

Anna Bać
dr hab. inż. arch., prof. PWr
Katedra Architektury i Sztuk Wizualnych
Wydział Architektury, Politechnika Wroclawska

Wroclaw, 13.03.2022

Recenzja rozprawy doktorskiej

Autor: mgr inż. arch. Mateusz Ploszaj-Mazurek

Tytuł pracy: Cyfrowe metody wspomaganie projektowania architektonicznego a analiza śladu węglowego budynków

Promotorka: prof. dr hab. inż. arch. Elżbieta Dagny Ryńska

Promotorka pomocnicza: dr inż. arch. Magdalena Grochulska-Salak

_1/ podstawa opracowania

Pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka PW,
prof. dr inż. arch. Krystyny Solarek oraz przedmiotowa praca doktorska.

_2/ uwagi ogólne

wybór problematyki badawczej

Autor podjął bardzo ważny i aktualny temat śladu węglowego budynków w kontekście projektowania architektonicznego oraz stworzył autorskie narzędzie służące redukcji śladu węglowego w budynkach (wielorodzinnych). Temat jest szczególnie istotny wobec stosunkowo małej popularności w Polsce. Efekt badań ma szansę realnie przyczynić się do procesów dekarbonizacji sektora budownictwa zalecanych przez światowe gremia. Podjęte zagadnienia mieszczą się w nurcie architektury zrównoważonej i neutralnej klimatycznie. Wybór problematyki badawczej oceniam jako bardzo słuszny i wysoce uzasadniony.

cele i teza oraz metody badawcze i struktura pracy

Wg opisu Autora (str. 17) badania podzielono na trzy części – część teoretyczno-analityczną (rozdziały 3 – 8), część eksperymentalno-badawczą (rozdziały 9 – 10) i część będącą podsumowaniem (rozdział 11). Rozdział 1 – wstęp to streszczenia po polsku i angielsku oraz rozdział 2 – stanowi wprowadzenie nieujęte przez Autora jako część badań.

Cele i tezy pracy są zasadne, choć odnoszę wrażenie jakby odnosiły się (wyłącznie) do drugiej części badań. Ta poświęcona jest wybranym cyfrowym metodom wspomaganie projektowania architektonicznego. W drodze eksperymentów Autor opracował narzędzie komputerowe, które może wspierać proces projektowy. W mojej ocenie stworzony prototyp MLCO2TOOL jest bezcenny i stanowi znaczący wkład w rozwój nauki oraz jak napisałam ma szansę na istotny i realny wkład w podnoszenie zrównoważonych jakości budownictwa (mieszkaniowego) w Polsce.

Budowa pracy wydaje się być logiczna. Podział na dwie części teoretyczną i praktyczną jest ogólnie rzecz biorąc uzasadniony. W moim odczuciu można byłoby jednak wykonać kilka zabiegów dotyczących struktury wyводу, tak aby ułatwić zrozumienie ścieżki myślowej Autora. O tym napiszę w dalszej części.

Główny tekst składa się z 11stu rozdziałów, liczących 187 stron, w tym 137 ilustracji i 18 tabel. Po nich zamieszczono Bibliografię, Wykaz terminów, skrótów i zwrotów, Spis rysunków, Spis tabel i Załącznik. Autor wykorzystał 198 pozycji bibliograficznych.

Ogólnie pracę oceniam pozytywnie. Przedstawione poniżej uwagi mają służyć jako podstawa interesującej dyskusji i być może będą przydatne w przyszłości. Rekomenduję publikację pracy (po poprawkach) i bardzo popieram dalsze badania w celu optymalizacji autorskiego narzędzia służącego optymalizacji budynków pod kątem redukcji śladu węglowego. Jestem gotowa zgłosić pracę do wyróżnienia w zależności od przebiegu obrony i obrad Komisji.

_3/ ocena merytoryczna pracy

Zacznę od tego, że w moim odczuciu Autor zmierzył się z problematyką, która dla mnie samej stanowi wyzwanie. Sporo moich pytań dotyczy kompetencji architekta w kontekście zakresu projektowania zrównoważonego, które z zasady jest projektowaniem interdyscyplinarnym. A więc sporo decyzji, które kiedyś architekt podejmował autorytarnie – dziś podlega negocjacom w ZPP. Uważam, że w jednym opracowaniu Autor ujął dwa zagadnienia, które mogły zostać opracowane osobno.

Moim zdaniem narzędzia cyfrowe służące optymalizacji obiektów pod kątem redukcji śladu węglowego są obecnie zdecydowanie niezbędną formą wspomaganie procesu projektowego. Dotyczy to zwłaszcza fazy koncepcyjnej, a nawet fazy planowania kiedy ustalane są priorytety dla inwestycji i podejmowane są kluczowe decyzje projektowe. Tego typu procedury i narzędzia są szeroko stosowane w krajach o wysokiej kulturze zrównoważenia. Można było przedstawić przegląd tego typu narzędzi i na tym tle zbudować narrację o powstawaniu autorskiego narzędzia i jego optymalizacji.

Osobnym wątkiem, w moim odczuciu, jest kwestia zbadania, które decyzje projektowe mają jaki wpływ na redukcję śladu węglowego budynku. Na podstawie przeglądu literatury i narzędzi projektowych można było zebrać kryteria i wskaźniki, a następnie symulować zbiory wariantów rozwiązań w celu określenia tych najlepszych pod kątem redukcji śladu węglowego. Tego typu studia są zaiste interdyscyplinarne i wymagają zarówno wnikliwego przeglądu setek aktualnych badań, jak i umiejętności operowania i dysponowania odpowiednim oprogramowaniem.

Autor posiada potencjał i predyspozycje w obu tych obszarach zatem dobrze rozumiem rozmach i bardzo doceniam sumienną wykonaną pracę. Niemniej skutkiem takiego (zbyt) szerokiego podejścia jest pewna pobieżność i rozbieżność. Nie mogę nie wspomnieć o moim zakłopotaniu dotyczącym (nie)przedstawienia stanu aktualnych badań w przedmiocie pracy. Wiele dałaby kwerenda publikacji polskich i międzynarodowych oraz usystematyzowanie zebranych publikacji, ich systematyka i synteza.

Poniżej przedstawię bliższą analizę zawartości pracy i moje refleksje bardziej szczegółowe. Staralam się przez podkreślenie wskazywać te kwestie, które są dla mnie szczególnie ważne.

WPROWADZENIE – ROZDZIAŁ 2 ma klasyczną budowę i zawiera elementy, których zadaniem zwyczajowo jest prezentacja struktury pracy i obszarów badawczych. Jak już pisałam wybór problematyki oceniam bardzo wysoko i dysertacja jest dla mnie bardzo interesująca.

Moim zdaniem w tej części (raczej powinna to być część nr 1) zasadny byłby schemat, który pozwoliłby na lepszą konstrukcję pracy i konsekwentny wybór obszarów badawczych dla części teoretycznej i praktycznej. Nie do końca rozumiem przyjętą logikę – różnego zakresu dla obu tych części i w zasadzie braku określenia obszaru badawczego dla części teoretycznej (o tym szczegółowo napiszę w dalszej części). Do końca nie mam jasności jakiego rodzaju obiekty są tematem pracy – czy wszystkie typy zabudowy w części teoretycznej, a samo narzędzie ma służyć optymalizacji jedynie zabudowy mieszkaniowej?

Wg mnie we wprowadzeniu zabrakło opisu podstawowych zagadnień związanych z tematem pracy. Co Autor rozumie jako cyfrowe metody wspomaganie projektowania architektonicznego, ich typologii itp. oraz wyjaśnienia czym jest ślad węglowy budynków (dopiero na str. 28), jakie ma odmiany (to dopiero na str. 47) i

jakie są metody jego analiz (to dopiero na str. 30 i potem na str. 66 LCA dla materiałów biogenicznych). Nasuwa się pytanie czy Autor brał pod uwagę tytuł: *MLCO2TOOL jako narzędzie redukcji śladu węglowego na przykładzie budynków wielorodzinnych?* Lub podobny? Uważam że takie uściślenie i uproszczenie tematu przyniosłoby wiele korzyści i pozwoliłoby na uniknięcie meandrów, w które (moim zdaniem niepotrzebnie) wdał się Autor.

Niejasny jest dla mnie cel pracy „(...) wspomaganie projektowania architektonicznego w procesie decyzyjnym projektowania architektonicznego” (str. 16). W mojej ocenie chodzi raczej o ZPP, który wprowadza współpracę całego zespołu wielobranżowego. Być może jest to jakiś skrót myślowy, ale trudno mi się zgodzić, że wybór rozwiązań w zakresie ogrzewania-chłodzenia-wentylacji należy do kompetencji architekta. W związku z tym pytanie na marginesie – czy Autor zakłada, że to architekt powinien wykonywać np. studium opłacalności zastosowania OZE lub projektowaną charakterystykę energetyczną?

ROZDZIAŁ 3 – ŚLAD WĘGLOWY I ZMIANY KLIMATU, zawiera podstawowe informacje w kwestii zmian klimatu i gazów cieplarnianych oraz wybrane akty prawne i cele polityki UE. Rozdział mógłby z powodzeniem uzupełnić wstęp, a nawet częściowo zastąpić zawarte tam informacje ogólne i mało odkrywcze. Nie znalazłam tu żadnej informacji na temat tytułowego śladu węglowego.

ROZDZIAŁ 4 – PROBLEMATYKA ŚLADU WĘGLOWEGO JAKO ZAGADNIENIE PROJEKTOWANIA ARCHITEKTONICZNEGO. Tu dopiero pojawia się definicja śladu węglowego i omówiona zostaje metodologia LCA na bazie normy PN_EN 15978:2012. Wybór tej aktualnej metodologii jest jak najbardziej poprawny. Uważam tą część za kluczową dla zrozumienia problematyki szacowania śladu węglowego (choć sama zawartość nie posiada wartości naukowej). Pojawia się też wzmianka o deklaracjach środowiskowych. Oba tematy są zbyt mało rozpowszechnione zarówno w edukacji architektonicznej, jak i w praktyce projektowej.

ROZDZIAŁ 5 – ZINTEGROWANY PROCES PROJEKTOWY, w którym podane są informacje na jego temat oceniam nieco gorzej. Pisany jest jakby Autor nie uczestniczył w tego typu przedsięwzięciu... Pomija on fakt, że w istocie jest to przede wszystkim proces ustalenia priorytetów inwestycji oraz projektowanie przy udziale (w miarę możliwości) przyszłych użytkowników lub/i na podstawie badań POE, także przy udziale (o ile możliwe) obsługi technicznej i wykonawców oraz zespołu pełnobranżowego, doradców i ekspertów, a także wszystkich innych interesariuszy inwestycji.

Na str. 44 po raz pierwszy pojawia się kluczowe stwierdzenie, że „Niniejsze opracowanie skupia się na cyfrowych metodach usprawniających proces projektowy koncentrując się na analizie śladu węglowego (...). Ślad węglowy jest jedną z możliwych form szacowania wpływu działań człowieka na środowisko.” Tu taka dygresja, że Autor koncertuje się w pracy wyłącznie na budynkach, a nie wspomina o śladzie węglowym procesu projektowania czy choćby osobistym śladzie architektów :)

Wg mnie zagadnienia ze stron 40-45 są niepotrzebne powtarzane, ubrane w inne nazwy podrozdziałów. Niepotrzebnie Autor omawia jakby przypadkowo wybrane zagadnienia, np. architektury bioklimatycznej, a nie przybliża pasywniej (wg metodologii Darmstadt) czy naturalnej...

Moim zdaniem rozdziały 3, 4 i 5 stanowią bardzo cenny materiał poznawczy, jednak wymagają scalenia i uporządkowania informacji. Mam wrażenie jakby tytuły i częściowo zawartość rozdziałów 4, 5 i 6 były powtórzeniami.

ROZDZIAŁ 6 – ŚLAD WĘGLOWY W PROJEKTOWANIU ARCHITEKTONICZNYM – DECYZJE PROJEKTOWE WPLYWAJĄCE NA ŚLAD WĘGLOWY W CYKLU ŻYCIA BUDYNKU. To kluczowy rozdział w tej części pracy i jak wspominałam mógłby stanowić podwalinę osobnej dysertacji. Jego zaletą jest niewątpliwie próba przybliżenia czynników wpływających na redukcję śladu węglowego budynków. Dobrze

dobrano sposób prezentacji przemyśleń przy użyciu metodologii ze wspomnianej już normy PN_EN 15978:2012¹.

Niezależnie, że ogólnie bardzo wysoko oceniam materiał zebrany w tym rozdziale, to niepokoi mnie jego logika i pewien chaos². Przede wszystkim proszę o wyjaśnienie zasad doboru treści podrozdziałów od 1 do 18. Stworzony system budzi moją wątpliwość ponieważ pewne elementy powtarzają się wielokrotnie, np. zagadnienia wykorzystanych materiałów znalazły się w podrozdziale 8, 9, 10, 14 i 18. Niektóre elementy zaskakują swoją zawartością, np. wyspy ciepła zostały powiązane z lokalizacją budynku, a nie z lokalizacją działki i klimatem. Poszczególne elementy są 'nierówne', np. bardzo rozległe zagadnienie przegród przeziernych połączono z nieprzeziernymi. Tylko jeden element 17ty posiada wypunktowanie, przez co tekst staje się bardziej 'zjadliwy'. Autor do jednego 'worka' (podrozdział Inne... 18) 'wkłada' szczelność budynku; prefabrykację materiałów budowlanych i styl życia mieszkańców. BMS 'wrzucono' do tematu rozmieszczania central wentylacyjnych (str. 78). Szczególnie niepokoją mnie informacje i elementy będące domeną branży instalacyjnej (podrozdział 12, 13 i 17) lub na styku architektury i budownictwa (podrozdział 7, 11, 15 i 18). Sprawiają wrażenie wyrwykowych. W efekcie Autor powiela znane i wymagane prawem informacje na temat np. konieczności stosowania OZE dla osiągnięcia EP, a nie udziela ważnych informacji na temat faktycznego śladu węglowego PV czy kolektorów słonecznych (str. 77). To stanowiłoby nowatorski wkład poznawczy pracy.

Mam też zastrzeżenia do zakresu tej części badań teoretycznych ponieważ nie jest dla mnie jasna jego korelacja z opracowanym narzędziem symulacji MLCO2TOOL. Bazuje ono na jedynie kilku wartościach (A1-A3, C3-4, B6 i D). Zatem jaki był cel tego przeglądu?

Wątpliwe dla mnie są także przykłady użyte w tej części, które nie odnoszą się do właściwego tematu badań (budynki wielorodzinne?), są to np. dom jednorodzinny w Mongolii, budynek biurowy w Amsterdamie, sale przedszkolne czy szkolne (gdzie?). Niepokoją mnie określenia typu „dane z 600 zrealizowanych budynków” czy „na przykładzie 7 analizowanych budynków w Norwegii” – czyje to badania? Część podrozdziałów została poparta opisami badań Autora (np. str. 53, 65, 86, 87), a część opiera się na ww. przykładach 'innych budynków'. Rozdział zakończony jest infografiką przedstawiającą 'uogólniony' wpływ poszczególnych decyzji projektowych na ślad węglowy w cyklu życia budynków – jakich budynków (typ i kubatura?). W pewnym sensie rozumiem Autora, że chciał przedstawić możliwie pełny przegląd ważnych informacji z punktu widzenia śladu węglowego, niemniej ta mnogość i wspomniany chaos informacyjny stanowi spore utrudnienie.

Istotne (może nieco ogólne, ale 'czytelne') i zbyt mało rozpowszechnione informacje o szacunkowym wpływie danej decyzji projektowej na ślad węglowy 'giną' w sporych ilościach tekstu, w tym opisów przykładów (moja sugestia poprawy w części dotyczącej języka). Zalecam uporządkowanie treści i weryfikację merytoryczną tego rozdziału.

ROZDZIAŁ 7 – MOŻLIWOŚCI WSPOMAGANIA DECYZJI PROJEKTOWYCH. W tej części Autor przywołuje różnorodne wybrane narzędzia projektowe. Jest to wg niego modelowanie parametryczne, arkusze kalkulacyjne, po raz kolejny LCA oraz wspomaganie za pomocą wybranych algorytmów, w tym genetycznych i uczenie maszynowe z zastosowaniem sieci neuronowych. To bardzo rozwojowa gałąź projektowania – czytałam ją z dużym zainteresowaniem. Projektowanie parametryczne stanowi wg mnie jedynie ułamek praktyki projektowej w Polsce – czy Autor ma rozeznanie w tym zakresie?

Niemniej proszę o uzasadnienie wyboru tych a nie innych narzędzi wspomagania. Z mojego punktu widzenia zabrakło tu systematyki BIM oraz systematyki zbioru narzędzi do analiz i symulacji (w tym LCC). Autor stosuje pojęcie 'wielokryterialne metody wspomagania decyzji', ale nie odnosi się do dla mnie oczywistych wielokryterialnych metod oceny oddziaływania budynków na środowisko. Należałoby uporządkować i usystematyzować zawartość rozdziału oraz wyważyć jego tytuł.

¹ Moim zdaniem należało wyraźnie wskazać to źródło, nie tylko jako informacja przy ilustracji 12 – wszak Autor nie opracował sam kategorii na przedstawionych w tym rozdziale ilustracjach.

² W wielu miejscach Autor jest niekonsekwentny i odwraca własną kolejność wypowiedzi, np. str. 50, napisał: „Po pierwsze takie warunki jak ukształtowanie terenu (...)”. Po czym parametr ten opisuje na końcu podrozdziału 6.2.3.

Moje uwagi jakie nasuwają się po przeczytaniu rozdziałów traktujących o projektowaniu (rozdziały 4, 5, 6 i 7) to przede wszystkim dobrze by było zobrazować co 'zwykły' architekt lub student powinien zrobić żeby jego decyzje były bardziej 'zrównoważone'. Uważam że zasadne jest osadzenie badań w aktualnym stanie prawnym wykonania projektu³ oraz ważna dla mnie jest odpowiedź na pytanie na jakim etapie ZPP Autor rekomenduje stosowanie jakich metod cyfrowych? Zasadnym byłoby także podanie informacji o wykorzystaniu LCA i EPD w Polsce i w Europie⁴.

ROZDZIAŁ 8 – NARZĘDZIA I DANE WYKORZYSTANE DO PRACY BADAWCZEJ – moim zdaniem rozdział ten powinien znaleźć się w części eksperymetalno-badawczej ponieważ opisuje narzędzia, lokalizacje, źródła danych i analizy budynków użytych do symulacji. Stanowi nieco kolejną powtórkę informacji z innych rozdziałów (np. 6.2.12 i 8.2.4).

Podobnie jak w poprzednim rozdziale zabrakło systematyki⁵ wykorzystanych narzędzi optymalizacji, a także ilustrującej ją grafiki. Zwłaszcza, że Autor w kolejnym rozdziale prezentuje bardzo efektowne schematy graficzne. Na szczególne docenienie zasługuje sam proces gromadzenia danych, czy to parametrów materiałów, deklaracji (z uwagą dotyczącą załącznika nr 1) czy emisji.

ROZDZIAŁ 9 – PROCES PRACY NAD NARZĘDZIEM WSPOMAGAJACYM PROJEKTOWANIE ARCHITEKTURY O NISKIM ŚLADZIE WĘGLOWYM należy do drugiej części pracy. Cały ten rozdział oceniam bardzo wysoko. Autor wykazał się znajomością i biegłością w obsłudze wybranych programów komputerowych, wykonał tysiące różnorodnych symulacji oraz opracował klarowną i 'architektoniczną' prezentację badań i ich wyników. Wykonano 6 eksperymentów, które posłużyły optymalizacji narzędzia, m.in. jego szybkości działania i zastosowania w skali urbanistycznej.

Pytania budzą takie sformowania jak 'projektowanie architektury' (czy budynków wielorodzinnych?), 'niski ślad węglowy' oraz taki parametr jak 'udział okien' – czy chodzi o powierzchnię przeszkleń czy okien w świetle otworów? Taki drobiazg dla wzrokowca: w ilustracjach pokazujących modele parametryczne nie pokazano strony południowej. A to jest kluczowe dla mnie dla intuicyjnej weryfikacji wyników uzyskanych przez Autora za pomocą opracowanego narzędzia.

W końcu – na stronie 171 można dowiedzieć się o nazwie autorskiego narzędzia (!). Umożliwia ono ocenę różnych form budynków o różnej konstrukcji w trzech lokalizacjach w Polsce pod kątem oszacowania śladu węglowego. Jak już pisałam, wielce zasadne są dalsze prace nad jego rozwojem.

ROZDZIAŁ 10 – ANALIZA PRZYKŁADOWEGO BUDYNKU Z WYKORZYSTANIEM NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCEGO PROJEKTOWANIE – jest formą weryfikacji MLCO2TOOL. To drugi kluczowy rozdział w pracy, który bardzo dobrze obrazuje duży potencjał narzędzia. Dla mnie ze względów praktycznych mankamentem wykonanych analiz jest ich hipotetyczność. Obiekt badań lokalizowano w układach niezgodnych z WT oraz urbanistycznie bezzasadnych. Cenniejsze byłoby wykorzystanie konkretnego typu budynku wielorodzinnego. Wy tłumaczeniem jest na pewno chęć zaprezentowania możliwości samego narzędzia i zapewne czas. Dla celów edukacyjnych zasadne byłoby stworzenie tabeli z danymi analiz porównawczych, tak żeby 'zobaczyć' jakie parametry obiektu warunkują jego potencjalnie najniższy ślad węglowy⁶ i jaki obiekt jest potencjalnie 'najlepszy'.

³ W tekście pojawia się (nieco staroświeckie) stwierdzenie, że projekt architektoniczny składa się z części budowlanej, wykonawczej i warsztatowej. Podczas gdy od września 2020 mamy do czynienia z projektem architektoniczno-budowlanym i technicznym (z detalami) oraz zagospodarowania terenu.

⁴ W tym celu właściwy byłby przegląd innych narzędzi analizy LCA. Polecam tzw. Levels, czyli *Criteria for analysis of LCA software tools and databases for buildings* wydanych przez Komisję UE 15.12.2020.

⁵ Znany mi podział np. na oprogramowanie modelowania 3D, interoperacyjność geometrii i modelu, opracowanie modelu, platforma analiz, symulacje i wyniki, który przedstawia etapy i wzajemne połączenia między oprogramowaniem.

⁶ Starając się śledzić zmienne dane wpływające na ślad węglowy ustaliłam grę wymiarami: 10.5x38.1, 9x27, wymiar między 9 a 27, między 12 a 24, 20x80 i 13x60. Czy takie 'zabawy' powierzchnią są zasadne dla budynków wielorodzinnych o określonych wymaganiach typologicznych?

ROZDZIAŁ 11 – PODSUMOWANIE prezentuje kroki Autora podjęte w dysertacji oraz plany rozwoju narzędzia. Dla klarowności wyводу nieco zabrakło bezpośredniego odniesienia do celów i tez pracy. Moim zdaniem zasadne jest – zaproponowane przez Autora – stworzenie poradnika wspomagającego projektowanie budynków o obniżonym śladzie węglowym oraz zestawienie przydatnych strategii projektowych. Wymaga to jednak, jak już pisałam, doprecyzowania i lepszego 'podania'. W podsumowaniu warto jest umieścić elementy autorefleksji – co Autor zrobiłby inaczej, co przysporzyło trudności, jaki jest bezpośredni związek wyników pracy z rutyną projektowania (architektonicznego budynków wielorodzinnych?) w Polsce? – o czym już wspominałam.

ROZDZIAŁ 12 – BIBLIOGRAFIA zawiera spis wykorzystanych źródeł. Godnym podkreślenia jest wykorzystanie 198 pozycji, choć muszę przyznać, że przywoływanie całych opracowań bez podania stron z których Autor wyciągał informację nie sprzyja naukowości pracy. Sam spis wykonano poprawnie. Wg mnie w tego typu opracowaniu zasadnym byłby rozdział na pozycje książkowe, netografię, przepisy i normy. Cenne byłoby zestawienie przydatnych linków⁷ m.in. do oprogramowania. Osobną kwestię stanowią licencje na użytkowanie wykorzystanych narzędzi.

ROZDZIAŁ 13 – WYKAZ TERMINÓW, SKRÓTÓW I ZWROTÓW uważam za nieco chybiony, ponieważ Autor zamiast wyjaśniać niektóre pojęcia odsyła do tekstu rozdziałów.

ROZDZIAŁ 14 – SPIS RYSUNKÓW czy raczej ilustracji nie zawiera ich źródeł. Autor wprawdzie wskazuje podstawę dla swojego opracowania danego rysunku, ale nie sposób ją odnaleźć. Godnym podkreślenia jest wykonanie 137 'ilustracji'.

ROZDZIAŁ 15 – SPIS TABEL nie zawiera ich źródeł.

Rozdział 16 – ZAŁĄCZNIK: BAZA DANYCH DO ANALIZY ŚLADU WĘGLOWEGO jest ważnym elementem pracy. Niemniej z mojej perspektywy baza jest skromna, podano po jednej pozycji (np. farba)⁸ i jak się wydaje nie uwzględniono zasobów ITB (około 260 deklaracji). Zabrakło danych nt. materiałów z recyklingu (np. stali, cementu),

4/ uwagi szczegółowe

język

Praca jest napisana dość poprawnie nieomal bezbłędnie⁹. Czytałam ją z zainteresowaniem, ale równocześnie z wysiłkiem. Autor stosuje głównie zapis w formie ciągłego tekstu podstawowego, jedynie z akapitami, bardzo rzadko używając wypunktowania lub jakiegokolwiek innej formy ułatwiającej czytelnikowi przyswojenie tekstu. Warto byłoby np. pogrubiać najważniejsze informacje, mniej ważne pisać tekstem pobocznym (mniejszą czcionką i niższą interlinią) oraz wykorzystywać przypisy, jako formę uzupełniającą dla tekstu głównego. Warto byłoby stosować więcej zestawień i tabel porównawczych. Sporym utrudnieniem są liczne powtórki informacji i sformułowań (na tych samych stronach czy w różnych rozdziałach)¹⁰. Unikałabym mało naukowych określeń¹¹ oraz informacji wątpliwych i niejasnych¹².

⁷ Np. ecoplatform.org występuje jedynie w tekście...

⁸ Polecam m.in. zasoby BRE, LBC Red List.

⁹ Ciekawi mnie słowo 'koncentrująca' elektrownia słoneczna, il. 48, być może chodzi o elektrownię koncentrującą energię lub promienie słoneczne :)

¹⁰ Wymienię np. „W trakcie pracy badawczej Autor zbierał dane z różnych źródeł. W pracy badawczej wykorzystano następujące typy danych, które musiały być zbierane z różnych źródeł (...) str. 111; cytat Paulson'a str. 40 po polsku i następnie str. 48 po angielsku.

¹¹ Wymienię np. „środowisko zbudowane odpowiadało w 2019 roku za...”, „sektor budownictwa już teraz podejmuje wiele działań”, „Autor przeprowadził analizę sektora budowlanego”.

¹² Z poważniejszych to m.in. pojawiają się nieścisłości co do zakresu czasowego części nr 2 – Autor podaje jakoby badane budynki zostały zaprojektowane wg przepisów na rok 2021 (str. 18), a tabele parametrów (rozdział 9) wskazują na WT z 2018 roku, zaś w badaniach literaturowych – Autor podaje lata 90te do dziś (str. 18), a przytacza prace z lat wcześniejszych (1959, 1963, 1969, 1974)

materiał ilustracyjny

Materiał ilustracyjny w większości autorski stanowi bardzo ważną część pracy i jest jej cennym dopełnieniem. Zwłaszcza cieszą mnie schematy procedur w części eksperymentalnej! Szczególnie interesujące są różnorodne graficzne zestawienia wyników prowadzonych badań. Natomiast wątpliwe dla mnie jest nazywanie wykresów ilustracjami. Część rysunków jest mała (np. il. 25, 46, 48, 53) i przez to nieczytelna, niektóre są jakby niepełne (np. il. 43, 44).

5/ wartość naukowa pracy

Najważniejsze elementy wartości naukowej pracy to:

- Zebranie wiedzy na temat śladu węglowego i wybranej metodologii jego szacowania w budownictwie.
- Próba określenia uwarunkowań projektowych wpływających na ślad węglowy w budynkach.
- Przegląd wybranych narzędzi wspomagania decyzji projektowych, algorytmów i uczenia maszynowego.
- Przygotowanie i wykonanie 6 eksperymentów z tysiącami symulacji, ich optymalizacja oraz opracowanie prezentacji badań i ich wyników.
- Opracowanie narzędzia do symulacji i projekt jego informacji wizualnej oraz wskazanie potencjału jego dalszego rozwoju.

Wymienione elementy stanowią cenny wkład Autora w rozwój nauki. Dają też realne możliwości wprowadzenia autorskiego narzędzia do praktyki projektowej i w efekcie niosą potencjał redukcji śladu węglowego budynków (wielorodzinnych) w Polsce.

6 /wnioski końcowe

Podsumowując opinię o rozprawie doktorskiej pt. **Cyfrowe metody wspomagania projektowania architektonicznego a analiza śladu węglowego budynków mgr inż. arch. Mateusza Płoszaj-Mazurka – oceniam pracę pozytywnie.** Niezależnie od wskazanych wątpliwości i postawionych przede mną pytań dotyczących głównie pierwszej części dysertacji, Autor wykazuje kompetencje w zakresie znajomości przedmiotu badań i dowiódł swojej umiejętności ich prowadzenia. Wykonane studia mają walory naukowo/badawcze, poznawczo/edukacyjne i aplikacyjne. Stanowią przyczynek do dalszego doskonalenia narzędzia badawczego, które ma potencjał realnej poprawy jakości zrównoważonego budownictwa (wielorodzinnego) w Polsce.

Uważam, że przedłożona praca stanowi twórczy wkład Autora do rozwoju nauki oraz stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane pracom doktorskim w dyscyplinie *architektura i urbanistyka*. Wniosuję o dopuszczenie Autora do dalszego procedowania.

Anna M. Baci

– prawdopodobnie z jakiegoś powodu podano zakres dla jednej części dysertacji. Z 'lżejszych' wymienię np. „Należy wybierać technologie lekkich materiałów, takich jak np. konstrukcja drewniana czy stalowa”, str. 49-50; „(...) minimalne grubości izolacji do spełnienia WT na rok 2021 nie są zbyt wysokie (...), str. 70; różnica między ogrzewaniem kotłem elektrycznym i prądem, str. 76; „W budynkach energooszczędnych energia potrzebna do ogrzania wody użytkowej często stanowi bardzo duży procent całkowitej zużywanej energii”, str. 88. Niespodzianką dla mnie było sformułowanie, że Autor znajdował odpowiedniki produktów z EPD na „rynkach sąsiednich (niemieckim, szwedzkim lub duńskim)”.