

mgr inż. Artur Krygier¹⁾

ORCID: 0009-0003-1971-5735

dr hab. inż. Wojciech Trochymiak^{2)*)}

ORCID: 0000-0002-9099-9457

Weryfikacja i modyfikacja modelu BIM 5D w trakcie budowy mostu

Verification and modification of the 5D BIM model carried out during bridge construction

DOI: 10.15199/33.2023.12.13

Streszczenie. W artykule zaprezentowano model BIM 5D mostu kablobetonowego, usytuowanego w ciągu drogi ekspresowej, na przykładzie realizowanej budowy. Weryfikując etapy budowy, harmonogram robót, zużycie materiałów i zasobów, w tym koszty, opracowano schemat monitorowania postępu budowy, zbierania danych z ich odpowiednim kodowaniem oraz przesyłania projektantom w celu modyfikacji zaprojektowanego modelu BIM. Przeprowadzone badania potwierdziły, stwierdzone w wielu przypadkach kubaturowych modeli BIM, rozbieżności modeli BIM projektanta i wykonawcy. Artykuł zawiera wnioski i praktyczne wskazówki dotyczące wdrażania BIM do projektowania i budowy obiektów infrastrukturalnych uwzględniające realia budowy.

Słowa kluczowe: BIM; budowa mostu; kablobetonowy most drogowy; model 5D.

BIM (*ang. Building Information Modeling*) to zespół działań, których efektem jest opracowanie modelu cyfrowego obiektu o wielu wymiarach informacji [1]. Dotychczas na potrzeby budownictwa zaadaptowano ich siedem i dotyczą one gromadzenia informacji odpowiednio o: 1 – 3 – geometrii obiektu; 4 – czasie i terminach (harmonogramach); 5 – materiałach i kosztach, 6 – wpływie na środowisko; 7 – zarządzaniu obiektem po jego wybudowaniu.

Budownictwo kubaturowe od dłuższego czasu stosuje BIM, często na wniosek zamawiających, ale również z inicjatywy projektantów czy wykonawców. Zgodnie z [2, 3] w 2021 r. zakres stosowania BIM w polskich firmach ze względu na rodzaj budownictwa, wynosił odpowiednio: kubaturowe – 66,4%; drogowe – 11,2%; mostowe – 7,8%. Metodyka BIM stosowana jest najczęściej podczas projektowania – 55,2% w porównaniu z 20,7% w przypadku wykonawstwa robót budowlanych wraz z nadzorem czy 14,7% w przypadku samego nadzoru. Stosunkowo słabe zaangażowanie budownictwa infrastrukturalnego w proces wdrażania BIM, szczególnie podczas budowy, wynika ze specyfiki inwestycji liniowych. Działania niektórych ministerstw [4 ÷ 6], GDDKiA, organizacji zawodowych (PZiTb, ZMRP), organizacji odpowiedzialnych za realizację przedsięwzięć inwestycyjnych, jak np. CPK czy środowiska akademickiego stymulują i wymu-

Abstract. The main goal of the article is to describe the 5D BIM model of a post-tensioned concrete bridge being part of an expressway on the example of an ongoing construction. A method (a pattern) of monitoring of work progress as well as collecting the data (with relevant elements of coding of the collected data) and transferring it to the designers for the purpose of updating the model was developed while verifying the completed construction phases, the time schedule, the usage of materials and resources, including the expenses. The research confirmed incompatibility, also observed elsewhere in the construction sector, between the general contractor's and the designer's models. The article contains conclusions and practical examples of introducing the BIM methodology to design and construction of infrastructural objects while accounting for the construction site's realities.

Keywords: BIM; bridge construction; post-tensioned road bridge; 5D model.

szają wdrażanie BIM do budownictwa infrastrukturalnego, w którym upatruje się szansy na usprawnienie procesu projektowania, realizacji inwestycji oraz zarządzania obiektami inżynierskimi.

Coraz więcej publikacji zawiera opis projektów pilotażowych zaangażowanych w cyfryzację obiektów liniowych. Wynika z nich, że model BIM **projektanta** (opracowywany przed rozpoczęciem budowy) często różni się od modelu BIM **wykonawcy** (model projektanta po modyfikacji uwzględniającej realia budowy i wymagania wykonawcy) [7].

Artykuł dotyczy doświadczeń firmy, w której pracuje jeden z autorów artykułu, która od dłuższego czasu wdraża BIM w budownictwie kubaturowym, a na potrzeby budownictwa infrastrukturalnego realizuje projekt pilotażowy zastosowania BIM na przykładzie drogi ekspresowej DE S1 na odcinku Oświęcim – Dankowice [8].

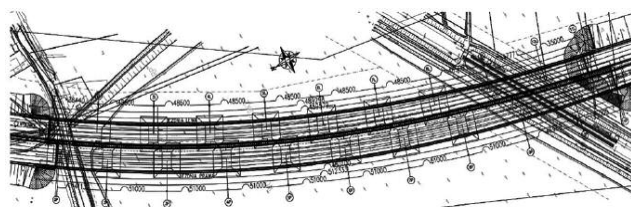
Charakterystyka obiektu i opracowanego modelu BIM

Przedmiotem projektu jest obiekt inżynierski (MS-35) w ciągu DE S1, usytuowany nad drogą powiatową 4489S, stawem Tesznowiec, linią kolejową nr 93 Trzebinia – Zebrzydowice, projektowaną drogą dojazdową oraz przejściem dolnym dla zwierząt. Składa się on z dwóch ustrojów nośnych o zmiennej geometrii przekroju poprzecznego wynikającej z wymagań projektowych dotyczących niwelety drogi oraz widoczności. Schemat konstrukcyjny ustroju nośnego stanowią

¹⁾ PORR S.A.²⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

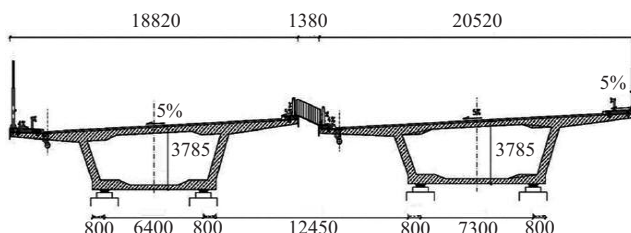
*) Adres do korespondencji: wojciech.trochymiak@pw.edu.pl

dziesięcioprzęsłowe, ciągłe, kablobetonowe dźwigary skrzynkowe (rysunki 1 i 2, tabela 1). Szczegóły rozwiązań konstrukcyjnych przedstawiono w [9, 10].



Rys. 1. Schemat konstrukcji obiektu w widoku z góry [8]

Fig. 1. Drawing showing the structure of the facility in top view [8]



Rys. 2. Przykładowy przekrój poprzeczny konstrukcji nośnej [8]

Fig. 2. Example of the cross-section of the supporting structure [8]

Tabela 1. Wybrane parametry obiektu [8]

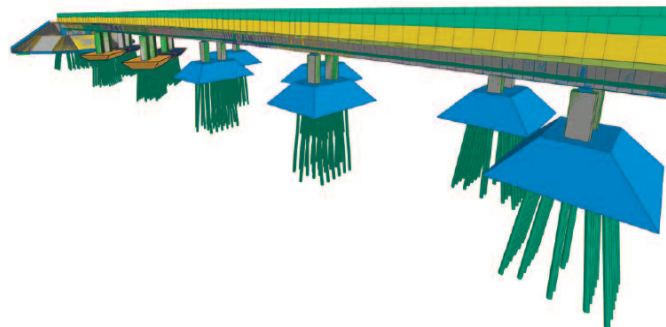
Table 1. Selected facility parameters [8]

Element	MS-35 (jezdnia lewa)	MS-35 (jezdnia prawa)
Długość całkowita obiektu [m]	463,312	482,700
Rozpiętość teoretyczna przęsła [m]	38,44 + 7 x 48,50 + 47,77 + 35,00 = 460,71	41,13 + 7 x 51,00 + 46,97 + 35,00 = 480,10
Szerokość całkowita obiektu (maks.) [m]	18,70 + 1,30 (prześwit w pasie dzielącym) + 20,60 = 40,60	
Wysokość konstrukcyjna [m]	4,033	3,703
Szerokość pomostu [m]	16,80 – 18,70	16,80 – 20,60

Ze względu na geometrię i niekorzystne usytuowanie obiektu zdecydowano się na dwa podejścia projektowe. Klasyczne z dokumentacją 2D oraz uwzględniające metodykę BIM (program Tekla Structures). Do modelu geometrycznego (3D) wprowadzono parametry powiązane z czasem (4D) oraz kosztami i materiałami (5D). Głównym celem projektu pilotażowego jest określenie przydatności wielowymiarowego modelu BIM, na różnych etapach realizacji inwestycji, oraz wypracowanie wewnętrznych standardów przydatnych przy kolejnych projektach. W związku z tym, że specyfika budownictwa kubaturowego, w którym firma ma doświadczenie we wdrażaniu BIM, jest odmienna od budownictwa infrastrukturalnego, nie udało się zaadaptować wszystkich już stosowanych rozwiązań. W trakcie prac nad modelem BIM uwidoczniły się różnice między branżami wpływające na charakter cyfrowego obiektu. Najistotniejsza to skomplikowana geometria obiektów mostowych oraz zastosowanie różnych technologii ich budowy.

W modelu BIM projektanta odwzorowano wszystkie elementy obiektu – od pali pod fundamentami, przez ustrój nośny wraz ze zbrojeniem, po wyposażenie. Z różnych względów niektóre z nich zamodelowano w sposób uproszczony, np. bryłę wykopu, które odniesiono do średniego poziomu terenu. Jednym z zastosowań modelu BIM na budowie jest kontrola

tempa wykonywania prac. W związku z tym każdy element został wzbogacony o dane z harmonogramu robót, co ułatwia szybką weryfikację realnego i zakładanego postępu prac budowlanych za pomocą modelu BIM (rysunek 3).



Rys. 3. Model BIM – fragment modelu z widokiem na przyczółek południowy (P12)

Fig. 3. BIM model – fragment of the model with the view of the southern abutment (P12)

Istotny, z punktu widzenia całego projektu, jest wymiar odpowiadający za koszty i materiały. Model wzbogacono informacjami umożliwiającymi półautomatyczne generowanie zestawień materiałów oraz kosztorysów. W celu zapewnienia poprawności przepływu danych przyjęto odpowiednią kodyfikację i parametryzację elementów, natomiast w celu zapewnienia unikalności elementów, przypisywanych do pozycji przedmiarowych, wprowadzono system kodujący oparty na 3 cyfrach, podkreśleniu i 4 literach wg wzorca 999_ABCD. Umożliwiło to wstępną segregację elementów, np. kryterium materiału czy technologii wykonania. Kolejnym krokiem była parametryzacja elementów ułatwiająca dalsze filtrowanie składników modelu. Ze względu na duże zróżnicowanie elementów obiektu jego kosztorys zawierał wiele pozycji odnoszących się do różnych materiałów. W celu usystematyzowania maczyzy danych zastosowano ich segregację w formie przystępnej dla użytkowników i programów zliczających. Przykłady wymagające dodatkowej kodyfikacji:

- w przypadku odczytu rodzaju wykopów każda z brył odwzorowująca wykop w gruncie ma podtyp (parametr), który umożliwia wybór pomiędzy wykopem w gruntach skalistych lub nieskalistych;

- zastosowano dwa parametry określające podtyp łożysk garnkowych. Pierwszy definiował, czy łożysko jest stałe, jednokierunkowo przesuwne czy wielokierunkowo przesuwne. Drugi zawierał informacje o zakresie obciążenia podanego w MN umożliwiające określenie nośności łożyska (rysunek 4);

..... Material	Steel_Undefined
..... Name	150_LOGA
..... Phase	1
..... Planned End	1713225600
..... Planned Start	1708128000
..... p_CrossSection	400*100
..... p_Length	400
..... p_Subtype	Wielokierunkowe
..... p_Subtype 2	20

Rys. 4. Przykład kodowania – opisu parametrów łożysk garnkowych

Fig. 4. Example of coding and description of the pot bearing parameters

- w przypadku elementów betonowych, poza wskazaniem elementu konstrukcyjnego, jak np. fundament, przyczółek czy ustrój nośny, dodano trzy parametry definiujące klasę betonu, klasę ekspozycji i wskaźnik zbrojenia elementu.

Zaproponowana kodyfikacja umożliwiła dokładny opis przedmiarowanych elementów, ich segregację oraz filtrację zarówno na poziomie modelu, jak i tworzonego kosztorysu.

Z punktu widzenia wykonawcy najistotniejszym aspektem wymiaru 5D jest szybkie **generowanie kosztorysów i zestawień materiałowych** w celu weryfikacji i przygotowania zamówień na budowie. Porównując dane z modelu BIM oraz z placu budowy, można szybko wyznaczyć ewentualne rozbieżności. W celu zapewnienia sprawnego dostępu do danych modelu BIM użyto otwartego formatu zapisu danych IFC, który został zaimportowany do oprogramowania iTWO5D stosowanego podczas projektowania. Przyjęty system kodyfikacji i parametryzacji oraz odpowiednie formuły iTWO5D umożliwiły opracowanie matrycy danych dopasowującej elementy modelu BIM do pozycji przedmiarowych. Na rysunku 5 przedstawiono efekt zagnieżdżenia informacji w modelu oraz jej umiejscowienie w przedmiarze. Dzięki wprowadzeniu matrycy do oprogramowania iTWO5D, każda kolejna zmiana modelu mogła zostać skalkulowana automatycznie po wczytaniu jej do programu.

Gromadzenie danych na budowie i modyfikacja modelu BIM

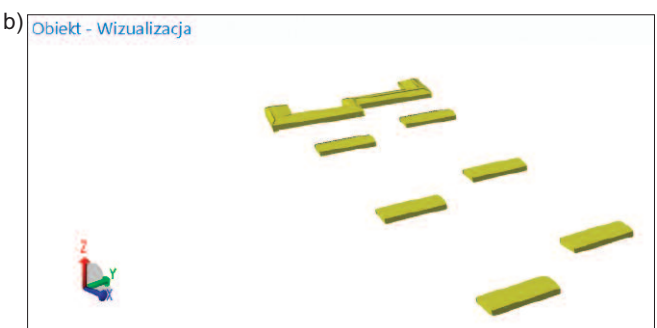
Oprogramowanie iTWO5D oraz platformy CDE wykorzystują rozwiązania chmurowe i dlatego wymagają sprawnego łącza internetowego, co może być trudne na placu budowy. Zdecydowano się więc na zastosowanie rozwiązania działającego offline. Przyjęto, że na budowie będzie stosowane oprogramowanie BIM Vision wraz z autorską wtyczką, opracowaną przez zespół firmowy, której głównym zadaniem jest łączenie modeli IFC z arkuszem kalkulacyjnym Excel. Stosując to narzędzie, kadra na placu budowy ma możliwość bieżącej weryfikacji ilości materiałów planowanych do wbudowania i rzeczywiście zużytych. Dane zbierane z budowy mogą być systematycznie porównywane zarówno z danymi pozyskanymi z modelu BIM, jak i z tradycyjną dokumentacją, umożliwiając jednocześnie analizę dokładności modeli BIM względem tradycyjnej dokumentacji. W związku z tym, że inwestycja jest w trakcie realizacji, przytoczono tylko niektóre dane obrazujące efekty postępu prac wybranych elementów:

- fundamentów podpór pod przyczółkiem P1 i podporami P2 oraz P3 (tabela 2);
- filarów podpory P2 (tabela 3);
- ściany czołowej przyczółka P1 (tabela 4);
- betonu niekonstrukcyjnego pod podporami P2 i P3 (tabela 5).

W tabelach 2 ÷ 5 przyjęto następujący system oznaczeń: PXL/PXP – podpora w osi X po stronie lewej/prawej zgodnie z rosnącym kilometrażem; PXWL/PXZL – filar wewnętrzny (bliżej osi trasy głównej)/zewnątrzny podpory w osi X po stronie lewej zgodnie z rosnącym kilometrażem – analogicznie w przypadku strony prawej. Stwierdzono, że postęp budowy znacznie wyprzedza harmonogram robót – niektóre elementy wykonano o 1 miesiąc do nawet 2,5 miesiąca przed planowanym terminem. W przypadku zużycia materiałów odnotowano, że:

a)

Symbol	Kod	Opis	Ilość	Jednostka
	10.30	BETON #OZ: 75 #SpalteZeile: "Objekt 1"11187		
	10.30.10	Beton fundamentów #OZ: 76 #SpalteZeile: "Objekt 1"11188		
	10.30.10.10	Beton fundamentów B30 (C25/30)	0,000	m3
	10.30.10.20	Beton fundamentów B35 (C30/37)	2.945,950	m3
	10.30.20	Beton podpór w elementach #OZ: 79 #SpalteZeile: "Objekt 1"11191		
	10.30.30	Bet. ustr. nośnego w elem. - monol. be #OZ: 94 #SpalteZeile: "Objekt 1"111106		
	10.30.40	Bet. ustr. nośnego w elem. - monol. plj #OZ: 99 #SpalteZeile: "Objekt 1"111111		
	10.30.50	Bet. ustr. nośnego w elem. - zespolone #OZ: 104 #SpalteZeile: "Objekt 1"111116		
	10.30.60	Bet. ustr. nośnego z poprzecznkami - j #OZ: 109 #SpalteZeile: "Objekt 1"111121		
	10.30.70	Bet. ustr. nośnego - skrzynka sprężona #OZ: 113 #SpalteZeile: "Objekt 1"111125		



c)

Wartość	J	Objekt	Pochodzenie i...
10,720	m3	10.9.1.34481 050_FUND	Ilości 3D
64,880	m3	10.9.1.34483 050_FUND	Ilości 3D
11,250	m3	10.9.1.34484 050_FUND	Ilości 3D
116,470	m3	10.9.1.34486 050_FUND	Ilości 3D
0,070	m3	10.9.1.34487 050_FUND	Ilości 3D
21,990	m3	10.9.1.34489 050_FUND	Ilości 3D
94,010	m3	10.9.1.34491 050_FUND	Ilości 3D
94,010	m3	10.9.1.34492 050_FUND	Ilości 3D
115,580	m3	10.9.1.34493 050_FUND	Ilości 3D
128,550	m3	10.9.1.34494 050_FUND	Ilości 3D
94,010	m3	10.9.1.34496 050_FUND	Ilości 3D
47,600	m3	10.9.1.34497 050_FUND	Ilości 3D
57,040	m3	10.9.1.34499 050_FUND	Ilości 3D

Rys. 5. Przykład zestawienia materiałów za pomocą oprogramowania iTWO5D: a) zestawienie elementów modelu dopasowanych do pozycji przedmiarowych, b) wizualizacja elementów modelu ze wskazanej pozycji przedmiarowej, c) zestawienie ilości materiałów w poszczególnych elementach widocznych na wizualizacji

Fig. 5. Example of a bill of materials prepared while using the iTWO5D program; a) list of model elements matched to the take-off items; b) visualization of the model's elements from the indicated take-off item; c) bill of materials for the individual elements shown in the visualization

- fundamenty – wystąpiła prawie 100% zgodność w przypadku przyczółka P1 i podpory P2 oraz odchylenie rzędu 20 – 40% w przypadku podpory P3. Elementy o tak prostej geometrii (rysunek 6) nie powinny wykazywać takich różnic.

Tabela 2. Zestawienie planowanych i rzeczywistych terminów oraz zużycia materiałów podczas wykonania fundamentów podpór
Table 2. List of planned and actual dates and consumption of materials for the construction of support foundations

Element	Daty				rodzaj	Zużycie materiału		R/O [%]
	planowane rozpoczęcia	planowane zakończenia	rzeczywiste rozpoczęcia	rzeczywiste zakończenia		planowane (O) [m ³]	rzeczywiste (R) [m ³]	
P1L	17.01.2023	13.02.2023	09.01.2023	09.01.2023	C30/37	285,76	283,00	99
P1P	17.01.2023	13.02.2023	23.12.2022	23.12.2022	C30/37	348,99	356,00	102
P2L	27.02.2023	18.03.2023	25.01.2023	25.01.2023	C30/37	94,01	94,50	101
P2P	27.02.2023	18.03.2023	13.01.2023	13.01.2023	C30/37	94,01	96,50	103
P3L	20.03.2023	08.04.2023	02.02.2023	02.02.2023	C30/37	94,01	129,00	137
P3P	20.03.2023	08.04.2023	09.02.2023	09.02.2023	C30/37	94,01	114,00	121

Tabela 3. Zestawienie planowanych i rzeczywistych terminów oraz zużycia materiałów podczas wykonania podpór (filarów)
Table 3. List of planned and actual dates and consumption of materials for the construction of supports (pillars)

Element	Daty				rodzaj	Zużycie materiału		R/O [%]
	planowane rozpoczęcia	planowane zakończenia	rzeczywiste rozpoczęcia	rzeczywiste zakończenia		planowane (O) [m ³]	rzeczywiste (R) [m ³]	
P2WL	20.03.2023	25.03.2023	16.02.2023	16.02.2023	C35/45	12,84	14,50	113
P2ZL	20.03.2023	25.03.2023	20.02.2023	20.02.2023	C35/45	12,84	15,00	117
P2WP	03.04.2023	17.04.2023	01.03.2023	01.03.2023	C35/45	15,29	16,50	108
P2ZP	03.04.2023	17.04.2023	24.02.2023	24.02.2023	C35/45	15,29	17,50	114

Tabela 4. Zestawienie planowanych i rzeczywistych terminów oraz zużycia materiałów podczas wykonania ściany czołowej przyczółka P1
Table 4. List of planned and actual dates and consumption of materials for the construction of the front wall abutment P1

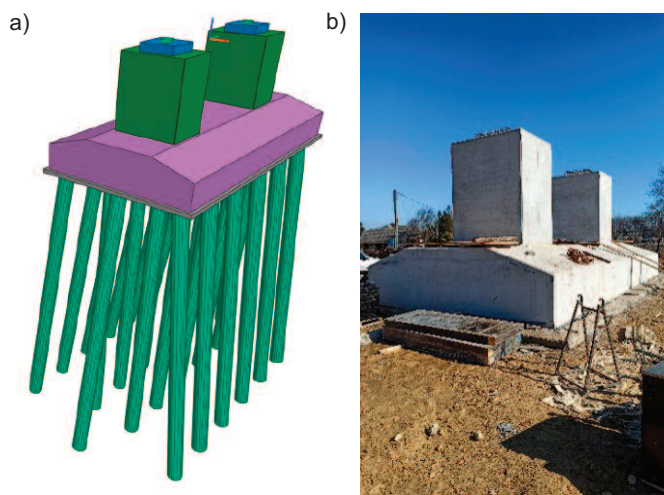
Element	Daty				rodzaj	Zużycie materiału		R/O [%]
	planowane rozpoczęcia	planowane zakończenia	rzeczywiste rozpoczęcia	rzeczywiste zakończenia		planowane (O) [m ³]	rzeczywiste (R) [m ³]	
P1L	07.02.2023	18.03.2023	01.02.2023	01.02.2023	C30/37	293,24	234,50	80
P1P	07.02.2023	18.03.2023	18.01.2023	18.01.2023	C30/37	329,11	265,00	81

Wynikać to może z wprowadzenia zmian projektowych w zakresie fundamentowania, już po utworzeniu modelu, oraz braku aktualizacji;

- filary podpór w osi 2 – różnica wynosi 8 – 17%, którą uznano za akceptowalną;
- ściana czołowa przyczółka P1 – ilość zużytego materiału jest o 20% mniejsza niż przewidywana w modelu. Jest to spowodowane podziałem modelu na łatwiejsze do zamode-

Tabela 5. Zestawienie planowanych i rzeczywistych terminów oraz zużycia materiałów podczas wykonania betonu niekonstrukcyjnego podpór
Table 5. List of planned and actual dates and consumption of materials for the construction of non-structural concrete supports

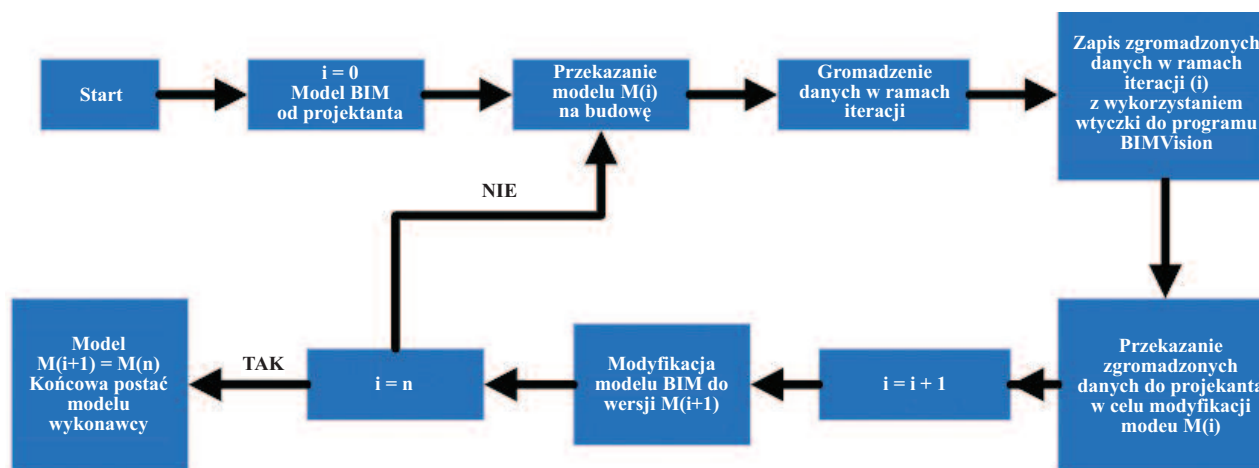
Element	Daty				rodzaj	Zużycie materiału		R/O [%]
	planowane rozpoczęcia	planowane zakończenia	rzeczywiste rozpoczęcia	rzeczywiste zakończenia		planowane (O) [m ³]	rzeczywiste (R) [m ³]	
P2L	27.02.2023	18.03.2023	03.01.2023	03.01.2023	C12/15	11,16	14,00	125
P2P	27.02.2023	18.03.2023	03.01.2023	03.01.2023	C12/15	11,16	14,00	125
P3L	20.03.2023	08.04.2023	24.01.2023	24.01.2023	C12/15	11,16	22,00	197
P3P	20.03.2023	08.04.2023	31.01.2023	31.01.2023	C12/15	11,16	17,00	152


Rys. 6. Przykład wybudowanej podpory w osi 2: a) element modelu BIM podpory pod lewą jezdnią; b) podpora rzeczywista
Fig. 6. An example of a completed support presented on axis 2: a) an element of the BIM model of the support under the left roadway; b) the actual support

lowania elementy, co nie zawsze odpowiadało etapom betonowania;

- beton niekonstrukcyjny podpory P2 – zużycie większe od przewidywanego (warunki gruntowe były odmienne, niż zakładano);
- beton niekonstrukcyjny podpory P3 – dużo większe zużycie od przewidywanego (zmiana projektu nie została uwzględniona w modelu).

Poza danymi dotyczącymi ilości zużytych (wbudowanych) materiałów i terminarza wykonywanych elementów, przewidziano wzbogacanie modelu o informacje dotyczące kart materiałowych, rewizji projektowych oraz występujących usterek. W tym celu zastosowano oprogramowanie wspomagające kadrę inżynierską na budowie – Plan Radar [11] z powodzeniem stosowane w budownictwie kubaturowym. Zaprojektowano iteracyjny schemat postępowania (rysunek 7) uwzględniający etapowanie budowy i harmonogram oraz wyszczególnienie zestawu danych (informacji) przekazywanych z budowy do projektanta modelu BIM



Rys. 7. Schemat przesyłania informacji z budowy w celu modyfikacji modelu BIM

Fig. 7. Scheme of transferring of the information from the construction site for the purpose of modifying the BIM model

w celu jego aktualizacji. Następne wersje modeli BIM (oznaczone jako $M(i)$, $i = 0$ do n) będą powstawać podczas kolejnych iteracji modyfikacji modelu, przy czym $M(0)$ – wyjściowy model projektanta, $M(i)$ – zmodyfikowany model po i -tej iteracji, $M(n)$ – ostatni wariant modelu wykonawcy.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych analiz sformułowano następujące wnioski wynikające z pilotażowego wdrażania metodyki BIM podczas budowy mostu kablobetonowego:

1) analizy potwierdziły, stwierdzone w wielu przypadkach kubaturowych modeli BIM, rozbieżności modeli BIM projektanta (model przed rozpoczęciem budowy) i wykonawcy (model modyfikowany z uwzględnieniem realiów budowy);

2) weryfikacja pierwszego etapu budowy wykazała rozbieżności i odstępstwa od projektu, przede wszystkim dotyczące:

- terminarza wykonania pierwszych etapów robót – wykonywanie prac z wyprzedzeniem w stosunku do terminów planowanych;

- zużycia materiałów – występowanie rozbieżności z podwodu:

- braku aktualizacji modelu do najnowszej wersji projektu – ze względu na częstotliwość zmian projektowych w trakcie wykonania obiektu aktualizację modelu odłożono w czasie;

- uproszczeń geometrii elementów i metod generowania elementów w połączeniu z etapowaniem wykonania robót;

- odmiennych od zakładanych warunków na placu budowy,

3) gromadzenie danych (informacji) z budowy oraz aktualizacja modelu, we wskazanym wcześniej zakresie (w modelu BIM projektanta), wymaga odpowiedniego nakładu pracy i kadry posiadającej wiedzę dotyczącą obsługi modeli oraz metodyki BIM;

4) niezbędny jest rozwój formatu danych IFC (ang. *Industry Foundation Classes*) dedykowany budownictwu infrastrukturalnemu, który umożliwi sprawne importowanie i eksportowanie danych z programów natywnych (w tym przypad-

ku zastosowano format IFC 2 x 3 dedykowany budownictwu kubaturowemu);

5) optymalna implementacja metodyki BIM na budowie wymaga odpowiedniej infrastruktury technicznej wraz z szybkim łączem internetowym na budowie.

Stwierdzono wzrost transparentności danych gromadzonych począwszy od etapu projektowania do etapu realizacyjnego. Uproszczono dostęp do opracowanych informacji oraz procesu zbierania aktualnych danych z budowy. Finalne wnioski z realizacji projektu pilotażowego zostaną opracowane po jego zakończeniu, a zebrane doświadczenia będą przydatne podczas wdrażania metodyki BIM w zamówieniach publicznych.

Literatura

- [1] <https://biblus.accasoftware.com/en/what-is-10d-bim/>.
- [2] Apollo M, Grzyl B. Aktualny stan wdrożenia BIM w polskich firmach budowlanych. *Materiały Budowlane*. 2023; 2 (606): 28 – 31.
- [3] Kosiedowski W, Wirkus M. Bariery i ograniczenia wdrażania technologii BIM – wyniki badań pilotażowych. *Builder*. 2021; 10: 28 – 30.
- [4] MRiT: Cyfryzacja procesu budowlanego w Polsce. Mapa drogowa dla wdrożenia metodyki BIM w zamówieniach publicznych, v. 25.09.2020 [online]. Availabel: www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/mapa-drogowa-dla-wdrozenia-metodyki-bim-w-w-zamowieniach-publicznych.
- [5] BIM-M-01 Powiązanie wymagań technicznych dotyczących drogowych obiektów inżynierskich z technologią BIM, MI, v. 01 od 02.03.2021, [Online]. Available: www.gov.pl/web/infrastruktura/bim.
- [6] BIM-D-01 Powiązanie wymagań technicznych dotyczących dróg publicznych z technologią BIM. MI, v. 01 od 27.06.2022, [Online]. Available: www.gov.pl/web/infrastruktura/bim.
- [7] Tomana A. Model projektanta vs. model wykonawcy. *Materiały Budowlane*. 2020; 2 (570): 50 – 51.
- [8] PORR S.A., SKD-inżynieria SP. z o.o., IVIA S.A.: Projekt Wykonawczy, Obiekt MS-35, 2021.
- [9] Trochymiak W, Krygier A, Stachura M, Jaworski J. The BIM 5D model of the bridge built using the incremental launching method. *Archives of Civil Engineering*. 2023; doi: 10.24425/ace.2023.146073.
- [10] Krygier A, Stachura M, Mazurek M, Jaworski J, Trochymiak W. Projekt mostu budowanego metodą nasuwania zgodnie z technologią BIM. Seminarium Naukowo-Techniczne WDM – Wyzwania współczesnego mostownictwa. DWE, Wrocław, Poland, 2022: 423 – 434.
- [11] <https://www.planradar.com/pl/>.

Przyjęto do druku: 20.11.2023 r.