

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2020), 29 (4), 485–493  
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2020), 29 (4)  
Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2020), 29 (4), 485–493  
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2020), 29 (4)  
<http://iks.pn.sggw.pl>  
DOI 10.22630/PNIKS.2020.29.4.42

**Jarosław KONIOR, Mariusz SZÓSTAK**

Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego  
Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Civil Engineering

## **Odchylenia i wykonania budżetu oraz harmonogramu przedsięwzięć budowlanych monitorowanych przez nadzór bankowy na przykładzie budynków zbiorowego zamieszkania** **Deviations and implementation of the budget and schedule of construction projects monitored by the bank supervision on the example of residential buildings**

**Słowa kluczowe:** zarządzanie przedsięwzięciami budowlanymi, koszt, czas, bankowy inspektor nadzoru

**Key words:** construction project management, cost, time, bank investment supervisor

### **Wprowadzenie**

Nadrzędnym celem prawidłowego i skutecznego zarządzania przedsięwzięciami budowlanymi jest zrealizowanie zadania inwestycyjnego w określonych parametrach czasowych, kosztowych, zgodnie z ustalonymi wymaganiami technicznymi i jakościowymi. Podstawowymi elementami decydującymi o powodzeniu lub porażce przedsięwzięcia budowlanego są więc: czas, koszt, jakość oraz zakres zadania inwestycyjnego (Mingus, 2001).

Każde przedsięwzięcie budowlane wymaga zrównoważenia tych elementów, ponieważ wszystkie od siebie wzajemnie zależą. Nie można modyfikować budżetu, harmonogramu ani zakresu przedsięwzięcia, nie zmieniając co najmniej jednego z pozostałych elementów (Kerzner, 2003). Przykładowo gdy zakres przedsięwzięcia wzrośnie, musi to wpłynąć na pozostałe elementy i wówczas jedynym sposobem utrzymania stałych relacji między tymi elementami jest wydłużenie czasu, zwiększenie kosztu przedsięwzięcia bądź obu naraz (Połowski, 2018).

Niedotrzymanie zaplanowanych parametrów czasowych, kosztowych i jakościowych przedsięwzięcia budowlanego może być konsekwencją istniejącego ryzyka lub niepewności. Każde zadanie

inwestycyjne narażone jest na różnego rodzaju ryzyko. Do najczęstszych rodzajów związanych z realizacją przedsięwzięć budowlanych należą: ryzyko czasowe, ryzyko kosztowe, jakość pracy, ryzyko budowlane i ryzyko technologiczne (Zavadskas, Turskis i Tamošaitienė, 2010). Z kolei niepewność może mieć mierzalną i niemierzalną formę (Araszkiewicz, 2016). Zarządzanie niepewnością to zarządzanie zarówno ryzykiem oraz szansami, jak i zagrożeniami oraz potencjałami (Głodziński, 2014).

Niestety przekroczenie planowanego budżetu i/lub czasu jest bardzo charakterystyczne dla przedsięwzięć budowlanych i istnieje mało prawdopodobieństwo, że inwestycja budowlana będzie przebiegać zgodnie z zaplanowanym harmonogramem rzeczowo-finansowym (Al-Jibouri, 2003).

Celem niniejszego artykułu jest analiza wybranych przedsięwzięć budowlanych monitorowanych przez nadzór bankowy w odniesieniu do występujących odchyłeń od harmonogramu i budżetu. Przedmiotem analiz były trzy budynki zbiorowego zamieszkania, a do analizy odchyłeń zastosowano powszechnie znaną metodę wartości wypracowanej (ang. *earned value method* – EVM).

### **Metoda wartości wypracowanej – przegląd literatury**

Prawidłowe zaplanowanie i skuteczne kontrolowanie oraz monitorowanie realizacji przedsięwzięć budowlanych jest istotne dla pomyślnej realizacji zadania inwestycyjnego. Obszerną grupę stosowanych metod kontroli i monitorowania przebiegu realizacji przedsię-

wzięć budowlanych stanowi metoda wartości wypracowanej. Metoda ta polega na kontroli zadania inwestycyjnego poprzez cykliczne porównywanie rzeczywiście zrealizowanego zakresu prac z ich planowanym czasem wykonania i planowanym kosztem realizacji zgodnie z przyjętym planowanym harmonogramem i budżetem projektu na początku realizacji zadania. Metoda wartości wypracowanej jest uważana za jedną z zaawansowanych technik kontroli projektów. Zarządzanie projektami z jej wykorzystaniem to dobrze znany system zarządzania, który integruje koszty, harmonogram i wydajność techniczną. Metoda ta umożliwia obliczanie odchyłeń kosztów i harmonogramu oraz wskaźników wydajności, prognoz kosztów projektu i czasu trwania harmonogramu. Wczesne poznanie tych wartości jest pomocne przy planowaniu ewentualnych działań naprawczych (Project Management Institute [PMI], 2008).

W literaturze można odnaleźć wiele prac przedstawiających skuteczne zastosowanie metody wartości wypracowanej w rzeczywistych przedsięwzięciach budowlanych, np. budowa trzech lotnisk w Belgii (Vandevoorde i Vanhoucke, 2006), budowa centrum logistycznego w Korei Południowej (Kwon, Kim, Paek i Eom, 2008), budowa infrastruktury kolejowej na półwyspie w Malezji (Khamidi, Ali i Idrus, 2011) czy budowa budynku użyteczności publicznej w Polsce (Połośki i Komendarek, 2011).

Metoda wartości wypracowanej jest przystępna i zapewnia stosunkowo dokładną ocenę problemu, jednak zauważalne są pewne nieścisłości i problemy z jej praktycznym wykorzystaniem. Istotnym problemem jest jakość uży-

skanych danych finansowo-rzeczowych z placu budowy. Metoda jest bardzo „wrażliwa” na wprowadzane dane, a najbardziej newralgicznym punktem analiz są modyfikacje harmonogramu z uwagi na sytuacje losowe występujące na placu budowy oraz sposób klasyfikacji kosztów (Dziadosz, Kapliński i Rejment, 2014). Dodatkowymi problemami, które pojawiają się w praktycznym zastosowaniu metody wartości wypracowanej, są: trudność w prawidłowym i rzeczywistym określeniu procentowego zaawansowania wykonanych prac, niepełne dane o rzeczywistych kosztach poniesionych na dzień kontroli. Wskazane nieprawidłowości mogą prowadzić do błędnych interpretacji otrzymanych wskaźników i szacowanych terminów zakończenia oraz kosztów projektu (Czarnigowska, 2008). Co podkreślają przeprowadzone badania, szacowany koszt i czas trwania są bardzo „wrażliwe” na dane wykorzystywane w analizie. Chcąc uzyskać najbardziej wiarygodne oszacowanie kosztów i czasu trwania inwestycji, należy prowadzić analizy zgodnie z faktycznym postępem realizacji projektu. Szacowane rzeczywiste koszty i czas trwania nie są niezawodne w pierwszym okresie projektu, a stabilizują się dopiero w drugim okresie, w którym w zależności od scenariusza przyjętego dla dalszych prac szacują rzeczywiste wartości z dużą dokładnością (Ziółkowska i Połński, 2015).

Klasycznie metodę wartości wypracowanej stosuje się przy zarządzaniu kosztami, a nie do prognozowania czasu trwania projektu. Najnowsze trendy badawcze wykazują wzrost zainteresowania wykorzystaniem dodatkowych wskaźników wydajności do przewidy-

wania całkowitego czasu trwania projektu (Khamooshi i Golafshani, 2004). Rozszerzeniem metody wartości wypracowanej jest np. dodanie elementu dotyczącego zarządzania wypracowanym czasem (ang. *earned duration management* – EDM). Wiąże się to z wprowadzeniem standardowo niestosowanych dodatkowych miary, takich jak: wskaźnik wydajności projektu, wypracowany wskaźnik czasu trwania oraz współczynnik zgodności (Andrade, Martens i Vanhoucke, 2019).

### **Źródła danych o przedsięwzięciach budowlanych**

Aby osiągnąć postawiony cel badań, tzn. dokonać analizy trzech wybranych przedsięwzięć budowlanych monitorowanych przez nadzór bankowy w odniesieniu do występujących odchyleń od harmonogramu i budżetu, niezbędne było pozyskanie rzeczywistych danych dotyczących zakończonych i skutecznie zrealizowanych przedsięwzięć budowlanych. Podstawowymi danymi niezbędnymi do przeprowadzenia badań są zaplanowany budżet i czas trwania inwestycji w formie harmonogramu rzeczowo-finansowego oraz informacje o rzeczywistym przebiegu procesu budowlanego, zwłaszcza wartościach zapłaconych i wykonanych/wypracowanych robót budowlanych.

Dane do badań zgromadzono podczas wieloletniej praktyki autorów świadczących usługi bankowego inspektora nadzoru w imieniu banków udzielających kredyty inwestycyjne dla zamówień niepublicznych. Pozyskano dane dotyczące 40 inwestycji budowlanych, tj. 536 raportów sporządzonych przez uczest-

niczących w przebiegu analizowanych przedsięwzięć budowlanych inspektorów nadzoru bankowego (Bauer-Celny, Konior i Szóstak, 2006–2019).

Autorzy artykułu gromadzili i przetwarzali znaczącą część tych danych podczas prowadzonych comiesięcznych bezpośrednich inspekcji techniczno-finansowych na placach budów realizowanych inwestycji. Zebrane dane były wynikiem pomiarów bieżącego stanu zaawansowania harmonogramu i wykonanych robót budowlanych. Narastające wartości wykonanych prac na terenie budowie stanowiły skumulowany koszt, który określany cyklicznie i spójnie przez tych samych autorów z audytorskim podejściem do pomiaru wyznaczał przebieg krzywej odpowiadającej monitorowanej i kontrolowanej inwestycji budowlanej. Każda wartość kosztu wykonanych robót budowlanych w kontrolowanym okresie rozliczeniowym była wielokrotnie sprawdzana i weryfikowana – najpierw przez generalnego wykonawcę i podwykonawców, potem przez wielobranżowych inspektorów nadzoru, następnie przez zespół bankowego inspektora nadzoru i ostatecznie przez departament analiz ryzyk inwestycyjnych banku finansującego. Wartości kosztów wykonanych robót budowlanych były każdorazowo przedstawiane i przetwarzane dokumentacyjnie – w protokołach przerobu i raportach BIN. Wydanie raportu wstępnego, miesięcznego i końcowego BIN było poprzedzone wewnętrznym sprawdzeniem poprawności i weryfikacją spójności środków finansowych wskazywanych do finansowania lub refinansowania przez bank.

Zgodnie z przyjętą metodologią znając planowany koszt całkowity ro-

bót (*BAC*) i czas wykonania (*PD*), po oszacowaniu kosztów rzeczowego postępu robót (*EV*), porównaniu go z wartościami zaplanowanymi w okresie objętym aktualizacją (*PV*) oraz po zebraniu danych o rzeczywistych kosztach wykonanych robót (*AC*) można wyznaczyć podstawowe wskaźniki świadczące o realnym postępie prac, tj.: wskaźnik wykorzystania kosztu (*CPI*) oraz wskaźnik wykonania harmonogramu (*SPI*), a także prognozowane całkowite koszty zakończenia robót (*EAC*) oraz prognozowany całkowity czas wykonania robót (*ETTC*). Formuły obliczeniowe według EVM są powszechnie znane i opisane w wielu publikacjach (Połoński i Komen-darek, 2011; Połoński, 2015; Połoński i Ziółkowska, 2018).

## Analiza pomiaru czasu i kosztu

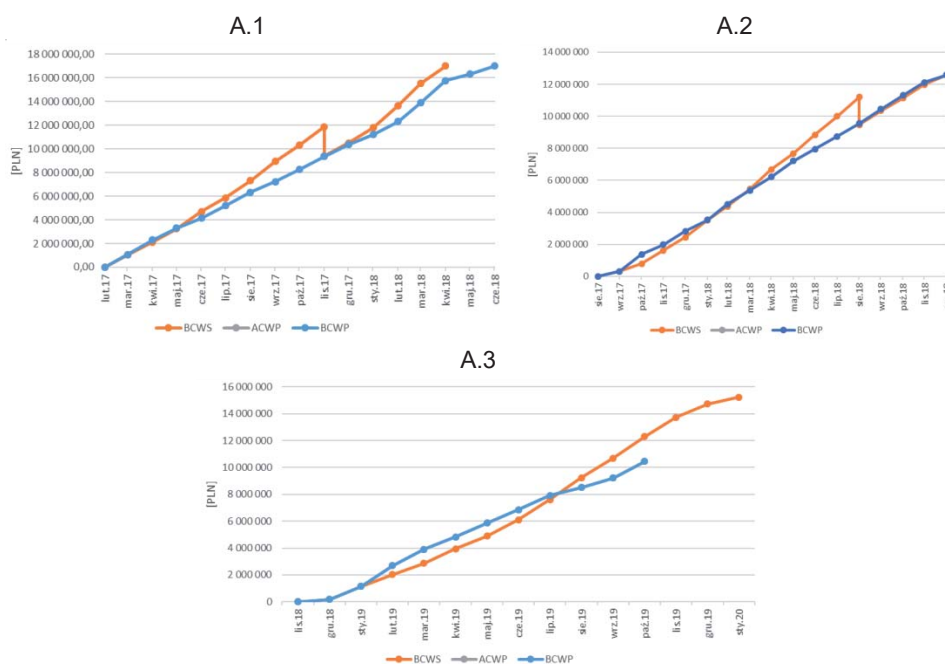
W niniejszym artykule przedstawiono przykładową analizę przeprowadzoną dla wybranych trzech przedsięwzięć budowlanych dotyczących budynków zbiorowego zamieszkania. Podstawowe dane o analizowanych przedsięwzięciach przedstawiają się następująco:

- przedsięwzięcie A.1: planowany koszt całkowity robót wynosił 17 002 557 PLN netto, planowany czas wykonania: marzec 2017 – marzec 2018 r. (tj. 13 miesięcy), rzeczywisty koszt całkowity robót wyniósł 17 002 557 PLN netto, a rzeczywisty czas wykonania: marzec 2017 – czerwiec 2018 r. (tj. 16 miesięcy),
- przedsięwzięcie A.2: planowany koszt całkowity robót wynosił 12 580 200 PLN netto, planowa-

- ny czas wykonania: wrzesień 2017 – październik 2018 r. (tj. 14 miesięcy), rzeczywisty koszt całkowity robót wyniósł 12 580 200 PLN netto, a rzeczywisty czas wykonania: wrzesień 2017 – grudzień 2018 r. (tj. 16 miesięcy),
- przedsięwzięcie A.3: planowany koszt całkowity robót wyniósł 15 231 003 PLN netto, planowany czas wykonania: grudzień 2018 – styczeń 2020 r. (tj. 14 miesięcy). Analiza dla tego przedsięwzięcia obejmuje okres od grudnia 2018 do października 2019 r., dlatego planowany koszt w analizowanym okresie wyniósł 12 313 827 PLN netto, a rzeczywisty koszt robót wyniósł 10 457 726 PLN netto.

Na rysunku 1 przedstawiono planowany koszt całkowity robót w porównaniu do rzeczywistego kosztu robót dla analizowanych przedsięwzięć budowlanych. Wykresy kosztów skumulowanych przypominają kształtem literę „S”. Krzywe na początku i końcu realizacji są bardziej płaskie, a pomiędzy nachylenie jest strome.

Analizowane przedsięwzięcia budowlane realizowane były zgodnie z planowanymi budżetami. Krzywe *ACWP* pokrywają się z krzywymi *BCWP*. Dla przedsięwzięć A.1 i A.2 w pierwszych miesiącach ( $0,2 < t < 0,6$ , gdzie  $t$  to całkowity czas trwania przedsięwzięcia budowlanego) tych realizacji dostrzeżalny jest większy postęp niż planowa-

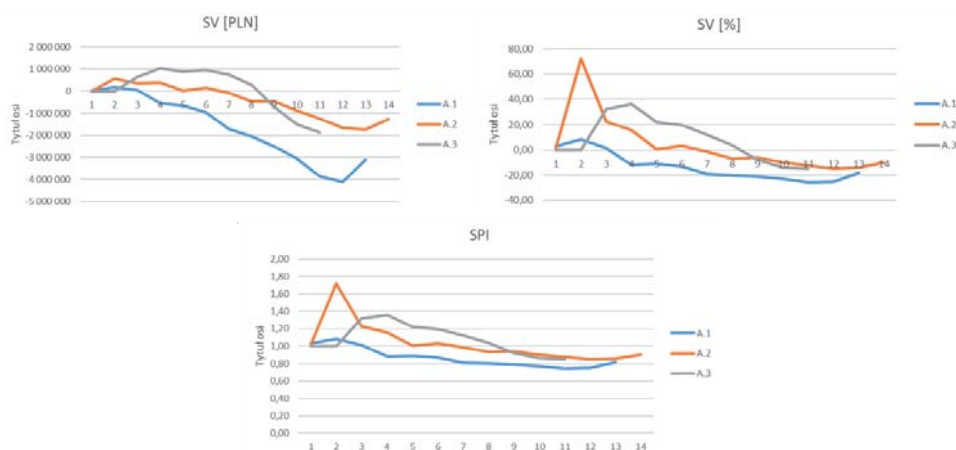


RYSUNEK 1. Planowany koszt całkowity robót w porównaniu do rzeczywistego kosztu robót dla analizowanych przedsięwzięć budowlanych (opracowanie własne)  
 FIGURE 1. The budgeted cost of the work scheduled versus the actual cost of the work performed for the analyzed construction projects (own elaboration)

no ( $ACWP > BCWS$ ). Potwierdzają to wykresy wskaźników oceny stopnia zaawansowania robót (rys. 2).

czyną opóźnienia prac na terenie budowy przedsięwzięcia A.2.

Każda inwestycja odnotowała ujem-



RYSUNEK 2. Zmienność podstawowych wskaźników  $SV$ ,  $SV\%$  oraz  $SPI$  dla analizowanych budynków zbiorowego zamieszkania (opracowanie własne)

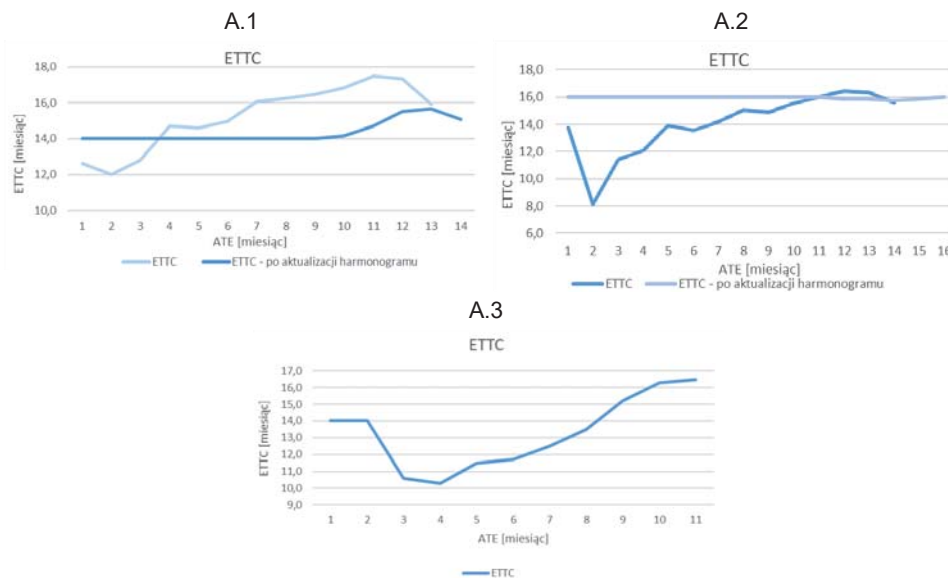
FIGURE 2. Variability of basic indicators  $SV$ ,  $SV\%$  and  $SPI$  for the analyzed residential buildings (own elaboration)

W trzecim miesiącu budowy wykonano o 20–30% więcej prac niż zakładano (dotyczy to przedsięwzięć A.2 oraz A.3), od czwartego miesiąca widoczny jest zaś trend spadkowy wszystkich krzywych wskaźników. Zauważalne są również ujemne odchylenia od harmonogramu  $SV$ , które świadczy o opóźnieniu. W przypadku przedsięwzięcia budowlanego A.1 sytuacja ta związana była z trudnościami technologicznymi oraz większą pracochłonnością niż przewidywano w wykonaniu dwukondygnacyjnego wykopu szerokoprzestrzennego w ścianie szczelinowej, warunkami pogodowymi (kilkunastostopniowy mróz dobowy) oraz rynkowymi trudnościami kontraktowania podwykonawców przez generalnego wykonawcę. Zbyt mała liczba pracowników była również przy-

ne odchylenie (opóźnienie) od harmonogramu, co wiązało się z koniecznością jego aktualizacji. Wystąpienie opóźnień potwierdza wykres wskaźników wykonania harmonogramu przedstawiony na rysunku 3 ( $SPI < 1$ ). Z tego powodu podczas trwania realizacji wykonano aktualizację harmonogramów rzeczowo-finansowych w celu utrzymania możliwości wiarygodnego monitorowania kosztu i czasu prowadzonego zadania.

Na rysunku 3 zaprezentowano wykresy rozkładu zmiennej  $ETTC$  analizowanych realizacji. Widoczne jest, że w pierwszej fazie przedsięwzięcia (25% zaawansowania harmonogramu) prognozy mają małą trafność. Dwa przedsięwzięcia inwestycyjne (A.1 oraz A.2) zakończono po 16 miesiącach. Dostrzegalne jest, że w drugiej połowie reali-





RYSUNEK 3. Wykresy prognozy całkowitego czasu trwania analizowanych budynków zbiorowego zamieszkania (opracowanie własne)

FIGURE 3. Forecasts of the total duration of for the analyzed residential buildings (own elaboration)

zacji wartość wskaźnika *ETTC* determinowana jest niewielkim odchyleniem od rzeczywistego terminu zakończenia prac.

### Wnioski ogólne i podsumowanie

Analiza odchyień i wykonania budżetu oraz harmonogramu przedsięwzięć budowlanych monitorowanych przez nadzór bankowy wykazała, że:

- obliczenia wykonane zgodnie z metodą wartości wypracowanej pozwalają na ocenę rzeczywistości wypracowanych kosztów poszczególnych przedsięwzięć inwestycyjnych,
- na podstawie kilku prostych parametrów (*EV*, *PV*, *AC*) i wynikających z nich wskaźników (*CPI*, *SPI*, *EAC*, *ETTC*) można szybko ocenić rzeczy-

- wisty postęp przedsięwzięć budowlanych,
- szacowane rzeczywiste koszty i czas trwania nie są niezawodne w pierwszym okresie projektu, a stabilizują się dopiero w drugim okresie, w którym w zależności od scenariusza przyjętego dla dalszych prac szacują rzeczywiste wartości z dużą dokładnością, co wskazują uzyskane wyniki dla analizowanych przedsięwzięć budowlanych,
- analiza i cykliczne monitorowanie wskaźników *CPI* i *SPI* pozwala na prawidłowe zarządzanie przedsięwzięciami inwestycyjnymi. Otrzymane wartości pozwalają w odpowiednim czasie na podjęcie działań związanych z aktualizacją harmonogramów rzeczowo-finansowych w celu odzwierciedlenia stanu fak-

tycznego i prawidłowe oszacowanie rzeczywistych kosztów i wyznaczenie realnego terminu zakończenia przedsięwzięcia.

W artykule analizę przeprowadzono tylko dla wybranych budynków biurowego zamieszkania. Uzasadnione jest kontynuowanie badań w odniesieniu do występujących odchyłeń od harmonogramu i budżetu dla różnych obiektów budowlanych, np. budynków biurowych, obiektów handlowo-usługowych, budynków hotelowych i innych.

## Literatura

- Al-Jibouri, S.H. (2003). Monitoring systems and their effectiveness for project cost control in construction. *International Journal of Project Management*, 21(2), 145-154.
- Andrade, P.A., Martens, A. de i Vanhoucke, M. (2019). Using real project schedule data to compare earned schedule and earned duration management project time forecasting capabilities. *Automation in Construction*, 99, 68-78.
- Araszkiewicz, K. (2016). Zarządzanie ryzykiem przedsięwzięć budowlanych w środowisku wieloprojektowym. *Finanse, Tynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 4(82), 559-569.
- Bauer-Celny, A., Konior, J. i Szóstak, M. (2006–2019). Initial, Monthly, Close-out Reporting of Bank Investment Supervision; PM Group Polska sp. z o.o. 2006–2015 and 3EPCM sp. z o.o. 2016–2019; Wrocław, Poland.
- Czarnigowska, A. (2008). Earned value method as a tool for project control. *Budownictwo i Architektura*, 3(2), 15-32.
- Dziadosz, A., Kapliński, O. i Rejment, M. (2014). Usefulness and fields of the application of the Earned Value Management in the implementation of construction projects. *Budownictwo i Architektura*, 13(4), 357-364.
- Głodziński, E. (2014). Zarządzanie projektami w warunkach niepewności – zakres i metodyka. *Przegląd Organizacji*, 7, 34-40.
- Kerzner, H. (2003). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York NY: John Wiley & Sons.
- Khamidi, M.F., Ali, W. i Idrus, A. (2011). Application of Earned Value Management System on an Infrastructure Project: A Malaysian Case Study. *International Conference on Management Science & Engineering*, 8, 1-5.
- Khamooshi, H. i Golafshani, H. (2014). EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1019-1041.
- Kwon, O., Kim, S., Paek, J. i Eom, S.J. (2008). Application of Earned Value in the Korean Construction Industry. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7(1), 69-76.
- Mingus, N. (2001). *Alpha Teach Yourself Project Management*. New York: Simon & Schuster.
- Połoński, M. (2015). Kontrola kosztów realizacji obiektu budowlanego metodą Earned Value. W T. Kasprówic (red.), *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych: Rekomendowane metody i techniki* (strony 81-125). Warszawa: Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN.
- Połoński, M. (2018). *Kierowanie budowlanym procesem inwestycyjnym*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Połoński, M. i Komendarek, P. (2011). Bieżąca kontrola kosztów realizacji obiektu budowlanego metodą earned value. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 12(2), 279-290.
- Połoński, M. i Ziółkowska, A. (2018). Prognozowanie w metodzie EVM terminu i kosztu końcowego realizacji obiektu na podstawie bieżącego zaawansowania. W A. Sobotka, E. Radziszewska-Zielina (red.), *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych: problemy, modele, metody* (strony 207-233). Warszawa – Kraków: Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN.
- Project Management Institute [PMI] (2008). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Vandevoorde, S. i Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, 24(4), 289-302.



Zavadskas, E.K., Turskis, Z. i Tamodaitienė, J. (2010). Risk assessment of construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(1), 33-46.

Ziółkowska, A. i Połośki, M. (2015). Application of the EVM method and its extensions in the implementation of construction objects. *Engineering Structures and Technologies*, 7(4), 189-196.

## Streszczenie

**Odchylenia i wykonania budżetu oraz harmonogramu przedsięwzięć budowlanych monitorowanych przez nadzór bankowy na przykładzie budynków zbiorowego zamieszkania.** Kluczowymi elementami decydującymi o powodzeniu lub porażce przedsięwzięć budowlanych są czas i koszt. Celem artykułu jest analiza i ocena przebiegu zróżnicowanych przedsięwzięć budowlanych w zakresie badania odchylenia i wykonania budżetu oraz harmonogramu przedsięwzięć budowlanych. Obliczenia wykonane zgodnie z metodyką wartości wypracowanej (ang. *earned value method* – EVM) pozwoliły na ocenę rzeczywistości wypracowanych harmonogramów oraz kosztów poszczególnych zadań inwestycyjnych. Dane do analizy pozyskano z własnych doświadczeń i pracy zawodowej autorów artykułu świadczących usługi bankowego inspektora nadzoru w latach 2006–2019 w imieniu banków udzielających kredyty inwestycyjne dla zamówień niepublicznych.

## Summary

**Deviations and implementation of the budget and schedule of construction projects monitored by the bank supervision on the example of residential buildings.** Time and cost are key elements that determine the success or failure of construction projects. The aim of the article is to analyze and assessment of the course of various construction projects in the field deviations and implementation of the budget and schedule of construction projects. Calculations made in accordance with the earned value methodology allowed the assessment of the actual cost of the work performed and scheduled for the analyzed construction projects. The data for analysis was obtained from the authors' own experience and professional work. The authors carried out bank investment supervision in the years 2006–2019 on behalf of the banks that grant investment loans for non-public contracts.

### Authors' address:

Jarosław Konior  
(<https://orcid.org/0000-0002-3824-1948>)  
Mariusz Szóstak – corresponding author  
(<https://orcid.org/0000-0003-4439-6599>)  
Politechnika Wrocławska  
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego  
Katedra Budownictwa Ogólnego  
pl. Grunwaldzki 11, 50-377 Wrocław  
Poland  
e-mail: [mariusz.szostak@pwr.edu.pl](mailto:mariusz.szostak@pwr.edu.pl)