

Bydgoszcz, 5 września 2023 r.

**Recenzent:**

dr hab. inż. Dariusz Bajno prof. PBŚ  
Wydział Budownictwa, Architektury  
i Inżynierii Środowiska  
Politechniki Bydgoskiej  
Al. Prof. S. Kaliskiego 7  
85-796 Bydgoszcz  
tel.+48 52 340 85 00, kom.+48 502 187 898  
e-mail: [dariusz.bajno@pbs.edu.pl](mailto:dariusz.bajno@pbs.edu.pl)

**Adresat recenzji:**

Wydział Inżynierii Lądowej  
Politechniki Krakowskiej  
ul. Warszawska 24  
31-155 Kraków

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

mgr inż. Dawida Łątki

pt.

„Wytrzymałość i odkształcalność ceglanego muru – ocena na podstawie badań nieniszczących i małoszczących”.

**1. Podstawa formalna**

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Uchwała Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 21 czerwca 2023 r. na podstawie przepisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 2003 r.
- Umowa o dzieło.

**2. Podstawa prawna**

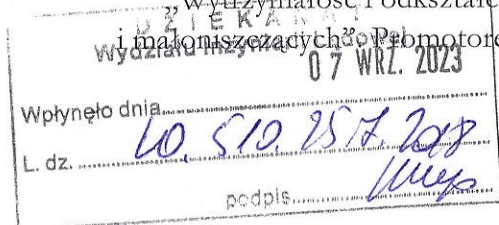
Przewód doktorski prowadzony jest zgodnie z:

- Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003, nr 65, poz. 595, z późn. zm.),
- Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 26 września 2016 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U.2016.poz.1586).

**3. Przedmiot i opis ogólny rozprawy**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Dawida Łątki  
pt.

„Wytrzymałość i odkształcalność ceglanego muru – ocena na podstawie badań nieniszczących i małoszczących”. Pełnomocnikiem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Andrzej Winnicki.



Rozprawa została przedłożona w postaci skryptu i wraz załącznikami liczy łącznie 207 stron. Składa się z 5 rozdziałów zawierających 19 rysunków, 20 tabel, 31 wykresów, 26 fotografii oraz z trzech załączników (A, B i C), w których zamieszczono artykuły podstawowe w liczbie trzech (Załącznik A), artykuły uzupełniające w liczbie czterech (Załącznik B) oraz oświadczenie o wkładzie własnym Doktoranta w publikacjach jw. (Załącznik C). Ww. artykuły te opublikowane zostały w wysoko punktowanych. W bibliografii przywołano 155 pozycji, w tym 17 polskojęzycznych, 106 w j. angielskim, rosyjskim, niemieckim i włoskim (3 artykuły autorstwa lub współautorstwa Doktoranta), 17 norm, oraz 15 pozycji dotyczących przepisów i instrukcji. Na końcu pracy zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim, słowa kluczowe oraz spis oznaczeń.

Układ pracy jest logiczny i czytelny, charakterystyczny zarówno dla prac badawczych jak i naukowych. Rozprawa jest opracowaniem bardzo szczegółowym w zakresie poruszanej w niej problematyki, zawierającym obszerne sprawozdania z przeprowadzonych przez Doktoranta badań laboratoryjnych oraz badań „in situ” z ukierunkowaniem ich na obiekty historyczne.

Doktorant skoncentrował swoje zainteresowania na badaniach nieinwazyjnych i mało inwazyjnych, polegających na wypracowaniu metod badawczych dla eksploatowanych konstrukcji murowych *in situ*, pod kątem oceny ich stanu technicznego określającego ich nośność, poziom trwałości oraz stopień ewentualnego dla nich zagrożenia. Szczególnie ważne są te badania, a właściwie ich efekty dla zachowania cennych obiektów historycznych.

Doktorant, w ramach przeprowadzonych badań poddał analizie cztery typy testów, w tym:

1. flat-jack, wykorzystując do tego celu poduszki ciśnieniowe,
2. penetrometryczne,
3. double-punch (dla zapraw)
4. sklerometryczne.

Cennym elementem recenzowanej dysertacji jest jej charakter eksperymentalny wykorzystujący zarówno studia literaturowe jak i programy badań elementów murowych oraz zapraw murarskich w warunkach laboratoryjnych oraz rzeczywistych, w miejscach ich wbudowania.

W pierwszym z programów badań dokonano analizy czynników wpływających na wyniki uzyskiwane w testach bazujących na metodzie flat-jack. Były to dwa najczęściej wykonywane i powtarzalne testy diagnostyczne określające poziom naprężeń ściskających oraz rejestrujące zależność: naprężenie – odkształcenie, przeprowadzone z użyciem poduszek flat-jack różniących się kształtem. Na podstawie uzyskanych wyników Doktorant ustalił, że kształt poduszek flat-jack oraz ich rozstaw w znaczny sposób wpływa na wielkość odkształceń muru. Zbyt mała powierzchnia poduszek ciśnieniowych może prowadzić do nieprawidłowych wniosków opisujących odkształcalność muru. Podczas badań wielkości naprężeń ściskających nie zarejestrowano znaczących różnic pomiędzy wynikami.

Drugi program badań dedykowany został ocenie zapraw w spoinach wspornych murów ceglanych. Do analizy ich wytrzymałości wykorzystano nowo opracowany penetrometr RSM 15, a otrzymane przy jego pomocy wyniki pozwoliły na przeanalizowanie wpływu wielkości naprężeń w murze, stopnia jego zawilgocenia oraz wytrzymałości badanych zapraw na ściskanie. Ponadto, w ramach przeprowadzonych badań Doktorant przeanalizował przy użyciu stalowych trzpieni wpływ jaki ma wytrzymałość zaprawy oraz smukłość próbki na wyniki badań. Dla zapraw słabszych, prawdopodobieństwo przeszacowania wytrzymałości na ich ściskanie wzrastało wraz ze wzrostem skrępowania próbki.

Ostatni z programów badań, ukierunkowany został na opracowanie autorskiej krzywej



konwersji dla sklerometru Silver Schmidt. Do jej opracowania Doktorant zebrał dane z badań przeprowadzonych w trzech historycznych budynkach Krakowa. Pozwoliło to na skorygowanie krzywej konwersji opisanej w UIC 778-3 dla klasycznego młotka Schmidta i dedykowanej konstrukcjom budowlanym podczas ich wznoszenia, dla których stosowano podwyższone standardy wykonania.

#### 4. Ocena merytoryczna rozprawy

##### 4.1 Przedmiot, cel i tezy rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest podjęcie się rozwiązania bardzo istotnego problemu z jakim praktycznie zawsze można spotkać się w praktyce budowlanej podczas wydawania ocen o sprawności technicznej historycznych i innych eksploatowanych konstrukcji murowych. „Kondycję techniczną” takich obiektów i ich elementów bardzo często ocenia się na tzw. „oko”, co jednoznacznie należy uznać nie tylko za zasadę dalece upraszczającą zagadnienie a wręcz niebezpieczną, zagrażającą bezpieczeństwu obiektów budowlanych oraz korzystających z tych obiektów. Jak dotąd nie opracowano prostych metod i powiązanych z nimi narzędzi, które pozwalałyby w orzecznictwie budowlanym na bezpieczną i wyczerpującą ocenę konstrukcji murowych „in situ”, szczególnie tych starszych o stosunkowo niskiej wytrzymałości i wysokiej odkształcalności. Liczba takich obiektów znajdujących się w naszym otoczeniu stale rośnie. Wymagają one postawienia rzetelnych diagnoz oraz wskazań na niezbędny do przeprowadzenia zakres prac naprawczych a często już tylko ratunkowych. Autor dysertacji podjął się takiej próby i jednocześnie rozwiązania zadania naukowego, jak dalece niełatwego to może o tym świadczyć obszerność udostępnionej do recenzji pracy, pozbawionej zbędnych opisów a zawierającej głównie studia literaturowe i ścisłą analizę naukowo - techniczną popartą precyzyjnymi badaniami własnymi „in situ” i zweryfikowanymi laboratoryjnie. Nadal polski / europejski inżynier budownictwa nie ma możliwości posługiwania się zarówno wytycznymi normowymi jak i specjalistycznym sprzętem dedykowanym diagnostyce eksploatowanych konstrukcji murowych. Natomiast warsztat jego pracy, którym się posługuje obarczony jest dużymi trudnościami związanymi z interpretacją uzyskiwanych wyników i odpowiedzialnością za niepewnie podejmowane decyzje.

##### Cel pracy zawarto w trzech następujących elementach:

1. adaptacja mało znanej i bardzo rzadko stosowanej w Polsce metody flat-jack w zakresie możliwym do wykorzystania w diagnozowaniu ceglanych konstrukcji historycznych, charakteryzujących się niską wytrzymałością przy stosunkowo wysokiej odkształcalności zapraw murarskich wraz z oceną wpływu kształtu oraz rozstawu poduszek ciśnieniowych na wyniki badań,
2. zasadność stosowania i możliwość wykorzystywania metody penetrometrycznej oraz metody *double punch test*, jako testów dedykowanych badaniom zapraw w spoinach murów istniejących,
3. opracowanie własnej krzywej korelacyjnej dedykowanej do określania wytrzymałości cegieł na ściskanie z wykorzystaniem sklerometru Silver Schmidt z uwzględnieniem ewaluacji dotychczasowych krzywych, rekomendowanych dla mechanicznej wersji sklerometrów w celu diagnozowania konstrukcji murowych, wzniesionych w podwyższonych standardach wykonawczych takich jak np.: wiadukty, mosty itp. Jak dotąd, najczęściej stosowanym w użyciu narzędziem dedykowanym szybkiej i nieinwazyjnej ocenie konstrukcji jest standardowy sklerometr (młotek Schmidta), lecz głównie w diagnozowaniu konstrukcji betonowych.



W podsumowaniu celu pracy Doktorant stwierdza, iż w swojej dysertacji przeanalizował możliwość weryfikacji i udoskonalenia metod MDT (małoinwazyjnych) i NDT (nieniszczących) w celu ich powszechnego wykorzystywania w diagnozowaniu konstrukcji murowych, szczególnie w zakresie badań *in situ*.

Zabrakło w tym podsumowaniu, że przeprowadzony zakres badań i analiz nie zamyka tego zadania naukowego i Doktorant nadal będzie poszukiwał metod i rozwiązań dedykowanych diagnozowaniu konstrukcji murowych. Celem dalszych działań powinno być stworzenie prostego i niezawodnego narzędzia do badań ww. konstrukcji „in situ” oraz narzędzia obliczeniowego do interpretacji wyników tych badań.

**Doktorant sformułował tu następujące tezy:**

**Teza 1**

Przy określaniu wartości naprężeń ściskających w murze metodą flat-jack zastosowany kształt poduszki ciśnieniowej nie ma istotnego wpływu na badaną wielkość. Zastosowanie poduszki ciśnieniowej z materiałów o niższych parametrach sprężystych niż stal zapewnia bardziej skuteczne oraz bardziej jednorodne przeniesienie obciążenia na badany mur, co jest szczególnie istotne w przypadku konstrukcji historycznych, podatnych na zwiększone deformacje pod obciążeniem lokalnym.

**Teza 2:**

W badaniach zależności naprężenie - odkształcenie metodą flat-jack uzyskiwane wyniki w istotny sposób zależą od rodzaju i wielkości zastosowanych poduszek jak również od ich rozstawu w trakcie badania.

**Teza 3:**

Metoda penetrometryczna stosowana do badań zapraw w spoinach murów, umożliwia ocenę jednorodności materiału w spoinie, w kierunku grubości muru oraz wstępną ocenę wytrzymałości na ściskanie słabych zapraw. Poziomy naprężen ściskających występujące zwykle w konstrukcjach murowych nie mają istotnego wpływu na wyniki badań.

**Teza 4:**

Metoda double punch test (DPT), pomimo szerokiego spektrum zapraw w diagnostyce których może być wykorzystana, cechuje się dużą wrażliwością na szereg cech badanej próbki zaprawy. Stąd określenie jednej wartości współczynnika konwersji umożliwiającego przeliczenie wytrzymałości zaprawy na wartość normową nie jest możliwe. Proponowane w literaturze wartości współczynników konwersji z przedziału 0,5 – 0,7 mogą w pewnych przypadkach prowadzić do przeszacowania wytrzymałości zaprawy na ściskanie.

**Teza 5:**

Badania sklerometryczne z wykorzystaniem młotka elektronicznego Silver Schmidt umożliwiają weryfikację jednorodności cegieł użytych podczas wznoszenia konstrukcji oraz wstępne oszacowanie ich wytrzymałości na ściskanie.

**Teza 6:**

Testy sklerometryczne prowadzone na konstrukcjach ceglanych przy wznoszeniu których stosowano podwyższone standardy wykonania oraz jakości zastosowanego materiału, cechuje

mniej niż rozrzut wyników, co ma korzystne przełożenie na dokładność oszacowania wytrzymałości na ściskanie muru.

#### 4.2 Krótka charakterystyka i ocena poszczególnych rozdziałów rozprawy

Tak, jak to wspomniano już w p. 3, układ rozprawy jest logiczny i czytelny pomimo tego, że na jej początku, w widocznym miejscu nie zamieszczono i nie wyjaśniono ważniejszych oznaczeń oraz definicji, co znacznie poprawiłoby jej czytelność i ułatwiło przyswajanie dalszej treści. Spis oznaczeń znajduje się na stronach 124 ÷ 125, przed trzema załącznikami kończącymi pracę.

**Rozdział 1** jest wprowadzeniem oraz krótkim uzasadnieniem wyboru podjętej tematyki. Doktorant szczegółowo przedstawia tu założone cele i omawia metody badawcze oraz przyjęte tezy, poddając je w dalszej części weryfikacji w oparciu o analizę literatury i doświadczeń światowych oraz krajowych, wyniki badań własnych przeprowadzonych w obiektach istniejących oraz w warunkach laboratoryjnych. Bardziej szczegółowy opis rozdziału znajduje się w p.4.1 recenzji.

**Rozdział 2** poświęcony został badaniom murów metodą flat-jack, wykorzystującą poduszki ciśnieniowe. Rozdział zawiera metodykę i wyniki badań własnych przeprowadzonych głównie w latach 2014 ÷ 2016. Doktorant bardzo szczegółowo analizuje tu aktualny stan wiedzy krajowej i zagranicznej pod kątem stosowanych metod diagnostycznych stosowanych w badaniach konstrukcji murowych. Rozdział ten składa się z siedmiu podrozdziałów opisujących: podstawowe badania konstrukcji murowych z wykorzystaniem metody flat-jack, wspomnianą wyżej ocenę stanu dotychczasowej wiedzy oraz poziomu dotychczasowych badań przeprowadzonych w Polsce i na świecie, program badań własnych, ocenę wpływu poduszek ciśnieniowych, ich rodzaju oraz lokalizacji na wyniki pomiarów naprężeń i odkształceń a także pierwsze, autorskie wykorzystanie metody flat-jack w Polsce. Sporą część rozdziału 2 poświęcono badaniom własnym, przeprowadzonym metodą flat-jack na ceramicznych konstrukcjach murowych, w skali naturalnej. W tym celu przeanalizowano wyniki badań na bazie kilku rodzajów poduszek stosowanych w Europie oraz autorskiej poduszki wykonanej ze stopu aluminium, dedykowanej głównie murowym konstrukcjom historycznym. Badania własne dotyczące oceny stanu naprężenia w ścianach murowanych Doktorant przeprowadził przy użyciu 6 typów poduszek ciśnieniowych, natomiast przy użyciu 3 poduszek zbadał zależność: naprężenie – odkształcenie. W tym rozdziale znajdują się również wyniki pierwszych w Polsce badań własnych metodą flat-jack, przeprowadzonych na fragmentach ścian budynku Teatru Victoria w Gliwicach, w latach 2014 ÷ 2015.

**Rozdział 3** jest to najobszerniejszym z rozdziałów w swojej treści i przypisany został badaniom wytrzymałościowym zapraw murarskich w ceglanych konstrukcjach murowych. Zawiera on osiem podrozdziałów, na które składają się: opis problematyki i testów stosowanych w diagnostyce zapraw, badania penetrometryczne, badania DPT (double punch test), analiza numeryczna próbek zapraw podczas badań DPT, ewaluacja przydatności małoinwazyjnych metod w badaniach jw., adaptacja metody penetrometrycznej do szacowania wytrzymałości zapraw na podstawie badań *in situ* oraz jej laboratoryjna weryfikacja.

W rozdziale tym, szczegółowo została opisana metoda penetrometryczna (PT) i wyniki badań własnych, przeprowadzonych na filarach wykonanych w laboratorium oraz *in situ*. Celem badań laboratoryjnych było określenie wpływu wielkości naprężenia ściskającego oraz poziomu zawilgocenia spoin na głębokości penetracji igły penetrometru. Opisana została tu również metoda double punch test (DPT) oparta na badaniu próbek zapraw, które pozyskiwano ze spoin



wspornych murów ceglanych wykonanych na zaprawach kilku rodzajów, w tym ze spoin wspornych murów historycznych. Ostatnią częścią rozdziału jest porównanie wytrzymałości zapraw określonych metodą penetrometryczną oraz metodą DPT ze szczególnym uwzględnieniem czynników mających na nie znaczący wpływ. Badania stanowiące przedmiot rozdziału 3 Doktorant przeprowadził w latach 2017 ÷ 2018 i 2020 ÷ 2021.

**W rozdziale 4** opisano ocenę parametrów wytrzymałościowych murów na podstawie badań sklerometrycznych. Rozdział ten tworzą trzy podrozdziały, na które składa się: aktualny poziom techniki i wiedzy związanej z badaniami jw., badanie obiektów o podwyższonych standardach realizacji, wykorzystanie do badań najnowszego typu sklerometru Silver Schmidt N. Urządzenie to Doktorant wykorzystywał w badaniach własnych, a dla którego jak dotąd nie opracowano krzywej konwersji w celu przeprowadzania ocen wytrzymałościowych konstrukcji ceglanych. Doktorant prowadził badania bezpośrednio na elementach murowych historycznych ścian ceglanych budynków Krakowa i na podstawie uzyskanych wyników badań przeprowadzonych w latach 2011, 2012, 2017, 2019 zaproponował własną wersję krzywej konwersji.

**Rozdział 5** zawiera podsumowanie pracy oraz wnioski końcowe. Autor weryfikuje tu poprawność przyjętych na wstępie sześciu tez, proponuje kontynuację prac badawczych oraz wskazuje na obszar wiedzy wymagający dalszych badań oraz analiz.

Pracę kończą streszczenia w języku polskim oraz angielskim, spis podstawowych oznaczeń występujących w opisach i wzorach rozdziałów, bibliografia oraz trzy załączniki zawierające wcześniejsze publikacje Doktoranta, których treść obszernie została wykorzystana w merytorycznej części pracy.

Należy tu podkreślić, że Doktorant pewnie porusza się w podjętej przez siebie tematyce, a tym samym dysponuje wystarczającą wiedzą oraz doświadczeniem mogącymi stanowić podstawę do zaproponowania w niedalekiej przyszłości pełnej i skutecznej metody diagnozowania obiektów budowlanych o konstrukcji murowej, dedykując ją powszechnym badaniom diagnostycznym w praktyce inżynierskiej.

Uważam, że podjęta przez Doktoranta tematyka powinna być kontynuowana a jej wymierne efekty pozwolą na znaczną poprawę jakości ocen eksperckich dotyczących stanu technicznego konstrukcji murowych, czyniąc je skuteczniejszymi od dotychczas powszechnie praktykowanych i nie dających rzeczywistego obrazu sytuacji.

Tutaj należy zwrócić uwagę na pewien niedosyt w ujęciu zagadnienia, lecz recenzent uważa, że będzie to przedmiotem dalszych badań i analiz Doktoranta. Mianowicie chodzi tu o uwzględnienie w późniejszych testach stanu zawilgocenia konstrukcji murowych wskutek podciągania kapilarnego, opadów atmosferycznych i np. ubytków w tynkach oraz zachodzących w nich procesów fizykalnych, szczególnie przy zmianach sposobów użytkowania budynków i budowli w dostosowywaniu ich do nowych warunków eksploatacyjnych.

## 5. Uwagi krytyczne

Na wstępie chciałbym podkreślić, że przedstawione w niniejszym punkcie uwagi krytyczne nie obniżają wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy i jednocześnie jej pozytywnej oceny. Część uwag zamieszczono już w punkcie 4 recenzji. Należy je traktować jako formę dyskusji badaczy i praktyków, którzy podejściem naukowo – badawczym dążą do ulepszenia pewnych już ustabilizowanych i jednocześnie nie zawsze skutecznych w oczekiwanych efektach metod stosowanych w diagnozowaniu obiektów budowlanych i ustalaniu dla nich zakresu prac



naprawczych. Mam nadzieję, że uwagi te znajdą zrozumienie Doktoranta i ukierunkują jego przyszłe działanie zarówno w dalszej praktyce budowlanej jak i badawczo naukowej.

**Inne uwagi krytyczne i pytania jakie nasunęły się podczas recenzowania pracy:**

- 5.1 Mała czytelność wykresów, rysunków i fotografii zamieszczonych w pliku z udostępnioną dysertacją.
- 5.2 Praca została napisana poprawnym językiem pod względem stylistycznym i gramatycznym. Recenzent nie wskazuje tu nawet na pewne niedociągnięcia edycyjne, w tym interpunkcyjne i literowe, ponieważ są praktycznie niezauważalne i nie mają merytorycznego wpływu na jej jakość i zrozumienie.
- 5.3 Tytuł rozprawy jest poprawny i ściśle związany z celem w niej postawionym, lecz moim zdaniem mógłby zostać uzupełniony o bardzo cenny element jakim jest tu również zakładany jej efekt aplikacyjny. Praca jest podsumowaniem dotychczasowej, jeszcze bardzo ubogiej wiedzy z zakresu badań konstrukcji murowych *in situ* i jednocześnie zaskakuje nowatorskim i bardzo merytorycznym podejściem Doktoranta do tradycyjnie i powszechnie dotychczas rozwiązywanych problemów i metod, których nie znajdziemy w krajowych jak również europejskich normach oraz przepisach, jedynie w ograniczonym zakresie w literaturze polskiej oraz światowej.
- 5.4 Każdy z rozdziałów mógłby zostać zakończony odrębnym i krótkim podsumowaniem, wprowadzającym do dalszej treści.
- 5.5 W opisie badań zabrakło informacji na temat np. stanu elementów murowych oraz rozkładu wilgoci na powierzchniach i w strukturze murów oraz zapraw poddawanych testom „in situ”.
- 5.6 Zabrakło również informacji o tym, czy dalsze badania będą obejmowały również analizę konstrukcji silnie zużytych technicznie tj. intensywnie zarysowanych lub spękanych oraz zawilgoconych.
- 5.7 Proszę o ustosunkowanie się do zapisu normy ASTM C1196 (dot. określenie stanu naprężeń ściskających i parametrów odkształceniowych w istniejącej konstrukcji) wskazującego na to, że badania powinny być prowadzone w miejscach wolnych od zawilgocenia oraz nie bezpośrednio przy otworach oraz krawędziach ścian natomiast wymiary i powierzchnia poduszki nie powinny być mniejsze od wymiaru ściany.
- 5.8 Zabrakło informacji, jakim materiałem powinno się wypełniać szczeliny po usuniętych w celach badawczych spoinach wspornych tj. po już usunięciu poduszek, w normie ASTM C1196 wskazuje się ogólnie na zaprawę renowacyjną – nie chodzi tu o badania aktualne, lecz przyszłe już powszechne „in situ”?
- 5.9 Czy wg Doktoranta, w normach „murowych” powinny znaleźć się stosowne zapisy dot. wymagań i wytycznych z zakresu ocen stanu technicznego obiektów już istniejących, a jeżeli tak to w jakiej formie?
- 5.10 Cechą i wartością historycznych obiektów zabytkowych jest ich autentyczność stąd też liczba miejsc do badań nawet małoinwazyjnych powinna być ograniczana do niezbędnego minimum, ponieważ mury charakteryzują się dużą niejednorodnością – w dysertacji Doktorant nie odniósł jednoznacznie do tego zagadnienia, tj. jak ograniczać fizyczną ingerencję w historyczną substancję.



- 5.11 Czy podczas badań, w celu uzyskania jak najdokładniejszych i wymiernych ich wyników można ograniczać wymiar poduszek w stosunku do grubości murów, szczególnie przy murach masywnych, np. o szerokościach znacznie przekraczających np. grubość 50 cm i jaki to może mieć wpływ na ich wiarygodność?
- 5.12 Jak można sprawdzić, że rozkład ciśnienia (docisk blach do muru) jest równomierny, ponieważ wówczas można uzyskać wyniki bliskie rzeczywistym parametrom?
- 5.13 Jaka jest krotkość wykorzystywania blach w badaniach i jak była żywotność poduszki autorskiej, wykorzystywanej w badaniach do pracy.
- 5.14 Czy odprężenie muru po usunięciu poduszek nie utrudniało uzupełnienia spoin i czy spoina wsporna była znacząco węższa?
- 5.15 Jak alternatywna metoda badań murów tj. Tube-jack przy użyciu rurek instalowanych w wywierconych otworach w ścianie sprawdza się w testach badawczych?

## 6. Wnioski

Recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska mgr inż. Dawida Łątki pt. „Wytrzymałość i odkształcalność ceglanego muru – ocena na podstawie badań nieniszczących i małoszczących”, której promotorem jest prof. dr hab. inż. Andrzej Winnicki stanowi oryginalne rozwiązanie zadania naukowego i jednocześnie ma charakter aplikacyjny, który w przyszłości pozwoli na zmianę stanowiska do podejścia ściśle eksperckiego w diagnozowaniu historycznych i współczesnych obiektów budowlanych w zakresie ich konstrukcji murowych, zapraw murarskich i innych elementów z nimi powiązanych.

Doktorant wykazał się obszerną wiedzą teoretyczną oraz praktyczną, znajomością zagadnień oceny stanu technicznego, znajomością aktualnego stanu wiedzy naukowej w zakresie zagadnień będących przedmiotem rozprawy. Świadczy to o jego dojrzałości naukowej oraz o odpowiednim przygotowaniu do dalszego kontynuowania prac badawczo – naukowych.

W mojej opinii cele postawione w rozprawie zostały osiągnięte natomiast tezy zbudowane przez Doktoranta zostały bez wątplenia potwierdzone, z wyjątkiem jednej tj. 3, której prawdziwość zweryfikowano tylko częściowo. W tym ostatnim przypadku wyniki badań przeprowadzone na filarkach laboratoryjnych nie pozwoliły na określenie wpływu zmiany naprężenia ściskającego na głębokość penetracji igły penetrometru a otrzymane zależności pomiędzy zmianą głębokości penetracji (przy jednoczesnej zmianie wartości naprężeń ściskających) a numerem uderzenia nie cechowała spójna tendencja.

Rozprawa zawiera nowatorskie podejście do zagadnień diagnozowania obiektów budowlanych w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji i wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport i tak jak to już wielokrotnie podkreślono stanowi cenną wartość pod względem naukowym i jednocześnie praktycznym. Jej dużym atutem jest wysokie zaawansowanie stopnia badań laboratoryjnych oraz badań „in situ” dedykowane również obiektom historycznym a także wglębna i jednocześnie krytyczna analiza wyników tych badań. Należy to uznać za bardzo cenne chociaż jeszcze nadal pionierskie podejście do tak złożonego problemu badawczego, który jak mam nadzieję znajdzie swoją kontynuację w badaniach i analizach, czego Doktorantowi życzę.

Doktorant sam wytycza sobie dalsze kierunki badań poprzez wolę poszerzania wiedzy dotyczącej nieinwazyjnego lub mało-inwazyjnego diagnozowania konstrukcji murowych. Obecnie osiągnął on już stabilną podstawę do kontynuacji dalszych działań poprzez nabycie w minionym czasie doświadczenie badawczo – analityczne.

Tutaj wskazuje na obszary wiedzy wymagające dalszych badań poprzez:



- opracowanie zależności umożliwiającej przeliczenie w najbardziej wiarygodny sposób modułu E muru wyznaczonego w teście flat-jack na moduł E wyznaczony w innym teście, na przykład bezpośrednio na filarach ceglanych o zadanej smukłości,
- podjęcie próby stworzenia matematycznego opisu zjawiska stanowiącego spójną podstawę teoretyczną, np. opracowanie krzywych dedykowanych konkretnym rodzajom zapraw lub oszacowaniem współczynników korekcyjnych (np. wpływ dużych ziaren kruszywa często występujących w zaprawach budynków historycznych), poszerzając w ten sposób możliwości penetrometru dynamicznego,
- oszacowanie kilku dodatkowych krzywych dedykowanych konkretnym przypadkom (podział ze względu na przeznaczenie obiektu, obszar terytorialny lub wiek konstrukcji) Dla zapewnienia jak najwyższego poziomu ufności wyników badań sklerometrycznych.

### Kończąc recenzję rozprawy pozwalam sobie na sformułowanie następującej tezy:

Środowisko inżynierów pilnie oczekuje na opracowanie nieskomplikowanej i jednocześnie skutecznej metody badawczej „in situ”, niezbędnej do przeprowadzania ocen stanu technicznego konstrukcji murowych.

Uważam, że Doktorant jest na właściwej i niedalekiej już „drodze” do osiągnięcia przynajmniej znacznej części tego celu. Finalnie opracowana metoda nie tylko ułatwi prace eksperckie, lecz z pewnością „uratuje” wiele cennych obiektów przed tzw. „nietrafionymi” i szkodliwymi dla nich diagnozami. Wyniki badań własnych przedstawione w dysertacji jak również analiza dotychczasowych osiągnięć na świecie w zakresie diagnozowania konstrukcji murowych wskazuje na taką możliwość i to w niedalekiej przyszłości.

### 7. Sentencja recenzji

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Dawida Łątki pt. „Wytrzymałość i odkształcalność ceglaneanego muru – ocena na podstawie badań nieniszczących i małoniszczących” **spełnia wymogi** stawiane w Ustawie z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003, nr 65, poz.595, z późn. zm.) oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 26 września 2016 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U.2016.poz.1586), **stad wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Kończąc recenzję, składam na ręce Doktoranta i Promotora gratulacje za trafny wybór tak ważnego i trudnego tematu, za jego wnikliwą analizę popartą bardzo zaawansowanymi badaniami.

Jednocześnie wnoszę o wyróżnienie tej pracy za cenne podejście naukowo - badawcze oraz już częściowo praktyczne do problemów ocen stanu technicznego budownictwa murowanego, na zasadach wyróżniania prac doktorskich obronionych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

*z poważaniem*

*Dawid Łątko*