

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego pod tytułem: *Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM*
Wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. arch. Michała Stangela, profesora PŚ
oraz promotora pomocniczego dr inż. arch. Łukasza Zagály z Medusa Group

1. Podstawy opracowania

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Politechniki Śląskiej dr hab. inż. arch. Aliny Pancewicz z dnia 16.10.2024 r. oraz ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Podstawę merytoryczną stanowi przekazana praca doktorska.

2. Układ pracy doktorskiej;

Przedstawiona do zaopiniowania praca doktorska napisana jest w języku polskim, liczy w sumie 144 strony. Praca podzielona została na 7 rozdziałów. Rozdział 1 to „Wstęp” (str. 4-12), rozdział 2 pt. „*Optymalizacja efektywności energetycznej w architekturze*” (str. 13-31), rozdział 3 pt. „*Efektywność energetyczna w procesie projektowym*” (str. 32-52), rozdział 4 pt. „*Praktyka projektowa a technologia BIM*” (str. 53-67), rozdział 5 pt. „*Analiza referencyjnych, zoptymalizowanych energetycznie budynków*” (str. 68-103), rozdział 6 pt. „*Aplikacja metod i badanie ich wpływu na sprawność energetyczna budynku*” (str. 104-121), rozdział 7 pt. „*Podsumowanie*” (str. 122-131), dalej bibliografia (str. 132-138), spis aktów prawnych i norm (str. 138-139), raporty i bazy danych (str. 139-140) oraz spisy: ilustracji, zdjęć, tabel (str. 140-143), oraz na str. 144 streszczenie w języku polski i języku angielskim, zgodnie z wymaganiami zawartymi w art. 187 ust. 4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Przedstawiony na końcu pracy spis uściśla zawartość pracy, która posiada: 71 ilustracji, 6 zdjęć i 38 zestawienia tabelaryczne. W pracy widać niekonsekwencję w nazewnictwie zdjęć i ilustracji. Spis bibliograficzny składa się z: 173 pozycji literaturowych, 25 aktów prawnych i norm oraz 22 raportów i baz danych. W pracy nie przedstawiono wykazu używanych terminów i skrótów, nie dołączono też formy cyfrowej pracy ani żadnego załącznika uszczegóławiającego zawarte w pracy badania i analizy.

Praca pisemna, którą jest przedstawiona do oceny dysertacja wypełnia wymagania formalne art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

OCENA MARYTORYCZNA PRACY

3. Temat, cel, tezy rozprawy

3.1. Temat

Temat poruszony w rozprawie doktorskiej mgr. inż. arch. Jakuba Świdzińskiego dotyczy bardzo istotnego zagadnienia efektywności energetycznej budynków w procesie inwestycyjnym. Efektywność energetyczna jest ściśle powiązana z problematyką zrównoważonego rozwoju. Nowe technologie efektywne energetycznie, wykorzystywane we współczesnych inwestycjach pomagają w ograniczaniu zużycia zasobów oraz chronią środowisko. Wpisują się podstawową definicję zrównoważonego rozwoju powstałą blisko 40 lat temu, w 1987 r. podczas obrad Komisji ds. Środowiska i Rozwoju (WECD) tzw. Komisji Brundtland, która opracowała raport *„Nasza wspólna przyszłość (Our common Future)”*, w którym po raz pierwszy przedstawiono definicję zrównoważonego rozwoju *„Rozwój, który zaspokaja potrzeby obecnych pokoleń bez kompromisów wobec zdolności przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich własnych potrzeb”*¹. Zaspokajanie potrzeb ludzi wiąże się nierozdzielnie z realizacją inwestycji zwłaszcza mieszkaniowych. Obecnie coraz więcej mówi się o podejściu do inwestycji nie tylko mieszkaniowych, w ujęciu „from cradle to cradle”² („od kołyski do kołyski”), które jest mocno związane z zasadami proekologicznego budowania i projektowania. Zgodnie z danymi podawanymi przez Międzynarodową Agencję Energetyczną budynki odpowiadają za ponad 30% światowej emisji CO₂, a podczas wznoszenia i eksploatacji budynków zużywane jest ok. 40% produkowanej energii³. Dążenie zatem do budowania, a co najważniejsze projektowania budynków, które w minimalny bądź nawet zerowy sposób będą wpływały na środowisko i przyczyniały się do strat energetycznych, jest w obecnej dobie kryzysu klimatycznego i energetycznego jednym z najistotniejszych wyzwań. Budynki zrównoważone energetycznie, o maksymalnie zminimalizowanym wpływie na środowisko będą przyczyniały się do lepszego komfortu, oraz będą troszczyły się o przyszłe pokolenia z punktu widzenia minimalizacji zużycia źródeł energetycznych. Istotnym głosem w zagadnieniach dotyczących efektywności energetycznej w Polsce jest działalność Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE)⁴, która w 2024 roku świętuje już 30 lat swojej działalności.

Podjęty przez doktoranta temat możliwości *„Optymalizacji efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM”* jest interesujący i wpisuje się w dzisiejsze, istotne dla całego świata podejście do zrównoważonego rozwoju. Temat dobrze odnosi się do debaty naukowej i

¹ „Framing Sustainable Development The Brundtland Report – 20 Years On, UN Commission on Sustainable Development, Sustainable Development in Action, Background, April 2007

² Koncepcja opisana w książce „Cradle to cradle: Remaking the way WE Make Things” z 2002r. autorstwa Williama McDonough i Michaela Braungarda. Koncepcja dotyczące cyrkularności i recycling.

³ Rolski Sławomir, „Forma a efektywność energetyczna dla uzyskania budynku niemal zero-energetycznego”, Builder, 2023

⁴ Agencja zajmuje się m.in. doradztwem, wykonuje audyty energetyczne, realizuje zasady związane z gospodarką niskoemisyjną, prowadzi krajowe i międzynarodowe projekty edukacyjne. Jest laureatem wielu krajowych i międzynarodowych nagród związanych ze zrównoważonym rozwojem, m.in. została wyróżniona w konkursie „Diamenty Sustainable Economy 2022”.

dyskusji dotyczącej minimalizacji wpływu inwestycji budowlanych na środowisko oraz na zapotrzebowanie energetyczne. Odnosi się też do zagadnień poruszanych przez IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)⁵, programy środowiskowe wprowadzone przez UN oraz ustalenia zapisane przez Parlament Europejski w rezolucji w sprawie Europejskiego Zielonego Ładu. Na stronach Parlamentu Europejskiego możemy przeczytać, iż „Działania na rzecz efektywności energetycznej mają zagwarantować zrównoważone dostawy energii, ograniczyć emisję gazów cieplarnianych, zwiększyć bezpieczeństwo dostaw i obniżyć wydatki na import energii oraz służyć konkurencyjności”⁶. Temat poruszający zagadnienia optymalizacji efektywności energetycznej poprzez stosowanie różnego rodzaju rozwiązań mający na celu ograniczenie emisyjności jest zatem bardzo aktualny i wychodzi na przeciw aktualnym potrzebom społeczeństw.

Autor we wstępie odnosi się do samej definicji efektywności energetycznej podanej przez Ministerstwo Rozwoju i Energii, która brzmi:

„Przez efektywność energetyczną budynku należy rozumieć stopień przygotowania budynku do zapewnienia komfortu jego użytkowania zgodnie z przeznaczeniem przy jednoczesnym możliwie najniższym zużyciu energii przez ten budynek.” (Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030, 2024)

W pracy czytamy też odwołania do bardzo ogólnych zapisów mówiących o efektywności energetycznej zapisanych m.in. w Dyrektywach Parlamentu Europejskiego (Dyrektywa 2012/27/UE, 2012). Autor przytacza definicje różnych budynków energooszczędnych, jak. m.in. definicję budynku zero-energetycznego, budynku pasywnego czy budynku o niemal zerowym zużyciu energii. Brak jest jednak odniesienia do samego budynku energooszczędnego. W tym ujęciu przydałoby się aby autor odniósł się do tego zagadnienia i określił definicję budynku energooszczędnego. Na str. 6 autor podaje „*najistotniejszym dla dysertacji typem budynków energooszczędnych są budynki o niemal zerowym zużyciu energii, w Polsce definiowane także jako budynki o niskim zużyciu energii*”, czyli przyjmuje, że budynek energooszczędny to nZEB, a przyjmuje się, że budynkami energooszczędnymi są te, które mają lepszą efektywność energetyczną od standardowych, czyli zgodnie z wymaganiami mogą być lepsze od nZEB. W podrozdziale 1.3 należałoby uściślić kilka sformułowań m.in. co wg. autora oznacza optymalizacja energetyczna?, co autor rozumie przez modyfikowany budynek?, co autor rozumie przez stwierdzenie „*budynki i ich użytkowanie pochłania znaczną część ogólnie produkowanej energii*” – znaczną czyli jaką?. Jeśli nadmieniamy współczynnik przenikania ciepła U określony na podstawie Rozporządzenia MI, to w pracy doktorskiej nie można pisać tylko WT, choć w mowie potocznej tak przyjęło się skracać w/w Rozporządzenie. Praca doktorska to praca naukowa i wymaga konkretów a nie skrótów myślowych. (str. 6)

⁵ IPCC – Międzynarodowy Zespół ds. Zmian Klimatu. Organ Organizacji Narodów Zjednoczonych, zajmuje się oceną badań naukowych związanych ze zmianami klimatu, jego skutkami i zdrażnieniami płynącymi ze zmian klimatu. Prowadzi też działalność mającą na celu przystosowanie się zmian i ich łagodzenie, poprzez różnego rodzaju działalność. Źródło: www.ipcc.ch

⁶ Podstawa prawna art. 194 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej, źródło: Noty tematyczne o Unii Europejskiej, Parlament Europejski, www.europarl.europa.eu

We wstępie autor odnosi się do podjęcia tematu również ze względu na zbyt mały zasób piśmiennictwa dotyczącego optymalizacji efektywności energetycznej w procesie projektowym. Istotne byłoby, aby autor odniósł się do samego pojęcia optymalizacji, jak on ją rozumie w kontekście jego badań i analiz. Która z przytoczonych definicji jest najbliższa proponowanym rozwiązaniom w niniejszej dysertacji. W rozdziale 2 przytoczone są też definicje optymalizacji jak n.p. optymalizacja funkcji, formy, konstrukcji czy wykorzystania przestrzeni wewnętrznej, należałoby podać skąd są zaczerpnięte te definicje, gdyż z tekstu to nie wynika.

3.2. Cel rozprawy – cele rozprawy

Niemniejsza dysertacji pisana jest w formie doktoratu wdrożeniowego, autor zdecydował się na podanie aż 8 celów swojej pracy. Zastanowienie budzi sformułowanie, iż pisana jest „z perspektywy aktywnego uprawnionego architekta” dobrze byłoby jakby autor odniósł się do pojęcia „aktywny architekt” co przez to rozumie?.

W moim odczuciu w niniejszej dysertacji niestety nie wszystkie zagadnienia zawarte w postawionych przed sobą celach doktorant uzyskał.

Cel 1. *Systematyzacja wiedzy dotyczącej efektywności energetycznej oraz metod jej optymalizacji w przemyśle architektoniczno-budowlanym* – cel częściowo osiągnięty. O ile mogę się zgodzić z pewnym usystematyzowaniem wiedzy dotyczącej efektywności energetycznej to mam wątpliwości co do przedstawienia jej optymalizacji na podstawie przebadania tylko 12 przypadków odnoszących się właściwie do jednej inwestycji.

Cel 2 *Zestawienie metod służących optymalizacji energetycznej w różnych fazach procesu projektowo-budowlanego oraz w różnych fazach cyklu życia budynku*. Jak autor konkluduje cel ten został spełniony w postaci opracowanej tabeli nr 15 str. 59, w której przedstawiono poszczególne działania mogące wpłynąć na optymalizację w poszczególnych fazach projektu (stan uszczegółowienie – początkowy, średni, zaawansowany). Co do samego opracowania i rzeczywiście wprowadzania działań mogących wpłynąć na pewną optymalizację to nie mogę się zgodzić po pierwsze, że zostało to przedstawione w ujęciu różnych faz życia budynku. Możemy tu jedynie mówić o fazach projektu. Zastanowienie też budzi nazewnictwo. Co autor miał na myśli pisząc „początkowy, średni czy zaawansowany stan uszczegółowienia projektu” Należałoby to wyjaśnić, gdyż każdy projekt jest inny pod względem szczegółowości i merytoryki.

Cel 3 *Wyznaczenie kompetencji architekta spośród zestawionych metod optymalizacji efektywności energetycznej w budynkach na etapie projektowym*. Autor Pisze o spełnionym celu na podstawie nadmienianej tabeli nr 15 oraz badań literatury opisanych w podrozdziale 5.2. O ile przedstawiony w tabeli nr 15 opis działań, można przypisać kompetencjom architekta, gdyż mają on bezpośredni wpływ na aranżację otoczenia, geometrię budynku, wybór materiałów czy detali, o tyle w rozdziale 5.2, w którym przeanalizowane zostały wybrane pozycje literaturowe pod względem uwzględniania różnych parametrów

stosowanych w projektach a poziomem efektywności energetycznej, trudno odnaleźć jakie zdaniem doktoranta kompetencje architekta wynikają z przeanalizowanych artykułów. Zastanowienie budzi dobór artykułów analizowanych przez doktoranta. Mogę zrozumieć, że różne istotne z punktu widzenia optymalizacji energetycznej parametry doktorant chciał przedstawić w dysertacji, nie bardzo jednak mogę zrozumieć, iż skoro dysertacja dotyczy budynków w zabudowie mieszkaniowej wielorodzinnej w Polsce, to jako przykłady do analizy literaturowej znajdują się m.in. w Pakistanie⁷ (choć rozumiem, iż w tym przypadku doktorant omawiał możliwość użycia technologii BIM) zastanowienie też budzi przykład z Włoch (Cremona). W artykule analizowane były możliwości minimalizacji zapotrzebowania na energię początkową, głównie ogrzewania i chłodzenia. Wykorzystano wiele konfiguracji w celu zbadania możliwości optymalizacji. Rozumiem dobór artykułu pod względem merytorycznym, ale nie bardzo rozumiem, jak mogą być przełożone wyniki na warunki polskie. Podobnie rzecz się ma z przedstawionymi w rozdziale 5.3 przykładami referencyjnymi, o ich przydatności, w kontekście ich lokalizacji, piszę w kontekście wykonania celu 4.

Cel 4 *Zbadanie zasadności użycia oprogramowania BIM w celu optymalizacji efektywności energetycznej*. Autor uzasadnia spełnienie tego celu poprzez przeanalizowanie 8 budynków, których opis znalazł się w rozdziale 5.3. Doktorant przyjął do analizy 8 wybranych obiektów z 34, które podobno były poddane analizie. Zastanowienie budzi dlaczego właśnie te, a nie inne zostały użyte do badań, gdyż nie ma przedstawionej pełnej listy obiektów poddanych analizie. Choć na str. 78 są podane kryteria wyboru, to trudno ocenić poprawność doboru zwłaszcza jeśli jednym z kryteriów jest lokalizacja, i podobne warunki klimatyczne. W dalszej części analiz trudno doszukać się podobnych warunków klimatycznych jeśli budynki znajdują się w Polsce, Niemczech, Słowenii, Austrii czy Wielkiej Brytanii. Trudno też zgodzić się z autorem, który na str. 80 pisze, iż „*przebadane obiekty znajdują się w strefie klimatycznej o zbliżonej do siebie charakterystyce klimatycznej*”. W dalszej części recenzji odniosę się jeszcze do zauważonych w tej części błędów. W rozdziale tym rzeczywiście wybrane budynki zostały poddane analizie BIM. Zostały opracowane dla nich modele BIM, które miały posłużyć jako referencyjne przy doborze paramentów. Analizom poddane zostały parametry budynków: orientacja, powierzchnia całkowita, kubatura (choć nie wiadomo czy netto czy brutto?), typologia bryły, współczynnik A/V, proporcje powierzchni elewacji i udział przeszkleń. Opracowano karty budynków z wszystkimi uzyskanymi danymi oraz z określeniem EU dla każdego budynku, choć nie bardzo wiadomo jak został on policzony. W rozdziale 6 możemy odnaleźć próbę zastosowania modelowania BIM dla modelu referencyjnego zespołu budynków mieszkalnych wielorodzinny w Katowicach. W tabeli 32 doktorant przedstawia aż 12 wariantów, w pracy jednak pokazane zostały tylko 4 aksonometrie, jedna modelu bazowego oraz trzy inne aksonometrie opisane jako scenariusze. Czego dotyczą te scenariusze? Trudno odnaleźć powiązanie w wariantami. Model bazowy BIM został też wprowadzony w kartę dedykowaną

⁷ Maglad. A.M, Houda M., Alrowais R., Khan A.M., Jameel M., Rehman S.K.U., Khan H., Javed M.F., Rehman M.F. (2023): Bim-based energy analysis and optimization using insight 360 (case study). *Case Stud. Constr. Mater.* 18

jednemu z budynków zlokalizowanych w Katowicach, a projektowanych przez MEDUSA GROUP. Mimo pewnych niedociągnięć i niejasności można uznać, że cel został osiągnięty. Można powiedzieć, że cechy architektoniczne budynku mogą być wyrażane w technologii BIM.

Cel 5. *Opracowanie metodologii optymalizacji efektywności energetycznej w praktyce architektonicznej oraz określenie niezbędnych narzędzi architekta.* Po pierwsze należałoby podkreślić, że nie metodologii tylko metodyki. Wg. Słownika języka polskiego metodologia to „nauka o metodach badań naukowych stosowanych w danej dziedzinie” a metodyka to „zbiór zasad dotyczących sposobów wykonywania jakiejś pracy”. Chciałabym, aby doktorant odniósł się co w zasadzie chciał tu opracować. To „ad vocem” terminologii. W pracy doktorant pisze, iż na podstawie opracowanych scenariuszy z rozdziału 5.3 „*przedstawiono metodologię przeprowadzania symulacji wpływu decyzji projektowych na wydajność energetyczną*” w rozdziale 6. Jak już było nadmienione rozdział 5.3. przedstawia analizę wybranych 8 przykładów różnych obiektów z 34. Doktorant analizuje budynki pod względem wysokości (budynek niski wysoki, średnio-wysoko i wysokościowy), liczby kondygnacji, liczby mieszkań, kształtowania bryły (budynek punktowy, odcinkowy, liniowy, płaszczyznowy), orientacji i jej odchylenia od osi N-S i W-E, parametrów PC, kubatury (choć nie wiadomo czy netto czy brutto) współczynnika A/V (budynek zwarty, średniej zwartości, budynek niezzwarty), proporcji elewacji, stosunku pow. Szklenia do pow. elewacji WWR (Windows Wall Ratio), izolacyjności przegród zewnętrznych (współczynnik przenikania ciepła U), szczelności obudowy n50, zapotrzebowania na EU oraz instalacji. Analizy opracowane w tym rozdziale posłużyły doktorantowi do przygotowania kart budynków, choć pewne dane wpisane w karty budzą zastanowienie (podane zostaną w uwagach szczegółowych). Opracowane przez doktoranta analizy posłużyły do przygotowania wytycznych dla analiz budynku mieszkalnego projektowanego przez MEDUSA GROUP w Katowicach. W pierwszej części rozdziału 6. autor przytacza, iż badania prowadzone będą na modelu BIM w oprogramowaniu Autodesk Revit na podstawie faktycznej dokumentacji – co znaczy wg. autora termin „faktyczna dokumentacja”? Czy to jest dokumentacji projektowa, projekt budowlany, projekt koncepcyjny? Do dalszych analiz związanych z symulacjami energetycznymi autor wybrał Autodesk Insight. Dlaczego akurat ten, podczas gdy inne były też opisane i brane pod uwagę (IESVE, Audytor OZC)? Do symulacji modelu autor wykorzystał program Autodesk Green Building Studio oraz Energy Plus. Analizy modelu bazowego, o którym pisze doktorant (co to model bazowy, powinno być wyjaśnione, jakie ma parametry?). W dysertacji autor bierze pod uwagę takie parametry jak: orientacja, współczynnik kształtu A/V, geometria budynku, proporcje elewacji, udział szklenia WWR, współczynnik przenikania ciepła U dla przegród nieprzeziernych oraz współczynnik U dla okien. Zastanownie budzi zminimalizowanie zakresu parametrów przedstawionych w Tabeli 29 dla, której źródłem były dane opracowane i przedstawione w tabeli 15. dlaczego zmniejszono ilość parametrów? W rozdziale 6.6. przedstawiono scenariusz wariantowania badań. Dlaczego oparte zostały na uproszczonym modelu bazowym. Co autor rozumie przez uproszczenie modelu? Autor pisze o scenariuszach wariantowania, potem używa nomenklatury scenariusz albo wariant. Nie bardzo wiadomo

czy to to samo, co autor miał na myśli? W tabeli 30 przedstawione zostało zestawienie paramentów określonych w „case study”, gdzie to „case study” jest, trudno się zorientować? Po przedstawieniu parametrów w tabeli 30 odnoszący się do „case study”, autor rozpoczyna opisywanie i analizy związane z parametrami zawartymi w tabeli 32, odnoszącymi się do 12 wariantów. Schemat myślowy, może i był, ale trudno się odnaleźć w tym schemacie. Nie widać go. Trudno też zrozumieć, dlaczego tylko wybrane parametry w wybranych wariantach są analizowane. Co autor chciał przedstawić w podrozdziałach 6.4.1 do 6.4.4. czego dotyczą te scenariusze wariantowania. Po tych scenariuszach autor przedstawia tabelę wariantów 12 wraz z wariantem bazowym i w rozdziale 6.5 przedstawia wyniki badań. Dlaczego Badania odnosiły się tylko do wybranych wariantów w zależności o przyjętych parametrów. Np. Dlaczego pod względem orientacji brane pod uwagę były tylko wariant bazowy, wariant 1,2, i 3. Dlaczego analizując bryłę odniesiono się do wariantu bazowego, wariantu 4,5 i 6? (w tabeli porównującej autor odnosi się do wariantów a w przedstawianych schematach, na ilustracjach 62 - 65 opisuje je jako scenariusze. Cały rozdział 6 jest dość chaotycznie przedstawiany. Wymaga uściśleń i uzupełnień o pełne dane związane z metodą badań i doбором analiz.

Trudno zatem przyjąć, że cel ten został osiągnięty w całości. Wymaga on pewnej weryfikacji i uściśleń.

Cel 6. *Oszacowanie skali oszczędności wydatków energetycznych w budynku dzięki zaproponowanej metodologii efektywności energetycznej.* W rozdziale 6.5. autor przedstawił wyniki w odniesieniu do modelu referencyjnego, którego zapotrzebowanie na EU na cele ogrzewania wynosiło 34,53kWh/m³*rok, jak rozumiem jest to współczynnik zaczerpnięty z charakterystyki energetycznej wykonanej na potrzeby projektu budowlanego, choć nie jest to powiedziane w dysertacji. Autor podaje wartości stosunku współczynnika EU do modelu bazowego w zależności od ocenianych parametrów i doboru do nich wariantów, są to różne wartości w zależności od doboru parametru i wykorzystanych w danym parametrze wariantów. Szkoda, że autor nie przedstawił dokładniejszych wyliczeń i nie odniósł się do wszystkich wariantów przy analizie poszczególnych parametrów. W rozdziale 6.6 zatytułowanym „Wnioski” autor przedstawia dane parametryczne współczynnika EU dla wszystkich wariantów, jednakże nie wiadomo jak zostały one opracowane. Przydałoby się przygotować w formie załącznika, bardziej szczegółowy opis przedstawionych danych. Autor podaje wprawdzie jak zachowują się współczynnik EU poszczególnych wariantów w stosunku do modelu bazowego, ale nie we wszystkich wariantach występują oszczędności zużycia energii. Autor podaje też, iż najbardziej optymalny pod względem zysków energetycznych do kosztów jest wariant 9, ale brak jest odniesienia do kosztów, koszty nie zostały policzone w żadnym wariantcie. Cel wymaga pewnych uściśleń, choć część jego jest spełniona.

Cel 7. *Rozważenie zagadnienia optymalizacji efektywności energetycznej jako kompetencji architekta w kontekście projektowania zintegrowanego.* Autor w rozdziale 7.5 pt. „Wdrożenie efektów do badań” zaproponował schemat zmiany procesu projektowego poprzez rozpoczęcie bazowania na modelu BIM już w fazie koncepcyjnego projektu. Wydaje się, że taki sposób podejścia do projektowania zintegrowanego, może być korzystny pod warunkiem współpracy wszystkich specjalistów. Mam jednak

wątpliwości, czy inwestor będzie mógł orientować się w modelu BIM i w jakim zakresie ten model będzie jemu udostępniony. Można uznać, że cel został spełniony.

Cel 8. „*Wyznaczenie zaleceń i wytycznych dotyczących metod pracy architekta w celu optymalizacji efektywności energetycznej*”. Doktorant na str. 128 pisze, iż na podstawie wyników z przeprowadzonych analiz, przedstawiono pilotażowy scenariusz wdrożenia metod optymalizacji efektywności energetycznej w zintegrowanym procesie projektowym (podrozdział 7.5.2.). W podrozdziale tym nie bardzo widać ten scenariusz, w prawdzie planowanie jest wdrożenie modelu BIM i współpracy z zintegrowaną przestrzenią, już na poziomie analiz chłonności działki. Doktorant podkreśla, iż *przez symulacje BIM na wczesnym etapie projektowym będzie możliwość tworzenia różnych modeli projektowych opartych o kluczowe parametry architektoniczne i energetyczne*. Jednakże, nie podane zostały te parametry, a w przypadku wdrożenia powinny być jednymi z kluczowych. Podkreślone jest, iż na podstawie tworzonych modeli BIM będą zbierane informacje zwrotne – jakie? Jaki obszar będzie objęty analizami informacji zwrotnych w procesie projektowania. Można się zgodzić, że współpraca ze specjalistami zajmującymi się systemami instalacyjnymi, fizyką budowli czy analizami efektywności będzie istotna we współpracy i przygotowywaniu projektu już na poziomie projektu koncepcyjnego, ale polemizowałabym czy ich obszar działań będzie kluczowy dla projektu? Nie jest jasno kreślone na czym ma polegać zdaniem doktoranta wróżenie. Współpraca pomiędzy poszczególnymi branżami, zawsze istniała w procesie projektowym i musi nadal być, nawet po zmianie prawa i wydzieleniu w procesie projektowym Projektu Technicznego jako oddzielnego elementu dokumentacji projektowej, które nie podlega zatwierdzaniu przez urząd.

W rozdziale 7.5.3. pt. „*Opracowanie wytycznych do alternatywnej dokumentacji do budowy*”, która zdaniem doktorant odpowiada na cel 8, trudno doszukać się nadmienionych wytycznych. Rozumiem, iż praca nad analizami związanymi z projektem, którego realizacji jest w toku, jest bardzo ważnym elementem pracy nad doktoratem wdrożeniowym. Możliwość analiz i zbierania danych przyczyniać się może do usprawnienia procesu projektowego dalszych etapów, jak też umożliwia wprowadzenie zmian w zakresie optymalizacji projektu jak i jego budowy. Może przyczyniać się, jak podaje doktorant, do poprawy efektywności energetycznej budynków. Byłoby jednak dobrze, aby w dysertacji podane zostały te wytyczne. Zastanowienie budzi co doktorant ma na myśli pisząc o „*alternatywnej dokumentacji*” czy „*wprowadzenie alternatywnych parametrów do projektu wykonawczego, a następnie realizacja budynku z uwzględnieniem opracowanych zmian i strategii, co pozwoli na skuteczne wdrożenie zoptymalizowanych rozwiązań*”. Co zdaniem autora oznaczają: alternatywna dokumentacja, alternatywne parametry i zoptymalizowane rozwiązania?

3.3. Tezy rozprawy

W przedstawionej do oceny dysertacji zostały postawione trzy tezy. Jedna główna:

„Projektowanie architektoniczne obiektów mieszkaniowych wielorodzinnych, w oparciu o technologię BIM na wczesnych etapach koncepcyjnych, może ułatwić proces optymalizacji efektywności energetycznej budynku. Pozwala ono na bardziej świadomą kontrolę wartości parametrów dotyczących elementów architektury budynku decydujących o jego wydajności energetycznej.”

Oraz dwie pomocnicze;

1. *Projektowanie zintegrowane jest katalizatorem procesu optymalizacji efektywności energetycznej budynku mieszkalnego wielorodzinnego w początkowych fazach procesu projektowo-budowlanego.*
2. *Symulacje wykonywane na podstawie modelu BIM stanowią adekwatne narzędzie do przeprowadzania optymalizacji efektywności energetycznej w ramach kompetencji architekta.*

W odniesieniu do założonej przez doktoranta tezy głównej, można się zgodzić, iż przedstawił on w niniejszej dysertacji pewne podejście do możliwości zwiększenia kontroli nad procesem projektowanym poprzez wykorzystanie technologii BIM zwłaszcza, gdy zostanie ona wprowadzana na wcześniejszym etapie projektowania, na poziomie projektu koncepcyjnego. Choć projekt koncepcyjny nie zawsze jest tożsamy z projektem budowlanym. Jednakże, zastosowanie analitycznego podejścia do projektowania, współpraca na różnych poziomach przyczyni się do bardziej efektywnych rozwiązań. Chciałabym, aby doktorant ustosunkował się sformułowania przytoczonego na str. 129 „zrównoważonego projektowania” co ten termin zdaniem doktoranta znaczy w odniesieniu do przedstawionych w dysertacji zagadnień.

Przedstawione badania literaturowe oraz przebadane przez doktoranta modele (niestety tylko 12) ukazują, iż modelowanie BIM oraz odpowiednio przyjmowane w nim parametry mogą przyczyniać się do podnoszenia efektywności energetycznej wybranych budynków. Można zatem uznać, iż teza została potwierdzona, choć na małej ilości wariantów.

Na podstawie przedstawionych badań literaturowych oraz skromnej ilości przeprowadzonych symulacji i zestawień, można by uznać iż w odniesieniu do przedstawionego materiału naukowego pozostałe dwie tezy w zasadzie też zostały potwierdzone. Zastanowienie budzi jednak to, czy w przypadku przanalizowania większej ilości wariantów, autor uzyskałby te same wyniki? Zauważa, że przy doborze do analiz pojedynczych parametrów porównywane były tylko wybrane warianty. Wyniki z badań przedstawiono w rozdziale 6 i 7, poglądowy dobór wariantów i analizowanych w nich parametrów zilustrowano w tabeli 32 na str. 113.

3.4. Struktura pracy

Struktura pracy określona została przez doktoranta we wstępie w podrozdziale 1.9, jednak wyjaśnienia wymaga dlaczego struktura pracy doktorskiej jest utożsamiana z planem działań w ramach prowadzenia badań. Badania są oddzielną, nierozzerwalną częścią pracy doktorskiej, ale struktura samej

dysertacji powinna stanowić odrębny schemat ideowy i metodologiczny pracy. Autor powinien w sposób wyrazisty określić schemat samej dysertacji, gdyż w moim odczuciu przedstawiany na ilustracji 2 na str. 12 schemat odnosi się bardziej do struktury badań i analiz przeprowadzanych w czasie opracowywania dysertacji, niż do samej struktury pracy doktorskiej.

4. Zawartość dysertacji wraz z uwagami szczegółowymi

Rozdział 1 – pt. „*Wstęp*” nakreśla potrzebę podjęcia tematu pracy, autor definiuje w nim cele, tezy, metody i strukturę pracy. Większość uwag dotyczących rozdziału 1 została przedstawiona we wcześniejszej części recenzji.

Tutaj nadmienić tylko należy, iż doktorant mogłoby większą uwagę przykładąć do chronologii i z większą starannością odnosić się do przytaczanych w dysertacji dat. Na samym początku podrozdziału 1.5 doktorant podaje, iż w latach 80. XX wieku zaczęto zajmować się tematyką związaną z efektywnością energetyczną, podczas gdy w podrozdziale datuję początek zainteresowania tą tematyką na lata 70. XX wieku. W kolejnych rozdziałach przytaczane są daty, które nie są poprawne.

Rozdział 2 – pt. „*Optymalizacja efektywności energetycznej w architekturze*”, w podrozdziale 2.2. autor odniósł się do zdefiniowania terminu optymalizacji, z podanych definicji nie wynika jak autor odnosi się do optymalizacji efektywności energetycznej. Czy wymienione na str. 13 i 14 definicje różnych optymalizacji są definicjami autora, czy są przytoczone z literatury. Jeśli autor przytacza, to brak jest odniesienia do konkretnej pozycji bibliograficznej. Zdanie „*Wymienione rodzaje optymalizacji oraz ich oddziaływanie na budynki były eksplorowane z różną intensywnością w różnych okresach czasu.*” Tak w zasadzie nie mówi nic, co to znaczy z różną intensywnością – czyli z jaką, a co znaczy w różnych okresach czasu – należałoby podać. Podrozdział 2.3 pt. „*Efektywności energetyczna*” autor odnosi się do ogólnoświatowego zużycia energii, zapotrzebowania na energię, wzrostu populacji na świecie i w Polsce, przedstawia globalne zużycie energii w budynkach, przytacza przyczyny wzrostu konsumpcji energii. Odnosząc się do zaangażowania lokalnych, krajowych i międzynarodowych polityk, jak i polityki Unii Europejskiej w zagadnienia efektywności energetycznej powinny zostać podane konkretne dyrektywy czy rozporządzenia, które wchodzą w skład praw związanych z tym zagadnieniem. Na str. 16 autor przedstawia wykres odnoszący się do wzrostu światowej populacji i jej odniesienia do zużycia energii, jednakże dane podane na wykresie nie mają odzwierciedlenia w opisie, iż ludność wzrosła o 70% a zużycie energii o 140%. Na str. 18 przedstawiono wykres pt. „*Procent zużycia energii w budynkach mieszkalnych w stosunku do całego zużycia*” opracowany na podstawie danych Międzynarodowej Agencji Energetycznej pokazuje, iż pik zużycia był w 1993 r, kiedy to sięgnął ok. 38%, w tekście datowany jest na 1991 r., skąd ta różnica? Co według autora oznacza sformułowanie, iż „*budynki odegrają centralną rolę w transformacji energetycznej*”? Co znaczy centralna rola? Dalej zdanie „*W scenariuszu szybszej transformacji emisje CO₂ z paliw spalanych bezpośrednio w budynkach zmniejszą się o prawie 75% do 2050 roku. Osiągnięte to zostanie dzięki niemal całkowitemu wyeliminowaniu węgla, 85% redukcji zużycia ropy naftowej i 50%*”

spadku zapotrzebowania na gaz ziemny.” Czy odnoszą się dane do całej UE i jak się mają te dane do dyrektywy EPBD i Europejskiego Zielonego Ładu?

Autor pisząc o zagadnieniach promieni słonecznych jako jedynym źródle światła pomija zagadnienie oświetlenia przez ogniska czy płomień. Podnosząc temat zapotrzebowania na energię, która zdaniem autora nie zmieniła się od lat, pominięta została informacja dotycząca architektury solarnej, którą w dalszej części pracy autor próbuje przytoczyć (str. 19). Na str. 19 autor mylnie przypisuje w tekście numer ilustracji 9 odnoszący się do przedstawionych na ilustracji nr 8 danych. Podobnie rzecz się ma z przypisaniem w tekście ilustracji nr 10 z danymi zawartymi w ilustracji nr 9. Podrozdział 2.4 pt. *„Geneza optymalizacji energetycznej”* autor odnosi się do chronologicznego uporządkowania technologii, które w dziejach ludzkości miały znaczenie i wpłynęły na rozwój. Podając lata 40. jako początek pionierskich eksperymentów budownictwa energooszczędnego w Stanach Zjednoczonych dobrze byłoby, aby autor był konsekwentny w datowaniu, gdyż na str. 25 informacja o pierwszym domu z zerową energią jest datowany na 1939r, może należałoby w tekście napisać iż za początek uznaje się koniec lat 30. Proszę o wyjaśnienie co oznacza termin „projektowanie termiczne komponentów” str. 25. W podrozdziale 2.5 pt. *„Komfort cieplny – ograniczenie optymalizacji”* autor odnosi się do komfortu cieplnego i termicznego, choć nie do końca wiadomo, czy wg. autora to są tożsame terminy. W rozdziale tym znów pomyłone zostały przypisywane w tekście numery ilustracji. Podana na str. 27 ilustracja 13 w tekście opisana jest jako 14. Na str. 28 doktorant pisze *„W typowych polskich mieszkaniach z wentylacją grawitacyjną mamy do czynienia z niewielką i w miarę stałą prędkością ruchu powietrza w ciągu dnia.”*, jakie są według doktoranta typowe polskie mieszkania, ich cechy powinny być przedstawione, o ile możemy jakieś konkretne określić. W podrozdziale 2.5.5. autor pisze o odzieży w ujęciu odczuwania komfortu ciepłego, przytaczając odzież barierową, jaką odzież o charakterze ochronnym. Dobrze byłoby, aby termin odzieży barierowej został tu opisany.

W podrozdziale 2.6 pt. *„Wnioski i dyskusja”* autor pisze, iż na utrzymanie komfortu cieplnego budynku składa się sporo części składowych budynku. Sporo czyli ile? Należałoby wymienić jakie i co autor miał na myśli. Wymieniając też decyzje projektowe, które przyczyniają się do utrzymania komfortu cieplnego autor podaje ich 7, rozumiem, iż pisząc o izolacji ma na myśli izolacje termiczną, pisząc o mostkach cieplnych nie możemy mówić tylko o tych punktowych zaburzających termikę budynku, ale i o liniowych, nie zrozumiałą jest dla mnie ostatni podpunkt *„stosowanie regulatorów i sterowników pozwalających na odpowiednią adaptację budynku do rodzaju i intensywności użytkowania - jest to szczególnie ważny aspekt z punktu widzenia eksploatacji”* jakich regulatorów i sterowników odnoszonych się do intensywności użytkowania?

Zdanie *„Aktywne środki regulacji mikroklimatu wewnątrz budynku są odpowiedzialne za zdecydowaną większość całkowitej energii końcowej, dlatego optymalizacja obiektów pod tym względem jest kluczowym elementem, który należy osiągnąć w celu obniżenia zużycia energii.”* A co możemy

powiedzieć o nieaktywnych takich jak: ściany czy okna?. Aktywne systemy jedynie bilansują straty w celu utrzymania wymaganego komfortu.

Rozdział 3 pt. „Efektywność energetyczna w procesie projektowym” kolejny rozdział, który podparty została analizami literatury. Rozdział opisujący uwarunkowania formalno – prawne zarówno w Unii Europejskiej jak i w Polsce. W podrozdziałach autor omawia: zagadnienia charakterystyki energetycznej, zagadnienia związane z klimatem i jego wpływem na zużycie energii, opisuje podstawowe pojęcia jak; energia pierwotna, energia końcowa, współczynnik przenikania ciepła oraz inne parametry wpływające na efektywność energetyczną. Przytoczone w tym rozdziale zostały klasy energetyczne i standardy, opisane, choć skrótowo, zostały certyfikaty. Rozdział zakończono wnioskami i dyskusją.

We wprowadzeniu do rozdziału 3 autor podaje kilka istotnych dokumentów, które z punktu widzenia zagadnień efektywności energetycznej są kluczowe m.in. Protokół z Kioto, choć tu powinno się napisać, że kraje zobowiązały się do redukcji emisji, a nie że protokół nałożył na nie obowiązek. Oraz, że redukcja emisji ma nastąpić poprzez promowanie odnawialnych źródeł energii. Przytoczono w pracy Agendę 21 UN z 1992r. UN-Habitat, Cele zrównoważonego rozwoju, Deklarację z konferencji w Rio z 2012r. oraz porozumienie paryskie. Dalej przytaczane są dyrektywy Unii Europejskiej, których autor wymienia 7, a wśród nich dyrektywę EPBD 2024/1275/UE (str. 35), na którą niestety w większości swojej pracy się nie powołuje, a jest to jedna z najważniejszych dyrektyw, nad którą prace trwały już kilka lat. Opisując tą dyrektywę doktorant pominął ważne jej elementy, które są związane z efektywnością energetyczną budynków np. budynki bezemisyjne (ZEB) oraz wymagań związanych z energią solarną i od paliw kopalnych. Autor najczęściej powołuje się na dyrektywę z roku 2010 (2010/31/UE), której zapisy są już nieaktualne. Opis uwarunkowań prawnych obowiązujących w Polsce przedstawia 6 aktów prawnych. W opisie Rozporządzenia MR z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego pominięta została informacja o obowiązku przygotowania projektowanej charakterystyki energetycznej. W punkcie tym, należałoby te wspomnieć, iż od jakiegoś czasu trwają prace nad nowelizacją Rozporządzenia MI z 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej – zmianie ma m.in. ulec sposób obliczania. W podrozdziale 3.4 przedstawiającym dane dotyczące charakterystyki energetycznej na str. 37 występuje pomyłka w zdaniu: „*Charakterystyka energetyczna (ilustracja 16) budynku musi zawierać szereg parametrów (...)*” poniższa tabela odnosząca się do zdania ma przypisany nr 15. Podobne pomyłki są w przypadku powoływania się na ilustracje 17 i 18 na str. 38 i 39. Autor opisując charakterystykę klimatu w Polsce pokazuje wykres odnoszący się do średniej liczby stopniodni w UE podając w tekście, iż Polska znajduje się na 7 miejscu, z przedstawionego wykresu to nie wynika (miejsce 4). Autor pisze „*Krajami o podobnym w tym względzie klimacie są Austria i Czechy*”, niestety w podanym wykresie nie można odnaleźć pozycji ani Austrii, ani Czech. (str. 39)

W opisie dotyczącym temperatur obliczeniowych należałoby może dodać, iż parametr ten zmienia się w zależności od standardu energetycznego budynku. Na str. 39 autor wskazuje „stacje pogodowe” i

zmiany jakie mają miejsce w poszczególnych latach. Wskazane byłoby, aby zostało opisane jakie dane są wykorzystywane i w jaki sposób, do obliczeń np. projektowanej charakterystyki energetycznej budynku. Są one zbierane z tzw. „typowych lat meteorologicznych”, przygotowanych i opracowanych przez obecne Ministerstwo Inwestycji i rozwoju, które są opracowane m.in. przez Piotra Narowskiego przeciwnika PW.

W opisie energii pierwotnej w podrozdziale 3.4.2. wskazano, iż jest to wskaźnik „bardzo uniwersalny o szerokim zakresie, który bierze pod uwagę: (.....) energię wyprodukowaną na miejscu przez systemy powiązane z budynkiem i bilans jej ilości wyeksportowanej do sieci w porównaniu do energii dostarczonej,(...)”. Jest to dość dyskusyjne sformułowanie, gdyż przez niektórych audytorów EP należy w bilansie energetycznym uwzględniać tę energię z OZE/PV, która została zużyta, a nie wyprodukowana. Udział ten jest ok. 20%-30% rocznego uzysku instalacji PV i zależy od wielu czynników. Przy opisie tego punktu należałoby wskazać dlaczego mowa jest o bilansie pomiędzy wyeksportowaną energią w porównaniu do dostarczonej. W całym podrozdziale brakuje definicji EP. W tabeli 4 podano wartości zapotrzebowania energii pierwotnej, dane w kolumnie od 1 stycznia 2014 już nie obowiązują.

W podrozdziale 3.4.3 omówione zostały energia końcowa EK i energia użytkowa EU autor pisze „Zasadniczą różnicą między nimi jest branie pod uwagę innych zmiennych, zależnych od granicy bilansowania.” Należałoby podać jakie zmienne autor ma na myśli. Przytaczanie definicji amerykańskiego departamentu stanu powinno być uzupełnione o krajową metodę podejścia do EK i EU, gdyż badania prowadzone są w Polsce. Można przytoczyć tu definicje znajdujące się w rozporządzeniu o efektywności. Kolejna pomyłka w odnoszeniu numeracji ilustracji i odwołania do niej w tekście str. 42 w zdaniu „Na granicy (...) przygotowania ciepłej wody użytkowej” podana jest w nawiasie odwołanie do ilustracji 21 której w danym rozdziale w ogóle nie ma. W zdaniu str. 43 „Współczynnik EU mierzy ilość energii faktycznie zużywanej na cele ...” Energia zużywana to energia końcowa. W kolejnym zdaniu „Dzięki temu (...), poprzez porównanie jakości obudowy” a co z wentylacją czy C.W.U.? Proszę o wyjaśnienie całego zdania str. 43 „Aby osiągnąć tak niski poziom zużycia energii przez system HVAC, konieczne jest stosowanie naturalnych i pasywnych rozwiązań architektonicznych oraz działań zapewniających komfort przy minimalnym zapotrzebowaniu na energię użytkową, bez użycia prądu.” Rozumiem, że niski poziom zużycia energii to przez budynek z nie system i o co chodzi, że bez prądu. Jak system może działać bez prądu?

Podrozdział 3.4.4. co autor ma na myśli pisząc, że „Polska należy co zimnych krajów”. W pracy nie zostało to opisane, nie ma analizy klimatycznej Polski. Zdanie „Stąd właśnie wynikają dwie podstawowe strategie budownictwa pasywnego - minimalizacja strat poprzez zwiększenie izolacyjności oraz maksymalizacja zysków słonecznych.”. Czy tu mowa jest o izolacyjności termicznej czy innej? A jeśli chodzi o maksymalizację to chyba wykorzystania zysków słonecznych. W kolejnym zdaniu, w którym jest mowa o certyfikacji, to chyba należałoby podać o jakich certyfikatach jest mowa? Str. 43 „Izolacyjność przegród (...) przy wszelkiego rodzaju certyfikacji budynków i jest określana przy pomocy współczynnika przenikania ciepła.”

Autor powinien przygotować zestawienie skrótów używanych w tekście wraz z wyjaśnieniem co konkretny skrót oznacza np. nZEB str. 44.

Należy podkreślić, iż przytaczany w tekście (str. 44 oraz tabela 6 str. 45) standard N40 już nie funkcjonuje, to pomimo przytaczania tego standardu w tabeli 6 należy nadmienić, iż wartości zawarta w tabeli donoszą się do współczynników wymaganych w zabudowie jednorodzinnej w nie wielorodzinnej. Dobrze byłoby aby autor przytaczał tabele adekwatne do tematu swojej dysertacji.

W podrozdziale 3.4.5 (str. 45) opisującym pozostałe parametry związane z efektywnością wskazane by było, aby autor podawał poprawne wzory, wskazany w tekście wzór „ $n_{50} = 0,6/h$ ” w rzeczywistości powinien wyglądać tak - $n_{50} = 0,6/h^{-1}$. W zdaniu (str.45) „*W prawie polskim (WT), konkretne (...)*” Uważam, iż powinno się podać pełną nazwę, lub choć informację że chodzi o rozporządzenie, a nie używać skrótu zwłaszcza a języka potocznego.

Podrozdział 3.5 dotyczący innych standardów energetycznych odnosi się do analizy literaturowej i podania jak w innych państwa postrzegane są „*metody prezentacji wydajności energetycznej*” przedstawione w tabeli nr 7. Przy opisie standardu N15 i N40 należałoby nadmienić, iż standard N40 już nie obowiązuje.

W moim przekonaniu, jeśli podejmujemy się przybliżenia, w przedstawionej pracy niestety w wielkim skrócie, certyfikacji, to dlaczego opisane są tylko 3 certyfikaty (LEED, BREEM, WELL) a np. certyfikacja niemiecka DGNB ?

Zdanie (str. 49) „*W ostatnich latach w Polsce zdobywa popularność również Certyfikat Zielony Dom.*” Na podstawie jakich danych zostało przedstawione to stwierdzenie, czy rzeczywiście „Certyfikat Zielony Dom” zdobywa taką popularność?

Wśród badań literaturowych przytoczone zostały badania przeprowadzone przez Jerzego Kwiatkowskiego i Joannę Rucińską (str. 50) jak podaje autor, „*Wykorzystano budynek referencyjny i opracowano 180 wariantów obliczeniowych, które uwzględniały następujące zmienne: 3 rodzaje danych klimatycznych, 4 wartości współczynników kształtu budynku, 3 rodzaje wentylacji, 3 standardy przenikalności cieplnej oraz 3 współczynniki powierzchni okien w stosunku do ściany zewnętrznej.*” Mam zatem pytanie dlaczego w przedstawionej dysertacji autor oparł się tylko na 12 wariantach ?

W podrozdziale 3.6 str. 51 jeśli w tekście powołujemy się na dyrektywę EPBD, to należałoby podać na którą, chociaż rok lub numer. Podobnie na str. 52 jeśli przywołujemy dyrektywę należy ją określić.

Wyjaśnienia wymaga zdanie (str. 51) „*Charakterystyka energetyczna jest w swoim założeniu narzędziem do weryfikacji założeń projektowych i ma potencjał do sprawdzenia, czy dane rozwiązania nadają się do zastosowania w konkretnej lokalizacji i obiekcie.*”, gdyż charakterystyka energetyczne $\neq$ projektowana charakterystyka energetyczna $\neq$ świadectwo charakterystyki energetycznej.

Rozdział 4 „*Praktyka projektowa a technologia BIM*”. Rozdział zawiera 7 podrozdziałów, dopiero podrozdział 4.6 odnosi się do samego modelowania. Pisząc we wprowadzeniu „*Zagadnienie zostało*

następnie przeanalizowane w kontekście technologii BIM, używanej przy ich zastosowaniu.” Na samym początku należałoby odnieść się do skrótu BIM. Początkowe podrozdziały odnoszą się do polskiego zasobu mieszkaniowego, zużycia energii w gospodarstwach domowych, metod optymalizacji energetycznej czy samego procesu projektowego. Dlaczego zatem na wstępie nie wyjaśnić skrótu BIM. W podrozdziale 4.2 przybliżającym dane dotyczące zasobów mieszkaniowych w Polsce, autor podaje dane, jednak nie można odnaleźć skąd one zostały zaczerpnięte. Np. iż deweloperzy wybudowali średniorocznie 140tys lokali w latach 2019-2023, że podział na budynki jednorodzinne i wielorodzinne był w zasadzie połowiczny, wielorodzinne (51,6%). Przedstawiane ilustracje nie odnoszą się do danych zawartych w tekście. Niestety tu również nastąpiły pomyłki w numeracji ilustracji i przypisaniu ich do treści zawartej w opisie. Te powtarzające się pomyłki wpływają, na bardzo trudny, a co za tym idzie czasem negatywny odbiór pracy.

W podrozdziale 4.3. autor odnosi się do problemu zużywania energii przez gospodarstwa domowe w odniesieniu do wymagań efektywności energetycznej. Czy efektywność energetyczna wszystkich sektorów czy tylko w odniesieniu do mieszkalnictwa się polepsza? (str55) Nadmienając najnowsze wytyczne w odniesieniu do nowo powstających budynków wielorodzinnych, należałoby podać te wytyczne. Autor pisze na str. 55 o „*budynku mieszkaniowym spełniającym wymagania w WT (...)*”, po raz kolejny autor używa skrótu WT, w pracy naukowej można używać skrótów pod warunkiem przygotowania i przedstawienie spisu skrótów używanych w tekście w innym wypadku podajemy pełną nazwę.

Czy całe dwa akapity str. 56. od słów „*W celach porównawczych analizie (...)*” do słów „*(...) w tym zakresie między architekturą a branżami instalacyjnymi*”, są badaniami autora czy badaniami literatury, należałoby odnieść się do źródeł literatury.

Podrozdział 4.4 pt. „*Metody optymalizacji energetycznej*” przedstawia badania literaturowe, choć kilka sformułowań budzi moje zastanowienie. Np. zdanie: „*Małe mieszkania potrzebują mniej energii, ponieważ mają mniejszą powierzchnię regulacji temperatury, mniejszą powierzchnię przenikania, a także mniej mieszkańców.*” Skąd takie dane, czym są poparte? Autor podaje jako źródło (Pérez-Lombard i in., 2008), jest to jednak moim zdaniem zbyt duży skrót i wymaga uściślenia, nie koniecznie bowiem małe mieszkania mogą mieć mniej mieszkańców niż duże, i co autor rozumie przez mniejszą powierzchnię przenikania?.

Rozumiem, iż autor odnosząc się do pracy Pani prof. Katarzyny Zielonko-Jung (str.58), pisząc o obudowie zewnętrznej budynku nie podał, iż szczelność pasywna oraz mostki cieplne powinny też być uwzględniane w odniesieniu do efektywności energetycznej budynku.

Na stornie 59 autor przytacza tabelą nr 15 „*Podział metod optymalizacyjnych na obszary tematyczne powiązane z branżami wiodącymi wraz z oszacowaniem wymaganego stopnia uszczegółowienia projektu dla metod gdzie wiodącą branżą jest architektura*” ujęcie tematyczne i przedstawiony przez autora podział jest interesujący w odniesieniu do podjętego tematu. Moje pytanie,

czy autor uwzględnił obowiązujący w dzisiejszym prawodawstwie podziału pracy w zależności od branż zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia MR „w sprawie formy i zakresu projektu budowlanego”⁸ na Projekt Budowlany i Projekt Techniczny.

W podrozdziale 4.5 autor pisze o procesie projektowym. Głębszego wyjaśnienia wymaga sformułowanie, iż to „świadczenia charakterystyki energetycznej mogą być przydatnym narzędziem (...)” do czego? Autor podaje, iż „W tradycyjnym modelu projektowania budynków cały proces jest podzielony na wiele etapów realizowanych przez różnych specjalistów (ilustracja 28)”, abstrahując, że znów nastąpiła pomyłka w numeracji i tak naprawdę autor odnosi się do ilustracji 27 (str. 61), to sam proces projektowy kończy się wraz z zakończeniem budowy, odbiorem budynku, pozwoleniem na użytkowanie i ewentualnym opracowaniem projektu powykonawczego. Eksploatacja nie wchodzi w fazę projektową, choć jak autor podaje tabela 27 dotyczy procesu budowlano-inwestycyjnego i tu mogę się zgodzić, że eksploatacja jest jej elementem. Schemat opracowany jest na podstawie badań literatury z 2014 r. (Rogoża 2014), może jednak należałoby odnieść się do obowiązujących zmian i podziału na Projekt Budowlany i Projekt Techniczny. Rozumiem, że przygotowany schemat jest na podstawie literatury, jednakże chciałbym poprosić o wyjaśnienie co autor rozumie przez sformułowania „wykonanie dokumentacji wstępnej” czy „wykonanie dokumentacji podstawowej”.

Na str. 62 autor podaje jedną z definicji projektowania zintegrowanego opracowaną na zlecenie Komisji Europejskiej, jednakże brak jest podkreślenia, iż definicja ta została zaczerpnięta z innego opracowania. Jeśli autor pisze, iż definicja brzmi: *Projektowanie zintegrowane (...)* to mimo podania źródła, powinno być zaznaczone, iż jest to cytat. I tak do końca nie wiadomo, gdzie sama definicja się kończy, na słowach „(...) w stosunku do stosowania systemów aktywnych” czy zdanie dalej na słowach „(...) wydaje się naturalną ewolucją całego procesu”.

Podrozdział 4.6 dotyczy zagadnień modelowania budynku za pomocą BIM. Autor przytacza definicje związane z BIM, choć zabrakło informacji o BIM 3D, 4D, 5D, 6D, czy 7D. Są to znów przeprowadzone przez autora badania literaturowe dotyczące zagadnień projektowania zintegrowanego.

We wnioskach autor pisze „Pomimo rozwoju idei takich jak: projektowanie zintegrowane czy zrównoważony rozwój, poziom ich wdrożenia w Polsce i w polskiej architekturze pozostawia wiele do życzenia.” Sformułowanie „wiele do życzenia” jest zbyt kolokwialne. Autor powinien w sposób merytoryczny odnieść się do wdrażania projektowania zintegrowanego i zrównoważonego rozwoju.

Rozdział 5 pt. „Analiza referencyjnych, zoptymalizowanych energetycznie budynków” cały poświęcony jest badaniom literatury. Podobnie jak i poprzednie rozdziały doktorant analizuje tu wybrane przez siebie pozycje literaturowe. Trudno czasem odnieść się do zawartych w tym rozdziale treści, gdyż tak do końca nie wiadomo, czy są to „sensu stricte” dane będące wynikiem badań zawartych w poszczególnych pozycjach literaturowych czy interpretacja tych badań wykonana przez doktoranta.

⁸ Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. Dz.U.2022.1679 ze zmianami

Na samym początku autor podaje, iż „*istnieje wiele metod optymalizacji*” należałoby podać jakie. Dalej nadmienia, iż każda z tych metod „*ma swoje granice i warunki*” jakie? Skąd takie stwierdzenie, że „*Budynki, w których zastosowano kosztowne i mało uniwersalne rozwiązania, często cechują się ograniczoną funkcjonalnością.*” Nie zgadzam się z tym stwierdzeniem.

Autor we wprowadzeniu analizuje jako przykład budynek „2226 autorstwa pracowni Baumschlager Eberle zlokalizowany w Lustenau w Austrii” jako jeden z ciekawszych w odniesieniu do optymalizacji energetycznej. Zastanowienie wprowadza budzi fakt, iż do analizy został wybrany obiekt użyteczności publicznej (biurowiec), a nie budynek zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej, gdy dysertacja dotyczy teje właśnie zabudowy? Autor w opisie budynku podaje, że „*Najważniejszym założeniem projektu było zapewnienie komfortu cieplnego dla użytkowników, utrzymując temperaturę wewnątrz budynku na poziomie 22-26°C przez cały rok, bez stosowania tradycyjnych systemów centralnego ogrzewania, klimatyzacji, wentylacji mechanicznej czy rekuperacji.*” w odniesieniu do klimatu Austrii. Powołuje się przy tym na przedstawiony we wcześniejszym rozdziale 3 schemat (ilustracja 16 a nie jak podaje autor ilustracja 17) przedstawiający wykres obrazujący liczbę stopniogrzania w EU w latach 1990-2023, jednakże trudno w nim znaleźć dane przypisywane dla Austrii, skąd więc wiadomo „*że klimat Austrii jest jednym z zimniejszych w Europie pod względem stopniogrzania*”?

Dalej w opisie czytamy, że „*Ściany te zbudowane są z dwóch warstw poryzowanych pustaków o grubości 36 cm każda, co pozwala na maksymalizację akumulacji ciepła.*” skąd ten wiosek? Co zdaniem autora oznacza, że „*Budynek opiera się na zasadach znanych z tradycyjnego budownictwa (...)*” co to za zasady, należałoby je tu przytoczyć. Co oznacza sformułowanie, że „*zużyte powietrze gromadzi się powyżej strefy użytkowej*”?

W kolejnym podrozdziale 5.2. autor analizuje 5 wybranych artykułów, które w ocenie autora odnoszą się do poszczególnych parametrów związanych z efektywnością energetyczną. Nie ma w prawdzie podanej informacji dlaczego właśnie te, a nie inne zostały wybrane przez autora, aby zilustrować omawiane zagadnienie parametrów wpływających na efektywność energetyczną.

Nadmienione na str. 70 tytuły 5 artykułów stały się tytułami kolejnych podrozdziałów od 5.2.1. do 5.2.5..

- „*Wymagania energetyczne dla budynków wielorodzinnych, a rozwiązania konwencjonalne*”, Adrian Trzaska (2021) *Rynek Instal*
- „*Wpływ współczynnika kształtu A/V na wielkość strat ciepła w budynku w świetle rosnących wymogów dotyczących izolacyjności termicznej przegród budowlanych*” Marcin Kaczmarzyk (2017), *Czas. Inż. Lądowej Śr. Architekt. J. Civ. Eng. Environ. Archit.* z. 64, nr 2/II.
- „*Influence of Envelope Design in the Optimization of the Energy Performance of a Multi-family Building*”, Mario Ferrara, Elisa Sirombo, Alberto Monti, Enrico Fabrizio, Marco Filippi (2017) *Energy Procedia, 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-16, 11-13 September 2016, Turin, Italy* 111, 308–317.

- „*Bim-based energy analysis and optimization using insight 360 (case study)*”, Ahmed M. Maglad, Moustafa Houda, Raid Alrowais, Abdul Mateen Khan, Mohammed Jameel, Sardar Kashif Ur Rehman, Hamza Khan, Muhammad Faisal Javed, Muhammad Faisal Rehman (2023), *Case Stud. Constr. Mater.* 18, e01755.

- „*Investigating the influence of building shape and insulation thickness on energy efficiency of buildings*”, Marincu Cristina, Dan Daniel, Moga Ligia (2024), *Energy Sustain. Dev.* 79, 101384

Takie potraktowanie tytułów jest dość mylące zwłaszcza, że nie są podane w cudzysłowie, ani nie są pisane kursywą. Trudno ustosunkować się do przedstawionych przez doktoranta w tych podrozdziałach informacji, gdyż są one przedstawione w bardzo skrótovej formie i w zasadzie są przedstawieniem wyników badań innych autorów. Zastanowienie budzi sam dobór artykułów ze względu na prezentowane w nich dane. Dlaczego do analizy zostały wybrane te artykuły, które zajmują się m.in. budynkami we Włoszech, w Pakistanie czy w Rumunii. Autor powinien też ustosunkować się do tego, dlaczego analizowane artykuły dotyczyły poza budynkami wielorodzinnymi, budynków o innych funkcjach.?

Autor konkludując w podrozdziale 5.2.6. pisze, że „*Analiza literatury przedmiotu dotyczącej prowadzenia badań symulacyjnych w odniesieniu do modelu bazowego ukazała różne metody wariantowania metod optymalizacji energetycznej.*” Nie jest jasne o jaki model bazowy chodzi autorowi. Proszę o uściślenie.

Jeśli badania literatury miały być podstawą do dalszych analiz to powinno być uwypuklone, co z przeanalizowanych tekstów będzie dalej brane pod uwagę.

Podrozdział 5.3., w którym autor przedstawia analizę 8 obiektów analizując je pod kilkoma aspektami. Autor podaje, że wstępnej analizie poddane zostały aż 34 obiekty, brak jednak szczegółowej informacji czemu 26 z nich zostało odrzuconych. Choć autor pisze, że nie spełniały przyjętych przez niego kryteriów wymienionych na str. 78 i nie dostarczały wystarczającej ilości danych aby przeprowadzić badania. Wśród kryteriów doboru autor podaje: 1. Standard energetyczny, 2. Funkcję budynku, 3. Lokalizację, 4. Datę powstania. W opisie pierwszego kryterium zastanowienie budzi sformułowanie „*(...) których efektywność energetyczna przewyższa wymagane w okolicznościach jego powstawania wymagane minimum.*” O jakim przewyższeniu mowa? W przypadku opisu kryterium lokalizacji nie mogę się zgodzić ze sformułowanie „*Dobre obiekty funkcjonują w podobnych warunkach klimatycznych, określonych na podstawie średnich temperatur ostatnich lat*”. Warunki klimatyczne to nie tylko temperatura, to określone dla danego terenu dane atmosferyczne obejmujące: temperaturę, opady, wiatr, wilgotność powietrza, nasłonecznienie, ciśnienie atmosferyczne zgromadzone na podstawie długoterminowych obserwacji meteorologicznych. Istotne też są dla nich: szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, bliskość oceanów czy prądy morskie. Ograniczenie się tylko do temperatury nie odda całokształtu panujących na danym terenie warunków klimatycznych.

Tabela 20 przedstawia zestawienie 8 wybranych do analiz obiektów zlokalizowanych w Niemczech (2), Słowenii (1), Polsce (2), Francji (1), Austrii (1) i Wielkiej Brytanii (1). Takie umiejscowienie wybranych obiektów stawia pod znakiem zapytania czy znajdują się one w jednej strefie klimatycznej. Przytoczone zdanie (str. 80), iż „*przebadane obiekty znajdują się w strefie klimatycznej o zbliżonej do siebie charakterystyce*” jest dalekie od prawdy. Jeśli autor chciał się odnieść do jednego z czynników jakim jest temperatura to uważniej powinien podchodzić do opisu tego kryterium. Co zdaniem autora oznacza „neutralny ślad węglowy” – co to za standard?

Przy wyborze tych 8 przypadków powinna być opisana metoda obliczeń standardu energetycznego, na podstawie jakich danych określone zostały standardy dla danych obiektów i jakimi narzędziami były one obliczane. Trudno jest tak jednoznacznie porównywać dane z różnych krajów, kiedy nie zna się podstawy obliczeń.

Podrozdział 5.3.3. określa zakres badań, które doktorant wziął pod uwagę przy analizie 8 wybranych obiektów. Przy opracowywaniu modelu BIM, za pomocą oprogramowania Autodesk Revit 2024, dla każdego z analizowanych obiektów doktorant wziął pod uwagę takie parametry jak: orientacja, powierzchnia całkowita, kubatura, typologia bryły, współczynnik A/V, proporcje powierzchni elewacji czy udział przeszkleń na poszczególnych elewacjach (WWR). Schemat badawczy miał się oprzeć na podstawie metod opisanych w rozdziale 4 i tabeli 15. Dlaczego zatem tabela 22 stanowi tylko fragment tabeli 15 (str. 83) czy jest to celowe założenie autor, powinno być to lepiej wyjaśnione.

Podrozdział 5.3.4. autor próbuje sklasyfikować badane budynki pod względem wysokości, liczby mieszkań czy kształtu bryły. Rozumiem, że dla ujednolicenia wszystkie badane budynki zostały sklasyfikowane pod względem wysokości zgodnie z polskim prawodawstwem, jednak można by załączyć informację, jak są klasyfikowane zgodnie z obowiązującym prawem w danych krajach.

Na str. 84 doktorant pisze, że „*Badania nie wykazały bezpośredniego związku liczby kondygnacji i mieszkań z ilością zużywanej energii przez budynek.*” Przecież liczna kondygnacji wpływa na zużycie. Skąd więc taki wniosek.?

W tabeli 23 na str. 84 autor wymienia budynki punktowo-liniowe, które nie są wcześniej wymieniane jako te, które podlegają analizie.

Podrozdział 5.3.5. odnosi się do badań związanych z orientacją budynku, nie bardzo wiadomo, dlaczego teraz analizowany jest hipotetyczny budynek o rzucie kwadratu. Analizowane są jego możliwości odchylenia od osi N-S i W-E. Przedstawiony wykres ilustracja 50 str. 85 analizująca odchylenie od osi poszczególnych 8 budynków przedstawia wartości, ale nie bardzo wiadomo jakie.

Podrozdział 5.3.6. zajmuje się analizą powierzchni całkowitej, kubatury i współczynnika A/V. Warto byłoby nadmienić którą kubaturę autor bierze pod uwagę brutto czy netto.? Zarówno przy podawaniu samej kubatury jak i przy obliczaniu współczynnika A/V. Dlaczego przy wyliczaniu powierzchni całkowitej zgodnie z normą PN-ISO 9836, którą autor przytacza na str. 86 nie uwzględnione

zostały kondygnacje podziemne. Pkt. 1.5.3 normy mówi „*Powierzchnia całkowita budynku jest sumą powierzchni całkowitych wszystkich kondygnacji budynku*”.

Na str. 87 autor pisze o „wersjach Warunków Technicznych”, sformułowanie to jest zbyt potoczne, przede wszystkim to jest rozporządzenie i autor powinien się na nie powoływać, nie wiadomo też, o ilu i konkretnie których wersjach autor pisze? Jaki wskaźnik zapotrzebowania na ciepło jest przytaczany na str. 87? Jaki współczynnik zdaniem autora zależy od wielkości bryły. Jeśli A/V to skąd to stwierdzenie, że „*niskie A/V stanowi cechę charakterystyczną budynków o niskim zużyciu energii*”?

W podrozdział 5.3.7 ukazane są analizy związane z proporcjami elewacji. Proszę, aby autor odniósł się do swoich słów „*Proporcje poszczególnych elewacji są parametrem, który jest w dużej mierze zależny od orientacji działki oraz budynku*”? Nie bardzo rozumiem, o jakich proporcjach elewacji jest mowa i co one mają udowodnić? Na podstawie przedstawionego wykresu ilustracja 53 ukazującego wyniki badań proporcji elewacji nie mogę się zgodzić z przytoczonym zdaniem „*W opisywanych przypadkach można zauważyć, że powierzchnia elewacji północnej w stosunku do południowej jest równa bądź mniejsza*” gdyż w dwóch z ośmiu obiektów elewacja północna była większa.

Podrozdział 5.3.8 przedstawia analizę szklenia w analizowanych budynkach. Przyjmuje się, że strony świat mają znaczenie dla zysków ciepła, jednakże nie jest to znaczące w zimie, a w lecie związane jest z przegrzewaniem. Należałoby podkreślić, że pasywne zyski ciepłe z energii słoneczne są głównie latem.

Podrozdział 5.3.9 odnosi się do badań izolacyjności przegród zewnętrznych i szczelności skorupy budynku. Autor pisze o materiałach w odniesieniu do przewodzenia ciepła, tu lepiej byłoby mówić o materiałach budowlanych lub wyrobach budowlanych. Jeśli chodzi o wytyczne Passive House Institute to jest to standard, a nie pogram (str. 90). Autor podaje iż dla budynku Share House Silesia przyjęto współczynnik przenikania ciepła U na poziomie 0,23; 0,18 i 1,1 W.m²×K (str. 90) podczas, gdy w tabeli 20 na str. 79 dla budynku tego przypisane są wymagania energetyczne nZEB czyli współczynniki 0,20; 0,15; 0,90. Wyjaśnienia wymaga też zdanie „*W przypadku obiektów, dla których dane zostały upublicznione, można zauważyć, że większość z nich posiada współczynniki niższe od maksymalnej wartości dopuszczonej w polskim prawie budowlanym (PB)(...),*” o jakich współczynnikach mowa, i znów użyty skrót z języka potocznego PB, rozumiem, że to Ustawa Prawo Budowlane. Pisząc „*(...)został wprowadzony w przypadku budowy każdego nowego obiektu referencyjnego*” o jaki budynek referencyjnych chodzi? W tabeli 25 str. 90 wymagania dla NF15 uległy zmianie. Pisząc o podziale na ramę i szklenie, i podając współczynniki przenikania ciepła U dla nich, dobrze byłoby przytoczyć jak ten podział wygląda. Opisując szczelność obudowy i podając wartości współczynnika wymian powietrza obowiązujących dla różnych rozwiązań, należałoby też nadmienić wartość jego na Passive House, skoro kilka z badanych budynków jest w tym standardzie (PH n₅₀0,6)

Podrozdział 5.3.10 opisujący zapotrzebowania na EU – należałoby określić o jakim EU (Energia Użytkowa) jest mowa, czy ogólnie czy tylko o energii potrzebnej do ogrzewania i wentylacji? Dobrze byłoby aby autor odniósł się też do nośników energii, gdyż EU i EP zależą od nich.

Podrozdział 5.3.11. przedstawia dane dotyczące instalacji i sposobów dystrybucji ciepła, wentylacji i ciepłej wody użytkowej. Wydaje się zbyt dalekim uproszczeniem stwierdzenie, że „że w budynkach energooszczędnych unika się spalania paliw”, gdyż raczej jest to związane z lokalnymi uwarunkowaniami a nie ze standardem energetycznym.

Podrozdział 5.3.12. przedstawia opracowane przez doktorant karty informacyjne analizowanych obiektów. Sama zasada stworzenia kart informacyjnych jest interesująca z punktu przedstawienia maksymalnie dużo istotnych danych w krótkim opracowaniu. Zastanowienie jednak budzi podanie wartości powierzchni całkowitej, czy była ona liczona tak jak zostało podane na stronie 86 bez uwzględnienia kondygnacji podziemnych czy z ich uwzględnieniem? Ze względu na sposób liczenia powierzchni wskazane byłoby podanie jak obliczone jest zapotrzebowanie na energię użytkową (czy tylko ogrzewania i wentylacji i EU całościowe). Warto wyjaśnić co autor rozumie przez powierzchnie z kontrolowaną temperaturą. W karcie informacyjnej powinny być dokładnie omówione poszczególne standardy NF15, PH, nZEB. Nie bardzo rozumiem co to za standard „*naturalny ślad węglowy*”? Warto podać też w jaki sposób autor uzyskał dane o EU, co to za wskaźnik i jak został obliczony, czy może był tylko deklarowany w przypadku każdego z budynków?

Podrozdział 5.3.13. pt. „*Wyniki*”. Brak dokładnego opisu metody badań, które później ma posłużyć jako podstawa do analizy wybranego zespołu budynków w Katowicach. Co autor rozumie przez wykształcone cechy charakterystyczne? (str. 102) Autor podaje w tabeli 28 „*Zakres wybranych parametrów budynków zoptymalizowanych energetycznie*”. Tabela dotyczy tylko 8 wybranych obiektów, trudno zatem mówić o budynkach zoptymalizowanych w ogóle. Wartości podane w tabeli są tak rozbieżne, że trudno doszukiwać się jakiejś spójności (P.C. od 849m² do 17447m², zwartość A/V 0,24 do 0,43, duże rozbieżności w proporcjach elewacji, udziale szklenia czy izolacyjności). Autor pisze „*Otrzymane wyniki posłużyły jako wartości referencyjne w dalszym toku badań.*” (str. 102) o jakich wartościach referencyjnych mowa? Rozumiem, że podstawa dalszych badań będą: *zwartość A/V; proporcje elewacji; udział szklenia; izolacyjność* jak podaje autor „*Podane parametry są wynikiem działań optymalizacyjnych(...)*” należałoby to doprecyzować.

Cały rozdział 5 choć stanowi swego rodzaju badanie, to w moim mniemaniu analiza tylko 8 budynków referencyjnych nie daje pełnego obrazu tematyki. W zasadzie trudno się dopatrzyć jednolitej metody badań, gdyż nie została ona opisana. Nie wiadomo po co zostały utworzone modele BIM dla wszystkich badanych obiektów. Czy przeprowadzono symulacje energetyczne. Czy tylko bazowano na danych, które można było zgromadzić podczas analizy literatury? Działania, które zostały opisane w niżej rozdziale, trudno też zakwalifikować do optymalizacji.

Rozdział 6 pt. „*Aplikacja wybranych metod i badanie ich wpływu na sprawność energetyczną budynku*”. Rozdział w którym doktorant przedstawia wyniki swoich badań przeprowadzonych dla zespołu 9 budynków mieszkalnych zaprojektowanych przez GRUPĘ MEDUSA w Katowicach.

W podrozdziale 6.2. autor pisze o modelu BIM „*stanowiącego część faktycznej dokumentacji*.” Co to jest faktyczna dokumentacja? Dalej autor pisze „*W celu symulacji wczesnego etapu projektowego model został uproszczony, do dokładności modelu odpowiadającemu projektowi koncepcyjnemu*” Co autor ma na myśli pisząc model uproszczony, jaki? Co zostało uproszczone?

Czy badania oparte zostały na podstawie danych ze zrealizowanych budynków czy na podstawie dokumentacji projektowej? Czy zatem zapotrzebowanie energetyczne jest rzeczywiste wykazane na podstawie pomiarów i zużyć, czy jest tylko na podstawie zapotrzebowania obliczeniowego? Doktorant pisze o charakterystyce energetycznej i porównaniu zawartych w niej obliczeń z symulacjami. Czy charakterystyka ta jest zaczerpnięta z charakterystyki energetycznej z projektu budowlanego, czy jest ze świadectwa energetycznego? Rzeczywiście porównanie wyników obliczeniowych z rzeczywistymi byłoby bardzo ciekawą analizą, niestety nie znalazłam tego porównania w dalszej części opracowania.

Opis doboru narzędzi obliczeniowych zastanawia, dlaczego właśnie program Autodesk Insight został wybrany. W prawdzie autor uzasadnia swój wybór, jednak w moim odczuciu wybór narzędzia był związany z łatwością współpracy z modelerem z nie rzeczywistych możliwości obliczeniowych danych narzędzi. IESVE umożliwia w zasadzie pełną kontrolę nad obliczeniami, podczas gdy Autodesk Insight wykonuje obliczenia w chmurze, nie do końca wiadomo jak są przygotowywane, przez to użytkownik ma mniejszy wpływ na jego pracę. Dodać tu można, iż IESVE i Insight wykonują obliczenia dynamiczne godzinowe, podczas gdy Audytor OZC obliczenia miesięczne. Autor mógłby się też odnieść do danych klimatycznych z których korzystają poszczególne programy, byłoby to ciekawym uzupełnieniem badań. Co to jest model bazowy, jeśli w dalszej części (podrozdział 6.3.) nazywany jest chyba modelem referencyjnym) Należałoby opisać o jaki model chodzi.

W zdaniu „*Otrzymane wyniki dotyczące zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania były na porównywalnym poziomie do opracowanej na podstawie modelu szczegółowego charakterystyki energetycznej*.” Należy podać kto przygotował charakterystykę energetyczną i jakiego budynku dotyczyła, gdyż jest to nie jasne. W kolejnym zdaniu „*W budynku nie przewidziano systemu chłodzenia, więc energia użytkowa na potrzeby chłodzenia nie była brana pod uwagę z powodu braku wartości referencyjnej*.” O jakim budynku mowa? Jeśli nie przewidziano systemu chłodzenia to czy uwzględniono przegrzewanie?

Podrozdział 6.2. pt. „*Zakres badań*” autor przytacza wymienione już wcześniej, na podstawie badań literaturowych, parametry, jak: *orientację, współczynnik A/V, geometrię budynku, proporcje elewacji, udział szklenia, współczynnik przenikania ciepła U dla przegród zewnętrznych nieprzeziernych i okien*. Szkoda, że nie wzięto też pod uwagę wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła, która w znacznym stopniu wpływa na efektywność energetyczną? Tu też tabela 29 została skrócona względem tabeli referencyjnej 15, dlaczego?

Podrozdział 6.3 opisuje model referencyjny. Autor pisze o 9 budynkach wchodzących w skład modelu. Rozumiem, że ich realizacja, a nie wykonawstwo (str. 106) zostało podzielone na 4 etapy. Tu znów błąd w odniesieniu do numeracji ilustracji odnoszącej się do tekstu. Etapowanie realizacji inwestycji ukazują ilustracja 58 i 69, a nie jak jest w tekście ilustracja 62.

Doktorant znów używa potocznego języka określając Rozporządzenie MI w sprawie warunków technicznych (...) jako WT. Nie bardzo zrozumiałe jest dla czego najpierw mowa jest o modelu referencyjnym składający się z 9 budynków, a potem następuje płynne przejście do opisu jednego z budynków, nie podając dlaczego to właśnie na nim będą prowadzone analizy. Trudno odnaleźć informację czy badania prowadzone na „digital tween”, będą prowadzone w oparciu o zrealizowany budynek czy projektowany znajdujący się w grupie obiektów całego modelu referencyjnego? Doktorant określa pewne dane bazowe jak: wysokość 17 kondygnacji, 128 mieszkań, podstawa to kwadrat o boku 25,21m, PC 10777 m². „Suma powierzchni użytkowej mieszkań oraz innych powierzchni ogrzewanych 7683,12 m². Kubatura budynku wynosi 35094,52 m³, także liczona po zewnętrznym obrysie, na potrzeby obliczeń dotyczących kształtu. Współczynnik A/V wynosi 0,195 co kwalifikuje przedmiotową formę jako zwartą.” Na str. 107 doktorant pisze o uproszczeniach, ale nie wiadomo jakich, oraz uśrednieniu współczynnika U, należałoby podać wszystkie wartości a potem uśrednić, gdyż tak nie wiadomo w jaki sposób został uśredniony. Dlaczego szczelność budynku, która nie była badana, a wpływa na efektywność, została przyjęta na poziomie $n_{50} = 2,0/h$ a nie innym? Przy okazji niepoprawnie podano jednostkę powinno być $n_{50} = 2,0/h-1$. Dalej doktorant opisuje zastosowane systemy instalacji ogrzewania oraz podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

Wskazane byłoby aby autor zamieścił dane znajdując się w projektowanej charakterystyce energetycznej jeśli się na nią powołuje.

Udział energii wykorzystywanej na cele ogrzewania i wentylacji, nie świadczy o dobrym zaizolowaniu termicznym budynku.

Przedstawione na str. 109 wykresy dotyczące rocznego zapotrzebowania na energię użytkową oraz strat energii przez przenikanie, na podstawie jakich danych były przygotowywane i jakiego narzędzia użyto do ich opracowania? Czy do na poziomie projektu budowlanego i zbudowanego digital tween? Powinno być to opisane.

Podrozdział 6.4. pt. „Scenariusze wariantowania”. Zadanie rozpoczynające ten rozdział „W celu symulacji wczesnego etapu projektowego stworzony został uproszczony model bazowy w programie Revit 2024, którego podstawą był faktyczny model BIM będący częścią realnej dokumentacji projektowej. Zachowując wszystkie parametry opisane dla modelu referencyjnego, przeprowadzono symulację zapotrzebowania na energię w ciągu roku na cele ogrzewania, korzystając z programu Green Building Studio, którego silnik obliczeniowy bazuje na programach EnergyPlus i OpenStudio.” zawiera wiele nieścisłości. Co autor rozumie przez wczesny etap projektowy? Co to jest uproszczony model bazowy? Co to jest realna dokumentacja projektowa? O jaki model referencyjnych chodzi czy o 9 obiektów czy

jeden budynek? A w końcu, jeśli pierwotnie na str. 104 były opisane programy do modelowania skąd teraz pojawia się Green Building Studio? Jak to się ma do porównywania Audytora OZC, IESVE i Insight? Jeśli GBS jest częścią Insight to powinno to być opisane.

W kolejnym akapicie napisano „otrzymano wynik 315803 kWh/rok” co to za ilość energii? Czy to zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji czy energię końcową? Dalej wskazano, że „Różnica w wysokości współczynników spowodowana jest innymi metodami obliczeniowymi oraz stopniem dokładności modelu, ale jest wystarczająco mała, aby służyć dla celów porównawczych.” Co to znaczy mała? Ile wynosi? Na jakiej podstawie jest to sformułowane? Powinno się powiedzieć, że obliczenia wykonano innymi metodami, podać je i jakie są między nimi różnice.

Kolejne podrozdziały od 6.4.1. do 6.4.4. opisują tylko 4 z 7 podanych na str. 105 parametrów.: orientację, formę bryły, stosunek powierzchni szklenia do powierzchni okien, współczynnik przenikania ciepła U.

Podrozdział 6.4.1 „Orientacja” co oznacza sformułowanie „Razem stanowią badane warianty nr 1, 2 i 3” co stanowią?

Podrozdział 6.4.2. odnoszącym się do formy bryły nie zrozumiałe jest już pierwsze zdanie „Współczynnik A/V osiągnięty w modelu bazowym jest niższy niż w przypadku obiektów referencyjnych i w budynek w skali zwartości kwalifikowany jest jako budynek zwarty.” O jaki model bazowy chodzi? Jak ma się współczynnik w przypadku obiektów referencyjnych, i jak budynek zakwalifikowano jako zwarty? Nadmienić należy, iż sama składnia zdania wprowadzą czytelnika w błąd. Wyjaśnienia wymaga też różnica w semantyce dotyczącej badań co autor rozumie przez scenariusz, a co przez wariant.? Przy opisie brył budynku należałoby, może w formie załącznika dołączyć rysunki wyjaśniające, jak zostały zbudowane modele. Rozumiem, że bazowano na modelach BIM (digital tween) choć nie jest to wyjaśnione. Trudno jest ocenić przedstawione tu dane. Dlaczego autor pisze o pominięciu doświetlenia światłem dziennym, gdyż jest ono wymagane w polskim prawie w odniesieniu do budownictwa mieszkaniowego.? Co oznacza wartość 6% redukcji w porównaniu do modelu bazowego.? Redukcji czego i skąd ten wskaźnik?

Podrozdział 6.4.3 zajmuje się podaniem pewnych informacji dotyczących stosunku powierzchni szklenia do powierzchni elewacji. Autor opisuje jednak tylko wariant 7, scenariusz 9 oraz odnosi się do współczynnika przenikania ciepła U dla okien w scenariuszu 8 i 10. Nie wiadomo dla czego inne warianty czy też scenariusze nie zostały tu opisane. Trudno też zrozumieć czy wariant jest tożsamy ze scenariuszem? Dlaczego współczynnik U dla okien przyjęto na poziomie $0,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$?

Podrozdział 6.4.4. opisujący współczynnik przenikania ciepła U w odniesieniu do badań, wyjaśnienia wymaga sformułowanie „(...)w górnych granicach zakresów obiektów referencyjnych” co autor ma na myśli pisząc górne granice?

Rozdział 6.4 podsumowany jest tabelą 32 ukazującą parametry odnoszące się do badanych scenariuszy i znów w tytule są scenariusza, a w tabeli warianty. Z tekstu pracy powinno jasno wynikać co jest podstawą badania.

Kolejny rozdział 6.5 przedstawia wyniki badań. W odniesieniu do 4 parametrów orientacji, formy bryły, stosunku powierzchni szklenia do powierzchni elewacji oraz współczynnika przenikania ciepła. Na samym wstępie trudno się zorientować czy badania autor odnosi do modelu referencyjnego (który wcześniej był opisany w rozdziale 6.3 i dotyczył kompleksu 9 budynków) czy do modelu bazowego, którym zdaniem autora jest chyba tylko jeden budynek. Jest to dość duża nieścisłość.

W rozdziale tym pojawia się już kilka schematycznych rysunków przedstawiających modele budynków przypisanych dla poszczególnych omawianych scenariuszy tabela 34 str. 115 (niestety tylko po jednym na dany wariant). Niestety są to tylko aksonometryczne modele BIM dla modelu bazowego i scenariusza 4, 5 i 6. W kolejnej tabeli 35 stanowiącej fragment tabeli 32 podane są warianty. W odniesieniu do wyników dotyczących stosunku powierzchni szklenia do powierzchni elewacji (str. 117) należałoby ustosunkować się do tego jak został zmieniony współczynnik g wraz ze zmniejszaniem współczynnika U . One są ze sobą skorelowane. Zwiększając ilość szyb w pakiecie szybowym lub dodając warstwy niskoemisyjne zmniejsza się współczynnik g pakietów szybowych. Wpłynęłoby to na zmniejszenie zysków słonecznych w okresie grzewczym.

Podstawowe pytanie dotyczące badań dotyczy tego dlaczego doktorant zdecydował się na badanie tylko wybranych wariantów w odniesieniu do wybranych 4 parametrów. W przypadku analiz nad orientacją poddane są analizie warianty: bazowy, 1, 2, i 3. Analizując formę doktorant bazuje tylko na danych zebranych z wariantów: bazowego, 4, 5, i 6. Analizując WWR przedstawia tylko warianty: bazowy, 7, 8, 9 i 10. W przypadku analiz współczynnika U przedstawia wyniki dla wariantów: bazowego, 11 i 12. We wszystkich badanych parametrach występuje tylko wariant bazowy. Dlaczego zatem wszystkie warianty nie zostały przebadane pod względem analiz 4 wybranych parametrów? 12 wariantów, które zostały przedstawione w tabeli 32 na str. 113 nie wydaje się być dużą ilością. Dlaczego tylko wybrane warianty były ze sobą porównywane w odniesieniu do konkretnych parametrów?

Podrozdział 6.6 pt. „Wnioski” przedstawia konkluzje jakie wysnuwa doktorant na podstawie przeprowadzonych przez siebie analiz. W tabeli 38 „Wartości współczynnika EU uzyskane w przeprowadzonych symulacjach” należałoby może w formie załącznika pokazać jak te symulacje były prowadzone i skąd są te wyniki.

Na str. 119 autor pisze, „*że nie wykazano jednoznacznego związku między obniżaniem A/V i zmniejszeniem zapotrzebowania na EU do ogrzewania.*” choć na str. 115 w podrozdziale 6.5.2 autor pisze, iż „*Zakres wpływu zmiany bryły na współczynnik EU kształtował się w granicach -7% do +5%*”. Dalej na str. 119 nadmienia „*Współczynnik ten jest ściśle połączony z proporcjami elewacji i współczynnikiem WWR*” a jest on ściśle powiązany z powierzchnią przegród i kubaturą.

Co oznacza sformułowanie, że „*największy wpływ na efektywność energetyczną*” mają rozwiązania dostępne na rynku str. 120 ? O jakich rozwiązaniach jest tu mowa?

Brak jest w całej dysertacji podjęcia tematu analizy ekonomicznej, jak zatem można zrozumieć słowa (str. 120) o „*stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych*” Niskich czyli jakich?

Moje zaniepokojenie budzi sformułowanie „*Na podstawie przeprowadzonych badań, analiza udziału przeszkleń na poszczególnych elewacjach na wczesnym etapie koncepcyjnym w projektach wykazuje największy potencjał do uzyskania oszczędności energetycznych budynku i jest rekomendowana do wdrożenia przy projektowaniu kolejnych budynków wielorodzinnych w ramach działania przedsiębiorstwa, w partnerstwie, z którym realizowano niniejsze badania.*” Co autor miał na myśli formułując to stwierdzenie. Jakiego rodzaju wytyczne dotyczące przeszkleń mogą być rekomendowane? Można by się zastanowić jaki wpływ na efektywność energetyczną, ale i na ekonomiczny aspekt, będzie miało zastosowanie okien o współczynniku 0,5 W/m²K. Budynki w zabudowie mieszkalnej wielorodzinnej obwarowane są obowiązkiem doświetlenia.

Dalekie od prawdy jest też sformułowanie str. 121 „*Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że istnieje możliwość osiągnięcia lepszych parametrów termicznych budynków przy stosunkowo niewielkich nakładach inwestycyjnych*”, kiedy w całej dysertacji nie ma słowa na temat kosztów i rozliczeń finansowych inwestycji, jak można pisać o niewielkich nakładach inwestycyjnych.

Wyjaśnienia wymaga zdanie „*W przypadku pozytywnego zakończenia negocjacji z inwestorem, opracowany schemat badawczy zostanie poddany dalszym udoskonaleniom przez interdyscyplinarny zespół projektowy, składający się z projektantów branżowych oraz specjalistów w dziedzinie efektywności energetycznej i technologii budowlanych.*” O jakich negocjacjach tu mowa i na którym etapie procesu projektowanego będą prowadzone?

Brak jest w badaniach tytułowej optymalizacji charakterystyki energetycznej, są to bardziej porównania i analizy kilku wybranych wariantów, które też nie obejmują takich kluczowych dla efektywności parametrów jak chłodzenie czy wentylacja z odzyskiem ciepła.

Rozdział 7 pt. „*Podsumowanie*” autor w kilku podrozdziałach podsumowuje uzyskane przez siebie wyniki zarówno w oparciu o przeprowadzone badania literaturowe, jak i na podstawie analiz 12 wariantów budynków. Dobrze, że autor widzi potrzebę uwzględnienia udziału instalacji wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej w dalszych badaniach, gdyż do tej pory nie było to uwzględnione, a ma to znaczący wpływ na efektywność.

Czy pisząc „*Wyniki badań wskazują również na istotne wyzwania związane z praktycznym wdrożeniem certyfikacji.*” (str. 122) autor chciałby obligatoryjnie wprowadzić certyfikację, który z certyfikatów uznałby za najlepsze w polskich warunkach?

Konkluzja dotycząca redukcji zużycia energii i kosztów eksploatacyjnych (str. 122) jest istotna, to właśnie dlatego wprowadzany jest projekt nowelizacji dyrektywy i ustawy oraz prowadzone są prace nad klasami energetycznymi. W przypadku podsumowania badań symulacyjnych trudno mówić o optymalizacji, gdy analizowanych jest tylko 12 przypadków, a w odniesieniu do poszczególnych parametrów analizie podlegają tylko wybrane.

Co autor miał na myśli pisząc o odzysku ciepła w różnych postaciach? O jakie postaci odzysku chodzi?

Podrozdział 7.5 pt. „*Wdrożenie efektów*” autor zaproponowała zmianę w schemacie procesu projektowanego wprowadzając już na poziomie projektu koncepcyjnego modele BIM. Przygotowanie bardziej zintegrowanego projektu, bazującego na technologii BIM może przynieść korzyści, pod warunkiem, że dane zawarte w projekcie koncepcyjnym w większości będą transmitowane do projektu budowlanego. Współpraca wszystkich branż na poziomie projektu koncepcyjnego może korzystnie wpłynąć na proces projektowy. Autor pisząc o zrewidowanym procesie projektowym powinien zaznaczyć co ma na myśli pisząc o rewizji procesu. Ustosunkowując się do kluczowych parametrów architektonicznych i energetycznych (str. 126), które mają być podstawą tworzenia modeli BIM autor powinien określić o jakich kluczowych parametrach mówi.

W dalszej części rozdziału 7 doktorant ustosunkowuje się do zawartych w dysertacji celów i tez, ten obszar tematyczny został przedstawiony początkowej części recenzji dotyczącej analizy tez i celów pracy.

5. Uwagi edytorskie

W pracy powinno znaleźć się zestawienie używanych skrótów, takie opracowanie uściśliłoby wiele sformułowań zawarty w dysertacji, pozwoliłoby na głębsze zrozumienie i nie traktowanie pewnych sformułowań jako wziętych z języka potocznego. Ułatwiłoby też czytelnikowi lepsze zrozumienie zawartych treści.

W pracy widać niekonsekwencję w nazewnictwie zdjęć i ilustracji. Fotografie przedstawione w rozdziale 2 posiadają podpisy „zdjęcia”, a w rozdziale 5, podrozdział 5.3.2. „wybór obiektów” w tabeli fotografie nazywane są ilustracjami. Nazywanie przedstawionych w pracy wykresów „ilustracja” wprowadza też swego rodzaju chaos. Proponowałabym uściślenie i ujednolicenie nazewnictwa.

W tekście jest wiele pomyłek w przypisach poszczególnych ilustracji do tekstu. Część z nich nadmieniana była w tych częściach recenzji, które odnosiły się do poszczególnych rozdziałów.

Braki w słowach str. 56. Od słów „W celach porównawczych analizie” Powinno być „W celach porównawczych w analizie (...)

Na str. 61 autor pisze „*Jednocześnie, jak zauważa dr hab. inż. arch. Beata Majerska-Paľubicka*” jeśli tu podajemy pełne tytuły to dlaczego w przypadku nadmieniania innych osób, autor nie przytacza pełnych tytułów. Np. na str. 58 autor pisze „*Katarzyna Zielonko-Jung, na podstawie (...)*”. Pani Katarzyna Zielonko-Jung jest dr. hab. inż. arch. Prof. PG. Powinna być jakaś jednolitość

Autor wiele razy używa skrót WT bez podawania czy to jest Rozporządzenie czy Ustawa czy inny akt prawny. W pracy naukowej, nie można używać, aż tak dalece idących skrótów, jakie mogą być używane w języku potocznym.

Na str. 82 należy napisać poprawnie stylistycznie zdanie „Poszczególne badane parametrów odpowiadają metodom optymalizacyjnym w sposób zaprezentowany w poniższej tabeli”, nie wiadomo o co chodzi w tym zdaniu autorowi.

Na str. 89 w zdaniu „*Współczynników U dla dwóch autor nie odnalazł wśród dostępnych materiałów.*” Brakuje słowa, więc trudno odnieść się to zawartego w nim sformułowania.

Ogólnie dysertacja sprawia wrażenie, jakby była pisana w wielkim pośpiechu bez dokonania autokorekt. Widać w niej wiele błędów edytorskich,

6. Wnioski końcowe

Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. w art. 187 ust. 1 stawia dwa warunki, jakie musi spełniać rozprawa doktorska:

- „*zaprezentowanie ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach*
- *umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej*”.

Art. 187 ust. 2 nadmienionej ustawy określa, iż przedmiotem rozprawy doktorskiej ma być „*oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej, oryginalne dokonanie artystyczne*”

Rozprawa doktorska Pana **mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego** „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM*” wychodzi naprzeciw bardzo istotnemu problemowi jakim jest efektywność energetyczna i możliwość wpłynięcia na jej poprawę w procesie zintegrowanego projektowania. Temat wpisuje się w zagadnienia dyscypliny architektura i urbanistyka. W dobie pogłębiających się zmian klimatu, jest tematem bardzo ważnym, zwłaszcza w odniesieniu do zabudowy mieszkaniowej. Pomimo wielu niedoskonałości i uchybień, które zostały wskazane w niniejszej recenzji, stanowi wkład w obszar badań w w/w dyscyplinie.

Przedstawiona do recenzji dysertacja pomimo wystąpienia licznych błędów i nieścisłości, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim w obszarze umiejętności prowadzenia własnych badań i analiz. Praca przedstawiająca, aż 8, z których nie wszystkie udało się doktorantowi potwierdzić. Postawione w pierwszej części pracy tezy zostały przez doktoranta potwierdzone na podstawie zamieszczonych wyników badań. Można zatem uznać, że praca wykazuje umiejętność prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

Na tej podstawie wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej „*Optymalizacja efektywności energetycznej budynków w procesie projektowym w oparciu o technologię BIM*” Pana **mgr inż. arch. Jakuba Świdzińskiego** i dopuszczenie jej do obrony.

dr hab. inż. arch. Joanna Klimowicz

Podpisano odręcznie przez autora