

# Przebieg krzywych kosztów wypracowanych w zróżnicowanych sektorach inwestycyjnych

## Course of cost curves developed in various investment sectors

dr hab. inż. Jarosław Konior, prof. uczelni (ORCID: 0000-0002-3824-1948), mgr inż. Tomasz Stachoń (ORCID: 0000-0002-1220-0494), Katedra Budownictwa Ogólnego, Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.3647

**Streszczenie:** Celem artykułu jest analiza i ocena przebiegu zróżnicowanych przedsięwzięć budowlanych w zakresie wypracowanego kosztu oraz wskazanie podstawowych przyczyn odchyleń kosztowych robót rzeczywiście wykonanych na budowie. Z uwagi na użycie około 75% środków finansowych w fazie wykonawczej dla etapu realizacji robót dokonano analizy zgodnie z metodą Earned Value Method pozwalającą na ocenę rzeczywiście osiągniętych budżetów różnorodnych zadań inwestycyjnych. Zaobserwowano analogie w ułożeniu krzywych skumulowanych przepływów pieniężnych, zarówno w ramach tych samych grup obiektów budowlanych, jak i pomiędzy nimi.

**Słowa kluczowe:** Metoda Wartości Wypracowanej, odchylenie kosztu, sektory inwestycyjne.

**Abstract:** The aim of the article is to analyse and evaluate the course of diversified construction projects in terms of the generated cost and to indicate the basic reasons for the cost deviations of the works actually performed on the construction site. Due to the utilization of about 75% of funds in the execution phase, for the execution phase of the works, analysis was carried out in accordance with the Earned Value Method allowing the assessment of actually achieved budgets of various investment tasks. Analogies were observed in the alignment of cumulative cash flow curves, both within and between the same groups of construction facilities.

**Keywords:** Earned Value Method, cost variance, investment sectors.

## 1. Wprowadzenie

Branża budowlana charakteryzuje się dużą złożonością realizowanych procesów budowlanych. Realizacja przedsięwzięć budowlanych jest specyficzna i szczególnie trudna, ponieważ każda realizacja jest niepowtarzalnym, złożonym i dynamicznym procesem, składającym się z kilku lub kilkunastu powiązanych ze sobą podprocesów, w których biorą udział różni uczestnicy procesu inwestycyjnego [2]. Prawidłowe zaplanowanie całego procesu budowlanego jest czynnością bardzo ważną, mającą bezpośredni wpływ na osiągnięcie sukcesu w realizacji zamierzenia inwestycyjnego [4].

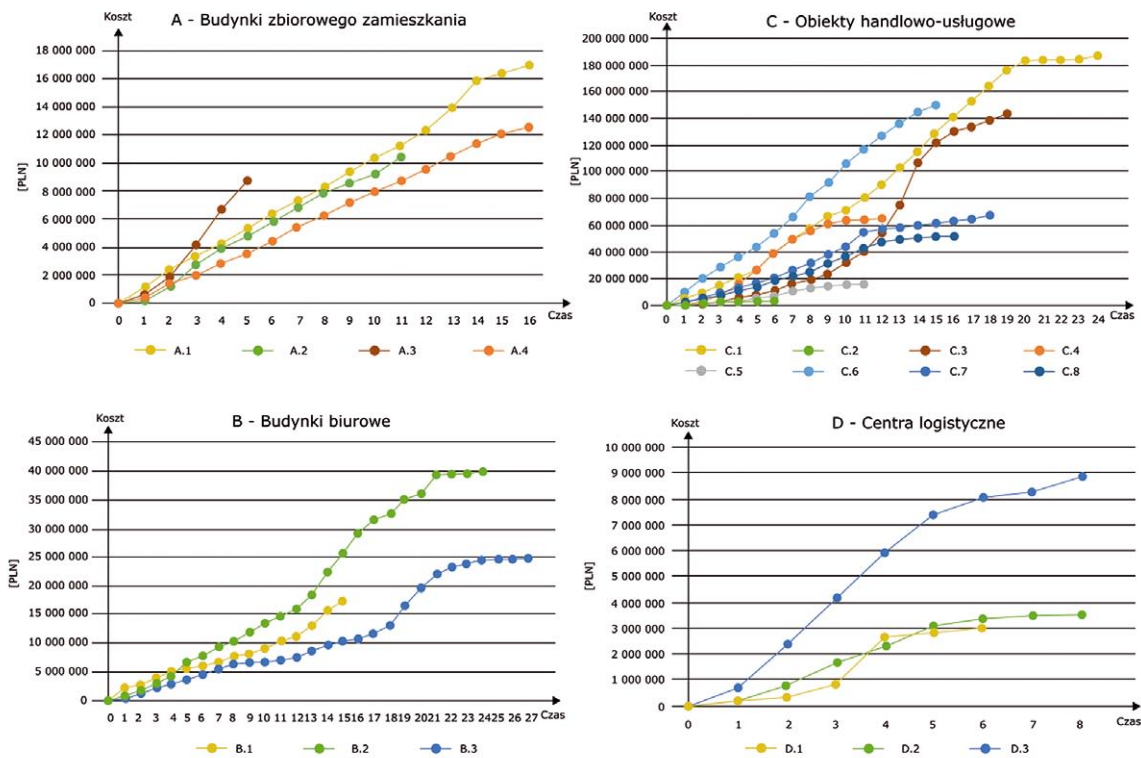
## 2. Wpływ planowania na realizację przedsięwzięcia

Podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych często występującym zjawiskiem jest przekroczenie zaplanowanego budżetu i/lub niedotrzymanie zaplanowanych terminów realizacji [9, 11]. Przekroczenie zatwierdzonego budżetu jest często integralną częścią realizacji projektów budowlanych, zwłaszcza tych, w których mogą wystąpić nieprzewidziane zagrożenia, odstępstwa od planu [6]. Niedotrzymanie zaplanowanych parametrów czasowych, kosztowych i jakościowych przedsięwzięcia budowlanego może być konsekwencją powstających ryzyk lub niepewności [10]. Ich

wystąpienie ma niekorzystny wpływ na projekt, a w skrajnym przypadku może prowadzić nawet do niepowodzenia całego przedsięwzięcia [1].

Istotny wpływ na płynność finansową przedsiębiorstwa oraz na osiągnięcie sukcesu w realizacji danego przedsięwzięcia ma prawidłowe zaplanowanie przepływów finansowych. Przez to zadanie rozumie się zarówno prawidłowe zaplanowanie kosztów w fazie realizacji, jak również na etapie składania ofert przez wykonawców robót [7]. Terminowa realizacja przedsięwzięć budowlanych oraz redukcja czasu ich wykonania wpływa na efektywność ekonomiczną inwestycji [3].

Dlatego tak ważne jest prawidłowe opracowanie inwestorskiego harmonogramu rzeczowo-finansowego z określonymi terminami rozpoczęcia i zakończenia przedsięwzięcia, z odpowiednimi powiązaniem pomiędzy zadaniami, z określonymi czasami trwania poszczególnych zadań i kosztami ich realizacji [5]. Tylko solidny plan pracy, racjonalny do wykonania harmonogram rzeczowo-finansowy może zwiększyć wydajność pracy i umożliwić wykonawcom prawidłowe wykonanie umowy przy najniższych kosztach [8]. Oczywiście weryfikacja poprawności zaplanowanych kosztów i czasu inwestycji następuje dopiero „post factum”, tj. w momencie zakończenia inwestycji, dlatego poszukuje się metod i narzędzi wspomagających prawidłowe zaplanowanie przedsięwzięcia budowlanego [12–14].



Rys. 1. Wykresy zbiorcze krzywych kosztowych dla różnych sektorów inwestycyjnych

W artykule przeprowadzono analizę porównawczą różnych sektorów inwestycyjnych pod kątem przebiegu krzywych kosztowych. Przeprowadzona analiza ma na celu określenie, czy istnieją podobieństwa lub różnice między trendami i przebiegami krzywych wartości kosztów wypracowanych w zróżnicowanych sektorach inwestycyjnych. Zrozumienie trendów w poszczególnych sektorach inwestycyjnych pozwoli na określenie wskazówek w postaci rekomendacji dla prawidłowego planowania przedsięwzięć inwestycyjnych z aspekcie kosztu i czasu ich trwania.

### 3. Porównanie przebiegu krzywych kosztów wypracowanych

Wykresy zbiorcze krzywych kosztowych, odpowiadające planowanym kosztom rzeczywiście wykonanych robót, zadań inwestycyjnych z 4 różnych sektorów inwestycyjnych: A – budynki zbiorowego zamieszkania, B – budynki biurowe, C – obiekty handlowo-usługowe oraz D – centra logistyczne, zrealizowanych w latach 2006–2022 w Polsce przedstawiono na rysunku 1. Zgromadzone dane poddane analizie pochodzą od jednego, niezależnego podmiotu świadczącego usługi, tj. od Bankowego Inspektora Nadzoru. Analizując przedstawione na rysunku 1 przebiegi krzywych kosztowych w ramach danego sektora inwestycyjnego, można stwierdzić, że wykazują one duże podobieństwo. Duże podobieństwo oznacza, że przepływy pieniężne w ramach tego samego sektora przebiegają podobnie. Sytuacja zmienia się w momencie, kiedy porównujemy między sobą różne

sektory/grupy zadań inwestycyjnych. Porównując przebiegi krzywych dla różnych sektorów zauważalna jest ich duża różnorodność. I tak na przykład wyznaczone krzywe dla sektora A – budynki zbiorowego zamieszkania cechują się dążeniem do liniowości, natomiast wykresy kosztowe dla sektora B – budynki biurowe wielokrotnie załamują się, a ich nachylenie względem odciętej jest małe, w przeciwieństwie do krzywych sektora D – centra logistyczne, które od początku układają się bardziej stromo, zachowując literaturowy, klasyczny kształt litery krzywej „S”. Ze względu na duże zróżnicowanie obiektów należnych do sektora C – obiekty handlowo-usługowe krzywe charakteryzują się dużą zmiennością. W tym sektorze występują przykłady realizacji o małym początkowym przyroście, jak i nachylenie pod dużym kątem, przypominające linie proste, a także ze znacznymi krzywiznami.

Co więcej, w przypadku każdego zadania inwestycyjnego należącego do sektora A (budynki zbiorowego zamieszkania) w pierwszych miesiącach trwania budowy prace były prowadzone szybciej niż zakładano (dodatnie odchylenie od harmonogramu), zaś wszystkie inwestycje w sektorze B (budynki biurowe) w początkowej fazie realizowano zgodnie z planem (odchylenie od harmonogramu równe zero). Realizacje sektora C (obiekty handlowo-usługowe) w pierwszych miesiącach budowy odnotowały zarówno dodatnie, jak i ujemne odchylenie od harmonogramu, a także jego brak – wykonanie prac przebiegało z planem. Warto podkreślić, że rzeczywisty koszt robót wykonanych w poszczególnych miesiącach budowy każdego

**Rys. 2.** Wykres procentowego zaawansowania prac w punktach kontrolnych wybranych zadań inwestycyjnych

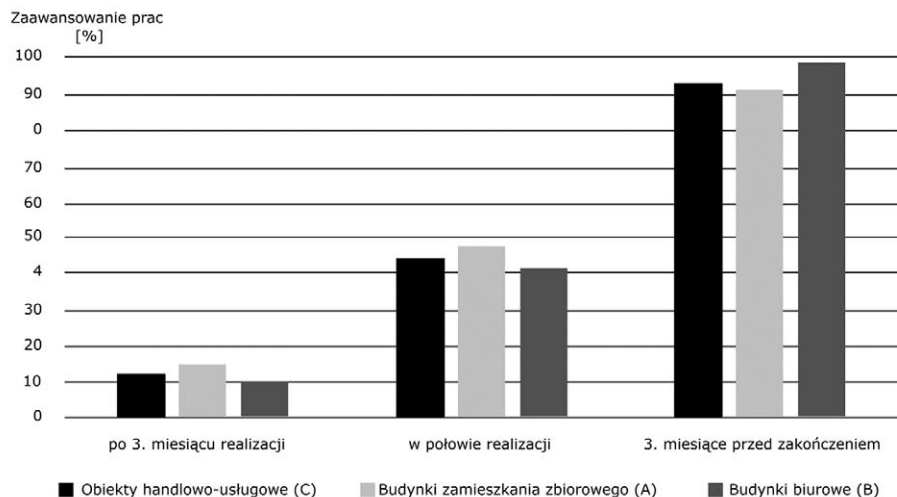
analizowanego budynku z sektora A był taki sam jak planowany. Oznacza to, że planowany koszt planowanej pracy jest równy z rzeczywistym kosztem zrealizowanych prac. W przypadku wszystkich budynków badanych z sektora B oraz 75% obiektów z sektora C wartości rzeczywistego kosztu robót były mniejsze od planowanego na przestrzeni niemal całego czasu trwania przedsięwzięć, w związku ze stosowaniem systemu odroczonej płatności.

Średnie wartości zaawansowania prac oraz wykorzystania budżetu po 3 miesiącu, w połowie realizacji oraz na 3 miesiące przed zakończeniem prac przedstawiono na rysunku 2 i 3. Przedstawione wyniki dotyczą 3 grup przedsięwzięć budowlanych – sektor A (budynki zbiorowego zamieszkania), sektor B (budynki biurowe) oraz sektora C (obiekty handlowo-usługowe). Pozostałe sektory zostały wykluczone z poniższej analizy z powodu zbyt krótkiego czasu trwania przedsięwzięć (sektor D – centra logistyczne) mogących fałszować dane i uzyskane wyniki.

W punktach kontrolnych zaawansowanie harmonogramu różni się o 5–7 punktów procentowych między analizowanymi sektorami (rys. 2), zaś wartości wykorzystania budżetu różnią się o 5–9 punktów procentowych (rys. 3). W związku z tym można stwierdzić, że przebieg realizacji różnych przedsięwzięć budowlanych jest zbliżony.

Aby możliwe było porównanie analizowanych obiektów w poszczególnych sektorach, w prowadzonych analizach wykonano przeliczenia wartości kosztowych na jednostkę powierzchni poszczególnych zadań inwestycyjnych dla budynków zbiorowego zamieszkania (sektor A), budynków biurowych (sektor B) oraz obiektów handlowo-usługowych (sektor C). Rezultaty tego badania przedstawiono kolejno na rysunkach: 4 – sektor A, 5 – sektor B, 6 – sektor C.

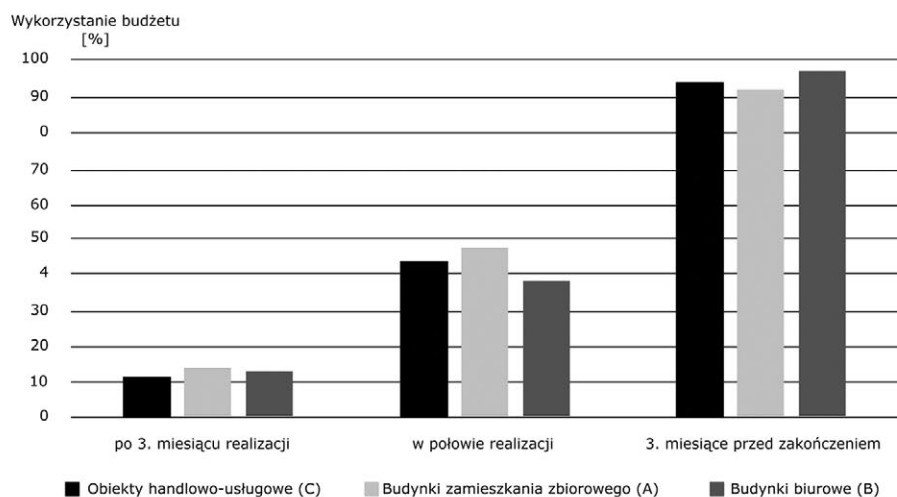
**Rys. 3.** Wykres procentowego wykorzystania budżetu w punktach kontrolnych wybranych zadań inwestycyjnych

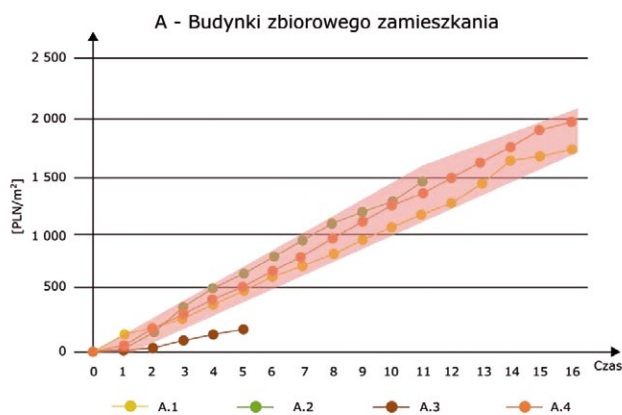


## 4. Wnioski

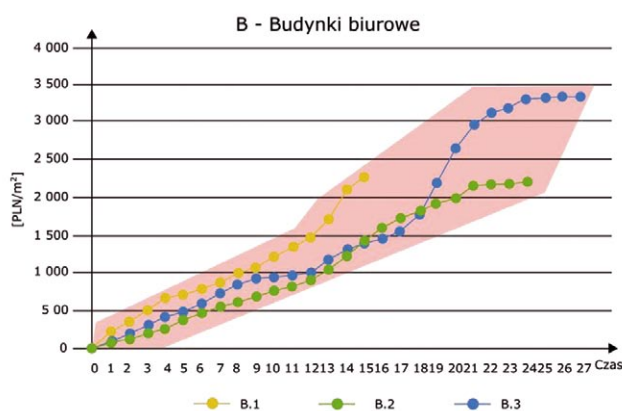
Na podstawie analizy otrzymanych wykresów (rysunki 4–6) dostrzegalna jest znaczna różnorodność wyznaczonych wykresów obszarów krzywych analizowanych grup sektorów inwestycyjnych. Krzywe kosztowe odniesione do powierzchni [m<sup>2</sup>] zawierają się w przestrzeniach, których rozpiętość określają następujące przedziały: dla sektora A – budynki zbiorowego zamieszkania < 0, 500 >, dla sektora B – budynki biurowe < 0, 1600 >, a dla sektora C – obiekty handlowo-usługowe < 0, 2000 >. Ponadto:

- szeroki zakres w przypadku obiektów handlowo-usługowych jest następstwem ich dużej różnorodności. Zazwyczaj dąży się do ponadprzeciętnych projektów, wyróżniających się na tle innych budynków tej samej funkcji. Wznoszone są obiekty o rozmaitych kształtach, układach funkcjonalnych oraz standardach wykończenia części zewnętrznych;
- podobne uwarunkowania charakteryzują budynki biurowe. Jednakże ze względu na ich przeznaczenie zazwyczaj wznoszone są w centrach miast, gdzie uwarunkowania przestrzenne ograniczają m.in. różnorodność brył;
- w przypadku budynków zbiorowego zamieszkania rozwiązania są szablonowe. Obiekty nieznacznie się między





**Rys. 4.** Wykres obszarowy krzywych kosztowych przeliczonych na 1 m<sup>2</sup> budynków zbiorowego zamieszkania – sektor A

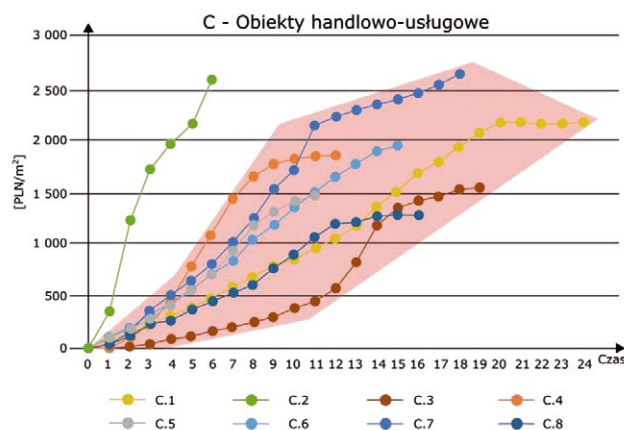


**Rys. 5.** Wykres obszarowy krzywych kosztowych przeliczonych na 1 m<sup>2</sup> budynków biurowych – sektor B

sobą różnią. Stosowane są analogiczne instalacje, materiały, układy funkcjonalne itd.

## 5. Podsumowanie

Prawidłowe zaplanowanie kosztów ma istotny wpływ zarówno na ogólną płynność przedsiębiorstw budowlanych, jak i osiągnięcie sukcesu w realizacji przedsięwzięć budowlanych. Uzyskanie racjonalnego i odwzorowującego rzeczywistość oszacowania krzywej kosztów S jeszcze przed rozpoczęciem przedsięwzięcia budowlanego jest ważne dla wszystkich uczestników zaangażowanych w realizację przedsięwzięcia inwestycyjnego, a w szczególności dla inwestora i wykonawców robót. Pomocnym narzędziem do planowania, a także monitorowania i kontroli przedsięwzięć budowlanych jest krzywa S. Krzywa S stanowi podstawę do prognozowania przepływów pieniężnych. Niestety istnieje bardzo niewielkie prawdopodobieństwo, aby projekt przebiegał pod każdym względem całkowicie zgodnie z planem. Małe odchylenia między planem a rzeczywistością mogą być postrzegane jako mieszczące się w granicach normy i zazwyczaj nie przeszkadzają w osiągnięciu



**Rys. 6.** Wykres obszarowy krzywych kosztowych przeliczonych na 1 m<sup>2</sup> obiektów handlowo-usługowych – sektor C

celu. Jednak większe różnice mogą przeszkodzić w dążeniu do celu i wymagają zmian planu na przyszłość, wymagają rewizji, aby zapewnić osiągnięcie głównych celów zadania inwestycyjnego. Analiza krzywych kosztowych S jest powszechnie używana do planowania projektu i kontroli kosztów, jednak tradycyjna metoda szacowania krzywych kosztowych S oparta jedynie na harmonogramie rzeczowo-finansowym nie zawsze jest dokładna. Przeprowadzona w artykule analiza kilkudziesięciu krzywych kosztowych S pozwala stwierdzić, że dotychczas proponowane modele prognozowanych krzywych S zazwyczaj odbiegają od rzeczywistości i są zbyt skomplikowane, a przez to mało praktyczne w planowaniu i zarządzaniu przedsięwzięciami budowlanymi. Wynika to z faktu, że krzywe kosztów skumulowanych, z uwagi na ich unikalność dla każdego przedsięwzięcia, są niepowtarzalne.

Dlatego alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie w analizach Metody Wartości Wypracowanej. Metoda Wartości Wypracowanej jest przystępna i zapewnia stosunkowo dokładną ocenę problemu. Przeprowadzone w artykule analizy wskazują, że zarówno szacowany koszt, jak i czas trwania są bardzo wrażliwe na dane wykorzystywane w analizach. Aby uzyskać najbardziej wiarygodne i rzeczywiste oszacowanie kosztów i czasu trwania inwestycji, należy prowadzić analizy zgodnie z faktycznym postępem realizacji projektu, co czynili autorzy artykułu w prowadzonych kilkuset inspekcjach techniczno-finansowych na placach budów w całej Polsce. Szacowane rzeczywiste koszty i czas trwania nie są niezawodne w pierwszym okresie projektu, a stabilizują się dopiero w drugim okresie, w zależności od scenariusza przyjętego dla dalszych prac, szacują rzeczywiste wartości z dużą dokładnością.

Wnikliwa analiza publikacji autorów cytowanych w artykule prowadzi do stwierdzenia, że dotychczas proponowane modele prognozowanych krzywych S zazwyczaj odbiegają od rzeczywistości i są zbyt skomplikowane, a przez to mało praktyczne w planowaniu i zarządzaniu przedsięwzięciami budowlanymi. Wynika to z faktu, że krzywe

kosztów skumulowanych, z uwagi na ich unikalność, są niepowtarzalne. Każde przedsięwzięcie inwestycyjne ma indywidualny charakter. Każdy projekt budowlany umiejscowiony jest w innej lokalizacji, w innym otoczeniu geograficznym. Ponadto projektowany i realizowany jest przez różne zespoły ludzi, posiadających różne kwalifikacje zawodowe i doświadczenie. Prace budowlane wykonywane są przy wykorzystaniu różnych rozwiązań technicznych, organizacyjnych i technologicznych. Każde przedsięwzięcie budowlane stanowi zatem odrębne, niepowtarzalne zadanie inwestycyjne ze swoją specyfiką, trudnościami, niepewnościami i ryzykiem.

Przeprowadzone badania, skrótkowo zaprezentowane w niniejszym artykule, dotyczą różnych przedsięwzięć budowlanych. Obliczenia wykonane zgodnie z metodyką EVM pozwoliły na ocenę rzeczywiście wypracowanych kosztów poszczególnych zadań inwestycyjnych. Zgodnie z uzyskanymi wynikami zaobserwowano analogie w kształtowaniu trendu krzywych skumulowanych przepływów pieniężnych, zarówno w ramach tych samych grup obiektów budowlanych, jak i pomiędzy nimi.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Guan X., Servranckx T., Vanhoucke M., An analytical model for budget allocation in risk prevention and risk protection., *Computers & Industrial Engineering* 161, 2021, str. 107657
- [2] Hoła B., Sawicki M., Skibniewski M., An IT model of a Knowledge Map which supports management in small and medium-sized companies using selected Polish construction enterprises as an example e, *Journal of Civil Engineering and Management* 21(8)2015, str. 1014–1026
- [3] Jaśkowski P., Biruk S., Krzemiński M., Planning repetitive construction processes to improve robustness of schedules in risk environment, *Archives of Civil Engineering* 66(3)2020, str. 0643–6572
- [4] Kern A. P., Formoso C. T., A model for integrating cost management and production planning and control in construction. *Journal of Financial Management of Property and Construction* 11(2)2006, str. 75–90
- [5] Konior J., Enterprise's risk assessment of complex construction projects, *Archives of Civil Engineering* 61(3)2015, str. 63–74
- [6] Kowalski J., Połowski M., Lendo-Siwicka M., Trach R., Wrzesiński G., Method of Assessing the Risk of Implementing Railway Investments in Terms of the Cost of Their Implementation, *Sustainability* 13(23)2021, str. 13085
- [7] Leśniak A., Kubek D., Plebankiewicz E., Zima K., Belniak S., Fuzzy AHP Application for Supporting Contractors' Bidding Decision, *Symmetry* 10(11)2018, str. 642
- [8] Lo W., Chen Y.-T., Optimization of Contractor's S-Curve, 24th International Symposium on Automation & Robotics in Construction (ISARC 2007), 2007, str. 417–420
- [9] Makes S., Mathivanan M., Analysis on causes of delay in building construction. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 8(7)2019, str. 335–341
- [10] Miguel A., Madria W., Polancor R., Project management model: integrating Earned Schedule, quality, and risk in Earned Value Management, 6th IEEE International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), 2019, str. 622–628
- [11] Rachid Z., Toufik B., Mohammed B., Causes of schedule delays in construction projects in Algeria, *International Journal of Construction Management*, 19(5)2019, str. 371–381
- [12] Szóstak M., Planning the time and cost of implementing construction projects using an example of residential buildings, *Archives of Civil Engineering* 67, 4/2021, str. 243–259
- [13] Konior J., Determining Cost and Time Performance Indexes for Diversified Investment Tasks, *Buildings*, tom 8, 2022
- [14] Szóstak M., Best fit of cumulative cost curves at the planning and performed stages of construction projects, *Buildings*, tom 13, 2023

## XXIII KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

### KONTRA' 2024

#### TRWAŁOŚĆ BUDOWLI I OCHRONA PRZED KOROZJĄ

9-11 października 2024



#### TEMATYKA KONFERENCJI

- odporność materiałów budowlanych na działanie agresywnych czynników zewnętrznych,
- trwałość i ochrona przed korozją konstrukcji żelbetonowych, stalowych, drewnianych i murowych,
- trwałość nawierzchni drogowych i mostów,
- modelowanie procesów degradacji materiału i konstrukcji, badania laboratoryjne,
- metody diagnostyki korozyjnej konstrukcji,
- wyroby antykorozyjne, systemy naprawcze, technologie prac antykorozyjnych i metody napraw,
- gospodarka obiegu zamkniętego – kryterium trwałości,
- dekarbonizacja budownictwa a trwałość obiektów budowlanych,
- inne, związane z trwałością materiałów i konstrukcji.

#### WAŻNE DATY

31.03.2024 r. Zgłoszenie uczestnictwa, tematu artykułu lub informacji o wystąpieniu promocyjnym

31.05.2024 r. Przesłanie pełnych tekstów artykułów i wniesienie opłaty konferencyjnej

16.09.2024 r. Przesłanie uczestnikom Komunikatu nr 2 z programem konferencji oraz informacji o akceptacji referatów

#### ORGANIZATOR:

Komitet Trwałości Budowli Zarządu Głównego Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa

#### WSPÓLORGANIZATOR:

Wydział Inżynierii Łądowej Politechniki Warszawskiej

KONTAKT: e-mail: [kontra@zgpzbitb.org.pl](mailto:kontra@zgpzbitb.org.pl), [www.kontra.il.pw.edu.pl](http://www.kontra.il.pw.edu.pl)

Wydział  
Inżynierii Łądowej

