

## **Planowanie i monitoring postępu robót budowlanych w projekcie „Modernizacja układu falochronów osłonowych w Porcie Północnym w Gdańsku”**

**Mgr inż. Mateusz Bosowski  
PORR S.A.**

Modernizacja układu falochronów osłonowych w Porcie Północnym w Gdańsku to jeden z największych projektów hydrotechnicznych realizowanych w Polsce w ostatnich latach. Polega on na wybudowaniu dwóch falochronów, każdy po około 825 mb w rdzeniu. W sumie do wbudowania przewidziane jest:

- 38 prefabrykowanych skrzyń żelbetowych o wymiarach: dł. 48 m, szer. 10 m, wys. 13 m,
- 500 tys. m<sup>3</sup> pospółki,
- 392 tys. m<sup>3</sup> kamienia hydrotechnicznego,
- 17 700 sztuk gwiazdobloków,
- 25 tys. m<sup>3</sup> betonu na nadbudowę,
- 505 sztuk prefabrykowanych łamaczy fal.

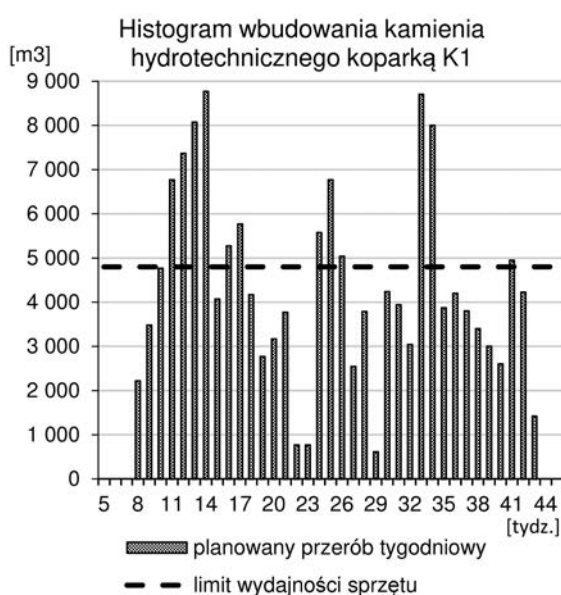
W celu efektywnego zarządzania takim projektem, niezbędne jest stosowanie narzędzi wspomagających planowanie i raportowanie realizowanych robót. Do stworzenia i aktualizacji harmonogramu wykorzystywane jest specjalistyczne oprogramowanie – w przypadku opisywanego projektu wdrożono program MS Project.

### **HARMONOGRAM**

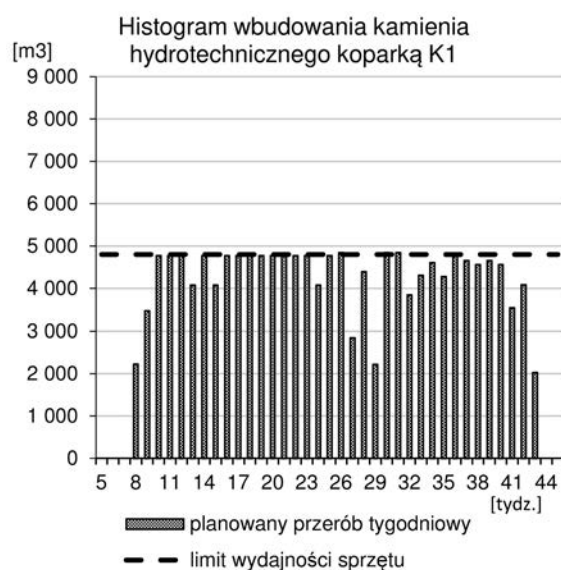
Na początku projektu stworzono harmonogram oparty na wstępnie określonej strategii zobrazowanej w postaci diagramu sieciowego oraz wyliczonych na podstawie kubatur/ilości i wydajności zasobów czasów trwania zadań. Następnie, czasy te skorygowano o szereg współczynników, w których bierze się pod uwagę okoliczności wpływające na realizację prac i definiowane są na podstawie doświadczenia wykonawcy oraz danych historycznych. Uwzględnić należy przewidywany udział niekorzystnych warunków atmosferycznych w czasie trwania budowy, trudności organizacyjne szczególnie skomplikowanych zadań, przestoje wywołane awarią sprzętu, przeglądami serwisowymi czy też operacje sprzętowe nie generujące prze-robu. Tryb pracy, jaki jest określony dla poszczególnych robót (praca 24-godzinna, praca wielozmianowa, praca w weekendy/święta) uwzględniono za pomocą zdefiniowanych w programie kalendarzy przypisanych do konkretnych grup robót.

Dzięki wprowadzeniu do programu ilości przedmiarowych i przypisaniu zasobów uzyskano wykres planowanych przero-  
bów w postaci histogramu, na którym w prosty i szybki sposób  
można odczytać, jaka jest wymagana wydajność zakładanych  
zasobów. Za pomocą takiego przedstawienia danych kierow-  
nictwo projektu może zarządzić optymalizację harmonogramu  
(na przykład zmianę sekwencji prac) lub podjąć decyzję o cza-  
sowym lub stałym zwiększeniu zasobów. Na rys. 1 i 2 przedsta-  
wiono wykorzystanie do analizy harmonogramu histogramy po-  
kazujące wbudowanie kamienia hydrotechnicznego za pomocą  
koparki o wydajności 800 m<sup>3</sup>/dzień.

Tego rodzaju histogramy wykorzystywane są również do za-  
pytań ofertowych oraz kontraktacji podwykonawców i dostaw-  
ców, stanowiąc czytelną, graficzną prezentację potrzeb wyko-  
nawcy w czasie.



Rys. 1. Pierwotny histogram obrazujący planowane ilości  
wbudowania kamienia hydrotechnicznego



Rys. 2. Histogram obrazujący planowane ilości  
wbudowania kamienia hydrotechnicznego po optymalizacji

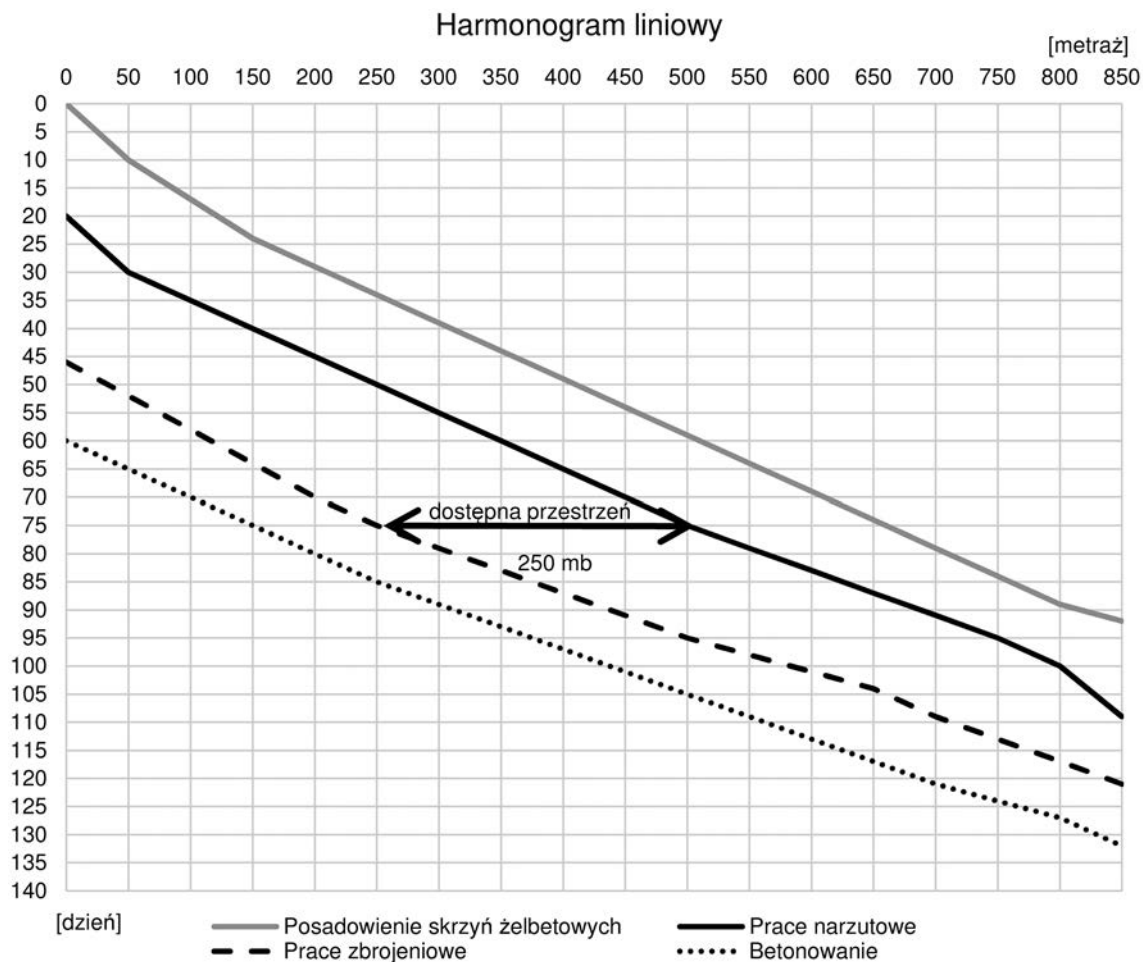
Podczas pracy z harmonogramem największa uwaga skupio-  
na jest na zadaniach tworzących ścieżkę krytyczną. Na obecnym  
etapie (zaawansowanie około 80%) w harmonogramie istnieją  
dwie ścieżki krytyczne:

1. Wykonanie narzutów ochronnych – Wykonanie nadbu-  
dowy żelbetowej – Prace wyposażeniowe;
2. Prefabrykacja gwiazdobloków – Wbudowanie gwiazdo-  
błoków.

Wynika to z ograniczonych możliwości magazynowania  
prefabrykatów w ramach określonego budżetu oraz faktu otwar-  
cia dwóch dużych, niezależnych frontów prac po zrealizowaniu  
narzutów ochronnych z kamienia hydrotechnicznego, jakimi są:  
wykonywanie nadbudowy żelbetowej oraz wbudowanie gwiaz-  
dobłoków.

Zespół projektowy skoncentrowany jest na zapewnieniu  
środków w celu terminowej i jakościowej realizacji tych zadań.  
Nie oznacza to jednak pozostawienia zadań niekrytycznych bez  
nadzoru. Również wymagają one koordynacji oraz monitorin-  
gu postępu. Nadmierne ich opóźnienie spowoduje wejście tych  
prac na ścieżkę krytyczną. Sytuacja, gdy na ścieżce krytycznej  
znajdują się wszystkie prace, w praktyce może oznaczać brak  
możliwości ukończenia projektu w założonym terminie, ponie-  
waż wszystkie czynności w harmonogramie mają zapas czasu  
równy zeru. W efekcie opóźnienie dowolnego zadania choćby  
o jeden dzień powoduje równomierną zwłokę w zakończeniu  
projektu.

Kolejnym narzędziem wykorzystanym do wspomagania  
planowania, jednocześnie sprawdzającym poprawność harmo-  
nogramu, jest harmonogram liniowy, generowany na podsta-  
wie dat zawartych w harmonogramie projektu. Jest to graficz-  
ne przedstawienie planowanego postępu prac w ujęciu czasu  
i przestrzeni, a dokładnie metrażu budowanego falochronu. Pla-  
nowany postęp prac jest wyrażony za pomocą linii prostej lub  
łamanej, o nachyleniu odpowiadającemu planowanemu tempu  
realizacji zadań. Na wykresie umieszczone są różne rodzaje  
robót. Przecięcie się krzywych, reprezentujących prace nastę-  
pujące po sobie, oznacza błędnie sporządzony plan, ponieważ  
zadanie poprzedzające, wyprzedza zadanie następujące po nim.  
Drugim sprawdzeniem poprawności harmonogramu jest zwró-  
cenie uwagi na odległość między krzywymi. Mówi ona o wol-  
nej przestrzeni między następującymi po sobie robotami. Zna-  
jąc wymiary, jakie zajmuje dany sprzęt lub przestrzeń wymaganą  
do realizowania danych prac, odczytujemy z wykresu, czy rea-  
lizacja prac jest fizycznie możliwa i czy sprzęt pomieści się na  
budowie. Wówczas, w analizowanym momencie projektu od-  
czytujemy, że na przykład prace narzutowe realizowane przez  
jednostkę pływającą o długości 61 m i wraz z linami cumow-  
niczymi zajmującą 150 mb odbywają się na metrażu +500 m,  
a równolegle w tym samym czasie realizowane są prace zbro-  
jeniowe z pontonu roboczego na metrażu +250 m. Oznacza to,  
że przestrzeń pomiędzy tymi następującymi po sobie pracami  
wynosi 250 mb. Wiedząc, że sprzęt do wykonywania narzutu  
zajmuje 150 mb, uzyskujemy informację, że pomiędzy tymi ro-  
botami mamy zapas wolnej przestrzeni równy 100 mb. Takie  
narzędzie wspomagające planowanie sprawdza się przy robo-  
tach o charakterystyce liniowej. W momencie, gdy zdecyduje-  
my się na ominięcie pewnych odcinków i powrót do nich  
w późniejszym etapie, wykres harmonogramu liniowego zatra-  
ca



Rys. 3. Przykładowy harmonogram liniowy

swoją przejrzystość. Wówczas, rozwiązaniem może być opracowanie odrębnych, częściowych harmonogramów liniowych dla wybranych odcinków realizacyjnych. Przykład harmonogramu liniowego pokazano na rys. 3.

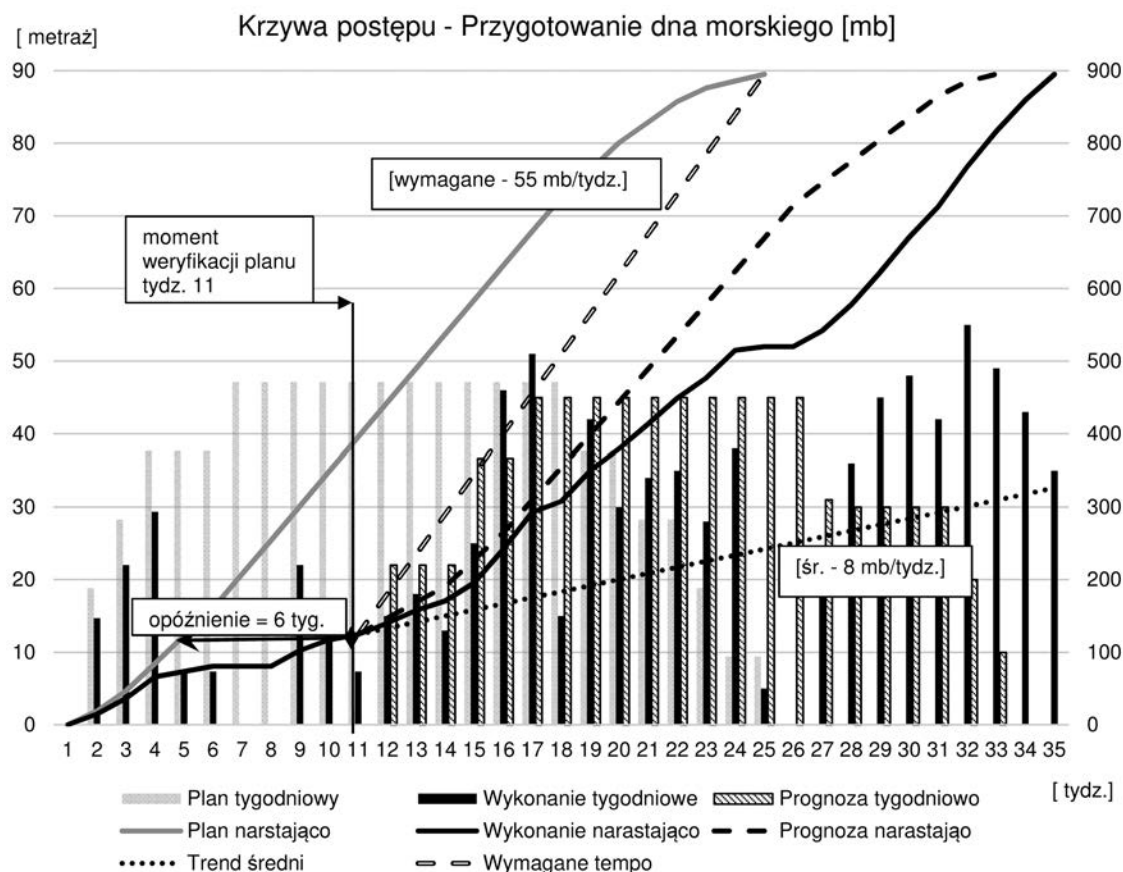
## RAPORTOWANIE

Po opracowaniu harmonogramu bazowego i zatwierdzeniu go do realizacji następuje raportowanie postępu robót i porównywanie go z postępowaniem zaplanowanym. Zgodnie z wymaganiami standardowych umów na realizację inwestycji budowlanej oraz dobrymi praktykami zarządzania projektami najczęściej wykonuje się raporty dzienne, tygodniowe i miesięczne. Raporty dzienne i tygodniowe zawierają głównie dane typowo realizacyjne oraz informacje BHPiOŚ. Z kolei raport miesięczny zawiera informacje odnoszące się do całego projektu. Umieszczone są w nim: podstawowe informacje o kontrakcie (strony umowy, zakres, kluczowe daty), informacja o zrealizowanych i planowanych robotach budowlanych, postęp prac naniesiony na harmonogram, załącznik graficzny z postępowaniem robót, opis napotkanych trudności w realizacji prac, dane BHPiOŚ, zmiany projektowe, status kontraktacji podwykonawców, plan finansowy, prognoza przepływów pieniężnych, polecenia zmian, roszczenia, status kontroli jakości, stan zatwierdzania materiałów

budowlanych, wykaz wykorzystywanych zasobów ludzkich i sprzętowych, wykaz korespondencji kontraktowej, dokumentacja zdjęciowa.

Bezpośredni monitoring robót budowlanych oparty jest na raportach dziennych i tygodniowych. Podstawowe funkcje programu MS Project umożliwiają porównanie postępu prac względem planu na wykresie Gantt-a i są one wykorzystywane przy każdej aktualizacji harmonogramu. W artykule skupiono się jednak na prezentacji krzywych postępu generowanych z harmonogramu dla kluczowych robót.

Do zadań znajdujących się na ścieżce krytycznej oraz do wybranych przez kierownictwo projektu kluczowych zakresów przygotowywane są krzywe postępu, określane w środowisku zarządzania projektami jako s-curve. Na przedmiotowym projekcie do takiej analizy wybrano prace: związane z przygotowaniem dna, prefabrykację i wbudowanie skrzyń żelbetowych, zasyp skrzyń i rdzenia, prefabrykację i wbudowanie gwiazd-bloków, prefabrykację łamaczy fal oraz betonowanie nadbudowy falochronu. Uznano je za kluczowe w projekcie i ich aktualny status jest niezbędny do podejmowania decyzji w zakresie koordynacji prac, logistyki na budowie czy wdrażaniu planu naprawczego. Na krzywej postępu przedstawiono zakres prac i jego ewentualne zmiany w czasie. W ujęciu tygodniowym i narastająco prezentowane są: wartości planowane, wartości uzyskane i wartości prognozowane. Wartości prognozowane nie



Rys. 4. Krzywa postępu prac związanych z przygotowaniem dna morskiego pod posadowienie skrzyń żelbetowych

pojawiają się w takim raporcie od początku, a dopiero w momencie, gdy wartości uzyskane znacznie odbiegają od planu bazowego. Ponadto, dla wybranych zakresów prezentowany jest trend, jaki wynika ze średnio uzyskiwanych przerobów oraz krzywa pokazująca średnie tempo prac, jakie należy uzyskać, aby ukończyć je w planowanym terminie. Na rys. 4 przedstawiono krzywą postępu prac związanych z przygotowaniem dna pod posadowienie skrzyń żelbetowych.

W jedenastym tygodniu realizacji robót dokonano analizy postępu i określono prognozę. Plan bazowy zakładał przygotowanie do tego czasu dna morskiego na długości 395 mb. W wyniku napotkanych trudności, wynikających ze skrajnie niekorzystnych warunków atmosferycznych uniemożliwiających pracę sprzętu, zrealizowano roboty jedynie na długości 125 mb – co oznacza opóźnienie o 6 tygodni. Średnia wydajność prac wynosi 8 mb/tydzień, jednak aby wykonać roboty w zakładanym czasie, należy zwiększyć średnią wydajność do 55 mb/tydzień, czyli o około 20% więcej niż pierwotnie planowana maksymalna wydajność, równa 47 mb/tydzień. Takie tempo należałoby utrzymać przez cały pozostały czas. Wykorzystując doświadczenia z dotychczasowej realizacji, które zweryfikowały założenia bazowe, poznawszy warunki lokalne, w tym wymagania, jakie stawia przed wykonawcą akwen morski i ponownie analizując prognozowane warunki atmosferyczne oraz stan morza, przystąpiono do aktualizacji planu. W efekcie tej pracy, na krzywej postępu pojawiła się czarna, przerywana linia, która stanowiła prognozę przerobów, była nowym, urealnionym planem i to w oparciu o niego monitorowany był postęp w kolejnych tygo-

dniach. Ostatecznie prace zakończyły się z dwutygodniowym opóźnieniem względem prognozy. Średnia wartość postępu według prognozy wynosiła 35 mb/tydzień, a średnia wartość rzeczywiście uzyskanego postępu od momentu weryfikacji planu wyniosła 32 mb/tydzień.

## PODSUMOWANIE

Opisane w artykule narzędzia, stosowane do wspomagania planowania i monitoringu postępu, stanowią wsparcie w kierowaniu realizacją budowy. Harmonogram, z zawartym przedmiarem robót i przypisanymi zasobami, jest cenną bazą do przeprowadzenia zamówień materiałów, ustalenia kolejności opracowania dokumentacji, zakontraktowania podwykonawców oraz sprzętu i w efekcie do koordynowania robót budowlanych. Dzięki dostępnym na rynku programom komputerowym do planowania projektów, które z roku na rok zyskują nowe praktyczne funkcjonalności, praca z harmonogramem jest coraz łatwiejsza i stwarza więcej możliwości. Jednocześnie, opracowanie aktualnych i rzetelnych raportów *s-curve* jest uzupełnieniem harmonogramu, aby zapewnić należytą kontrolę nad realizowanym projektem oraz podejmować decyzje o zmianach organizacyjnych, sprzętowych, logistycznych i tym podobnych bez zbędnej zwłoki. Dzięki płynącym z nich informacjom zespół projektowy na bieżąco zna status projektu – widzi jakie jest zaawansowanie, jakie powinno być i co wciąż jest przed nim do zrealizowania. Informacje te mogłyby być zawarte w tabli-

cach lub zredagowane i spisane w tekstowym raporcie – jednak w takiej formie ich analiza byłaby żmudna i nie zawsze wszyscy wyciągnęliby takie same lub podobne wnioski. W momencie, gdy zbiór danych prezentowany jest w formie graficznej, staje się czytelny i przejrzysty. Różnica między wysokością słupków histogramu, nachyleniem krzywej czy odległości między nimi

unaoczniają sytuację, w jakiej się znajdujemy. W ten sposób oszczędzamy czas na analizę i minimalizujemy możliwość wystąpienia nieporozumień. Posiadanie spójnego i wiarygodnego systemu planowania i raportowania powinno być standardem przy każdym projekcie i jest wyznacznikiem dojrzałości organizacyjnej wykonawcy.