016 r pełniła funkcję Asystenta, w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Betonowych na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej.

W latach 2016 - 2022 Kandydatka była zatrudniona, jako Adiunkt, w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Analiz Konstrukcji Budowlanych na Wydziale Budownictwa i Architektury, Politechniki Świętokrzyskiej.

Od 07.2022 r jest zatrudniona, jako Adiunkt w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, na Wydziale Budownictwa i Architektury, Politechniki Świętokrzyskiej.

3. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO W POSTACI MONOGRAFII PT: „OCENA WPŁYWU LICZBY DESKRYPTORÓW NA DOKŁADNOŚĆ IDENTYFIKACJI PROCESÓW DESTRUKCYJNYCH W KONSTRUKCJACH BETONOWYCH PRZY ZASTOSOWANIU METODY EMISJI AKUSTYCZNEJ”

3.1 Uwagi ogólne

Jako główne osiągnięcie naukowe w rozumieniu Ustawy, Habilitantka przedłożyła monografię pt. *„Ocena wpływu liczby deskryptorów na dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych w konstrukcjach betonowych przy zastosowaniu metody emisji akustycznej”*, wydaną przez Wydawnictwo



Politechniki Świętokrzyskiej w roku 2023, w serii Monografie Studia Rozprawy M159, ISBN 978-83-66678-40-8, ISSN 1897-2691. Recenzentami wydawniczymi monografii byli prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz oraz dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. Politechniki Śląskiej.

Podstawowe, charakterystyczne dane dotyczące monografii zestawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Podstawowe dane dotyczące monografii

Liczba stron	Liczba rozdziałów	Liczba rysunków	Liczba tabel	Liczba wzorów	Liczba pozycji literatury
220	7	159	29	55	224

Ocenianą monografię habilitacyjną wyróżnia właściwie skonstruowany układ, który poprowadzony jest w sposób logiczny, umożliwiając czytelnikowi łatwe śledzenie prezentowanych zagadnień. Kolejność przedstawiania treści i rozdziałów jest dobrze przemyślana, co sprzyja zrozumieniu kontekstu badawczego oraz wyników przeprowadzonych analiz.

Monografia jest doskonałym przykładem aktualnych i istotnych badań naukowych z zakresu diagnostyki konstrukcji betonowych. Współcześnie, w branży inżynierii budowlanej, tematyka zaawansowanych metod diagnostyki infrastruktury i monitorowania stanu konstrukcji jest szczególnie ważna. Wraz z upływem czasu, w trakcie eksploatacji konstrukcje betonowe ulegają różnym procesom degradacji i uszkodzeń, co może stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa. Dlatego też, prace badawcze z tej dziedziny mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia trwałości i bezpieczeństwa obiektów infrastruktury budowlanej, w tym komunikacyjnej.

Monografia habilitantki wpisuje się w ten aktualny nurt prac badawczych, podejmując problematykę związaną z diagnostyką konstrukcji betonowych. Autorka w sposób rzetelny analizuje i prezentuje najnowsze osiągnięcia wiedzy na ten temat w obszernym „state of art” zawartym w rozdziale nr 3, co stanowi bazę do dalszych prac Habilitantki.

Rozważając aspekt aktualności, ważnym atutem monografii jest jej zdolność do przedstawienia najnowszych metod diagnostycznych oraz technik monitorowania stanu konstrukcji betonowych. Wiedza w tej dziedzinie stale się rozwija, a autorka w pełni wykorzystuje najświeższe wyniki badań, co nadaje tej pracy naukowej

aktualności. Ponadto, przegląd najnowszych zdobyczy wiedzy pozwala na identyfikację ewentualnych luk w badaniach oraz obszarów, które wymagają dalszych badań i rozwoju. Monografia ta stawia zatem cenne fundamenty dla kolejnych prac badawczych i inspirowanie do dalszych działań w dziedzinie diagnostyki konstrukcji betonowych.

Praca ta posiada istotne implikacje praktyczne, ponieważ jej wyniki mogą być wdrażane w rzeczywistej praktyce inżynierskiej. Poprzez odpowiednią diagnostykę i analizę, inżynierowie i służby utrzymaniowe mogą podejmować świadome i trafne decyzje w zakresie utrzymania i modernizacji konstrukcji obiektów mostowych, co przekłada się na zrównoważony rozwój w budownictwie komunikacyjnym. Optymalne wykorzystanie zasobów oraz minimalizacja wpływu na środowisko naturalne są kluczowymi aspektami tego podejścia.

3.2. Treść Monografii

W celu syntetycznego streszczenia monografii, poniżej autor recenzji przedstawił jej zakres merytoryczny, czyli obszar tematyczny i główne zagadnienia omawiane w pracy.

Rozdział pierwszy monografii przedstawia istotne informacje dotyczące problemu trwałości i oceny stanu technicznego elementów konstrukcyjnych w kontekście mostów. Zaznaczono, że ponad 60% obiektów mostowych było projektowanych według norm, które skupiały się głównie na cechach wytrzymałościowych, a mniejszą uwagę poświęcano trwałości. Opisano także podstawowe zalecenia zawarte w normach i aktach prawnych dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji, uwzględniając trwałość jako ważny czynnik. Warto podkreślić, że w rozdziale tym zaprezentowano wyniki, wnioski i zalecenia wybranych naukowców z różnych ośrodków badawczych oraz stowarzyszeń zawodowych, którzy prowadzili badania związane z oceną wpływu szerokości rys na trwałość konstrukcji. Zwrócono uwagę na potrzebę wykorzystywania metod, które umożliwiają wykrywanie i monitorowanie procesów degradacji elementów konstrukcyjnych w całej ich objętości, co jest ważne dla dokładnej oceny stanu technicznego. Wskazano na metodę emisji akustycznej jako odpowiednią i spełniającą te warunki.

W rozdziale drugim przedstawiono cele, tezy oraz zakres monografii, co pozwala czytelnikowi szybko zorientować się w głównych obszarach analizy

zawartej w pracy. Rozdział trzeci skupia się na podziale metod nieniszczących stosowanych w budownictwie do oceny stanu technicznego elementów konstrukcyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem metod akustycznych. Omówiono zasady działania, możliwości badawcze, zalety i wady różnych metod akustycznych w dwóch grupach: oceny wytrzymałości i jej zmienności w czasie oraz oceny wymiarów i lokalizacji wad konstrukcji.

W rozdziale czwartym dokonano przeglądu literatury dotyczącej najczęściej stosowanych kryteriów oceny trwałości elementów betonowych w metodzie emisji akustycznej. Omówiono różne kryteria, takie jak kryterium efektu Kaisera, współczynnik Felicity, czy kryteria japońskie i amerykańskie. Przedstawiono zalety i wady każdego z kryteriów oraz ich podstawowe założenia. Rozdział ten pokazuje, że w pracy dokonano kompleksowej analizy dostępnych kryteriów i zaprezentowano różne sposoby kwantyfikacji uszkodzeń elementów konstrukcyjnych.

W rozdziale piątym zaprezentowano program badań oraz metodykę stosowaną w pracy. W kolejnym rozdziale, szóstym, omówiono wykonane badania własne, charakterystykę badanych elementów oraz sposób budowy nowej bazy sygnałów wzorcowych. Przedstawiono także wpływ liczby deskryptorów na dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych. Rozdział ten zawiera wartościowe wyniki badań, które stanowią istotny wkład w dziedzinę diagnostyki konstrukcji mostowych.

Ostatni, siódmy rozdział stanowi podsumowanie pracy, gdzie zestawiono i omówiono najważniejsze wnioski i rezultaty badań zawartych w monografii. To ważny element, który pozwala czytelnikowi na szybkie pozyskanie głównych informacji i przesłania zawartego w monografii.

3.3. Oryginalność pracy i znaczące wyniki

W swojej monografii autorka przeprowadziła kompleksowe badania, w ramach których szczegółowo opisała modele badawcze oraz procedurę budowy nowej bazy sygnałów wzorcowych. W tym celu wykorzystywała uzupełniające badania elementów sześciennych, prostopadłościennych, belek żelbetowych oraz strunobetonowych. Ten obszerny zestaw danych pozwolił na stworzenie odpowiednio reprezentatywnej bazy sygnałów wzorcowych, której dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych była przedmiotem dalszych analiz.

Ciekawym i innowacyjnym aspektem tej monografii jest zmodyfikowanie bazy danych sygnałów wzorcowych IADP-bis przy użyciu różnych metod grupowania sygnałów emisji akustycznej. Autorka zastosowała metody iteracyjne, najbliższego sąsiada, rozmyte oraz sieci neuronowe, co pozwoliło na zbadanie i porównanie efektywności różnych podejść w identyfikacji procesów destrukcyjnych. Otwiera to nowe perspektywy dla rozwoju tej dziedziny i może znacząco wpłynąć na dalszy rozwój narzędzi diagnostycznych w inżynierii budowlanej.

Ważnym aspektem analizy było także ocenienie wpływu liczby deskryptorów emisji akustycznej w nowo tworzonej bazie danych na dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych. Wykorzystanie różnych kombinacji 13, 11, 9, 7 i 5 parametrów pozwoliło na wskazanie optymalnej liczby deskryptorów potrzebnych do osiągnięcia najwyższej precyzji w diagnozowaniu uszkodzeń i destrukcji w konstrukcjach betonowych. To praktyczne wskazówki, które mogą znaleźć zastosowanie w rzeczywistych warunkach monitorowania i analizy stanu technicznego infrastruktury.

Kolejnym istotnym wynikiem badań było oszacowanie intensywności procesów destrukcyjnych oraz zakresu zmiany szerokości rys w konstrukcjach betonowych. Analiza występowania poszczególnych klas sygnałów emisji akustycznej pozwoliła na dokładniejsze zrozumienie mechanizmów destrukcyjnych oraz określenie zakresu degradacji w badanych konstrukcjach. Te dane mogą być niezwykle przydatne dla inżynierów i specjalistów ds. utrzymania konstrukcji w celu podjęcia odpowiednich działań naprawczych na odpowiednio wczesnym etapie.

3.4. Wnioski

Wnioski płynące z monografii są niezwykle cenne dla dziedziny diagnostyki konstrukcji betonowych. Autorka wskazała na wartość i skuteczność metody emisji akustycznej jako narzędzia do identyfikacji procesów destrukcyjnych w tego typu konstrukcjach. Przeprowadzenie kompleksowych badań, w tym opisanie modeli badawczych oraz procedury budowy nowej bazy sygnałów wzorcowych, stanowi istotny wkład w rozwój tej dziedziny.

W szczególności, zastosowanie różnych metod grupowania sygnałów emisji akustycznej oraz ocena wpływu liczby deskryptorów na dokładność identyfikacji stanowią innowacyjne podejście w tej dziedzinie. To otwiera nowe perspektywy



dla branży inżynierskiej, pozwalając na bardziej precyzyjne i skuteczne monitorowanie stanu technicznego konstrukcji betonowych.

Wyniki analizy intensywności procesów destrukcyjnych mają istotne praktyczne zastosowanie w utrzymaniu i monitorowaniu infrastruktury budowlanej. Wiedza na temat procesów degradacji pozwala na wczesne wykrywanie uszkodzeń i miejsc newralgicznych w konstrukcjach, co ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkowników oraz trwałości i niezawodności infrastruktury.

Monografia ta przyczynia się do rozwoju wiedzy i technologii w dziedzinie diagnostyki konstrukcji betonowych, co ma znaczący wpływ na jakość i efektywność działań związanych z utrzymaniem eksploatowanych obiektów infrastruktury budowlanej. Równocześnie dostarcza praktycznych rozwiązań i narzędzi, które mogą być stosowane w rzeczywistej praktyce inżynierskiej, przyczyniając się do zwiększenia trwałości infrastruktury betonowych konstrukcji w kontekście właściwej ich diagnostyki.

Wątpliwości recenzenta, budzi „śmiało” i nader zunifikowane stwierdzenie na stronie nr 17 cyt: *„Celem dotychczasowych zasad projektowania elementów konstrukcji (bazujących głównie na nośności jako podstawowym wymaganym parametrze) było osiągnięcie wymaganych cech użytkowych przy wykorzystaniu jak najniższych środków finansowych przeznaczonych na realizację. Trwałość obiektu w tym przypadku była ograniczona do okresu budowy lub do kilku lat okresu gwarancyjnego po zrealizowaniu konstrukcji.”.*

Recenzent jest w stanie zgodzić się z tym stwierdzeniem również na podstawie własnych doświadczeń ale uogólnienie do wszystkich obiektów jest zbyt daleko idące. Przy formułowaniu tej „tezy” należałoby uwzględnić różnorodny poziom jakościowy dotyczący aspektów projektowania konstrukcji, takie jak trwałość, bezpieczeństwo, ekonomiczność i zgodność z innymi wymaganiami użytkowymi. Zdaniem recenzenta, projektanci powinni dążyć do znalezienia optymalnego kompromisu między tymi czynnikami, aby stworzyć wydajne i trwałe konstrukcje, które spełniają oczekiwania użytkowników i są ekonomiczne przy spełnieniu warunku trwałości.

Dodatkowo, analizując bibliografię zawartą w dysertacji należy stwierdzić, że Habilitantka powinna uwzględnić w monografii osiągnięć m.in. ośrodka dolnośląskiego w analizach NDT zarówno w zakresie publikacyjnym żeby chociażby wymienić takie publikacje jak.:



- Moczko A., *Emisja akustyczna w badaniach betonu*. Inżynieria i Budownictwo, Nr 1/1996, str. 42-46,
- Moczko A., *Współczesne metody diagnostyki istniejących konstrukcji betonowych*. Materiały Budowlane, 2006, nr 12, str. 21-24,
- Madryas C., Moczko A., Wysocki L. *Utilizing the Impact-Echo Method for Nondestructive Diagnostics of Atypically Located Pipeline*. Underground Infrastructure of Urban Areas, ed. by C. Madryas, B. Przybyła and A. Szot, CRC Press/Balkema, Leiden, 2008, str. 183-192,

czy też wydanych i obowiązujących w drogownictwie do dzisiaj zaleceń:

- Moczko A., Rajski O., Tłustochowski J., Wysokowski A. *Zalecenia dotyczące oceny jakości betonu "in-situ" w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych* (załącznik do Zarządzenia Nr 11 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 3 grudnia 1998 roku). Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Wrocław-Żmigród 1998 r.
- Moczko A., Rajski O., Tłustochowski J., Wysokowski A. *Zalecenia dotyczące oceny jakości betonu "in-situ" w nowo budowanych konstrukcjach obiektów mostowych* (załącznik do Zarządzenia Nr 11 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 3 grudnia 1998 roku). Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Wrocław-Żmigród 1998 r.

Prace te stanowią jedne z ważnych naukowych podwalin dla rozwoju i upowszechnienia nowoczesnych metod diagnostycznych w budownictwie mostowym, w tym metody EA.

Podsumowując, monografia ta stanowi z pewnością poszerzenie wiedzy i rozwoju dziedziny diagnostyki konstrukcji betonowych, a zawarte w niej wyniki badań i analiz mogą znaleźć zastosowanie bezpośrednio w praktyce inżynierskiej, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju w budownictwie mostowym w aspekcie zwiększania trwałości obiektów infrastrukturalnych. Jest to wartościowe źródło informacji dla środowiska naukowego i inżynierskiego, a przeprowadzone analizy mogą mieć pozytywny wpływ na bezpieczeństwo i niezawodność mostowych obiektów betonowych.

Zdaniem recenzenta, należy jednoznacznie stwierdzić, że wyniki badań i analiz przedstawione w monografii wnoszą istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.



4. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO W POSTACI CYKLU PUBLIKACJI ORAZ ZREALIZOWANEGO ORYGINALNEGO OSIĄGNIĘCIA TECHNOLOGICZNEGO

Jako drugie znaczące osiągnięcie naukowe, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, określonym w art. 219. ust. 1. pkt 2. Ustawy, Habilitantka wykazała cykl 8 publikacji łącznie ze zrealizowanym oryginalnym osiągnięciem technologicznym, pt.: „**Innowacyjny system monitorowania stanu technicznego umożliwiający lokalizację i identyfikację defektów w konstrukcjach stalowych bazujący na analizie sygnałów emisji akustycznej**”

Cykl publikacji wskazany przez Kandydatkę, jako osiągnięcie naukowe został opublikowany w cenionych czasopismach naukowych oraz materiałach konferencyjnych (*2nd International Conference on the Sustainable Energy and Environmental Development, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*). Prezentowany cykl publikacji zostały opublikowane w czasopismach indeksowanych w bazie JCR (Journal Citation Reports) oraz w bazach Web of Science (WoS) oraz Scopus.

Ogólnie, Habilitantka w cyklu artykułów przedstawia koncepcję powiązania czasu bezpiecznego użytkowania z inicjacją procesów niszczenia wywołanego pojawieniem się procesów korozyjnych, uplastycznienia oraz zjawiska pęknięcia kruchej i ciągliwej w konstrukcjach stalowych. Ma to celu zapewnienie bezpiecznej i trwałej eksploatacji elementów konstrukcyjnych w całym zakładanym okresie eksploatacji. Jest to podejście oparte na identyfikacji i monitorowaniu inicjowania procesów degradacji materiałów, które mogą prowadzić do awarii i katastrof. Aby temu przeciwdziałać możliwe jest ustalenie krytycznego stopnia i zakresu powstałego uszkodzenia, które może prowadzić do awarii.

Ogólnie wiadomo, że trwałość konstrukcji stalowych jest zależna od wielu czynników, w tym właściwości materiałów, projektu, jakości wykonawstwa, a także oddziaływań na konstrukcję i sposobu jego użytkowania, a także poziomów utrzymania. Jest to kompleksowy proces, który wymaga uwzględnienia wielu czynników, aby zapewnić długotrwałą i bezpieczną eksploatację obiektom budowlanym.

Ważnym aspektem, który należy wziąć pod uwagę, jest fakt, że utrzymanie konstrukcji wiąże się z koniecznością ponoszenia określonych nakładów



finansowych. Regularna konserwacja, naprawy, a czasami nawet wzmocnienia są niezbędne, aby zachować odpowiedni poziom trwałości i niezawodności konstrukcji.

W celu oceny trwałości, na ogół dokonuje się pomiaru okresu eksploatacji, czyli czasu, w którym wybrane właściwości użytkowe lub ich kombinacja pozostają powyżej założonego poziomu dopuszczalnego. Ważnym wskaźnikiem tego poziomu są stany graniczne nośności i stany graniczne użytkowania. Stan graniczny nośności odnosi się do momentu, w którym nośność konstrukcji lub jej elementu zostaje osiągnięta lub przekroczona.

Wszystkie te aspekty łączą się w kompleksowy system oceny i monitorowania ogólnej trwałości konstrukcji. Jest to również istotne w przypadku procesu projektowania nowych obiektów, gdzie pojęcie trwałości obecnie stanowi kluczowy element i pozwala minimalizować konieczność kosztownych napraw w przyszłości. Z tego względu inspekcja konstrukcji stalowych i monitorowanie stanu technicznego odgrywają kluczową rolę w zapewnieniu ich bezpiecznej i niezawodnej eksploatacji. Ich celem jest wykrycie ewentualnych uszkodzeń czy degradacji struktury elementów stalowych przed wystąpieniem poważnych problemów, które mogłyby prowadzić do awarii lub uszkodzenia konstrukcji.

Wśród najnowszych metod pomiarów i diagnostyki konstrukcji stalowych możemy wyróżnić m.in.:

- Metoda emisji akustycznej (AE), która wykorzystuje detektory dźwięku do wykrywania fal akustycznych emitowanych przez struktury materiałowe w wyniku naprężeń i uszkodzeń. Pozwala to na weryfikację homogeniczności struktury stali w danym elemencie nośnym konstrukcji oraz wykrywanie mikrouszkodzeń, które mogą wpływać na integralność i wytrzymałość konstrukcji.
- Techniki wizualizacji 3D z wykorzystaniem skanowania laserowego czy metody tomografii komputerowej. Dzięki tej technologii można tworzyć trójwymiarowe modele struktury konstrukcji, co umożliwi dokładniejszą analizę i identyfikację ewentualnych uszkodzeń w skali mikro.
- Wykorzystanie czujników i systemów zdalnego monitorowania pozwala na ciągłą kontrolę stanu konstrukcji w czasie rzeczywistym, dzięki czemu można szybko reagować na pojawiające się problemy eksploatacyjne.



Metoda emisji akustycznej (AE) jest niezwykle przydatnym narzędziem w diagnostyce i monitorowaniu stanu technicznego konstrukcji, w tym zarówno kształtowników i konstrukcji stalowych, jak również lin stalowych. Rozwój tej technologii w ostatnich latach przyczynił się do znacznego usprawnienia procesu wczesnego wykrywania wad konstrukcji oraz potencjalnych zagrożeń związanych z degradacją materiałów. Dzięki postępom w technologii, detektory dźwięku są teraz bardziej czułe na fale akustyczne emitowane przez uszkodzone lub degradujące się materiały, co pozwala na wykrycie nawet mikrouszkodzeń. Nowoczesne algorytmy analizy danych pozwalają na dokładniejsze i bardziej precyzyjne identyfikowanie źródeł emisji akustycznej, co ułatwia dokładną lokalizację potencjalnych uszkodzeń. Postęp w technikach pomiarowych pozwala obecnie w większym stopniu na zdalne monitorowanie i analizę stanu konstrukcji w czasie rzeczywistym, co zapewnia szybką reakcję na pojawiające się zagrożenia.

Jak już wspomniano podstawową zaletą stosowania metody emisji akustycznej jest to, że pozwala na wykrycie uszkodzeń w fazie wczesnego ich powstawania, zanim staną się one widoczne gołym okiem lub przed wystąpieniem poważniejszych konsekwencji. Dzięki wczesnej identyfikacji uszkodzeń możliwe jest również podjęcie odpowiednich działań naprawczych lub konserwacyjnych w odpowiednim czasie, co przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa oraz minimalizacji kosztów związanych z naprawami. Jednocześnie metoda ta umożliwia badanie trudno dostępnych obszarów konstrukcji bez konieczności demontażu, co znacznie ułatwia proces diagnostyki.

Zastosowanie tej metody w przypadku nośnych lin stalowych jest szczególnie ważne, ponieważ elementy te są narażone w dużym stopniu na czynniki korozyjne czy zmęczenie materiału. Dzięki zastosowaniu AE można wcześniej wykryć mikrouszkodzenia czy pęknięcia w linach stalowych (szczególnie rdzeni), co zapewnia większe bezpieczeństwo i wydłuża okres ich eksploatacji. Metoda ta jest szczególnie użyteczna w przypadku lin stosowanych w branżach takich, jak przemysł energetyczny, transportowy czy rozwijający się obecnie w Polsce offshore (m.in. MFW), gdzie bezpieczeństwo i niezawodność stanowią kluczowe wyzwania eksploatacyjne.

Postawiony cel naukowy prezentowanego cyklu publikacji Habilitantki dotyczy budowy systemu monitorowania stanu technicznego, który umożliwi lokalizację i identyfikację defektów w konstrukcjach stalowych opartych na analizie sygnałów

emisji akustycznej. System ten ma na celu zapewnienie bardziej zaawansowanego, nieinwazyjnego i skutecznego podejścia do diagnostyki i monitoringu stanu konstrukcji, co może znacznie wpłynąć na bezpieczeństwo i niezawodność infrastruktury budowlanej.

W ramach przeprowadzonych badań osiągnięto kilka kluczowych celów, które stanowią istotny wkład w rozwój technologii emisji akustycznej (EA) w diagnostyce defektów w konstrukcjach stalowych.

Po pierwsze, udało się zbudować zaawansowany system umożliwiający lokalizację defektów w sposób liniowy i przestrzenny, a także ich identyfikację i ocenę intensywności rozwoju. Kluczowym narzędziem w tym procesie była baza sygnałów wzorcowych, która pozwoliła na precyzyjne analizy i klasyfikacje różnych typów defektów.

Kolejny istotny wkład stanowiło opracowanie narzędzi do identyfikacji i analizy defektów, opartych na zaawansowanych algorytmach Forgy lub k-means. Dzięki temu udało się stworzyć pięcio- lub ośmioklasową bazę sygnałów wzorcowych, która dostarcza kluczowych informacji na temat procesów destrukcyjnych, takich jak pękanie kruche. Analiza grupowania k-średnich okazała się użyteczna, pozwalając na klasyfikację procesów destrukcyjnych w testach odporności na pękanie K_{Ic} oraz rozróżnienie mechanizmów pęknięć kruchych.

Wykazano, że proces kruchego pęknięcia składa się z trzech etapów: pęknięcia międzyziarnowego, pęknięcia kruchego i ciągliwego.

Najbardziej innowacyjnym aspektem było wykorzystanie technologii emisji akustycznej do monitorowania i wykrywania inicjacji pęknięć w czasie rzeczywistym, a także identyfikacji różnych mechanizmów pęknięcia. Zidentyfikowano parametry EA, takie jak energia bezwzględna, częstotliwość początkowa i częstotliwość pogłosu, które wskazują na ich dużą niezależność i przydatność do monitorowania procesu pęknięcia.

Zdaniem recenzenta, opracowana przez Habilitantkę baza sygnałów referencyjnych ma kluczowe znaczenie dla wykorzystania technologii AE opartej na wzorcach. Dzięki niej możliwe jest wykrywanie i monitorowanie propagacji pęknięć w konstrukcjach nieposiadających "historii obciążenia" oraz ocena bezpieczeństwa konstrukcji stalowych z wykorzystaniem zasad mechaniki pęknięcia.

Podsumowaniem rezultatów badań Habilitantki było wykonanie 4 prac badawczo-rozwojowych (B+R) z wykorzystaniem technologii AE, w tym 3 zgłoszenia



patentowe wynikające z projektu badawczego dotyczącego automatycznej identyfikacji i lokalizacji defektów infrastruktury gazowej.

Przeprowadzone badania przez Habilitantkę, zdaniem recenzenta jednoznacznie dowodzą, że metody analizy sygnałów emisji akustycznej (EA) mogą być wysoce skuteczne w diagnostyce rozwoju pęknięć w stalowych elementach konstrukcyjnych. Pozwalają one na identyfikację charakterystycznych mechanizmów powstawania i rozwoju defektów strukturalnych, w tym w bardzo wczesnych etapach propagacji uszkodzeń, co nie jest osiągalne przy użyciu innych metod badań nieniszczących (NDT). To z kolei otwiera możliwość stworzenia automatycznego systemu diagnostycznego, zdolnego do określania typów i mechanizmów rozwoju ewentualnych uszkodzeń na każdym etapie użytkowania materiałów oraz oceny niezawodności eksploatacji konstrukcji.

Dlatego też należy z pewnością stwierdzić, że osiągnięcie technologiczne Habilitantki pt: „Innowacyjny system monitorowania stanu technicznego umożliwiający lokalizację i identyfikację defektów w konstrukcjach stalowych bazujący na analizie sygnałów emisji akustycznej” z całą pewnością wnosi i to istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

5. OCENA ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

5.1 Ogólna charakterystyka dorobku naukowego Habilitantki

Tematyka publikacji o charakterze naukowym Habilitantki dotyczy, głównie zagadnień związanych z diagnostyką konstrukcji w ujęciu badań nieniszczących. Na podkreślenie zasługuje fakt, że aktywność naukowa Kandydatki skupia się na różnych typach i rodzajach konstrukcji budowlanych zarówno w aspekcie strukturalnym (belki, kształtowniki, liny) jak również materiałowym (stal, beton, żelbet). Problematyka, która stanowi wiodącą aktywność naukową Habilitantki, w ocenie recenzenta ma znaczny wpływ nie tylko na aspekt materialny, ale również społeczny. Jak ogólnie wiadomo, skutki degradacji i uszkodzeń konstrukcji budowlanych mogą prowadzić do poważnych zagrożeń dla bezpieczeństwa użytkowników, co ma kluczowe znaczenie również dla integralności infrastruktury.

5.2 Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych Habilitantki

Z analizy danych przedstawionych we wniosku, wynika, że po uzyskaniu stopnia naukowego doktora Habilitantka opublikowała łącznie 54 artykułów w tym:



1 monografia, 5 rozdziałów w monografiach, 12 publikacji z listy JCR, 14 publikacji indeksowanych na WoS, 6 publikacji z listy B MNiSW, 13 publikacji w innych czasopismach recenzowanych, i 3 materiały pomocnicze dla studentów w postaci skryptów, co recenzent uważa, jako godne podkreślenia.

Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi **29,721**. Ogólna liczba cytowań według bazy Web of Science (WoS) wynosi 164, natomiast wg Google Scholar 316. Indeks Hirscha według bazy WoS wynosi 8, natomiast wg GS - 9.

Według informacji Habilitantki, zawartej we wniosku, wartość jej dorobku publikacyjnego według rozporządzenia MNiSW wynosi razem **962,93 pkt**. Należy podkreślić, że w dorobku Habilitantki przeważają publikacje w cenionych międzynarodowych czasopismach naukowych z listy MNiSW. W swojej karierze naukowej, Habilitantka uczestniczyła w 12 konferencjach wraz z publikacją lub wygłoszeniem referatów naukowych. Należy szczególnie uwypuklić Jej czynny udział w uznanej konferencji „Structural Health Monitoring” w roku 2019 na Stanford University, gdzie zaprezentowała 2 referaty problemowe.

Kandydatka jest członkiem 9 komitetów organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych i międzynarodowych.

W swoim dorobku posiada autorstwo 18 recenzji artykułów naukowych dla renomowanych czasopism naukowych m.in. *Sustainability*, czy też *Materials* ale również *Journal of Marine Science and Engineering*.

Pełni funkcję recenzenta 10 renomowanych czasopism naukowych, w tym pełniła funkcję Redaktora Wydania „Polymers” (MDPI).

Kandydatka posiada w swoim dorobku odbyte 3 staże naukowe:

- Staż naukowy trzymiesięczny na Uniwersytecie w Mesynie.
- Staż naukowy trzymiesięczny na THUYLOI University w Hanoi.
- Staż naukowy trzymiesięczny filii THUYLOI University w Ho Chi Minh City.

Stáže te miały na celu podniesienie kwalifikacji i rozwoju naukowego Kandydatki w ramach dyscypliny inżynieria lądowa geodezja i transport.

Habilitantka jest autorką 14 ekspertyz i opinii dla przemysłu jak również dla jednostek samorządowych. Świadczy to o umiejętności łączenia przez Habilitantkę działalności naukowej z praktyką inżynierską i wykazania się umiejętnościami organizacyjnymi.



Habilitantka pełniła funkcję głównego wykonawcy oraz kierownika i wykonawcy 4 projektów finansowanych na drodze konkursów krajowych finansowanych ze środków Unii Europejskiej.

Analizując dorobek naukowy Kandydatki, należy z pewnością docenić posiadany dorobek technologiczny. Habilitantka udokumentowała 4 wnioski patentowe w tym 3 dotyczące stricte badań Kandydatki w dziedzinie emisji akustycznej.

Dodatkowo kandydatka w ramach realizacji projektu RID – Rozwój Innowacji Drogowej – gdzie pełni funkcję członkini zespołu realizującego projekt pt: „*Diagnostyka sprężonych oraz ciągnowych drogowych obiektów inżynierskich, z uwzględnieniem doboru systemów monitoringu*” realizowany od II kwartału 2023 do IV kwartału 2024 roku.

Należy podkreślić, że otrzymanie nagród zespołowych JM Rektora Politechniki Świętokrzyskiej za wyróżniające osiągnięcia naukowe w latach 2020, 2021, 2022, oraz indywidualną za pracę doktorską w 2016 roku, z pewnością stanowi wyraz wysokiej oceny działalności naukowej Habilitantki w środowisku macierzystej uczelni.

Podsumowując opisaną ocenę aktywności naukowej habilitantki, z całą pewnością zasługuje ona na ocenę pozytywną.

5. OCENA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO, I POPULARYZATORSKIEGO ORAZ WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ

Habilitantka od roku 2016 jest zatrudniona jako adiunkt w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Wydziału Budownictwa i Architektury, Politechniki Świętokrzyskiej. Oprócz tej funkcji, jest także Kierownikiem Laboratorium „Diagnostyki Konstrukcji Inżynierskich Metodami Akustycznymi”. Funkcję tą pełni od 2020 roku. Kandydatka w ramach zatrudnienia prowadzi szereg zajęć dydaktycznych z przedmiotów technicznych.

W ramach dorobku dydaktycznego w zakresie dyplomowania, habilitantka pełniła funkcję opiekuna 18 prac dyplomowych magisterskich – (6 w trakcie realizacji – na dzień składania wniosku), oraz 1 pracy dyplomowej inżynierskiej.

Ponadto pełniła funkcję recenzenta 5 prac dyplomowych inżynierskich, 19 prac dyplomowych magisterskich, oraz była członkinią 15 komisji egzaminów dyplomowych. Ponadto w latach 2018-2021 pełniła funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim - tytuł rozprawy: „Metoda emisji akustycznej jako narzędzie

oceny zmiany parametrów mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych” – praca obroniona we wrześniu 2021 r. na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej.

Kandydatka pełni funkcję Sekretarza Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych na kadencję 2020-2024 r.

Oceniając dorobek dydaktyczny kandydatki należy podkreślić działalność publikacyjną w zakresie materiałów pomocniczych dla studentów. Habilitantka jest współautorką 3 skryptów (we wniosku Habilitantki recenzent stwierdził błąd cytowania tych skryptów:

- „Zginanie ukośne. Teoria, przykłady i zadania”, Seria: Materiały Pomocnicze i Informacyjne, nr 175, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2019.
- „Geometryczne Charakterystyki Figur Płaskich Teoria, Przykłady i Zadania”, Seria: Materiały Pomocnicze i Informacyjne, nr 176, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2021.
- „Zginanie proste. Teoria, przykłady i zadania”, Seria: Materiały Pomocnicze i Informacyjne, nr 177, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2021.).

W ramach działań popularyzatorskich nauk Habilitantka brała czynny udział w organizacji konferencji szkoleniowej "Innowacyjne rozwiązania diagnostyczne, technologiczne, konstrukcyjne i materiałowe w budownictwie" wraz z wystąpieniem. Konferencja była organizowana przez Politechnikę Świętokrzyską, PIIB z udziałem PZITB, PZITS, SITK oraz SEP.

Oceniając dorobek dotyczący WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ, należy jednoznacznie stwierdzić, że odbyte zagraniczne staże naukowe oraz doświadczenia zdobyte m.in. w ramach organizacji międzynarodowej konferencji dotyczącej wykrywania uszkodzeń w konstrukcjach budowlanych, projektowania i budowy systemów SHM dla obiektów mostowych na Uniwersytecie w Hanoi, z pewnością zasługuje na pozytywną ocenę. Dodatkowo kandydatka w ramach odbytych staży prowadziła zajęcia dydaktyczne ze studentami tych uczelni. Świadczy to o umiejętności Habilitantki w nawiązywaniu współpracy z przedstawicielami nauki w innych krajach.

Podsumowując ocenę aktywności dydaktycznej, popularyzującej naukę oraz współpracy międzynarodowej Habilitantki, zdaniem recenzenta, dorobek ten należy ocenić na wysokim poziomie.



6. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie analizy dorobku Habilitantki, należy stwierdzić, że spełnia on wymogi stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych.

Monografia będąca podstawą wniosku habilitacyjnego pt. **"Ocena wpływu liczby deskryptorów na dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych w konstrukcjach betonowych przy zastosowaniu metody emisji akustycznej"** jest interesującym i wyjątkowym opracowaniem, które przedstawia badania naukowe z zakresu inżynierii budowlanej i diagnostyki konstrukcji. Habilitantka skupia się na analizie wpływu liczby deskryptorów na dokładność identyfikacji procesów destrukcyjnych w konstrukcjach betonowych w metodzie emisji akustycznej, co stanowi istotny wkład w rozwój tej dziedziny badań i tym samym nauki.

Metoda emisji akustycznej jest stosunkowo nową techniką diagnostyczną, dlatego wnioski z badań nad jej optymalnym zastosowaniem w identyfikacji procesów destrukcyjnych w konstrukcjach betonowych mają szczególne znaczenie dla branży inżynierskiej w aspekcie praktycznym. Habilitantka zadbała o przejrzystość przedstawianych danych i wyników, co znacznie ułatwia ich interpretację i właściwy odbiór.

Wskazane we wniosku osiągnięcie technologiczne Habilitantki pt: „Innowacyjny system monitorowania stanu technicznego umożliwiający lokalizację i identyfikację defektów w konstrukcjach stalowych bazujący na analizie sygnałów emisji akustycznej” z całą pewnością wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej. To naukowe podejście otwiera nowe możliwości dotyczące opracowania automatycznego systemu diagnostycznego, zdolnego do określania typów i mechanizmów rozwoju ewentualnych uszkodzeń na każdym etapie użytkowania konstrukcji oraz oceny ich niezawodności.

Habilitantka wykazała się znaczącą aktywnością naukową w działalności publikacyjnej, szczególnie w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska Habilitantki, według recenzenta, zasługuje na pozytywną ocenę.

Biorąc pod uwagę powyższe, wnoszę o pozytywne rozpatrzenie wniosku habilitacyjnego i tym samym nadanie Pani dr inż. Aleksandrze Marii Krampikowskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

17/17