

BIM w planowaniu i procesach logistycznych

Dostawa materiałów na budowę jest jednym z głównych problemów w planowaniu budowy. Ze względu na niedostatek miejsca, na prawie każdym placu budowy występują problemy z zaopatrzeniem w materiały, dotyczące zarządzania ilością materiałów, czasem dostawy i powierzchnią składowania podczas prac budowlanych. Na przykład niewłaściwa powierzchnia magazynowa doprowadzi do złego rozmieszczenia materiałów, a to marnuje znaczną ilość czasu i zmniejsza wydajność realizowanych zadań.

Głównym celem planowania procesów logistycznych jest zapewnienie, że odpowiednie materiały we właściwych ilościach są dostarczane we wskazanym czasie ekipom budowlanym. Ponadto większość planów rozmieszczenia placów składowych opiera się na wcześniejszym

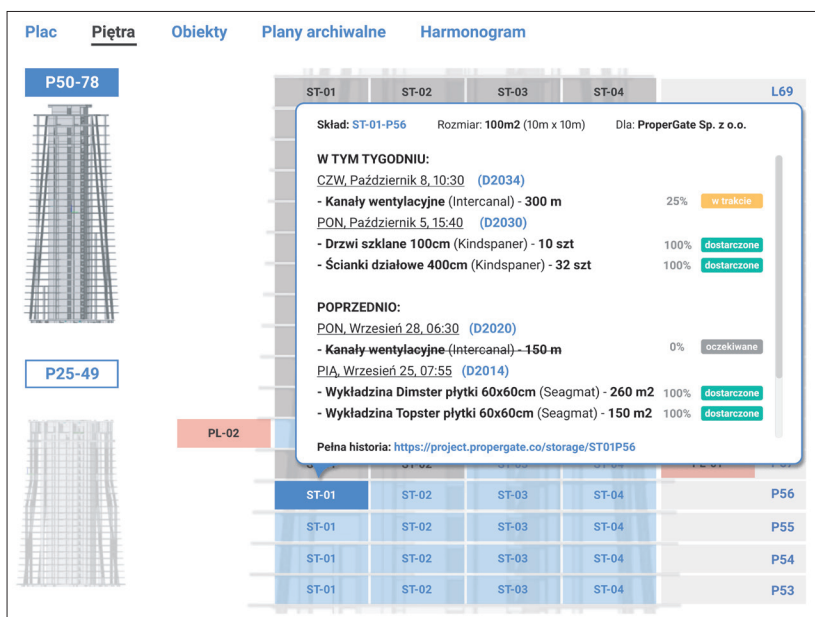
doświadczeniu wykonawców i jest projektowana tylko raz przed rozpoczęciem budowy, bez uwzględnienia dynamicznego charakteru problemów z dostawami, takich jak zmiany zapotrzebowania materiałowego i dostępne składowiska w kolejnych fazach projektu budowlanego.

Logistyka dostaw związana jest z zaopatrzeniem w materiały, sprzęt i zasoby ludzkie niezbędne do realizacji projektu. Natomiast logistyka na placu budowy to zarządzanie przepływami fizycznymi i przepływami informacji związanymi z wykonywanymi czynnościami na budowie [1]. Wraz z postępem realizacji zmieniają się rodzaje prac do wykonania, a co za tym idzie, urządzenia wspierające te prace również ulegają zmianie. Dlatego opracowanie planu placu budowy ma kluczowe znaczenie dla zarządzania logistyką na terenie prowadzenia robót, ponieważ może przyczynić się do skrócenia czasu transportu oraz pozytywnie wpłynąć na produktywność i warunki pracy [2].

Technologia BIM stanowi potencjalnie cenne narzędzie do rozwiązywania problemów związanych z dostawami materiałów na budowę. Odpowiedni model dostaw zapewni dobre rozmieszczenie materiałów i zwiększa wydajność produkcji. Może być również wykorzystana do ustalenia dynamicznego modelu dostaw materiałów na budowę w odniesieniu do ilości materiału, czasu dostawy i powierzchni magazynowej na podstawie harmonogramu realizacji prac.

Mając możliwość „zbudowania” całego projektu praktycznie przed fizycznym rozpoczęciem budowy, BIM dodaje poziom dokładności zarówno do kwestii ilościowych, jak i jakościowych, co pozwala przezwyciężyć niedociągnięcia występujące przy stosowaniu tradycyjnych metod projektowania [3]. Daje to możliwość podejmowania świadomych decyzji w środowisku wirtualnym na podstawie wyników różnych iteracji. Ta wirtualna ocena lub badanie modeli jest określane jako *build before you build* lub *digital twin* [4].

Ułatwiając bardziej inteligentne wykorzystanie danych budowlanych, BIM umożliwia wyeliminowanie odpadów z procesu budowlanego [5]. Zarządzanie Logistyką Budowlaną (*Construction Logistics Management*) jest często opisywane w bardzo podobny sposób do BIM. Czytając literaturę, często można spotkać się z udanymi praktykami CLM opisanymi jako „właściwe materiały, we właściwej ilości, we



Rys. 1. Przykładowy widok lokalizacji punktów składowych w aplikacji do zarządzania logistyką na budowie [12]

właściwym miejscu, we właściwym czasie” [6].

Złe zarządzanie logistyką jest jednym z krytycznych czynników wpływających na realizację projektów budowlanych [7]. Zarówno technologie BIM, jak i CLM koncentrują się wokół terminowego dostarczania zasobów, czy to informacji, czy materiałów budowlanych. Logistyka budowy obejmuje koordynację dostaw na plac budowy, rozplanowanie tego placu oraz dystrybucję zasobów materiałowych od punktu składowania do miejsca wbudowania [8]. W celu poprawy efektywności operacyjnej warto wykorzystywać oprogramowanie wspierające zarządzanie logistyką materiałów budowlanych na terenie budowy z możliwością dynamicznego tworzenia i monitorowania punktów składowych na poszczególnych poziomach realizowanej inwestycji.

Aktywne zarządzanie tymi czynnikami w miarę postępu projektu może mieć wymierne skutki dla wydajności pracy oraz wydajności i redukcji odpadów [9].

Wiele firm obawia się wdrożenia BIM argumentując to większymi nakładami pracy podczas budowy. Wynika to z tego, że nikt nie kalkuluje czasu i pieniędzy straconych w trakcie realizacji projektów wynikających ze złego zarządzania. Przeprowadzone badania pokazały, że przeciętny pracownik na budowie 60% swojego czasu czeka na transport, materiały czy informacje. Co prawda, nie oznacza to, że każdy projekt statystycznie udałoby się zbudować o 60% szybciej. Wskazana war-

tość ukazuje jednak jak wiele spraw na budowie wymaga poprawy. Jeśli przed rozpoczęciem projektu, jak również w jego trakcie, możemy zaplanować zadania lepiej, to będzie to z korzyścią dla wszystkich osób zaangażowanych w realizację przedsięwzięcia.

Oprogramowanie BIM można zastosować w logistyce budowlanej na wiele sposobów. Platformy 3D umożliwiają szybkie i przejrzyste przekazywanie złożonych strategii logistycznych. Uzupełnienie o dane czasowe w postaci BIM 4D pozwala na efektywne zarządzanie zarówno dostępną przestrzenią do przemieszczania i magazynowania materiałów, jak i koordynacją montażu i demontażu instalacji, umożliwiając kadrze kierowniczej zarządzanie tymczasowymi instalacjami logistycznymi z dynamicznym środowiskiem typowym dla zmieniającego się placu budowy. Montaż, przemieszczanie i późniejsze usuwanie ogrodzenia terenu, bram wjazdowych na plac, ramp załadunkowych i innych tymczasowych zabezpieczeń logistycznych można łatwo zamodelować wraz z animacjami proponowanej budowy nowego budynku.

Współczesne pakiety oprogramowania do projektowania BIM ułatwiają szybkie i proste tworzenie trójwymiarowych modeli terenu. Dokładne trójwymiarowe plany proponowanych konstrukcji mogą być wypełnione wraz ze szczegółowymi odwzorowaniami 3D wymaganego sprzętu, takiego jak wciągarki i żurawie wieżowe [10]. Punkty dostępu do terenu, obszary magazynów materiałów i pomieszczenia socjalne dla pracowników mogą

być przedstawione w łatwy do zrozumienia sposób. Tam, gdzie miejsce jest ograniczone, umożliwia to optymalne wykorzystanie dostępnej powierzchni.

Jedną z największych korzyści z zastosowania technologii BIM w zarządzaniu logistyką budowy jest lepsze zrozumienie informacji logistycznych. Ich prezentacja za pośrednictwem trójwymiarowej platformy zapewnia wierne odwzorowanie, którego nie można uzyskać za pomocą samych informacji 2D. Przynosi to korzyść w postaci lepszego zrozumienia danych dotyczących układu terenu, umożliwiając łatwiejszą interpretację złożonych procesów logistycznych przez osoby bez przygotowania budowlanego lub logistycznego. Zwiększenie przejrzystości i czytelności planów logistycznych zmniejsza wysiłek związany z identyfikacją zarówno problemów, jak i możliwości związanych z proponowanymi koncepcjami logistycznymi.

Kolejnym pozytywnym efektem jest poprawa bezpieczeństwa na budowie. Lepsze zrozumienie informacji logistycznych przynosi korzyści dla bezpieczeństwa na placu budowy. Zastosowanie modelu 3D do planowania logistyki zapewnia lepszą przejrzystość w rozumieniu proponowanych procesów logistycznych, umożliwiając szybkie wykrycie zagrożeń dla bezpieczeństwa, które mogą być trudne do zidentyfikowania przy użyciu informacji 2D. Ponadto pracownicy mogą szybko otrzymać dobrze zdefiniowane i łatwo zrozumiałe informacje. Zmniejsza to występowanie elementów planu logistyki, które są otwarte na interpretację, zmniejszając zagrożenia związane z nieprecyzyjną realizacją prac.

Centralny model przestrzenny 3D może być zintegrowany z harmonogramem, co daje w wyniku nowoczesną wizualizację procesu budowy. Pozwala to na większą kontrolę nad proponowanym harmonogramem prac budowlanych oraz interakcjami między logistyką

a budową. Przejrzystość dodana przez logistykę opartą na BIM 4D pozwala planistom niezwłocznie zidentyfikować potencjalne problemy, w których zaplanowana kolejność prac koliduje z proponowanymi rozwiązaniami logistycznymi. Trójwymiarowa symulacja ułatwia identyfikację rozwiązań, skracając czas związany z przeglądaniem i weryfikacją propozycji logistycznych. Korzyści płynące z wykrycia tych konfliktów przed ich realizacją na miejscu prowadzą do poprawy wydajności i obniżenia kosztów.

Dalsze korzyści potęguje konsekwentna weryfikacja modelu BIM 4D poza fazami poprzedzającymi budowę. Dynamiczny charakter placu budowy powoduje, że zmieniają się warunki terenowe, które mogą nie być reprezentatywne dla modelu 4D stworzonego przed rozpoczęciem prac. Polityka systematycznego przeglądu i dostosowywania modelu podczas prac budowlanych może skutkować poprawą wydajności prac prowadzonych na danym terenie i unikaniem konfliktów czasowo-przestrzennych, które w innym przypadku nie byłyby prognozowane przez przestarzały model. Powrót do „tradycyjnych” metod zarządzania logistyką z wykorzystaniem informacji 2D zwiększa ryzyko przeoczenia potencjalnych problemów i ich wyniknięcia dopiero w fazie realizacji.

Podjęcie decyzji dotyczących działań naprawczych i przeglądów planów odbywa się zazwyczaj na spotkaniach planistycznych z udziałem kilku interesariuszy o różnych doświadczeniach, dlatego też informacje muszą być szybko i łatwo przekazywane między uczestnikami [11]. Planowanie dostaw w połączeniu z modelem BIM, zapewnia możliwie najbardziej efektywne planowanie logistyczne, minimalizuje ilość potrzebnego transportu, znacznie usprawnia procesy zarządzania i lokalizacji elementów na placach budowy (rys. 2).

PRAWIE KAŻDE DZIECKO ZNA KLOCKI LEGO

Kolorowa instrukcja z zaznaczonym każdym krokiem, pogrupowane klocki, z których każdy ma swoje zaplanowane miejsce w zabawce zostały tak stworzone, aby osoba składająca model wiedziała co teraz powinna wykonać i skąd wziąć materiały oraz co będzie robić w kolejnych krokach. Do tego przyzwyczaiła nas firma od plastikowych klocków. Wyobraźmy sobie teraz, że otwieramy pudełko, a w nim są tylko zdjęcia modelu wykonane z każdej strony oraz rysunki każdej warstwy klocków bez sekwencji ich montowania. Niezrozumiałe? Tak niestety wyglądają obecne realia realizowanych projektów budowlanych. Mimo wielkich możliwości, BIM jest jedynie interpretowany jako narzędzie do stworzenia modelu 3D, co przy niskim LOD (Level of Development) pozwoli jedynie wyobrazić sobie końcowy efekt, ale w żaden sposób nie pozwoli sprawdzić jak realizacja projektu została zaplanowana.

LOGISTYKA DOSTAW I MONTAŻU SYSTEMU PREFABRYKOWANEGO

Prefabrykowane systemy betonowe mają pewne cechy różniące się od innych systemów przemysłowych, takie jak istnienie ciężkich elementów i ich stosunkowo niewielka liczba (biorąc za punkt odniesienia systemy konstrukcji metalowych). W związku z tym elementy te zasadniczo nie mogą być składowane na miejscu, ale muszą być podnoszone bezpośrednio z ciężarówki, która transportuje je do miejsca docelowego zamontowania. Chociaż celem jest przeprowadzenie montażu natychmiast po przybyciu ładunku, konieczne jest zdefiniowanie minimalnych obszarów magazynowych. Obszary te, o ile to możliwe, powinny być zlokalizowane w pobliżu miejsca pracy zespołów montażowych, aby uniknąć niepotrzebnego manewrowania.

Wraz z weryfikacją przepływów zasobów jednym z głównych działań planowania logistycznego jest uszczegółowienie kolejności montażu i na tej podstawie podejmowane są decyzje o dostarczaniu elementów na placu budowy i przygotowaniu planów montażu. Plan ładunku opisuje partie komponentów, które muszą być przewożone samochodem i kiedy ma zostać zrealizowana dostawa na miejsce pracy. Oprócz dynamicznej wizualizacji modelu 4D, dobrą praktyką jest utworzenie panelu dostępnego w biurze budowy, wyjaśniającego kolejność etapów budowy, wskazującego lokalizację

montażu (według osi zdefiniowanych w projekcie), okres montażu (dni), liczbę sztuk elementów i łączną objętość betonu w każdym dniu.

W zakresie logistycznego planowania dostaw wprowadzane są usprawnienia w procesie planowania ładunków. Możliwość wymiany zaktualizowanych informacji z modelu BIM 4D poprawia przepływ informacji związanych z materiałami. Do koordynacji bieżących procesów zaopatrzenia budowy można wykorzystywać różnego rodzaju platformy wspierające zarządzanie dostawami materiałów na budowę.

Potwierdzanie zapotrzebowania na produkcję komponentów, po przesłaniu planu ładunku do fabryki przez kierownika budowy z piętnastodniowym wyprzedzeniem, jest jednym z pierwszych kroków w planowaniu realizacji konstrukcji prefabrykowanej. Dzięki temu dział planowania i kontroli produkcji jest w stanie potwierdzić dostępność komponentów na żądany okres, pomimo założonej rezerwy początkowej oraz zdolności produkcyjnej w oparciu o plan pierwotny. Drugim potwierdzeniem jest przesłanie planu dostaw do działu logistyki z dwudniowym wyprzedzeniem, co ma na celu potwierdzenie zapotrzebowania na ładunek, który można przyspieszyć lub opóźnić. Ta możliwość potwierdzania wysyłki komponentów pozwala na zmniejszenie ich zapasu na budowie. Taka strategia, oprócz umożliwienia potwierdze-

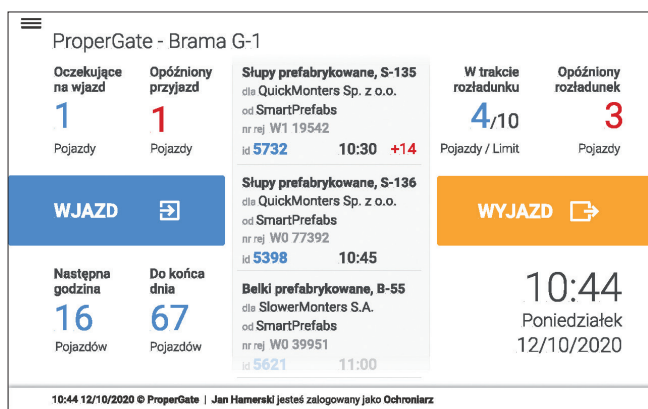
nia zapotrzebowania na dostawy, stanowi sposób na decentralizację procesu planowania realizacyjnego. W rezultacie dostępne są zaktualizowane informacje w krótszych cyklach czasu, a długoterminowy plan nie jest już jedynym źródłem informacji do planowania pracy zakładu prefabrykacji. W tym procesie BIM 4D pomagają w generowaniu i aktualizowaniu informacji dotyczących czynności montażowych zaplanowanych przez kierownika budowy, łączonych z danymi produkcyjnymi i wykorzystywanych do zaplanowania produkcji niezbędnej do zaspokojenia zapotrzebowania montażystów.

WNIOSKI

Modelowanie 4D powinno być wdrożone w celu stworzenia odpowiedniego środowiska dla wprowadzania procesów współpracy na spotkaniach planistycznych, prowadzenia dyskusji i lepszego zrozumienia procesów realizacji przez interesariuszy. Współpraca między różnymi interesariuszami może przyczynić się do zwiększenia wiarygodności planów i przestrzegania ustalonych standardów. Ulepszenia oferowane przez wykorzystanie aktualnego modelu, jako centralnego punktu odniesienia dla zarządzania logistyką i koordynacji, mogą być dodatkowo wzmocnione dzięki wkładowi wyspecjalizowanych wykonawców i dostawców. Rzetelna ocena proponowanych planów przez osoby posiadające wiedzę w różnorodnych dyscyplinach budowlanych, pozwala zapewnić wgląd w potencjalne problemy, które mogą nie być od razu oczywiste dla osób nadzorujących projekt i zarządzanie logistyczne przedsięwzięciem. To wspólne zaangażowanie może przybrać formę regularnie organizowanych spotkań, podczas których zaangażowane branże są zapraszane do przeglądu zbliżających się prac i ustaleń logistycznych, poprzez model 4D. Oglądanie symulacji wraz z innymi pracownikami daje możliwość zidentyfikowania potencjalnych problemów, a ich rozwiązania można zaproponować wspólnie na spotkaniach koordynacyjnych. ◀

LITERATURA

- Serra S.M.B., Oliveira O.J., *Development of the Logistics Plans in Building Construction*, in: International Conference On Structural And Construction Engineering, 2., Rome, 2003.
- Papadaki I.N., Chassiakos A.P., *Multi-Objective Construction Site Layout Planning Using Genetic Algorithms*, *Procedia Engineering*, v. 164, 2016, p. 20–27.
- Zhang C., Zayeb T., Hijazi W., Alkass S., *Quantitative assessment of building constructability using BIM and 4D simulation*, *Open Journal Civil Engineering*, 6, 2016, p. 442–461.
- Grieves M., *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*, Florida Institute of Technology, 2014, Available at: http://innovate.fit.edu/plm/documents/doc_mgr/912/1411.0_Digital_Twin_White_Paper_Dr_Grieves.pdf (Accessed on 20.01.2018).
- BIS, *UK Construction: An economic analysis of the sector*, HM Government Department for Business, Innovation and Skills, 7, 2013.
- Gattorna J. and Day A., *Strategic Issues in Logistics*, *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 16(2), 1986, p. 3–42.
- Al-Otaibi S., Osmani M., Price A.D.F., *A Framework for Improving Project Performance of Standard Design Models in Saudi Arabia*, *Journal of Engineering*, 2013.
- Agapiou A., Clausen L.E., Flanagan R., Norman G., Notman D., *The role of logistics in the materials flow process*, *Construction Management and Economics*, 16, 1998, p. 131–137.
- Sobotka A., Czarnigowska A., Stefaniak K., *Logistics of construction projects*, *Foundations of Civil and Environmental Engineering*, 6, 2005, p. 203–216.
- Hardin B. and McCoil D., *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*, John Wiley & Sons, 2015, p. 188–190.
- Fard M.G. et al., *Visualization of Construction Progress Monitoring with 4D Simulation Model Overlaid on Time-Lapsed Photographs*, *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 23, n. 6, 2009, p. 391–404.
- <https://propergate.co/>



Rys. 2. Przykładowy widok planu dostaw [12]