

inż. Dawid Fedko^{1*)}
mgr inż. Piotr Dymarski¹⁾
inż. Piotr Klik¹⁾

BIM na budowie

Czynnikami wyznaczającymi efektywność oraz zakres stosowania BIM jest zwiększająca się determinacja rynku oraz coraz większa świadomość i poziom edukacji kadry inżynierskiej i zarządzającej. Aby BIM przynosił oczekiwane korzyści, metoda ta musi być odpowiednio zaimplementowana. Bardzo istotnym czynnikiem, oprócz rozwiązań technicznych, jest często pomijany czynnik ludzki. W artykule zostały opisane doświadczenia, poparte praktyką z realizacji publicznej inwestycji przy użyciu elementów technologii BIM, z perspektywy generalnego wykonawcy.

Strategia wdrożenia

W Mostostalu Warszawa kierujemy się tym, aby każdy z uczestników projektu potrafił wykorzystywać technologię BIM (nawet na podstawowym poziomie) do realizacji codziennych czynności. Takie podejście umożliwia zwiększenie efektywności pracy dużej grupy specjalistów. Chcemy, aby doświadczenia zespołów były przenoszone horyzontalnie między kolejnymi realizacjami. Budowanie jednolitego poziomu sprzyja transferowi wiedzy wewnątrz organizacji. Działania związane z BIM powinny być integralną częścią pracy zespołu. Inwestycje wykorzystujące elementy BIM są wspierane przez koordynatora budowy ds. BIM, którego zadaniem jest m. in. zapewnienie bezpośredniego wsparcia na budowie oraz podnoszenie kompetencji zespołu przez prowadzenie szkoleń.

Rozpoczęcie projektu

Projekt został rozpoczęty od zdefiniowania potrzeb. Zorganizowano spotkanie dla kadry zarządzającej, inżynierskiej i projektantów, których zadaniem było określenie celów oraz zastosowania BIM (BIM Uses) na projekcie. W kontekście omawianego przedsięwzięcia stosowanie BIM było dodatkowym wyzwaniem. Inwestor nie

stawiał wymagań dotyczących tej technologii. Wybrano więc zastosowanie BIM w ograniczonym zakresie, a mianowicie w przypadku:

- przedmiarów (roboty ziemne, konstrukcja żelbetowa i ściany murowe);
- koordynacji międzybranżowej 3D z użyciem platformy komunikacji;
- połączenia harmonogramu prac z modelami branżowymi i raportowania postępu prac (konstrukcja żelbetowa);
- użycia platformy cyfrowej CDE (*Common Data Environment*) do obiegu dokumentacji projektowej oraz procesów związanych z realizacją.

W tym przypadku potwierdziła się zasada, że czasem mniej znaczy więcej i ostatecznie zwiększono zastosowanie BIM o dodatkowe zakresy robót po realizacji podstawowych celów. Kluczowe było przedstawienie wachlarza możliwości BIM i przygotowanie zespołu do kolejnych inwestycji prowadzonych z wykorzystaniem zdobytej wiedzy. Dodatkowo, podczas spotkań, określono sposoby monitorowania postępu prac, potrzebne zasoby, sprzęt i oprogramowanie. Przedstawiono rolę koordynatora BIM oraz zakres wsparcia centralnego zespołu zajmującego się jego wdrożeniem.

Etap mobilizacji

Po zdefiniowaniu potrzeb nadszedł czas na mobilizację. Na tym etapie ustalono sposoby wymiany informacji pomiędzy stronami projektu. Przetestowano oprogramowanie oraz platformy wykorzystywane podczas realizacji przedsięwzięcia. Aby zapewnić płynną wymianę modeli, został określony sposób modelowania i wymagane informacje zawarte w elementach. Zaplanowano podział modeli na strefy/budynki: szkoła; hala; garaż; teren zewnętrzny. Następnie, w ramach budynków zdefiniowano podział na branże. Aby zapewnić poprawność umieszczenia modeli w przestrzeni, stworzono dodatkowy model referencyjny zawierający osie i stożki koordynacyjne. Łącznie w przypadku opisywanej inwestycji funkcjonują 34 modele składowe oraz 4 modele połączone, zawierające modele skła-

dowe. Aspektem, którego nie można na tym etapie pominąć, jest zaplanowanie szkoleń pracowników oraz oszacowanie niezbędnego poziomu wiedzy, potrzebnego do realizacji założeń projektu. Ścieżka szkoleniowa obejmowała rozwój kompetencji zarówno w zespole generalnego wykonawcy, jak i projektantów oraz podwykonawców.

Budowanie kompetencji

BIM jest narzędziem wspomagającym podejmowanie decyzji, planowanie i dopiero w rękach doświadczonych osób może przynieść wymierne korzyści. W związku z tym przykładaliśmy dużą wagę do zwiększenia kompetencji kadry oraz rozpoznania, z jakimi problemami spotykają się na co dzień i co jest dla nich najistotniejsze w poszczególnych etapach realizacji projektu. Przeprowadzone szkolenia pozwoliły kadrze na lepsze zrozumienie zastosowania BIM. Ścieżka została podzielona na dwie główne kategorie: obsługa modeli oraz platformy cyfrowe (CDE). W ramach obsługi modeli BIM, uczestnicy nauczyli się m.in.:

- przeglądania modeli (poruszanie się w 3D, zarządzanie widocznością elementów, przekroje);
- wyszukiwania informacji o elementach;
- przedmiarowania z modelu;
- komunikacji poprzez platformę koordynacyjną.

Po osiągnięciu minimalnych zakładanych kompetencji można było przejść do specjalizacji wybranych pracowników, np. w dziedzinie koordynacji międzybranżowej. W przeprowadzonych warsztatach wzięło udział ok. 70 osób. Starano się utrzymać krótką i zwięzłą formę szkoleń, biorąc pod uwagę specyfikę budowy, gdzie praca często bywa zmienna i dynamiczna. Nacisk położono na zdobywanie umiejętności pozwalających wykonywać codzienne zadania, zamiast na naukę obsługi programów. Zaangażowanie pracowników budowano przez interaktywne gry szkoleniowe. Jednym z przykładów może być ukrywanie litery M w modelach logo

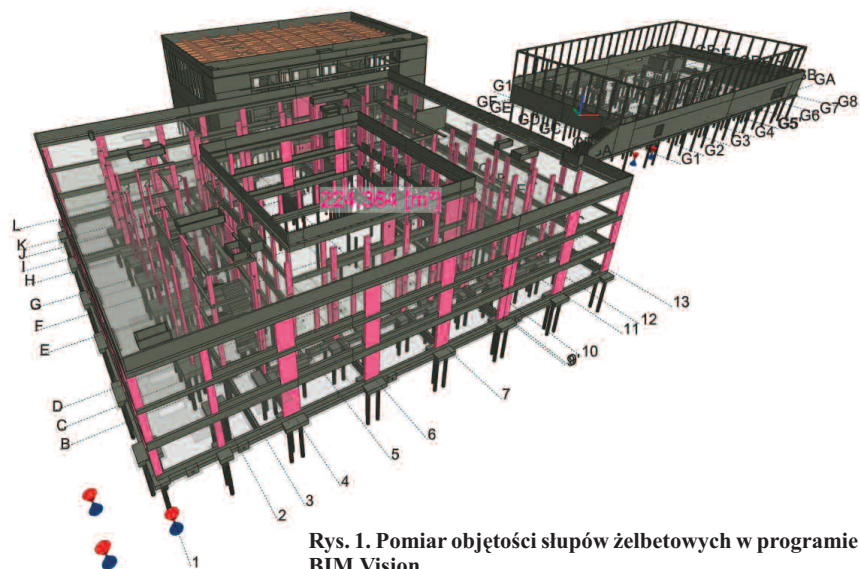
¹⁾ Mostostal Warszawa SA
^{*)} Adres do korespondencji:
d.fedko@mostostal.waw.pl

firmy. Zadaniem uczestników było wyszukiwanie wszystkich „emek” w modelu przez ukrywanie elementów czy wykonywanie przekroju. Kiedy uczestnicy zaczęli zdawać sobie sprawę, że mogą przeszukiwać też dane przypisane do elementów i za ich pomocą automatycznie odnaleźć ukryte „emki”, mogliśmy przejść na kolejny poziom zaawansowania i rozpocząć korzystanie z informacji przypisanych do elementów, np. wyszukiwanie słupów żelbetowych o klasie betonu C30/37.

Wypracowany program szkoleń został wykorzystany w ramach projektu europejskiego BIMplement, którego celem jest podnoszenie kompetencji kadry inżynierskiej oraz pracowników fizycznych w zakresie wykorzystania BIM (projekt otrzymał dofinansowanie z unijnego programu badań i innowacji „Horyzont 2020” w ramach umowy grantowej nr 745510).

Przedmiary robót

Trójwymiarowy model terenu oraz gruntów posłużył jako wsparcie w podjęciu decyzji o posadowieniu obiektów. Za pomocą programów do analiz inżynierskich określono z dużą dokładnością ilości robót ziemnych. Kolejnym etapem były przedmiary konstrukcji żelbetowej. Za pomocą darmowej przeglądarki BIM Vision (z dodatkiem *Advance Reports*), bazującej na plikach w formacie IFC, można było zestawiać ilości wprost z modelu (rysunek 1). Dodatkowe funkcjonalności programu, takie jak



Rys. 1. Pomiar objętości słupów żelbetowych w programie BIM Vision

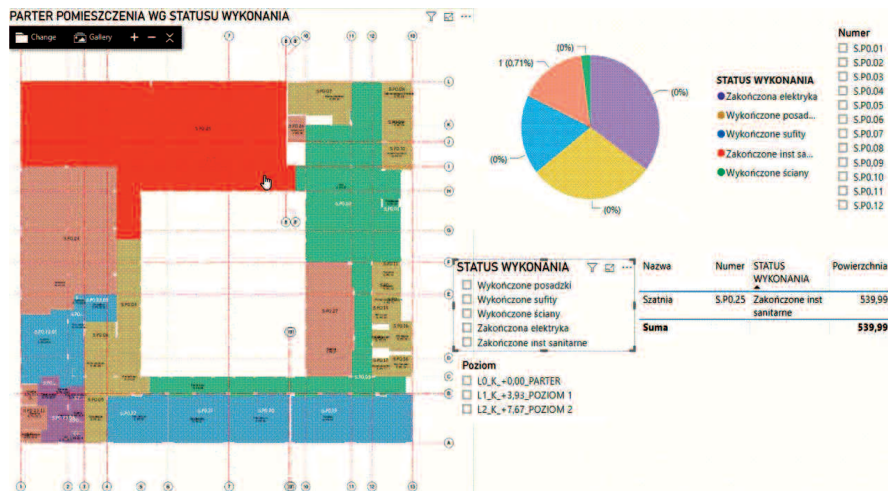
rozsuwanie budynku po piętrach, wyszukiwanie informacji, możliwość domierzenia powierzchni czy objętości elementów bardzo usprawniły proces przedmiarowania. Zadanie było wykonywane na tyle sprawnie, że zdecydowano się pójść o krok dalej i wesprzeć się modelem konstrukcji przy zamówieniach betonu oraz weryfikacji ilości wykonanych prac. Dzięki przypisanej do elementów informacji o pozycjach rozliczeniowych mogliśmy usprawnić komunikację z wykonawcami prac przezskolonymi z obsługi modelu.

Harmonogramowanie i raportowanie

Wykorzystanie BIM 4D, czyli połączenie modelu z harmonogramem, ma w założeniach pomóc w lepszym zro-

mieniu zakresu prac, zależności między kolejnymi robotami oraz eliminacji błędnych założeń w planie. Te założenia spełniły się w rzeczywistości. Dzięki zastosowaniu BIM 4D udało się lepiej zaplanować plan prac i wcześniej wychwycić nieścisłości.

Trójwymiarowa wizualizacja nie zawsze najlepiej obrazuje dany zakres robót, szczególnie prac wykończeniowych. Z tego powodu zdecydowaliśmy się na „płaskie” przedstawienie graficzne prac wykonywanych w pomieszczeniach. Zostało użyte narzędzie Microsoft PowerBI, które pozwala na wizualizowanie danych pochodzących z różnych źródeł (rysunek 2). Dzięki temu pomysłowi można było powiązać ze sobą nie tylko informacje z planowanego harmonogramu, ale również dane ilościowe



Rys. 2. Wizualizacja statusu wykonania robót w pomieszczeniach w programie Microsoft PowerBI

pochodzące z modelu czy informacje o procesach odbiorowych uzupełniane przez aplikację mobilną w ramach platformy CDE. Uzyskując realne dane realizacji prac, możemy na bieżąco bardziej efektywnie planować i zarządzać przekazywaniem frontu robót na budowie.

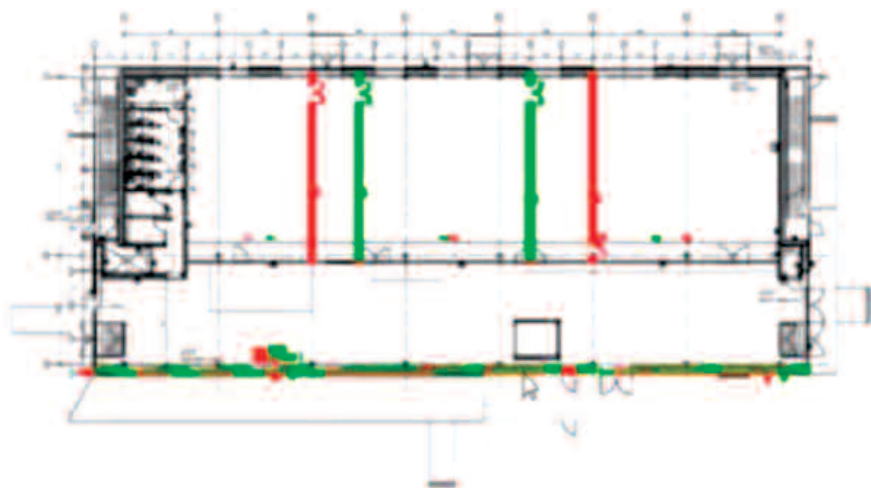
Koordinacja

Zastosowanie programów do koordynacji pozwoliło wykryć kolizje, które w klasycznie prowadzonym projekcie byłyby wykryte dopiero na budowie. Wprowadzenie platformy służącej do komunikowania kolizji i błędów projektowych usprawniło proces ich rozwiązywania. Błędy projektowe były wymieniane przez pliki BCF (BIM Collabora-

tion Format) na platformie. Dzięki platformom takim jak BIMcollab rejestrujemy wszystkie uwagi wraz z przypisaniem osób odpowiedzialnych, statusu zadań i terminów na poprawę zgłoszonych uwag.

Platforma CDE

Liczba informacji przetwarzanych na etapie budowy bywa przytłaczająca (komunikacja z inwestorem, projektantami, podwykonawcami, telefony, pisma, maile, dokumenty formalne, ustalenia czy też narady koordynacyjne). Dodając do tego zarządzanie dokumentacją projektową czy potrzebę dokumentowania wykonywanych prac, możemy mieć pogląd, dlaczego efektywność pracy w budownictwie na przestrzeni lat utrzymuje się na niskim poziomie. Z pomocą przyszła platforma *Common Data Environment* (CDE), która pozwoliła uporządkować część procesów, np. standaryzując komunikację z projektantami. Na etapie mobilizacji ustalono konwencję nazewnictwa dokumentacji projektowej. Nazwy rysunków, spełniające wymagania normy PN-EN ISO-19650-2 składają się z pól, które były jednocześnie metadanymi w środowisku CDE. Dzięki takiemu zastosowaniu pracownicy mogą w szybki sposób odnaleźć interesujący ich dokument, również ci korzystający z aplikacji mobilnej na placu budowy. Możliwość wersjonowania, archiwizowania i porównywania rewizji rysunków (rysunek 3), a przede wszystkim kontrola nad aktualnością dokumentacji projektowej znacznie zwiększyła efektywność pracy. Wspólne repozytorium do-



Rys. 3. Porównanie wersji rysunków w środowisku platformy CDE

kumentacji pozwala skrócić czas przekazywania dokumentacji projektowej od udostępnienia rysunków przez projektanta do wydania ich podwykonawcy do realizacji.



Rys. 4. Wizualizacja statusów zadań dla podwykonawców w środowisku platformy CDE

Kontrola jakości pracy

Podstawą zachowania odpowiedniej jakości wykonywanych prac na budowie jest opracowanie Planu Zapewnienia Jakości (PZJ). W jego skład wchodzi m.in. plany kontroli i badań. Druki kontrolne, formularze odbiorów i inspekcji BHP zostały zaadaptowane do postaci cyfrowej. Dzięki rozwiniętemu modułowi do obsługi procesów i zdarzeń na placu budowy wszystkie rejestracje usterek i odbiory są wykonywane za pomocą aplikacji mobilnej (rysunek 4). Opisywania usterek na rzutach, wysyłanie osobno skanów rzutów,

formularzy excel i zdjęć z rejestracjami zostało zaimplementowane do platformy, w której każde zdarzenie ma przypisaną lokalizację, status, osobę odpowiedzialną i datę rozwiązania.

Cieszy fakt, że ok. 90% firm podwykonawczych aktywnie korzysta z platformy, komunikując status prac i rozwiązywane usterek. Dla mniej scyfrowanych dostawców korzystamy z możliwości generowania raportów usterek do wersji papierowej.

OpenBIM

Wszystkie działania przedstawione w artykule polegały na otwartej współpracy tzw. OpenBIM, wykorzystując otwarte formaty danych IFC (*Industry Foundation Classes*) i BCF (*BIM Collaboration Format*). Zastosowanie IFC pozwoliło na znaczne ograniczenie kosztów zakupu oprogramowania oraz obniżenie progu wymaganej wiedzy o programach przez stosowanie prostych przegładek modeli.

Mostostal Warszawa jest jednym z założycieli stowarzyszenia buildingSMART Polska, organizacji zajmującej się standaryzacją procesów BIM z wykorzystaniem otwartych formatów danych IFC i BCF.

Koordynatorem merytorycznym działu BIM w Budownictwie jest mgr inż. arch. Leszek Wlochyński – członek zarządu Stowarzyszenia buildingSMART Polska, www.buildingsmart.org.pl