

Technologia BIM w procesie realizacji inwestycji budowlanych: studia przypadków firmy SXD Polska



dr inż.
ANDRZEJ SZYMON BORKOWSKI
Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
ORCID: 0000-0002-7013-670X



mgr inż.
ALICJA MICHAŁKIEWICZ
SXD Polska Sp. z o.o.
ORCID: 0000-0002-2989-6037

W pracy zaprezentowano doświadczenia pracowni projektowej SXD Polska, która realizuje projekty i współpracuje z podmiotami z całej Europy. Wyróżniono fazy procesu realizacji inwestycji budowlanych wraz z podziałem na poszczególne etapy, zaś zalety oraz korzyści wynikające z zastosowania BIM pokazano na konkretnych przykładach.

Wprowadzenie

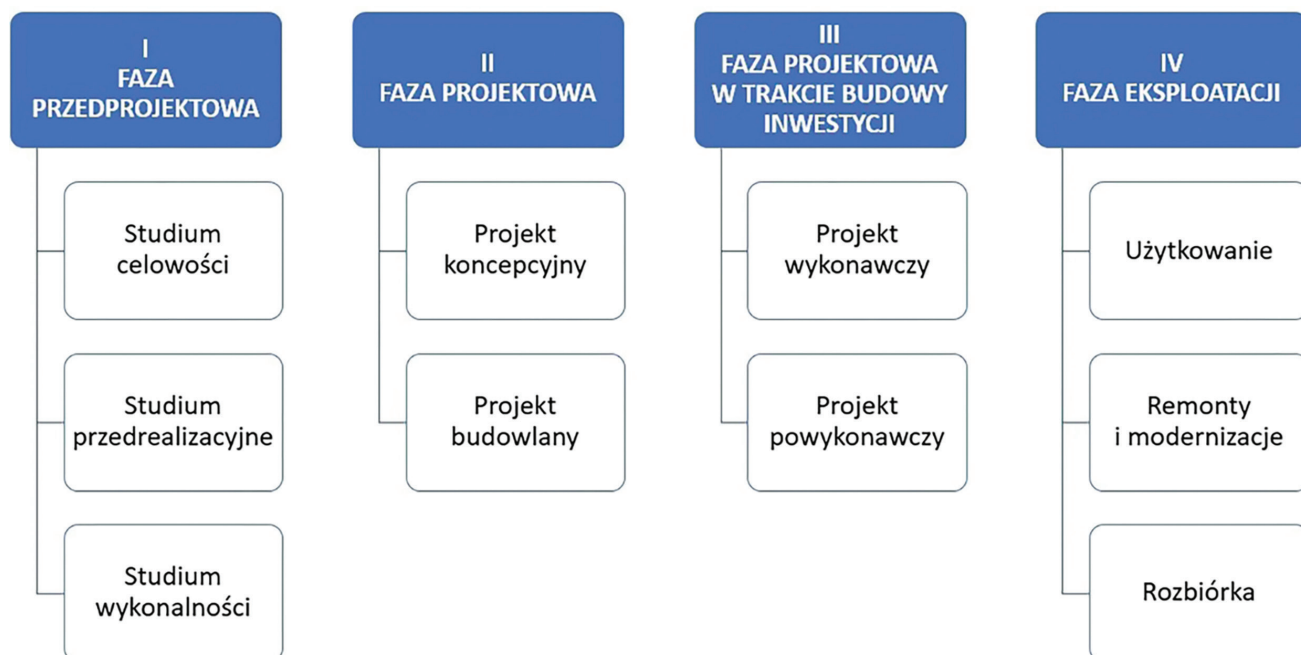
Modelowanie informacji o budynku (ang. Building Information Modeling) jest procesem tworzenia danych i zarządzania nimi w całym cyklu życia obiektu budowlanego. Początek cyklu następuje w momencie zdefiniowania obiektu, to znaczy określenia jego pierwszej unikalnej właściwości, na przykład lokalizacji geograficznej [1]. Następnie cykl obejmuje wszystkie kolejne etapy istnienia danego obiektu, rozszerzone o okres czynnego użytkowania, ewentualnych modyfikacji, remontów lub modernizacji, aż do wyburzenia i rozbiórki. W kontekście ekonomicznym cykl życia obiektu budowlanego jest rozumiany

jako całkowity koszt inwestycji, gdyż pokrywa fazy nakładów inwestycyjnych oraz operacyjnych [2].

Z cyklem życia obiektu budowlanego bezpośrednio związane jest pojęcie inwestycji budowlanej, którą można określić również mianem przedsięwzięcia lub zamierzenia budowlanego. W polskim prawodawstwie nie zdefiniowano jednoznacznie żadnego z wymienionych terminów. Jednak na podstawie przepisów ustawowych można stwierdzić, że inwestycja budowlana powinna obejmować przynajmniej jeden obiekt budowlany [3]. Obiektem budowlanym określa się budynek, budowlę lub obiekt małej architektury, wraz

z wszelkimi instalacjami umożliwiającymi użytkowanie danego obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem, wzniesiony z wykorzystaniem wyrobów budowlanych [3]. Przykładami inwestycji budowlanych są między innymi budowa, remont czy modernizacja konkretnego obiektu budowlanego lub zespołu obiektów.

Początkiem każdego zamierzenia budowlanego jest pomysł, a w dalszej kolejności następuje szczegółowe planowanie procesu inwestycyjnego. Proces inwestycyjny można określić jako ciąg następujących po sobie wszelkich czynności i konkretnych działań, mających doprowadzić do realizacji oraz ukończenia przedsięwzięcia budowlanego



Rys. 1. Fazy procesu realizacji inwestycji budowlanych wraz z podziałem na poszczególne etapy; źródło: opracowanie własne autorów

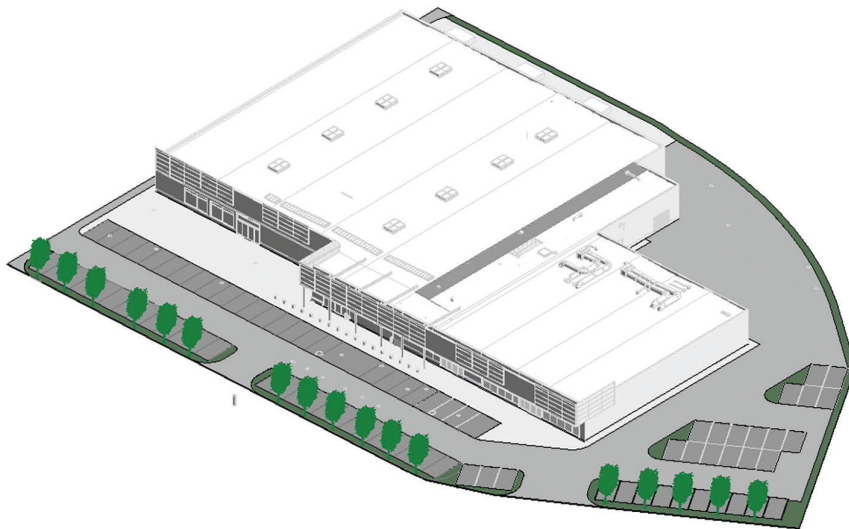
[4]. W procesie realizacji inwestycji wyróżnia się cztery główne fazy: przygotowawczą (inaczej zwaną przedprojektową), projektową, projektową w trakcie budowy inwestycji, a także fazę eksploatacji, czyli dalszego użytkowania przez cały cykl życia obiektu budowlanego (rys. 1). Celem takiego podziału jest przede wszystkim optymalizacja zarządzania procesem inwestycyjnym, między innymi poprzez obniżenie kosztów, redukcję czasu realizacji inwestycji, jak również minimalizację ryzyka nieefektywnego wykorzystania zasobów [5].

Podstawowe założenia technologii BIM wpisują się we wszystkie kryteria, jakie powinien spełniać efektywny proces inwestycyjny. Wykorzystanie modelowania informacji o budynku ma na celu przede wszystkim poprawę współpracy pomiędzy uczestnikami wspomnianego procesu – inwestorami, projektantami, kierownikami budowy, inspektorami nadzoru, a na późniejszych etapach inwestycji także użytkownikami i zarządcami obiektów. Jest to możliwe dzięki stworzeniu trójwymiarowego wielobranżowego modelu dostępnego przez cały cykl życia budowli [6]. Najbardziej istotnym aspektem modelowania informacji o budynku, w omawianym kontekście procesu inwestycyjnego, jest zbieranie i współdzielenie informacji o danej budowli oraz o procesach towarzyszących fazie projektowania i budowy. W dalszej kolejności technologia BIM wykorzystuje zebrane dane w ramach całego cyklu życia obiektu budowlanego [7]. Na poszczególnych szczeblach procesu realizacji inwestycji budowlanej można wskazać liczne możliwości i korzyści wynikające z wykorzystania technologii modelowania informacji o budynku.

Faza przedprojektowa

Początkowym etapem procesu realizacji inwestycji jest faza przedprojektowa, inaczej zwana fazą przygotowawczą, przedinwestycyjną bądź przeddecyzyjną. Składają się na nią różnego rodzaju studia, analizy oraz opracowania poprzedzające podejmowanie konkretnych decyzji inwestycyjnych [8]. Od dokładności i wnikliwości przeprowadzonych analiz zależy sukces bądź niepowodzenie całego procesu. Niezmiernie istotna jest szybka identyfikacja oraz eliminacja zagrożeń pojawiających się na początkowym etapie, aby następne fazy nie były nimi obciążone i aby uniknąć podejmowania niewłaściwych działań. Pozwoli to zapobiec ewentualnym stratom finansowym czy nieumiejętnemu wykorzystaniu zasobów [5]. Ze względu na złożoność fazy przedprojektowej można w niej wyróżnić trzy kolejne etapy: studium celowości (ang. *opportunity study*), studium przedrealizacyjne (ang. *pre-feasibility study*) oraz studium wykonalności (ang. *feasibility study*).

Wdrożenie technologii BIM do procesu inwestycyjnego możliwe jest już na począt-



Rys. 2. Model zagospodarowania terenu wykonany w oprogramowaniu Autodesk Revit; źródło: zasób firmy SXD Polska

ku fazy przedprojektowej. Najważniejszym aspektem podczas sporządzania studium celowości jest określenie ogólnej wizji projektu, a także zebranie podstawowych informacji ilościowych i jakościowych. W celu uzyskania odpowiedzi na kluczowe pytania dotyczące możliwości inwestycyjnych projekt może zostać wprowadzony do oprogramowania BIM po uprzednim stworzeniu wstępnego szkicu planowanej inwestycji. Dzięki temu inwestor może zobaczyć, jak wszelkie zmiany wizji projektu mają wpływ na analizowane czynniki środowiskowe, przestrzenne czy ekonomiczne. Implementacja technologii modelowania informacji o budynku na tak wczesnym etapie procesu inwestycyjnego umożliwia uporzędkowanie wszystkich informacji niezbędnych potencjalnemu inwestorowi do podjęcia decyzji, a także pozwala przedstawić je w sposób atrakcyjny oraz czytelny. Istotną jest również możliwość analizy zmian wprowadzanych, w wizji projektu, w krótszym czasie niż podczas korzystania z tradycyjnych metod projektowania.

Następnym etapem po wykonaniu studium celowości jest przystąpienie do prac nad studium przedrealizacyjnym, inaczej zwanym studium analiz możliwych wariantów lub pogłębionym studium możliwości [8]. Jego głównym celem jest eliminacja zbędnych wydatków na etapie studium wykonalności, a także skrócenie czasu trwania fazy przedprojektowej. Polega ono na analizie wszystkich wariantów danego projektu, zarówno pod kątem kosztów realizacji przedsięwzięcia, jak i jego wad oraz zalet. Szczególną uwagę przykładają się do wpływu planowanej inwestycji budowlanej na środowisko [5]. Zastosowanie technologii BIM na tym etapie pozwala między innymi na wykonanie dokładnych analiz wpływu danej inwestycji na środowisko oraz zaprojektowanie optymalnego usytuowania obiektów budowlanych z uwzględnieniem istotnych czynników, takich

jak nasłonecznienie, zacinienie lub kierunek przepływu wiatru. Ponadto implementacja technologii BIM umożliwia optymalne wykorzystanie warunków terenowych, minimalizację kosztów budowy, a także przekazanie inwestorowi wysokiej jakości dokumentacji projektowej.

Ostatnim etapem fazy przedprojektowej jest studium wykonalności, inaczej zwane również studium ostatecznej wersji projektu inwestycyjnego. W ramach tego etapu są opracowywane założenia i wytyczne dotyczące realizacji inwestycji. Głównym celem studium wykonalności jest ostateczna ocena efektywności oraz opłacalności inwestycji budowlanej. Podjęcie decyzji o kontynuacji bądź zaniechaniu przedsięwzięcia jest możliwe jedynie w oparciu o prawdziwe, aktualne, kompletne i dostępne informacje [5]. Sporządzanie studium wykonalności jest niezwykle istotne w kontekście zastosowania technologii BIM, ponieważ to właśnie na tym etapie określa się wytyczne dotyczące wdrożenia BIM w projekcie. Zostają one zawarte w dokumencie zwanym Planem Wykonania BIM lub Planem Realizacji BIM, a w skrócie BEP (ang. BIM Execution Plan). Szczegółowe zdefiniowanie zasad wykorzystania technologii BIM w projekcie na etapie studium wykonalności pozwala na dobrą organizację pracy poszczególnych podwykonawców oraz ułatwia komunikację pomiędzy zamawiającym a głównym wykonawcą. Dzięki precyzyjnym wytycznym implementacji technologii BIM możliwe jest uzyskanie prawdziwych, aktualnych i kompletnych informacji, a co za tym idzie – podjęcie decyzji o kontynuacji lub zaniechaniu inwestycji.

Faza projektowa

Po zakończeniu fazy przedprojektowej, jeśli inwestor na podstawie wyników uzyskanych analiz podjął decyzję o kontynuacji realizacji inwestycji, następuje przejście

<Zestawienie drzwi>				
A	B	C	D	E
Poziom	Rodzina	Typ	Wymiary	Ilość
Level 0 - existing	Doors_Garage_Horz_Pnl	3000x2500		1
Level 0 - existing	Doors_IntSgl	900X2000		8
Level 0 - existing	Doors_IntSgl	900X2050mm		8
Level 0 - existing	Doors_IntSgl	910x2110mm		18
Level 0 - existing	Doors_IntSgl	1000x2000		1
Level 0 - existing	Multi-Pannel_Sliding_Glass_Door_wTransom_Fully_Parametric_3691	3400x4200		4
Level 0 - existing	NBS_HAGTheDoorSpecialists_MtlDrsts_Armourdoor_AD10Double	Armourdoor_AD10Double_TypeA	Opening: 1290-2800 mm. Height: ≤ 2900 mm	6
Level 0 - existing	NBS_HAGTheDoorSpecialists_MtlDrsts_Armourdoor_FD01Single.0001	Armourdoor_FD01Single_TypeA	Opening: up to 1350 mm. Height: ≤ 2900 mm	3
Level 0 - existing	NBS_HAGTheDoorSpecialists_MtlDrsts_Armourdoor_FD01Single.0001	SXD - SAFE	Opening: up to 1350 mm. Height: ≤ 2900 mm	1
Roof - existing	Door-Automatic_Fire_Vent-Bilco-Double_Leaf	(by type)		8
Roof - existing	Door-Roof_Hatch-Bilco-Single_Leaf	F-TB		1
Grand total				59

Rys. 3. Zestawienie drzwi w projektowanym budynku wykonane w oprogramowaniu Autodesk Revit; źródło: zasób firmy SXD Polska

do fazy projektowej. Ma ona na celu przede wszystkim przygotowanie do budowy inwestycji, dlatego w ramach tego etapu inwestor musi uzyskać wszelkie niezbędne pozwolenia. W pierwszej kolejności należy przygotować projekt koncepcyjny realizowanej inwestycji, a następnie projekt budowlany.

Projekt koncepcyjny jest istotnym etapem w procesie realizacji inwestycji, ponieważ determinuje kolejne podejmowane decyzje i stanowi podstawę do dalszych działań. Jego głównym celem jest określenie wstępnej wizji funkcjonalno-przestrzennej projektowanej inwestycji. Pierwszy etap fazy projektowej jest podstawą do opracowania projektu budowlanego, na podstawie którego organy administracji samorządowej wydają pozwolenie na budowę. W pierwszej kolejności, w projek-

cie koncepcyjnym, zostaje przygotowany trójwymiarowy model działki wraz z otoczeniem projektowanej inwestycji. Następnie jest tworzony podstawowy model 3D obiektu budowlanego, zawierający takie informacje jak: wymiary, kubatura oraz powierzchnia użytkowa i całkowita. Określa się także budżet projektu oraz budowy. Na tym etapie możliwe jest częste modyfikowanie koncepcji tak, aby inwestor otrzymał jak najlepszy ostateczny wariant projektu. Zastosowanie technologii BIM w ramach sporządzania projektu koncepcyjnego pozwala nie tylko na przedstawienie geometrycznej reprezentacji obiektu, ale również przeprowadzenie dodatkowych analiz, między innymi efektywności energetycznej czy opłacalności finansowej. Dzięki zastosowaniu oprogramowania BIM możliwe jest wykonanie

wielu modyfikacji koncepcji w krótkim czasie oraz sprawdzenie opłacalności różnych wariantów, co wpływa na minimalizację ryzyka wystąpienia błędów na dalszych etapach realizacji inwestycji. Podsumowując, korzyści wynikające z implementacji technologii BIM podczas tworzenia projektu koncepcyjnego to przede wszystkim: wiarygodna trójwymiarowa reprezentacja obiektu budowlanego oraz jego otoczenia, wyższa jakość projektowania ze względu na ograniczenie liczby błędów, koordynacja międzybranżowa pozwalająca na zredukowanie liczby konfliktów pomiędzy konstrukcją, architekturą i instalacjami technicznymi, analizy energetyczne, analizy statyczno-dynamiczne, analizy nasłonecznienia oraz zacienienia, a także oszacowanie kosztów budowy [9].



Rys. 4. Rzut piętra z widocznym systemem wentylacji oraz zaznaczonymi modyfikacjami w projekcie; źródło: zasób firmy SXD Polska

Projekt budowlany można określić jako stadium przejściowe realizacji inwestycji pomiędzy projektem koncepcyjnym a wykonawczym. W pierwszej kolejności zespół architektów szczegółowo analizuje ostateczny model koncepcyjny stworzony na poprzednim etapie realizacji inwestycji, a następnie dokonuje niezbędnych zmian. Gotowy model architektoniczno-konstrukcyjny zostaje przekazany do obliczeń na przykład w formie IFC. Następnie zespół konstruktorów dokonuje analiz wytrzymałościowych na podstawie otrzymanego modelu i przygotowuje listę zmian dla projektanta. Po wprowadzeniu zmian przez projektanta model ponownie jest przekazywany konstruktorom w celu powtórzenia analiz. W tym samym czasie specjaliści do spraw planowania przestrzennego wraz z architektami krajobrazu oraz urbanistami opracowują Projekt Zagospodarowania Terenu. Model terenu stanowi integralną część głównego modelu projektowanego obiektu budowlanego (rys. 2). Model w formie IFC zawierający uzgodniony projekt zagospodarowania terenu oraz projekt architektoniczno-konstrukcyjny jest w dalszej kolejności przekazywany projektantom instalacji, którzy ustalają rozmieszczenie sieci hydraulicznej, kanalizacyjnej, elektrycznej czy przeciwpożarowej. Podczas projektowania instalacji przeprowadzane są także analizy kolizji pomiędzy sieciami różnego typu lub sieciami a elementami konstrukcyjnymi czy architektonicznymi budynku. Oprogramowania BIM, na przykład Autodesk Revit, umożliwiają wykonanie takich analiz za pomocą jednego narzędzia. Dzięki takiemu zastosowaniu technologii BIM możliwa jest dokładna weryfikacja błędów architektonicznych, konstrukcyjnych czy instalacyjnych, co pozwala między innymi uniknąć ponoszenia wysokich kosztów modyfikacji na etapie budowy inwestycji oraz zaprojektować obiekt o większej efektywności energetycznej. Po zakończonym procesie projektowania instalacji uzgodniony model jest ponownie przekazywany zespołowi projektowemu. Następnym etapem jest stworzenie szczegółowego kosztorysu przedsięwzięcia oraz harmonogramu prac budowlanych. Do tego celu służą specjalistyczne oprogramowania, na przykład aplikacja BIMestiMate. Umożliwiają one wykonanie przedmiaru, wycenę oraz sporządzenie kosztorysu na podstawie danych pobieranych bezpośrednio z modelu IFC projektowanej inwestycji. Na końcowym etapie przygotowania projektu budowlanego generowane są także niezbędne zestawienia (rys. 3), raporty oraz rysunki techniczne do ewentualnego wydruku lub przekazania w formie elektronicznej.

Z przedstawionego opisu wynika, że zastosowanie technologii BIM na etapie sporządzenia projektu budowlanego niesie za sobą liczne korzyści. Korzystanie od początku

z modelu informacyjnego realizowanej inwestycji ułatwia generowanie dokumentacji, ponieważ jeśli w projekcie są wprowadzane zmiany, to w tym samym czasie automatycznie modyfikowane są widoki 3D, rzuty, przekroje czy zestawienia. Ponadto przekazywanie modelu IFC między różnymi uczestnikami procesu projektowego – architektami, konstruktorami, planistami czy projektantami instalacji – zmniejsza ryzyko popełnienia błędów, których modyfikacja na etapie budowy byłaby kosztowna i czasochłonna. W przypadku wyceny korzyścią jest przede wszystkim znaczne skrócenie czasu opracowania szczegółowego kosztorysu wraz z eliminacją (lub ograniczeniem) błędów rachunkowych.

Faza projektowa w trakcie budowy inwestycji

W chwili uzyskania pozwolenia na budowę rozpoczyna się trzecia faza procesu inwestycyjnego, zwana fazą projektową w trakcie budowy inwestycji. Składa się ona z szeregu działań, począwszy od realizacji robót budowlanych, a kończąc na uzyskaniu pozwolenia na użytkowanie oraz przekazaniu zarządcy lub właścicielowi obiektu do eksploatacji. W ramach tej fazy można wyróżnić dwa główne etapy: sporządzenie projektu wykonawczego i dokumentacji powykonawczej.

Głównym celem sporządzenia projektu wykonawczego jest sprecyzowanie informacji zawartych w projekcie budowlanym między innymi poprzez szczegółowy opis parametrów technicznych poszczególnych elementów. Pozwala on uzyskać odpowiedź na kluczowe pytanie: w jaki sposób mają zostać zrealizowane rozwiązania zawarte w projekcie budowlanym inwestycji. Ponadto projekt wykonawczy służy nie tylko wykonawcy obiektu, ale także innym uczestnikom procesu realizacji przedsięwzięcia, na przykład inwestorowi. Zastosowanie technologii BIM na tym etapie umożliwia uzyskanie podobnych korzyści jak w przypadku projektu budowlanego. W ramach projektu wykonawczego jest dokonywana optymalizacja kosztów – poprzez rezygnację z niektórych rozwiązań lub wybór tańszych materiałów. Wszelkie modyfikacje są wprowadzane do modelu informacyjnego obiektu budowlanego przygotowanego w poprzednich fazach realizacji inwestycji za pomocą oprogramowania BIM. Dzięki nieustannej kontroli trójwymiarowego modelu możliwe jest natychmiastowe wprowadzanie zmian powstałych podczas budowy. Zapisywane są w nim również wszelkie informacje dotyczące modyfikacji projektu budowlanego (rys. 4.), między innymi usuniętych lub zmienionych elementów czy zastosowanych materiałów. Ponadto przedmiar robót budowlanych jest na bieżąco porównywany z pracami realizowanymi na placu budowy, a następnie z obmiarem. Istotną zaletą posiadania modelu obiektu na tym etapie realizacji in-

westycji jest jego dostępność dla wszystkich osób zaangażowanych w proces budowy. Każdy uczestnik procesu inwestycyjnego ma możliwość uzyskania informacji o projekcie, dotyczących między innymi wprowadzanych zmian. Do tego celu służą darmowe aplikacje, takie jak BIMvision, Solibri Model Viewer czy Trimble Connect (dawniej Tekla BIMsight).

Stosowanie technologii BIM na etapie projektu wykonawczego wymaga ścisłej współpracy pomiędzy projektantami, wykonawcą i zamawiającym. Jedynie wtedy możliwe jest pełne wykorzystanie potencjału narzędzi, jakie są oferowane przez technologię modelowania informacji o budynku. Niezbędne są również wysokie kompetencje personelu oraz możliwy jest wzrost wymagań dotyczących oprogramowania i sprzętu komputerowego. W związku z tym wybór wykonawcy posiadającego odpowiednie zasoby przekłada się na lepszą jakość usług dla inwestora. Model wykonawczy cechuje się wyższą szczegółowością modelowania komponentów, ponieważ uwzględniana jest nie tylko ich geometria, ale także połączenia z innymi komponentami. Wysoka szczegółowość wymagana w projekcie wykonawczym umożliwia przeprowadzenie dokładnych i wiarygodnych analiz, które pozwalają potwierdzić lub zmodyfikować założenia przyjęte na wcześniejszych etapach procesu inwestycyjnego. Umożliwia także tworzenie bardziej precyzyjnych modeli 4D i 5D, czyli przedmiarów, kosztorysów czy harmonogramów. Ponadto model wykonawczy obejmuje całkowity kontekst inwestycji: przestrzeny, funkcjonalny, ekonomiczny, środowiskowy i wiele innych. Istotną jest również eliminacja czynników ryzyka, ponieważ wpływa na lepszą kontrolę ponoszonych kosztów [2].

Projekt wykonawczy zawierający zmiany dokonane podczas budowy obiektu wraz z dodatkowymi rysunkami prezentującymi rzeczywisty stan inwestycji jest nazywany projektem powykonawczym i stanowi część dokumentacji powykonawczej. Wykorzystanie technologii BIM na tym etapie realizacji inwestycji przejawia się opracowaniem przez wykonawcę modelu powykonawczego zrealizowanego obiektu. Przedstawia on końcowy, rzeczywisty stan inwestycji z uwzględnieniem zmian dokonanych podczas budowy. Może składać się z modelu informacyjnego budynku oraz modelu inwentaryzacyjnego, przedstawiającego wyniki inwentaryzacji powykonawczej. Model inwentaryzacyjny może być wykonany między innymi za pomocą metod fotogrametrii lub skaningu laserowego. Istotne jest, aby dane pomiarowe zostały pozyskane dla każdego etapu budowy. Model powykonawczy może składać się z jednego lub wielu plików, w tym modeli BIM, które zawierają odniesienia do innych plików czy baz danych. W ten sposób model staje się źródłem informacji o całym wyposażeniu obiektu oraz wszystkich modelowanych elementach. Wy-



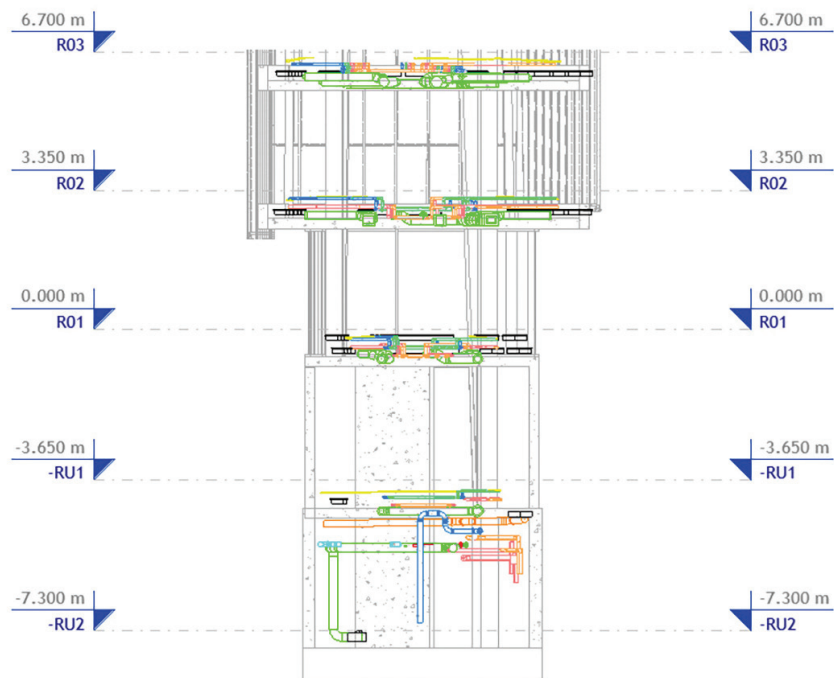
konawca może opracować jeden wielobranżowy model BIM lub oddzielne modele dla każdej branży. Należy wspomnieć, że model powykonawczy umożliwi również zebranie danych podczas realizacji inwestycji mających na celu ułatwienie obsługi budynku w trakcie jego użytkowania. Są to między innymi takie dane jak informacje o producentach urządzeń, instytucjach lub firmach odpowiedzialnych za przeglądy techniczne i serwis, odniesienia do instrukcji obsługi poszczególnych urządzeń, warunki gwarancji oraz inne wytyczne eksploatacyjne [2].

Aby dokumentacja powykonawcza była czytelna i wygodna w interpretacji, istotna jest odpowiednia wizualizacja poszczególnych obiektów. Narzędzia w oprogramowaniach BIM pozwalają na odpowiednie wyświetlenie niezbędnych elementów oraz przygotowanie przejrzystego widoku. Na rzutach kondygnacji powinny zostać pokazane osie konstrukcyjne obiektu, a na przekrojach poszczególne poziomy (rys. 5.). W przypadku rysunków instalacji dużym ułatwieniem jest przedstawienie elementów w odpowiednich kolorach, dzięki czemu możliwe jest bezproblemowe odróżnienie systemów od siebie oraz wykrycie ewentualnych kolizji. Jeżeli zaś chodzi o ostateczne wizualizacje 3D realizowanych obiektów, to mogą one zostać wykonane nie tylko w oprogramowaniach BIM, ale także w aplikacjach z nimi współpracujących, takich jak na przykład Enscape, Lumion, Twinmotion, Unreal, Cinema4D, V-Ray czy Corona. Dzięki temu możliwe jest tworzenie bardzo dokładnych i realistycznych wizualizacji modelu BIM.

Faza eksploatacji

Ostatnią fazą procesu realizacji inwestycji budowlanej jest faza eksploatacji. Czas jej trwania nie jest jednoznacznie określony i zależy od wielu czynników, między innymi od sytuacji rynkowej, stanu technicznego obiektu oraz jego wyposażenia czy możliwości użytkowania. Jest to również faza generująca największe koszty w całym cyklu życia obiektu, ponieważ angażuje około 87% środków finansowych. Pozostały odsetek wykorzystują procesy budowy, przebudowy, projektowania oraz planowania [10]. Faza eksploatacji obejmuje szereg działań związanych z użytkowaniem obiektu budowlanego przez cały cykl jego życia, takich jak zarządzanie inwestycją, przeglądy techniczne instalacji, sprzedaż lub wynajem powierzchni użytkowej, remonty, modernizacje budynków czy też wycofanie ich z eksploatacji. Ze względu na dużą ilość czynności wykonywanych w ramach ostatniej fazy procesu inwestycyjnego można wyróżnić trzy główne etapy: użytkowanie, remonty i modernizacje oraz ewentualna rozbiórka.

Etap użytkowania zrealizowanego obiektu budowlanego rozpoczyna się po uprzednim zakończeniu odbiorów oraz przekazaniu



Rys. 5. Przekrój przez cztery kondygnacje – dwie podziemne i dwie naziemne – budynku biurowego wykonany w oprogramowaniu Autodesk Revit; źródło: zasób firmy SXD Polska

kompletnej dokumentacji powykonawczej inwestorowi. Kluczowym aspektem tego etapu jest efektywne zarządzanie informacją, umożliwiające między innymi redukcję kosztów eksploatacji, a także uporządkowanie wszelkich danych o inwestycji. Do tego celu zastosowanie znajduje koncepcja zintegrowanej bazy danych, jaką jest model informacyjny budowli. Przechowuje on w sposób trwały informacje o parametrach inwestycji. Spełniają one kryterium aktualności, kompletności oraz dostępności przez cały cykl życia obiektu budowlanego. Taki model informacyjny, stanowiący cyfrową dokumentację użytkownika obiektu budowlanego, jest określane jako BOOM (ang. Building Owner Operations Model). Dzięki odpowiedniej strategii zarządzania informacjami z wykorzystaniem modelu BIM możliwe jest przekazywanie danych o inwestycji pomiędzy wszystkimi uczestnikami procesu jej realizacji w sposób płynny i bezstratny [9]. W celu ułatwienia zarządzania nieruchomościami zostały opracowane aplikacje FM (ang. Facility Management) oparte na standardzie IFC (rys. 6.). Funkcjonują one w formie „nakładki” na model BIM i umożliwiają integrację modelu z innymi bazami danych zawierającymi dokumenty tekstowe, rysunki 2D czy inne informacje dotyczące inwestycji. Przykładem znanej na całym świecie budowli, do której użytkowania wykorzystuje się system FM w oparciu o model w formacie IFC, jest Sydney Opera House.

Zastosowanie rozwiązań opartych na technologii BIM na etapie użytkowania inwestycji budowlanej przynosi nie tylko takie same korzyści jak w pozostałych fazach procesu inwestycyjnego, ale również pozwala inwestorowi

lub zarządzającemu obiektem na minimalizację kosztów związanych z wykorzystaniem poszczególnych zasobów. Jest to bardzo istotna zaleta, biorąc pod uwagę wspomniany wcześniej fakt, że faza eksploatacji jest najbardziej kosztowną częścią procesu inwestycyjnego. Niekiedy opracowanie modelu BIM już istniejącego obiektu budowlanego w celu zarządzania nim jest bardziej opłacalne pod względem finansowym niż użytkowanie tego samego obiektu w sposób tradycyjny z wykorzystaniem jedynie technologii CAD.

Z fazą eksploatacji inwestycji nieodwołnie związane są czynności remontowe, w tym także prace modernizacyjne czy przebudowa, rozbudowa lub nadbudowa budynku. Podczas przeprowadzania remontu jednym z najbardziej istotnych dla inwestora celów jest zwiększenie efektywności prac. Jego osiągnięcie jest możliwe przede wszystkim dzięki opracowaniu projektu remontu, który można przygotować, korzystając z najbardziej zaawansowanego rozwiązania, jakim jest technologia BIM. W przypadku braku modelu BIM istniejącego obiektu budowlanego niezbędne jest jego utworzenie. Możliwe jest wykonanie modelu BIM na podstawie istniejącej papierowej lub elektronicznej dokumentacji w postaci rysunków 2D. Jeśli jednak takiej dokumentacji nie ma, konieczne jest przeprowadzenie inwentaryzacji budynku w celu pozyskania informacji na temat jego rzeczywistego stanu technicznego oraz geometrii. Aby osiągnąć jak największą dokładność oraz skrócić czas inwentaryzacji, stosuje się przestrzenne techniki pomiaru, takie jak skanowanie laserowe 3D czy fotogrametria [11]. Rezultatem zastosowania między innymi metody naziemne-

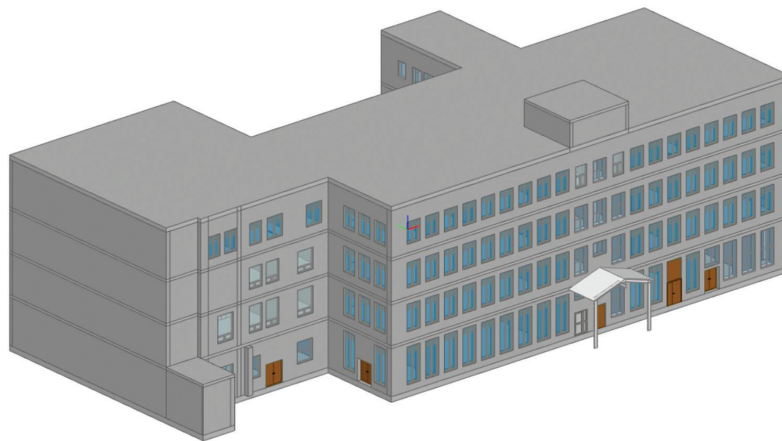
go skaningu laserowego jest chmura punktów, która w odpowiednim oprogramowaniu może zostać przetworzona na dane wektorowe. Zawiera ona wszelkie informacje o obiekcie, takie jak na przykład współrzędne lokalizacji punktów w przestrzeni czy barwy poszczególnych elementów odwzorowane zgodnie z paletą RGB [12]. Przykładem istniejącego obiektu, dla którego sporządzono model BIM w celu przeprowadzenia remontu, w szczególności odbudowy zniszczonych elementów, jest katedra Notre-Dame w Paryżu.

Do fazy eksploatacji zaliczany jest również ewentualny etap rozbiórki obiektu budowlanego, będący jednocześnie końcem cykła życia obiektu oraz całego procesu inwestycyjnego. Technologia BIM zastosowana na etapie rozbiórki obiektu budowlanego umożliwia między innymi lepsze i łatwiejsze zarządzanie terenem, na którym prowadzone są prace, uzyskanie wyższej jakości wyjściowej roboty rozbiórkowych czy też obniżenie kosztów wspomnianych działań [2]. Ponadto narzędzia dostępne w aplikacjach BIM wspomagają opracowanie projektu rozbiórki. Wykorzystanie technologii modelowania informacji o budynku w procesie sporządzania projektu rozbiórki wpływa także na skrócenie czasu prac projektowych, ponieważ wszelkie zmiany dokonywane w modelu są jednocześnie widoczne na rzutach kondygnacji, przekrojach, widokach elewacji czy wizualizacji trójwymiarowej obiektu.

Podsumowanie

Doświadczenia firmy SXD Polska pokazują, że technologia BIM jest narzędziem uniwersalnym i wykorzystywanym w różnych fazach procesu inwestycyjnego. Sama idea technologii BIM zakłada możliwość wykorzystania jej w całym cyklu życia obiektu budowlanego. Z odpowiednią wiedzą, umiejętnościami, zapleczem, a przede wszystkim zasobami ludzkimi jest to realne oraz wykonalne. Co więcej, przynosi więcej korzyści niż zagrożeń dla różnych uczestników procesu inwestycyjnego.

W celu prawidłowego wdrożenia BIM w procesie realizacji inwestycji budowlanej, a tym samym minimalizacji ryzyka oraz maksymalizacji korzyści, jakie niesie ze sobą zastosowanie tej technologii, kluczowe jest przestrzeganie dobrych praktyk związanych z jej użytkowaniem. Należy pamiętać, aby w początkowej fazie procesu inwestycyjnego zamawiający dokładnie sprecyzował swoje oczekiwania i wymagania dotyczące między innymi wersji oprogramowania BIM. Istotne jest również zwrócenie uwagi na wymianę modeli w odpowiednich formatach, takich jak IFC oraz formaty natywne aplikacji BIM. Model informacyjny inwestycji musi mieć także zdefiniowaną lokalizację, na przykład w przestrzeni GIS czy na podkładach mapowych. Ponadto ważne jest modelowanie poszczególnych komponentów z uwzględnieniem



Rys. 6. Model IFC budynku usługowego; źródło: zasób firmy SXD Polska

niem rzeczywistych wymiarów i na odpowiednim, rozsądnym poziomie szczegółowości. Z kolei dokładność wymiarów wszystkich elementów powinna być dostosowana do przeznaczenia modelu. Kierowanie się wspomnianymi zasadami pozwoli na uniknięcie wielu problemów i nieporozumień natury technicznej, które są nieodłączną częścią każdego procesu inwestycyjnego.

Przedstawione w artykule przypadki oraz przykłady powinny być inspiracją dla innych pracowni projektowych, generalnych wykonawców, ale także dla jednoosobowych działalności gospodarczych, w których wdrożenie BIM jest również możliwe. Polski rynek przechodzi rewolucję w cyfryzacji procesów oraz dokumentów w budownictwie i architekturze – technologia BIM, zdaniem autorów, powinna w tym odegrać podstawową rolę.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.6950

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Borkowski Andrzej Szymon, Michałkiewicz Alicja, 2022, Technologia BIM w procesie realizacji inwestycji budowlanych: studia przypadków firmy SXD Polska, „Builder” 2 (295). DOI: 10.5604/01.3001.0015.6950

Bibliografia:

- [1] Adamus Ł., Modelowanie informacji o budynku (BIM): podstawy teoretyczne, „Prace Instytutu Techniki Budowlanej” 2012, 4(164): 17.
- [2] Bednarczyk R. i in., BIM Standard PL, „Polski Związek Pracodawców Budownictwa” 2020, 32, 95, 96, 210, 216, 217.
- [3] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, Dz.U. z 1994 r. Nr 89, poz. 414 ze zm.
- [4] Dybicz R., Proces inwestycyjny w przedsięwzięciu budowlanym. Co musi wiedzieć inwestor?, „Murator Plus” 2020.
- [5] Kałowski A., Wysocki J., Przygotowanie i ocena projektów inwestycyjnych, „Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna Wydawnicza” 2013, 33, 35, 36, 44, 46.
- [6] Nalepka M., Mrozek R. Zalety i wady technologii BIM, „Builder” 2017, 6: 118.
- [7] Tomana A. 2016. BIM innowacyjna technologia w budownictwie. Podstawy, standardy, narzędzia, PWB MEDIA Dziedzielnicki Sp. j.: 66.
- [8] Rodzaje studiów fazy przedinwestycyjnej, 2002–2018. VERT Energy Consulting.
- [9] Asfari K. Building Information Modeling in Concept Design Stage [praca magisterska – Uniwersytet w Salford] 2021, 12–14.
- [10] Kasznia D., Magiera J., Wierzowiecki P., BIM w praktyce, PWN: 2017, 262, 263.
- [11] Radzik Ł., Schabowicz K., Wykorzystanie BIM w remontach obiektów budowlanych, „Materiały budowlane” 2015, 519: 144, 145.
- [12] Borkowski A., Model BIM z chmury punktów, „Builder” 2019, 1 (270): 42.

Streszczenie: Wraz z rozwojem technologii informatycznych i potrzeb rynku AEC coraz częściej można zaobserwować obecność technologii BIM w różnych fazach projektowania. Sam proces realizacji inwestycji budowlanej jest niezwykle złożony oraz skomplikowany, a projekt, w zależności od fazy, często zmienia swą zawartość, formę i zakres. Modelowanie w technologii BIM ułatwia wprowadzanie zmian oraz umożliwia zapewnienie aktualności danym wykorzystywanym na różnych etapach. W pracy zaprezentowano doświadczenia pracowni projektowej SXD Polska, która realizuje projekty i współpracuje z podmiotami z całej Europy. W artykule wyróżniono fazy procesu realizacji inwestycji budowlanych wraz z podziałem na poszczególne etapy, zaś zalety i korzyści wynikające z zastosowania BIM pokazano na konkretnych przykładach. Może to stanowić zachętę dla innych przedsiębiorstw do wdrożenia BIM.

Słowa kluczowe: BIM, proces inwestycyjny, studium przypadku

Abstract: BIM TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INVESTMENT REALIZATION PROCESS: CASE STUDIES OF THE SXD POLSKA. Along with the development of information technology and the needs of AEC market, the presence of BIM is observed more often in different design phases. The construction investment realization process is extremely complex and complicated and the project, depending on the phase, often changes its content, form and scope. BIM modelling makes it easier to implement changes and allows to keep the valid data which are used at different stages. This elaboration presents the experience of the SXD Polska company, which accomplishes projects and cooperates with European entities. The article distinguishes the phases of the construction investment realization process with the division into several stages, while the advantages and benefits of using BIM are presented by specific examples. This can provide an incentive for other companies to implement BIM technology.

Keywords: BIM, investment process, case study