

prof. dr hab.inż.arch. Waław Celadyn

Kraków, 28.01.2022 r.

Politechnika Krakowska  
Wydział Architektury  
Instytut Projektowania Budowlanego  
30-084 Kraków  
ul. Podchorążych 1

## RECENZJA

**pracy doktorskiej mgr inż.arch. Mateusza Płoszaja-Mazurka**

**pt: " Cyfrowe metody wspomaganie projektowania architektonicznego  
a analiza śladu węglowego budynków"**

### Charakterystyka formalna pracy

Podstawę formalną opracowania stanowi pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej prof.dr hab. inż. arch. Krystyny Solarek, prof.PW z dnia 20.12.2021 roku.

Podstawę merytoryczną stanowi załączona dysertacja doktorska. Posiada ona 225 stron tekstu wraz z licznymi ilustracjami, tabelami i wykresami, spisem treści, bibliografią, wykazem terminów, skrótów i zwrotów, spisem rysunków, spisem tabel oraz załącznikiem, streszczeniem w języku polskim i abstraktem angielskim.

### Tematyka pracy

Autor podjął w swojej dysertacji niezwykle interesujący, bardzo ważny i aktualny temat związany z nowymi metodami projektowania architektonicznego uwzględniającymi paradygmat projektowania zrównoważonego.

Pretekstem do rozwinięcia tematyki stało się podjęte przez Doktoranta zagadnienie wykorzystywania programów komputerowych w projektowaniu architektonicznym jako narzędzi pozwalających na zalgorytmizowanie rozwiązań formalnych oraz ich wykorzystania do obliczania śladu węglowego budynków. O wzrastającym od wielu lat zainteresowaniu tym zagadnieniem świadczy przedstawiona w pracy znaczna ilość zróżnicowanych programów komputerowych związanych z tym zagadnieniem. Autor

wypowiada się na ten temat w sposób kompetentny na bazie swoich doświadczeń zawodowych, w tym zagranicznych, oraz studiów stosownej literatury.

### Uwagi ogólne

Autor wskazał w swej dysertacji na dużą wagę zagadnienia wynikającą ze wzrastającej, według niego, roli projektowania realizowanego zgodnie z paradygmatem architektury zrównoważonej. W szczególności odniósł się do niekorzystnego zjawiska wysokiego śladu węglowego związanego z obiektami budowlanymi. W swojej dysertacji przedstawia logiczną drogę postępowania prowadzącą do wypracowania wygodnej i szybkiej metody obliczania śladu węglowego budynków. Czyni to na bazie obiektów mieszkalnych wielorodzinnych jako najbardziej rozpowszechnionego, przykładowego typu budownictwa pozwalającego na wykorzystanie przyjętej metody postępowania i sprawdzenia jej efektów w zakresie badanego parametru architektury.

Autor przyjął 3 tezy, które w pracy miały być udowodnione:

- 1/ W zintegrowanym projektowaniu architektonicznym możliwe jest sformułowanie decyzji projektowych, które wpływają na ślad węglowy realizowanych budynków.
- 2/ Zastosowanie cyfrowych metod wspomaganie projektowania umożliwi redukcję śladu węglowego projektowanego budynku o co najmniej 10%, w porównaniu do projektu realizowanego bez wykorzystania narzędzia.
- 3/ Wykorzystanie metod opartych na algorytmach uczenia maszynowego pozwala na stworzenie narzędzi pomagających obniżyć ślad węglowy budynku mających zastosowanie na wczesnym etapie procesu projektowego.

To niewątpliwie bardzo ambitne zadanie wymagające obszernych wstępnych badań oraz wielu prób wykorzystania i sprawdzenia przydatności programów i aplikacji komputerowych.

### Struktura części merytorycznej pracy

Praca jest dość obszerna - zawiera 225 stron. Składa się z trzech zasadniczych części i załącznika z bazą danych do analizy śladu węglowego.

W części pierwszej - Wprowadzeniu zamieszczono standardowe elementy wstępu, tj. uzasadnienie wyboru tematu, cele pracy, tezy, określenie zakresu badań, zakres czasowy, opis metodyki badawczej. Ta część pracy jest szerokim, niezbędnym wprowadzeniem do tematyki.

Część druga - Teoretyczna-analityczna, najobszerniejsza, zawiera informacje ogólne związane z tematyką, takie jak: problem śladu węglowego i zmian klimatu, konsekwencje efekty cieplarnianego, neutralności klimatycznej. Zamieszczono również związane z nią akty prawne. Autor rozważa szczegółowo związki śladu węglowego z projektowaniem architektonicznym. Omawia również metody szacowania śladu węglowego i oceny cyklu życia budynków. Ponadto odnosi się do zagadnienia relacji pomiędzy zintegrowanym procesem projektowym, a architekturą zrównoważoną. Istotną częścią tej sekcji jest opis decyzji projektowych wpływających na ślad węglowy budynków. Autor wymienia parametry budynków, począwszy od lokalizacji działki poprzez formę budynków, orientację, układ funkcjonalny, zastosowane technologie i materiały oraz rolę rodzaju instalacji technicznych dla oceny zrównoważenia budynków ich oddziaływania na środowisko. W dalszym fragmencie tej części rozprawy Doktorant wskazuje możliwości wspomagania decyzji projektowych drogą modelowania parametrycznego, metodą stosowaną w pracy projektowej wybranych algorytmów oraz metodą uczenia maszynowego. Wymienia narzędzia wykorzystane w pracy badawczej.

Wyjaśnia przyczynę wyboru budynków mieszkalnych wielorodzinnych jako bazy do dalszych badań w następnej części dysertacji.

Część trzecia – Eksperymentalna - badawcza jest autentycznym wartościowym wkładem Doktoranta w zasoby wiedzy związanej z projektowaniem architektonicznym, a w szczególności z projektowaniem architektury zrównoważonej. Poświęcona została wypracowaniu optymalnego narzędzia pozwalającego na wstępnym etapie projektowym określić ślad węglowy projektowanego obiektu i tym samym wyznaczyć jego przyszłe cechy i walory środowiskowe. Na drodze do uzyskania zamierzonego efektu Autor przeprowadził szereg analiz, takich jak: wykonana przy pomocy arkuszy kalkulacyjnych, parametryczna śladu węglowego, z wykorzystaniem algorytmów genetycznych, jeszcze inna oparta na uczeniu maszynowym. Istotnym jest uwzględnienie w analizach również kontekstu urbanistycznego analizowanych obiektów. W dokonanych analizach Doktorant przeprowadził działania optymalizacyjne doprowadzające do wyboru najbardziej

stosownego rozwiązania przestrzennego i technologicznego ze względu na wynikowy ślad węglowy. Wypracowany model narzędzia komputerowego w wersji finalnej został poszerzony o kwestie lokalizacji budynków i odpowiedniego wyboru materiałów budowlanych. Na końcu tej części rozprawy Autor przedstawił analizę przykładowego budynku z wykorzystaniem opracowanego narzędzia wspomagającego projektowanie jako dowód jego użyteczności w pracy projektanta architektury. Przeprowadzony test na bazie budynku kilkupiętrowego będący symulacją jego zmiennego kształtu i zmiennej lokalizacji jest skuteczną weryfikacją prawidłowości dokonanych wcześniej operacji komputerowych wiodących do satysfakcjonującego efektu końcowego części eksperymentalno-badawczej.

W Podsumowaniu Doktorant stwierdza, że praca nad cyfrowymi metodami wspomagania projektowania architektonicznego związana z wyznaczaniem śladu węglowego obiektów odpowiada na aktualne dziś zagadnienie kształtowania architektury zrównoważonej i neutralnej klimatycznie. Zawarte w tej sekcji są cenne uwagi dotyczące dalszych możliwości udoskonalania metody, która uwzględniałaby wszystkie decyzje projektowe wpływające na ślad węglowy budynków poza fazami już uwzględnionymi w proponowanym narzędziu, między innymi dotyczące układu wewnętrznego obiektów. Autor sugeruje stworzenie internetowej platformy wymiany danych pomiędzy projektantami, która pozwalałaby na wspólne przygotowywanie zbiorów treningowych.

Dysertacja została skonstruowana w sposób logiczny i przejrzysty, co ułatwia jej zrozumienie. Można dostrzec autentyczne zaangażowanie Autora w kwestie udoskonalania procesów projektowych i ułatwienie oraz przyspieszenie pracy architektów, którzy aktualnie w coraz większym stopniu muszą uwzględniać zagadnienia środowiskowe, co w przypadku projektowania wiąże się z wyznaczaniem już na wstępnym etapie przewidywalnej wielkości śladu węglowego budynków.

Zawarte w pracy stwierdzenia są jasne i zrozumiałe. Doktorant dowodzi w niej swoich wysokich kompetencji w zakresie znajomości przedmiotu. Świadczy o tym szeroka analiza stanu badań w tym przedmiocie oraz osiągnięć innych badaczy zajmujących się tą tematyką. Biorąc to pod uwagę Doktorant może snuć wiarygodne naukowo rozważania na ten temat i wyciągać odpowiednie wnioski.

Przyjęta struktura pracy umożliwiła konsekwentne przeprowadzenie dowodu postawionych tez. Biorąc pod uwagę strukturę dysertacji opartą na standardowej,

zasadniczej części teoretycznej oraz na uzupełniającej badawczej, należy stwierdzić, że wpisuje się ona w grupę prac stanowiących pewien wzorzec dla dysertacji w zakresie teorii architektury. Autor dowiódł swej umiejętności przeprowadzania studiów stosownej literatury naukowej i zawodowej przedmiotu (niemal 200 pozycji). Jej wybór był właściwy, a zakres obszerny, co świadczy o niewątpliwie bardzo dobrym rozeznaniu w tym zakresie. Lektura tej interesującej pracy upoważnia do stwierdzenia, że zamierzone cele zostały osiągnięte w sposób satysfakcjonujący. Praca napisana została w języku dobrym stylistycznie i gramatycznie, odpowiednim dla dysertacji naukowych. Jej zrozumienie nie nastrocza trudności dzięki klarowności języka. Prezentowana dysertacja stanowi bardzo cenny materiał do dyskusji na rozważany temat. Stanowi też cenne źródło wiedzy teoretycznej i praktycznej dla architektów wskazując aktualnie istniejące możliwości w tym zakresie oraz sugerując kierunki rozwoju badań i działań w przyszłości.

#### Szczegółowe uwagi formalne i merytoryczne

- Str.23 - atmosfera ziemską nie jest przezroczysta dla promieniowania Krótkofalowego, gdyż niemal połowa promieniowania słonecznego jest w atmosferze ziemskiej zatrzymywana
- Str.49, wiersz 5 –niezbyt jasne określenie „jest zawsze podobna ilość”, należałoby je raczej sformułować „odpowiednio proporcjonalnie mniejsza ilość”
- Str.51 - należałoby w tej sekcji wspomnieć również o znaczeniu lokalnych warunków geotechnicznych, od których zależy rodzaj fundamentów, także konstrukcja i w konsekwencji ślad węglowy
- Str.51, Rys.16 - powinno być zapewne „3. Lokalizacja na działce” zamiast „2. Lokalizacja działki”
- Str.52 - Błąd obliczeniowy! Powinno być 600 m<sup>2</sup>/1000m<sup>3</sup>, a nie 60m<sup>2</sup>/1000m<sup>3</sup>
- Str.52, Rys.17 - Korzystniejszy byłby przykład z naszej strefy geograficznej
- Str.54, Rys.21 - Wydaje się, że zwartość i forma budynku ma raczej znaczący, a nie mniejszy wpływ na ślad węglowy budynku
- Str.61, Rys.29 – brak odniesienia do oryginalnego autora rysunku, tj. Stewarda Brandta: brak też uwzględnienia tego autora „How buildings learn” w Bibliografii w której to książce zamieszczono pierwotnie oryginalny schemat powołany przez Autora
- Str.62 - Niepotrzebnie zamieszczono 2 razy ten sam rysunek w jednym

rozdziale (rys.30 i 31)

Str.85, wiersz 6-7 – chyba chodzi o wzrost energii na chłodzenie , a nie ogrzewanie

Str.85, Rys.62 - należało wspomnieć o chłodzeniu metodą wymiennika gruntowego obniżające ślad węglowy, w zasadzie niemal bez użycia energii elektrycznej w porównaniu z systemami konwencjonalnymi

Str.86, Rys.60 - należy dodać „o godz.12.00”

Str.89, wiersz 6 - dodać należy „oraz izolacji wiatrochronnej”

Str.112, wiersz 5 - Błąd! lambda to współczynnik przewodności cieplnej, a nie przenikalności

Str.121 - błędny numer ilustracji (9.3) , nie ma takiej

Str.121 - jeżeli przykład odnosi się do II.80, to powinno być 4 pięter, a nie kondygnacji. Brak spójności z modelem na II.82

#### Wniosek końcowy

Pomimo wykazanych nielicznych uwag merytorycznych i formalnych recenzowaną pracę uważam za bardzo cenną pod względem naukowym, a także bardzo przydatną dla celów zawodowych. Oceniam ją bardzo wysoko. Cechuje ją rzetelność warsztatu naukowego, a metoda przeprowadzonych badań nie budzi wątpliwości natury warsztatowej. Cele pracy zostały w niej zrealizowane przynosząc interesujące wyniki o cennych walorach, nie tylko teoretycznych ale i praktycznych. Przedstawiona dysertacja jest dowodem odpowiednich kompetencji zawodowych Doktoranta oraz znajomości metod badań naukowych wymaganej na tym etapie działalności naukowej. Można w związku z tym uznać, że Doktorant posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i wypracowywania oryginalnego rozwiązywania problemu naukowego.

Wszystko to pozwala na stwierdzenie, że recenzowana praca doktorska spełnia wymogi Ustawy o tytułach i stopniach naukowych. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie dysertacji do publicznej obrony ze względu na oryginalność i aktualność podjętej tematyki oraz jej wysokie walory naukowe.

Szczególne znaczenie poruszanego zagadnienia dla zawodu architekta oraz sposób jego przedstawienia i zastosowana konsekwentnie metoda badawcza sprawiają, że dysertacja zasługuje, moim zdaniem, na wyróżnienie.