

Borys SIEWCZYŃSKI*, Jan SZOT**

ANALITYCZNE ASPEKTY TECHNOLOGII BIM W PROCESIE KSZTAŁCENIA ARCHITEKTONICZNEGO. STUDIUM PRZYPADKU Z POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ

W niniejszym artykule omówiono zastosowanie analitycznych aspektów modelu BIM w edukacji architektonicznej. Modele BIM dostarczają szerokiego wachlarza analiz wydajnościowych, które coraz częściej wykorzystywane są praktycznie w projektowaniu. Świadomość powiększającej się luki pomiędzy tym, co możliwe, a obserwowanym w praktyce, codziennym użyciem oprogramowania oraz popularnym wśród studentów pojmowaniem BIM spowodowała rozszerzenie programu przedmiotu Architektura Projektowana Cyfrowo na Politechnice Poznańskiej o tematykę analityczną do nauki poszczególnych funkcji samego oprogramowania do modelowania BIM. W artykule przedstawiono analizę wpływu zastosowanej metody nauczania na poziom merytoryczny prac studenckich i mierzalną jakość rozwiązań projektowych. Zaproponowano wnioski i dalsze kierunki badań.

Słowa kluczowe: BIM, edukacja architektoniczna, architektura, zrównoważony rozwój

1. WPROWADZENIE

Kształcenie studentów na kierunku architektura powinno stanowić podstawę teoretyczną i praktyczną do uprawiania zawodu we współczesnym, zmiennym i scyfryzowanym świecie. Niezbędne jest zatem poznanie podstawowych metod projektowania, które stanowią podstawę współczesnych procesów projektowych. Za taką metodę należy uznać BIM, który kodyfikowalny prawnie i proceduralnie oraz ukształtowany w praktyce projektowej i w wymianie doświadczeń na profesjonalnej arenie międzynarodowej urasta do roli standardu w budownictwie. Definicja BIM sformu-

* Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury, Urbanistyki i Ochrony Dziedzictwa. ORCID: 0000-0003-0192-7003.

** Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury, Urbanistyki i Ochrony Dziedzictwa. ORCID: 0000-0003-0718-7560.

łowana przez National Institute of Building Sciences [2021] wskazuje, że metoda ta to „[...] cyfrowa reprezentacja fizycznych i funkcjonalnych cech obiektu. Jako taki służy jako wspólny zasób wiedzy dla uzyskania informacji o obiekcie, tworząc wiarygodną podstawę do podejmowania decyzji w trakcie jego cyklu życia [...]” (tłum. autorzy).

Nacisk położony na rolę informacji wskazuje, że komputerowe wspomaganie projektowania, a BIM w szczególności, postrzegać należy nie tylko jako pomoc w przygotowaniu dokumentacji technicznej, ale przede wszystkim jako sposób na lepsze zaprojektowanie obiektu. Jest to możliwe jedynie, gdy powstające struktury poddamy procesowi wielokryterialnej analizy w toku postępowania projektowego.

W realizowanych trakcie zajęć dydaktycznych postanowiono zatem wykonać szereg zadań szczegółowych: przekazanie wiadomości teoretycznych dotyczących BIM, przekazanie podstawowej wiedzy i umiejętności dotyczących modelowania w BIM wraz z wprowadzaniem niezbędnych informacji, wskazanie na zespołowy charakter i interdyscyplinarność procesu oraz wskazanie konieczności dokonywania analiz, sprawdzeń i korekt projektowanej struktury jako niezbędna – i być może najważniejsza – część toku działań. Jednym z najważniejszych wiadomości, jeśli chodzi o część praktyczną zajęć, jest wyrugowanie mylnego przekonania, że opanowanie techniki BIM polega wyłącznie na umiejętności modelowania trójwymiarowego. Jest to powszechny błąd, prowadzący do mylnego przekonania, że narzędzia BIM są jedynie bardziej skomplikowanym narzędziem kreślarskim CAD wyposażonym w funkcje nieco bardziej intuicyjnego, „budowlanego” modelowania 3D. W przedstawianych poniżej ćwiczeniach praktycznych na przykładzie konkretnych zadań analitycznych ukazywane są możliwości i potencjał BIM jako narzędzia wspierającego myślenie koncepcyjne przy wykorzystaniu zasobu informacji zgromadzonego w parametrycznej bazie danych modelu BIM. W wyniku wykonanych zadań student powinien przekonać się, że stosując metodykę BIM z zastosowaniem dostępnych narzędzi analitycznych, uzyskuje się mierzalnie lepszy efekt projektowy, a dzięki holistycznemu, interdyscyplinarnemu charakterowi modelu uzyskać można satysfakcjonujący, zoptymalizowany rezultat w kontekście różnych aspektów estetycznego, technicznego, ekonomicznego czy ekologicznego w projektowaniu. W dalszej części tekstu zawarto ogólne odniesienie do problematyki technologii BIM w edukacji, a także przedstawiono wybrane działania oraz analizę skutków ich wybranego zakresu dotyczącego zagadnień analitycznych.

2. BIM W EDUKACJI

Dyskusja na temat formy wdrażania technologii BIM w edukacji jest żywa i trwa od przeszło dekady. Wśród źródeł można znaleźć wytyczne sugerujące wprowadzenie BIM-u zarówno w formie osobnych kursów, jak i poprzez integrację z istnieją-

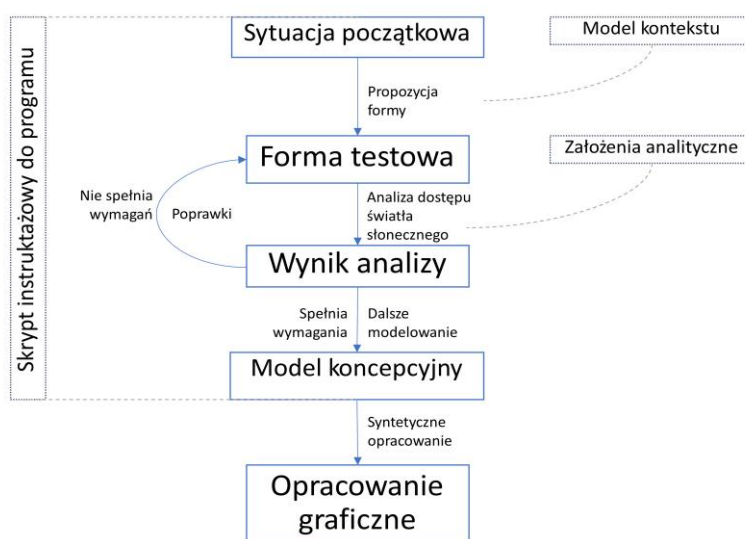
cymi przedmiotami [Pikas 2012; Suwal Jävājā, Salin 2014]. Zwraca się też uwagę na konieczność integracji horyzontalnej i wertykalnej [Suwal, Jävājā, Salin 2014]. Niezaprzeczalny jest natomiast fakt, że taka implementacja jest konieczna i niesie za sobą znaczny potencjał projektowy, w tym możliwości kontrolowania projektowanego obiektu [Elsheikh et al. 2021]. Wskazuje się też czynnik ludzki jako największą przeszkodę w aktualizacji programów nauczania [Dobelis 2015]. Zdaniem autorów słuszne podejście do wdrażania BIM polega na sukcesywnej implementacji technik i metodyki [Pikas 2012] zamiast przeprowadzania jedynie kursów obsługi narzędzie w ramach zajęć. Mając na uwadze szerokie spektrum możliwości, jakie niesie za sobą BIM, szczególnie w warstwie analitycznej, autorzy uznają za słuszne traktowanie narzędzi cyfrowych jedynie jako demonstratorów dla poruszanej problematyki. Nie oznacza to oczywiście, że kwestia umiejętności obsługi narzędzia jest pomijalna, jednak nie powinna być najwyższym priorytetem, szczególnie że w obszarze podstawowych narzędzi i komponentów większość programów zdaje się tożsama. Cenniejsze z punktu widzenia edukacji i rozwoju zdaje się wprowadzanie zróżnicowanych zagadnień i problematyki związanej z technologią BIM.

3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Opisane za chwilę zadanie projektowe jest częścią programu kształcenia studentów architektury na Politechnice Poznańskiej wprowadzającego przyszłych projektantów w zagadnienia związane z komputerowym wspomaganie projektowania. Zakłada on dwustopniowe, praktyczne wprowadzenie do technologii BIM w projektowaniu architektonicznym. Pierwszy, poprzedzający omawiany moduł skupia się na kwestiach podstawowych związanych z nauczaniem poprawnych praktyk modelowania BIM, pracy z informacją oraz opracowaniach graficznych. Drugi, będący przedmiotem niniejszego opracowania podejmuje kwestie analityczne mogące mieć bezpośredni wpływ na proces projektowy, rozszerzając zakres informacji geometrycznych o warstwę dyskretną związaną z dwukierunkowymi relacjami projektowanego budynku i jego otoczenia, co w rezultacie ma prowadzić do bardziej świadomych i celniejszych decyzji twórczych.

Jako narzędzie wykorzystywane w ramach modułu wybrano program Autodesk Revit 2020 wzbogacony o dodatek Insight. Narzędzie to zostało wybrane ze względu na szerokie możliwości związane z modelowaniem bryłowym oraz opcję osadzania komponentów budynku na bryłach koncepcyjnych, co zdaniem autorów jest rozwiązaniem wyjątkowo skutecznym w przypadku pracy nad bryłą budynku. Wtyczka Insight dostarcza z kolei pakietu analiz światła słonecznego i radiacji słonecznej stanowiących podstawę do działań analitycznych realizowanych w ramach modułu.

Wykonując zadanie, studenci kierowali się ściśle określoną, odgórnie narzuconą metodą działań przedstawioną na rys. 1. Pierwszym istotnym krokiem było zaproponowanie bryły budynku we wcześniej przygotowanym, gotowym kontekście przestrzennym. Obszar roboczy był narzucony odgórnie przez prowadzącego. Kluczowe tutaj było wpasowanie się skalą w otaczającą zabudowę oraz odpowiednia jej kontynuacja. Istotne było też wypełnienie bryłą co najmniej 75% powierzchni wspomnianego terenu przeznaczonego pod projekt. Kolejny etap stanowiło wykonanie analizy dostępu światła słonecznego w pomieszczeniach budynków sąsiednich dla zaproponowanego wariantu bryły.



Rys. 1. Schemat operacyjny realizacji działania [Jan Szot]

Założenia analityczne prezentowały się w sposób następujący. Typ analizy został określony jako Solar Access, badający dostęp światła słonecznego dla zdefiniowanych pomieszczeń. Istotnymi parametrami analizy były data przeprowadzenia próby (21 września – równonoc jesienna), godziny przeprowadzenia próby (06:00-18:00), próg minimalnego czasu naświetlania określony przez Polskie Warunki Techniczne i wynoszący trzy godziny. Ostatnim parametrem była wysokość płaszczyzny analitycznej, na którą rzutowane są promienie wektorowego słońca. Wysokość ta została ustalona na 36 cali, czyli średnią wysokość parapetu. Istotne było odpowiednie umiejscowienie płaszczyzny, tak aby mogła ona wykryć wszystkie promienie wpadające do danego pomieszczenia. Domyślna wysokość położenia płaszczyzny wynosiła 1 cal, co generowało możliwość sytuacji, w której promień światła wpada do pomieszczenia i w rezultacie doświetla je, a nie trafia w płaszczyznę analityczną, więc

fakt ten nie zostaje wykazany w wynikach analizy. Skutkuje to zniekształceniem rezultatów i pogorszeniem wiarygodności.

Po przeliczeniu analizy następował proces generowania jej graficznych rezultatów. Dodatkowo studenci otrzymywali zbiorczą informację, jaki procent pomieszczeń pozytywnie przeszedł przez analizę, tj. procent pomieszczeń oświetlonych przez minimum trzy godziny we wskazanym dniu. Graficzna prezentacja wyników analizy pozwoliła na zdiagnozowanie miejsc problematycznych, wymagających korekty projektowanej bryły celem zwiększenia dostępu do światła w pomieszczeniach niedoświetlonych. Wraz ze wsparciem trajektorii słońca ukazującej rozkład cienia o danej porze dnia i roku poprawnie zinterpretowane wyniki analizy stanowiły podstawę dla zmian wprowadzanych w bryle w celu redukcji jej negatywnego wpływu na otoczenie.

Modyfikacje formy mające na celu poprawienie wyników analiz miały z założenia brać pod uwagę aspekt zachowania pierwotnego charakteru proponowanej bryły. Balans pomiędzy wydajnością bryły a jej spójnym charakterem zgodnym z pierwotnymi założeniami miał stanowić największe wyzwanie i trudność w pracy. Po wprowadzeniu poprawek analiza była przeliczana ponownie, co zamyka podstawowy cykl operacyjny testujący kolejne iteracje zmian.

Istotne było określenie iteracji finalnej (czy patrząc od strony wyników analizy: maksymalnego procentu poprawnie doświetlonych pomieszczeń). Aby wskazać punkt dążeń, należało przede wszystkim wziąć pod uwagę balans pomiędzy dwoma aspektami projektu kluczowymi dla tego ćwiczenia – wydajnością oraz jakością przestrzenną. Przytoczono tutaj w formie szkicowej zależność pomiędzy wartością projektu, jakością przestrzenną proponowanego rozwiązania oraz wydajnością, co w tym przypadku określało się procentem poprawnie doświetlonych pomieszczeń. Zależność została określona tak:

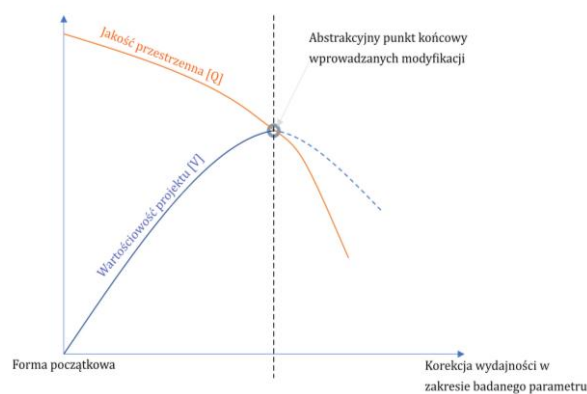
$$V_p = p \cdot Q$$

W równaniu V_p to wartość przestrzenno-wydajnościowa projektu, p stanowi parametr wydajnościowy, czyli redukcję zacienienia, a Q oznacza jakość przestrzenną.

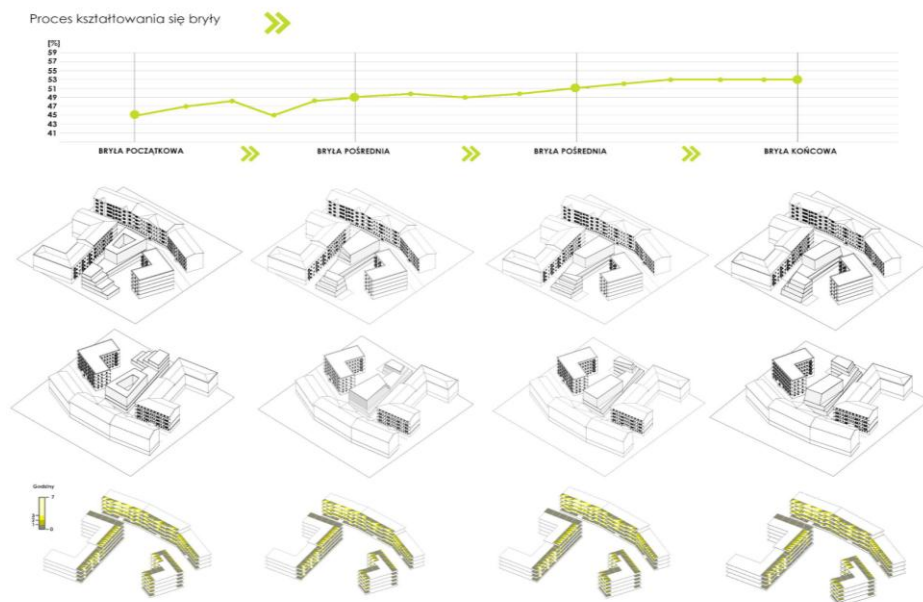
Wraz z postępowaniem kolejnych iteracji oraz – w domyśle – poprawą wydajności przestrzennej bryły następował stopniowy spadek jakości przestrzennej. Było to wynikiem stosowania redukcji bryły jako głównej metody modyfikacji. Po wprowadzeniu pewnej ilości iteracji zmian zyski wynikające z redukcji zacienienia nie balansowały strat w jakości przestrzennej. Głównym celem działań mających na celu modyfikację bryły było empiryczne i intuicyjne odnalezienie momentu, w którym balans pomiędzy jakością przestrzenną a wydajnością zostanie zachowany w sposób najlepszy. Wymagało to niejednokrotnie ponownej analizy poprzednich iteracji i określenie, czy ten punkt nie został już przekroczony.

Po osiągnięciu wyniku zadowalającego zarówno w kwestii jakości przestrzennej, jak i wydajnościowej kolejnym krokiem było dodanie szczegółów do budynku – uproszczona koncepcja elewacji, komunikacja pionowa, a także elementy posado-

wienia budynku. Ostatnim krok stanowiło wykonanie opracowania graficznego zawierającego elementy takie jak wprowadzenie do zagadnienia i opis zadania, część analityczną ze wskazaniem zmiany parametru zacienienia oraz iteracji końcowej, opracowanie architektoniczne w postaci wybranych widoków modelu i wizualizacji oraz podsumowanie prac wraz z wnioskami z przeprowadzonych prób.



Rys. 2. Koncepcja punktu finalnej iteracji [Jan Szot]



Rys. 3. Przykładowe opracowanie etapu rozwoju bryły z udziałem analiz [Weronika Wodras, stud. WA PP]

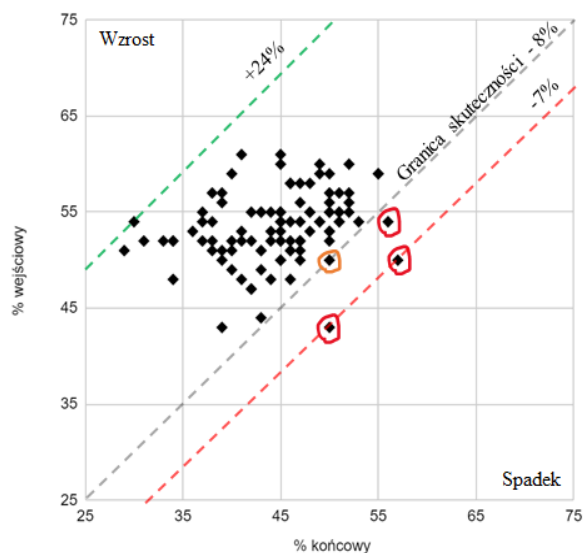
W dalszej części opracowania zostanie przedstawiona charakterystyka powstałych prac, zarówno ilościowa, jak i jakościowa, pokazująca metodologię formowania bryły, zmianę w wydajności proponowanych rozwiązań oraz metody działania.



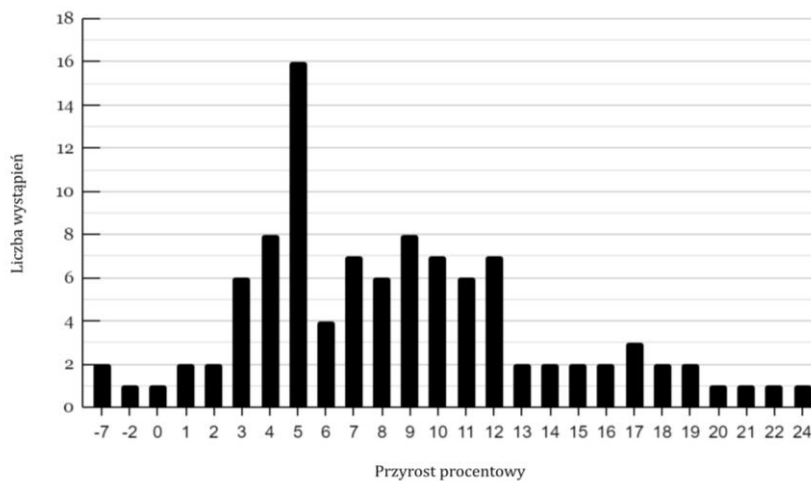
Rys. 4. Wizualizacja jednej z zaprojektowanych brył [Paulina, Otto stud. WAPP]

W terminie oddania projektu zostało oddanych 105 prac kwalifikujących się do zaliczenia. W zakres oddania wchodziło opracowanie graficzne zawierające informacje na temat przeprowadzonych prac oraz model jako forma gwarancji rzetelności informacji przedstawionych na planszach. Analiza prac skupiła się w pierwszej kolejności na ilościowym i jakościowym zestawieniu postępu w ilości poprawnie doświetlonych pomieszczeń po wprowadzeniu docelowej ilości modyfikacji. Jedynie 2,86% prac wykazało pogorszenie się sytuacji w budynkach sąsiednich, 0,95% nie wykazało żadnej zmiany, a 96,12% zawierało poprawę sytuacji. Stanowi to w znacznym stopniu o skuteczności zastosowanej metody kształtowania bryły. Średni inicjalny procent pomieszczeń z pożądanym dostępem do światła wynosił 44,69%. Uśredniona docelowa wartość tego współczynnika wynosiła 53,41% przy średnim wzroście 8,72%. Rysunek 5 przedstawia relację wartości inicjalnych oraz docelowych z uwzględnieniem wartości granicznych.

Progres zawierał się w przedziale od -7% do 24%, a najczęściej uzyskiwana zmiana wynosiła od 5 do 15%, a więc przyrost większości prac zlokalizowany był w środku przedziału.



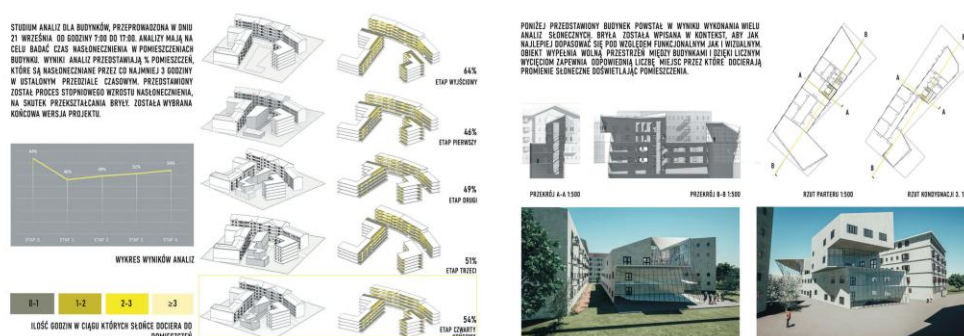
Rys. 5. Relacja odsetka poprawnie oświetlonych pomieszczeń dla bryły wstępnej i finalnej [Jan Szot]



Rys. 6. Ilościowe zestawienie wartości procentowych progresu w poprawie dostępu do światła słonecznego pomieszczeń po modyfikacji bryły [Jan Szot]

Główną metodą modyfikacji bryły była jej redukcja odnosząca się bezpośrednio do dystrybucji światła wskazywanej przez wektorowe słońce programu Revit. Zdarzały się przypadki, gdzie brak możliwości racjonalnego zaproponowanej bryły

skutkował koniecznością przedstawienia zupełnie nowej formy budynku. Jeżeli chodzi o zdiagnozowaną metodologię pracy, można było zauważyć podejście „blokowe” polegające na znacznym wypełnieniu przestrzeni roboczej kubaturą, a następnie jej redukcji lub wprowadzeniu autorskiego rozwiązania już na wstępie, a następnie próbie zachowania jej charakteru przy wprowadzaniu kolejnych modyfikacji (również głównie poprzez redukcję), co z punktu widzenia sztuki projektowej było działaniem najbardziej wartościowym.



Rys. 6. Fragmenty wybranego opracowania [Aleksandra Gruszczyńska, stud. WAPP]

4. PODSUMOWANIE – WNIOSKI I DYSKUSJA

Analiza rezultatów zastosowania omawianej metody nie pozostawia wątpliwości, iż w objętym badaniem obszarze efektywności niesie ona za sobą pozytywne skutki projektowe. Środowisko BIM wzbogacone o narzędzia analityczno-wizualizacyjne takie jak wektorowa trajektoria słońca czy analizy światła słonecznego pozwala w szybki sposób obserwować i analizować dystrybucję światła dziennego zarówno w wybranym punkcie w czasie możliwym do określenia, w przypadku zastosowanych narzędzi, z dokładnością do 15 minut, jak i w zadanych przedziałach czasowych. Graficzna reprezentacja rezultatów analiz pozwala szybko zdiagnozować punkty i obszary przestrzenne wymagające korekty, a narzędzia modelowe charakteryzujące się niskodestruktywnym przepływem pracy pozwalają na sprawne wprowadzanie modyfikacji formalnych.

Aspektem, nad którym należałoby podjąć dodatkową pracę, jest wprowadzenie wymagań kubaturowych jako jakościowego wyznacznika prezentowanej formy. Wynika to przede wszystkim z charakteru wprowadzanych zmian formalnych opartych w przeważającej większości na redukcji bryły, co kłóci się z dogmatycznym charakterem projektowania przestrzeni mogącej pomieścić zadany program funkcjonalny. Autorzy przewidują wprowadzenie stałego czynnika kubatury w celu

bardziej przemyślanych działań projektowych poprzez uzmysłowienie złożoności problematyki tworzenia kompozycji urbanistycznych i architektonicznych. Autorzy widzą też zasadność wprowadzenia rzeczywistych lokalizacji jako tematów projektowych i stosownych dla tej lokalizacji zapisów warunków technicznych, aby bardziej osadzić zadanie projektowe w realiach przestrzennych.

Autorzy widzą również potencjał aplikacji zastosowanych metod w zadaniach projektowych poświęconych urbanistyce obejmujących szerszy zakres przestrzenny z wyłączeniem opracowania architektonicznego. Zastosowanie metod analitycznych badających nie tylko dostępność światła, ale również roczną dystrybucję energii słonecznej pozwoli na redukcję przegrzewania się budynków już na etapie kreowania koncepcji urbanistycznej. Ponadto analizy wskazujące prześwietlenie obszarów wewnątrz budynku mogą być cenną wytyczną przy projektowaniu układów funkcjonalnych oraz fasad. Aby jednak wzbogacać edukację architektoniczną o opisywane metody, konieczne jest wsparcie dydaktyczne nie tylko dla studentów, lecz również dla nauczycieli, aby poprzez świadomość zakresu możliwości danej metody mogli formować swoje oczekiwania wobec uczestników zajęć.

Metodyka BIM oraz idący za nią potencjał analityczny są zjawiskami rozwijającymi się w sposób niezwykle dynamiczny. Dodatkowo wprowadzanie elementów sztucznej inteligencji nie pozostawia wątpliwości, że nie wystarczy, aby architekci XXI w. mieli umiejętności jedynie w zakresie tworzenia trójwymiarowych form w przestrzeni wirtualnej. Konieczne jest, aby w procesie edukacji architektonicznej wprowadzać więcej metod analitycznych, gdyż nadmierna stagnacja technologiczna w edukacji pogłębiać będzie lukę pomiędzy możliwościami technicznymi a programem nauczania, co w rezultacie prowadzić może do sytuacji, w której umiejętności i wiedza technologiczna absolwentów rozbiegać się będą z rzeczywistymi możliwościami. Należy jednak pamiętać, że architektura, nawet ta projektowana cyfrowo, powinna być skierowana w pierwszej kolejności na człowieka, a w szczególności na jego skalę i potrzeby.

LITERATURA

- De Luca F., 2020, *A Case Study of Teaching Method and Students' Learning Experience in Integrating Urban Design and Performance Simulations for Climate Conscious Design*, "Estonia; Acta Architecturae Naturalis", vol. 6, p. 44-63.
- Deutsch R., 2011, *BIM and integrated design, Strategies for architectural practice*, Wiley and Sons Ins, Hoboken, New Jersey.
- Dobelis M., 2015, *BIM education in Riga Technical University*, w: E. Timinskas, *Proceedings of 13th International Conference on Engineering Graphics BALTRAF*, Vilnius, Lithuania 25-26.06.2015, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius.
- Elsheikh A., Baza T., Dabi G.M. Dereje L., 2021, *Energy Analysis of Building Structures Using BIM: a Review*, "System Technologies", vol. 1. p. 77-81.
- Fit for BIM*, <http://fit4bim.eu> (dostęp: 12.06.2021).

- Garber R., 2014, *BIM Design, Realising the Creative Potential of Building Information Modeling*, Wiley and Sons Ins, Hoboken, New Jersey.
- Kaszniak D., Magiera J., Wierzowiecki P., 2018, *BIM w praktyce. Standardy, wdrożenie, case study*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kensek K.M., Noble D.E., 2014, *Building Information Modelling. BIM in Current and Future Practice*, Wiley and Sons Ins, Hoboken, New Jersey.
- National Institute of Building Sciences, *National BIM Standard*, <https://www.nationalbim-standard.org/> (dostęp: 12.06.2021).
- Pikas E., 2012, *Evaluation of University-Level BIM Education in Construction Engineering and Management*, dyplom magisterski, Tallin University of Technology.
- Siewczyńska M., 2019, *Zagadnienie wdrażania technologii BIM w edukacji i w praktyce*, w: A. Danielewska, M. Maciąg, *Nowoczesne technologie XXI w. – przegląd, trendy i badania*, Tygiel, Lublin, s. 156-170.
- Suwall S. Jävājā P., Salin, J., 2014, *BIM Education: Implementing and Reviewing "OpenBIM" – BIM for Teachers*, w: R. Issa, I. Flood, *Computing in Civil And Building Engineering Proceedings of the 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, Orlando, Florida, 23-25.06.2014, doi: 10.1061/9780784413616.fm.
- The American Institute of Architects, California Council, *Integrated Project Delivery: A Guide*, http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd_guide_2007.pdf (dostęp: 20.03.2020).
- Tomana A., 2015, *BIM, Innowacyjna technologia w budownictwie. Podstawy, standardy, narzędzi*, self-publishing, Kraków.

ANALYTICAL ASPECTS OF BIM MODELS IN ARCHITECTURAL TRAINING. CASE STUDY FROM POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Summary

The following paper discusses the application of analytical aspects of the BIM model in architectural education. BIM models provide a vast range of performative analyses that are used more and more often. Awareness of the extending the gap between what is possible and utility and what is taught caused an extension of curriculum. Digitally Designed Architecture on Poznan University of Technology introducing analytical topics in addition to teaching particular functions of BIM modeling software itself. Digital workshop of future architects contains the capability of digitalizing and testing ideas in a virtual environment to provide a better architecture that is designed digitally not just digitalized.

Keywords: BIM, architectural education, architecture, sustainable development

