

Prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła  
Politechnika Wrocławska  
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław  
e-mail: [jerzy.hola@pwr.edu.pl](mailto:jerzy.hola@pwr.edu.pl)

Wrocław, 12 czerwca 2023 r.

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**mgra inż. Krzysztofa Girusa**

**pt.: Wielokryterialna diagnostyka systemów naprawczych wtórnego  
mocowania warstw ściennych w technologii wielkopłytovej**

### **1. PODSTAWY OPRACOWANIA RECENZJI**

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowi pismo z dnia 26 kwietnia 2023 roku o znaku RD/d/25/02/2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, podpisane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Pana prof. dr hab. inż. Jacka Pielecha i zawierające prośbę o sporządzenie recenzji.

Merytoryczną podstawę opracowania recenzji stanowi załączona do ww. pisma rozprawa doktorska mgra inż. Krzysztofa Girusa.

Prawną podstawę opracowania recenzji stanowią obowiązujące przepisy Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (DZ. U. z 2017 r. poz. 1789) i Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (DZ. U. poz. 1669) z dnia 30 sierpnia 2018 r., a także Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. *w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).

## 2. PRZEDMIOT I ZAWARTOŚĆ ROZPRAWY

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Krzysztofa Girusa pt: „Wielokryterialna diagnostyka systemów naprawczych wtórnego mocowania warstw ściennych w technologii wielkopłytywowej”. Promotorem rozprawy jest Pan prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak. Recenzowana rozprawa ma charakter badawczo-analityczny i ujęta została w 7 rozdziałach. Liczy 161 stron wydruku komputerowego, w tym 72 rysunki, 25 wykresów i 38 tabel. Przywołana w rozprawie bibliografia liczy 206 pozycji, w tym 23 pozycje norm. W przypadku 6 pozycji bibliograficznych Autora rozprawy 4 są autorskie (w tym praca magisterska wykonana w 2013 roku) i 2 współautorskie.

Rozprawę rozpoczyna spis treści, po którym umieszczono streszczenie w językach polskim i angielskim oraz wykaz ważniejszych oznaczeń.

Rozdział 1 to wprowadzenie składające się z dwóch podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale umieszczono wstęp, natomiast w drugim cel i cele pośrednie (częstkowe) pracy oraz hipotezę i założenia.

Rozdział 2, nazwany ściana trójwarstwowa - opis (31 stron), ujęty został w 5 podrozdziałach i zawiera przegląd literatury dotyczący zewnętrznych ścian trójwarstwowych w budynkach wielkopłytowych. Pierwszy podrozdział dotyczy ideowej genezy projektu trójwarstwowego elementu ściennego, drugi zawiera studium występujących ścian trójwarstwowych, a w trzecim dokonano charakterystyki sił działających w trójwarstwowym elemencie ściennym. W czwartym podrozdziale omówione zostały czynniki niszczące wpływające na trwałość ścian zewnętrznych w budynkach wielkopłytowych, a w piątym występujące w tych ścianach błędy wykonawcze i projektowe.

Rozdział 3 poświęcono diagnostyce stanu elementów ścian zewnętrznych (22 strony). Pierwszy podrozdział tego rozdziału dotyczący metod diagnozowania stanu technicznego oraz pierwsza część podrozdziału drugiego, dotycząca identyfikacji nieprawidłowości na przykładzie wybranych budynków i obejmująca krytyczny przegląd przykładów literaturowych (3.2.1), są ciągiem dalszym przeglądu literatury. Natomiast druga część rozdziału 2 zawiera wyniki własnych badań fasad (3.2.2) i opracowane arkusze inwentaryzacyjne ułatwiające pogrupowanie i uporządkowanie zbieranych podczas tych badań informacji.

Rozdział 4 zawiera wyniki własnych badań pojedynczych, zdegradowanych elementów ściennych trójwarstwowych (28 stron). Podano w tym rozdziale, składającym się z 5 podrozdziałów, metodykę badań (4.1), opis zastosowanych metod badawczych (4.2), uzyskane wyniki badań (4.3), opracowanie statystyczne dotyczące występowania uszkodzeń i wad (4.4) w rozbiciu na agregację błędów wykonawczych i projektowych pod względem stopnia zagrożenia (4.4.1) i na klasyfikację uszkodzeń pod względem częstości występowania (4.4.2) oraz dokonano ustalenia próby reprezentatywnej (4.5.1) i ponownego zweryfikowania metod badawczych (4.5.2).

Rozdział 5 poświęcony został analizie systemów naprawczych wtórnego mocowania (33 strony) i składa się z 4 podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale dokonano podziału i zróżnicowania stosowanych systemów wtórnego mocowania, a w drugim określono dla nich wiodące cechy i parametry. Podrozdział trzeci podaje obowiązujące założenia normowe projektowania łączników w stwardniałym betonie. Podrozdział czwarty dotyczy badania i modelowania połączeń wtórnych i obejmuje swoim zakresem metody analizy i badań (5.4.1), budowę indywidualnego stanowiska badawczego (5.4.2), modyfikację cech materiałowych (5.4.3), wyniki pomiarów (5.4.4) oraz weryfikację obliczeniową uzyskanych wyników (5.4.5).

Rozdział 6 dotyczy wielokryterialnej analizy doboru kotew i składa się z 4 podrozdziałów, w których w kolejności zamieszczono: rozwiązanie zadania optymalizacyjnego, weryfikację poprawności założeń poprzez modelowanie MES, próbę uwzględnienia kryteriów jakościowych, propozycję algorytmu do wielokryterialnej diagnostyki ścian w celu doboru systemów wtórnego mocowania.

W rozdziale 7, nazwanym zakończenie, umieszczone zostało podsumowanie oraz wnioski końcowe i kierunki przyszłych badań.

Po rozdziale 7 umieszczona została bibliografia kończąca rozprawę.

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą stwierdzam, że jej treść jest w zgodzie z tytułem. Przyjęty układ rozprawy nie budzi większych zastrzeżeń i jest typowy dla prac o charakterze badawczo – analitycznym. Rozprawę napisano poprawną polszczyzną, zilustrowano w wystarczającym stopniu rysunkami, wykresami i tabelami. Wybór pozycji bibliograficznych jest trafny i wystarczający,

50% stanowią prace nie starsze niż 10 lat (licząc z rokiem 2013), a około 25% stanowią prace obcojęzyczne - głównie anglojęzyczne.

### **3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY**

#### **3.1 Ocena doboru tematu i postawionego celu**

Ocenę doboru tematu i postawionego celu pragnę rozpocząć od zwrócenia uwagi na lata 70. i 80. ubiegłego wieku, kiedy to doszło do dynamicznego rozwoju uprzemysłowionego budownictwa mieszkaniowego w związku z dużym niedoborem mieszkań spowodowanym ówczesną sytuacją demograficzną. W wielu krajach zachodniej Europy, jak na przykład w Niemczech, Danii, Francji czy w Wielkiej Brytanii, ale również w Europie wschodniej „postawiono” wtedy na technologię wielkopłytową. Warto przypomnieć, że tylko w Polsce opracowano w tamtym czasie kilkanaście różnych wielkopłytowych systemów konstrukcyjno - montażowych i wybudowano kilkadziesiąt zakładów prefabrykacji - w tym fabryk domów - produkujących elementy potrzebne do zmontowania budynków na budowie. W systemach tych prefabrykowane ściany zewnętrzne cechowała trójwarstwowość, ze zróżnicowaniem grubości poszczególnych warstw zapewniającym uzyskanie przez nie m.in. wymaganej nośności i wymaganej wówczas wartości współczynnika przenikania ciepła, przy uwzględnieniu warunku minimalnej grubości tych przegrody. Warstwy te to nośna i fakturowa, betonowe, rozdzielone warstwą ocieplającą wykonaną albo ze styropianu albo z wełny mineralnej. Połączenie warstw fakturowej z nośną zaprojektowano w postaci wieszaków stalowych (2 - 3 w elemencie) przekazujących punktowo ciężar własny warstwy fakturowej na warstwę nośną oraz rozmieszczonych obwodowo szpilek stalowych, zapewniając w ten sposób swobodę odkształceń termicznych warstwy fakturowej i przeniesienie obciążenia od ssania wiatru. Na początku założono, że wieszaki będą wykonane ze stali nierdzewnej. Później dopuszczono wykonanie wieszaków ze stali zwykłej zabezpieczonej antykorozyjnie.

Wskutek pośpiechu w projektowaniu, nieprzestrzeganiu założeń projektowo - technologicznych w połączeniu z masowością produkcji, preferowaniu ilości nad jakością, braku należytej kontroli produkcji w zakładzie prefabrykacji i montażu na budowie do czego przyczyniło się też ustawowe zlikwidowanie uczestnika procesu

budowlanego jakim jest inspektor nadzoru inwestorskiego, wiele elementów trójwarstwowych wbudowanych wtedy w budynki wielkopłytkowe cechuje się licznymi wadami mogącymi skutkować obniżeniem trwałości i utratą bezpieczeństwa użytkowania. Obecnie po niemal 40 – 50 latach eksploatacji budynków wielkopłytkowych znaczenia nabiera kwestia bezpieczeństwa użytkowania i trwałości ścian trójwarstwowych. Kluczowe znaczenie przypisuje się w tej kwestii stalowym wieszakom narażonym na destrukcyjne oddziaływania środowiskowe mogące zostać zintensyfikowane obecnością niektórych wad (brak zabezpieczenia antykorozyjnego stali, za płytkie ich zakotwienie i niewłaściwe ich rozmieszczenie w elemencie, rysy i pęknięcia warstwy fakturowej, za duża grubość warstwy fakturowej, nieszczelne złącza, itd.). Dlatego zostały opracowane systemy łączników o ustandaryzowanych wymaganiach do wtórnego mocowania warstwy fakturowej w warstwie nośnej, w celu przeciwdziałania utracie bezpieczeństwa użytkowania elementów trójwarstwowych. Znamienne jest jednak to, że systemy te stosowane są w zasadzie intuicyjnie i często „na wszelki wypadek”. W literaturze wiele uwagi poświęcono dotychczas m. in. diagnozowaniu budynków wielkopłytkowych, opisowi wad ścian zewnętrznych i metodom usuwania tych wad przed dociepleniem ścian, wpływowi wad na trwałość budynków wielkopłytkowych, co znajduje odzwierciedlenie w bardzo licznej bibliografii zamieszczonej w rozprawie. Opracowano metodykę oceny stanu technicznego wielkopłytkowych warstwowych ścian zewnętrznych. Przykładem w tym względzie są m.in. opracowania wykonane w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie (I. Woyzbun, M. Wójtowicz, J. Szulc), które również wymienione zostały w rozprawie w bibliografii. W literaturze brakuje jednak powiązania doboru łączników przeznaczonych do wtórnego mocowania w elementach trójwarstwowych warstwy fakturowej z warstwą nośną z występującymi wadami, aktualnym stanem technicznym i zaawansowaniem degradacji zwłaszcza warstwy fakturowej. Brakuje propozycji uszeregowania wad na przykład pod względem częstotliwości ich występowania i przypisania im wag z uwagi na powodowane przez nie potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa i trwałości. Brakuje algorytmu diagnostyki tych elementów, uwzględniającego różne kryteria i przydatnego w świadomym doborze systemów wtórnego mocowania warstw fakturowych. I to m.in. wypełnienie tych luk w literaturze Autor rozprawy postawił sobie za cel.

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że temat recenzowanej rozprawy bardzo dobrze wpisuje się w zasygnalizowany obszar tematyczny i zasługuje na pozytywną ocenę bo jest aktualny, interesujący poznawczo i aplikacyjny. Również na pozytywną ocenę zasługuje cel i cele pośrednie oraz hipoteza rozprawy sformułowane w podrozdziale 1.2 na stronach 14 i 15, bo są zasadne i oryginalne.

### **3.2. Tytuł rozprawy**

W tytule rozprawy „Wielokryterialna diagnostyka systemów naprawczych wtórnego mocowania warstw ściennych w technologii wielkopłytywowej”, w miejsce słowa diagnostyka, lepiej był użyć słów analiza doboru, tak jak w tytule rozdziału 6.

### **3.3 Ocena wartości naukowej rozprawy**

Po analizie rozprawy uważam, że do głównych osiągnięć naukowych Autora rozprawy można zaliczyć między innymi następujące dokonania.

1. Wykonanie badań własnych w zakresie oceny makroskopowej trójwarstwowych elementów ścian zewnętrznych w kilkunastu budynkach wzniesionych w systemach konstrukcyjno - montażowych R-76 (Ratajska wielka płyta) i SL-85 (System szczeciński - odmiana lokalna) z wykorzystaniem własnych arkuszy inwentaryzacyjnych porządkujących uzyskany zbiór danych, na użytek zbudowania bazy danych zawierającej informacje o występujących wadach i uszkodzeniach i przeprowadzenia dalszych analiz obejmujących m.in ich sklasyfikowanie,
2. Dobór zestawu metod badania zewnętrznych trójwarstwowych elementów ściennych oraz parametrów przydatnych do oceny zaawansowania degradacji tych elementów na użytek dalszej analizy odnośnie do wyboru systemu wtórnego mocowania warstwy fakturowej, a także wykonanie tymi metodami badań kilku elementów wykonanych w systemach R-76 i SL-85,
3. Przypisanie wadom i uszkodzeniom najczęściej występującym w elementach trójwarstwowych miar liczbowych opisujących częstość występowania i stwarzane potencjalne zagrożenie oraz przypisanie „wagi danej wadzie”,
4. Zamodelowanie wybranych połączeń wtórnych warstw w elementach trójwarstwowych i ich zbadanie w warunkach laboratoryjnych na zaprojektowanym do tego celu stanowisku badawczym oraz weryfikację uzyskanych rezultatów metodą obliczeniową,

5. Przeprowadzenie wielokryterialnej analizy doboru wtórnego mocowania warstwy fakturowej (optymalnej średnicy wieszaka – kotwy) z uwzględnieniem wybranych parametrów opisujących stan warstwy fakturowej (wytrzymałość na ściskanie betonu, grubość warstwy fakturowej, grubość warstwy ociepleniowej) i wskazanie obszaru rozwiązań dopuszczalnych (optymalnych) oraz, co jest bardzo cenne, obszaru rozwiązań niedopuszczalnych ze względu na nośność betonu na docisk,
6. Zaproponowanie autorskiego algorytmu wielokryterialnej diagnostyki elementów trójwarstwowych przydatnego do poprawnego, świadomego, doboru systemu wtórnego mocowania warstwy fakturowej do warstwy nośnej, mającego również dużą przydatność aplikacyjną.

#### 4. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

Podczas czytania rozprawy nasunęły mi się w kolejności następujące uwagi krytyczne, dyskusyjne oraz pytania do Autora.

- a) Wykaz ważniejszych oznaczeń sporządzony w kolejności ich występowania w rozprawie stanowi dla czytelnika duże utrudnienie w szybkim wyszukaniu konkretnego oznaczenia. Wykaz ten powinien zostać sporządzony w kolejności alfabetycznej (z rozdzieleniem na alfabet polski i grecki).
- b) Do ilustracji i tabel wnoszę następujące uwagi:
  - ✓ rysunki i wykresy lepiej było nazwać tak samo, tzn. rysunki,
  - ✓ wielkości liter, cyfr, oznaczeń powinny zostać na wszystkich ilustracjach i w tabelach ujednoczone, bo występują w tej kwestii znaczne dysproporcje (np. porównaj rys. 3 i pierwszy rys. w tab. 13 z rys. 69, wykres 1 z wykresem 4, tabelę 14 z tabelą 21),
  - ✓ opisy na rysunkach i w tabelach powinny zostać podane w j. polskim, a nie w j. angielskim, bo rozprawa napisana jest w języku polskim (patrz przykładowo rys. 3 i 58 i tabela 38). Możliwy jest oczywiście wariant dwujęzyczny (praktykowany np. w niektórych czasopismach naukowo – technicznych), ale wtedy należy nim objąć wszystkie rysunki i tabele,
  - ✓ arkusz inwentaryzacyjny pokazany na rysunku 35 jest kompletnie nieczytelny i ponadto nie objaśniono przyjętych w nim oznaczeń, co uniemożliwia

zorientowanie się jak znaczna ilość informacji może być w nim zawarta i w jakim stopniu są one uporządkowane (porównaj tę uwagę ze zdaniem zapisanym na s. 68 w drugim akapicie od góry). Proszę, żeby autor omówił ten arkusz podczas publicznej obrony rozprawy.

- c) W nawiązaniu do rysunku 23 proszę wyjaśnić, do czego może być przydatna w badaniach konstrukcji metoda ultradźwiękowa. Pytam o to, bo spośród kilku wymienionych na tym rysunku metod tylko dla tej metody brakuje takiej informacji. Proszę też o wyjaśnienie, dlaczego nie zdecydował się Pan na wykorzystanie metody ultradźwiękowej w badaniach własnych?
- d) Nazwa podrozdziału 3.1.2 i nazwa zawartej w tym podrozdziale tabeli 8 oraz zawartość tabeli 8 nie „współgrają” ze sobą. Ponadto tabela 8 nie zawiera tego, co zapowiedziano w zdaniu wprowadzającym tabelę w tekst. Z kolei tabela 14 ma nieprecyzyjną nazwę.
- e) Moim zdaniem wyniki badań własnych zamieszczone w podrozdz. 3.2.2 i 4.3 podane zostały w zbyt ogólnikowej formie. Między innymi należało w p. 3.2.2 podać liczbę budynków poddanych badaniom (napisano na s. 59, że kilkanaście). Należało podać liczbę płyt poddanych badaniom (napisano np. na s. 64, że możliwe było wykonanie pomiarów w od 2 do 4 miejsc w każdej płycie). Informacji takiej brakuje również w rozdziale 4. Należało podać w podrozdz. 4.3 przy poszczególnych badaniach liczbę próbek (dla serii pierwszej i drugiej), a w przypadku badań elektromagnetycznych liczbę badanych płyt. Również w podrozdz. 5.4 należało podać ile sumarycznie próbek (matryc betonowych) badano i ile w poszczególnych wariantach (patrz s. 116 i 117), jakie były wymiary tych matryc. Proszę o uzupełnienie tych brakujących informacji podczas publicznej obrony rozprawy.
- f) W nawiązaniu do słownictwa użytego w podrozdziale 4.4 i 4.5 proszę aby Autor wyjaśnił co rozumie przez uszkodzenie, defekt, wadę, błąd, bo czytając rozprawę odniosłem wrażenie, że stosuje to nazewnictwo zamiennie co nie jest moim zdaniem poprawne. Przykładowo:
- na s. 43 za błąd wykonawczy uznano wykorzystanie gorszej od zakładanej jakości materiałów, natomiast na s. 94 uznano to za defekt,
  - z podpisu tabeli 22 wynika, że są wady i uszkodzenia projektowe,
  - na s. 86 napisano, że lista wymienionych wcześniej błędów została przedstawiona w tabeli 22, a nazwa tabeli 22 brzmi: Wady i uszkodzenia.



- g) Spis oznaczeń zamieszczony na s. 109 i 110 dubluje w zasadzie oznaczenia wymienione w wykazie podanym na początku rozprawy na s. 9 – 12.
- h) Rysunek zamieszczony na s. 141, przedstawiający algorytm wielokryterialnej diagnostyki elementów ściennych trójwarstwowych w celu doboru wtórnego mocowania warstwy fakturowej, nie ma numeru i podpisu.
- i) Podana w podrozdziale 7.3 informacja nt. metody impact-echo (młoteczkowej) nie jest precyzyjna. W metodzie tej nie ma możliwości prowadzenia pomiarów w trybie ciągłym, jak to napisano w drugim akapicie tego podrozdziału. Możliwy jest pomiar wyłącznie punktowy.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Krzysztofa Girusa pt: „Wielokryterialna diagnostyka systemów naprawczych wtórnego mocowania warstw ściennych w technologii wielkopłytkowej” stanowi rozwiązanie postawionego oryginalnego problemu naukowego mieszczącego się w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Temat recenzowanej rozprawy jest aktualny i ma znaczenie naukowe i aplikacyjne, a sformułowany cel i cele pośrednie (częstkowe) oraz hipoteza są zasadne i oryginalne. Cele te zostały osiągnięte, a hipotezę można uznać za udowodnioną. Rozprawa dowodzi, że Autor posiada wystarczającą wiedzę w uprawianej przez siebie dyscyplinie, potrafi samodzielnie postawić oryginalny problem naukowy i przeprowadzić niezbędne badania i analizy potrzebne do jego rozwiązania, widzi kierunek przyszłych badań.

Uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej pozytywnej oceny rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny i porządkowy.

**Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Girusa spełnia wymogi ustawowe stawiane pracom doktorskim określone w aktach prawnych wymienionych w punkcie 1 niniejszej recenzji i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

