

18 sierpnia 2023 r.

Prof. dr hab. inż. arch. Janusz Rębielak  
Emerytowany profesor Wydział Architektury  
Politechniki Krakowskiej

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej

p. Mgr inż.arch. Agaty Jasiołek pt. „Paper-based building envelopes – design proposals and environmental assessment”

Niniejszą recenzję opracowano na podstawie pisma p. Prof.dr hab.inż.arch. Rafała Czernera, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Architektura i Urbanistyka Politechniki Wrocławskiej, z dnia 14 lipca 2023 roku informującego o powołaniu mnie na recenzenta tej dysertacji. Promotorem recenzowanej pracy doktorskiej jest p. Dr hab.inż.arch. Marcin Brzezicki, prof. uczelni, a promotorem pomocniczym jest p. Dr inż.arch. Jerzy Łątka.

Manuskrypt dysertacji o wyżej podanym tytule został ukończony w maju 2023 roku na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu.

### 1. Uwagi wstępne

Recenzowana praca doktorska jest napisana w języku angielskim, a jej treść jest zaprezentowana w jednym tomie, który zawiera 204 strony ponumerowane. Całość rozprawy jest podzielona na siedem rozdziałów głównych uzupełnionych o spis literatury liczący 207 pozycji, spis ilustracji zawierający 76 pozycji oraz spis 47 zamieszczonych w niej tablic. Rozdział pierwszy poprzedzają podziękowania Autorki, streszczenia w języku angielskim i w języku polskim oraz spis treści. Ponadto w końcowej części pracy znajduje się trzystronicowe Curriculum Vitae Doktorantki prezentujące Jej dotychczasowy dorobek naukowy, dydaktyczny, aktywność publikacyjną, konferencyjną, oraz w zakresie zgłoszeń patentowych i uczestnictwo w grantach krajowych, międzynarodowych, a także wykaz uzyskanych nagród.

Zakres tematyczny przytoczonych pozycji literaturowych pokrywa się z tematyką recenzowanej pracy. Autorka podaje precyzyjne dane dotyczące współautorstwa prac wykonanych przez Nią w ramach wieloosobowych zespołów badawczych, wcześniej opublikowanych i stanowiących stosowne części Jej dysertacji. Materiał ilustracyjny jest bardzo czytelny i opracowany na niezwykle wysokim poziomie graficznym, co ułatwia czytelnikowi percepcję zawartych tam informacji. Większość rysunków i ilustracji składa się wielu, niekiedy dość złożonych części, gdzie ponadto zamieszczono liczne dodatkowe i bardzo istotne wiadomości tekstowe co znacząco podnosi stopień trudności w dążeniu do prostego i jednoznacznego przekazu informacji. Mimo niekiedy złożonej struktury niektórych ilustracji ich czytelność dla odbiorcy jest bardzo dobra. Na podobnie wysoką ocenę zasługują tablice dzięki swej

prostocie w sposobie prezentacji zamieszczanych tam parametrów technicznych oraz wielu innych niezbędnych danych.

## 2. Analiza ogólna rozprawy doktorskiej

Powszechna już niemal świadomość ograniczeń w pozyskiwaniu ogólnie dotąd dostępnych zasobów materiałowych oraz energetycznych skłania liczne zespoły i instytucje badawcze do podejmowania coraz to bardziej intensywnych poszukiwań nowych rozwiązań technologicznych umożliwiających efektywne realizacje niekiedy bardzo złożonych zadań inwestycyjnych w różnych obszarach aktywności gospodarczej niemal wszystkich społeczeństw. Jednym z takich obszarów jest budownictwo pojmowane szeroko jako jednorodny proces projektowania, wytwarzania i eksploatacji obiektów o bardzo zróżnicowanych przeznaczeniach funkcjonalnych. Zadania inwestycyjne powinny być realizowane przy możliwie jak najmniejszych kosztach oraz wydatkach materiałowych i energetycznych oraz ochronie środowiska naturalnego, a wymogi te stanowią podstawowe zasady rozwoju zrównoważonego. Spełnienie ich staje się zadaniem coraz trudniejszym w dobie szybko zmieniających się wymogów funkcjonalnych, użytkowych i technicznych stawianym obiektom budowlanym w architekturze współczesnej. Obiekty te muszą także sprostać wyzwaniom powodowanym np. przez skutki katastrof naturalnych lub konfliktów zbrojnych i polegającym głównie na szybkim zapewnieniu tymczasowych i bezpiecznych schronień dla niekiedy bardzo licznych społeczności.

Stopień złożoności problemów technologicznych i logistycznych związanych z procesem szybkiego wznoszenia takich obiektów interwencyjnych jest niezmiernie wysoki i zmusza projektantów do stosowania możliwie jak najprostszycy postaci systemów konstrukcyjnych oraz używania dostępnych na miejscu materiałów o jak najniższym stopniu przetworzenia, lekkich i możliwych do wtórnego pozyskania. Papier i jego pochodne w postaci różnych odmian tektury należą do grupy materiałów mogących być wielce użytecznymi dla takich celów. Zagadnienia dotyczące określenia zasad projektowania takich obiektów mających spełniać stosowne normy budowlane dotyczące m.in warunków cieplno-wilgotnościowych czy też ochrony przeciwogniowej lub coraz bardziej rygorystycznych wymogów dotyczących ochrony środowiska, są obecnie znaczącym wyzwaniem badawczym.

Doktorantka dysponując odpowiednią wiedzą teoretyczną oraz podobnym doświadczeniem praktycznym podjęła się udowodnienia postawionej przez siebie tezy, iż stosując materiały papierowe „można zaprojektować w pełni funkcjonalną obudowę budynku o korzystnych właściwościach środowiskowych”. Mając na uwadze dokonujący się w szybkim tempie postęp technologiczny można uznać tą tezę za pozornie oczywistą, jednak szereg złożonych uwarunkowań technicznych oraz ogólnospołecznych sprawia, że jest ona jak najbardziej uprawniona i prawidłowo sformułowana i przez to wymaga wnikliwego naukowego udowodnienia.

Treść rozdziału pierwszego jest zaprezentowana na sześciu stronach stanowiąc bliższe wprowadzenie czytelnika w zakres tematyczny rozprawy i prezentując motywacje podjęcia się tego tematu pracy badawczej, definiując jej tezę oraz cele

nakreślone do osiągnięcia w trakcie jej realizacji wraz z przedstawieniem zastosowanej metodologii i opisem przyjętej struktury całości dysertacji.

Rozdział drugi jest najobszerniejszą objętościowo i faktograficznie częścią recenzowanej pracy zawartą na około siedemdziesięciu stronach. Zawiera on kompleksowo zebrane i metodycznie uporządkowane informacje dotyczące wielu parametrów technicznych i użytkowych papieru stosowanego jako materiał budowlany oraz jako integralny składnik struktury obudowy obiektu budowlanego.

Tematyka rozdziału trzeciego, liczącego około trzydziestu stron, dotyczy badań prowadzonych w tzw. mikroskali, których przedmiotem są problemy ochrony papieru przed wilgocią, jego ochroną przeciwogniową oraz problemy związane z procesem laminacji i klejenia, ponadto wpływem tych procesów technologicznych na wytrzymałość papieru i efektem ich oddziaływania na warunki środowiskowe.

W rozdziale czwartym, o objętości podobnej do objętości rozdziału poprzedniego, zaprezentowano wyniki badań prowadzonych w skali pośredniej, a dotyczących wyselekcjonowanego zestawu kształtów rdzeni papierowych struktur pokrycia, analizowanych pod kątem uzyskiwania odpowiedniej stabilności przy niewielkim zużyciu materiału konstrukcyjnego oraz dążeniu do osiągnięcia stosownych parametrów techniczno-eksploatacyjnych wymaganych od przegród budowlanych bez uszczerbku dla warunków środowiskowych.

Wyniki uzyskane w rozdziale czwartym stały się podstawą do badań prowadzonych w tzw. makroskali i zaprezentowanych w rozdziale piątym, mającym objętość rzędu dwudziestu pięciu stron. Przedstawione tu dane należą do najważniejszych wyników badań uzyskanych w całej dysertacji, a dotyczących sposobów efektywnego kształtowania papierowych struktur obudowy budynków.

W rozdziale szóstym w sposób bardzo zwięzły przedstawiono złożony zestaw problemów związanych z implementacją wyników badań uzyskanych w poprzednich rozdziałach w projektowaniu oraz realizacji prototypowej jednostki mieszkalnej.

Rozdział siódmy zawiera wnioski podsumowujące całość procesów studialnych, badawczych i projektowych przeprowadzonych zgodnie z regułami i procedurami przyjętymi przez Autorkę recenzowanej pracy doktorskiej.

### **3. Analiza i ocena szczegółowa pracy**

Z lektury pracy wynika, iż wiedza Doktorantki w przedmiotowym zakresie opracowanej przez Nią dysertacji jest znakomita co pozwala na swobodne i bardzo kompetentne prowadzenie przez Nią narracji dotyczącej wielu omawianych i rozpatrywanych problemów badawczych. Ta kompetencja jest zauważalna już na wstępie gdzie Autorka na Rysunku 1.2. zamieściła schemat struktury swojej pracy oraz metod zastosowanych w procesie jej opracowywania. Schemat ten świadczy o głęboko przemyślanym i uporządkowanym planie prowadzenia zamierzonych procedur oraz stosowaniu odpowiednich narzędzi i metod badawczych w celu uzyskania obiektywnych, dobrze udokumentowanych i opracowanych naukowo wyników przeprowadzonych poszukiwań i eksperymentów.

W rozdziale drugim zamieszczono kompleksowo uporządkowane dane i informacje pozyskane w wyniku gruntownego przeglądu i interdyscyplinarnych studiów pozycji literaturowych dotyczących aktualnego stanu wiedzy odnośnie papieru jako materiału powszechnie używanego do różnych celów, a szczególnie jego możliwości praktycznych zastosowań jako materiału budowlanego. Przedstawiono ogólny opis produkcji papieru i jego pochodnych oraz omówiono wpływ procesu technologicznego na cechy fizyczno-wytrzymałościowe takich produktów wzdłuż trzech głównych kierunków w przestrzeni trójwymiarowej. Przedmiotami analiz są cechy papieru i jego pochodnych wpływające na własności takie jak m.in. współczynnik przenikania ciepła, izolacyjność akustyczna, odporność na działanie wody i wilgoci czy też odporność ogniowa. Dużo uwagi poświęcono stosowanym połączeniom elementów papierowych oraz procesom ich laminowania z uwzględnieniem wpływu takich działań na środowisko naturalne. Znajdujące się w tej części pracy rysunki, schematy, wykresy i tablice są starannie opracowane co umożliwia sprawny przekaz zawartych tam licznych, ważnych i użytecznych informacji.

W podrozdziale poświęconym studiom i analizom uwarunkowań materiałowych i technologicznych papierowych obudów budynków zaprezentowano wybrane przykłady realizacji takich obiektów podając ich opisy ogólne wraz ze szczegółowymi specyfikacjami dotyczącymi układów warstw i innych stosownych charakterystyk. Analizę porównawczą parametrów takich obudów przeprowadzono na podstawie danych zamieszczonych w Tablicy 2.2.1a oraz w Tablicy 2.2.1b, które zostały uzupełnione o zbiorczy zestaw informacji podany w sposób bardzo skondensowany na Rysunku 2.29. Wnioski wynikające z kompleksowej analizy danych zgromadzonych i uporządkowanych w tej części pracy są istotną pomocą dla projektantów tego rodzaju obiektów budowlanych.

Rozdział trzeci należy do bardzo ważnych merytorycznie części recenzowanej dysertacji, a jego tematyka jest poświęcona złożonym zagadnieniom dotyczącym sposobów impregnacji wodoszczelnej, impregnacji umożliwiającej uzyskanie stosownej ognioodporności oraz procesom klejenia i ich wpływom na ostateczną jakość budowlanych struktur papierowych. Zamieszczone tu wyniki, uzyskane na drodze badań eksperymentalnych, stanowią znaczące uzupełnienie wiedzy w tym zakresie działalności projektowej oraz późniejszej realizacji obiektów budowlanych.

W rozdziale czwartym przedstawiono szczegółowo sześć propozycji innowacyjnego kształtowania struktur paneli obudowy papierowej możliwych do zastosowania wewnątrz przestrzeni obiektu jak i w jego strefach zewnętrznych. Celem porównania rdzeni o zbliżonych parametrach użytkowych przyjęto ujednolicone i stosownie zdefiniowane kryteria projektowe. Omówiono oddzielnie kształty rdzeni i postaci warstw zewnętrznych takich paneli, a za główne kryterium ocen przyjęto ich oddziaływanie na warunki środowiskowe. Schematy wszystkich rodzajów badanych przekrojów rdzeni pokazano w sposób bardzo klarowny na odpowiednich rysunkach, gdzie podano nie tylko ich wymiary geometryczne, ale również dodatkowe informacje techniczno-materiałowe. Zwięzłe komentarze tekstowe są przeplatane danymi zamieszczonymi w odpowiednio zredagowanych tablicach. Wyniki wykonanych przez Autorkę badań mają dużą wartość poznawczą odnośnie wyszczególnionych

przypadków, włączając w to fazę produkcji oraz fazę wycofywania z eksploatacji rozpatrywanego obiektu i należą one do najważniejszych oryginalnych rezultatów uzyskanych przez Doktorantkę. Uproszczenia przyjęte w procesie badawczym są usprawiedliwione tezami opublikowanymi w literaturze przedmiotu stwierdzającymi m.in., że w związku z brakiem dostatecznych danych dotyczących obciążeń środowiskowych związanych z prefabrykacją stosowaną w procesach wytwarzania wyrobów końcowych ich wpływ na ostateczną ocenę może być pominięty. Jest to moim zdaniem bardzo kontrowersyjne twierdzenie propagowane przez niektórych ekspertów i musi ono być w przyszłości rzetelnie zweryfikowane na podstawie wyników interdyscyplinarnych badań przeprowadzonych ponadto na bardzo szeroką skalę.

Podstawą dla zaprojektowania dwóch papierowych paneli obudów budowlanych, przedstawionych w rozdziale piątym, były wyniki badań i propozycje struktur warstwowych, które zostały zaprezentowane w rozdziale czwartym. Przeprowadzono ocenę korzyści środowiskowych wynikających z zastąpienia lekkich przegród budowlanych wykonanych z materiałów tradycyjnych z przegrodami wykonanymi głównie z papieru, w tym oczywiście analizowano dwie oryginalne, autorskie propozycje kształtowania systemów strukturalnych takich przegród. Wykazano szereg zalet przegród papierowych, ale także omówiono szereg ich wad. Wyniki tych analiz posłużyły do wskazania najbardziej korzystnych środowiskowo opcji rozwiązań strukturalnych. Badane przegrody są przewidywane do zastosowania w budynkach parterowych, o skali domów jednorodzinnych, wznoszonych na terenach o klimacie umiarkowanym i zapewniającym porównywalne właściwości użytkowe, w tym m.in. komfort termiczny i akustyczny.

Rozdział szósty jest poświęcony szczegółowej prezentacji projektu oraz budowy niewielkiego obiektu prototypowego, w realizacji którego zastosowano jeden z typów autorskich przegród budowlanych określany mianem The Tube Frame Envelope. Podano tu wszystkie parametry techniczne i użytkowe tego budynku wraz dokumentacją rysunkową w postaci stosownych rzutów, przekrojów oraz rysunku aksonometrycznego, a także zestawu fotografii dokumentujących proces produkcji elementów składowych tego prototypu.

Rozdział siódmy zawiera kompleksowe podsumowanie wyników prac badawczych zaprezentowanych w recenzowanej dysertacji, gdzie podkreślono kluczowe znaczenie w procesach projektowania i późniejszej eksploatacji przyjętego na wstępie rodzaju konstrukcji panelu obudowy papierowej, ilości i rodzaju kleju koniecznego do scalenia elementów składowych, systemu wentylacji oraz parametrów termoizolacyjności, wodoodporności, ognioodporności oraz odporności na uszkodzenia mechaniczne. Przedstawiono przegląd osiągniętych celów poznawczych uzasadniających postawioną na wstępie tezę całej pracy, zaprezentowano w skrócie ograniczenia pojawiające się w toku realizacji podjętych zadań oraz nakreślono przewidywane kierunki przyszłych działań badawczych w zakresie tematycznym recenzowanej pracy doktorskiej. W końcowej części tego rozdziału należy odnotować bardzo pomysłowo sporządzony Rysunek 7.1., który został zaprojektowany jako graficzna prezentacja wszystkich kluczowych etapów badań i analiz przeprowadzonych przez Doktorantkę w toku realizacji Jej pracy.

#### 4. Ocena ogólna pracy

Przystępując do oceny recenzowanej dysertacji należy przede wszystkim podkreślić pionierski i unikatowy charakter badań, studiów oraz testów przeprowadzonych w obszarze dynamicznie rozwijającej się współcześnie technologii budownictwa z szerokim zastosowaniem komponentów papierowych. Rezultaty osiągnięte przez Doktorantkę będą z pewnością pomocne w opracowaniu normatywnych zasad efektywnego projektowania i realizacji obiektów budowlanych wznoszonych w tej technologii. Ten niezwykle cenny dorobek poznawczy jest wynikiem połączenia w jednorodnym procesie badawczym, mającym jednak charakter wybitnie interdyscyplinarny, zadań natury teoretycznej oraz zaplanowanych działań praktycznych mających na celu zweryfikowanie przyjętych założeń poprzez realizację obiektu prototypowego. Osiągnięte rezultaty mogą przyczynić się do zwiększenia efektywności przedmiotowej technologii budowlanej oraz m.in. do większej akceptacji społecznej budynków realizowanych w tej technologii.

Cechą charakterystyczną rozprawy jest jednolita struktura poszczególnych jej rozdziałów, na początku których definiowane są aktualne zadania badawcze, których rozwiązania są następnie prezentowane, a w końcowej części każdego rozdziału osiągnięte rezultaty są wnikliwie omawiane. Zauważone nieliczne i drobne usterki natury redakcyjnej nie mają wpływu na bardzo wysoką ocenę strony merytorycznej całej dysertacji. Ilustracje są bardzo dobrej jakości, a proste struktury wykresów oraz tablic ułatwiają czytelnikowi sprawny i czytelny odbiór oraz interpretację zawartych tam danych i informacji.

#### 5. Wniosek

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa p. Mgr inż.arch. Agaty Jasiołek pt. „Paper-based building envelopes – design proposals and environmental assessment” spełnia wszystkie warunki stawiane przez obowiązującą ustawę o tytule i stopniach naukowych i może być podstawą dla kolejnych etapów przewodu wszczętego na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej w sprawie nadania Kandydatce stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej architektura i urbanistyka.

Jednocześnie uwzględniając pionierski charakter badań oraz oryginalność i innowacyjność otrzymanych wyników, rzetelność wykonanych procedur badawczych a nade wszystko bardzo wysoką w mojej ocenie jakość całości tego opracowania naukowego wnoszę już na tym etapie o możliwość wyróżnienia tej pracy doktorskiej w dyscyplinie naukowej architektura i urbanistyka.

Uzasadnieniem tego wniosku jest cała niniejsza recenzja, a w szczególności jej punkt nr 4.

