

RPW/989/2026
12.01.2026

13.01.2026
36 Lubienie



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Bydgoszcz, 05.12.2025

Recenzent:

Dr hab. inż. Maciej Dutkiewicz, prof. PBŚ
Katedra Konstrukcji Budowlanych i Mechaniki,
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Bydgoska im. J.J. Śniadeckich
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
Tel. +48 510 035 090
e-mail: maciej.dutkiewicz@pbs.edu.pl

Adresat Recenzji:

Rada Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja
i Transport, Politechnika Gdańska,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska

RECENZJA

**w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego
dr inż. Karolowi Winkelmannowi**

1. Podstawa opracowania

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Gdańskiej w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego Panu dr inż. Karolowi Winkelmannowi z dnia 08.10.2025. Recenzja została sporządzona na podstawie dokumentacji złożonej przez Pana dr inż. Karola Winkelmanna w Radzie Doskonałości Naukowej i przekazanej mi przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Gdańskiej.

2. Podstawowe informacje o kandydacie

Dr inż. Karol Winkelmann stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo uzyskał w 2013 r. na Politechnice Gdańskiej na podstawie rozprawy p.t. „Obliczanie niezawodności konstrukcji inżynierskich metodami symulacyjnymi i metodą powierzchni odpowiedzi”. Od 2008 roku Habilitant pracuje na Politechnice Gdańskiej, na

Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska, aktualnie w Katedrze Mechaniki Budowli, na stanowisku adiunkta badawczo–dydaktycznego.

3. Ocena wskazanego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego

Do oceny we wniosku habilitacyjnym dr inż. Karol Winkelmann wskazał dwa osiągnięcia naukowe w tematyce probabilistycznej analizy konstrukcji inżynierskich.

Pierwsze osiągnięcie, pt. „Innowacyjne procedury szacowania wrażliwości i niezawodności konstrukcji w problemach inżynierii lądowej o przestrzennie zmiennych parametrach geometrycznych i materiałowych”, przedstawione w cyklu publikacji, koncentruje się na stworzeniu techniki kombinowanej metody powierzchni odpowiedzi (CRSM), służącej szacowaniu wrażliwości i niezawodności konstrukcji inżynierskich, a także dowiedzeniu jej efektywności numerycznej w relacji do istniejących metod probabilistycznych.

Drugie osiągnięcie, pt. „Efektywne algorytmy do analizy symulacyjnej zmienności wybranych parametrów materiałowych i obciążeń w czasie, wspomagające szacowanie zmian wrażliwości oraz niezawodności konstrukcji inżynierskich”, przedstawione w monografii naukowej, dedykowane jest wykonaniu poszerzonego studium efektywności numerycznej wybranych metod symulacyjnych i techniki autorskiej w analizie rzeczywistych problemów inżynierskich.

Pierwsze osiągnięcie: Innowacyjne procedury szacowania wrażliwości i niezawodności konstrukcji w problemach inżynierii lądowej o przestrzennie zmiennych parametrach geometrycznych i materiałowych - cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219. ust. 1. pkt 2b Ustawy.

Kluczowe wyzwanie w probabilistycznej ocenie niezawodności stanowi fakt, że uzyskiwane wyniki są ściśle uzależnione od doboru narzędzi matematycznych. Stosowanie odmiennych algorytmów losowych do opisu tego samego procesu może skutkować znacznymi rozbieżnościami w precyzji estymacji lub wymagać radykalnie różnej mocy obliczeniowej dla osiągnięcia porównywalnej dokładności. W konsekwencji, rzetelność analiz probabilistycznych zależy od umiejętnego dopasowania metodologii do specyfiki problemu oraz projektowania autorskich rozwiązań obliczeniowych.

Badania Habilitanta dotyczą rozwijanych począwszy od lat 90 -tych metod powierzchni odpowiedzi (RSM, Response Surface Method) [Khuri A.I., Cornell J.A. Response Surfaces. Dekker, Nowy Jork, 1996] oraz podejścia łączącego metody symulacyjne i aproksymacyjne [Rajashekhar M.R., Ellingwood B.R.: A new look at the response surface approach for reliability analysis. Structural Safety 12 (3), 1993, pp. 205–220. [https://doi.org/10.1016/0167-4730\(93\)90003-J](https://doi.org/10.1016/0167-4730(93)90003-J); Allaix D.L., Carbone V.I.: An improvement of the response surface method. Structural Safety 33 (2), 2011, pp. 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2011.02.001>.

Habilitant w swojej pracy badawczej dokonał analizy niezawodności ściskanych kompozytowych powłok cylindrycznych, modelując ich wrażliwość na imperfekcje za pomocą zaawansowanego aparatu jednorodnych pól losowych. Kluczowym zagadnieniem jest synteza podejścia symulacyjnego i aproksymacyjnego, co pozwoliło na optymalizację metody powierzchni odpowiedzi (RSM, Response Surface Method). Wykazano, że unikalna strategia łączenia próbek losowych ukierunkowanych (do rozpoznania topologii funkcji) z próbkami bezpośrednimi (do kalibracji) prowadzi do precyzyjnego oszacowania niezawodności przy jednoczesnej redukcji kosztów obliczeniowych. Osiągnięciem Autora jest udowodnienie, że zaproponowana hybrydowa metoda zachowuje pełną zbieżność wyników między podejściem Monte Carlo a metodą Hasofer-Linda (np. wyniki 0,675 vs 0,673). Dodatkowo stwierdzono, że odpowiednia kombinacja danych wejściowych znacząco ogranicza wrażliwość numeryczną przy wyznaczaniu równań powierzchni odpowiedzi. Badania te stanowią fundament koncepcyjny dla podejścia CRSM, potwierdzając zasadność integrowania różnych technik probabilistycznych w jeden spójny algorytm [Winkelmann K., Górski J.: The use of Response Surface Methodology for reliability estimation of composite engineering structures].

Habilitant wykazał, że teoretyczne wnioski dotyczące analizy probabilistycznej można skutecznie odnieść do oceny odpowiedzi mechanicznej rzeczywistych obiektów inżynierskich. Badania przeprowadzono na przykładzie mostu łukowego o rozpiętości ok. 110 m, dla którego Habilitant sformułował i skalibrował problem losowy uwzględniający kluczowe zmienne związane z obciążeniem, materiałem oraz geometrią. W ramach analizy Habilitant zastosował syntezę podejścia symulacyjnego i aproksymacyjnego, wykorzystując metodę Monte Carlo oraz ukierunkowane próbki losowe do budowy powierzchni odpowiedzi (RSM). Habilitant udowodnił, że celowy dobór danych wejściowych pozwala na uzyskanie oszacowań identycznych z rozwiązaniem symulacyjnym, przy jednoczesnym znacznym ograniczeniu nakładów obliczeniowych. Istotnym osiągnięciem aplikacyjnym Habilitanta było opracowanie probabilistycznego przedziału akceptowalności wartości mierzonych, stanowiącego alternatywę dla tradycyjnych, deterministycznych kryteriów odbiorowych. Wykazano, że zaproponowane podejście pozwala na rzetelną ocenę konstrukcji in situ, eliminując ryzyko błędnego odrzucenia obiektów wynikające ze zbyt zachowawczego modelowania numerycznego. Na podstawie uzyskanych rezultatów Habilitant sformułował postulat wzbogacenia procedur próbnych obciążeń mostów o uniwersalne kryterium przedziałowe o wysokim potencjale wdrożeniowym. Opracowana metodologia stała się dla Habilitanta podstawą do dalszych badań nad efektywną implementacją technik probabilistycznych w analizie niezawodności konstrukcji rzeczywistych [Owerko P., Winkelmann K., Górski J.: *Application of probabilistic tools to extend load test design of bridges prior to opening*. Structure and Infrastructure Engineering 16(7), 2020, pp. 931–948. (JCR, IF: 2.6, MNiSW: 100 pkt) <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1676790>].

Ponadto, Habilitant podjął się implementacji i weryfikacji autorskiej techniki CRSM w analizie rzeczywistego, złożonego obiektu geotechnicznego, jakim jest klif morski w Jastrzębiej Górze. Istotnym elementem było sformułowanie wielowymiarowego problemu losowego obejmującego 14 zmiennych opisujących parametry wytrzymałościowe warstw geologicznych, co stanowiło duże wyzwanie dla standardowych metod probabilistycznych. Habilitant wykazał wyższość metody CRSM nad powszechnie stosowaną metodą estymacji punktowej (PEM, Point Estimate Method), która w przypadku tak dużej liczby zmiennych dostarczyła błędnych oszacowań niezawodności. Kluczowym osiągnięciem pracy było udowodnienie, że podejście CRSM pozwala na uzyskanie w pełni zbieżnego i precyzyjnego rozwiązania przy znacznie mniejszym nakładzie obliczeniowym niż klasyczna metoda Monte Carlo. W analizowanych scenariuszach (zbrocze zdrenowane i niezdrnowane) technika CRSM osiągnęła wymaganą zbieżność już przy użyciu od 51 do 76 próbek, podczas gdy metoda Monte Carlo przy 100 realizacjach nie gwarantowała stabilności wyników. Habilitant skutecznie skwantyfikował wpływ systemów drenażu na poprawę wskaźnika niezawodności klifu, co potwierdziło przydatność inżynierską proponowanego algorytmu w optymalizacji systemów bezpieczeństwa. Praca ta stanowi dowód na konkurencyjność techniki CRSM względem złożonych metod probabilistycznych, oferując redukcję czasu obliczeń przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości wyników. Podsumowując, Habilitant potwierdził skuteczność autorskiej metodologii w rozwiązywaniu nieliniowych i wielowymiarowych problemów stateczności konstrukcji rzeczywistych. [Winkelmann K., Zabuski L., Przewłócki J., Górski J.: Reliability-based stability analysis of a Baltic cliff by the Combined Response Surface Method].

W dalszej części pracy badawczej Habilitant przedstawił kompleksową analizę zmian niezawodności fundamentu Mostu Rędzińskiego we Wrocławiu, koncentrując się na problemie nieprzewidzianego przyrostu osiadań w czasie eksploatacji. Kluczowym elementem pracy było opracowanie i wdrożenie do techniki CRSM autorskich funkcji fluktuacji zmiennych podstawowych $n(t)$, które w sposób zbiorczy opisują degradację parametrów gruntu poprzez spadek wartości średnich i wzrost odchyleń standardowych. Dzięki tej metodologii Habilitant uzyskał wysoką zgodność modelu numerycznego z rzeczywistymi pomiarami *in situ* prowadzonymi przez 4,5 roku, co pozwoliło na precyzyjną ekstrapolację wskaźnika niezawodności $\beta(t)$ w przyszłość. Ważnym osiągnięciem jest wyznaczenie miejsca w czasie (t_{fail}), w którym konstrukcja może przestać spełniać wymogi normowe oraz opracowanie dedykowanego schematu blokowego ułatwiającego aplikację metody do innych obiektów inżynierskich. Habilitant wykazał również, że zaproponowana funkcja predykcji może stanowić realne wsparcie w procesie planowania i racjonalizacji działań naprawczych, oferując narzędzie do oceny skuteczności scenariuszy doraźnych i długofalowych. Całość badań potwierdza, że

algorytm CRSM rozszerzony o funkcje czasu jest skutecznym i konkurencyjnym narzędziem do rozwiązywania nieliniowych problemów geotechnicznych o wysokiej złożoności. Praca ta potwierdza efektywność techniki CRSM, udowadniając jej znaczącą wartość praktyczną oraz aplikacyjną w obszarze inżynierii lądowej [Winkelmann K., Żyliński K., Górski J.: *Probabilistic analysis of settlements under a pile foundation of a road bridge pylon*].

Kolejnym przykładem zastosowań rozwijanej przez Habilitanta metodologii była analiza stateczności nieliniowego modelu wysokiego silosu aluminiowego, poddanego złożonym obciążeniom podciśnieniem i wiatrem. Istotnym elementem badań było sprzężenie modelu numerycznego z rzeczywistymi danymi pomiarowymi wiatru, zebranymi w ciągu trzech lat w stacji meteorologicznej w Gdyni-Oksywiu, co pozwoliło na wierne odwzorowanie warunków eksploatacyjnych. Habilitant dokonał szczegółowego rozpoznania wpływu różnych postaci imperfekcji, od pojedynczych wgnieceń po globalne postaci wyboczenia oraz zaawansowane pola losowe. Istotnym osiągnięciem było precyzyjne wskazanie najbardziej niekorzystnej lokalizacji wgnieceń, która przypada pod kątem $\pm 20^\circ$ względem kierunku wiatru, w miejscu przejścia parcia w ssanie. Wykazano, że najbardziej wrażliwa jest strefa poniżej szczytu, gdzie zanika usztywniający wpływ konstrukcji dachu. Istotnym wnioskiem z badań było udowodnienie, że jedynie skorelowane pola losowe redukują nośność konstrukcji, podczas gdy imperfekcje o charakterze chaotycznym (nieskorelowanym) mogą prowadzić do wzmocnienia powłoki płaszcza. Osiągnięcia te w pełni uzasadniają celowość stosowania podejścia probabilistycznego w analizie powłok cienkościennych i stanowią istotny wkład w rozwój zaleceń normowych Eurokodu [Górski J., Mikulski T., Oziębło M., Winkelmann K.: *Effect of geometric imperfections on aluminum silo capacities*].

W kolejnych badaniach Habilitant dokonał szczegółowego porównania dwóch metod modelowania losowej zmienności gruntu w przestrzeni 3D: zaawansowanych pól losowych oraz uproszczonego podejścia bazującego na zbiorach zmiennych losowych (tzw. podbloków). Istotnym elementem było wykazanie, że modelowanie gruntu techniką indywidualnych zmiennych losowych stanowi poprawną i wysoce efektywną alternatywę dla kosztownych obliczeniowo opisów polami losowymi. Habilitant udowodnił, że stopień korelacji pola oraz precyzja podziału na podbloki krytycznie wpływają na odchylenie standardowe i ekstremalne wartości osiadań, podczas gdy wartości średnie pozostają stabilne. Istotnym osiągnięciem praktycznym było sformułowanie zalecenia, aby liczba indywidualnych zmiennych losowych w modelu uproszczonym nie przekraczała około 12,5% całkowitej liczby elementów skończonych, co optymalizuje koszt numeryczny przy zachowaniu wysokiej jakości oszacowań. Habilitant zweryfikował skuteczność tej metody nie tylko dla modułu Younga, ale również dla parametrów takich jak kohezja, kąt tarcia wewnętrznego czy porowatość. Ostatecznie praca ta dostarczyła

gotowego do implementacji narzędzia, które pozwala na precyzyjne projektowanie posadowień łań fundamentowych z uwzględnieniem losowej natury podłoża [Żyliński K., Winkelmann K., Górski J.: The effect of the selection of three-dimensional random numerical soil models on strip foundation settlements].

W badaniach naukowych Habilitant podjął problematykę wpływu zmienności parametrów odkształcalności podłoża na osiadania stopy fundamentowej obciążonej mimośrodowo, stosując zaawansowane modelowanie numeryczne w programie ZSoil. Wykorzystując autorską metodologię, Habilitant udowodnił, że zastosowanie technik redukcji wariancji, takich jak próbkowanie warstwowe, pozwala na uzyskanie wyników tożsamyh z referencyjną metodą Monte Carlo przy dużym ograniczeniu liczby próbek. Wykazano przy tym, że w praktyce inżynierskiej wysoce efektywne jest ograniczenie modelowania losowości wyłącznie do kluczowego podobszaru podłoża w bezpośrednim sąsiedztwie fundamentu.

W pracy przeprowadzono gruntowną ocenę różnych metod opisu podłoża, wskazując, że wybór pomiędzy jednorodnymi a niejednorodnymi polami losowymi musi być ściśle skorelowany z rzeczywistą strukturą uwarstwienia gruntu. Istotnym osiągnięciem Habilitanta jest wykazanie konieczności integralnego łączenia badań *in situ* z analizami probabilistycznymi w celu zapewnienia wiarygodności oceny stanu granicznego użyteczności (SLS). Istotnym elementem jest również transfer wypracowanych rozwiązań z zakresu modelowania pól losowych do nowatorskiej analizy niezawodności cienkościennych konstrukcji metalowych łączonych klejami technicznymi, które są szczególnie wrażliwe na imperfekcje strukturalne. Ostatecznie Habilitant potwierdził, że precyzyjna identyfikacja funkcji korelacji i właściwy dobór aparatu probabilistycznego są kluczowe dla uniknięcia błędnych oszacowań niezawodności w złożonych zagadnieniach geotechnicznych [Winkelmann K., Żyliński K., Korzec A., Górski J.: Effectiveness of random field approach in serviceability limit state analysis of strip foundation].

W dalszych badaniach Habilitant przedstawił autorski algorytm probabilistycznego modelowania imperfekcji materiałowych, zastosowany do precyzyjnego opisu niejednorodności w warstwie kleju łączącej elementy metalowe. Istotnym elementem innowacyjnym jest potraktowanie kleju jako nieskorelowanego przestrzennego pola losowego dwubiegunowego, co umożliwia zarządzanie rozproszeniem „osłabionych” elementów w całej objętości złącza. Habilitant przyjął procentowy udział imperfekcji jako zmienną losową opisaną dwuparametrowym rozkładem Weibulla, co pozwala na matematycznie poprawne odwzorowanie fizyko-chemicznej natury niedoskonałości klejów technicznych. Kluczowym osiągnięciem pracy jest wprowadzenie koncepcji numerycznych „przedziałów ufności”, pozwalającej na identyfikację rzeczywistej objętości wad materiałowych poprzez zestawienie wyników zaawansowanych symulacji w programie ABAQUS z danymi z testów laboratoryjnych. Badania dowiodły, że zaproponowane podejście jest racjonalne i łatwe w implementacji, a jednocześnie

prowadzi do znaczącej redukcji czasu i kosztów obliczeniowych złożonych modeli złączy. Habilitant skwantyfikował wpływ losowej objętości imperfekcji na zmienność odpowiedzi mechanicznej połączenia zakładkowego. Wynik ten stanowi wniosek dla planowanych aplikacji z zakresu wykonawstwa cienkościennych elementów konstrukcyjnych łączonych metodami klejowymi. Opracowana modyfikacja składni modelu MES o elementy probabilistyczne stanowi narzędzie, które ułatwia wiarygodną ocenę ryzyka awarii nowoczesnych połączeń w inżynierii lądowej [Winkelmann K., Jan F., Smakosz Ł., Konopińska-Zmysłowska V., Eremeyev V., Kujawa M.: A random field-based simulational identification of possible levels of material imperfections of adhesive-bonded joints].

W analizach naukowych Habilitant rozwinął badania nad wpływem niepewności materiałowych na proces pełzania i progresję zniszczenia złączy klejonych w czasie. Kluczowym elementem było zastosowanie nieskorelowanych, dwuwymiarowych pól losowych dwubiegunowych do modelowania imperfekcji wyłącznie w newralgicznej warstwie kohezyjnej, co pozwoliło na znaczące uproszczenie opisu przy zachowaniu wysokiej precyzji wyników. Wykorzystując koncepcję numerycznych „przedziałów ufności”, Habilitant dokonał kalibracji modeli numerycznych z wynikami eksperymentalnymi, identyfikując wpływ grubości spoiny na wrażliwość złącza na wady materiałowe. Badania wykazały, że o ile w cienkich warstwach wpływ imperfekcji jest pomijalny, o tyle w spoinach o grubości 1 mm krytyczne znaczenie ma nie tylko objętość wad, ale przede wszystkim ich losowe rozmieszczenie – szczególnie niekorzystne w strefach koncentracji naprężeń na końcach złącza. Habilitant udowodnił również istnienie efektu synergii, w którym odpowiedni układ nieosłabionych elementów w strefach krytycznych pozwala na zachowanie wysokiej nośności nawet przy dużym udziale imperfekcji [Kujawa M., Eremeyev V.A., Smakosz Ł., Winkelmann K., Paczos P., Piasecki A., Kreja I.].

Podsumowanie osiągnięcia nr 1.

Problematyka podjęta przez Habilitanta w ramach Osiągnięcia 1 stanowi istotny wkład zarówno w rozwój dyscypliny naukowej, jak i w obszar aplikacji praktycznych w inżynierii. Zaproponowane rozwiązania metodologiczne charakteryzują się potencjałem wdrożeniowym, a sposób ich prezentacji cechuje przejrzystość, co sprzyja poprawnej interpretacji uzyskanych wyników przez środowisko naukowe i techniczne. W toku realizacji prac Habilitant wykazał się zaawansowanym warsztatem badawczym, obejmującym umiejętność kompleksowego prowadzenia złożonych analiz numerycznych. Szeroki zakres zrealizowanych badań pozwolił na pozyskanie oryginalnych danych, które poddano analizie krytycznej, prowadzącej do sformułowania trafnych i merytorycznie uzasadnionych wniosków. Świadczy to o pełnej dojrzałości naukowej oraz wysokich predyspozycjach Habilitanta do samodzielnego kierowania pracami badawczo-rozwojowymi.

Najważniejsze rezultaty naukowe oraz osiągnięcia aplikacyjne przedstawione w ramach Osiągnięcia 1 można ująć w następujących punktach:

- opracowanie metody CRSM: Habilitant zaprojektował i zaimplementował autorską technikę kombinowanej metody powierzchni odpowiedzi — Combined Response Surface Method (CRSM). Rozwiązanie to umożliwia efektywne prowadzenie zaawansowanych analiz probabilistycznych w celu szacowania niezawodności konstrukcji, oferując znaczną redukcję kosztów obliczeniowych w porównaniu do klasycznych metod symulacyjnych czy procedur aproksymacyjnych. Skuteczność metody została potwierdzona w praktyce inżynierskiej, m.in. przy badaniu stateczności klifów morskich, analizie odpowiedzi mechanicznej mostów oraz zmienności osiadań fundamentów.
- modelowanie imperfekcji geometrycznych: Habilitant opracował autorskie schematy modelowania konstrukcji obciążonych niedoskonałościami geometrycznymi o zróżnicowanej naturze matematycznej. Prace te pozwalają na precyzyjne uwzględnienie wpływu imperfekcji na nośność i niezawodność obiektów szczególnie na nie wrażliwych, takich jak powłoki kompozytowe czy płaszcze silosów aluminiowych, co bezpośrednio przekłada się na podniesienie standardów projektowania inżynierskiego.
- modelowanie parametrów materiałowych: wprowadzono wydajne numerycznie procedury modelowania przestrzennej zmienności materiałowej z wykorzystaniem pól losowych nieskorelowanych oraz zmiennych indywidualnych. Podejście to umożliwia precyzyjną kwantyfikację wpływu niepewności materiałowej na odpowiedź mechaniczną konstrukcji. Habilitant zastosował te metody w obszarach o wysokim stopniu złożoności, takich jak silnie uwarstwione podłoża gruntowe czy warstwy klejów technicznych w nowoczesnych połączeniach elementów cienkościennych.
- integracja pomiarów in situ z modelami probabilistycznymi: Habilitant wykorzystał dane empiryczne pozyskane z pomiarów rzeczywistych obiektów do weryfikacji opisów matematycznych przestrzennych imperfekcji materiałowych. Pozwoliło to na stworzenie zoptymalizowanych modeli obliczeniowych dla układów geotechnicznych, służących do monitorowania i predykcji zmian niezawodności konstrukcji w czasie.

Zaproponowane przez Habilitanta rozwiązania problemów badawczych mają charakter uniwersalny. Optymalizacja numerycznego opisu zjawisk losowych może być z powodzeniem przeniesiona na inne obszary badań. Potwierdzeniem tej wszechstronności jest wykorzystanie zdobytego doświadczenia przez Habilitanta w innych obszarach, takich jak: struktury tensegrity, konstrukcje drewniane, inżynieria biomedyczna.

Całokształt dorobku przedstawionego w osiągnięciu 1 potwierdza, że Habilitant wniósł znaczący i oryginalny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport proponując rozwiązania o dużej wartości poznawczej i aplikacyjnej.

Drugie osiągnięcie: Efektywne algorytmy do analizy symulacyjnej zmienności wybranych parametrów materiałowych i obciążeń w czasie, wspomagające szacowanie zmian wrażliwości oraz niezawodności konstrukcji inżynierskich, monografia naukowa, zgodnie z art. 219. ust. 1. pkt 2a Ustawy.

Winkelmann K.: Efektywność symulacji numerycznych w analizie wrażliwości i niezawodności konstrukcji inżynierskich o parametrach materiałowych i obciążeniach zmiennych w czasie. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2024, s. 330.

ISBN: 978-83-7348-918-9. <https://press.pg.edu.pl/book/854>

Osiągnięcie naukowe nr 2 przedstawione w monografii, koncentruje się na opracowaniu i weryfikacji efektywności algorytmów służących do analizy zmienności parametrów materiałowych oraz obciążeń w czasie. Głównym problemem badawczym podjętym przez Habilitanta jest duża zależność wyników miar bezpieczeństwa od doboru metodologii losowej, co w rzeczywistych problemach inżynierskich często prowadzi do rozbieżności w oszacowaniach niezawodności oraz wysokich kosztów numerycznych.

Głównym celem pracy było przeprowadzenie studium efektywności technik symulacyjnych oraz autorskiej metody CRSM (Combined Response Surface Method) w kontekście procesów stochastycznych zachodzących w konstrukcjach inżynierskich. Wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny ILGiT zrealizowany został w dwóch głównych obszarach:

1. Weryfikacja procedur symulacyjnych: Habilitant rozważył szerokie spektrum metod opartych na obliczeniach numerycznych, weryfikując ich wzajemną synergię oraz konkurencyjność w sposób wcześniej nieprezentowany w literaturze przedmiotu.
2. Modelowanie zmienności parametrów w czasie: zaproponowano zaawansowane techniki uwzględniania zmienności parametrów rozkładów gęstości prawdopodobieństwa (np. wytrzymałości materiałów lub sum ekstremalnych obciążeń), co stanowi istotne rozszerzenie prac przedstawionych w Osiągnięciu 1.

Habilitant zaproponował interesujące ujęcie zjawisk degradacyjnych i obciążeniowych:

- korozja elektrochemiczna w czasie: Habilitant sformułował model degradacji materiału, w którym zmienność parametrów wytrzymałościowych wyrażona jest poprzez funkcję gęstości prawdopodobieństwa Weibulla o parametrach statystycznych zmiennych w czasie.
- współoddziaływanie wiatru i oblodzenia: Habilitant zwrócił uwagę na niedostatek normowych wytycznych (ISO 12494) dotyczących probabilistycznego łączenia tych obciążeń. Zaproponowano redukcję procesu stochastycznego do serii precyzyjnie dobranych deterministycznych kroków czasowych z nieliniową interpolacją, co stanowi wydajny ekwiwalent procesu ciągłego.

Efektywność zaproponowanych algorytmów została potwierdzona przez Habilitanta w drodze analizy trzech obiektów o różnym stopniu złożoności: teoretyczna wieża testowa: przykład ten

posłużył do wykazania przewagi symulacji ukierunkowanych nad losowymi oraz potwierdzenia skuteczności metody CRSM, kratowa wieża widokowa w Gdańsku: Habilitant zaimplementował autorską funkcję ubytku korozyjnego w rzeczywistym modelu MES, opracowując wytyczne do zamiany i kalibracji parametrów korozji na równoważne zmiany sztywności elementów (modułu Younga i granicy plastyczności). Analiza potwierdziła aplikacyjność metody w nadzorze i utrzymaniu istniejących konstrukcji stalowych, wieża wsporcza linii elektroenergetycznej: Habilitant zademonstrował użycie metod symulacyjnych do oceny niezawodności przy synergicznym oddziaływaniu wiatru i oblodzenia dla okresów powrotu 50, 150 i 500 lat. Wykazano, że procedura CRSM wymaga dziesięciokrotnie mniejszego nakładu obliczeniowego niż techniki konkurencyjne przy zachowaniu minimalnego błędu oszacowania.

Podsumowanie osiągnięcia nr 2.

Monografia stanowi kompleksowe studium, które porządkuje wiedzę z zakresu metod symulacyjnych i wprowadza narzędzia do analizy stochastycznej w inżynierii lądowej. Przedstawiono autorską propozycję kombinowanej metody powierzchni odpowiedzi (CRSM) do stworzenia efektywnej procedury zastępowania stochastycznej analizy zmienności w czasie parametrów materiałów i obciążeń konstrukcji inżynierskich na równoważną, efektywną pod względem kosztu i złożoności obliczeń etapową analizę symulacyjną, probabilistyczny opis degradacji parametrów geometrycznych i wytrzymałościowych elementów konstrukcyjnych z materiału stalowego, powstałych wskutek korozji elektrochemicznej powietrznosuchej, w postaci skalibrowanej, zmiennej w czasie funkcji rozkładu gęstości prawdopodobieństwa (Weibulla) strat korozyjnych, służącą do zbiorczego sterowania modyfikacjami zmiennych losowych, podejście CRSM do przedstawienia koncepcji probabilistycznej predykcji tempa możliwych spadków poziomu niezawodności, rozszerzającej stosowalność standardowych metod podejścia symulacyjnego i aproksymacyjnego, rozwinięcie efektywnego i uproszczonego uwzględniania synergicznego współdziałania oddziaływań atmosferycznych (wiatrem i oblodzeniem) służący do analizy symulacyjnej zmian niezawodności konstrukcji w czasie jej eksploatacji

Habilitant wykazał, że poprzez odpowiednie uproszczenie procesów stochastycznych do postaci ekwiwalentnych kroków czasowych, możliwe jest racjonalne szacowanie niezawodności konstrukcji w całym cyklu ich eksploatacji. Zaprezentowane rozwiązania mają charakter uniwersalny i mogą być wdrażane w procesach projektowych, przyczyniając się do podniesienia bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych.

4. Informacja o spełnieniu przez Habilitanta kryterium dotyczącego wykazywania się istotną aktywnością naukową.

Aktywność Habilitanta przedstawia się następująco:

- kierownictwo grantem badawczym MINIATURA 7 (NCN): Habilitant w 2023 roku uzyskał finansowanie z Narodowego Centrum Nauki na realizację działania naukowego nr 2023/07/X/ST8/00250. Projekt dotyczył probabilistycznej analizy odpowiedzi mechanicznej kopuły tensegralnej, uwzględniającej imperfekcje geometryczne oraz oszacowanie niezawodności układu.
- współpraca z Uniwersytetem w Cagliari (Włochy): od 2021 roku Habilitant uczestniczy w pracach zespołu badawczego zajmującego się metodą łączenia stalowych elementów cienkościennych za pomocą klejów epoksydowych. Współpraca obejmuje ekspertów z Politechniki Gdańskiej oraz Università degli Studi di Cagliari (prof. V. Eremeyev, prof. A. Cazzani).
- współpraca z Politechniką Poznańską: w 2024 roku Habilitant podjął współpracę z badaczami z Politechniki Poznańskiej (prof. P. Paczos, dr A. Piasecki). Działania skupiły się na analizie złączy klejonych w warunkach podwyższonej temperatury oraz procesów pełzania. Habilitant był odpowiedzialny za aktualizację algorytmów generacyjnych dla modeli MES oraz analizę statystyczną i korelacyjną wyników eksperymentalnych z numerycznymi.
- współpraca z Gdańskim Uniwersytetem Medycznym (GUMed): Habilitant uczestniczy w interdyscyplinarnym zespole badawczym zajmującym się analizami *in silico* zespołów złamań przekrętarzowych kości udowej. Prace te są finansowane z grantu SONATA 24 (NCN).
- współpraca z Uniwersytetem Bielsko-Bialskim: w latach 2018–2023 Habilitant współpracował z dr. inż. P. Owerko w obszarze probabilistycznego wspomagania próbnych obciążeń obiektów mostowych.
- współpraca z Instytutem Budownictwa Wodnego PAN. Współpraca (2019–2023) z dr. hab. inż. L. Zabuskim i dr inż. A. Korzec dotyczyła bezpieczeństwa konstrukcji geotechnicznych.
- aktywność publikacyjna i konferencyjna; dorobek Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje:
 - publikacje: 14 rozdziałów w monografiach międzynarodowych oraz 13 artykułów naukowych (w tym 11 z listy JCR),
 - konferencje: udział w 20 konferencjach (12 międzynarodowych),
 - wygłoszenie wykładu plenarnego na konferencji LSCE 2018 oraz współprzewodniczenie sesji naukowej na LSCE 2023.
- pełnienie funkcji promotora pomocniczego: Habilitant pełnił funkcję promotora pomocniczego w dwóch zakończonych przewodach doktorskich na Politechnice Gdańskiej.

Habilitant wykazuje się znaczącą aktywnością naukową poprzez kierowanie grantem MINIATURA 7 oraz pełnienie roli wykonawcy w projekcie SONATA 24, koncentrując się na mechanice i niezawodności konstrukcji lekkich oraz biomedycznych. Jego działalność badawcza opiera się na współpracy międzynarodowej z Uniwersytetem w Cagliari, oraz krajowej z uczelniami technicznymi i uczelnią medyczną. Aktywność naukowa Habilitanta została udokumentowana publikacjami w czasopiśmie oraz wystąpieniami na konferencjach. Ponadto habilitant aktywnie angażuje się w kształcenie młodej kadry naukowej, co potwierdza pełnienie funkcji promotora pomocniczego w dwóch obronionych przewodach doktorskich.

5. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

Działalność dydaktyczna Habilitanta obejmuje szerokie spektrum przedmiotów realizowanych na kierunkach: Budownictwo, Inżynieria Środowiska, Inżynieria Biomedyczna, Energetyka, Transport oraz Mechanika i Budowa Maszyn. Habilitant prowadził wykłady z 3 przedmiotów, ćwiczenia rachunkowe z 16 przedmiotów oraz zajęcia laboratoryjne i projektowe z 6 modułów (m.in. Metody Doświadczalne, Niezawodność Konstrukcji). Od 2010 roku Habilitant współtworzy kadrę kierunku Inżynieria Biomedyczna, a od 2021 roku – kierunku Energetyka. W 2020 roku Habilitant otrzymał Certyfikat Centrum Nowoczesnej Edukacji PG za projektowanie wysokiej jakości zajęć zdalnych na platformie eNauczanie w okresie pandemii. Habilitant jest współautorem 2 skryptów akademickich, pomysłodawcą 2 stanowisk laboratoryjnych oraz autorem/współautorem 8 instrukcji do ćwiczeń. Habilitant był opiekunem 10 prac inżynierskich i 17 magisterskich oraz recenzentem łącznie 17 prac dyplomowych. Dodatkowo służył wsparciem merytorycznym przy 18 innych procesach dyplomowania. Pełnił rolę opiekuna praktyk studentów zagranicznych w ramach programów IAESTE (Brazylia) oraz ERASMUS (Hiszpania, Turcja). Habilitant uczestniczy w realizacji projektu „W poszukiwaniu równowagi”, finansowanego z Konkursu Innowacji Dydaktycznych PG, dotyczącego aplikacji do nauki analizy statycznej. Praca dydaktyczna Habilitanta jest najwyżej oceniana przez studentów (średnia 4,91/5.0). Jest wielokrotnym laureatem nagród Dziekana WILiŚ.

Habilitant wykazuje się zaangażowaniem w prace na rzecz środowiska naukowego, zarówno w skali uczelnianej, jak i międzynarodowej. Habilitant pełnił role (zastępca Sekretarza, Sekretarz, Członek Komitetu) przy organizacji konferencji: SSTA 2013, PCM-CMM-2015 oraz SSTA 2017. Był współredaktorem książki streszczeń oraz monografii pokonferencyjnej wydanej przez wydawnictwo CRC Press/Balkema (Londyn, 2016). Od 2021 roku Habilitant uczestniczy w pracach Grupy Programowej Sekretariatu ISO/TC 98, a w kadencji 2022–2026 pełni funkcję Zastępcy Przewodniczącego Grupy Programowej. Od 2013 roku jest członkiem Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, zasiadając w Zarządzie oddziału gdańskiego w latach 2015–2016. Habilitant podejmuje liczne inicjatywy mające na celu transfer wiedzy

specjalistycznej do szerszego grona odbiorców oraz aktywizację naukową studentów. Habilitant jest pomysłodawcą i organizatorem cyklicznych konkursów dla studentów. Jest współpomysłodawcą projektu „Evening TEA – Technical Evening Academy”, w ramach którego prowadził anglojęzyczne tutoriale z zakresu mechaniki i niezawodności dla studentów i pracowników. Habilitant organizował i prowadził zajęcia z obsługi zaawansowanego oprogramowania inżynierskiego i probabilistycznego (RM-WIN, COMREL, SOFiSTiK), wykraczające poza standardowy program studiów.

6. Konkluzja recenzji

Na podstawie całokształtu przedstawionego dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego, a także w świetle przytoczonej recenzji stwierdzam, iż dorobek naukowy dr. inż. Karola Winkelmanna w sposób istotny wzbogaca dyscyplinę inżynieria lądowa, geodezja i transport. Kluczowym wkładem Habilitanta jest opracowanie i wdrożenie metodologii CRSM (Combined Response Surface Method) oraz zaawansowanych algorytmów modelowania pól losowych, które pozwalają na precyzyjne i efektywne numerycznie szacowanie niezawodności konstrukcji w warunkach niepewności.

Do najważniejszych argumentów przemawiających za pozytywnym zakończeniem postępowania należą: innowacyjność metodologiczna, interdyscyplinarność i uniwersalność badań, dojrzałość naukowa oraz wkład w rozwój kadr.

Dr inż. Karol Winkelmann wykazał się samodzielnością naukową oraz zdolnością do formułowania i rozwiązywania nowatorskich problemów badawczych. Przedstawiony cykl publikacji oraz monografia stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny ILGiT, co uzasadnia spełnienie warunków ustawowych określonych w Art. 219 p.1 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i pozwala na sformułowanie jednoznacznego wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.



Dr hab. inż. Maciej Dutkiewicz, prof. PBS