

SZACOWANIE KOSZTÓW ROBOCIZNY PRODUKCYJNEJ HARMONOGRAMU NA TLE JEGO OPÓŹNIEŃ CZASOWYCH

Daniel PRZYWARA*, Adam RAK

Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Opolska, ul. Katowicka 48, 45-061 Opole

Streszczenie: Racjonalność gospodarowania odnawialnymi zasobami środków produkcji stanowi podstawowe kryterium oceny jakości harmonogramu zarówno w aspekcie generowanych kosztów, jak i zaangażowanego czasu pracy robocizny produkcyjnej oraz sprzętu, stanowiących – obok wbudowanych materiałów – bezpośrednie składniki cenotwórcze robót. Porównanie ponoszonych kosztów robocizny może znajdować zastosowanie w przypadku mniejszej od planowanej wydajności prac, zakłóceń organizacyjnych mających wpływ na czas trwania procesów lub różnych wartości stawek placowych za roboczegodzinę pracy. W artykule podjęto próbę oszacowania różnicy kosztów robocizny produkcyjnej, która może ulegać zmianie wraz z okresowym zaangażowaniem do produkcji niezależnych brygad roboczych, uruchamianych w celu niwelacji nieplanowanych opóźnień czasowych. Badania przeprowadzono przy użyciu metody wartości uzyskanej.

Słowa kluczowe: koszty robocizny, opóźnienia czasowe, harmonogram, straty produkcyjne.

1. Wprowadzenie

Zarządzanie rozdziałem zasobów jest jednym z głównych problemów planowania produkcji w przedsiębiorstwie budowlanym, podobnie jak problem analizy kosztów w harmonogramach realizacji inwestycji, który był rozważany już od dawna (Marcinkowski, 2002).

Poszukiwanie scenariusza realizacji inwestycji, korzystnego dla wykonawcy z punktu widzenia kosztów robót, jest zagadnieniem bardzo złożonym. Marcinkowski (2002) opisuje, że problem ten w praktyce jest rozwiązywany uproszczonym rachunkiem kosztów, uwzględniającym charakterystyki kosztowe, poprzez analizy kosztorysowe. Służą one wartościowaniu rozwiązań organizacyjnych, nie zaś ocenie finansowych wyników działalności firmy.

Planowanie wykorzystania zasobów (*resource scheduling*) jest procesem przekształcania projektu w harmonogram prac, uwzględniającym dostępne zasoby. W powszechnym wyobrażeniu planowanie wykorzystania zasobów ogranicza się do czynnika ludzkiego (Lock, 2009). Przyjęta struktura organizacyjna podziału pracy w harmonogramie, w obrębie projektowanych procesów, musi podlegać kontroli, oceniającej stopień odchylenia czasowych i kosztowych od założonego planu. Cykliczny monitoring prac umożliwia wprowadzanie usprawnień, niwelujących powstające opóźnienia. Jeżeli problemy są spowodowane niedoborem siły roboczej, można im zapobiec, zlecając prace wykonawcom zewnętrznym (Przywara i Rak, 2016). W sytuacji skrajnej, kiedy

opóźnia się równocześnie wiele czynności, skutecznym zadaniem może być powołanie zespołu zadaniowego, który poprowadzi pozostałe do wykonania prace (Lock, 2009). Środki naprawcze okazują się jednak skuteczne tylko wtedy, gdy zostaną podjęte w terminie.

Ocena wykonania zadań za pomocą analizy odchylenia przynosi ponadto, w przypadku stosowania rachunku kosztów standardowych, wiele użytecznych informacji, takich jak odchylenia ilości i stawek w przekroju pozycji kalkulacyjnych (Nowak, 2011). Wdrożenie usprawnienia musi być poprzedzone określeniem celu poprawy oraz realnego planu jego realizacji przez odpowiednie narzędzia i metody działania (Kosieradzka, 2012), po wprowadzeniu zmiany należy zaś aktualizować standardy pracy, gdyż każda zmiana pociąga za sobą wzrost zmienności procesu i dalsze wdrażanie usprawnień możliwe jest po ustabilizowaniu produkcji.

Działania wspierające produkcję przejawiają się w zabezpieczeniu i zaopatrzeniu jej w zasoby ludzkie oraz materialno-techniczne (Kulińska i Dornfeld, 2009). Realizacja przedsięwzięć budowlanych jest szczególnie trudnym rodzajem działania zorganizowanego (Kasprowicz, 2002). Możliwość przekroczenia lub zmniejszenia zakładanych kosztów produkcji w tej dziedzinie wymuszają badania przewidywanych uwarunkowań realizacyjnych oraz związanych z nimi szans uzyskania oszczędności.

Elastyczność zarządzania zasobami ludzkimi wymaga umiejętności planistycznych, zwłaszcza w przypadku wystąpienia nieoczekiwanych zakłóceń organizacyjnych

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: d.przywara@po.opole.pl

w trakcie realizowanych procesów (Krupski, 2005), wymuszających aktualizowanie przyjętego harmonogramu.

Problemem podstawowym w zarządzaniu zasobami ludzkimi jest przypisanie im zestawów zadań w sposób umożliwiający wykorzystanie całego potencjału brygad roboczych, z uwzględnieniem ich wydajności (Marcinkowski, 2002). Dążeniem planisty powinno być jak najpełniejsze wykorzystanie środków produkcji, bowiem nieplanowane przestoje będą generowały straty. Z drugiej strony, zaplanowanie zadań brygad w ilości przekraczającej ich wydajność spowoduje opóźnienia czasowe w systemie produkcyjnym, również przekładające się na koszty. Racjonalna struktura podziału pracy w przyjętym harmonogramie wymaga więc dużego doświadczenia organizatorskiego w rozkładzie procesów.

2. Zastosowanie inżynierskie: rejestracja postępu robót metodą EV

Do przeprowadzenia studium wykonalności planu produkcyjnego posłużono się harmonogramem rzeczowo-finansowym przedsięwzięcia polegającego na wzniesieniu stanu surowego stalowo-żelbetowej hali produkcyjnej (rys. 1).

Alokacja środków produkcji w kalendarzu przedsięwzięcia, dyktowana koniecznością zachowania nienaruszalnej marszruty technologicznej, pozwoliła na skonstruowanie planu budowy w czasookresie 61 dni roboczych, z zakończeniem robót w dniu 31.12.2015 roku. Start systemu produkcyjnego ustalono na dzień 01.10.2015, wprowadzając dwie dodatkowe kotwice czasowe: zakończenie budowy hali do dnia 31.12.2015 oraz rozpoczęcie montażu konstrukcji stalowej ścian hali w dniu 27.11.2015. Procesy harmonogramu połączono zależnościami czasowymi, odzwierciedlające reżim technologiczny robót.

Pierwszy etap rejestracji robót wykonano w dniu 16.11.2015. Odnotowano łączne opóźnienie czasowe wynoszące pięć dni roboczych; zakończono stan zerowy hali (czynności 1÷8), a także rozpoczęto układanie podkładu betonowego. Opóźnienie na rozpatrywanym ciągu procesów wyniosło dwa dni robocze dla belek 1, 2, 3 (*Przygotowanie terenu, Zdjęcie humusu, Wykopy pod fundamenty*). Wydłużenie czasu realizacji o kolejne trzy dni robocze odnotowano dla procesów roboczych 4, 5, 6, 7 (*ustrój fundamentowy wraz z izolacją*). Dla czynności numer 9 (*Podkład pod płytę*) stanowiącej w dniu kontrolnym produkcję w toku, stwierdzono szacunkowy wzrost opóźnienia – do 7 dni roboczych (rys. 2).

Analiza postępu robót wykazała, poza opóźnieniem robót, również przekroczenie ich budżetu (rys. 3): koszty poniesione na produkcję wyniosły 4.695.393,81 zł, przy planowanym budżecie do dnia I etapu rejestracji robót 4.290.664,02 zł. Podobny obraz analizowanej produkcji budowlanej dają jej wskaźniki czasowo-kosztowe: rentowność wskaźnika kosztów (*Wartość Uzyskana / Koszty poniesione*) na poziomie 0,71 informuje, że z każdej zaangażowanej wartości kapitału w wysokości 1,00 zł jego zwrot wynosi 0,71 (brak nadwyżki, traktowany jako strata), zaś wskaźnik harmonogramu przy wartości 0,77 (*Wartość uzyskana / Koszty planowane*) obrazuje typową regresję robót w stosunku do planu.

3. Konstrukcja modelu naprawczego dla aktualizowanego harmonogramu

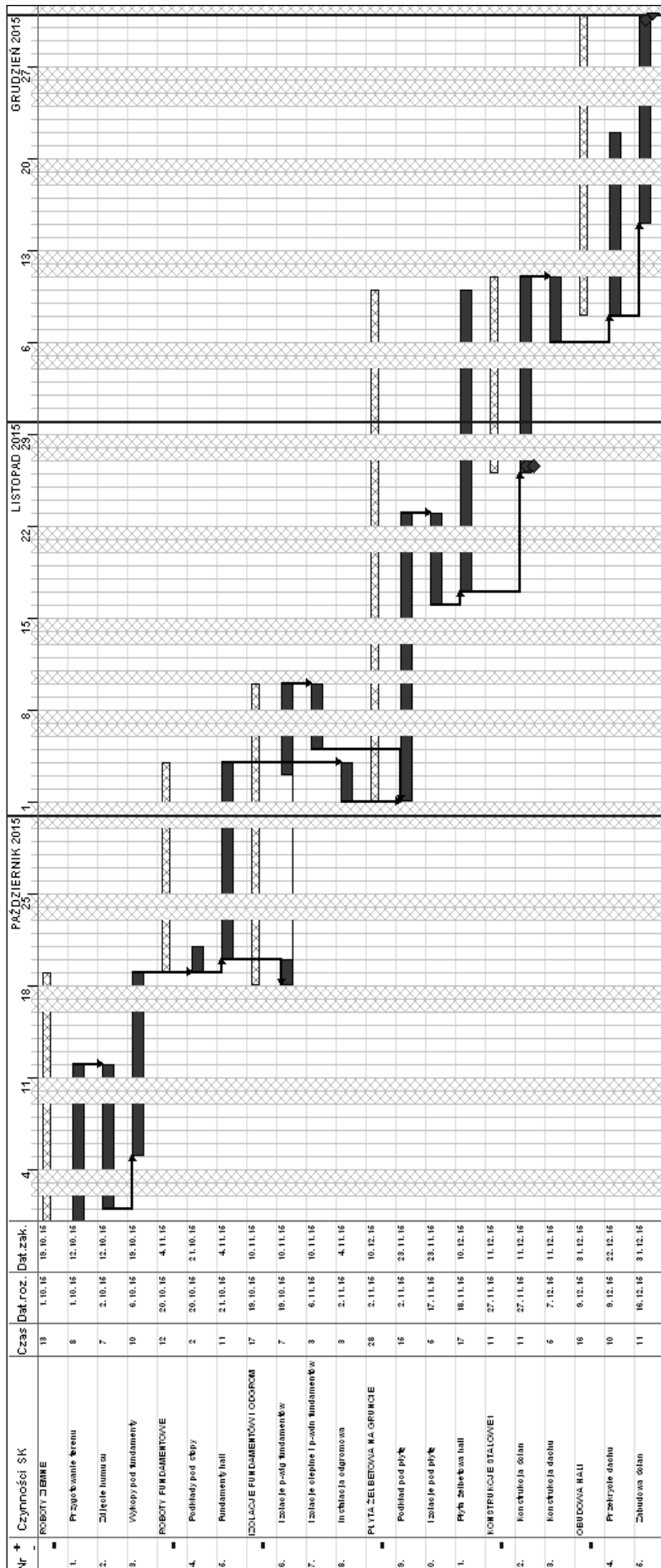
W celu usprawnienia przebiegu robót wykonano działania zaradcze dla pozostałych czynności, uruchamiając pracę na drugiej zmianie roboczej. Wprowadzono pracę niezależnych brygad, cena roboczogodziny określona została na 32,50 zł/r-g, przy stawce wyjściowej harmonogramu 25,50 zł/r-g. Kryterium doboru liczebności zespołów roboczych, realizujących asortymenty pozostałych prac, było dotrzymanie terminu czynności numer 12 (*Konstrukcja ścian*), której rozpoczęcie zaplanowano na dzień 27.11.2015.

Drugiego etapu rejestracji robót dokonano w dniu 31.12.2015 roku, kończącym roboty. Wyniki przedstawiono na rysunku 4. Analiza postępu robót metodą wartości uzyskanej wykazuje wpływ wykonanych działań zaradczych, przez podniesienie wartości wskaźników.

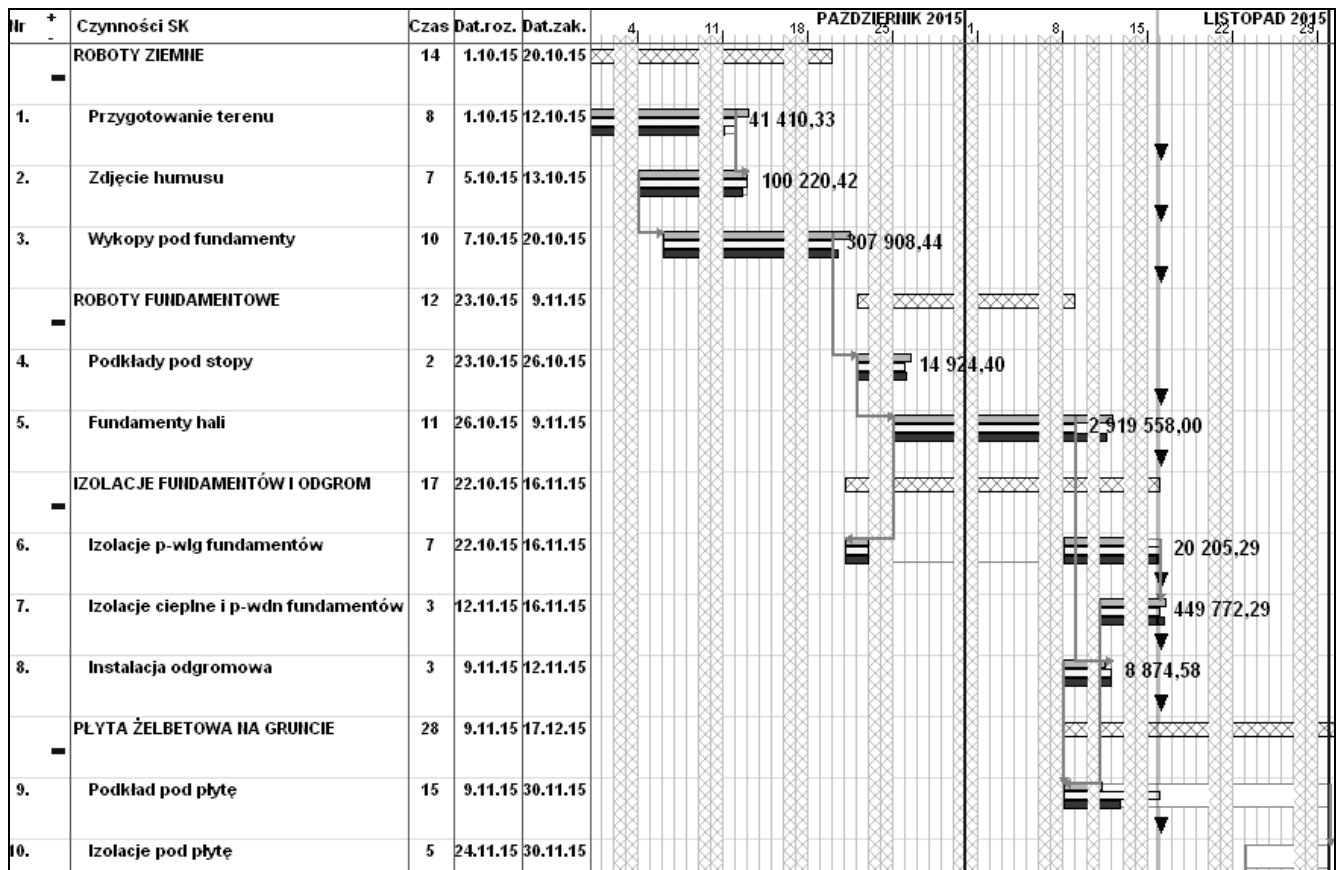
Wyższa, w stosunku do I etapu rejestracji, wartość wskaźnika harmonogramu obrazuje przyspieszenie robót o 15%, choć opóźnienia czasowe z pierwszego okresu, generujące nieplanowane koszty, plasują go ostatecznie na poziomie mniejszym od jedności – 0,92.

Wzrost wartości odnotowano także w przypadku wskaźnika kosztów (etap I: 0,71, etap II: 0,77). W tym przypadku niższy przyrost (8%) dyktują wyższe koszty robocizny produkcyjnej, odzwierciedlone w odchyleniu kosztów produkcji (*Wartość uzyskana / Koszty poniesione*).

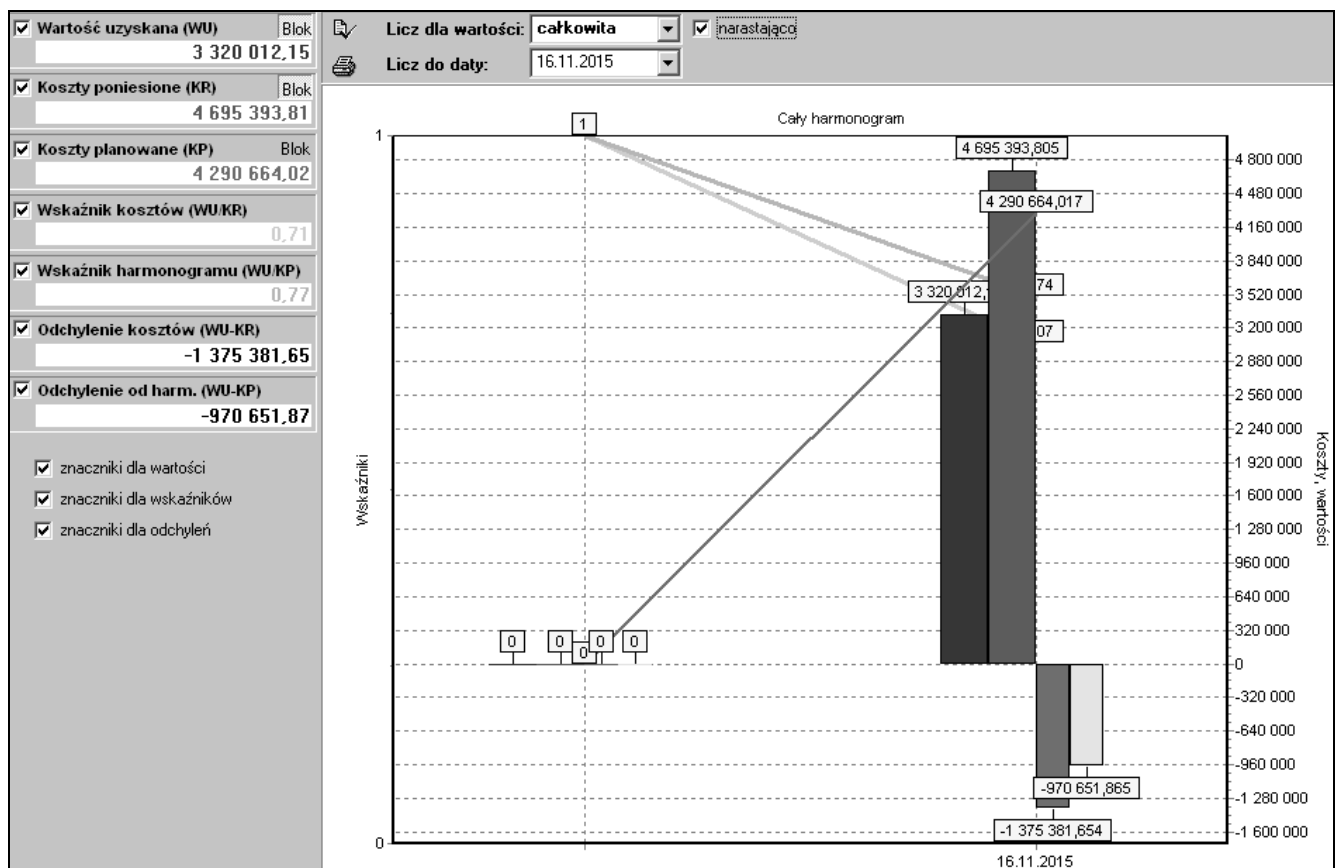
Konieczność terminowego zakończenia robót, dyktowana zazwyczaj wysokimi kosztami kar umownych za niedotrzymanie terminów kontraktowych, spowodowała ujemny wynik ekonomiczny budowy, ze stratami na poziomie 16,7% (*Koszty poniesione-Koszty planowane*).



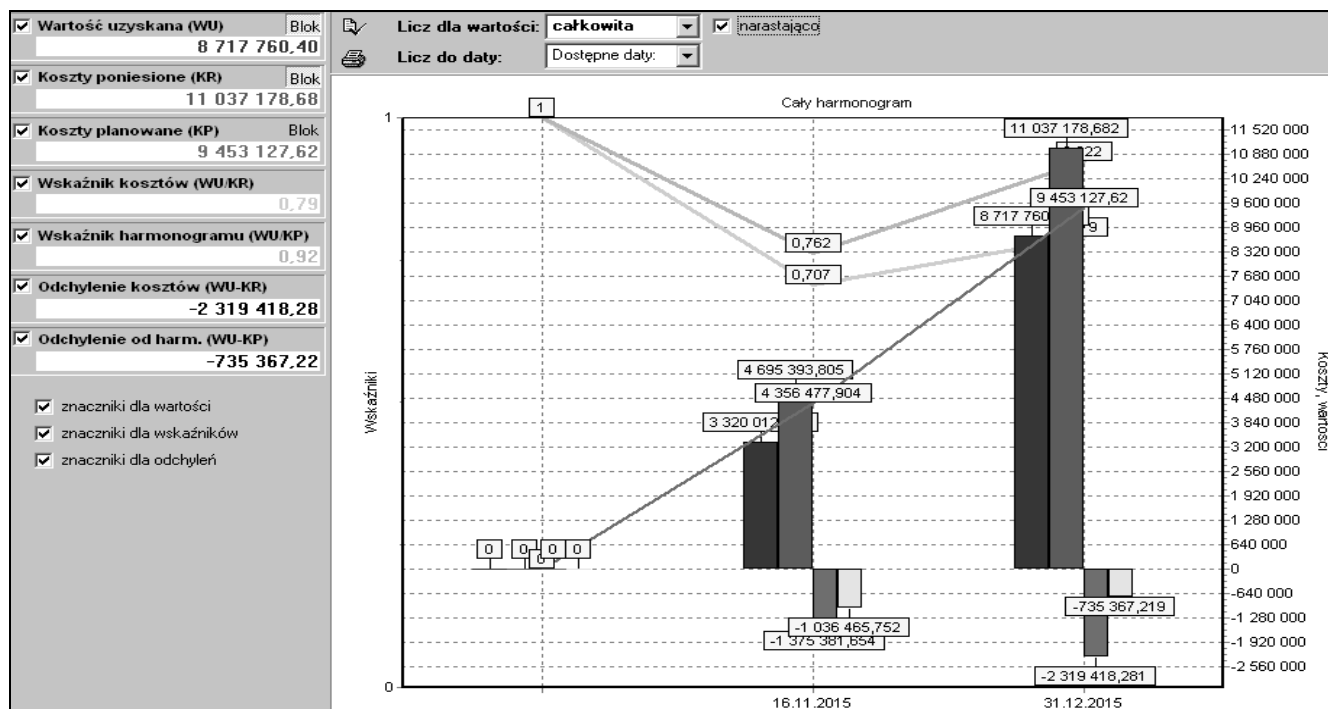
Rys. 1. Wyjściowy harmonogram belkowy Gantta dla przedsięwzięcia „Budowa stalowo-żelbetowej hali produkcyjnej”. Źródło: Program Planista 6.5.20



Rys. 2. Harmonogram postępu robót do dnia I etapu rejestracji: okres 01.10.2015 – 16.11.2015 (belki: szara – faktyczne wykonanie, biała – planowane wykonanie, czarna – koszty poniesione). Źródło: Program Planista 6.5.20



Rys. 3. Analiza postępu robót metodą wartości uzyskanej: I etap rejestracji. Źródło: Program Planista 6.5.20



Rys. 4. Analiza postępu robót metodą wartości uzyskanej: II etap rejestracji. Źródło: Program Planista 6.5.20

4. Analiza poniesionych kosztów robocizny produkcyjnej

Zarejestrowane wykonanie robót, w I i II etapie kontrolnym, obrazuje stan zaawansowania prac według ilości i wartości przepracowanych roboczogodzin. W tabeli 1 ujęto różnice czasowe (ilości roboczo-godzin) i kosztowe (wartości przepracowanych roboczogodzin) dla planowanych modeli rozdziału brygad (modele: A1 – I etap i A2 – II etap) oraz faktycznie zrealizowanych (modele: A1' – I etap i A2' – II etap). Otrzymana nadwyżka finansowa (+5,96%) w I etapie rejestracji nie stanowi superaty dla wykonawcy – wynika z mniejszych od planowanych przerobów produkcyjnych.

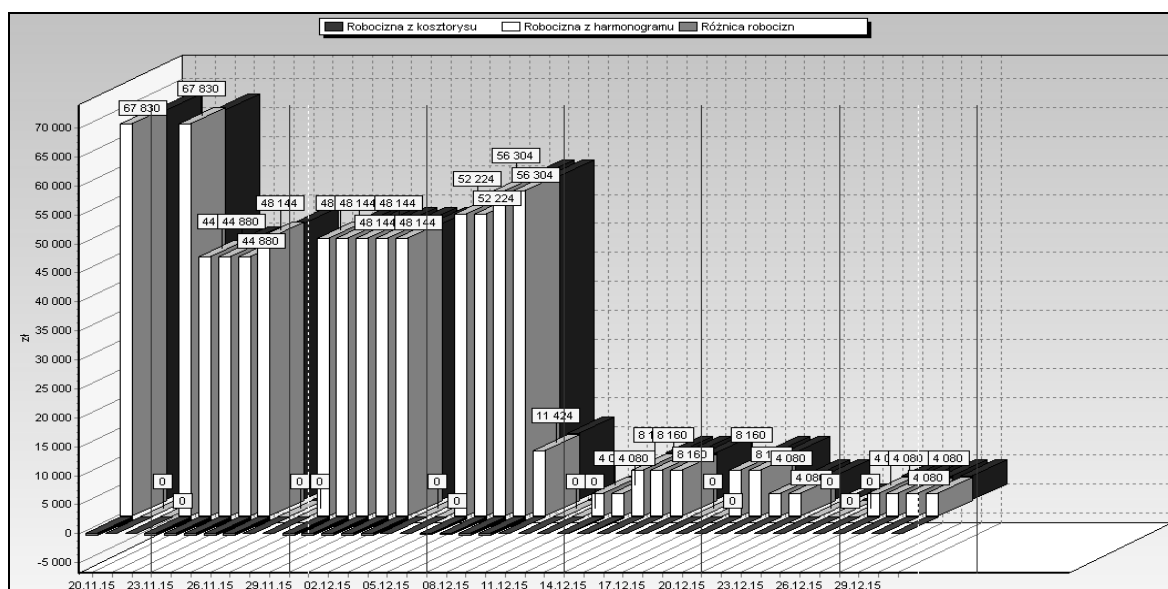
Modele A1 i A1', wykazują mniejsze wartości zarejestrowanego wykonania, co potwierdza spowolnienie robót (A1'), w stosunku do planu (A1). Zaplanowane

rozpoczęcie czynności numer 11 (*Płyta żelbetowa hali*), na dzień 18.11.2015, w modelu wykonanym zrealizowane zostało z opóźnieniem, w dniu 20.11.2015. Strata powstała w II etapie rejestracji (–10,37%) wynika z większej od planowanej ilości przepracowanych roboczogodzin w analizowanym okresie, a także z uzgodnionej wyższej od wyjściowej stawki.

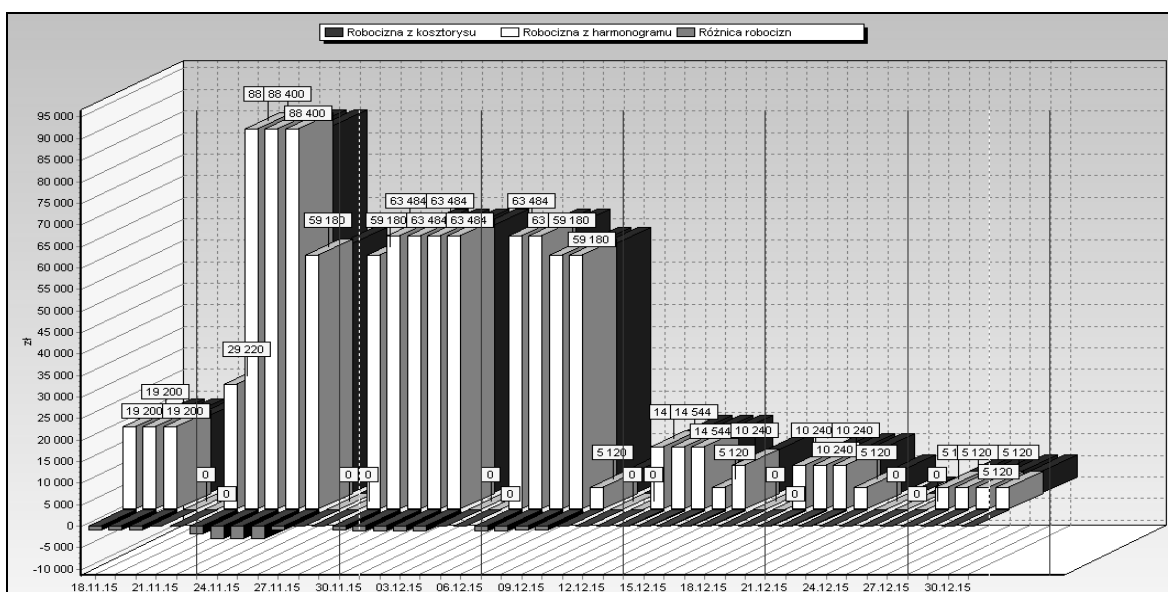
W uzupełnieniu do I etapu rejestracji, cyklogramy kontrolne II etapu (modele A2, A2' – rys. 5-6) obrazują przyspieszenie robót (A2'), wynikiłe z zasilenia frontów roboczych dodatkowymi brygadami pracowniczymi, choć wyższy koszt ich pracy spowodował przekroczenie, założonego kosztorysem, budżetu robocizny produkcyjnej o łączną wartość 4,41% – obniżającą planowany zysk kalkulacyjny z inwestycji.

Tab. 1. Koszty robocizny produkcyjnej dla badanego przedsięwzięcia w I i II etapie rejestracji. Źródło: Program Planista 6.5.20

Modele doboru składu brygad (planowane i wykonane)	Ilość i wartość robocizny produkcyjnej (R) według budżetu kosztorysowego	Stawka roboczo-godziny na zmianie roboczej I / II	Planowane wykonanie według harmonogramu: Modele A1, A2	Zarejestrowane wykonanie według etapu rejestracji: Modele A1', A2'	Różnica wartości planowanej w stosunku do wykonanej
I etap rejestracji: (16.11.2015) Modele A1 / A1'		25,50 / 0,00	[13.048,68 r-g] 332.740,25 zł (23,35%)	[9.716,35 r-g] 247.765,89 zł (17,39%)	[+3.332,33 r-g] + 84.974,36 zł (+5,96%)
II etap rejestracji: (31.12.2015) Modele A2 / A2'	[55.882,14 r-g] 1.424.993,98 zł (100,00%)	25,50 / 32,50	[42.833,46 r-g] 1.092.253,73 zł (76,65%)	[46.165,79 r-g] 1.239.706,17 zł (87,02%)	[–3.332,33 r-g] – 147.452,44 zł (–10,37%)
Wartość końcowa:		-	[55.882,14 r-g] 1.424.993,98 zł (100,00%)	[55.882,14 r-g] 1.487.472,06 zł (104,41%)	[0,00 r-g] – 62.478,08 zł (– 4,41%)



Rys. 5. Cyklogram kontrolny: „porównanie kosztów robocizny w kosztorysie i harmonogramie”. Model planowany (A2) ciągu procesów harmonogramu do dnia II etapu rejestracji (16.11.2015 – 31.12.2015). Źródło: Program Planista 6.5.20



Rys. 6. Cyklogram kontrolny: „porównanie kosztów robocizny w kosztorysie i harmonogramie”. Model wykonany (A2') ciągu procesów harmonogramu do dnia II etapu rejestracji (16.11.2015 – 31.12.2015). Źródło: Program Planista 6.5.20

5. Wnioski z badań i analiz

Przekroczenie budżetu robocizny kosztorysowej o wartość 4,41%, spowodowane okresowym zaangażowaniem do robót dodatkowych brygad roboczych, których cena pracy – stawka roboczogodziny – przekracza o 27,5% wartość stawki planowanej, generuje wzrost kosztów budowy o 16,7% (rys. 4 – różnica łącznych kosztów poniesionych i kosztów planowanych). Zjawisko to wynika ze struktury stawki robocizny kosztorysowej brutto, obejmującej – poza stawką netto – pulę kosztów pośrednich (ogólnych budowy i zarządu) oraz założonego zysku kalkulacyjnego. Zasilenie produkcji na placu budowy dodatkowymi brygadami roboczymi, najczęściej w systemie podwykonawczym, w którym zewnętrzna

firma oferuje własną, wyższą stawkę pracy – zakamufLOWaną w stawce akordowej, znajduje zatem uzasadnienie jedynie w przypadku, gdy kary umowne za przekroczenie terminu kontraktowego inwestycji przewyższają straty powstałe w wyniku takiej reorganizacji opóźnionego harmonogramu.

Aktualizacja realizowanego planu produkcji metodą wartości uzyskanej – w zaplanowanych dwóch etapach rejestracji robót – oraz wprowadzenie działań zaradczych, pozwoliły na podniesienie wartości wskaźnika harmonogramu o 15% – z poziomu 0,77 do 0,92.

Warto również zwrócić uwagę na wykonaną w dniu pierwszej kontroli wartość całkowitą analizowanej produkcji, sięgającą 36% łącznego budżetu inwestycji.

Literatura

- Kasprowicz T. (2002). Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych. *Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu*, Warszawa-Radom.
- Kosieradzka A. (2012). Zarządzanie Produktynościami w Przedsiębiorstwie. *Wydawnictwo C.H. Beck*, Warszawa.
- Krupski R. (2005). Zarządzanie Przedsiębiorstwem w Turbulentnym Otoczeniu. *Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne*, Warszawa.
- Kulińska E., Dornfeld A. (2009). Zarządzanie Ryzykiem Procesów. *Wydawnictwo Politechniki Opolskiej*, Opole.
- Lock D. (2009). Podstawy Zarządzania Projektami. *Wydawnictwo P.W.E.*, Warszawa.
- Marcinkowski R. (2002). Metody Rozdziału Zasobów Realizatora w Działalności Inżynieryjno-Budowlanej. *Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej*, Warszawa.
- Nowak E. (2011). Zarządzanie Kosztami i Efektami. *Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu*, Wrocław.
- Przywara D., Rak A. (2016). Outsourcing robót budowlanych jako sposób na rozwiązanie wysokich kosztów wewnętrznych w przedsiębiorstwie budowlanym. *Przegląd Budowlany*, 1/2016, 43-48.

EVALUATION OF SCHEDULE LABOUR COSTS IN RELATION TO PRODUCTION DELAYS

Abstract: Rational management of renewable resources means of production is the basic criterion for assessing the quality of the schedule, both in terms of generated production costs and labour time involved in production and equipment. The above-mentioned factors, in addition to the built-in materials, constitute direct price-setting elements. The comparison of labour costs incurred can be applied in case of less than planned efficiency of work, organizational disruptions affecting the duration of processes, or the distribution of different wages for working hours. The article attempts to estimate the changing costs of production labour, which is prone to periodic fluctuations in the number of independent work teams, appointed to overcome the unplanned delays. Tests were carried out using the earned value method.