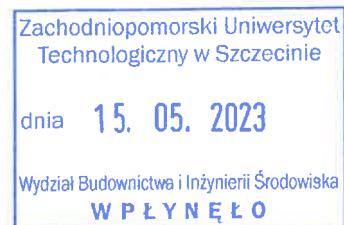


dr hab. inż. **Jacek Domski** – prof. PK
Politechnika Koszalińska
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji
Katedra Budownictwa i Materiałów Budowlanych
ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin

Koszalin 10.05.2023 r.



**Recenzja dorobku naukowego dra inż. Rafała Przemysława Nowaka
w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport**

1. Podstawy opracowania recenzji

1.1 Podstawa formalna

Recenzja została sporządzona na podstawie umowy o dzieło, z dnia 28.03.2023 r., na wykonanie recenzji – utworu w rozumieniu prawa autorskiego w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zawartej pomiędzy Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie, al. Piastów 17, reprezentowanym przez Prorektora ds. nauki, prof. dr. hab. inż. Jacka Przepiórskiego, a recenzentem, dr. hab. inż. Jackiem Domskim, prof. PK.

Niniejsza umowa została sporządzona w związku z powołaniem przez Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (uchwała nr 41 z dnia 13 marca 2023 r.) dr. hab. inż. Jacka Domskiego, prof. PK w skład komisji habilitacyjnej, w charakterze recenzenta wyznaczonego przez Radę Doskonałości Naukowej, w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dr. inż. Rafała Przemysława Nowaka (pismo Prorektora ds. nauki, prof. dra hab. inż. Jacka Przepiórskiego z dnia 20 marca 2023 r.).

1.2 Podstawa prawna

Recenzja została opracowana zgodnie z wymaganiami ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami).

1.3 Podstawa merytoryczna

Recenzję sporządzono na podstawie wniosku, złożonego przez dr. inż. Rafała Nowaka, z dnia 04.10.2022 r. „o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport” (aktualna nazwa dyscypliny brzmi inżynieria lądowa, geodezja i transport).

2. Sylwetka naukowa Habilitanta

Pan Rafał Nowak uzyskał tytuł magistra inżyniera w specjalności konstrukcje budowlane i inżynierskie w 2009 r. na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Promotorem pracy magisterskiej, zatytułowanej „Analiza wytrzymałościowa masztu o wysokości 100 m z odciągami”, był prof. dr hab. inż. Piotr Aliawdin. Po uzyskaniu tytułu magistra inżyniera Pan Rafał Nowak rozpoczął pracę jako asystent w Katedrze Budownictwa Ogólnego na Wydziale Budownictwa i Architektury. W 2012 r. Habilitant odbył dwutygodniowy staż naukowy na Uniwersytecie Warmińsko–Mazurskim w Olsztynie. Kolejnym etapem rozwoju naukowego Habilitanta było uzyskanie, w 2014 roku, stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo, również na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Promotorem rozprawy doktorskiej „Analiza nośności i mechanizmów uszkodzeń odcinkowych ceglanych nadproży łukowych” był prof. dr hab. inż. Romuald Orłowicz. Od 2015 roku dr inż. Rafał Nowak jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Budownictwa Ogólnego na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W 2015 roku uzyskał on uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń. Od 2015 r. dr inż. Rafał Nowak brał udział w międzynarodowych badaniach konstrukcji murowych z Instytutem badawczym „INSTYTUT BelNIIS – Centrum Naukowo-Technologiczne” z Białorusi. Współpraca ta trwa nadal. Od 12.2017 do 08.2018 Habilitant prowadził badania naukowe na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej. Dr inż. Rafał Nowak jest współtwórcą 8 patentów i 1 wzoru użytkowego. Liczba jego współautorskich publikacji w bazach Scopus i Web of Science wynosi 9. Dodatkowo jest on autorem lub współautorem licznych publikacji w czasopiśmie branżowych oraz kilku referatów konferencyjnych. Liczbę cytowań i indeks Hirscha w kluczowych bazach podano w poniższych tabelach.

Baza publikacji	Liczba cytowań (na dzień 07.09.2022)	Liczba cytowań (na dzień 02.05.2023)
Web of Science Core Collection (bez autocytowań)	43 (36)	57 (50)
Scopus (bez autocytowań)	43 (35)	60 (52)

Baza publikacji	Indeks Hirscha (na dzień 07.09.2022)	Indeks Hirscha (na dzień 02.05.2023)
Web of Science Core Collection (bez autocytowań)	3 (-)	4 (4)
Scopus (bez autocytowań)	3 (2)	5 (4)

Od momentu złożenia wniosku przez dr. inż. Rafała Nowaka nastąpił wzrost liczby cytowań i indeksu Hirscha. Jest to niewątpliwie związane ze zwiększoną aktywnością naukową Habilitanta w ostatnich kilku latach.

3. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Habilitant przedstawił jako osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, monografię naukową zatytułowaną „Badania i ocena nośności ceglanych sklepień i łuków w skali naturalnej”, wydaną w 2022 r. przez Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (ujęte w komunikacie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 września 2020 r., w sprawie wykazu wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe – nr 77000, Poziom I – 80 punktów, zgodnie z art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce - Dz. U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami).

Przedmiotowa monografia zawiera 190 stron i składa się z sześciu rozdziałów, wykazu najważniejszych oznaczeń, bibliografii oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Należy zauważyć, że część z zaprezentowanych w niej badań i analiz była podstawą do nadania autorowi stopnia naukowego doktora. Tych elementów monografii nie uwzględniono w niniejszej ocenie dorobku habilitanta.

Rozdział pierwszy obejmuje stan wiedzy z zakresu rysu historycznego, najczęstszych przyczyn uszkodzeń, problemów badawczych sklepień i łuków ceglanych. Dodatkowo Habilitant sformułował w tym rozdziale cel i zakres badań. Jako cel badań wskazana została „*analiza nośności powszechnie stosowanych w budynkach zabytkowych ceglanych sklepień i łuków z uwzględnieniem mechanizmów niszczenia w interakcji z otaczającym murem*”. Natomiast zakresem pracy objęto: „*badanie doświadczalne i numeryczne modeli ścian w celu określenia zależności interakcji $M_{Ra} - N_{Ra}$ dla modelu kinematycznego*”. Zakresem badań doświadczalnych i numerycznych objęto wybrane modele ceglanych sklepień, nadproży, łuków bramowych i łukowych sklepień schodowych oraz stref podparcia sklepień i łuków (część badań doświadczalnych sklepień obejmowała wzmocnienia siatkami FRCM).

Rozdział drugi Habilitant poświęcił sklepieniom ceglany: kolebkowym, krzyżowym, odcinkowym stropów na belkach stalowych, odcinkowym balkonów, odcinkowym monolitycznym stropów i schodów ceglanych. Przeprowadzone zostały badania oraz analizy numeryczne w zakresie sklepień kolebkowych. Habilitant udowodnił, że sklepienia o kształcie półkolistym są bardziej niebezpieczne z uwagi na ich nośność (stateczność) w porównaniu ze sklepieniami koszowymi. Analiza numeryczna sklepień krzyżowych wykazała m. in., że z uwagi na redystrybucję sił wewnętrznych w niektórych strefach mogą wystąpić znaczące wartości naprężeń ściskających. Jest to istotne zagadnienie z uwagi na ocenę nośności uszkodzonych sklepień krzyżowych. Sklepienia odcinkowe stropów na belkach stalowych badano doświadczalnie i numerycznie. Przeprowadzone badania są interesujące, natomiast przeprowadzone obliczenia są szacunkowe i niejednoznaczne. W zakresie sklepień odcinkowych balkonowych przeprowadzono wyłącznie badania doświadczalne. Wynika z nich, że rzeczywista nośność tych sklepień jest znacznie wyższa niż obliczona według aktualnej normy. Sklepienia odcinkowe monolityczne stropów oceniano pod kątem przeprowadzonych badań i obliczeń numerycznych. Badania in-situ przeprowadzono na 100-letnim sklepieniu koszowym wspartym na belkach stalowych, zaś analizy numeryczne przeprowadzono w programie Abaqus. Habilitant uwzględnił tu

istotne dla pracy sklepienia siły rozporowe powodujące przemieszczenia podpór. Sklepienia schodów ceglanych analizowano w zakresie wpływu zespolenia stopni ceglanych ze sklepieniem na jego nośność. Przeprowadzono badania przy wykorzystaniu bezdotykowego stereoskopowego systemu pomiarowego Aramis oraz wykonano analizy numeryczne w programie Atena. Wykazały one istotny wpływ zespolenia, które znacząco wpływa na sztywność, stateczność i nośność sklepienia. Wpływ wzmocnienia w postaci siatek FRCM na nośność sklepień przeanalizowano dla sklepień koszowych, półkolistych i odcinkowych. Wykazano, że zastosowanie wzmocnienia powoduje nie tylko zwiększenie nośności sklepień ale również zmniejszenie ich wrażliwości na obciążenie niesymetryczne. Wysznuo wniosek, że wpływ wzmocnienia siatkami FRCM jest zależny od relacji pomiędzy momentem zginającym a siłą podłużną. Kolejnym elementem rozdziału są informacje na temat obliczeń numerycznych (wykonanych w programie Atena) sklepienia odcinkowego, przeprowadzonych dla modelu sprężystego i plastycznego. W tym celu przeprowadzono szereg badań, których wyniki posłużyły do stworzenia modeli materiałowych. Jednocześnie należy wspomnieć, że zastosowany program jak i wykorzystany jeden z modeli dedykowany jest dla konstrukcji i materiałów betonowych, dlatego też część z przeprowadzonych badań i aplikacji uzyskanych wyników w modelu może budzić wątpliwość (np. G_f - energia pęknięcia).

Trzeci rozdział został zatytułowany „Łuki nadproży ceglanych”. Do oceny dorobku habilitacyjnego uwzględniono badania przeprowadzone na nadprożach łukowych o kształcie półkolistym, ostrosłupowym i klinowym. W ramach badań nadproży o kształcie półkolistym obserwowano zależność pomiędzy obciążeniem (symetrycznym i niesymetrycznym) a siłą rozporu i przemieszczeniem. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono bardzo duży wpływ nadmurowania łuku na jego nośność i mechanizm zniszczenia. W przypadku nadproży ostrosłupowych zrealizowane badania dotyczyły tylko obciążeń symetrycznych w jego zworniku. Obserwowano relację siła obciążająca - siła rozporu (lub przemieszczenie w zworniku). Z przeprowadzonych badań wynika, że łuki, z nadmurowaniem i bez, praktycznie w całym zakresie obciążeń pracowały w fazie sprężystej. Większe wartości nośności, przy jednocześnie mniejszej wartości siły rozporowej, uzyskano dla łuku z fragmentem nadmurowanej ściany. Łuki nadproży klinowych analizowano w czterech schematach statycznych – jako modele na podparciu klinowym i jako modele swobodnie podparte, obciążone siłą skupioną w środku rozpiętości lub w $1/4$ rozpiętości. Z badań tych wynika, że modele wolnopodparte (niezależnie od obciążenia) niszczyły się przy niewielkim obciążeniu poprzez odspojenie zaprawy od cegieł. Natomiast dla modeli na podparciu klinowym analizowano zależność pomiędzy wartością siły skupionej a przemieszczeniem w miejscu jej usytuowania. Większą nośność uzyskano dla obciążenia niesymetrycznego.

Rozdział czwarty stanowią „Bramy murowe”. Zaprezentowano w nim m. in. podrozdziały obejmujące bramy łączników kurtynowych oraz łuki ceglane bram kamienic. W przypadku pierwszym obliczenia dotyczyły 250-letniej historycznej bramy łączącej dwa budynki. Została przeprowadzona analiza numeryczna w programie Abaqus, na podstawie określonych wcześniej niektórych właściwości materiałowych muru. Zmiennymi parametrami był moduł sprężystości oraz współczynnik postaciowy muru usytuowanego nad łukiem. Z przeprowadzonej analizy wynika m.in., że w murze nad łukiem może powstać łuk wtórny, którego kształt jest zgodny z trajektorią głównych naprężeń ściskających. Dodatkowo przeanalizowano sytuację, w której

łuk uległby całkowitemu zniszczeniu. Wówczas rozkład naprężeń w murze zmieniłby się niewiele, a naprężenia ściskające w strefie podporowej wzrosłyby o około 20%. Wybrane łuki ceglane bram kamienic przeanalizowano numerycznie i doświadczalnie. W analizie numerycznej, przy wykorzystaniu programu Atena, określono m.in. rozkład naprężeń ściskających przy różnym usytuowaniu otworów okiennych względem szerokości bramy trzykondygnacyjnego budynku. Z przeprowadzonej analizy wynika, że najniekorzystniejsze obciążenie spowoduje usytuowanie filarka międzyokiennego nad środkową częścią bramy. Badania doświadczalne przeprowadzono na trzech modelach łuków ceglanych bram o kształcie koszowym. Podczas badań określano wpływ domurowywanych warstw na stany graniczne nośności i użytkowości. Rejestrowana była zależność pomiędzy siłą obciążającą a siłą rozporu lub przemieszczeniem. Dodatkowo prowadzono obserwację zarysowania modeli przy wykorzystaniu sytemu Aramis. Na podstawie przeprowadzonych badań można zauważyć, że łuk ceglany bramy kamienicy bez dodatkowego wymurowania oraz z wymurowaniem do poziomu zwornika niszczy się w podobny sposób (ta sama wartość przemieszczeń). Natomiast dla łuku z wymurowaniem ponad zwornik wartość nośności wzrosła kilkunastokrotnie. W modelu tym wytworzył się również łuk wtórny w nadmurowaniu.

W rozdziale piątym omówiono strefy oparcie sklepień i łuków. W pierwszej kolejności przeanalizowano nośność muru przy ściskaniu pod kątem do spoin wspornych. W tym celu przeprowadzono badania anizotropii muru, polegające na jego obciążeniu pod różnymi kątami do spoin wspornych. Podczas badań mierzono siłę obciążającą oraz odkształcenia umożliwiające obliczenie modułu sprężystości oraz współczynnika Poissona. Na podstawie przeprowadzonych badań określono, przy jakiej wartości kąta oznaczane właściwości muru mają najmniejsze wartości. Dodatkowo, na podstawie otrzymanych wyników, wyznaczono krzywe opisujące zmienność wytrzymałości na ściskanie, modułu Younga i współczynnika Poissona w funkcji kąta przyłożenia obciążenia. Kolejna z przeprowadzonych analiz dotyczyła stref oparcia sklepień z lunetami. Przeprowadzono analizę numeryczną (w zakresie liniowym) w programie Abaqus na czterech modelach sklepień (z lunetami oraz bez). W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono m.in., że występowanie lunet powoduje zmianę kierunku linii ciśnień w obrębie otworu, zaś nad jego grzbietem występują naprężenia rozciągające (działające wzdłuż spoin wspornych). Dodatkowo, dla modelu z walcową lunetą wystającą poza sklepienie, naprężenia rozciągające (działające wzdłuż spoin wspornych) występują w górnej części lunety. Strefy oparcie sklepień krzyżowych przeanalizowano numerycznie dla modelu opisanego w rozdziale drugim. Stwierdzono, że największe wartości sił ściskających występują w obrębie przekątnych sklepienia i zwiększają się w strefie podporowej (największe obciążenie wsporników ceglanych połączonych z murami). W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że w płaszczyznach połączeń wsporników ze ścianami poza naprężeniami ścinającymi działają naprężenia ściskające prostopadłe do płaszczyzny ścinania. Jako szczególne przypadki oparcia łuków Habilitant przeanalizował numerycznie (w programie Robot Millenium) fragment budynku z wydzielonymi pasmami międzyokiennymi w sąsiedztwie ścian szczytowych. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że przy jednakowych obciążeniach i otworach okiennych na każdej kondygnacji w pierwszej kolejności zniszczeniu ulegnie nadproże łukowe najwyższej kondygnacji. Dodatkowo stwierdzono, że w łuku ceglany zawsze występują naprężenia rozciągające i ścinające, co może powodować zarysowania na wysokości pasma międzyokiennego.

Rozdział szósty stanowi podsumowanie i wnioski ogólne z przeprowadzonych analiz.

Opisane wyżej wyniki badań doświadczalnych i analiz numerycznych można uznać za interesujące i stanowiące osiągnięcie naukowe Habilitanta. Z punktu widzenia oddziaływania na rozwój nauki, monografia Habilitanta stanowi istotny wkład w obszarze oceny nośności wybranych ceglanych sklepień i łuków budynków historycznych i zabytkowych, stanowiących dziedzictwo kulturowe i wymagających stałego monitorowania, wzmacniania i remontowania.

4. Konkluzja

W rozprawie doktorskiej Habilitanta pojawił się wniosek końcowy dotyczący kontynuacji prac w zakresie badań numerycznych i doświadczalnych dla nadproży łukowych o bardziej zróżnicowanych kształtach. Złożony przez Habilitanta wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego potwierdza jego rozwój we wskazanym kierunku. Przedstawione w nim osiągnięcie naukowe w postaci recenzowanej monografii stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Stwierdzam, że zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami) oraz Poradnikiem Rady Doskonałości Naukowej w zakresie recenzji w postępowaniach o awans naukowy (2022 r.) spełnione są warunki formalne do nadania Panu dr inż. Rafałowi Nowakowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

