

Użyteczność i zakres stosowania metody Earned Value Management przy realizacji kontraktów budowlanych

Agnieszka Dziadosz¹, Oleg Kapliński², Mariusz Rejment³

¹ *Institut Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Poznańska,
e-mail: agnieszka.dziadosz@put.poznan.pl*

² *Institut Architektury i Planowania Przestrzennego, Politechnika Poznańska,
e-mail: oleg.kaplinski@put.poznan.pl*

³ *Institut Budownictwa, Politechnika Wroclawska, e-mail: mariusz.rejment@pwr.wroc.pl*

Streszczenie: Metoda Earned Value umożliwia przewidywanie przyszłych wartości całkowitego kosztu oraz czasu realizacji przedsięwzięcia, a także pozwala na wczesne wykrycie niezgodności pomiędzy harmonogramem i budżetem przedsięwzięcia. Coraz częściej podkreśla się jej użyteczność do monitorowania i kontrolowania postępu robót w ujęciu czasowo-kosztowym. W pośredni sposób wykorzystywana jest do kontroli ryzyka w aspekcie przekroczenia kosztów realizacji przedsięwzięcia i nie dotrzymania terminu zakończenia inwestycji. Celem autorów niniejszego referatu było nie tylko wskazanie szeroko omawianych w literaturze zalet metody, jak również uwypuklenie pewnych nieścisłości przy stosowaniu Earned Value, które mogą wpłynąć na prognozowanie kosztów i daty zakończenia przedsięwzięcia. Wnioski opracowano na podstawie analizy kilkunastu realizacji.

Słowa kluczowe: kontrola postępu robót, ryzyko, wartość wypracowana

1. Wprowadzenie

Realizacja przedsięwzięcia budowlanego wiąże się z permanentnym podejmowaniem decyzji w zakresie organizacji, sposobu wykonania robót oraz zmian materiałowo-technologicznych. Wynika to w głównej mierze z podatności przedsięwzięć budowlanych na warunki losowe. Dlatego też wstępnie przyjęte plany organizacji robót oraz harmonogramy wrażliwe są na dezaktualizacje, a zmieniające się warunki na placu budowy warunkują konieczność ciągłej kontroli przebiegu przedsięwzięcia.

Do zarządzania przedsięwzięciem i sterowania procesami budowlanymi opracowane został różnorodne metody, narzędzia i systemy informatyczne wspomagające pracę kadry zarządzającej (menedżerów, kierowników budów, kierowników kontraktów, itp.). Poszukiwaniu różnych i bardziej skomplikowanych metod analizy danych sprzyja złożoność i wieloaspektowość problemów związanych z realizacją przedsięwzięcia [9, 11-14, 18, 20]. Problematyka związana z produkcją budowlaną zachęca do poszukiwania i poznawania nowych, jak również znanych już od wielu lat i powszechnie stosowanych za granicą metod. Jedną z takich metod, zaadoptowanych do warunków polskich, służących do monitoringu przebiegu przedsięwzięcia budowlanego jest metoda Earned Value Management.

2. Istota, założenia i wybrane nieścisłości metody Earned Value Management

Podstawowe założenia i wytyczne stosowania metody EVM są stosunkowo dobrze opisane w literaturze [4-8, 15-17, 19]. Metoda ta najpierw została rozpowszechniona jako analiza finansowa w amerykańskim programie rządowym. Jest powszechnie wykorzystywana przez Departament Obrony USA i NASA m.in. w inwestycjach budowlanych. Obecnie rozpatrywana jest jako jedna podstawowych metod, wchodząca do kanonu dobrych praktyk propagowanych przez Project Management Instytut, umożliwiająca przewidywanie przyszłych wartości całkowitego kosztu oraz czasu realizacji przedsięwzięcia, a także sprawdzenie stopnia wykorzystania budżetu i wykonania harmonogramu robót. Na uwagę zasługuje fakt ujednolicenia zapisów metody i ujęcia jej w postaci normy do obligatoryjnego stosowania. W roku 2006 Australijski Komitet Normalizacyjny opublikował normę AS 4817-2006 - Project performance measurement using Earned Value jako zastąpienie AS 4817-2003. Norma ta została opracowana na podstawie przewodnika PMBOK®PMI 2000 Edycja v1.2 wydanego przez PMI oraz normy amerykańskiej ANSI / EIA -748 --1998 z jednoczesnym dostosowaniem do warunków i regulacji australijskich. W Polsce jej stosowanie jest fakultatywne, aczkolwiek oprogramowanie komputerowe do zarządzania przystosowane jest do jej wykorzystania (m.in. MS Project wylicza podstawowe wskaźniki, służące diagnozie trendu w trakcie realizacji przedsięwzięcia) [21-23].

Z perspektywy stosowania metoda Earned Value opiera się w zasadzie na trzech zakresach danych związanych z kosztami przedsięwzięcia (ACWP, BCWS, BCWP). Pierwszy, podstawowy zakres danych to budżet bazowy z podziałem na poszczególne okresy rozliczeniowe oraz zakresy robót budowlanych (BAC - skumulowany budżet bazowy). Kolejne dwa zakresy opierają się na danych wynikowych o zrealizowanych oraz jeszcze trwających etapach robót, a także poniesionych kosztach. Dane te powinny być uzyskiwane od kierownictwa budowy (tj. faktycznie zrealizowany zakres rzeczowy celem określenia BCWP) oraz z ewidencji kosztów firmy (koszty poniesione do momentu kontroli na podstawie wystawionych faktur dla oszacowania ACWP). Podstawę kontroli czasowo-kosztowej przedsięwzięcia stanowią następujące mierniki efektywności:

- wskaźnik wykonania harmonogramu SPI/wskaźnik wykonania budżetu CPI,
- odchylenie harmonogramu SV/odchylenie kosztu CV,
- szacunkowy całkowity czas trwania projektu ETTC,
- wymagany wskaźnik realizacji dla planowanego kosztu TCPI (BAC)
- wymagany wskaźnik realizacji dla harmonogramu. TCPI (OD).

Jak można zauważyć, w metodzie EVM analiza opiera się na przeprowadzeniu kilku pomiarów wykorzystując odpowiednie wskaźniki w regularnych odstępach w czasie realizacji robót. Otrzymane wartości należy następnie porównać w celu oszacowania postępów przedsięwzięcia w stosunku do wstępnych założeń. Jak wykazała praktyka porównywanie rzeczywistości poniesionych kosztów do kosztów planowanych nie dało precyzyjnego obrazu stanu przedsięwzięcia z racji tego, że nie wykazało aktualnego postępu robót. Może pojawić się sytuacja, że wydaliśmy środków tyle ile było przewidzianych w budżecie na dany zakres robót, aczkolwiek nie zostały w rzeczywistości wykonane roboty w całości (np. tylko w 75%). Zatem możliwość odniesienia osiągniętych wyników finansowych do stanu realizacji poszczególnych robót, wydaje się właściwsze i daje pełniejszy obraz realizacji przedsięwzięcia.

Metoda ta jest przystępna i łatwa w użyciu zapewniając stosunkowo dokładną ocenę problemu. Jednakże pomimo wielu zalet coraz częściej zauważa się pewne nieścisłości.

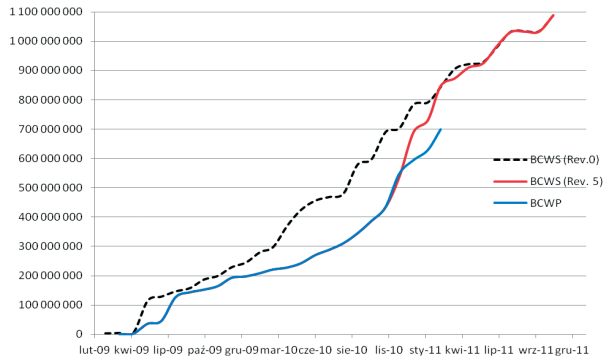
Jak wskazuje nazwa „metoda wartości wypracowanej” odnosi się do pracy wykonanej w trakcie trwania przedsięwzięcia. Niektórzy autorzy podkreślają, że w metodzie tej powinno uwzględniać się tylko zadania wykonane. Oznacza to, że wiele czynności bliskich ukończeniu nie będzie branych pod uwagę, co zaniży szacunki poczynionych postępów. Dlatego też doradza się, podzielenie przedsięwzięcia na mniejsze elementy oraz procentowe określenie zaawansowania postępu zadania. Kolejnym problemem jest nie tyle tworzenia ile zmiana linii bazowej w obliczu postępu robót i zaistniałych sytuacji w trakcie realizacji [19]. Taka sytuacja ma miejsce przy realizacji projektów innowacyjnych, gdzie w trakcie mogą nastąpić zmiany i nieprzewidziane zdarzenia. Wówczas zmienia się zakres budżetu, jak i harmonogram, a to z kolei ma wpływ na oszacowanie wskaźników oraz oszacowanie terminu zakończenia przedsięwzięcia. Po zmianie harmonogramu, krzywa BCWS najczęściej przyjmuje odmienny kształt i trudniej jest odnieść się do wcześniejszych analiz postępu robót. Następny problem wiąże się z jakością uzyskanych danych finansowo-rzeczowych z budowy. Może pojawić się taka sytuacja, że w ACWS ujęte mamy płatności za materiał, który został dostarczony na budowę, aczkolwiek będzie wbudowany w kolejnym okresie rozliczeniowym. Innym zagadnieniem jest odnoszenie odchylenia od harmonogramu do jednostek kosztowych a nie czasowych. W odpowiedzi na ten zarzut w literaturze zagranicznej pojawiła się koncepcja rozszerzenia EVM o Earned Schedule, umożliwiająca przejście z jednostek kosztowych na jednostki czasowe przy wyliczaniu wskaźników wykonania harmonogramu. Mimo to wspomniane nieścisłości nie umniejszają zalet i potencjału metody Earned Value Management.

3. Zakres stosowania EVM – weryfikacja na przykładach

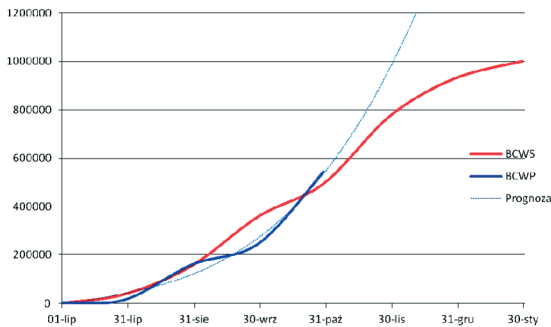
Z analizowanych przykładów wynika, że monitorując przedsięwzięcie przy pomocy metody wartości wypracowanej warto za każdym razem zidentyfikować przyczynę odchyłeń. Jeśli spowodowana jest ona tendencją chwilową (np. absencja członków zespołu projektowego, wzrost ceny pojedynczego komponentu itp.) prognozowanie kosztów (czasu realizacji) powinno być obliczone przy założeniu dalszej realizacji wybranych kosztów zgodnie z budżetem (harmonogramem). Jeśli jednak przyczyna odchyłeń ma charakter ciągły (długotrwała zmiana kursów walut, błąd wstępnego oszacowania nakładów pracy itp.) szacowany koszt końcowy (czas) powinien zostać wyznaczony przy założeniu utrzymującej się tendencji odchyłeń po uprzedniej modyfikacji harmonogramu [1-3, 10]. Ponieważ przedsięwzięcia budowlane podatne są na warunki losowe, stąd tak duża wrażliwość harmonogramów na dezaktualizację.

Rysunek 1 przedstawia odniesienie postępu robót do tworzonych w odstępach miesięcznych kolejnych harmonogramów, które z uwagi na skracanie czasu realizacji poszczególnych zadań traciły na aktualność już kilka dni po ich wydaniu. Jednakże, jak widać z kształtu krzywej BCWS (Rev.5) kolejne opracowania odnosiły się do wcześniejszego trendu na budowie. Kształt krzywej BCWS w pierwszych miesiącach został zachowany, tak aby można było w kolejnych okresach rozliczeniowych odnieść się do uprzednich wskaźników kontroli postępu robót.

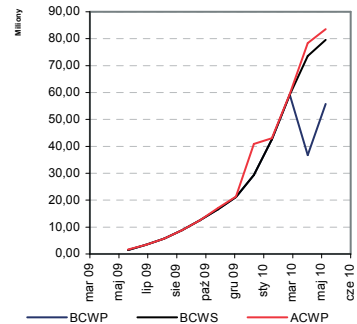
Kolejna opisana sytuacja wiąże się z działaniami, podjętymi w celu nadrobienia postępu zadań. Dążąc do zmniejszenia opóźnienia i jak najszybszego zamknięcia budynku, rozpoczęto montaż płyt obudowy ścian i dachu około 2 tygodnie przed planem, jednakże zmiany te nie zostały wprowadzone jako kolejna rewizja harmonogramu. Jak widać z rys. 2 BCWP - postęp robót znacznie wyprzedza plan. Jednakże w przypadku modyfikacji harmonogramu, uwzględniając przesunięcie robót, sytuacja nie jest adekwatna do tego co przedstawia rys. 2 Wówczas wskaźnik SPI wynosi 0,8 sugerując opóźnienie.



Rys. 1. Postęp prac w stosunku do kolejnych rewizji harmonogramu [2]



a) Predykcja postępu robót [2]

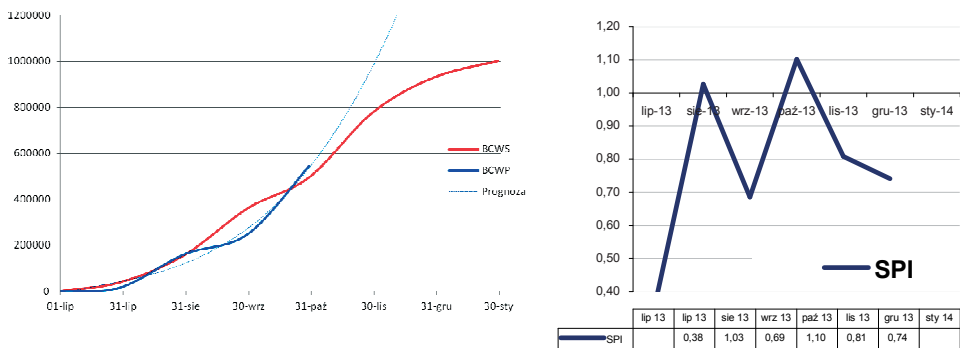


b) Zwiększony zakres robót nie ujętych w harmonogramie [10]

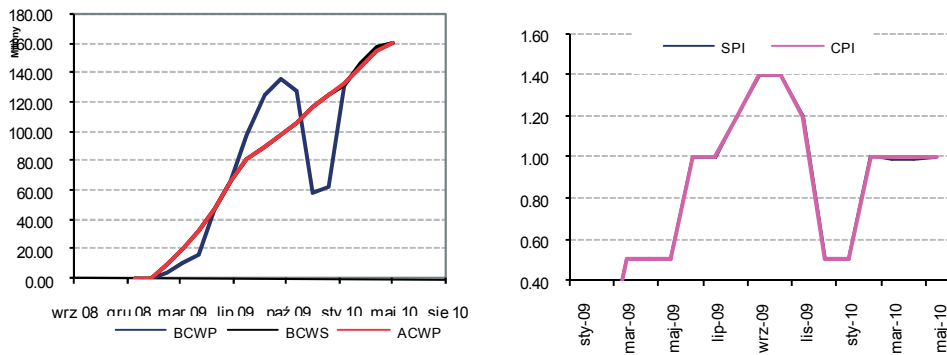
Rys. 2. Brak modyfikacji harmonogramu

Omówiony przykład uwypukla wrażliwość stosowania EVM na wprowadzane dane. Brak modyfikacji harmonogramu z uwagi na zmianę kolejności wykonania robót przedstawia optymistyczną wizję postępu, co nie jest adekwatne z rzeczywistością (2a). W przypadku sytuacji 2b. zwiększony zakres robót (roboty dodatkowe przy wykonaniu instalacji) nie został ujęty w harmonogramie. Wzrost kosztów z tym związany natomiast był ujmowany w ACWP.

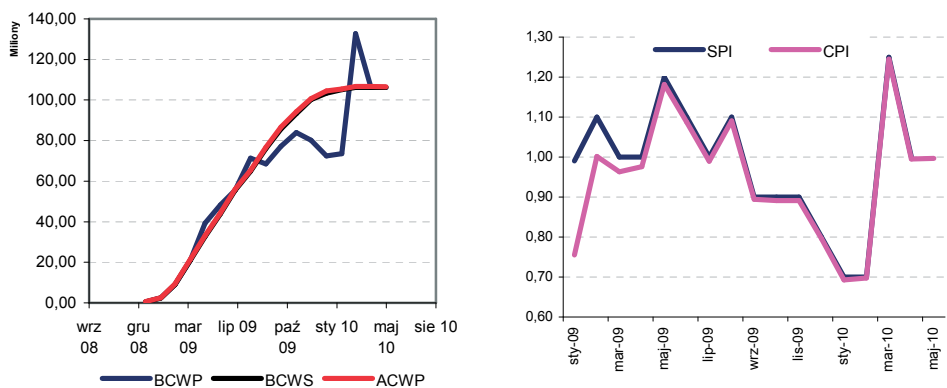
Na rys.3 widoczne jest spowolnienie tempa robót i postępującą stagnację. Systematycznie malejące pod koniec roku wartości SPI, w połączeniu ze spłaszczeniem krzywej BCWP (spowodowany upadkiem podwykonawcy i wycofaniem z placu budowy) wyraźnie wskazywały na znaczący spadek tempa robót, zagrażający terminowości budowy. Opisany przykład wskazuje na to, że metoda EV może być użyta do rozpoznania sygnałów zagrożenia ciągłości prac budowlanych, jednocześnie pamiętając o wrażliwości na wprowadzane dane do analizy. Podobną sytuację wskazuje rys.4. (krzywe oraz wskaźniki) dotyczący montażu konstrukcji stalowej, która była opóźniona w dwóch okresach. Pierwszy okres opóźnienia w harmonogramie spowodowany był błędnie wykonaną dokumentacją, natomiast drugi okres stagnacji spowodowany był niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. W najbardziej niekorzystnym okresie wskaźniki wynosiły 05 (widoczne spłaszczenie krzywej). Brak kompletnej dokumentacji oraz błędy projektowe (brak koordynacji pomiędzy branżami) spowodowały przestoje ekip roboczych oraz przedłużenie czasu pozostawienia odeskowań na placu budowy w przypadku wykonania konstrukcji żelbetowej (rys. 5).



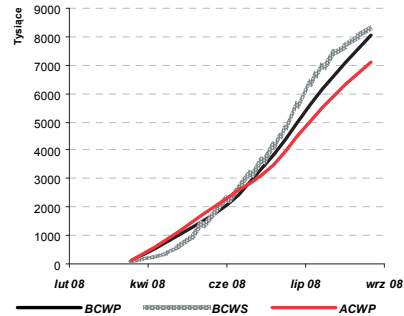
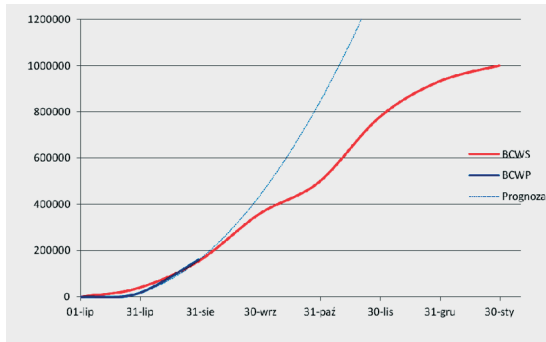
Rys. 3. Wpływ sytuacji na placu budowy na kształt krzywej BCWP [2]



Rys. 4. Wpływ sytuacji na placu budowy na kształtowanie się trendu [10]



Rys. 5. Wpływ sytuacji na placu budowy na kształtowanie się trendu [10]



a) Kwalifikacja dostawy materiałów jako zrealizowane zadanie [2]

b) Wpływ na ACWP dostarczonych elementów konstrukcji [1]

Rys. 6. Wpływ sytuacji na placu budowy na kształtowanie się trendu

Na rys. 6 a) widoczna jest sytuacja opisana wcześniej w niniejszym referacie, mianowicie dotycząca klasyfikacji zadań. Na budowę zostały dostarczone wszystkie elementy konstrukcji stalowej, z których duża część (przede wszystkim słupy) zamontowano. Działania te zaowocowały likwidacją początkowego opóźnienia, a nawet delikatnym wyprzedzeniem harmonogramu, na co wskazywał współczynnik SPI wynoszący 1,03 ($SV = 4\ 074,48$ zł, $SPI = 1,03$). Wskaźnik ten nie był jednak całkowicie wiarygodny wypuklając jednocześnie wrażliwość metody EV na sposób wprowadzania danych. W ramach robót uznanych za zakończone zakwalifikowano 100% dostawy elementów stalowych, mimo że faktycznie zainstalowano jedynie około 60% konstrukcji (tj. sposób klasyfikacji zadań zakończonych). Znacząca wartość elementów konstrukcji zawyżyła osiągnięty wynik. W takich przypadkach w analizie metodą EV uwzględnić należy tylko wartość dostarczonych materiałów proporcjonalną do ilości faktycznie wbudowanej. Drugi przykład także pokazuje wpływ wcześniej zakupionych aczkolwiek jeszcze nie wbudowanych elementów konstrukcji stalowej oraz zbrojenia na fundamenty na ACWP (także na wskaźnik CPI) na przełomie kwietnia i maja (rys 6 b.) Dlatego też w teorii często doradza się podzielenie przedsięwzięcia na mniejsze elementy, możliwe do lepszej weryfikacji oraz procentowe określenie zaawansowania postępu zadania tak, aby większość prac bliskich ukończeniu była brana pod uwagę. W opisaney sytuacji zaliczono dostawę jako zrealizowane zadanie w 100%. Postęp w wykonaniu konstrukcji stalowej był większy niż wskazywała na to sytuacja na placu budowy.

4. Podsumowanie

Pomimo pewnych nieścisłości i konieczności zachowania rygoru przy m.in. opracowaniu harmonogramu robót stanowiącego postawę kontroli postępu i wyliczenia podstawowych mierników efektywności przedsięwzięcia, metoda EVM zasługuje na uwagę. Jest stosunkowo prostym do wykorzystania oraz wartościowym narzędziem do wstępnej weryfikacji trendu kształtującego się na budowie. Pomimo że w Polsce jej stosowanie jest na chwilę obecną fakultatywne nie oznacza, że nie mogłaby wejść jako podstawowy dokument raportowania dla kadry zarządzającej. Wspomniane w referacie jej rozszerzenie w postaci Earned Schedule stanowi jej doskonałe uzupełnienie.

Z przytoczonych przykładów widać wpływ wprowadzanych danych do analizy na podstawowe wskaźniki EVM oraz na kształt krzywych: BCWS oraz BCWP. Najbardziej newralgicznym punktem analizy są modyfikacje harmonogramu z uwagi na sytuacje losowe występujące na placu budowy oraz sposób klasyfikacji kosztów.

Literatura

- 1 Banaszak J. Monitorowanie przebiegu inwestycji metoda wartości uzyskanej na przykładzie realizacji budynku DBS w Niepruszewie. Praca dyplomowa, IKB PP (2011).
- 2 Bauman T., Analiza rzeczowo – finansowa Podziemnego Magazynu Gazu. Praca dyplomowa, IKB PP (2013).
- 3 Czabańska J. Technologia budowy hali magazynowo-biurowej z zapleczem socjalnym w Wągrowcu z analiza finansową. Praca dyplomowa, IKB PP (2011).
- 4 Czarnigowska A. Earned value method as a tool for project control, *Architecture and Building* (2008) 3, 15-32
- 5 Czarnigowska A. Kontrola postępu realizacji przedsięwzięcia metodą Earned Value, *Przegląd Budowlany* (2009) 2, 50-55.
- 6 Czarnigowska A., Jaśkowski P., Biruk S., Project performance reporting and prediction: extensions of Earned value management, *International Journal of Business and Management Studies* nr.1, vol. 3, s. 11-20.
- 7 Czarnigowska A., Sobotka A., Metoda planowania i kontrolowania realizacji przedsięwzięć budowlanych, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 35, Zeszyt 1, 2011, 37-56.
- 8 Dałkowski B.: W trosce o publiczne pieniądze - zarządzanie projektami metodą Earned Value, *Materiały z III Konferencji Project Management*, s.1-8.
- 9 Dziadosz A., Przegląd wybranych metod wspomagających analizę ryzyka przedsięwzięć budowlanych, *Przegląd Budowlany*, 7-8, 2010, 76-77.
- 10 Gołębicki M. Zarządzanie kosztami na przykładzie modernizacji stadionu miejskiego w Poznaniu (Metoda Earned Value). Praca dyplomowa, IKB PP (2010).
- 11 Gajzler M., Dziadosz A., Szymański P. Problematyka wyboru metody wspomagającej podejmowanie decyzji w budownictwie, *Czasopismo Techniczne* z.1-B/2010, zeszyt 2 (107), 69-84.
- 12 Kapliński O. Development and usefulness of planning techniques and decision-making foundations on the example of construction enterprises in Poland, *Technological and Economic Development of Economy*, 2008, Vol.14, No.4, s. 492–502.
- 13 Kapliński O. Risk analysis of construction projects: From risk identification to contingency timetable. SEMC 2010: The Fourth International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Cape Town, South Africa, 6-8 September 2010. [in] A. Zingoni (Ed.), *Advances and Trends in Structural Engineering, Mechanics and Computation*, CRS Press Balkema, Taylor & Francis Group, London 2010. Abstract: 268, paper CD: 1051-1054.
- 14 Kapliński, O.; Dziadosz, A.; Zioberski, J.L. Próba standaryzacji procesu zarządzania na etapie planowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 58, (3/11/I), 2011, 79-100.
- 15 Połoński M., Kontrola kosztów budowy metodą EVM jako metoda ograniczenia ryzyka przekroczenia planowanego budżetu, *Przegląd Budowlany*, nr 10, 2010, s.46-52
- 16 Połoński M., Prognozowanie czasu zakończenia inwestycji na podstawie jej bieżącego zaawansowania, *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, TOM XIII/ 3, 2012, s.169-179
- 17 Sobotka A., Grochal D., Sterowanie realizacją przedsięwzięcia budowlanego z wykorzystaniem metody planowania i kontroli przebiegu robót, *Problemy przygotowania i realizacji inwestycji budowlanych*, *Warsztaty Inżynierów Budownictwa*, Wydawnictwo Wacetob Sp. Z o.o., Puławy 2009111-120
- 18 Turskis, Z.; Gajzler, M.; Dziadosz, A. Reliability, risk management, and contingency of construction processes and projects, *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(2), 2012, 290-298.
- 19 Weeb A. Wartość wypracowana w praktyce. Wydawnictwo PROED, Warszawa 2008.
- 20 Zavadskas, E.K.; Turskis, Z.; Tamošaitiene, J. Risk assessment of construction projects, *Journal of Civil Engineering and Management*, 16 (1), 2010, 33-46.
- 21 DOD Earned Value Management Implementation Guide, Washington: United States of America Department of Defense, 1997.
- 22 AS 4817-2006 (Australian Standard), Project performance measurement using Earned Value

- 23 ANSI (1998) American National Standards Institute standard on Earned Value Management System Guidelines, ANSI/EIA-748-A-1998 (R2002).

Usefulness and fields of the application of the Earned Value Management in the implementation of construction projects

Agnieszka Dziadosz¹, Oleg Kapliński², Mariusz Rejment³

¹ *Poznan University of Technology, e-mail: agnieszka.dziadosz@put.poznan.pl*

² *Poznan University of Technology, e-mail: oleg.kaplinski@put.poznan.pl*

³ *Wroclaw University of Technology, e-mail: mariusz.rejment@pwr.wroc.pl*

Abstract: The Earned Value Method allows the prediction of future values of the total cost and duration of the construction project realization, and also it allows the early detection of the collisions between the schedule and the construction project budget. It is more often indicated its usefulness for monitoring and controlling the construction work progress in the time and cost formulation. It is used, in the indirect way, to control the risk in terms of the cost overruns of the construction project realization and in case of the failure to meet the deadline for completion of the construction project. The authors' goal was not only to indicate the advantages of the method (widely discussed in the literature) but also to indicate some inaccuracies in the application of the Earned Value Method, which may affect the costs forecasting and the date of completion of the construction project. The conclusions are based on the analysis of several construction project realizations.

Keywords: control of construction progress, risk, earned value