

dr hab. inż. Krzysztof Zima, prof. PK<sup>1\*)</sup>

ORCID: 0000-0001-5563-5482

mgr inż. arch. Wojciech Cieplucha<sup>2)</sup>

ORCID: 0000-0002-4738-1782

mgr inż. Marcin Majta<sup>2)</sup>

ORCID: 0000-0001-7259-9276

# Technologia BIM w projektowaniu architektonicznym

## *BIM technology in architectural design*

DOI: 10.15199/33.2022.10.10

**Streszczenie.** Projektowanie architektoniczne to długotrwały i skomplikowany proces, w którym bierze udział wiele osób z różnych branż. W artykule przedstawiono etapy tworzenia budynku w technologii Building Information Modeling (BIM). Pokazano, w jaki sposób narzędzia cyfrowe ułatwiają podejmowanie decyzji projektowych. Za ich pomocą projektanci mogą odzwierciedlić rzeczywistość budowlaną w świecie wirtualnym. Model w BIM będzie miał znikomą liczbę błędów projektowych, co przyczyni się do polepszenia jakości użytkowej budynku, prac budowlanych i przejrzystości dokumentacji technicznej.

**Słowa kluczowe:** BIM; projektowanie; architektura; model 3D; koordynacja.

**Abstract.** Architectural design is a long and complicated process involving many people from various industries. This work will present the stages of creating a building in the Building Information Modeling (BIM) technology. The work will show how digital tools facilitate making design decisions. With the help of digital tools, designers can reflect the construction reality in a virtual world. The model in BIM will have a negligible amount of design errors and this will contribute to increasing the functional quality of the building, construction works and transparency of technical documentation.

**Keywords:** BIM; design; architecture; 3D model; modelling; coordination.

Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii opracowało raport z wdrożenia technologii BIM w zamówieniach publicznych oraz w firmach, w ramach realizacji projektu: *Cyfrizacja procesu budowlanego w Polsce – Mapa drogowa dla wdrożenia metodyki BIM w zamówieniach publicznych* [1], a jednostki rządowe – dokumenty wyjaśniające problematykę BIM oraz załączniki, szablony umów i inne dokumenty, które usprawnią podjęcie decyzji przez projektantów i inwestorów o wdrożeniu tej technologii w swoich jednostkach. Literatura dostępna na rynku omawia zagadnienia BIM, wyjaśnia pojęcia i systematykę pracy [2], rozwiązania informatyczne, które umożliwiają tworzenie nowych aplikacji usprawniających opracowywanie skomplikowanych modeli 3D [3].

W artykule przedstawiono proces projektowania budynku mieszkalnego w technologii Building Information Modeling (BIM). Omówiono, w jaki sposób można usprawnić ten proces dzięki narzędziom cyfrowym. Podejmowanie decyzji dotyczących tworzenia budynku to skomplikowany i długotrwały proces, w którym bierze udział wiele osób z różnych branż podejmujących różne działania ulepszące funkcjonowanie budynku i jego realizację.

### Gromadzenie danych

Rozpoczynając proces projektowania budynku, architekci opracowują jego program funkcjonalny, a następnie tworzą koncepcję architektoniczną i określają wstępne wymiary budynku. Bezpośredni wpływ na bryłę budynku mają Warunki Zabudowy lub zapisy w Miejscowym Planie Zagospodarowa-

nia Terenu, Warunki Techniczne oraz zapisy w Prawie budowlanym. W trakcie wstępnych prac nad projektem planowane jest rozmieszczenie poszczególnych stref budynku, ich podział na część użytkową oraz komunikację. Koncepcja architektoniczna ma postać bryłowych układów na działce, wraz ze szkicem dojazdu do budynku. Określana jest też powierzchnia zabudowy, powierzchnia użytkowa oraz inne dane wynikające z jego specyfiki. Warto, by dane były aktualnie zbierane w jednym miejscu i dostępne dla wszystkich, którzy w przyszłości dołączą do procesu projektowego. Miejszem gromadzenia danych może być model 3D stworzony w technologii BIM na dysku w chmurze. Dzięki odpowiednim ustawieniom można przypisać uczestnikom procesu projektowego uprawnienia do wyświetlania lub wprowadzania zmian w plikach, które będą dostępne na platformie CDE (z ang. *Common Data Environment*), stanowiącej repozytorium dokumentacji związanej z projektem (modele, rysunki, dokumenty formalne itp.) oraz pozwalającej na automatyzację procesów w pełnym cyklu życia obiektu. W związku z tym, że środowisko CDE to narzędzie do koordynacji, zarządzania i kontroli procesów, kadra menedżerska powinna być zainteresowana jego wdrożeniem i wykorzystaniem [4].

### Projektowanie budynku

Technologia BIM jest nie tylko narzędziem do osiągania celów projektowych, ale również podstawowym zbiorem metod i zasad potrzebnych do rozwiązywania problemów inżynierskich [5].

**Projektowanie budynku w BIM można podzielić na kilka faz:**

1) tworzenie modelu bryłowego, dzięki któremu określa się wymiary budynku na działce i opracowuje potrzebne bilanse;

2) użycie modelu do zestawienia powierzchni i wstępnych obliczeń kosztów budowy;

<sup>1)</sup> Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej

<sup>2)</sup> Politechnika Krakowska, Wydział Architektury

<sup>\*</sup> Adres do korespondencji: krzysztof.zima@pk.edu.pl

3) tworzenie modelu architektonicznego i konstrukcyjnego (rysunek 1);

4) wykorzystanie modeli struktury budynku do zamodelowania instalacji przez projektantów instalacji;

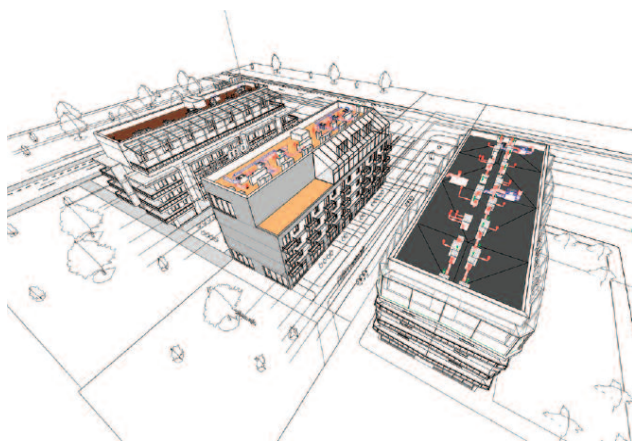
5) sprawdzenie kolizji pomiędzy konstrukcją a instalacjami przez różnych specjalistów;

6) praca na modelu BIM i przygotowanie przez kosztorysantów dokładnego zestawienia ilości i przedmiaru robót budowlanych;

7) tworzenie harmonogramu prac budowlanych;

8) opracowanie modelu służącego do prowadzenia prac budowlanych;

9) przygotowanie modelu do oddania inwestorowi, tzw. FM – *Facility Management*.



**Rys. 1. Model BIM. Koncepcja architektoniczna zespołu budynków mieszkalnych**

*Rys. W. Cieplucha*

*Fig. 1. BIM model. Architectural concept of a residential buildings complex*

*Fig. W. Cieplucha*

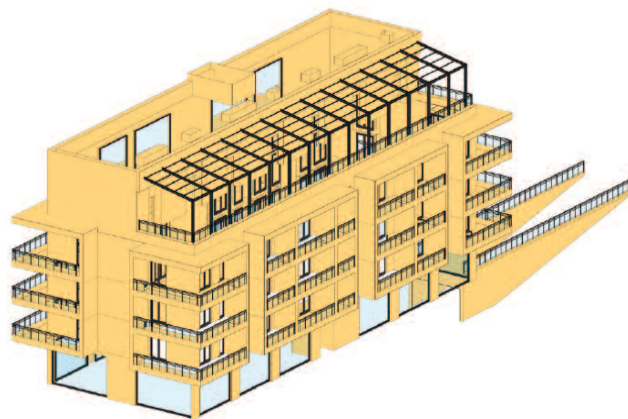
**Model bryłowy** budynku służy do opracowania jego wstępnej koncepcji architektonicznej na danej działce. Przed pozyskaniem od inwestora mapy zasadniczej, architekci mogą pobrać mapy oraz ukształtowanie terenu z baz. Służą do tego portale: <https://www.google.pl/maps> oraz <https://www.geoport.gov.pl>, który udostępnia tzw. płaskie mapy i dane pomiarowe LIDAR (ang. *Light Detection and Ranging*) z lotniczego skanowania laserowego ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*). Stanowią one prezentację terenu w postaci chmury punktów. Model terenu umożliwia dookreślenie postaci budynku w modelu cyfrowym. Tak stworzony teren, generalny wykonawca może wykorzystać do bilansu mas ziemnych.

Bryły na działce odzwierciedlają kubaturę budynku, podział na kondygnacje oraz zagospodarowanie części wspólnych. Możliwe jest stworzenie wariantów brył na działce, a różny ich układ i kształt można dowolnie dodawać i zmieniać, co pokazuje potencjał danego miejsca. Dzięki dodawaniu nowych informacji, model bryłowy jest uszczegóławiany. Dookreślana jest forma bryły ze względu na ukształtowanie terenu, nasłonecznienie, straty i zyski cieplne (z ang. *heating and cooling loads*). Dzięki skryptom automatyzującym wariantowanie brył na danej działce (z ang. *Generative Design*), projektant otrzymuje układy wariantów brył, które spełniają jego założenia i wprowadzone kryteria. Proces ten jest zautomatyzowany, a projektant wybiera optymalne rozwiązanie, nie dzięki intuicji,

lecz oprogramowaniu, które pomaga w przyjęciu najlepszej formy budynku, dostosowanej do danego miejsca.

**Model architektury budynku** tworzony jest na podstawie modelu bryłowego w BIM. Dodawana jest siatka osi oraz poziomy, które są następnie sprzęgnięte z powstającą geometrią budynku. Zmiany osi i poziomów mają wpływ na wielkość elementów architektonicznych. Zmiana odległości w siatce powoduje zmianę w geometrii przegród. Tworzony jest model konstrukcji, a w nim elementy nośne, np. słupy konstrukcyjne, ściany nośne i stropy, nadwieszania oraz otwory pionowe i poziome. Następnie uzupełniany jest on o elementy nienośne, takie jak ściany osłonowe, ściany działowe, otwory i wykończenie. Model jest poddawany dyskusji i optymalizacji przez projektantów we współpracy z kosztorysantem, który na bieżąco zestawia elementy w programie kosztorysowym. Zestawienia materiałów dokładnie ukazują wartości w odpowiednich jednostkach miary danego typu materiału, np. kg, m, m<sup>2</sup> i m<sup>3</sup>. Z modelu można pozyskać zestawienie materiałów budowlanych oraz przedmiar robót budowlanych. Jest ono w pełni edytowalne. Można więc dodać wartości obliczeniowe, formuły logiczne i sumować dane liczbowe. Ze względu na zmiany wprowadzone przez projektantów wartości te aktualizują się automatycznie w tabelach zbiorczych, a kosztorysant nie jest zmuszony od nowa pracować nad dokumentacją. Wprowadzenie aktualnych cen materiałów, robocizny oraz sprzętu powiązane jest z geometrią modelu. Na rysunkach 2 i 3 pokazano przykładowe widoki budynku z jego elementami wykończeniowymi oraz konstrukcję żelbetową.

Projektanci instalacji otrzymują **model BIM** we wstępnej fazie pracy nad projektem, co umożliwia zaprojektowanie **instalacji** we wszystkich branżach. Model architektury i konstrukcji jest podłączony do modelu instalacji, gdzie modelowana jest geometria kanałów, rur, korytek itd. Dzięki stropom i ścianom w 3D, przestrzeń jest wydzielona, a projektant instalacji może dodać wirtualne elementy, które służą np. do obliczenia przepływu powietrza nawiewanego i wywiewanego z danej przestrzeni. Ponadto może wykryć kolizje z elementami konstrukcyjnymi (znane są przekroje kanałów i wielkość pionów) oraz sprawdzić, czy dane instalacje zmieszczą się w zaprojektowanych pionach.

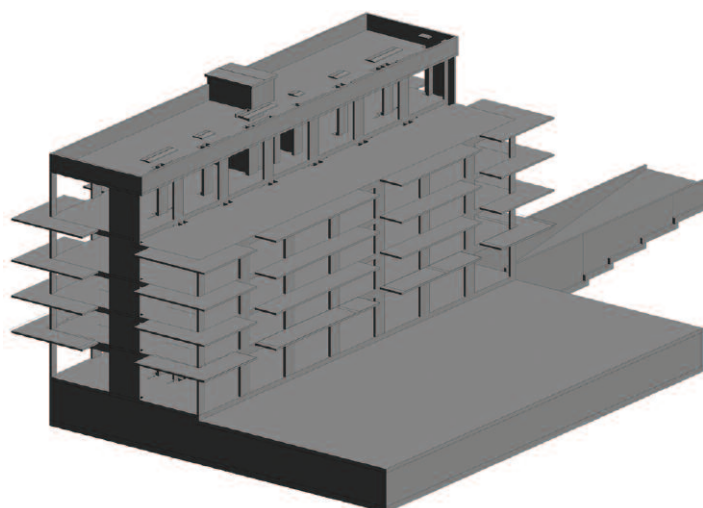


**Rys. 2. Model BIM elementów wykończenia**

*Fig. 2. BIM model of finishing elements*

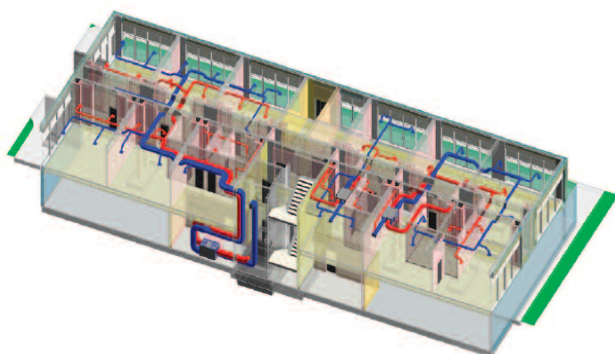
*Rys. W. Cieplucha*

*Fig. W. Cieplucha*



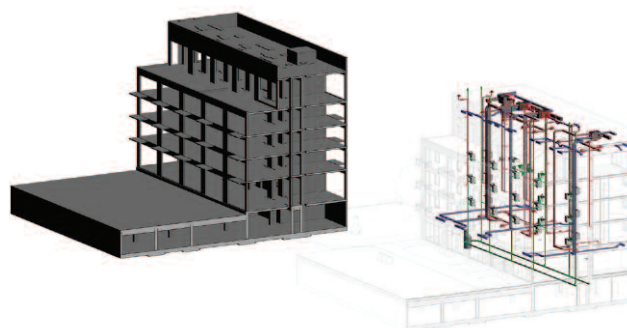
**Rys. 3. Model BIM konstrukcji żelbetowej** *Rys. K. Wielgus*  
**Fig. 3. BIM model of a reinforced concrete structure** *Fig. K. Wielgus*

I odwrotnie, architekt oraz konstruktor są świadomi wielkości projektowanych instalacji i wiedzą, w których miejscach powinny wprowadzić zmiany. Na rysunku 4 przedstawiono fragment modelu budynku z instalacjami wentylacyjnymi.



**Rys. 4. Model BIM instalacji wentylacji i sąsiadujących przegród** *Rys. Ł. Pilch*  
**Fig. 4. BIM model of the ventilation system and adjacent partitions** *Fig. Ł. Pilch*

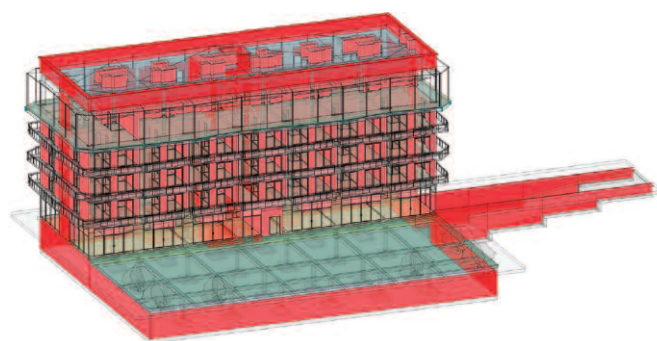
**Współpraca międzybranżowa** odbywa się w chmurze na platformie. Każda branża pracuje na swoim pliku, ale są one połączone w chmurze i inni projektanci widzą zmiany na żywo, po zapisaniu swojej wersji i odświeżeniu łącza. W efekcie projektant ma do dyspozycji aktualne pliki (z najnowszą datą). Praca nad modelem odbywa się na wcześniej przygotowanym szablonie zawierającym przegrody, z którego będą korzystali wszyscy uczestnicy procesu projektowego. Odpowiednie nazewnictwo ścian i stropów usprawnia wyszukiwanie elementów. Materiały wyścypane do modelu są przygotowane w taki sposób, aby obliczenia, które będzie wykonywał konstruktor, były dokładne i rzetelne. Otwory i ich wypełnienie są opisywane za pomocą dynamicznych bloków, które oprócz wyświetlania danej geometrii elementu, umożliwiają szybkie ich zestawienie. Przykład modelu, konstrukcji budynku i instalacji zaprezentowano na rysunku 5.



**Rys. 5. Model BIM konstrukcji żelbetowej z modelem instalacji** *Rys. W. Cieplucha, Ł. Pilch*  
**Fig. 5. BIM model of reinforced concrete structure with the installation model** *Fig. W. Cieplucha, Ł. Pilch*

## Parametry w modelu

Planowanie prac nad modelem jest ważne pod względem wprowadzanych danych liczbowych i tekstowych. Elementy są odpowiednio opisywane zdefiniowanymi wcześniej parametrami. Niejednokrotnie model jest używany przez wielu branżystów w wielu fazach procesu projektowego i budowy. Odpowiednie opisywanie elementów geometrycznych usprawnia ich sortowanie, grupowanie i wyświetlanie. Opisywanie elementów geometrycznych (klasyfikacja, rodzaj elementu, poziom, branża) ułatwi projektantom wykrycie potencjalnych błędów projektowych. Ważne jest zadbanie o spójność modelu, dokładność i rzetelne uzupełnianie parametrów oraz oznaczeń, które wspomagają podejmowanie decyzji dotyczących projektowania, budowy i użytkowania budynku. Prawidłowe opisanie elementów umożliwia tworzenie zestawień (rysunek 6).



BIM zestawienie ścian żelbetowych														
Tytuł	Składowe parametry	Materiał	Nazwa	Materiał	Objętość	Materiał	Przezroczystość	Materiał	Koszt	Cena jedn. Robocizny	Cena jedn. Szkieletu	Wartosc za Materiał	Wartosci za Robocizny	Wartosci za Szkielet
Opcyjna CSD07 - 300 mm	Planum 1 k - 0.82	Beton C30/37	143.80 m <sup>3</sup>	32.30 m <sup>2</sup>	200.00	130.00	75.00	2880.00	6390.00	7300.00	3390.00	10500.00	13620.00	14410.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 1 k - 0.82	Beton C30/37	119.68 m <sup>3</sup>	369.99 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	2875.00	7620.00	7100.00	2970.00	9891.00	11000.00	11000.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 2 k - 0.32	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	301.44	280.00	103.20	262.00	340.00	340.00
Opcyjna CSD07 - 300 mm	Planum 2 k - 0.32	Beton C30/37	148.82 m <sup>3</sup>	88.38 m <sup>2</sup>	200.00	130.00	75.00	418.88	6669.30	7810.00	1348.88	3584.42	4353.00	4353.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 1 k - 0.82	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 2 k - 0.32	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 3 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 4 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 4 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 5 k - 0.30	Beton C30/37	143.80 m <sup>3</sup>	32.30 m <sup>2</sup>	200.00	130.00	75.00	2880.00	6390.00	7300.00	3390.00	10500.00	13620.00	14410.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 6 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 7 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 8 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 9 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
Ściana zewnętrzna 20cm	Planum 10 k - 0.10	Beton C30/37	25.84 m <sup>3</sup>	168.27 m <sup>2</sup>	250.00	130.00	75.00	650.00	8667.78	4200.00	1080.00	1360.00	1360.00	1360.00
<b>Suma</b>			<b>330.68 m<sup>3</sup></b>	<b>193.81 m<sup>2</sup></b>				<b>10800.00</b>	<b>8667.78</b>	<b>4200.00</b>	<b>1080.00</b>	<b>1360.00</b>	<b>1360.00</b>	<b>1360.00</b>

**Rys. 6. Model BIM zestawienia ścian żelbetowych** *Rys. M. Majta*  
**Fig. 6. BIM model of the list of reinforced concrete walls** *Fig. M. Majta*

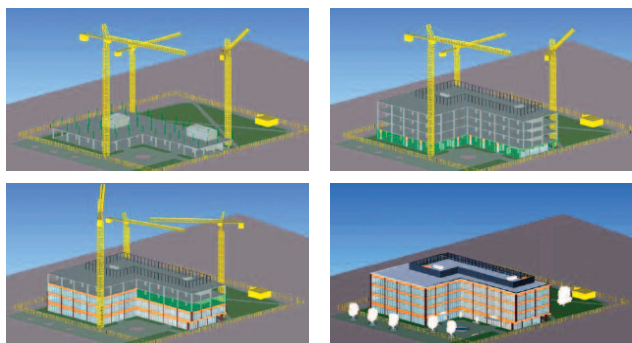
## Wykrywanie kolizji

**Kolizje projektowe** są wykrywane pomiędzy modelami architektury, konstrukcji i instalacji. Priorytet podczas procesu projektowego mają te, które dotyczą nakładającej się na siebie geometrii. Po włączeniu wtyczki do wykrywania kolizji, elementy wyświetlają się w odpowiedniej kolorystyce, a informacja o błędach projektowych jest wysyłana do osoby, która odpowiada za dany zakres. **Kolizje montażowe** może

wykryć inżynier budowy, pracownik generalnego wykonawcy oraz koordynator projektu. Taka osoba czuwa nad poprawnością wprowadzanych geometrii oraz sposobem ich budowy. Model w BIM służy do sprawdzenia, czy wykonawca będzie miał dostęp do wszystkich akcesoriów montowanych na placu budowy. Raport z kolizji jest tworzony w różnych rozszerzeniach plików. Kolizje można przeglądać na tablecie przez aplikacje do zarządzania projektem w chmurze. Koordynator odpowiedzialny za ich wykrywanie może wygenerować raport do pliku .html, do którego będą mieli dostęp wszyscy posiadający przeglądarkę internetową. Kolizje można także wyświetlać w pliku projektowym za pomocą odpowiednich aplikacji, które nanoszą informację o kolizjach i wyświetlają ją, zaznaczając w danym kolorze poszczególne elementy.

## Harmonogram

Model BIM przedstawia m.in., w jaki sposób będzie realizowana budowa. Dzięki wprowadzonym do niego informacjom można określić zakres planowanych prac, ich koszt oraz czas trwania. Wyróżnia się BIM 4D służący do opracowania harmonogramów realizacji inwestycji oraz BIM 5D – harmonogram wraz z analizą kosztów. Cyfrowy harmonogram budowy umożliwi wizualizację postępu prac budowlanych oraz symulację budowy przed jej wykonaniem (rysunek 7). Wymodelowane elementy placu budowy, takie jak np. żurawie, pozwalają na określenie zasięgu pracy żurawia i czy będzie miał dostęp do wszystkich wymaganych miejsc.



**Rys. 7. Symulacja procesu budowy w modelu BIM** Rys. D. Rokicki  
Fig. 7. Simulation of the construction process in the BIM model Fig. D. Rokicki

Proces inwestycyjny, w którym powstaje obiekt budowlany, jest ciągiem skoordynowanych czynności o charakterze technicznym, prawnym, technologicznym, organizacyjnym, finansowym, obejmującym przygotowanie, realizację i eksploatację planowanej inwestycji budowlanej w określonym czasie przy ograniczonych zasobach finansowych. Mówiąc o skoordynowanych czynnościach w dłuższym okresie, rozciągających się na kilka etapów realizowanych przez wielu uczestników, konieczne staje się ich zharmonizowanie [6]. W modelu BIM możemy zaznaczyć, czy dany element jest już wyprodukowany, przetransportowany na budowę i wbudowany. W ten sposób można optymalizować dostawy i pracę wykonawców bez tzw. pustych przebiegów. Model BIM pomaga w planowaniu prac na placu budowy dzięki dokładnemu

określeniu wielkości dostaw i miejsca zajmowanego przez dostarczone materiały budowlane. Niekiedy wąskie działki nie pozwalają na magazynowanie dużej ilości materiałów. Dzięki odpowiedniemu zaplanowaniu prac i używaniu do tego modelu BIM możemy skrócić czas składowania materiałów budowlanych na placu budowy, które nie są wykorzystywane, a zajmują cenne miejsce.

## Administrowanie budynkiem w BIM

Model przekazany inwestorowi może posłużyć do administrowania budynkiem, sprawdzania kart gwarancyjnych, doglądania zaworów z zamontowanymi czujkami itd. oraz całkowitej rozbiórki lub częściowych zmian na cele remontu, a nawet przebudowy fragmentów budynku. Przebudowa budynku w postaci cyfrowej przebiega sprawnie bez użycia papierowej dokumentacji i wyszukiwania interesujących nas miejsc w dziesiątkach segregatorów z wydrukowaną dokumentacją. Wykorzystanie cyfrowego modelu już po wybudowaniu obiektu usprawni przebudowę przestrzeni w trakcie życia budynku i sposób użytkowania, który zmienia się w czasie.

## Podsumowanie

Cyfrowe narzędzia wspomagają proces projektowy. Praca nad projektem budynku wiąże się z przesyłaniem informacji pomiędzy architektami, konstruktorami i projektantami instalacji we wczesnym etapie tworzenia projektu. Dane zgromadzone w jednym modelu mogą być wykorzystane przez przedstawicieli kilku branż, którzy są w stałym kontakcie i wiedzą, jakie zmiany są wprowadzane na bieżąco. Architekci aktualizują zaprojektowaną przestrzeń dzięki zmianom wprowadzonym przez konstruktorów. Konstruktorzy widząc zaplanowane instalacje, mogą dobrać odpowiednią konstrukcję, a następnie użyć modelu do obliczeń. Projektanci instalacji minimalizują liczbę kolizji z elementami konstrukcyjnymi i architektonicznymi, ponieważ analiza wykonywana jest na bieżąco. Branże współpracują w jednym środowisku, dzięki czemu jakość projektu i proces jego realizacji zostaje ulepszony. Technologia Building Information Modeling przyspiesza proces projektowy, wyprzedza problemy na budowie oraz pozwala szybko wykryć zmiany w budżecie i im przeciwdziałać. Modelowanie cyfrowe wiąże się z dużym nakładem prac na wstępnym etapie tworzenia modelu, ale proces inwestycyjny przebiega o wiele sprawniej niż w przypadku klasycznego podejścia.

## Literatura

- [1] Tomana A. BIM – nowe opracowania. Materiały Budowlane. 2020; 10: 59.
- [2] Kasznia D, Magiera J, Wierzowiecki P. BIM w praktyce: standardy, wdrożenia, case study, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2018.
- [3] Lin YC, Hsu YT, Hu HT. BIM Model Management for BIM-Based Facility Management in Buildings. Advances in Civil Engineering. 2022; t. 2022.
- [4] Anger A, Łąguna P, Zamara B. BIM dla managerów. PWN, Warszawa 2021.
- [5] Lelek W. Technologia BIM – narzędzie do zarządzania projektem. Materiały Budowlane. 2020; 12: 56.
- [6] Obolewicz J. Koordynacja budowlanego procesu inwestycyjnego. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. 2006; t. 7, nr 3.

Przyjęto do druku: 20.09.2022 r.