

Problematyka ryzyka w projektowaniu realizacji robót budowlanych (cz. 1)

Dr hab. inż. Mieczysław Połoński, mgr inż. Kamil Pruszyński,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
Zakład Technologii i Organizacji Robót Inżynierskich, Warszawa

W ostatnim czasie (od 2005 roku) na łamach „Przeglądu budowlanego” (nr.: 2/05, 3/05, 4/05, 6/05, 7-8/05, 11/05, 12/05, 1/06, 2/06, 5/06) pojawiło się szereg artykułów dotyczących różnych aspektów ryzyka w branży budowlanej [1], [9], [10], [13], [15], [17], [18], [20], [28], [29]. Artykuł stanowi swego rodzaju próbę przeglądu i usystematyzowania wiedzy na temat interdyscyplinarnego charakteru nauki o ryzyku. Niemniej jednak, zawiera także głos w dyskusji nad zarządzaniem nim. Opisano w nim aspekty występowania ryzyka w procesie budowlanym oraz probabilistyczne podejście do planowania przedsięwzięć inżynierskich, zarówno w funkcji czasu, jak i środków. Ponadto, w artykule przedstawione zostały także wybrane narzędzia informatyczne do zarządzania ryzykiem w projekcie budowlanym.

1. Wprowadzenie

W dobie gospodarki rynkowej bardzo ważne jest prawidłowe przeprowadzenie całego procesu inwestycyjnego. Skutkować to będzie m.in. bezproblemowym przebiegiem i terminowym zakończeniem inwestycji oraz utrzymaniem kosztów całego przedsięwzięcia, przewidzianych w projekcie. Każda ze stron uczestniczących w tym procesie, powinna wziąć pod uwagę wiele aspektów o różnym charakterze, tak aby osiągnąć zamierzony cel. Złożoność tego zagadnienia polega jednak na tym, że żaden z uczestników

biorących w tym procesie udział nie jest w stanie do końca przewidzieć wszystkich problemów, z jakimi może się zetknąć podczas realizacji inwestycji.

Niniejszy artykuł ma na celu przybliżenie problematyki szeroko rozumianego ryzyka, z jakim uczestnicy procesu inwestycyjnego stykają się, ze szczególnym uwzględnieniem jej czasowo-kosztowego wymiaru. Przedstawiono w nim analizę bieżącej literatury z zakresu podejmowanego tematu, systematyzując tym samym pojęcie dotyczące ryzyka. Ponadto w artykule omówiono probabilistyczne metody planowania przedsięwzięć stosowane w budownictwie oraz opisano wybrane programy komputerowe wspomagające zarządzanie projektami, uwzględniające ryzyko.

2. Zarys nauki o ryzyku

Morfologia słowa „ryzyko” wywodzi się od włoskiego czasownika „risicare”, gdzie oznacza „mieć śmiałość” [30]. Z łaciny „ryzyko” (risicare) znaczy „omijać coś”. Te znaczenia pokazują jaki charakter ma w rzeczywistości to, co oznacza ryzyko. Występowanie ryzyka dotyczy wszystkich dziedzin działalności ludzkiej. Skutki działań objętych ryzykiem mogą być zarówno dodatnie, jak i ujemne. Z tymi pierwszymi stykamy się, kiedy możemy coś zyskać. „Ryzyko ujemne”, czyli tradycyjne podejście do tego zagadnienia, dotyczy przede wszystkim szeroko rozumianego bezpieczeństwa i aspektów tech-

nicznych oraz niezawodności otoczenia. Rozumiemy je najczęściej jako zagrożenie realizacji inwestycji niezgodnie z przyjętym planem. Często ryzyko w odniesieniu do techniki mylone jest z niezawodnością [9], [31]. Dlatego też, zdaniem autorów należy rozróżnić możliwe aspekty występowania ryzyka.

Wobec tego, ryzyko (ryzyko ujemne) może być m.in. [27]:

- szkodą (np.: utrata zdrowia bądź mienia czy też degradacja środowiska przyrodniczego),
- zagrożeniem (np.: groźba utraty życia lub mienia, niebezpieczeństwo wystąpienia pożaru w lesie),
- zdarzeniem niepożądanym (np.: narażanie zdrowia na jego utratę, lokowanie funduszy w źle rokujący „interes”, zaśmiecanie lasów).

Przedstawione powyżej zdarzenia odnoszą się raczej do techniki, a zatem i do aspektów technicznych budowy. Podczas projektowania i realizacji przedsięwzięć inżynierskich, w ich wymiarze czasowo-kosztowym, możemy mówić np. o ryzyku niedotrzymania terminu ich realizacji, a zatem o zdarzeniu niepożądanym.

Jak widać, precyzyjne zdefiniowanie ryzyka nie jest proste. W zależności od tego, gdzie ono występuje i czego dotyczy, definicja ryzyka może się różnić. Należy zwrócić uwagę, że problem z nazewnictwem wynika z jego interdyscyplinarnego charakteru [16]. Warto zauważyć, że z ryzykiem stykamy się w sytuacjach, kiedy jednoznacznie można określić istniejące zagrożenia, jak i oszacować

Rys. 1. Schemat macierzy ryzyka [12]; P – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, S – skutki zagrożenia dla projektu

S \ P	P	%	%%	%%%
Małe		małe	małe	średnie
Średnie		małe	średnie	duże
Duże		średnie	duże	duże

Rys. 2. Przykładowa macierz ryzyka dla budowy osiedla mieszkaniowego (opracowanie własne autorów); P – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, S – skutki zagrożenia dla projektu

S \ P	P	0,01 – 0,33	0,34 – 0,66	0,67 – 0,99
Małe		– protesty ekologów	– protesty okolicznych mieszkańców	– niekorzystne umowy z kontrahentami
Średnie		– zmiany w przepisach – brak pracowników – brak materiałów	– przerwy w dostawie wody i/lub elektryczności – awaria maszyn	– niska wydajność pracy – nieterminowe dostawy na budowę
Duże		– brak pozwolenia na budowę – zły projekt budowlany	– złe warunki pogodowe – zła organizacja na budowie	– brak środków finansowych – nierzetelni podwykonawcy

prawdopodobieństwo ich występowania. W przypadku, kiedy któryś z wymienionych elementów nie jest znany, mamy do czynienia z niepewnością.

W budownictwie, podczas projektowania realizacji i eksploatacji przedsięwzięć budowlanych, w przeważającej większości przypadków inżynierowie i managerowie projektu (Project Manager) stykają się z ryzykiem „ujemnym”. W niniejszym artykule autorzy traktują ryzyko jako coś niepożądanego. W aspekcie czasowo-kosztowym: niedotrzymania terminu bądź też przekroczenia budżetu inwestycji, ryzyko przedstawia się jako coś negatywnego.

Z pojęciem ryzyka nierozdzielnie łączy się także wartość skutków, jakie ze sobą pociągną. Występujący w literaturze podział na analizę jakościową i ilościową ryzyka określa dwa różne podejścia do wyznaczenia miar, jakim może ono podlegać [12].

Analiza jakościowa ryzyka polega na oszacowaniu prawdopodobieństwa rozważanego zagrożeniem przedsięwzięcia (np.: małe, duże; 10–20%, 20–30%; 10%, 20%), a następnie na określeniu

skali skutków, jaka temu może towarzyszyć. Tworzy się w ten sposób tzw. macierz ryzyka (rys. 1), która obrazuje miarę ryzyka konkretnych przyczyn. Pozwala to na podjęcie odpowiednich działań w celu zmniejszenia poszczególnych ryzyk. Kolor zielony obrazuje ryzyko śladowe i dopuszczalne, kolor żółty przedstawia ryzyko umiarkowane i dopuszczalne warunkowo oraz kolor czerwony z groźnym i niedopuszczalnym ryzykiem dla realizowanego przedsięwzięcia. Zwłaszcza tym ostatnim (kolor żółty i czerwony) należy przeciwdziałać, tak aby osiągnęły one poziom ryzyka dopuszczalnego.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładową macierz ryzyka dla budowy osiedla mieszkaniowego zgodnie z projektem realizacji budowy.

Analiza ilościowa ryzyka to bardziej ścisłe podejście do zagadnienia. W celu wyznaczenia ryzyka, należy dysponować: prawdopodobieństwem rozważanego zagrożeniem przedsięwzięcia, które najlepiej, jeśli jest określane na podstawie odpowiednio dużej,

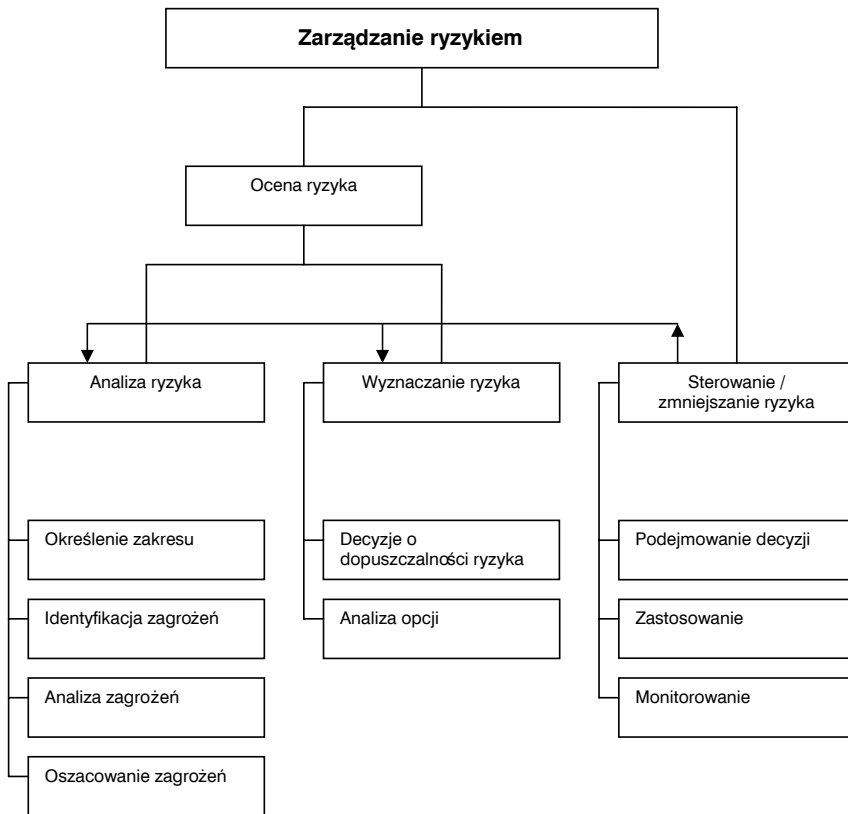
jednorodnej i wiarygodnej próby danych oraz wyceną konsekwencji analizowanych zagrożeń. Mając tak zebrane informacje możemy wyznaczyć wartość ważoną (Weighted Value), którą traktujemy jako miarę ryzyka [3], [12]:

$$WV = \text{prawdopodobieństwo} \times \text{konsekwencje}$$

Ze względu na trudności w precyzyjnym definiowaniu czynników ryzyka i oszacowaniu prawdopodobieństwa ich występowania, obie te analizy uzupełniają się, tworząc pewną całość w procesie zarządzania ryzykiem.

3. Elementy zarządzania ryzykiem

Chcąc ograniczyć negatywne skutki zdarzeń losowych, zaburzających realizację przyjętego planu, ryzykiem należy umieć zarządzać. Zarządzanie ryzykiem (Risk Management) to proces mający na celu opracowanie i wprowadzenie do planowanego przedsięwzięcia strategii kontrolującej ryzyko. Umożliwia ona prognozę wystąpienia niepożądanego



Rys. 3. Struktura i elementy programu zarządzania ryzykiem wg [27]

roko rozumianej nauki o ryzyku i zarządzaniu nim.

Podstawowe fazy zarządzania ryzykiem to: analiza, ocena i komunikacja ryzyka (rys. 4).

Analiza ryzyka (Risk Analysis) w technicznym jej aspekcie zgodnie z zawartą definicją w normie [34] jest procesem, podczas którego identyfikuje się prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego i towarzyszących jemu konsekwencji. Mogą one zostać spowodowane przez działania, stosowane urządzenia lub systemy. W skład analizy ryzyka wchodzi następujące elementy, które należy w tym miejscu określić: zakres analizy, identyfikacja i analiza zagrożeń oraz oszacowanie ryzyka. W tym celu należy posłużyć się odpowiednimi metodami, o których napisano w cytowanej literaturze [27].

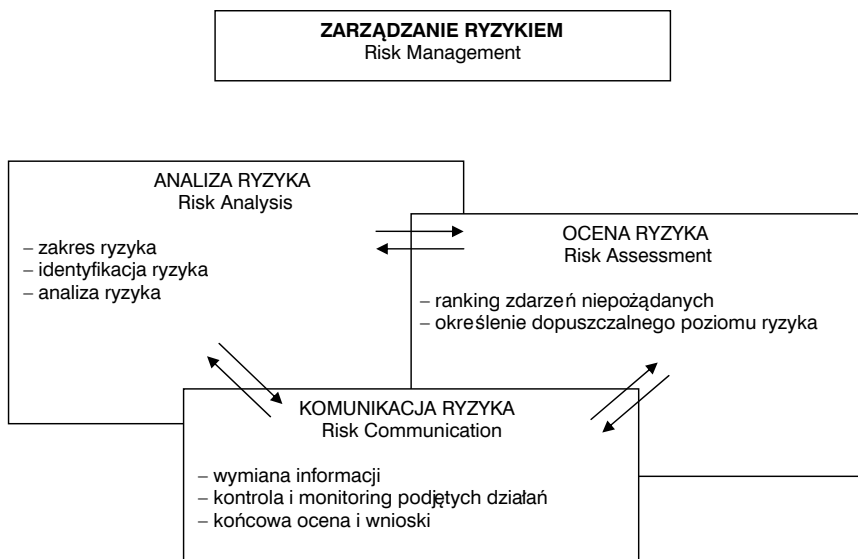
Istniejące metody identyfikujące ryzyko, to m.in.: analiza SWOT – Strengths Weaknesses Opportunities Threats (mocne strony,

zdarzenia, poprzez zastosowanie odpowiednich metod i procesów oraz opracowanie scenariuszy pozwalających na przeciwdziałanie im. Procedura zarządzania ryzykiem powinna być integralną częścią dokumentacji złożonych, skomplikowanych i dużych projektów inwestycyjnych czy konstrukcyjnych itp. [12] i stanowić powinna podsystem zarządzania projektem.

Poszczególni badacze [16], [27] różnie podają kolejne jego etapy (rys. 3 i tab. 1). Wynika to z faktu, iż zarządzanie ryzykiem jako młoda nauka nie wypracowała sobie jeszcze jednoznacznych procedur, a granica pomiędzy poszczególnymi fazami jest stosunkowo płynna. Np. Kaczmarek [16] wymienia 6 faz zarządzania ryzykiem (tab. 1). Dlatego też, przedstawiony w niniejszym artykule pogląd nie wyczerpuje wszystkich podziałów. Jest on tylko głosem w dyskusji nad przyszłym kształtem sze-

Tabela 1. Sześć faz procesu zarządzania ryzykiem wg [16]

Lp.	Kolejne fazy	Podejmowane działania
1	Identyfikacja ryzyka (w tym system wczesnego ostrzegania)	ustalenie przyczyn ryzyka
		stwierdzenie możliwych następstw
		identyfikacja podmiotów dotkniętych ryzykiem
2	Analiza ryzyka	ustalenie prawdopodobieństwa zaistnienia zdarzenia
		ustalenie konsekwencji danego zdarzenia
3	Sformułowanie wariantów	ustalenie możliwych alternatyw
		analiza nakładów i kosztów poszczególnych alternatyw (wariantów)
4	Ocena ryzyka	stwierdzenie gotowości oraz ustalenie zdolności podmiotu (spółki) do podejmowania ryzyka
		ustalenie faktycznego poziomu ryzyka
		kwalfikacja zastosowania możliwych alternatyw do opanowania ryzyka
5	Decyzje i działania w obszarze ryzyka (sterowanie ryzykiem)	wyбір narzędzi
		ustalenie priorytetów
		zastosowanie optymalnej kombinacji
6	Kontrola, monitoring i ocena podjętych działań	sprawdzenie i ocena ex post skutków odjętych działań
		nowe uformowanie procesu zarządzania ryzykiem – w przypadku błędnej decyzji
		dalsze korzystanie z narzędzi, które zapewniły sukces w zarządzaniu ryzykiem



Rys. 4. Schemat blokowy zarządzania ryzykiem (opracowanie własne autorów)

słabe strony, szanse, zagrożenia), burza mózgów z jej licznymi odmianami oraz diagram Ishikawy, a także listy kontrolne [12]. Wszystkie one mają na celu analizę, szukanie lub porządkowanie działań obciążonych ryzykiem, tak aby w przyszłości jego skutki jak najbardziej ograniczyć.

Ocena ryzyka (Risk Assessment) to proces, który składa się z uporządkowanego, logicznego szeregu podejmowanych działań, często obrazowanego w postaci tzw. drzewa zdarzeń czy drzewa zagrożeń, które prowadzą do badania zagrożeń związanych z rozpatrywanym projektem [35]. Tworzy się przy tym swoisty ranking zdarzeń niepożądanych, oceniając zarówno częstotliwość, jak i wielkość powodowanych strat. Następnie, określa się dopuszczalny poziom ryzyka oraz prowadzi analizę różnych wariantów możliwości zaistnienia niepożądanych wariantów dla tego samego zdarzenia. To wszystko prowadzi do zebrania jak największej ilości informacji o przyszłym możliwym przebiegu zdarzeń, a w konsekwencji ma umożliwić sterowanie ryzykiem, poprzez podjęcie w trakcie planowanych działań odpowiednich decyzji.

Pod pojęciem komunikacji ryzyka (Risk Communication) należy rozumieć zarówno proces wzajemnej wymiany informacji pomiędzy poszczególnymi uczestnikami procesu inwestycyjnego (na etapie planowania inwestycji dotyczącej elementów ryzyka związanego z realizacją przedsięwzięcia), jak również kontrolę i monitoring w trakcie realizacji inwestycji oraz końcową ocenę podjętych działań po zakończeniu planowanego przedsięwzięcia. Jest to ważny składnik zarządzania ryzykiem – na tym etapie można wyeliminować niezauważone wcześniej błędy i dostrzec nowe oraz im odpowiednio wcześniej zaradzić. Komunikacja ryzyka pozwala także wyciągnąć właściwe wnioski, tak aby w przyszłości uniknąć podobnie ryzykownych zdarzeń [12].

Jedynie pełna i dynamiczna współpraca pomiędzy powyższymi elementami zarządzania ryzykiem może dać gwarancję osiągnięcia całkowitego sukcesu. Przy projektowaniu przedsięwzięcia budowlanego, zarządzanie ryzykiem zazwyczaj dotyczy ostatecznego terminu oraz powiązanego z nim ściśle kosztu (ryzyko czasowo-kosztowe). Jednak w procesie realizacji tego obiektu, rozkłada się ono na zarządzanie wieloma

składowymi elementami obciążonymi ryzykiem, takimi jak np.: nieprzewidziane warunki grunto-wo-wodne, warunki pogodowe, dostępność zasobów (np. ludzi, materiałów czy sprzętu) itp. [30]. Biorąc to pod uwagę można stwierdzić, że ryzyko związane z planowaniem, realizacją i eksploatacją przedsięwzięcia budowlanego, to złożone zagadnienie, które trudno jednoznacznie zdefiniować, a tym bardziej nim efektywnie zarządzać. Wymaga to na pewno poza wiedzą teoretyczną, także pewnego z tym związanego doświadczenia praktycznego.

Część druga artykułu w wydaniu grudniowym PB.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Al.-Selwi A., Przybylski J., Ekonomiczno-matematyczny model oceny projektu z uwzględnieniem ryzyka, *Przegląd Budowlany* 4/2006, s. 42–44
- [2] Banal V. K., Pal M., Extended GIS: a tool for CPM basic scheduling in GIS environment, Department of Civil Engineering National Institute of Technology, Haryana, India, maszynopis
- [3] Bizon-Górecka J., Zastosowanie innowacyjne na przykładzie branży budowlanej, materiały konferencyjne *Technologia i zarządzanie w budownictwie*, Wrocław 2006, s. 175–182, *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej* nr 87
- [4] Bogusz W., Zastosowanie programów komputerowych Microsoft Project i Pertmaster do budowy harmonogramów obiektów inżynierskich, maszynopis pracy magisterskiej SGGW, Warszawa 2004
- [5] Bogusz W., Połoński M., Pruszyński K., Analiza możliwości wymiany danych pomiędzy programami MS Project i Pertmaster, materiały konferencyjne *Technologia i zarządzanie w budownictwie*, Wrocław 2006, s. 85–92, *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej* nr 87
- [6] Drozd K., Surmacz T., Narzędzia informatyczne w liniowym i nieliniowym zarządzaniu projektami – MS Project i MindManager
- [7] Flyvbjerg B., Holm M. S., Buhl S., Underestimating Costs in Public Works Projects, Error or Lie?, *APA Journal* 2002, vol. 68, No. 3
- [8] Goldrat E. M., Łańcuch krytyczny, Warszawa 2000
- [9] Hejducki Z., Rogalska M., Metody sprzężeń czasowych TCM, *Przegląd Budowlany* 2/2005, s. 28–45

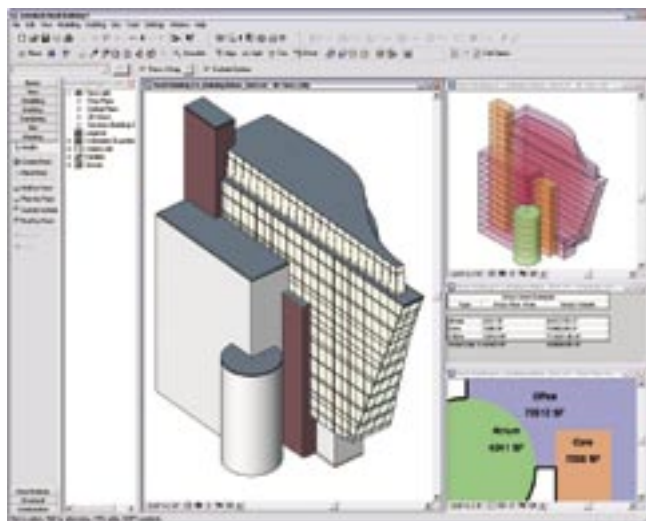
[10] Hejducki Z., Rogalska M., Zasady stosowania TCM, Przegląd Budowlany 3/2005, s. 36–44
 [11] Hulett D. T., Schedule risk analysis simplified, 1996, <http://www.projectrisk.com>
 [12] Jamróz J., Zarządzanie ryzykiem w projekcie, materiały szkoleniowe Ośrodka Doradztwa i Treningu Kierowniczego, Gdańsk 2006
 [13] Jaśkowski P., Biruk S., Analiza algorytmów minimalizacji przestoju brygad roboczych przy ciągłej realizacji obiektów budowlanych, Przegląd Budowlany 11/2005, s. 37–40
 [14] Jaworski K. M., Metodologia projektowania realizacji budowy, PWN, Warszawa, 1999
 [15] Jędrak P., Jaśkowski P., Zarządzanie ryzykiem zawodowym w przedsiębiorstwie budowlanym, Przegląd Budowlany 7–8/2005, s. 47–53
 [16] Kaczmarek T. D., Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne, Wyd. Difin, Warszawa 2005
 [17] Konior J., Nieprzewidziane roboty budowlane jako zdarzenia i relacje rozmyte, Przegląd Budowlany 2/2006, s. 36–39
 [18] Kristowski A., Bezpieczeństwo planowania procesu budowy z uwzględnieniem ryzyka, niepewności i zakłóceń, Przegląd Budowlany 4/2005, s. 48–50

[19] Lenkiewicz W., Organizacja i planowanie budowy, praca zbiorowa, PWN, Warszawa 1985
 [20] Milian Z., Wybrane metody oceny ryzyka niedotrzymania terminów realizacji budowy, Przegląd Budowlany 12/2005, s. 30–35
 [21] Milian Z., Metody określania rozkładu czasu realizacji przedsięwzięć budowlanych w acyklicznych sieciach stochastycznych, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2006
 [22] Połoński M., Harmonogramy sieciowe w robotach inżynierskich, Wyd. SGGW, Warszawa 2001
 [23] Połoński M., Rozkład czasu trwania czynności a termin zakończenia przedsięwzięcia z uwzględnieniem elementów analizy ryzyka, ACTA Scientiarum Polonorum 4(2)2005, s. 95–106, Wyd. SGGW
 [24] Połoński M., Bogusz W., Zastosowanie programu Pertmaster Professional+Risk do analizy czasu harmonogramu robót inżynierskich, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, zeszyt 1/2005, s. 234–243, Wyd. SGGW
 [25] Połoński M., Bogusz W., Analiza zasobów przedsięwzięcia inżynierskiego w harmonogramie sieciowym na podstawie programu Pertmaster Professional+Risk, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, zeszyt 2/2005, s. 126–133, Wyd. SGGW

[26] Reilly J., Szacowanie oraz kontrola kosztów i ryzyka w projektach tunelowych i infrastrukturalnych, Geoinżynieria Drogi Mosty Tunele 04/2005, s. 52–56
 [27] Radkowski S., Podstawy bezpiecznej techniki, Wyd. PW, Warszawa, 2003
 [28] Rogalska M., Hajducki Z., Zastosowanie buforów czasu w harmonogramowaniu procesów budowlanych, Przegląd Budowlany 6/2005, s. 36–42
 [29] Rogalska M., Czarnigowska A., Hejducki Z., Nahurny T. O., Metody wyznaczania czasu trwania procesów budowlanych z uwzględnieniem pogodowych czynników ryzyka, Przegląd Budowlany 1/2006, s. 37–42
 [30] Skorupka D., Metoda zintegrowanej oceny ryzyka realizacji inwestycji budowlanych, Wiadomości Projektanta Budownictwa 2/2006, s. 21–25
 [31] Szopa T., Podstawy analizy ryzyka, Wyd. PW, Warszawa 1998
 [32] Thabet W. Y., Wakefield R. R., Waly A. F., Virtual construction for automated schedule generation
 [33] Wiatr T., Symulacja ryzyka przedsięwzięć na tle klasycznej metody PERT, materiały konferencyjne „Ryzyko 2004”, Ciecchocinek
 [34] PN-IEC 60300-3-9 Analiza ryzyka w systemach technicznych 1999
 [35] PN-EN 1050 Zasady oceny ryzyka 1996
 [36] www.palisade-europe.com/riskproject/

Autodesk wprowadza polską wersję nowego Autodesk Revit Building

Autodesk® Revit® Building 9 to supernowoczesny system projektowania budowli i tworzenia ich dokumentacji, specjalnie stworzony pod kątem modelowania informacji budowlanych (BIM). Działa w taki sposób, w jaki specjaliści od budownictwa podchodzą do budynków – umożliwia architektom i konstruktorom podejście całościowe, a nie cząstkowe – w rozbiciu na poszczególne kondygnacje, przekroje czy elewacje. Dzięki zastosowaniu w nim rozwiązania parametrycznego wprowadzania zmian, dowolną zmianę, można w dowolnej chwili, wprowadzić w każdym miejscu budynku, a Revit Building automatycznie uwzględni ją w kompletnym projekcie – w widokach modelu, rysunkach, zestawieniach, przekrojach i rzutach.



Autodesk Revit Building 9 umożliwia architektom i projektantom kompleksowe podejście do tworzenia budynku, uwalniając od konieczności podziału na rzuty poszczególnych kondygnacji, przekroje czy elewacje. Dzięki technologii parametrycznego zarządzania zmianami każda – gdziekolwiek wprowadzona – poprawka znajduje natychmiastowe odzwierciedlenie w całym projekcie, włączając w to modele, rysunki, zestawienia, przekroje, rzuty i renderingi. Zapewnia to łatwą koordynację, spójność i kompletność dokumentacji projektowej.