

XXII SLOVAK - POLISH - RUSSIAN SEMINAR, ŽILINA 09.09 – 13.09.2013
„THEORETICAL FOUNDATION OF CIVIL ENGINEERING”



MOSCOW STATE UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING
NORD (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY NAMED BY M.V.LOMONOSOV
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING - UNIVERSITY OF ŽILINA
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING - WROCLAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING - WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ZASTOSOWANIE SYMULACJI W ILOŚCIOWEJ ANALIZIE RYZYKA

Michał Krzemiński*, Wojciech Karczmarczyk**

1. Wprowadzenie

Branża budowlana zajmuje się działalnością gospodarczą o wysokim wskaźniku wypadków w pracy i zyskała sobie bardzo złą reputację w kontekście walki z niepożądanymi zdarzeniami, co wielokrotnie powoduje przekroczenie terminów realizacji, założonych kosztów oraz wymogów jakości. Z uwagi na unikalne cechy działalności budowlanej, takie jak indywidualna lokalizacja i warunki środowiskowe każdego przedsięwzięcia, długi czas trwania przedsięwzięć, złożoność procesów technologicznych i ich wrażliwość na warunki atmosferyczne i środowiskowe, wysokość nakładów finansowych oraz długi okres zwrotu nakładów, w porównaniu z innymi rodzajami przedsięwzięć projekt budowlany narażony jest na dużo większą ilość ryzyka.

Analiza ryzyka dla przedsięwzięć budowlanych jest niezwykle istotna, może w znacznym stopniu przyczynić się do zrozumienia koncepcji ryzyka, zwiększenia prawdopodobieństwa sukcesu oraz zredukowania prawdopodobieństwa porażki.

Analizę ryzyka jest przeprowadzono dla potrzeb inwestycji budowlanej będącej budową wolnostojącego wielorodzinnego pięciokondygnacyjnego budynku mieszkalnego zlokalizowanego w terenie podmiejskim. Budynek został posadowiony na płycie fundamentowej, konstrukcję nośną stanowią ściany, słupy i stropy żelbetowe, obiekt przykryty będzie stropodachem odwróconym.

Analiza ryzyka składa się z kilku etapów. Na etapie przygotowawczym należy zapoznać się z celami projektu i środowiskiem funkcjonowania organizacji i jej strukturą, zrozumieć zakres, uzgodnić cele oceny ryzyka i ustalić uczestników procesu zarządzania ryzykiem, należy określić z kim należy się kontaktować i konsultować w celu identyfikacji ryzyka.

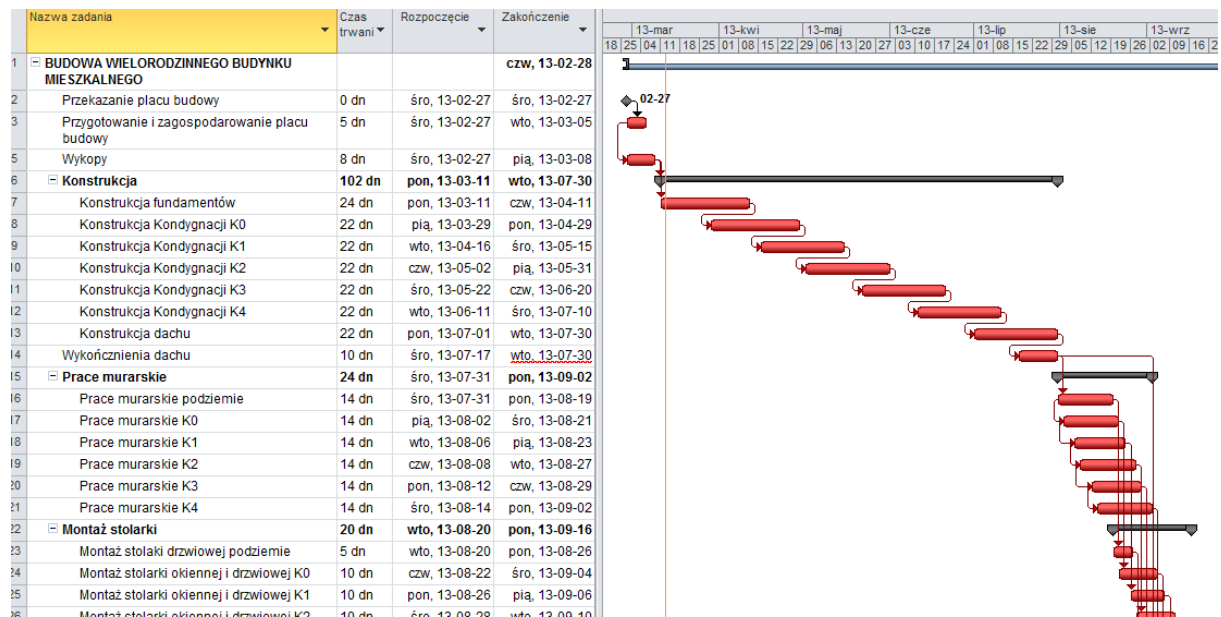
Jakościowa analiza ryzyka wyłania czynniki ryzyka na które należy zwrócić uwagę przy zarządzaniu ryzykiem oraz pozwala na przygotowanie reakcji na skutki ewentualnej materializacji czynników ryzyka.

*) Michał Krzemiński, Ph. D. Eng., Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Building Engineering, Armii Ludowej Street 16, 00-637 Warsaw, Poland. Phone: (+4822) 234 65 15, Fax: (+4822) 825 74 15, E-mail: m.krzeminski@il.pw.edu.pl

**) Wojciech Karczmarczyk, Msc. Eng., Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Building Engineering, Armii Ludowej Street 16, 00-637 Warsaw, Poland. Phone: (+4822) 234 65 15, Fax: (+4822) 825 74 15, E-mail: wojciech.karczmarczyk@gmail.com

Zadaniem analizy ilościowej ryzyka jest podanie konkretnych wartości odchyień dla zakładanych celów projektu. Możliwe jest tu wyznaczanie odchylenia od planowanego czasu zakończenia realizacji, a także kosztów inwestycji jako całej lub dla wybranych jej etapów. Zastosowana metoda oparta na metodzie symulacyjnej Monte Carlo pozwoli na określenie wartości najbardziej prawdopodobnych, oraz skrajnych. Dzięki analizie tornado można w łatwy sposób określić które czynniki miały największy wpływ na wartość oczekiwaną.

Na poniższym rysunku został pokazany fragment harmonogramu realizacji przedsięwzięcia. Czynności z harmonogramu zostały poddane analizie jakościowej ryzyka. Celem analizy było przygotowanie materiału do analizy ilościowej. Proponowana metoda analizy ilościowej z zastosowaniem symulacji zostanie pokazana w dalszej części artykułu.



Rys.1. Harmonogram przedsięwzięcia
Fig. 1. Project schedule

2. Proces zarządzania ryzykiem

Według ISO 31000:2009 (ISO/IEC):

- Zarządzanie ryzykiem definiuje się jako zespół skoordynowanych działań, których celem jest kierowanie i kontrolowanie organizacji pod kątem ryzyka;
- Proces zarządzania ryzykiem definiuje się jako systematyczne stosowanie polityki, procedur i praktyk zarządczych do działań w zakresie komunikacji, konsultacji, definiowania kontekstu oraz identyfikacji, analizy, oceny, zarządzania, monitorowania i weryfikacji ryzyka.

Podstawowe korzyści zarządzania ryzykiem to(ISO/IEC 31010:2009):

- Zrozumienie ryzyka, zwiększenie prawdopodobieństwa sukcesu oraz zredukowanie prawdopodobieństwa porażki oraz niepewności realizacji całościowych celów organizacji;
- Dostarczenie informacji dla decydentów w zakresie polityki i procedur, co umożliwia lepsze zrozumienie ryzyka i jego potencjalnego wpływu na cele, aby ułatwić im wybór najlepszych procedur zarządzania ryzykiem;
- Zidentyfikowanie najistotniejszych czynników ryzyka w projekcie;
- Określenie priorytetów;

- Lepsze wyjaśnienie, zrozumienie i rozważenie wszystkich kwestii związanych z pomyślnym ukończeniem projektu od samego początku;
- Ciągłe monitorowanie definicji i struktury projektu;
- Rejestrowanie danych historycznych dla potrzeb przyszłej oceny procedur zarządzania ryzykiem.

Efektom zarządzania ryzykiem jest jego zrozumienie, a co za tym idzie przeciwdziałanie które minimalizuje prawdopodobieństwo wystąpienia czynników ryzyka, przygotowanie się na ich skutki i przeciwdziałanie im.

Poprawne zarządzanie ryzykiem nie tylko ułatwia zrozumienie rodzajów ryzyka przed jakimi stajemy na poszczególnych etapach projektu ale także daje możliwość sprawnej eliminacji czynników ryzyka i minimalizacji ich skutków.

3. Ilościowa analiza ryzyka

Ilościowa ocena ryzyka służy liczbowemu pomiarowi skutków zidentyfikowanych ryzyka dla całościowych celów projektu. Ocena ilościowa ryzyka budowlanych jest trudna, ponieważ stosowane metody bazują na danych trudnych do uzyskania ze względu na fakt, że każdy projekt jest inny (Creedy, 2006). Ocena ta zaczyna się od tych samych danych wejściowych, które zostały określone wyżej, i polega na zastosowaniu szeregu technik z dziedziny probabilistyki i modelowania w celu uzyskania wyników. Innymi słowy, celem technik ilościowych jest reprezentacja prawdopodobieństwa i wpływu ryzyka w odniesieniu do pieniędzy i czasu. Nie zawsze jest to w pełni osiągalne ze względu na problemy związane z poszczególnymi ryzykami. Akintoye i in. (2003) są zdania, że ocena ilościowa może być wykorzystywana wyłącznie, gdy wpływ ryzyka można określić stosunkowo precyzyjnie oraz dostępne są niezbędne informacje.

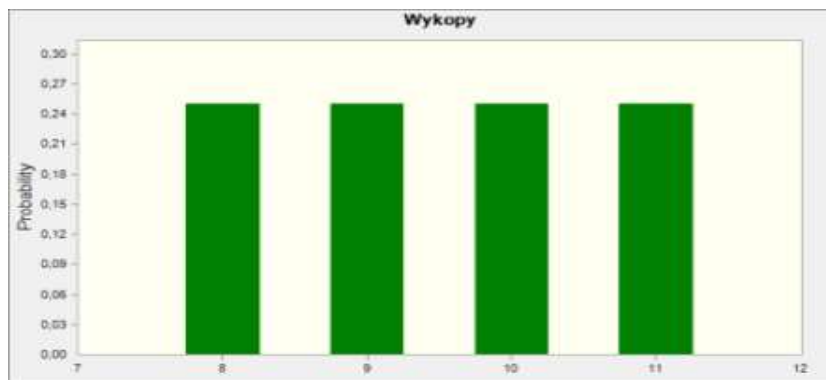
4. Symulacja w jakościowej analizie ryzyka

Wyjściowy harmonogram został wprowadzony do programu Excel. Czasy trwania są to wprost odczytane z programu MS Project czasy trwania poszczególnych czynności. Czasy rozpoczęcia czynności są to komórki wynikowe powstałe z komórek czasów zakończenia czynności poprzedzającej przez odpowiedni algorytm zgodny z kolejnością i procedurą przedstawioną na wykresie Gantta. Czasy zakończenia zadania są to komórki wynikowe powstałe przez dodanie do czasu rozpoczęcia czynności czasu trwania czynności.

Dla potrzeb niniejszej pracy skorzystano z testowej wersji programu Crystal Ball. Oracle Crystal Ball to pakiet aplikacji opartych na arkuszach kalkulacyjnych do modelowania predyktywnego, przygotowywania prognoz, symulacji i optymalizacji procesów. Pozwala na uzyskanie wglądu w czynniki krytyczne, mające wpływ na poziom ryzyka.

Wszystkim czynnościom przypisano rozkłady dyskretne z uwagi na to aby wyniki symulacji były w pełnych dniach. Im więcej wystąpiło czynników ryzyka większej wagi w danej czynności tym więcej przewidzianych dni opóźnień wystąpiło w rozkładzie. Komórką docelową był łączny czas zakończenia.

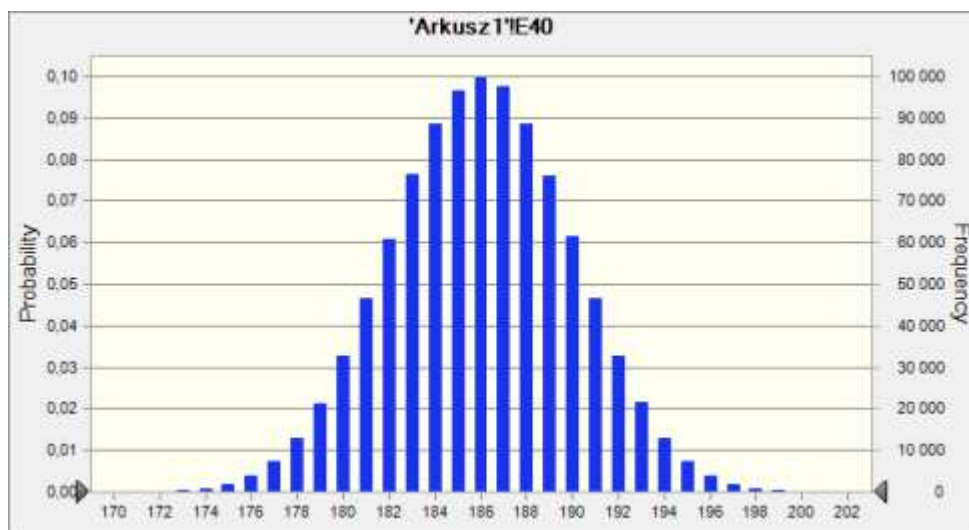
Na rysunku nr 2 przedstawiony został rozkład prawdopodobieństwa dla robót ziemnych, wykopów. Rozkład ma jak pisano wcześniej charakter dyskretny, przyjęto ponadto że wszystkie możliwe czasy realizacji robót mogą wystąpić z jednakowym prawdopodobieństwem. Przewidywany czas trwania z harmonogramu – 8 dni, optymistyczny wariant czasu trwania – 8 dni, pesymistyczny wariant czasu trwania – 11 dni.



Rys. 2. Rozkład prawdopodobieństwa czasu wykonywania wykopów
Fig.2. Probability of digging time

5. Podsumowanie analizy ilościowej

Dzięki wykorzystaniu środowiska MS Excel wspomaganego oprogramowaniem Oracle Crystal Ball możliwe było przeprowadzenie nawet miliona eksperymentów symulacyjnych. Wynikiem prowadzonych symulacji jest otrzymany rozkład prawdopodobieństwa dla całkowitego czasu realizacji przedsięwzięcia. Rozkład zaprezentowano na rysunku nr 3 znajdującym się poniżej.

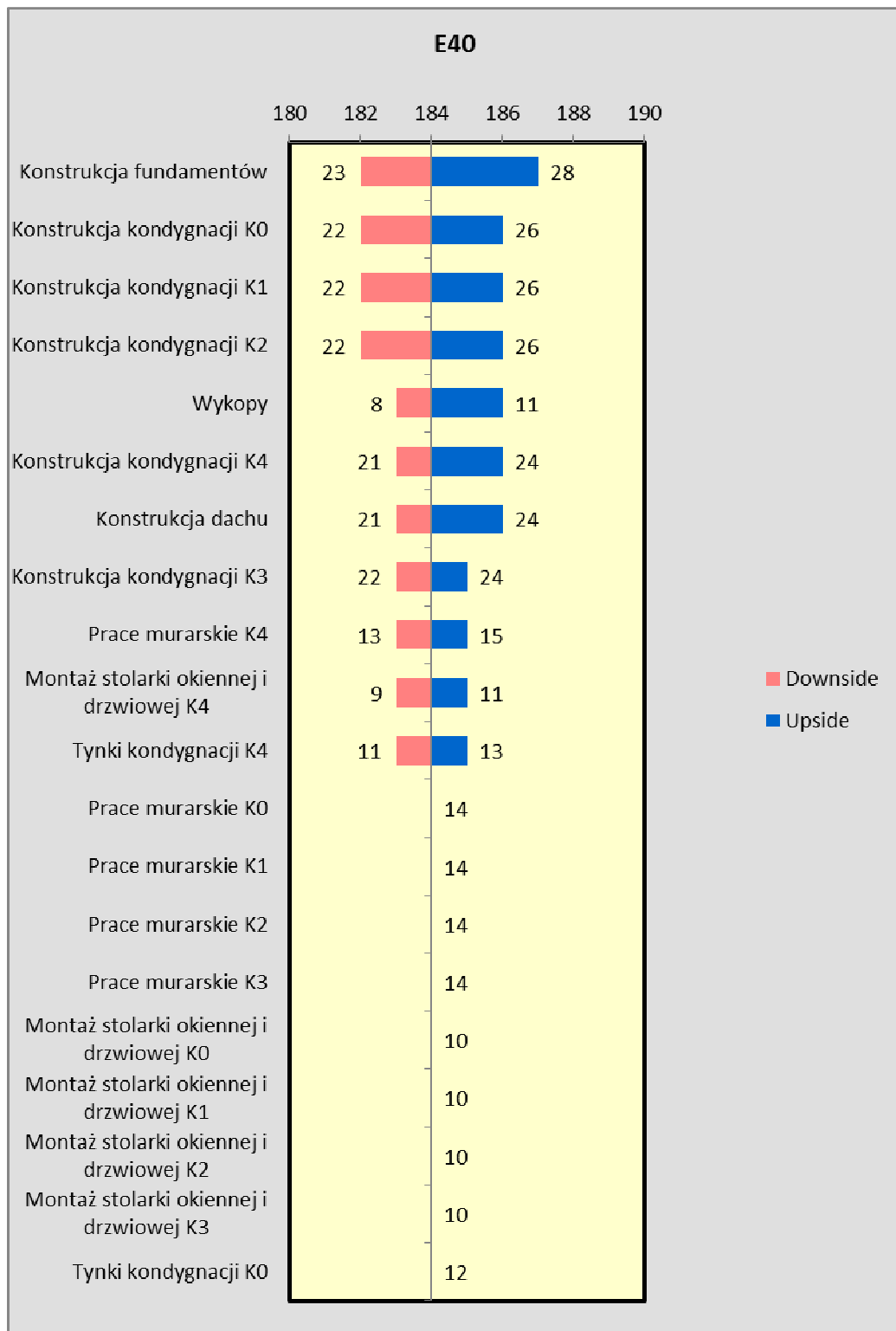


Rys.3. Rozkład prawdopodobieństwa całkowitego czasu trwania projektu
Fig. 3. Total duration of the project probability distribution

Wartość graniczna optymistyczna wynosi 170 dni a więc różni się o 5 dni od wartości zakładanej czyli 175 dni i jest to 97% zaplanowanego czasu w harmonogramie projektu.

Wartość graniczna pesymistyczna wynosi 202 dni a więc różni się o 27 dni od wartości zakładanej czyli 175 dni i jest to 115 % zaplanowanego czasu w harmonogramie projektu.

Wartość z największym prawdopodobieństwem wynosi 186 dni a więc różni się o 11 dni od wartości zakładanej czyli 175 dni i jest to 106% zaplanowanego czasu w harmonogramie.



Rys.4. Wykres Tornado
Fig. 4. Tornado analyzes

Symulacja „tornado” w programie Crystal Ball pokazała że procesem na który przy materializacji czynników ryzyka najbardziej niekorzystnie wpływa na harmonogram a co za tym idzie na czas realizacji całego projektu jest konstrukcja fundamentów. Jednocześnie widać iż konstrukcja żelbetowa również ma bardzo duży wpływ na

harmonogram przy materializacji czynników ryzyka, zwłaszcza kondygnacje realizowane na wiosnę które są narażone na bardziej niekorzystne warunki pogodowe. Wyniki te pokazują jasno na które czynności należy zwrócić szczególną uwagę w procesie zarządzania ryzykiem.

5. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano wycinek analizy ilościowej wspomaganą metodą symulacyjną Monte Carlo. Jako wynik otrzymano rozkład prawdopodobieństwa czasu zakończenia planowanego przedsięwzięcia. Oraz wykres Tornado pokazujący wpływ pojedynczych czynników na realizację inwestycji. Jest on szczególnie ważny ponieważ w szybki sposób uzyskujemy informację na które czynności należy zwrócić szczególną uwagę. Wpływ braku zarządzania ryzykiem na czas realizacji przedsięwzięcia skutkowałby wydłużeniem czasu realizacji w najprawdopodobniejszym scenariuszu o 11 dni tj 6% czasu całkowitej realizacji projektu, a w scenariuszu ekstremalnie niekorzystnym wydłużeniem o 27 dni tj o 16% całkowitego czasu realizacji procesu co jest już bardzo poważnym opóźnieniem. Pokazuje to jak skuteczny proces zarządzania ryzykiem może uchronić przedsięwzięcie przed opóźnieniami a co za tym idzie nadmiernymi kosztami. W przypadku inwestycji budowlanych jest to szczególnie istotne gdyż kary umowne za opóźnienia w realizacji zwykle są bardzo wysokie. Prowadzenie analiz ilościowych jest zatem ważnym elementem procesu zarządzania ryzykiem gdyż pozwala na uzyskiwanie danych liczbowych. Artykuł pokazuje że w prowadzeniu tego typu badań pomocne są metody symulacyjne

Literatura

- [1] KAPLIŃSKI O.: Development and usefulness of planning techniques and decision making foundations on example of construction enterprises in Poland, Technological and Economic Development of Economy, Vol.14, No.4, s. 492 – 502, 2008.
- [2] SKORUPKA D., Metodyka identyfikacji i kompleksowej oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych, Strategie zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie – ryzyko a bezpieczeństwo organizacji, pod red. J. Bizon – Górecka, s. 451 – 458. Wyd. TNOiK, Bydgoszcz 2004.
- [3] TEIXEIRA J. C., KULEJEWSKI J.: Zarządzanie ryzykiem w budownictwie, Biblioteka Menedżerów Budownictwa, Leonardo da Vinci: 2009-1-PL1-LEO05-05016
- [4] IEC/FDIS 31000. (2009): Risk management – Principles and guidelines. International Electrotechnical Commission. Final Draft International Standard.
- [5] IEC/FDIS 31010. (2009): Risk management – Risk assessment techniques. International Electrotechnical Commission. Final Draft International Standard.

QUANTITATIVE RISK ANALYSIS WITH SIMULATION USE

Michał Krzemiński, Grzegorz Karczmarczyk

The paper presents the concept of the use of quantitative risk analysis. The risk was analyzed in terms of an investment project which is the construction of a multi-family building. Presents the exact course of action for the implementation of quantitative risk analysis. Also shown are the results of this study for the entire project. The results of the analysis can be used for complete risk analysis.